



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ  
CAMPUS MEDIANEIRA  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos

MARISTELA ENGEL

**IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ESCALDAGEM EM CARÇAÇAS DE FRANGO  
DURANTE O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

DISSERTAÇÃO

**MEDIANEIRA  
2018**

MARISTELA ENGEL

**IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ESCALDAGEM EM CARÇAÇAS DE FRANGO  
DURANTE O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora Professora Dra: Cristiane Canan  
Coorientadora Professora Dra: Adriana  
Lourenço Soares

**MEDIANEIRA**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

E57i

Engel, Maristela

Impacto das condições de escaldagem em carcaças de frango durante o processamento industrial / Maristela Engel – 2018.  
45 f.: il.; 30 cm.

Orientadora: Cristiane Canan

Coorientadora: Adriana Lourenço Soares

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Medianeira, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Quimiometria. 2. Carne - Qualidade. 3. Indústria avícola 4. Alimentos – Dissertações. I. Canan, Cristiane, orient. II. Soares, Adriana Lourenço, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

CDD: 664



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ESCALDAGEM EM CARÇAÇAS DE FRANGO DURANTE O  
PROCESSAMENTO INDUSTRIAL**

Por

**MARISTELA ENGEL**

Essa dissertação foi apresentada às quatorze horas, do dia vinte e sete de setembro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Linha de Pesquisa Processos Tecnológicos na Indústria de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelas professoras abaixo assinadas. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Profa. Dra. Cristiane Canan (Orientadora – PPGTA)

---

Profa. Dra. Eliane Colla (Membro Interno – PPGTA)

---

Dra. Rosana Aparecida da Silva Buzanello (Membro Externo)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por sempre me conceder saúde, Fé e sabedoria, me guiando durante essa jornada.

A orientadora Profa. Dra. Cristiane Canan e coorientadora Dra. Adriana Lourenço Soares Russo, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela valiosa orientação durante a realização dessa Dissertação, paciência e confiança em mim depositada.

Aos meus pais Elocir Teresinha Camini e Paulo José Engel (*in memoriam*), meus irmãos Cleber, Jeverson e Cleiton, minha eterna gratidão, por todo incentivo, carinho e pelas palavras por vezes confortantes, me mostrando sempre o melhor caminho a ser seguido.

Ao meu esposo Jorge Leonardo Sanchez, pela paciência, por estar ao meu lado em momentos de alegria e tristeza, pelo amor, carinho e atenção que dedicou a mim.

As minhas amigas e colegas de trabalho Francielle, Kamila, Daniela, Danielly, Elizete, Bruna, pelo auxílio e compreensão durante essa jornada.

A Sra. Lérida Fantin de Vargas pela companhia e troca de conhecimentos durante essa jornada de aprendizado. A Sra. Suzana Franco de Camargo pelo apoio durante o experimento.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, por todo ensinamento.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e permanecem próximos de mim, fazendo a vida valer cada vez mais a pena.

## RESUMO

ENGEL, Maristela. Impacto das condições de escaldagem em carcaças de frango durante o processamento industrial. 2018. 48f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

