



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Qualidade da carne de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho

Daniela Pinheiro de Oliveira

RECIFE – PE  
AGOSTO DE 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Qualidade da carne de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho

Daniela Pinheiro de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello

RECIFE – PE  
AGOSTO DE 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

O48q Oliveira, Daniela Pinheiro de

Qualidade da carne de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho / Daniela Pinheiro de Oliveira. - 2018.  
47f.: il.

Orientadora: Carlos Bôa-Viagem Rabello.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, BR-PE, 2018.  
Inclui referências.

1. Frango de corte - Alimentação e rações 2. Milho como ração 3. Carne de ave 4. Carne - Qualidade 5. Alimentos de origem animal I. Rabello, Carlos Bôa-Viagem, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DANIELA PINHEIRO DE OLIVEIRA  
**Graduando**

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 24 / 08 / 2018

EXAMINADORES

---

Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello

---

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Mohaupt M. Ludke

---

Dr<sup>a</sup> Liliane Olímpio Palhares

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, à minha família, ao meu namorado, aos amigos, professores e a todos que contribuíram de algum modo para minha formação.

“É bom dar graças ao Senhor e cantar louvores ao teu nome, ó Altíssimo.”  
(Salmo 92,2)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente e acima de tudo a Deus, meu maior mestre. Sem Ele eu não teria chegado ao término desta graduação. À Nossa Senhora por sua intercessão a mim e tenho certeza da sua proteção a cada instante na minha vida.

Agradeço aos meus pais, Everaldo Pinheiro de Oliveira e Severina Aparecida de Oliveira pela educação, dedicação e por sempre acreditarem em mim, me dando muita força e ânimo para prosseguir. Os meus pais são o meu maior exemplo de tudo de bom na vida.

Agradeço ao meu irmão, que me deu muito suporte nas dificuldades da vida acadêmica, se esforçando pra sempre me ajudar e que em muitas vezes foi um herói pra mim.

Ao meu namorado, Diogo Alves, com muita paciência e amor me dando força, me motivando a ir além, me compreendendo nos momentos mais difíceis, sendo um verdadeiro anjo na minha vida.

À ÁcllaRebek, uma irmã que Deus se encarregou em me apresentar, sempre disposta a ajudar, com grande participação ao longo da graduação.

Aos meus avós maternos, meus tios, padrinhos, primos e primas, em especial aos meus padrinhos Noedí Souza e Manoel Souza que sempre acreditando em mim, me deram uma força enorme para iniciar o curso, só Deus pode recompensá-los.

Aos meus amigos da graduação Amanda, Rita, Kalinina, Kássia, Marisol, Patrícia, Laura, Andreza, Dayane, Ingridt, Eric e Willames pela amizade de cada dia, constantemente provada nas dificuldades e obstáculos, mas sempre prontos a dar conselhos de ânimo e determinação. Em particular a Amanda e Rita pela grande parceria desde o início, vocês são muito especiais para mim, irei levá-las no meu coração pelo resto da vida.

À Patrícia que deu contribuição expressiva para a realização de parte das análises desde trabalho fica o meu eterno agradecimento.

À Marisol pela oportunidade dada a mim em ocupar a sua vaga de estagiária na ABCC, onde tenho o privilegio de trabalhar em um ambiente harmonioso, com pessoas maravilhosas, como: Amélia, Roberta, Débora, Natália, Gláucio, Suely e Arlindo, que desde já também agradeço a eles pela acolhida e por todo conhecimento que venho adquirindo contribuindo para a minha vida profissional.

Agradeço de forma especial a Elainy Lopes e Camila Roana que desde o início da minha graduação foram exemplos de profissionais e inspiração para mim. Com muita paciência me instruíram tanto nos PIBICs, como na monografia. Compartilhando histórias de

vidas pessoais, profissionais e acadêmicas. Participar dos experimentos com vocês enriqueceu muito o meu aprendizado. Serei eternamente grata a vocês por tudo.

À Liliane Palhares que em parte da minha pesquisa contribuiu de forma significativa para a obtenção dos resultados, fica o meu agradecimento.

Agradeço a toda equipe da Avicultura da UFRPE, onde tudo iniciou. Sou extremamente grata por toda força e empenho da equipe. Aprendi muito com cada um de vocês, sobretudo aos PNPd's Marcos Santos e Guilherme Nascimento pela força nas estatísticas e discussões dos dados, tanto nos PIBICs como agora na monografia.

Ao D.A. Nação Zootecnia pelo tempo convivido entre vocês.

À professora Maria do Carmo Mohaupt, pela oportunidade de ser monitora da sua disciplina (nutrição de não ruminantes), sou muito grata por todo aprendizado.

Agradeço a Fátima Sampaio, por toda prestatividade no decorrer do experimento.

Ao meu grande professor e orientador Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello, a ele todo o meu agradecimento. Com ele aprendi muito. É um profissional digno de muito respeito e admiração. Sou muito grata ao senhor pela paciência, oportunidade e confiança nos meus trabalhos.

Agradeço também ao MEC, CNPq, Universidade Federal Rural de Pernambuco, em nome da professora Maria José de Sena e do professor Marcelo Brito Carneiro Leão, pelas oportunidades criadas e pelas bolsas concedidas.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal (LNA) e do laboratório de carne, Vanessa, Carlos, professora Tayara Soares e Lili, que me ajudaram muito a realizar as análises.

Sou grata à Professora Renata Valéria do DZ-UFRPE pelo auxílio na elaboração desta monografia.

Por fim, mas não menos importante, a todos os meus professores desde o primário até a graduação, que tiveram participações fundamentais para eu chegar até aqui.

## SUMÁRIO

|                                                     | Pág.      |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                      | <b>10</b> |
| <b>RESUMO .....</b>                                 | <b>11</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                               | <b>12</b> |
| <b>1.INTRODUÇÃO.....</b>                            | <b>13</b> |
| <b>2.OBJETIVOS.....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                 | <b>15</b> |
| 3.1. A Avicultura no Brasil .....                   | 15        |
| 3.2. Gérmen Integral de Milho .....                 | 16        |
| 3.3. Qualidade da carcaça de frangos de corte ..... | 17        |
| 3.4. Perda de Peso por Cocção .....                 | 18        |
| 3.5. Força de Cisalhamento .....                    | 19        |
| 3.6. Capacidade de Retenção de Água .....           | 19        |
| 3.7. pH.....                                        | 20        |
| 3.8. Coloração .....                                | 21        |
| 3.9. Índice de Peróxido.....                        | 22        |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                  | <b>23</b> |
| 4.1. Local e Delineamento experimental.....         | 23        |
| 4.2. Dieta experimental .....                       | 23        |
| 4.3. Avaliação da Qualidade da Carne .....          | 29        |
| 4.3.1. pH.....                                      | 29        |
| 4.3.2. Capacidade de Retenção de Água .....         | 30        |
| 4.3.3. Força de Cisalhamento .....                  | 30        |
| 4.3.4. Perda de Peso por Cocção .....               | 31        |
| 4.3.5. Índice de Peróxido.....                      | 31        |
| 4.3.6. Colorimetria .....                           | 32        |
| 4.3.7. Análise Estatística .....                    | 33        |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>              | <b>33</b> |
| <b>6. CONCLUSÕES .....</b>                          | <b>38</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>          | <b>39</b> |

## ÍNDICE DE TABELAS

Pág.

|                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Composição química e energética do gérmen integral.....                                                                                                                                                                                | 24 |
| <b>Tabela 2.</b> Composiçõescentesimale nutricional das dietas de 1 a 7 dias de idade para frangos de corte.....                                                                                                                                        | 25 |
| <b>Tabela 3.</b> Composiçõescentesimale nutricional das dietas de 8 a 21 dias de idade para frangos de corte.....                                                                                                                                       | 26 |
| <b>Tabela 4.</b> Composiçõescentesimale nutricional das dietas de 22 a 35 dias de idade para frangos de corte.....                                                                                                                                      | 27 |
| <b>Tabela 5.</b> Composiçõescentesimale nutricional das dietas de 36 a 42 dias de idade para frangos de corte.....                                                                                                                                      | 28 |
| <b>Tabela 6.</b> Médias dos valores do pH, Capacidade de Retenção de Água, Força de Cisalhamento, Perda de Peso por Cocção, Índice de Peróxido e Coloração do peito, coxa e sobrecoxa de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com GIM..... | 31 |
| <b>Tabela 7.</b> Teste MANOVA para as variáveis de qualidade de carne em frangos de corte alimentados com GIM.....                                                                                                                                      | 32 |
| <b>Tabela 8.</b> Coeficiente de correlação das variáveis dos fatores.....                                                                                                                                                                               | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                             | Pág. |
|-------------------------------------------------------------|------|
| <b>FIGURA 1.</b> Anatomia do grão do milho.....             | 16   |
| <b>FIGURA 2.</b> pHmetro utilizado nas análises.....        | 29   |
| <b>FIGURA 3.</b> Método da medição da textura da carne..... | 30   |
| <b>FIGURA 4.</b> Método de extração da gordura.....         | 32   |
| <b>FIGURA 5.</b> Colorímetro utilizado análises.....        | 32   |

## Qualidade da carne de frangos de corte alimentados com gérmen integral de milho

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade da carne do peito, coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão do GIM. Foi utilizado um total de 648 pintos de um dia de idade da linhagem Cobb500, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições, sendo 18 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma dieta referência e cinco dietas testes com a inclusão de 4, 8, 12, 16 e 20% do GIM, respectivamente. As aves foram alojadas em um galpão, dividido em boxes medindo 2x1m e equipados com comedouro tubular e bebedouro nipple. A ração e água foram fornecidos *ad libitum*. Aos 42 dias foram abatidas duas aves por parcela para avaliação de: pH, capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC), perda de peso por cocção (PPC), índice de peróxido (IP) e coloração. Os dados foram submetidos à MANOVA e a análise multivariada de fatores, com valor mínimo de carga para uma variável ser significativa de 0,70 dentro de um fator e o método de rotação dos fatores foi o varimax. Para as variáveis pH, CRA e PPC, os três fatores estudados não apresentaram resultados significativos com a inclusão do GIM. Porém, esta análise indicou três principais fatores, onde o fator 1 agrupou todas as variáveis relacionadas a coloração, mostrando que há uma correlação positiva entre as colorações dos cortes (peito, coxa e sobrecoxa) e a adição do GIM nas dietas das aves. O fator 2 agrupou a característica de FC, mostrando inter-relação negativa, demonstrando que o aumento do GIM nas dietas reduziu a FC na carne de peito dos frangos. Já o fator 3, agrupou a característica de IP no peito, expressando inter-relação positiva, onde a adição de níveis mais elevados do GIM na dieta de frangos tendeu a aumentar o IP na carne do peito. Conclui-se que o GIM pode ser usado até 20% nas dietas de frangos de corte sem alterar a qualidade da carne e que o GIM mostrou forte correlação com a força de cisalhamento, o índice de peróxido e com a coloração da carne de frangos.