A etapa de escaldagem antecede a depenagem das aves, e consiste na imersão das aves em água quente (usualmente 50 a 64 °C) em tanques de simples ou múltiplos estágios com fluxo contracorrente de água potável, promovendo alterações na carne. A aplicação de métodos quimiométricos como a análise multi-tabelas (*Path-ComDim*) auxiliam na extração de informações de dados de origem instrumental ou de técnicas analíticas através de padrão de agrupamento e variabilidade das amostras. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do tipo de escaldagem (severa e branda) em frangos de corte, através dos parâmetros de processo (tempo e temperatura) e tipos de tanque (simples e múltiplos estágios). O estudo foi realizado em um abatedouro de aves com média de abate de 340.000 aves por dia. Foram utilizados frangos de cortes comerciais da linhagem *Cobb* com idade entre 42 e 46 dias, abatidos seguindo normas sanitárias vigentes na indústria. Na escaldagem foram aplicados quatro tratamentos: simples/severa (59 °C e 68 segundos); simples/branda (56 °C e 110 segundos); múltiplo/severa (58/54 °C e 142 segundos); e múltiplo/branda (56/53 °C e 245 segundos). A redução do pH *post mortem* no músculo do peito (3,5 minutos até 24 horas) foi significativa e o uso de tanque múltiplo apresentou o menor valor de pH (5,78). Os valores obtidos de luminosidade L\* indicam que a utilização de tanque múltiplo promoveu uma carne menos pálida, houve redução da tonalidade vermelha (a\*) com a escaldagem branda e aumento da tonalidade amarela (b\*) na escaldagem com tanque simples. A escaldagem branda, em tanque simples ou múltiplo, promoveu aumento no teor de absorção de água (7,78% e 7,22%) comparado à severa. Este efeito do tipo de escaldagem sobre a cor b\* e a absorção de água da carne foi explicado pela análise multi-tabelas (*Path-ComDim*). A escaldagem severa nos dois tipos de tanques resultou em uma carne com maior força para cisalhamento, 13,53 N (simples) e 13,43 N (múltiplo). A capacidade de retenção de água (CRA) foi maior na escaldagem severa (64,12 %) e menor na branda (62,76 %). O teor de proteína foi menor com a escaldagem simples/branda (21,78%) e o maior com a múltiplo/branda (22,20%). A escaldagem branda com tanque de múltiplos estágios possibilita maior velocidade de abate e carne de frango com melhor qualidade e rendimento, com ausência de cozimento superficial.

**Palavras-chave:** Abatedouro de aves. Escaldagem branda. Escaldagem severa. Qualidade da carne. *Path-ComDim*. Quimiometria.

## ABSTRACT

ENGEL, Maristela. Impact of scalding conditions on poultry carcasses during industrial processing. 2018. 48p. Dissertation (Master in Food Technology) - Graduate Program in Food Technology, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

*Scalding stage precedes plucking chicken, and consists of immersing the chicken in hot water (usually 50 to 64 °C) in single or multi-stage tanks and with countercurrent flow of drinking water, promoting changes in meat. The application of chemometric methods assists in extracting information from large amounts of data originated in the industry. The objective of this study was to evaluate the impact of the type of scald (severe and soft) in poultry, through the process parameters (time and temperature) and tank types (single and multiple). The study was conducted in a poultry slaughterhouse that operates with an average slaughter of 350,000 chickens per day. Poultry from commercial of the Cobb breed, aged between 42 and 46 days, and were slaughtered following the sanitary standards in force in the industry. Four treatments were applied to the scald: simple/severe (59 °C and 68 seconds); simple/soft (56 °C and 110 seconds); multiple/severe (58/54 °C and 142 seconds); and multiple/soft (56/53 °C and 245 seconds). The postmortem pH reduction (3.5 minutes to 24 hours) was significant and the use of a multiple tank had the lowest pH value (5.78). The values of lightness L\* obtained indicate that the use of multiple tanks promoted a less pale and uncooked meat, there was loss of red color (a\*) with soft scald and increase of yellow color (b\*) in the scald with simple tank. The soft scalding, in single or multiple tank, promoted an increase in the water uptake content (7.78% and 7.22 %) compared to the severe. This effect of the scald type on the color b\* and the water uptake of the meat was explained by multiblock analysis. Severe scalding in both types of tanks caused a greater need for shear force, 13.53 N (single) and 13.43 N (multiple). The water holding capacity (WHC) of the poultry breast was higher in severe scalding (64.12 %) and lower in the soft (62.76 %). The protein content was lower with the simple/soft scald (21.78 %) and the larger with the multiple/soft (22.20 %). Soft scald with multi-stage tank allows higher slaughter speed and chicken meat with better quality and yield, with no surface cooking.*

**Key-words:** Poultry slaughtering. Soft Scalding. Hard Scalding. Meat Quality. Path-ComDim. Chemometric.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Abatedouro de aves com linha de processo de 12.000 aves por hora. Autoria própria (2018).	17
Figura 2. Tipos de tanques: (a) simples, (b) múltiplo. Autoria própria (2018).	18
Figura 3. Colorímetro CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc., Osaka, Japão. Autoria própria (2018).	20
Figura 4. Texturômetro TA.HD <i>plus</i> (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK). Autoria própria (2018).	21
Figura 5 – Peso (g) e temperatura interna (°C) da carcaça durante o processo de abate. Autoria própria (2018).	24
Figura 6– Redução do pH do peito de frango durante o período <i>post mortem</i> . Autoria própria (2018).	26
Figura 7 – Valores de luminosidade L* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).	29
Figura 8 – Valores do componente amarelo a* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).	29
Figura 9 – Valores do componente amarelo b* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).	29
Figura 10 – Resultado dos escores obtidos da análise multi-tabelas <i>ComDim</i> para a primeira componente de dimensões comuns (CD1). Autoria própria (2018).	33
Figura 11 – Resultado dos escores obtidos da análise multi-tabelas <i>ComDim</i> para a segunda componentes de dimensões comuns (CD2). Autoria própria (2018).	34
Figura 12 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas <i>ComDim</i> para as dimensões comuns CD1 e CD2. Autoria própria (2018).	36
Figura 13 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas <i>ComDim</i> para as dimensões comuns CD1 e CD3. Autoria própria (2018).	36
Figura 14 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas <i>ComDim</i> para as dimensões comuns CD2 e CD3. Autoria própria (2018).	36
Figura 15 – Diagrama de caminho completo <i>Path-ComDim</i> representando as correlações da primeira dimensão comum entre as variáveis latentes (CD1=88,42% da variabilidade explicada) associadas às tabelas “Processo”, “Carcaça” e “Final”. Autoria própria (2018).	38



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de escaldagem.....	18
Tabela 2. Valores obtidos para os parâmetros avaliados durante a escaldagem realizada em tanque simples e tanque múltiplo.....	23
Tabela 3. Peso (g) da carcaça nos tratamentos avaliados durante as etapas antes da escaldagem, após depenagem, evisceração e resfriamento.....	24
Tabela 4. Redução de temperatura (°C) da carcaça durante as etapas antes da escaldagem, após depenagem, evisceração e resfriamento.....	25
Tabela 5. Redução de pH durante as etapas <i>post mortem</i> e tratamentos de escaldagem utilizados. ....	26
Tabela 6. Colorimetria do músculo do peito durante as etapas <i>post mortem</i> e tratamentos de escaldagem utilizados. ....	27
Tabela 7. Composição centesimal e parâmetros físicos do peito durante processo e tratamentos utilizados. ....	30
Tabela 8. Importância dos três primeiros componentes globais do <i>Path-ComDim</i> (soma do quadrado das saliências). Contribuição dos pares ligados de tabela para a determinação dos componentes globais (CD).....	33
Tabela 9. Coeficientes de correlação (variáveis) das tabelas nas três primeiras dimensões comuns da análise multi-tabelas ( <i>Path-ComDim</i> ). ....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1	AVICULTURA .....	11
3.2	PROCESSAMENTO DE ABATE DE FRANGOS .....	11
3.3	ESCALDAGEM EM FRANGOS .....	12
3.4	ESTRUTURA E TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE .....	13
3.5	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA CARNE .....	14
3.6	MÉTODO PARA ANÁLISE MULTI-TABELAS – <i>PATH-COMDIM</i> .....	15
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
4.1	PROCESSO DE ABATE .....	17
4.2	ESTUDO DOS PARÂMETROS DE ESCALDAGEM.....	17
4.3	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL.....	19
4.4	TEOR DE ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS.....	19
4.5	MEDIDA INSTRUMENTAL DE COR (CIELAB) .....	19
4.6	ANÁLISE DE pH .....	20
4.7	CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA) .....	20
4.8	FORÇA DE CISALHAMENTO (FC) .....	20
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
4.10	ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS ( <i>PATH-COMDIM</i> ) .....	21
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
5.1	PARÂMETROS E PROCESSO DE ESCALDAGEM.....	23
5.2	ANÁLISE DE pH DA CARNE .....	25
5.3	MEDIDA INSTRUMENTAL DE COR (CIELAB) .....	27
5.4	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL .....	30
5.5	ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS ( <i>PATH – COMDIM</i> ).....	32
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo da carne de frango é mundialmente crescente, sendo uma das carnes mais consumidas no Brasil. A produção de frangos no Brasil vem aumentando ano a ano e superou 13,05 milhões de toneladas em 2017, assumindo o segundo lugar de produção mundial (ABPA, 2018).