**PALAVRAS-CHAVE:** aves, coloração, índice de peróxido, peito.

## **Quality meat of broilers fed diets containing whole corn germ**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the quality of breast, thigh and overcoat meat of broilers fed diets containing different levels of inclusion of WCG. A total of 648 one day old Cobb500 broilers were used, which were distributed in a completely randomized design with six treatments and six replicates, with 18 birds per experimental unit. The treatments consisted of a reference diet and five diets tests with inclusion of 4, 8, 12, 16 and 20% of WCG, respectively. The broilers were housed in a shed divided into boxes measuring 2x1m and equipped with tubular feeder and nipple drinking fountain. Food and water were supplied ad libitum. After 42 days, two broilers per plot were slaughtered for evaluation of pH, water holding capacity (WHC), shear force, loss through cooking (LTC), peroxide index (PI) and coloration. Data were submitted to MANOVA and multivariate factor analysis with minimum value of load for a variable to be significant of 0.70 within a factor and the method of factor rotation was the varimax raw. The three factors studied - variables pH, WHC and LTC - did not present significant results with the inclusion of WCG. However, factor analysis indicated three main factors, where factor 1 grouped all the variables associated to coloration, showing that there is a positive correlation between the colorations of cuts (chest, thigh and overcoat) and addition of WCG in the diets of the boilers. The factor 2 grouped shear characteristics, showing negative interrelation. It means that an increasing of the WCG in the diets reduced the shear force of the broilers' breast. The factor 3 grouped the characteristic of breast peroxide index, expressing positive interrelation. It means that an addition of higher levels of WCG in the broilers' diet tends to increase the rate of breast peroxide index. It can be concluded that WCG can use up to 20% in broiler diets without altering meat quality and that WCG showed a strong correlation with shear force, peroxide index and the chick coloration.

**KEY WORDS:**birds, coloration, peroxide index, breast.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista que o maior custo na produção avícola é com a alimentação, deve-se buscar alimentos que atendam as exigências dos animais e reduzamos custos de produção. Sendo o milho a principal fonte de energia na alimentação de frangos de corte, pesquisadores têm buscado alimentos alternativos que possam reduzir esses custos. Além do mais, o sistema de produção de carne de frangos é um mercado bastante extenso e de fácil escoamento do produto, porém a qualidade desse produto é fundamental para o sucesso da cadeia produtiva.

Dentre as alternativas apontadas como possível substituto parcial ao milho em grão têm-se o gérmen integral de milho (GIM), que é obtido por meio da degerminação do grão de milho por via úmida (LIMA et al., 2012); corresponde aproximadamente 13% do grão de milho (SILVA et al., 2013) e possui em sua composição: 10,4% de proteína bruta; 5,3% de fibra bruta; 5,0% de matéria mineral; 56,5% de extrato etéreo e 7,039 kcal g<sup>-1</sup> de energia bruta, com 89% digestibilidade ileal para aves, podendo ser uma alternativa para a composição das rações de aves (LIMA et al., 2012).

Ainda sim, poucos estudos foram realizados com objetivo de avaliar o potencial do uso do GIM obtido por via úmida na alimentação de frangos de corte. A maior parte das observações foram realizadas utilizando o GIM obtido por via seca (RODRIGUES et al., 2001; BRITO et al., 2005; BRUNELLI et al., 2012), em estudos com aves de postura, que apresenta menor quantidade de lipídeos, consequentemente, menor teor de energia bruta e metabolizável.

Resultados experimentais apontam que o teor de lipídeo pode afetar a motilidade do trato gastrointestinal e promover maior tempo de permanência do alimento, proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes e energia do alimento e da dieta (ANDREOTTI et al., 2004; RABELLO et al., 2007). Como a qualidade da carne está diretamente relacionada com o tipo de dieta que é fornecida ao animal, faz com que proporcione mais maciez, sabor, cor, suculência e uma textura mais agradável aos olhos e ao paladar. Lima (2008) utilizando até 20% de GIM em rações de frangos de corte na fase crescimento/final (22 a 41 dias de idade) concluiu que o GIM pode ser utilizado até 9,5% com melhores resultados de desempenho zootécnico e de características de carcaça.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da carne de frangos de corte alimentados com GIM.

## **2. OBJETIVOS**

### **GERAL**

Avaliar a qualidade da carne de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis do gérmen integral de milho.

### **ESPECÍFICOS**

- 1) Determinar parâmetros de qualidade, como: pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perda de peso por cocção, oxidação e coloração da carne.
- 2) Descrever a correlação existente entre as variáveis da qualidade de carne e a inclusão do GIM.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. A Avicultura no Brasil

Atualmente, a produção de frangos de corte, é considerada uma atividade econômica uniforme e internacionalizada, sem fronteiras geográficas de tecnologia. Podendo ser considerada um complexo industrial que não deve ser analisado apenas sob o aspecto de produção e distribuição, e sim por meio de uma abordagem sistêmica do setor. Alguns pontos desta atividade contribuem para elevar a oferta de emprego e de renda no campo (VIEIRA e DIAS, 2005).

A cadeia brasileira de produção de carne de frango é uma das mais importantes do mundo. A oferta de frango brasileira tem acompanhado o crescimento da demanda interna e externa decorrente do aumento da competitividade e produtividades, mas também pelo aumento no nível de urbanização e renda da população, da diversificação das dietas e da mudança de hábitos alimentares. Considerando a expansão da demanda interna, bem como do consumo mundial de proteína animal, a avicultura brasileira é a atividade que apresenta grandes perspectivas de mercado (SEBRAE, 2008).

Há fatores que influenciam diretamente nesta cadeia produtiva, como: melhoramento de linhagens e insumos, investimentos em tecnologias de automatização do sistema produtivo, controle das condições sanitárias de criação, mão de obra capacitada para atuar tanto no manejo das aves, quanto no sistema de produção integrado (MAPA, 2012; OLIVEIRA e NÄÄS, 2012).

Com a demanda cada vez maior de alimentos convencionais utilizados em rações para aves, somados ao alto custo e à crescente utilização de alguns desses alimentos para o consumo humano, são fatores que tem motivado os pesquisadores na busca de alimentos alternativos, principalmente substitutos do milho (fonte de energia) e farelo de soja (fonte de proteína) (CRUZ, 2011; HANNA et al., 2013).

A utilização de fontes alimentares alternativas em rações para frangos de corte visando minimizar o custo por unidade de ganho de peso permite abordar em pesquisas parâmetros zootécnicos e econômicos (FERNANDES, et al., 2012).

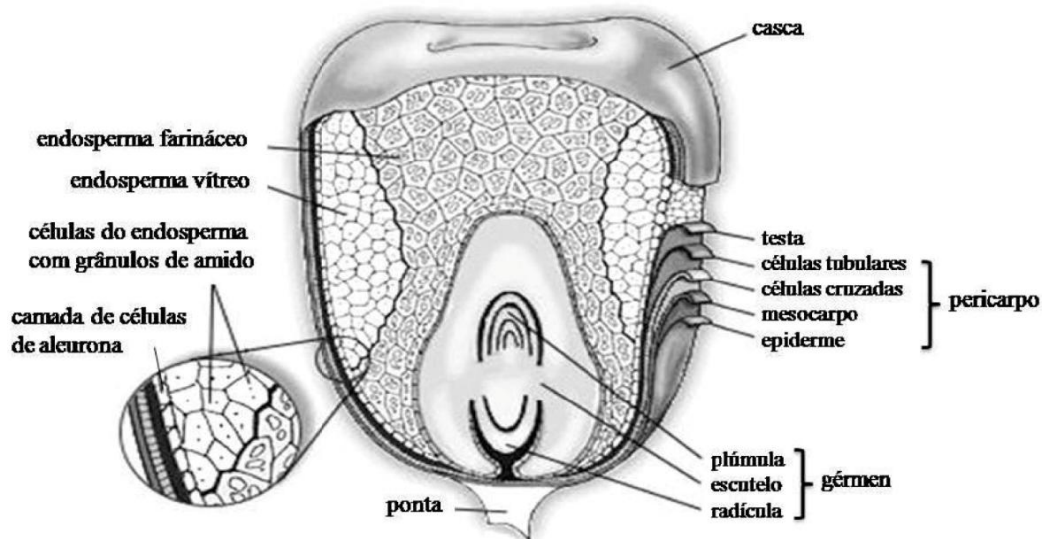
Segundo Nunes et al. (2013), pesquisas utilizando resíduos agroindustriais têm sido realizadas com o intuito de determinar as melhores opções de utilização de alimentos alternativos energéticos e proteicos, os quais, além de propiciar bom desempenho produtivo dos animais, reduzem o custo de alimentação, resultando em maior lucratividade ao produtor.

Segundo Carneiro et al. (2009), a utilização de alimentos alternativos na dieta animal tem como principais objetivos reduzir os custos e incrementar a produtividade da atividade, principalmente durante os períodos de aumento nos preços do milho.

### 3.2. Gérmen Integral de Milho (GIM)

A maior fonte de energia na alimentação de frangos de corte é o milho. No entanto, sua importância econômica advém de suas diversas formas de utilização, que vão da alimentação humana à indústria de alta tecnologia (FROES et al., 2012). Outro fator importante da utilização de alimentos com altos níveis de óleo na dieta é a sua facilidade de peletização, principalmente quanto à agregação da massa que resulta desse processo (PENZ JR., 2002).

O grão de milho (Figura 1) é uma cariopse formada por quatro estruturas físicas: o endosperma, constituído de amido e proteína (zeína), o pericarpo ou casca (fibras), a ponta e o gérmen (gluteína e lipídios), as quais diferem em composição química e distribuição no grão (PAES, 2006). A zeína, contida no endosperma do grão, tem reduzido valor biológico, em decorrência do desequilíbrio provocado pelo alto teor de leucina e pela deficiência de lisina e de triptofano. A gluteína, contida no gérmen do milho, possui valor biológico elevado, principalmente quanto ao balanço de aminoácidos essenciais (REGINA e SOLFERINI, 2002).



**Figura 1.** Anatomia do grão do milho. Fonte: Google imagens, 2018.

A gordura presente no GIM é altamente insaturada, composta de aproximadamente 56% de ácido linoléico, 28% de ácido oléico, 11% de ácido palmítico, 2% de ácido esteárico, 1,3% de ácido linolênico e 0,5% de ácido araquidônico (MILLER et al., 2009). O GIM é definido

como o resultado da trituração do gérmen, do tegumento e das partículas amiláceas, obtidos por extração mecânica, e com alto teor de extrato etéreo (COMPÊNDIO..., 1985).

Em consonância com Lima (2008), a composição lipídica do GIM é um fator importante e deve ser avaliada qual a melhor forma de utilização. Refere-se a um alimento rico em ácidos graxos poli-insaturados essenciais por não ser biossintetizado no organismo dos não ruminantes, porém não sendo recomendado para pintos em fase pré-inicial por conta da alta concentração de gordura (BRITO, 2005).

### **3.3. Qualidade da carne de frangos de corte**

As exigências pela qualidade da carne são cada vez maiores tanto no mercado internacional como no nacional (PELICANO et al., 2003), pois o consumidor está mais ciente dos atributos de qualidade da carne. Desta forma, maneiras de enriquecer o produto final através de melhorias na qualidade da carne dos animais vêm sendo estudadas com a finalidade de agregar valor ao produto (EYNG, 2009).

O produtor de frango de corte precisa atingir os melhores índices zootécnicos para obter o conceito de qualidade total (peso, conversão alimentar e mortalidade), assim como manter a boa integridade física da ave. Ou seja, aves ausentes de problemas sanitários, bem empenados, sem contusões, arranhões e fraturas (CONY, 2000).

A ausência ou presença de contaminação bacteriana por toxinas, maior ou menor índice de condenações no abatedouro, resíduos de produtos químicos e biológicos, estão diretamente relacionados com a qualidade da carcaça (MENDES, 2001).

Além das características produtivas, a qualidade da carne dos frangos tem se tornado importante, uma vez que as características sensoriais, como aparência e maciez da carne são exigidas pelo consumidor (BERAQUET, 2000).

Em consonância com Osório et al. (2009), características da textura como firmeza, sensações táteis, estão relacionadas com a retenção de água, pH, estado de engorduramento, e as características do tecido conjuntivo e da fibra muscular, já a maciez está relacionada com as estruturas proteicas e os tecidos conjuntivos e musculares, existindo maior sensibilidade e importância para o conjuntivo que para a fibra muscular.

A qualidade da carne dos animais de corte é uma característica multifatorial avaliada seu peso, rendimento, seus atributos sensoriais (maciez, textura, suculência, odor, cor e sabor), tecnológicos (pH e capacidade de retenção de água), nutricionais (umidade, proteína,

cinzas e gordura), dentre outras, acrescida dos aspectos éticos (bem-estar) e ambientais sobre os quais foram produzidas (RODRIGUES FILHO, 2011).

### **3.4. Perda de Peso por Cocção (PPC)**

A água é um dos componentes mais importantes da carne, não somente pelo seu elevado teor como também por uma série de propriedades funcionais de interesses higiênicos- sanitários e tecnológicos (PARDI et al., 2001). Quando a umidade é perdida, rendimento, maciez, textura, sabor e valores nutricionais são afetados negativamente. Assim a capacidade de retenção de água é considerada um indicador relevante como forma de prever o rendimento, o resultado econômico e a qualidade final de um produto (OLIVO, 2002).

A água se apresenta sob três formas: ligada, parcialmente ligada e livre (PARDI et al., 2001). Ainda segundo os mesmos autores, o interesse na interação das mesmas com as proteínas se deve porque as proteínas constituem as principais substâncias captadoras de água dos organismos vivos, em especial as proteínas musculares.

A água representa de 65 a 80% do total da massa muscular e tem importante função celular, em geral, todas as propriedades funcionais são influenciadas por interações de proteínas com a água. Boa parte da água dentro das células está fortemente ligada a diversas proteínas, mas apregoa-se que aproximadamente 24% são retidas por forças capilares e podem exsudar sob pressão (OLIVO, 2006). Segundo o mesmo autor, se as proteínas não estão desnaturadas, elas continuam ligada a água durante a conversão do músculo em carne e, por extensão, durante as diversas fases do processamento, distribuição e cozimento. Assim, a habilidade de reter água é uma propriedade da carne essencialmente importante, principalmente sob o aspecto sensorial.

Uma maior perda de umidade durante o cozimento das carnes utilizadas em produtos pré-prontos, poderá comprometer as características nutricionais e sensoriais do produto final, principalmente quando é preparado pelo consumidor (OLIVO e BARBUT, 2004).

### 3.5. Força de Cisalhamento (FC)

A maciez ou textura de um músculo podese avaliada mediante um analisador de textura outexturômetro (CULIOLI, 1995), o qual mensura aforça necessária para que uma lâmina rompa as fibrasmusculares de um fragmento (força de cisalhamento –FC). O resultado é expresso em quilograma-força (kgf). (BOURNE, 1982; SOUZA, 2008) e mensura um dosprincipais atributos de qualidade da carne (FLETCHER,2002), a qual pode se determinada por fatores comoalimentação (MONSÓN et al., 2004), idade, estresse,entre outros (VENTURINI et al., 2007).

De acordo com Gomide et al., (2009), a maciez tende a ser maior em animais jovens e diminui com a idade, devido ao acúmulo e a maturação do tecido conectivo nas fibras musculares. Além de ter uma correlação comparativa com perda de água por cozimento, pois carnes que apresentam menor perda de água por cozimento resultam em menor força necessária para o rompimento das fibras musculares, e maior será a maciez (BROSSI et al., 2009).

A textura, além de influenciada pelas características físico-químicas da carne, também decorre do método de manipulação (CHENGet al., 2014); e é um dos critérios de qualidade mais importante (CASTILLO, 2001). A maciez da carne é um parâmetro que sensorial que possui os atributos primários: maciez, coesividade, viscosidade, elasticidade, suculência, entre outros (SOUZA, 2005).

Há fatores que podem afetar a qualidade da textura da carne que são: fatores *ante-mortem*, como: sexo, idade, nutrição, exercício, estresse pré-abate e fatores *pós-mortem*, como: rigor mortem, estimulação elétrica, maturação, pH final e método e temperatura de cozimento (SOUZA, 2005).

### 3.6. Capacidade de Retenção de Água (CRA)

Para atender ademanda do mercado consumidor, acadeia produtiva precisa conhecer os fatores que interferem nas características físicas e químicas da carne, pois estas determinam sua qualidade e aceitabilidade (MARTÍNEZ-CEREZOet al., 2005).

Sañudo (1992) trouxe como parâmetros intrínsecos na variação da CRA o tipo de músculo, a raça e a idade, e como parâmetros extrínsecos, a alimentação, o estresse prévio ao abate e as condições após o abate, sendo que o processo de maturação da carne tende a

aumentar sua capacidade de retenção de água. É a capacidade, durante o aquecimento, que a carne tem de reter água, cortes, trituração, prensagem.

A CRA do tecido muscular possui efeito direto sobre o armazenamento, tendo em vista que quando os tecidos têm baixa CRA, ocorre maior perda de umidade e de peso durante seu armazenamento (VENTURINI, 2007).

Segundo Mendes (2011), esta característica é imprescindível, pois está relacionada ao aspecto da carne antes do cozimento, ao comportamento durante a cocção e à aceitabilidade do produto. As condições de criação do frango — temperatura, estresse calórico e densidade de criação — podem afetar a CRA.

Os peitos de aves mantidas em ambientes com temperatura de 30°C apresentaram maior perda de peso por cozimento, com média de 28,7% quando comparadas aos de aves submetidas a ambientes de conforto térmico (17°C), com média de 27,2% (BRESSAN, 1998).

### 3.7. pH

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo em carne e tem efeito decisivo sobre a qualidade da carne fresca e dos produtos derivados (ORDÓÑEZ, 2005).

Os aspectos da carne DFD e PSE são resultantes de condições ruins no manejo *ante mortem* e modificações metabólicas no processo *post mortem*, levando a uma *célere* ou um retardo no processo de *rigor mortis*. Mas, essa última, é o motivo de maior entrave na economia, pois a carne torna-se inadequada para o processamento de produtos industriais e consumo *in natura*, trazendo prejuízos à qualidade e rendimento desta (VENTURINI, 2007).

Segundo Venturini (2007), o pH da carne do frango reduz por conta da formação ácida, sendo que a carne do peito deve ter pH final entre 5,7 e 6,0. Passadas 24 horas, se o pH estiver acima de 6,2, a carne de frango terá alta CRA, resultando em menor tempo de duração e a fixação da coloração escura, obtendo a carne DFD (*dark, firm, dry* – escura, dura e seca).

Em situações em que o pH apresenta-se abaixo de 5,8 em menos de 4 horas, teremos a carne denominada PSE (*pale, soft, exudative* – pálida, mole e exsudativa), caracterizada pela diminuição da retenção de água, assim, com aparência pálida e mole (OLIVIO, 2006).

O pH da carne de frango pode ser afetado também por diversos outros fatores, como idade, sexo, linhagem, dieta, gordura intramuscular, condições de pré-abate, como o estresse

térmico e também em decorrência de problemas na industrialização, como temperatura de escaldagem e condições de armazenamento e congelamento (CASTILLO,2001).

### 3.8. Colorimetria

Alguns defeitos de cor podem ser causados por fatores que agem antes do abate, devido à alimentação, ao manejo ou estresse da ave, mas outras alterações resultam de causas relacionadas às operações de abate; ocasionalmente diminuição da cor pode também ser provocada pelo armazenamento e posterior processamento (CASTILLO, 2001).

O julgamento feito pelo consumidor a respeito da carne, a coloração da carne de frango *in natura* é uma das condições que mais interferem no ato da compra. A cor da carne está associada às fibras do tecido musculares, o pigmento mioglobina e a hemoglobina existente no sangue. Estas duas substâncias são proteínas ligadas ao ferro e têm a possibilidade de reagir com oxigênio, modificando a cor da carne. Este acúmulo de mioglobina é de acordo com a espécie, sexo, idade, posição do músculo, por exemplo, para um determinado animal que a sangria foi boa a mioglobina apresenta em torno de 85% do total de pigmentos (HEDRICK et al, 1994).

O frango é a única espécie conhecida que possui músculos com cores extremas: o peito possui cor rosa pálida, enquanto que a porção da coxa e sobrecoxa possuem coloração vermelha intensa, *in natura*. A pigmentação da carne de frango é fortemente influenciada pela presença de carotenoides na alimentação, conhecidos como xantofilas, que contribuem para a pigmentação (PÉREZ-VENDRELL et al., 2001). O milho, juntamente com o gérmen, é conhecido como uma fonte de carotenoides, por essa razão há grande influência na cor da carne.

Espectrofotômetros e colorímetros são dois tipos comuns de equipamentos apropriados para descrever numericamente elementos da composição de cor em superfícies (GONÇALEZ, JANIN e SANTORO, 2001). O espectrofotômetro de refletância fornece a curva de distribuição de refletância da amostra, enquanto que o colorímetro separa as componentes RGB da luz, funcionando de forma análoga ao sistema visual humano. Espectrofotômetros e colorímetros são capazes de fornecer coordenadas colorimétricas ( $L^*a^*b^*$ ) universais, sob iluminantes e observadores padronizados (LOPES, 2009).

CIE  $L^*a^*b^*$  desenvolvido em 1976 fornece uma diferenciação de cores mais precisa em relação à percepção humana (PATHARE; OPARA ; AL-SAID, 2013), definindo em três

eixos perpendiculares – L\*, representa a Luminosidade, eixo principal (preto = 0 ao branco = 100); a\* (verde (-) ao vermelho (+)) e b\* (azul (-) ao amarelo (+)). O sistema CIE define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade. Por um consenso geral as especificações de padrões de observação para uso em colorimetria e fotometria são todas providas pela CIE em todos os países (CIE, 2017).