A avicultura, além de ampliar sua presença no mercado, precisa ser constantemente competitiva para ter seus custos de produção viáveis, onde a cadeia produtiva mundial de frangos de corte tem se modernizado como consequência dos avanços na área de nutrição, sanidade e manejo das aves (BARBOSA et al., 2012). Procedimentos e condições operacionais realizadas para obtenção da carne de frango desde a granja até a mesa do consumidor podem influenciar em parâmetros de qualidade do produto final, como composição química, rendimento, cor e textura da carne, sendo de interesse por parte das indústrias, a aceitação por parte dos consumidores (TASONIERO et al., 2016).

A etapa de escaldagem dentro do processo de abate deve ser realizada obrigatoriamente logo após o término da sangria e em condições definidas de tempo e de temperatura, segundo descrito na Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves (BRASIL, 1998).

Esta etapa é a que antecede a depenagem das aves, e consiste na imersão das aves em água quente (usualmente 50 a 64 °C) em tanques simples ou de múltiplos estágios com fluxo contracorrente de água potável (COVELL, 1990; PETRACCI; BIANCHI; CAVANI, 2010). Os equipamentos comerciais utilizados recentemente durante etapa de escaldagem na indústria podem alcançar velocidades de 13.500 aves/hora com aves na faixa de 1,2 a 4,0 kg (MEYN FOOD PROCESSING TECHNOLOGY, 2015), e estes equipamentos devem aplicar o correto equilíbrio entre a temperatura e o tempo de escaldagem para uma ótima remoção das penas, por meio de uma mistura de água, vapor e ar em tanques simples e de múltiplos estágios (GROENEWEGEN; PORTER; ROACH, 2010).

O tipo de escaldagem aplica-se segundo o grau de dificuldade de remoção de penas, idade das aves, método de resfriamento, aparência desejável das carcaças e tipo de produto desejado (SAMS; MCKEE, 2010). De acordo com Barbut (2001) e

Zhuang et al. (2013) atualmente podem ser encontrados três tipos de escaldagem em aves, sendo elas a escaldagem severa (59 a 61 °C durante 45 a 90 segundos), escaldagem média (54 a 58 °C durante 60 a 120 segundos) e escaldagem branda (50 a 53 °C durante 60 a 180 segundos).

Os parâmetros industriais, seja de equipamentos ou de processo, podem proporcionar significativas alterações nas propriedades físico-químicas da matéria-prima, por exemplo, a utilização de altas temperaturas pode ocasionar escaldagem excessiva em carcaças provocando marcas de cozimento na carcaça e perda de rendimento devido à liquefação da gordura da pele (BUHR et al., 2014; SAMS; MCKEE, 2010).