### 3.9. Índice de Peróxido (IP)

A oxidação é um processo autocatalítico e desenvolve-se em aceleração crescente, e inicia logo após o abate. Fatores como temperatura, enzimas, luz e íons metálicos podem influenciar a formação de radicais livres. As moléculas formadas, contendo o radical livre, ao se romperem formam produtos de peso molecular mais baixo (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres), os quais são voláteis e responsáveis pelos odores da rancificação (ADAMS, 1999).

A peroxidação lipídica é uma das principais causas da perda da qualidade de carnes e produtos cárneos. Os resultados da oxidação não são desejáveis, não somente pela alteração de características organolépticas (alterações na coloração da carne e da gordura e produção de odores e flavour ofensivos), assim como também pela destruição de constituintes essenciais, causando uma diminuição do valor nutricional da carne e a formação de compostos tóxicos para o ser humano, sendo impróprio para o consumo (YUNES, 2010).

A mudança do músculo para carne é consequência da redução do fluxo sanguíneo e a instagnação de muitos processos metabólicos. A atividade metabólica continua durante o primeiro período post mortem, mas por motivo dessa redução, a quebra do glicogênio gera o ácido láctico, que se concentra no tecido, diminuindo o pH inicial de 7,0-7,2 para um valor de aproximadamente 5,5 (LAGE, 2004).

O desenvolvimento da rancidez oxidativa agrava-se durante o armazenamento da carne de frango mesmo sob congelamento, pois, enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente a temperaturas baixas, embora numa velocidade reduzida, além disso, este processo destrói as membranas intracelulares, diminuindo a suculência e o peso da carcaça (YUNES, 2010).

O método que mede o IP é feito pela determinação do cátion de uma base, necessário para neutralizar compostos oxidados e expressando o resultado em miliequivalentes/kg. O IP

baixo em sua fase final deve coincidir com altas concentrações de produtos secundários (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres), os quais devem aumentar a absorvância (BELLAYER; ZANOTTO, 2004).

Segundo Araújo (2011) óleos e gorduras são susceptíveis a alterações químicas durante o processamento e armazenamento. Isso acarreta problemas como qualidade sensorial, depreciação da carne, valor nutricional, formação de radicais livres (BELLAYER; ZANOTTO, 2004).

Barbi e Lúcio (2003), concluíram que os peróxidos são o fator antinutricional das gorduras. O método de referência dos peróxidos e estabilidade oxidativa é o método de oxigênio ativo (AOM), porém sua complexidade exige melhorias que podem ser feitas com métodos mais simples porém validados ante ao AOM.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animais da UFRPE (CEUA-UFRPE), sendo aprovado por meio da licença nº083/2015.

### **4.1. Local e Delineamento experimental**

O experimento foi realizado no Laboratório de Pesquisa com Aves (LAPAVE) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado no município de Recife - Pernambuco. Foram utilizados 648 frangos, da linhagem Cobb500, de 1 aos 42 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições, sendo 18 aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, dividido em boxes medindo 2x1 m, forrados com cama de maravalha e equipados com comedouro tubular e bebedouro nipple. A temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente durante todo o período experimental por meio do aparelho data logger, obtendo-se uma média de 26,2 °C e 33,5°C para as temperaturas mínimas e máximas, respectivamente, enquanto que para a umidade foram registradas médias de 62 e 86% para mínima e máxima, respectivamente.

### **4.2. Dieta experimental**

Os animais foram alimentados com dietas formuladas para atender as exigências nutricionais para cada fase (Tabelas 2 a 5) de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011), com exceção do gérmen integral de milho que foi de acordo com os resultados obtidos

em ensaio prévio de metabolismo. Os tratamentos consistiram de uma dieta referência e cinco dietas testes com a inclusão de 4, 8, 12, 16 e 20% do GIM, respectivamente.

**Tabela 1.** Composição química e energética do gérmen integral de milho utilizada para formular as rações experimentais expressos em matéria natural

| Nutrientes                                    | %     |
|-----------------------------------------------|-------|
| Matéria seca                                  | 95,35 |
| Proteína bruta                                | 12,72 |
| Extrato etéreo                                | 44,33 |
| Fibra bruta                                   | 26,20 |
| Fibra em detergente neutro                    | 55,74 |
| Energia bruta (kcal/kg)*                      | 6419  |
| Matéria mineral                               | 1,030 |
| Energia metabolizável 1 a 7 dias (kcal/kg)*   | 3848  |
| Energia metabolizável 8 a 21 dias (kcal/kg)*  | 4080  |
| Energia metabolizável 22 a 42 dias (kcal/kg)* | 4378  |
| Minerais                                      | %     |
| Cálcio                                        | 0,040 |
| Fósforo disponível                            | 0,150 |
| Sódio                                         | 0,038 |
| Cloro                                         | 0,060 |
| Potássio                                      | 0,060 |
| Aminoácidos digestíveis em aves               | %     |
| Metionina                                     | 0,170 |
| Lisina                                        | 0,414 |
| Metionina + cistina                           | 0,315 |
| Treonina                                      | 0,339 |
| Triptofano                                    | 0,120 |
| Arginina                                      | 0,684 |
| Leucina                                       | 0,808 |
| Isoleucina                                    | 0,325 |
| Valina                                        | 0,528 |
| Fenilalanina                                  | 0,418 |
| Histidina                                     | 0,319 |

\* Kcal/Kg: Quilocalorias por quilogramas.

**Tabela 2.** Composições centesimale nutricional das dietas de 1 a 7 dias de idade para frangos de corte.

| Composição centesimal                        | Tratamentos |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                              | 0%          | 4%     | 8%     | 12%    | 16%    | 20%    |
|                                              | GIM         | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    |
| Milho moído                                  | 54,33       | 51,46  | 48,60  | 45,73  | 42,87  | 40,00  |
| Farelo de soja                               | 38,80       | 38,14  | 37,48  | 36,82  | 36,16  | 35,50  |
| GIM                                          | 0,00        | 4,00   | 8,00   | 12,00  | 16,00  | 20,00  |
| Óleo de soja                                 | 2,449       | 1,960  | 1,469  | 0,979  | 0,489  | 0,000  |
| Fosfato bicálcico                            | 1,903       | 1,888  | 1,874  | 1,859  | 1,845  | 1,830  |
| Calcário                                     | 0,882       | 0,894  | 0,906  | 0,918  | 0,930  | 0,942  |
| Sal comum                                    | 0,371       | 0,369  | 0,367  | 0,365  | 0,363  | 0,361  |
| DL-Metionina (99%)                           | 0,364       | 0,371  | 0,378  | 0,386  | 0,393  | 0,400  |
| L-Lisina HCl (78,8%)                         | 0,290       | 0,297  | 0,304  | 0,312  | 0,319  | 0,326  |
| L-Treonina (98,5%)                           | 0,116       | 0,121  | 0,126  | 0,131  | 0,136  | 0,141  |
| Bacitracina de zinco                         | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Salinomicina sódica                          | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bicarbonato de sódio                         | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Total                                        | 100         | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| Composição nutricional calculada, %          |             |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)              | 2960        | 2960   | 2960   | 2960   | 2960   | 2960   |
| Proteína bruta                               | 22,40       | 22,40  | 22,40  | 22,40  | 22,40  | 22,40  |
| Gordura                                      | 5,063       | 6,235  | 7,408  | 8,581  | 9,753  | 10,93  |
| Energia bruta <sup>2</sup>                   | 3621        | 3628   | 3736   | 3797   | 4053   | 4060   |
| Fibra bruta                                  | 2,996       | 3,959  | 4,923  | 5,886  | 6,849  | 7,813  |
| Fibra em detergente neutro                   | 11,831      | 13,628 | 15,425 | 17,222 | 19,018 | 20,815 |
| Cálcio                                       | 0,920       | 0,920  | 0,920  | 0,920  | 0,920  | 0,920  |
| Fósforo disponível                           | 0,470       | 0,470  | 0,470  | 0,470  | 0,470  | 0,470  |
| Sódio                                        | 0,220       | 0,220  | 0,220  | 0,220  | 0,220  | 0,220  |
| Cloro                                        | 0,273       | 0,273  | 0,272  | 0,271  | 0,270  | 0,269  |
| Potássio                                     | 0,868       | 0,850  | 0,832  | 0,814  | 0,796  | 0,778  |
| Aminoácidos digestíveis, %                   |             |        |        |        |        |        |
| Metionina + cisteína                         | 0,953       | 0,953  | 0,953  | 0,953  | 0,953  | 0,953  |
| Metionina                                    | 0,652       | 0,652  | 0,652  | 0,652  | 0,652  | 0,652  |
| Lisina                                       | 1,324       | 1,324  | 1,324  | 1,324  | 1,324  | 1,324  |
| Treonina                                     | 0,861       | 0,861  | 0,861  | 0,861  | 0,861  | 0,861  |
| Triptofano                                   | 0,252       | 0,252  | 0,251  | 0,251  | 0,250  | 0,250  |
| Leucina                                      | 1,727       | 1,712  | 1,697  | 1,683  | 1,668  | 1,654  |
| Arginina                                     | 1,415       | 1,411  | 1,408  | 1,405  | 1,401  | 1,398  |
| Fenilalanina                                 | 1,031       | 1,023  | 1,016  | 1,008  | 1,001  | 0,993  |
| Fenilalanina + tirosina                      | 1,762       | 1,721  | 1,680  | 1,638  | 1,597  | 1,556  |
| Valina                                       | 0,944       | 0,942  | 0,941  | 0,940  | 0,938  | 0,937  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500 cg, niacina 35 g, pantotenato de cálcio 10 g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup> Valores determinados.

**Tabela 3.** Composições centesimale nutricional das dietas de 8 a 21 dias de idade para frangos de corte.

| Composição centesimal                        | Tratamentos |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                              | 0%          | 4%     | 8%     | 12%    | 16%    | 20%    |
|                                              | GIM         | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    |
| Milho moído                                  | 56,77       | 54,12  | 51,47  | 48,82  | 46,16  | 43,50  |
| Farelo de soja                               | 35,95       | 35,26  | 34,56  | 33,87  | 33,18  | 32,50  |
| GIM                                          | 0,00        | 4,00   | 8,00   | 12,00  | 16,00  | 20,00  |
| Óleo de soja                                 | 3,329       | 2,663  | 1,997  | 1,332  | 0,666  | 0,000  |
| Fosfato bicálcico                            | 1,556       | 1,540  | 1,525  | 1,509  | 1,494  | 1,478  |
| Calcário                                     | 0,916       | 0,928  | 0,941  | 0,953  | 0,966  | 0,978  |
| Sal comum                                    | 0,346       | 0,344  | 0,342  | 0,340  | 0,338  | 0,336  |
| DL-Metionina (99%)                           | 0,312       | 0,315  | 0,318  | 0,320  | 0,323  | 0,326  |
| L-Lisina HCl (78,8%)                         | 0,240       | 0,248  | 0,256  | 0,264  | 0,272  | 0,280  |
| L-Treonina (98,5%)                           | 0,081       | 0,086  | 0,091  | 0,096  | 0,101  | 0,106  |
| Bacitracina de zinco                         | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Salinomicina sódica                          | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bicarbonato de sódio                         | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Total                                        | 100         | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| Composição nutricional calculada, %          |             |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)              | 3050        | 3050   | 3050   | 3050   | 3050   | 3050   |
| Proteína bruta                               | 21,20       | 21,20  | 21,20  | 21,20  | 21,20  | 21,20  |
| Gordura                                      | 5,975       | 6,981  | 7,986  | 8,992  | 9,997  | 11,00  |
| Energia bruta <sup>2</sup>                   | 3625        | 3633   | 3753   | 3801   | 3870   | 4063   |
| Fibra bruta                                  | 2,887       | 3,853  | 4,818  | 5,784  | 6,749  | 7,715  |
| Fibra em detergente neutro                   | 11,730      | 13,548 | 15,366 | 17,184 | 19,001 | 20,819 |
| Cálcio                                       | 0,841       | 0,841  | 0,841  | 0,841  | 0,841  | 0,841  |
| Fósforo disponível                           | 0,401       | 0,401  | 0,401  | 0,401  | 0,401  | 0,401  |
| Sódio                                        | 0,210       | 0,210  | 0,210  | 0,210  | 0,210  | 0,210  |
| Cloro                                        | 0,258       | 0,257  | 0,256  | 0,256  | 0,255  | 0,254  |
| Potássio                                     | 0,822       | 0,804  | 0,786  | 0,768  | 0,751  | 0,733  |
| Aminoácidos digestíveis, %                   |             |        |        |        |        |        |
| Metionina + cisteína                         | 0,876       | 0,876  | 0,876  | 0,876  | 0,876  | 0,876  |
| Metionina                                    | 0,588       | 0,590  | 0,592  | 0,593  | 0,595  | 0,597  |
| Lisina                                       | 1,217       | 1,217  | 1,217  | 1,217  | 1,217  | 1,217  |
| Treonina                                     | 0,791       | 0,791  | 0,791  | 0,791  | 0,791  | 0,791  |
| Triptofano                                   | 0,237       | 0,236  | 0,236  | 0,235  | 0,235  | 0,234  |
| Leucina                                      | 1,657       | 1,643  | 1,630  | 1,616  | 1,603  | 1,589  |
| Arginina                                     | 1,332       | 1,329  | 1,325  | 1,322  | 1,318  | 1,315  |
| Fenilalanina                                 | 0,976       | 0,969  | 0,961  | 0,954  | 0,946  | 0,939  |
| Fenilalanina + tirosina                      | 1,670       | 1,629  | 1,588  | 1,546  | 1,505  | 1,464  |
| Valina                                       | 0,896       | 0,894  | 0,893  | 0,892  | 0,890  | 0,889  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500cg, niacina 35g, pantotenato de cálcio 10g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup> Valores determinados.

**Tabela 4.** Composições centesimale nutricional das dietas de 22 a 35 dias de idade para frangos de corte

| Composição centesimal                        | Tratamentos |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                              | 0%          | 4%     | 8%     | 12%    | 16%    | 20%    |
|                                              | GIM         | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    |
| Milho moído                                  | 59,78       | 57,36  | 54,92  | 52,48  | 50,05  | 47,62  |
| Farelo de soja                               | 32,36       | 31,62  | 30,90  | 30,17  | 29,44  | 28,72  |
| GIM                                          | 0,00        | 4,00   | 8,00   | 12,00  | 16,00  | 20,00  |
| Óleo de soja                                 | 4,237       | 3,390  | 2,542  | 1,695  | 0,847  | 0,000  |
| Fosfato bicálcico                            | 1,335       | 1,319  | 1,302  | 1,286  | 1,270  | 1,254  |
| Calcário                                     | 0,863       | 0,875  | 0,888  | 0,901  | 0,913  | 0,926  |
| Sal comum                                    | 0,321       | 0,319  | 0,317  | 0,314  | 0,312  | 0,310  |
| DL-Metionina (99%)                           | 0,293       | 0,296  | 0,299  | 0,302  | 0,305  | 0,308  |
| L-Lisina HCl (78,8%)                         | 0,240       | 0,249  | 0,257  | 0,266  | 0,275  | 0,284  |
| L-Treonina (98,5%)                           | 0,072       | 0,077  | 0,082  | 0,088  | 0,092  | 0,098  |
| Bacitracina de zinco                         | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Salinomicina sódica                          | 0,050       | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  | 0,050  |
| Bicarbonato de sódio                         | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Total                                        | 100         | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| Composição nutricional calculada, %          |             |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)              | 3150        | 3150   | 3150   | 3150   | 3150   | 3150   |
| Proteína bruta                               | 19,80       | 19,80  | 19,80  | 19,80  | 19,80  | 19,80  |
| Gordura                                      | 6,924       | 7,757  | 8,591  | 9,424  | 10,26  | 11,09  |
| Energia bruta <sup>2</sup>                   | 3685        | 3717   | 3764   | 3918   | 4030   | 4124   |
| Fibra bruta                                  | 2,749       | 3,717  | 4,685  | 5,652  | 6,619  | 7,587  |
| Fibra em detergente neutro                   | 11,596      | 13,436 | 15,275 | 17,114 | 18,953 | 20,792 |
| Cálcio                                       | 0,758       | 0,758  | 0,758  | 0,758  | 0,758  | 0,758  |
| Fósforo disponível                           | 0,354       | 0,354  | 0,354  | 0,354  | 0,354  | 0,354  |
| Sódio                                        | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Cloro                                        | 0,243       | 0,242  | 0,241  | 0,241  | 0,240  | 0,239  |
| Potássio                                     | 0,766       | 0,748  | 0,730  | 0,712  | 0,694  | 0,676  |
| Aminoácidos digestíveis, %                   |             |        |        |        |        |        |
| Metionina + cisteína                         | 0,826       | 0,826  | 0,826  | 0,826  | 0,826  | 0,826  |
| Metionina                                    | 0,554       | 0,556  | 0,558  | 0,560  | 0,562  | 0,564  |
| Lisina                                       | 1,131       | 1,131  | 1,131  | 1,131  | 1,131  | 1,131  |
| Treonina                                     | 0,735       | 0,735  | 0,735  | 0,735  | 0,735  | 0,735  |
| Triptofano                                   | 0,217       | 0,216  | 0,216  | 0,215  | 0,215  | 0,214  |
| Leucina                                      | 1,570       | 1,557  | 1,544  | 1,532  | 1,519  | 1,506  |
| Arginina                                     | 1,229       | 1,225  | 1,221  | 1,217  | 1,213  | 1,209  |
| Fenilalanina                                 | 0,909       | 0,901  | 0,894  | 0,886  | 0,879  | 0,872  |
| Fenilalanina + tirosina                      | 1,554       | 1,513  | 1,471  | 1,430  | 1,389  | 1,347  |
| Valina                                       | 0,834       | 0,833  | 0,832  | 0,830  | 0,829  | 0,828  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500cg, niacina 35g, pantotenato de cálcio 10g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup>Valores determinados.

**Tabela 5.** Composições centesimale nutricional das dietas de 36 a 42 dias de idade para frangos de corte

| Composição centesimal                        | Tratamentos |        |        |        |        |        |
|----------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                              | 0%          | 4%     | 8%     | 12%    | 16%    | 20%    |
|                                              | GIM         | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    | GIM    |
| Milho moído                                  | 64,26       | 61,82  | 59,38  | 56,92  | 54,49  | 52,04  |
| Farelo de soja                               | 28,45       | 27,70  | 26,96  | 26,22  | 25,46  | 24,72  |
| GIM                                          | 0,00        | 4,00   | 8,00   | 12,00  | 16,00  | 20,00  |
| Óleo de soja                                 | 4,092       | 3,273  | 2,455  | 1,636  | 0,818  | 0,000  |
| Fosfato bicálcico                            | 1,123       | 1,107  | 1,090  | 1,073  | 1,057  | 1,040  |
| Calcário                                     | 0,773       | 0,785  | 0,796  | 0,808  | 0,820  | 0,832  |
| Sal comum                                    | 0,308       | 0,306  | 0,303  | 0,301  | 0,299  | 0,296  |
| DL-Metionina (99%)                           | 0,272       | 0,274  | 0,276  | 0,279  | 0,282  | 0,284  |
| L-Lisina HCl (78,8%)                         | 0,267       | 0,276  | 0,284  | 0,293  | 0,301  | 0,310  |
| L-Treonina (98,5%)                           | 0,076       | 0,081  | 0,085  | 0,090  | 0,095  | 0,100  |
| Bicarbonato de sódio                         | 0,200       | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  | 0,200  |
| Suplemento vitamínico e mineral <sup>1</sup> | 0,180       | 0,180  | 0,180  | 0,180  | 0,180  | 0,180  |
| Total                                        | 100         | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    |
| Composição nutricional calculada, %          |             |        |        |        |        |        |
| Energia Metabolizável (kcal/kg)              | 3200        | 3200   | 3200   | 3200   | 3200   | 3200   |
| Proteína bruta                               | 18,4        | 18,4   | 18,4   | 18,4   | 18,4   | 18,4   |
| Gordura                                      | 6,877       | 7,745  | 8,613  | 9,481  | 10,35  | 11,22  |
| Energia bruta <sup>2</sup>                   | 3699        | 3737   | 3780   | 3941   | 4050   | 4146   |
| Fibra bruta                                  | 2,620       | 3,589  | 4,559  | 5,529  | 6,499  | 7,469  |
| Fibra em detergente neutro                   | 11,589      | 13,429 | 15,269 | 17,109 | 18,949 | 20,788 |
| Cálcio                                       | 0,663       | 0,663  | 0,663  | 0,663  | 0,663  | 0,663  |
| Fósforo disponível                           | 0,309       | 0,309  | 0,309  | 0,309  | 0,309  | 0,309  |
| Sódio                                        | 0,195       | 0,195  | 0,195  | 0,195  | 0,195  | 0,195  |
| Cloro                                        | 0,237       | 0,236  | 0,235  | 0,234  | 0,234  | 0,233  |
| Potássio                                     | 0,707       | 0,689  | 0,671  | 0,653  | 0,635  | 0,617  |
| Aminoácidos digestíveis, %                   |             |        |        |        |        |        |
| Metionina + cisteína                         | 0,774       | 0,774  | 0,774  | 0,774  | 0,774  | 0,774  |
| Metionina                                    | 0,519       | 0,521  | 0,523  | 0,525  | 0,527  | 0,529  |
| Lisina                                       | 1,06        | 1,06   | 1,06   | 1,06   | 1,06   | 1,06   |
| Treonina                                     | 0,689       | 0,689  | 0,689  | 0,689  | 0,689  | 0,689  |
| Triptofano                                   | 0,197       | 0,197  | 0,196  | 0,195  | 0,195  | 0,194  |
| Leucina                                      | 1,486       | 1,473  | 1,460  | 1,447  | 1,434  | 1,421  |
| Arginina                                     | 1,120       | 1,116  | 1,112  | 1,108  | 1,105  | 1,101  |
| Fenilalanina                                 | 0,839       | 0,831  | 0,824  | 0,816  | 0,809  | 0,801  |
| Fenilalanina + tirosina                      | 1,434       | 1,393  | 1,351  | 1,310  | 1,268  | 1,227  |
| Valina                                       | 0,773       | 0,771  | 0,770  | 0,769  | 0,767  | 0,766  |

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (níveis de garantia por kg produto): vitamina A 7500000 UI, vitamina D3 2500000 UI, vitamina E 18000 UI, vitamina K3 1200 mg, tiamina 1500 mg, riboflavina 5500 mg, piridoxina 2000 mg, vitamina B12 12500cg, niacina 35g, pantotenato de cálcio 10g, biotina 67 mg, ferro 60 g, cobre 13 g, manganês 120 g, zinco 100 g, iodo 2500 mg, selênio 500 mg; <sup>2</sup>Valores determinados.