A maioria dos estudos relacionados ao processo de escaldagem foi realizada em nível de laboratório (BUHR et al., 2014; JEONG et al., 2011; MCKEE; TOWNSEND; BILGILI, 2008; ZHUANG et al., 2013). Os autores Bowker; Zhuang; Buhr (2014) realizaram os estudos em uma planta piloto com equipamentos projetados no nível de laboratório com o objetivo de avaliar os efeitos da escaldagem no resfriamento e qualidade em cor, capacidade de retenção de água (CRA), composição centesimal do peito de frango. Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do tipo de escaldagem (severa e branda) em músculo de peito de frangos de corte pelos parâmetros de processo (tempo *versus* temperatura e as variáveis pH, composição centesimal, cor, força de cisalhamento, absorção de água) e tipo de equipamentos utilizados (tanque simples ou múltiplo) em abatedouro de aves de grande porte na região oeste do Paraná.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da escaldagem severa (*Hard*) e branda (*Soft*) em tanques de simples e múltiplos estágios sobre os parâmetros de qualidade do músculo de peito de frango de corte em um abatedouro de grande porte localizado na região oeste do Estado Paraná.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar o efeito da variação do tempo e da temperatura em cada tipo de escaldagem severa e branda nos parâmetros físico-químicos do músculo do peito de frango de corte (pH, cor, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento), composição centesimal;
- Avaliar o efeito do tipo de tanque (simples e múltiplo) de acordo com os tipos de escaldagem;
- Determinar a quantidade de água absorvida pelas carcaças em função dos tratamentos;
- Identificar os melhores parâmetros de processamento de escaldagem utilizando a análise multi-tabelas (*Path-ComDim*).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 AVICULTURA

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango com uma produção de frango que alcançou em 2017 os 13,05 milhões de toneladas, depois dos Estados Unidos com uma produção de 18,6 milhões, e em terceiro lugar está a União Europeia com 11,7 milhões de toneladas (ABPA, 2018). O alojamento brasileiro de matrizes de corte alcançou em 2016 o total de 50,5 milhões de unidades e o estado do Paraná apresenta o maior volume de abate de frangos (EMBRAPA, 2018).

Com um consumo *per capita* de 42,07 kg/habitante o destino da produção brasileira de carne de frango em 2017 distribui-se 66,9% no mercado interno e 33,1% para exportação (ABPA, 2018). A região Sul do Brasil é destaque nas exportações devido ao modelo de produção integrado; tamanho do mercado; inovações na produção, abate e processamento; e estrutura portuária (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015). A carne de frango é uma importante *commodity* nas exportações brasileiras e no mercado interno integra a dieta alimentar do brasileiro, causando importante variação nos preços e taxa cambial do mercado (CALDARELLI; CAMARA, 2013).

As mudanças no estilo de vida e nos hábitos alimentares da população mundial, como preço e dietas saudáveis, também são os principais fatores decisivos para o aumento do consumo da carne frango (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015). Este consumo exige o aproveitamento máximo da carne de frango devido à elevada produção e demanda (BARBOSA et al., 2012).

Oliveira; Nääs (2012) destacaram o uso da inovação e da tecnologia como sendo os principais fatores responsáveis pelo bom resultado na produção de frango de corte no Brasil.

#### 3.2 PROCESSAMENTO DE ABATE DE FRANGOS

Para a obtenção da carne de frango, os abatedouros (Figura 1) apresentam um sistema extremamente coordenado de operações mecânicas, desde a pendura das aves até a embalagem e congelamento final do produto (SAMS et al., 2001).

De acordo com Sams et al. (2001) e Barbut (2002), as etapas do processo de abate de frango geralmente seguem a seguinte sequência: após a descarga de gaiolas, no setor de pendura, as aves suspensas na linha de abate vão seguindo para etapa de insensibilização por eletronarcore (tanque com água potável que conduz corrente elétrica). Logo após a insensibilização é realizado o procedimento de sangria. Após período de sangria, as aves são submetidas ao processo de escaldagem, visando facilitar a remoção das penas no processo de depenagem. A depenagem consiste na retirada mecânica das penas, seguindo para evisceração onde são extraídos miúdos e vísceras do interior das carcaças. Após essas etapas, as carcaças são resfriadas em tanques (*chillers*) contendo água com gelo, seguindo para embalagem primária se carcaças inteiras ou para fracionamento em partes / cortes e posterior embalagem primária. Os produtos são alocados em embalagens secundárias e enviadas para túneis de congelamento, estocados até a sua expedição.