### 4.3. Avaliação da Qualidade da Carne

O abate das aves foi realizado aos 42 dias de idade, e deu-se pelo método de imobilização em cones de aço seguido de sangria. Depois de abatidas, as carcaças foram escaldadas em água a 70°C por três minutos, depenadas em centrífuga provida de dedos de borracha e evisceradas manualmente.

Para a avaliação da qualidade da carne foram utilizadas amostras de peito e pernas (coxa + sobrecoxa) de duas aves, previamente separadas pelo peso, sendo duas aves por unidade experimental. Foram determinados o pH, perda de peso por cocção, índice de peróxido, força de cisalhamento, retenção de água e cor do peito e da perna (coxa + sobrecoxa).

#### 4.3.1. pH

A determinação do pH foi realizada com um medidor de pH testo 205, de ponta fina, introduzido diretamente nas amostras de peito das aves até estabilizar. As análises com o peito foram realizadas com o músculo *pectoralis major* (do lado esquerdo e direito). Para determinar o pH foi calculada a média dos pH's, determinado a partir do pHmetro (figura 2) das repetições de cada tratamento.



**Figura 2.** pHmetro testo 205 utilizado nas análises. Fonte: arquivo pessoal.

#### 4.3.2. Capacidade de Retenção de Água

O método de Hamm (1960), adaptado por Wilhelm et. al. (2010), utiliza de uma amostra de carne de 2,0g ( $\pm 0,10$ ) cortada em cubo da parte cranial do filé (para uniformização das amostras). Em seguida, a amostra é colocada entre dois papéis filtros e posteriormente colocada entre duas placas de acrílico. Este sistema é então deixado sob um peso de 10kg por 5 minutos em temperatura ambiente.

Em seguida, as amostras são pesadas e a CRA é determinada pela porcentagem de água exsudada, a partir do calculo:  $CRA = \frac{\text{peso do papel prensado} - \text{peso do papel}}{\text{Peso da amostra}} \times 100$

Peso da amostra

#### 4.3.3. Força de Cisalhamento

Para a determinação da força de cisalhamento (FC), foram utilizados os músculos do peito, que foi embalado à vácuo em sacos plásticos e congelados. Após a determinação da PPC, os filés envolvidos em papel absorvente para remoção da umidade superficial, e foram retiradas quatro amostras por unidade experimental na forma de paralelepípedos ( $2 \times 2 \times 1,13\text{cm}$ ) as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas do aparelho *Warner-Bratzler Shear Force* (G-R MANUFACTURING CO, Modelo 3000), com célula de carga de 25 kgf e velocidade de 20 cm/min. Para a determinação da FC a média das FC de cada cilindro (Figura 3) foi utilizada para representar o valor da dureza de cada amostra (Froning et al., 1978).



**Figura 3.** Imagens do método da medição da textura da carne. Fonte: Arquivo pessoal.

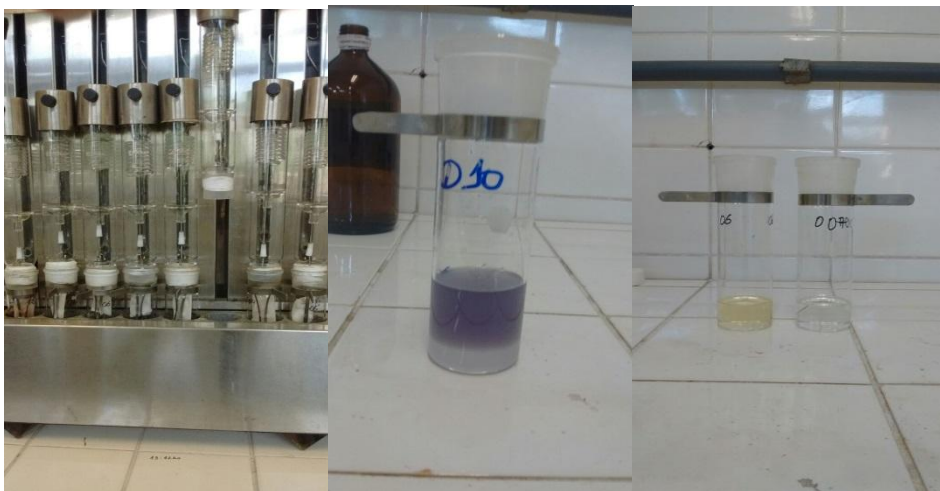
#### 4.3.4. *Perda de Peso por Cocção*

Para a determinação da perda de peso por cozimento (PPC), foram utilizados os músculos do peito, que foi embalado à vácuo em sacos plásticos e congelados. Foi retirado o filé esquerdo de cada peito, que depois da pesagem foram embalados em papel alumínio e cozidos em uma chapa até atingir a temperatura interna de aproximadamente 82 a 85°C, sendo a temperatura monitorada através de termômetro especializado para cocção de carne (Acurite®). A seguir, as amostras foram colocadas sobre papel absorvente até atingirem temperatura ambiente (20-25°C). As perdas durante a cocção foram calculadas pela diferença de peso das amostras antes e depois da cocção e expressas em porcentagem (Honikel, 1987).

#### 4.3.5. *Índice de Peróxido*

Para determinar o índice de peróxido (IP), foi utilizado o método Cd 8-53 (AOCS, 2003). Foram feitos os cortes e desossa do peito, coxa e sobrecoxa, moagem, homogeneização e retirada da alíquota para realizar as análises. As amostras foram acondicionadas em sacos a vácuo e enrolados em papel alumínio, fora de iluminação. Logo após, foi pesada a amostra de 3g e extraído o óleo, o método de Goldfisch foi utilizado para extração da gordura, utilizando éter de petróleo juntamente com o BHT (Butilhidroxitolueno - atuando como conservante e antioxidante).

Na análise do índice do peróxido, à amostra com solvente é adicionada a solução de iodeto de potássio. Os íons iodeto reagem com os peróxidos produzindo I<sub>2</sub>. O excesso de iodo (I) não reage ficando na solução, que ao adicionar o amido como indicador, este componente na presença de I<sub>2</sub> ficará azul. Ao titular a solução com o tiosulfato de sódio, este por sua vez é oxidado a tetrationato de sódio e o iodo será reduzido a I, causando a perda da cor azulada. Assim a quantidade do tiosulfato que foi consumida será proporcional à quantidade de peróxidos presentes na amostra analisada (BACCAN et al., 2001). O cálculo para determinação foi o seguinte:  $IP = \frac{(V1-V2) \times N \times F \times 1000}{P}$ .



**Figura 4.** Imagens do método de extração da gordura e titulação das amostras com tiosulfato de sódio. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.3.6. Colorimetria

A coloração da carne do peito e da coxa foi realizada com auxílio de um colorímetro KONICA MINOLTA, modelo CR-400 (Figura 5), operando no sistema CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), sendo  $L^*$  a luminosidade, variável do preto (0%) ao branco (100%);  $a^*$  a intensidade da cor vermelha, variável do verde(-a) ao vermelho (+a); e  $b^*$  a intensidade da cor amarela, variável do azul (-b) ao amarelo (+b). Foram realizadas medições em diferentes pontos do músculo, na superfície superior e inferior do músculo da coxa e peito. Foram utilizados os valores médios para a representação da coloração (Honikel, 1998).



**Figura 5.** Colorímetro KONICA MINOLTA CR-400 utilizado nas análises. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.3.7. Análises Estatísticas

Os dados foram analisados quanto aos princípios de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias.

Aos dados de qualidade de carne foi aplicada a MANOVA e a análise multivariada de fatores, com o valor mínimo de carga para uma variável ser significativa de 0,70 dentro de um fator e o método de rotação dos fatores foi o varimaxraw(KAISER, 1958).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos parâmetros avaliados na carne do peito e coxas estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Médias dos valores do pH, capacidade de retenção de água(CRA, %), força de cisalhamento(FC, kgf/cm<sup>2</sup>), perda de peso por cocção (PPC, g), índice de peróxido (IP, mEq/kg) ecoloração do peito, coxa e sobrecoxa de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com GIM

| Variáveis | Níveis de inclusão do GIM, % |       |       |       |       |       | Médias | DP   |
|-----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
|           | 0                            | 4     | 8     | 12    | 16    | 20    |        |      |
| pH        | 5,8                          | 5,9   | 5,9   | 5,8   | 5,9   | 5,8   | 5,8    | 0,1  |
| CRA       | 36,17                        | 36,23 | 37,47 | 39,01 | 39,79 | 39,86 | 38,09  | 1,69 |
| FC        | 1,04                         | 1,01  | 1,02  | 1,01  | 1,00  | 0,98  | 1,01   | 0,02 |
| PPC       | 30,00                        | 27,47 | 24,11 | 28,87 | 27,17 | 27,18 | 27,47  | 1,99 |
| IPSCOX    | 14,78                        | 15,70 | 15,18 | 12,56 | 15,66 | 15,87 | 14,96  | 1,24 |
| IPCOX     | 12,88                        | 14,88 | 16,52 | 16,02 | 14,77 | 15,74 | 15,13  | 1,29 |
| IPPEITO   | 16,90                        | 16,05 | 17,50 | 16,07 | 18,73 | 16,30 | 16,93  | 1,05 |
| PL*       | 58,75                        | 58,48 | 59,39 | 61,62 | 58,25 | 57,57 | 58,51  | 1,74 |
| Pa*       | 0,86                         | 0,62  | 1,41  | 0,80  | 1,69  | 0,43  | 0,97   | 0,49 |
| Pb*       | 6,49                         | 4,46  | 4,72  | 3,88  | 4,28  | 3,14  | 4,50   | 1,12 |
| COXINL    | 61,02                        | 62,80 | 57,76 | 61,43 | 59,94 | 59,99 | 60,49  | 1,70 |
| COXINa*   | 4,42                         | 5,39  | 4,41  | 5,63  | 4,99  | 5,70  | 5,09   | 0,58 |
| COXINb*   | 8,63                         | 8,83  | 7,26  | 7,34  | 7,27  | 6,19  | 7,59   | 0,99 |
| COXEXL    | 57,98                        | 58,18 | 55,56 | 60,04 | 59,38 | 44,99 | 56,02  | 5,62 |
| COXEXa*   | 1,96                         | 2,46  | 2,66  | 2,32  | 1,81  | 1,98  | 2,20   | 0,33 |
| COXEXb*   | 4,32                         | 3,30  | 8,11  | 2,89  | 2,13  | 2,16  | 3,82   | 2,25 |

Índice de peróxido da sobrecoxa (IPSCOX); Índice de peróxido da coxa (IPCOX); Índice de peróxido do peito (IPPEITO); Intensidade da luminosidade do peito (PL\*); Intensidade da cor vermelha do peito (Pa\*); Intensidade da cor amarela no peito (Pb\*); Intensidade da luminosidade interna da coxa (COXINL); Intensidade da cor vermelha interna da coxa (COXINa\*); Intensidade da cor amarela interna da coxa (COXINb\*); Intensidade da luminosidade externa da coxa (COXEXL); Intensidade da cor vermelha externa da coxa (COXEXa\*); Intensidade da cor amarela na parte externa da coxa (COXEXb\*). DP: Desvio padrão.

O teste da MANOVA avaliou a interação do GIM com todas as variáveis de qualidade de carne. Não se encontraram evidências para rejeitar a hipótese de nulidade para a interação do GIM com as variáveis analisadas. Foram utilizados os testes de lambda de Wilks, traços de Pillai e de Hotelling (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teste da MANOVA para as variáveis de qualidade de carne em frangos de corte alimentados com GIM

| Teste     | F     | efeito | erro | p      |
|-----------|-------|--------|------|--------|
| Wilks     | 0,049 | 0,750  | 64   | 0,8521 |
| Pillai    | 1,944 | 0,768  | 64   | 0,8431 |
| Hotelling | 5,431 | 0,721  | 64   | 0,8706 |

**Tabela 8.** Coeficiente de correlação das variáveis dos componentes principais

| VARIÁVEIS                 | FATOR 1   | FATOR 2   | FATOR 3   |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| TRAT                      | -0.014550 | -0.060387 | 0.314649  |
| pH                        | 0.025232  | 0.465873  | -0.570656 |
| RET_AGUA                  | 0.075413  | 0.497690  | 0.421067  |
| FORÇA_CISALHAMENTO        | -0.040403 | -0.738568 | 0.140359  |
| PERDA_COCCAO              | -0.013921 | -0.682470 | -0.202940 |
| INDICE_PEROXIDO_COXA      | 0.227260  | 0.672470  | -0.091325 |
| INDICE_PEROXIDO_SOBRECOXA | 0.138860  | 0.071467  | 0.574802  |
| INDICE_PEROXIDO_PEITO     | -0.54727  | 0.020345  | 0.803557  |
| PEITO_LUMINOSIDADE        | 0.938746  | 0.037297  | 0.090312  |
| PEITO_VERMELHA            | 0.996311  | 0.040038  | 0.014714  |
| PEITO_AMARELA             | 0.996904  | 0.035479  | 0.013036  |
| COXA_INTERNA_LUMINOSIDADE | 0.989328  | 0.010559  | -0.024323 |
| COXA_INTERNA_VERMELHA     | 0.996153  | 0.041121  | 0.019327  |
| COXA_INTERNA_AMARELA      | 0.997082  | 0.031290  | 0.008092  |
| COXA_EXTERNA_LUMINOSIDADE | 0.915706  | 0.109769  | -0.195107 |
| COXA_EXTERNA_VERMELHA     | 0.996330  | 0.037401  | 0.014502  |
| COXA_EXTERNA_AMARELA      | 0.992897  | 0.030919  | 0.020579  |

O pH da carne das aves não apresentou alterações em relação ao consumo do GIM (Tabela 6). Em caso de variações poderiam influenciar a FC e a PPC, as quais são de suma importância para a aceitação da carne pelo consumidor (OLIVEIRA et al., 2015). Segundo Praxedes (2007), remetendo à questão da qualidade da carne, o pH baixo tende a causar desnaturação das proteínas. Havendo interferências nas propriedades funcionais da carne, ou seja, as características pobres de processamento e diminuição dos rendimentos dos produtos, caracterizando a carne como PSE. De acordo com Cañeque et al. (1989), após a morte do animal, o glicogênio muscular presente na carne favorece a formação do ácido láctico, diminuindo a média do pH de 7,5 para 5,4. Isso torna a carne macia e succulenta, com sabor ligeiramente ácido e odor característico.

A capacidade de retenção de água da carne das aves não apresentou alterações em relação ao consumo das dietas contendo níveis de GIM (Tabela 8). Segundo Dabés (2001), a menor capacidade de retenção de água implica perdas do valor nutritivo por meio do exsudato eliminado e resulta em carne mais seca e, conseqüentemente, menos macia. Desta forma, se houve boa CRA pode ser explicado pela baixa variação do pH, sendo ligeiramente ácido, dando à carne succulência e boa textura.

De acordo com Frominget et al. (1978), a textura da carne de peito de frangos está associada à capacidade de retenção de água apresentada pelo músculo, a qual é dependente de vários fatores como o estresse térmico sofrido pela ave durante o período de criação e os fatores pré-abate. A maciez da carne é o critério de qualidade mais importante e pode ser avaliada por métodos subjetivos e métodos objetivos, como a medição do pH da carne, perda de peso por cocção e força de cisalhamento (Bressan, 1998).

Porém, em estudos, Mesquita (2017) obteve a força média de cisalhamento para o peito variando de 0,86 a 1,00 kgf, sendo inferior ao encontrado por Dalanez et al., (2004) que obtiveram média de 1,69 kgf quando avaliaram qualidade da carne de peito de frangos de corte abatidos com 28 dias. O presente estudo apresentou, de acordo com as condições utilizadas, os valores de força de cisalhamento variaram de 0,98 kgf a 1,04 kgf (Tabela 6). O fator 2 agrupou a característica de força de cisalhamento, mostrando inter-relação negativa. Assim com o aumento do GIM nas dietas reduziu a força de cisalhamento do peito dos frangos. Isto pode ser explicado pela presença da gordura, que dá mais maciez à carne, dada a tendência de redução da força de cisalhamento no corte das fibras musculares.

No processo de análise para perda de peso por cocção, Dunnet al. (1993) encontraram variações médias de 18,04 a 20,55 g; enquanto Bilgili et al. (1989) encontraram valores entre 25,1 e 29 g. No presente trabalho, foram encontrados valores entre 24,1 e 30,0 g (Tabela 6), de acordo com os valores obtidos pelos autores supracitados. Para a variável perda de peso por cocção, nenhum dos fatores apresentaram correlação significativa em relação à inclusão do GIM nas dietas.

O GIM é composto de altos teores de óleo (gordura), assim, após ser metabolizado e depositado nos tecidos, a gordura repele a água dos tecidos. Com isto, a crescente inclusão do GIM na dieta pode diminuir a quantidade de água retida nos mesmos, aumentando a perda de peso por cocção e podendo comprometer a qualidade da carne.

O índice de peróxido é altamente influenciado pela oxidação da gordura. Assim, quanto maior for a inclusão do gérmen na alimentação, maior é a probabilidade de oxidação e efeito adverso na carne. Isso acontece porque alimentos ricos em lipídeos, bem como o GIM, são propícios à deterioração (oxidação). Segundo Araújo (2011), gorduras e óleos são susceptíveis a alterações químicas durante o processamento e armazenamento. A oxidação das gorduras promove a perda do valor nutricional (Bertechini, 2012), diminuindo o aproveitamento dos alimentos pelos animais. O fator 3 agrupou a característica de índice de peróxido do peito, expressando inter-relação positiva; a adição de níveis mais elevados do GIM na dieta de frangos tende a aumentar o índice de peróxido do peito. Porém, os demais fatores não reuniram níveis significantes para as variáveis.

A pigmentação da carne e pele das aves é proveniente da ingestão de carotenoides presentes nos ingredientes das rações, tais como o milho e seus coprodutos. Segundo Brunelli et al. (2010) o gérmen de milho desengordurado possui menor teor de xantofila que o grão de milho. Porém, se este teor for menor que 21%, não há alterações na coloração da gema de ovo de poedeiras comerciais. Dutra Jr. et al. (1991) observaram que a inclusão de óleo na dieta para frangos de corte, melhorou a coloração da carne esta resposta favorável foi atribuída a um poder das gorduras e óleos em favorecer a absorção dos carotenoides, ou possivelmente a uma correção da relação energia : proteína.

Podemos considerar que o aumento nos níveis de GIM na ração dos frangos teve correlação com a coloração da carne de frangos de corte, como também com a maciez da carne explicado pelo teor de óleo na composição do GIM. Neste estudo, a análise indicou três principais fatores (Tabela 8), onde o fator 1 agrupou todas as variáveis relacionadas a

coloração, mostrando que há uma correlação positiva entre as colorações dos cortes (peito, coxa e sobrecoxa) e a adição do GIM nas dietas das aves.

Em outro estudo, Froning (1978), estudando diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho, encontrou aumento no valor **L** e diminuição de **a** e **b** em ambos os lados do peito, à medida que aumentaram os níveis de substituição. Este autor afirmou que a pigmentação da carcaça de frangos de corte depende de diversos fatores, dentre eles a nutrição.

## **6. CONCLUSÃO**

O GIM pode ser usado até 20% nas dietas de frangos de corte sem alterar a qualidade da carne.

O GIM também mostrou forte correlação com a força de cisalhamento, o índice de peróxido e com a coloração da carne dos frangos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.A. Oxidations and antioxidants. In: **NUTRICINES. FOOD COMPONENTS IN HEALTH AND NUTRITION**. Nottingham Univ. Press. Chapter 2, p.11-34, 1999.

ALLEN, C. D. et al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, n. 77, v. 2, p. 361-366, 1998.

ANDREOTTI, M. O. et al. Tempo de trânsito intestinal, desempenho, característica de carcaça e composição corporal de frangos de corte alimentados com rações isoenergéticas formuladas com diferentes níveis de óleo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 870-879, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. 5. Ed. Viçosa, MG: Ed.UFV, 2011.

BACCAN, N. et al. Química Analítica Quantitativa Elementar. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BARBI, J.H.T. E LÚCIO, C.G. Qualidade e digestibilidade de gorduras e óleos na alimentação de aves. In: **XI CONGRESO DE LA AMENA Y I DEL CLANA**. Mexico. p.159-177, 2003.

BARBUT, S. Effect of illumination source on the appearance of fresh meat cuts. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 187-191, 2001.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L.; Conferência APINCO, Santos, Brasil, 2004. 3. Patil, P.; Deng, S.; Rhodes, I. J.; Lammers, P. J.; Fuel 2010, 89, 360.