### 3.3 ESCALDAGEM EM FRANGOS

A escaldagem é a etapa que antecede a depenagem das aves, e consiste na imersão das aves em água quente (usualmente 50 a 64 °C) em tanques simples ou de múltiplos estágios com fluxo contracorrente de água potável (COVELL, 1990; PETRACCI; BIANCHI; CAVANI, 2010). Este é um procedimento dependente do tempo e da temperatura, e a combinação de temperatura da água e tempo de imersão causa diferentes efeitos na carcaça e nas etapas posteriores, como por exemplo, a remoção eficiente de pena e epiderme, o aumento de rendimento e a redução da carga microbológica na carcaça (BERRANG; WINDHAM; MEINERSMANN, 2011; CASON; WHITTEMORE; SHACKELFORD, 1999). Um efeito da alta temperatura no processo de escaldagem é a liquefação da gordura subcutânea com perda de peso de até 1% (BUHR et al., 2014).

Com relação aos abatedouros no Brasil, o processo de abate foi melhorado com a instalação de modernos frigoríficos e implantação de novas tecnologias na cadeia avícola (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015). Para a escaldagem de frangos, existem sistemas de escaldagem automáticos compostos por múltiplos tanques com controle eletrônico de parâmetros que permitem gerenciar a temperatura da água (CASON; BUHR; HINTON, 2001), com injeção de vapor para aquecimento e injeção de ar para agitação (BUHR et al., 2014).

De acordo com a Portaria nº 210 do MAPA (BRASIL, 1998), a escaldagem deverá ser realizada logo após a sangria, sob condições definidas de temperatura e tempo, ajustados às características do lote em processamento. As aves poderão ser escaldadas por diferentes processos, dentre os quais por pulverização de água quente e vapor ou por imersão em tanque com água aquecida através de vapor. As aves são submetidas ao processo de escaldagem, visando remover impurezas, o sangue da superfície externa e facilitar a remoção das penas no processo de depenagem (EMBRAPA, 2007).

O tipo de escaldagem aplica-se segundo o grau de dificuldade de remoção de penas, idade das aves, método de resfriamento, aparência desejável das carcaças e tipo de produto desejado (SAMS; MCKEE, 2010). De acordo com Barbut (2001) e Zhuang et al. (2013) usualmente podem ser encontrados três tipos de escaldagem em aves, sendo elas a escaldagem severa (59 a 61 °C durante 45 a 90 segundos), escaldagem média (54 a 58 °C durante 60 a 120 segundos) e escaldagem branda (50 a 53 °C durante 60 a 180 segundos).

### 3.4 ESTRUTURA E TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

A carne é constituída de cinco tipos de tecidos: tecido muscular, tecido epitelial, tecido adiposo, tecido nervoso e tecido conjuntivo. O tecido muscular é o principal componente da carne, e encontra-se dividido em três tipos: músculo esquelético, músculo liso e músculo cardíaco (BARBUT, 2002).

Os elementos químicos mais consideráveis no corpo animal são: oxigênio, carbono, hidrogênio e nitrogênio e estes componentes respondem por aproximadamente 96% do total da composição da carne, na forma de proteínas, lipídios, umidade (PETRACCI et al., 2013).

Após a morte da ave, cessa a circulação sanguínea, impossibilita obter energia pelo mecanismo oxidativo e para manter a homeostase (equilíbrio) utilizam fontes alternativas para obtenção de energia através do metabolismo glicolítico (anaeróbico) onde depleção das reservas energéticas (fosfocreatina e ATP) são degradados. Como a circulação sanguínea cessa, produtos formados são acumulados no músculo, irreversivelmente (glicogênio – ácido láctico) ocorre a queda do pH e o músculo se converte em carne, sendo o desenvolvimento do *rigor mortis*, processo fundamental de



transformação do músculo em carne e sua qualidade (MENCONI et al., 2014; SAMS et al., 2001).

Conforme o oxigênio celular é esgotado, a célula depende exclusivamente do metabolismo anaeróbio para a produção da ATP e a medida que o glicogênio é esgotado e o ácido láctico, o produto final do metabolismo anaeróbio, se acumula devido à falta de fluxo de sangue para removê-lo, o pH sarcoplasmático diminui para um nível que inibe glicólise adicional e a produção de ATP cessa (SAMS et al., 2001). O declínio do pH é acelerado em carcaças com alta temperatura, e geralmente o pH do peito de frango atinge 5,8, e os lipídios se oxidam rapidamente em ambiente pro-oxidantes afetando as proteínas da carne (CARVALHO et al., 2017).