BERAQUET, N.J. Influência de fatores ante e post mortem na qualidade da carne de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.1, n.3, p.155-166, 2000.

BERTECHINI, A. G. Nutrição de Monogástricos. Editora UFLA, Lavras: UFLA, 2012.

BILGILI, S.F. et al. Effect of postmortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler pectoralis major. **Poultry Science**, v.68, n.11, p.1588-1591, 1989.

BOURNE, M. C. Principles of objective texture measurement. In: BOURNE, M. C. (Ed.). Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 1982. p. 114-117.

BRESSAN, C. **Efeito dos fatores pré-abate sobre a qualidade do peito de frango. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos**, 1998. 179p. Tese(Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Engenharia de Alimentos/ Unicamp, 1998.

BRITO, A. B. et al. Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 06, n. 1, p. 19-26, 2005.

BRITO, A. B. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais de 30 a 64 semanas de idade consumindo gérmen integral de milho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 29-34, 2005.

BROSSI, C.; et al. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1284-1293, 2009.

BRUNELLI, Sandra Regina; et al. Farelo de Gérmen de Milho Desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44 semanas de idade. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 39, p. 1068-1073, 2010.

BRUNELLI, S. R. et al. Efeito de diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1991-2000, 2012.

CAÑEQUE, V. et al. Producción de carne de cordero. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, p. 520, 1989.

CARNEIRO, A. P. M. et al. Farelo de babaçu em rações para frangos de corte na fase final: desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia v.10, n.1, p. 40-47, 2009.

CASTILLO, C.J.C. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES**, 1., 2001, São Pedro. Anais... São Pedro: ITAL, p.160-178, 2001.

CHENG, J. et al. Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A Review. **Food Science and Food Safety**, p. 52-61, 2014.

CIE-COMMISSION INTERNACIONAL DE L'ECLAIRAGE. Disponível em: < <http://www.cie.co.at/> >. Acesso em: 25 mai. 2018.

COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal. São Paulo: SINDI-RAÇÕES, 1985, 2002. 198p. CONTRERA, C. C. et. al., Higiene e Sanitização na Indústria de Carnes e Derivados. São Paulo, Varela, p.181.

CASTILLO, C.J.C. Qualidade de carcaça e carne de aves. In. **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA DE CARNES**, São Pedro, 2001. **Anais...** Campinas: ITAL, p. 160-178, 2001.

CONY, A. V. Manejo do carregamento, abate e processamento. Como evitar perdas? In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA**, 2000. Campinas. Anais... Campinas: FACTA, p. 203-212 2000.

CRUZ, F. G. G. **Avicultura caipira na Amazônia**. Manaus: EDUA, 2011, 80 p.

CULIOLI, J. Meat tenderness: mechanical assessment. In: OUALI, A.; DEMEYER, D. I.; SMULDERS, F. J. M. (Ed.). Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality. **The Netherlands: Ecceamst**, p. 239-263, 1995.

CULIOLI, J. Meat tenderness: mechanical assessment. In: **Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality**. The Netherlands: Ecceamst, . p. 239- 263, 1995.

DALANEZI, J. A. et al. Efeito da idade da matriz sobre o rendimento e qualidade da carne de frangos de corte. **Ciências Tecnologia de Alimentos**. Campinas, p.685-466 690, 2004.

DUNN, A.A. et al. Effect of post mortem temperature on chicken pectoralis major: muscle shortening and cooked meat tenderness. **British Poultry Science**, v.34, n.4, p.689-697, 1993.

DUTRA JR. et al. Níveis de óleo de abatedouro avícola no desempenho e características da carcaça de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.475-482, 1991.

ENGLERT, S. I. Avicultura: tudo sobre raças, manejo e alimentação. 7. ed. **Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária**, p. 238, 1998.

EYNG, C. **Avaliação nutricional da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentação Animal), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, p. 67, 2009.

FERNANDES, R. T. V. et al. **Aspectos gerais sobre alimentos alternativos na nutrição de aves**. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 66-72, 2012.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FROES, L. de O. et al. NAVES, M.M.V. Gérmen com pericarpo de milho desengordurado na formulação de biscoitos tipo cookie. **Ciência Rural**, v.42, p.744-750, 2012.

FRONING, G.W. et al. The effect of preslaughter temperatures, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. **Poult. Sci.**, v.57, p.630-633, 1978.

GOMIDE, L. et al. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaça**. MG: Editora UFV, p. 247-263. 2009.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. *BrasilFlorestal*, Brasília, ano 20, v. 72, p. 47-58, 2001.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advanced Food Research*, v.10, p.335- 362, 1960.

HANNA, A.C.S. et al. Bioefficacy of the Copaiba Oil (*Copaifera* sp.) In Diets of Laying Hens in the Second Production Cycle in Humid Tropical Climate. ***Journal of Poultry Science***, v. 12, p. 647-652, 2013.

HEDRICK, H.B.etal.Principles of meat science. 3 ed. Kendall/ Hunt Publishing Company-Dubuque, Iowa, 1994.

HONIKEL K.O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P.V.; EIKELNBOOM, G.; MONIN, G. **Evaluation and control of meat quality in pigs**. Dordrecht: MartinusNijhoff, p.273-283,1987.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. ***Meat Science***, v.49, p.447-457, 1998.

KAISER, H.F.TheVarimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. *Psychometrika*, 23, p. 187-200, 1958.

LAGE, M.E. **Suplementação nutricional de novilhos nelore com  $\alpha$ -tocoferol (Vitamina E) e seus efeitos na qualidade da carne**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP, 2004.

LIMA M. B. et al. Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal. ***ActaScientiarum. Animal Sciences***, v. 34, n. 2, p. 137-141, 2012.

LIMA, R,B.**Avaliação nutricional de derivados da moagem úmida do milho para frangos de corte industrial**.Dissertação (Mestrado em Nutrição de Não Ruminantes) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p.30, 2008.

LOPES, L. C. **Controle metrológico da cor aplicado à estamparia digital de materiais têxteis**. Dissertação (Mestrado) – Metrologia PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2009.

MARTÍNEZ-CEREZO, S. et al. Breed, slaughter weight and ageing time effects on consumer appraisal of three muscles of lamb. **Meat Science**, v.69, p.795-805, 2005.  
máxima de cisalhamento. **PUBVET**, Londrina, v. 2, n. 7, sem paginação, 2008.

MENDES, A.A. Rendimento e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS**, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, v.3, p.79-99, 2001.

MENDES, A.A; Komiyama, C.M.Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.352-357, 2011.

MESQUITA, L. R. **Avaliação físico - química e sensorial de carne de frangos decorte submetidos a dietas com inclusão de óleo de buriti (*Mauritiaflexuosal*.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UniversidadeFederal do Piauí,Teresina, 2017.

MILLER, W. F.et al.Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. **JournalofDairy Science**. v.92, n.7, p.3386-3391, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Brasil Projeções do Agronegócio 2011/12 a 2021/22. Brasília, 2012, 50 p. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: março de 2018.

MONSÓN, F. et al. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. **Meat Science**, Illinois, v. 68, p. 595-602, 2004.

NUNES, J. K. et al. Alimentos alternativos ao milho na dieta de aves. **RevistaEletrônicaNutritime**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 2627-2645, 2013.

OLIVEIRA, D.R.M.S. & NÄÄS, I.A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS**, 2012, Rhodes. Anais...Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings, Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.

OLIVEIRA, F. R. et al. Jejum alimentar e qualidade da carne de frango de corte caipira. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.** p.667-677, 2015.

OLIVIO, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: Ed. do Autor, p.680, 2006.

OLIVO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n.307, p.72-83, 2002.

OLIVO, R., BARBUT, S. Exudativecooked gel in chickenbreastmeatproducts. In: **XIX Congresso de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA)**. Recife, p.89, 2004.

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, vol. 2, p.279, 2005.

OSÓRIO, J.C.S.et al. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.292-300, 2009.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Circular Técnica 75. Embrapa. Sete Lagoas, MG, 2006.

PARDI, M.C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: Ciência e higiene da carne. Tecnologia da sua obtenção e transformação** Goiânia. Editora UFG. 2ª edição revista e ampliada.v.1p. 623, 2001.

PATHARE , P. B.; OPARA , U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PELICANO, E. R. L. et al. Effect of Different Probiotics on Broiler Carcass and Meat Quality. **Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 3, p. 207-214, 2003.

PENZ Jr., A.M. Rações peletizadas para frangos de corte. In: **SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA**, 5., 2002, Goiânia. Anais... Goiânia: UFG, p.145-164, 2002.

PÉREZ-VENDRELL, A. M. et al. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. **Poultry Science**, v. 80, n. 2, p. 320-326, 2001.

PRAXEDES, C. I.S. **Exsudação de gel no cozimento em carne de peito de frango normal, “PSE” e “DFD”**. Dissertação (Mestrado em Higiene veterinária e processamento tecnológico de produtos de origem animal), Universidade Federal Fluminense, Niterói, p. 24, 2007.

RABELLO, C. B. V. et al. Níveis de óleo de soja na dieta de poedeiras comerciais criadas em região de alta temperatura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p.174-182, 2007.

REGINA, R.; SOLFERINI, O. Produção de cultivares de ingredientes de alto valor nutricional: características e benefícios. In: **SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**, 2., 2002, Uberlândia. Anais... Campinas: CBNA, p.105-116, 2002.

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, 2001.

RODRIGUES FILHO, M. **Características de carcaça e qualidade da carne de Tourinhos red norte suplementados com óleos de Fritura e de soja**. 2011. 132 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, 2011.

SAÑUDO, C. L. Acalidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Facultad de Veterinaria - Departamento Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Zaragoza, p. 117, 1992.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cadeia produtiva da avicultura: cenários econômicos e estudos setoriais**. Recife, p. 44, 2008.

SILVA, E. C. et al. Substituição do fubá de milho por gérmen integral de milho na dieta de ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 442-449, 2013.

SOUZA, P. S. Comparação dos efeitos da temperatura de cocção e espessura da lâmina de corte na força máxima de cisalhamento Warner Bratzler, no *Longissimus dorsi*, determinação de um modelo matemático que correlacione estes parâmetros com a força máxima de cisalhamento. **PUBVET**, Londrina, v. 2, n. 7, sem paginação, 2008.

SOUZA, H. B. A. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. **V Seminário Internacional de Aves e Suínos – AveSui** 25,26,27 abril 2005. Florianópolis – SC, p.91-96., 2005.

VENTURINI, K. S. et al. Características da Carne de Frango. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. 2007. Programa Institucional de Extensão, 2007.

VIEIRA, N.M. & DIAS, R.S. Uma abordagem sistêmica da avicultura de corte na economia brasileira. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociedade Rural**, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

WILHELM, A. E. et al. **Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat**. Food Chemistry, v. 119, n.3, p.1201- 1204, 2010.

YUNES, J. F. F. **Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela**. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.