Aumentando a temperatura do músculo acima de 50 °C (temperatura corporal superior à normal), durante o processo de rigor, pode resultar em encurtamento excessivo conhecido como rigor de calor, que resulta em um rápido esgotamento de ATP e fosfato de creatina (BARBUT, 2002). O mais importante papel do ATP é dissociar a actina e a miosina, mantendo o músculo estendido (SAMS, 1998).

A cor da carne vermelha / marrom é principalmente fornecida pelos pigmentos de carne da mioglobina e ao cozinhar, a parte proteica do pigmento da carne é desnaturada e adquire a cor típica acinzentada (BARBUT, 2002).

### 3.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA CARNE

A carne de frango é rica em proteínas, aminoácidos, carboidratos, gordura poliinsaturada e minerais, sendo considerada uma das carnes de maior preferência a nível mundial (CHEN et al., 2016). O aspecto nutricional é um parâmetro importante, no entanto as propriedades físico-químicas da carne, tais como, a capacidade de retenção de água, textura, cor, pH e proteína (miofibrilar e sarcoplasmática) são elementos importantes no processamento e aceitação sensorial da carne de frango (EADY; SAMUEL; BOWKER, 2017).

A capacidade de retenção de água é definida como sendo capacidade da carne de reter sua própria água durante a aplicação de forças externas, tais como cortes, aquecimento, trituração e prensagem (BOWKER; ZHUANG, 2015). A capacidade de retenção de água é uma variável afetada por fatores de ordem geral, dependendo da espécie animal, a idade e a função do músculo (SOGLIA et al., 2016; WOELFEL et al., 2002).

Atributos como textura, capacidade de retenção de água e cor são importantes quesitos de qualidade da carne que podem afetar as preferências do consumidor (LEE; OWENS; MEULLENET, 2009), entretanto, a cor influencia os consumidores na escolha da carne ao nível de varejo (QIAO et al., 2001). A cor da carne, além de ser um aspecto relevante de aceitação pelo consumidor, é um indicador das propriedades funcionais das matérias-primas cárneas (BOWKER; ZHUANG; BUHR, 2014).

A colorimetria de refletância é o método mais popular usado para determinação da medida instrumental de cor em carne de aves (QIAO et al., 2001), e no perfil de cor do sistema CIELab (*Commission Internationale de l'Eclairage*) o parâmetro  $L^*$  é uma expressão de luminosidade da superfície, variando de 0 (preto) a 100 (branco) (MAZZONI et al., 2015). Um valor positivo  $a^*$  indica vermelho com um valor mais alto, denotando mais vermelho. Um valor negativo  $a^*$  indica verde. Os valores  $b^*$  positivos e negativos indicam amarelo e azul, respectivamente (BARBUT, 2002).

### 3.6 MÉTODO PARA ANÁLISE MULTI-TABELAS – *PATH-COMDIM*

O método de análise multi-tabelas é um método quimiométrico de reconhecimento de padrão não supervisionado, cujo objetivo é avaliar tabelas (ou matrizes) de dados adquiridos para o mesmo número de amostras. Um método de análise multi-tabelas é o “*Common Component and Specific Weights Analysis*” - CCSWA, e uma implementação derivada do método CCSWA é denominada “*Common Dimension*” – *ComDim* (CARIOU et al., 2018; DUBIN et al., 2016; ROSA et al., 2017).

No *ComDim*, a ideia principal é usar as matrizes "variância-covariância" das amostras que são todas do mesmo tamanho. Assim, é possível calcular sua soma ponderada e, em seguida, extrair seu primeiro componente principal normalizado como a primeira “Dimensão Comum” ou “Componente Comum” (CD – do inglês *Common Dimension*). O algoritmo calcula iterativamente a "saliência" ou "importância", de cada bloco para o CD calculado e obtém-se a porcentagem de variabilidade extraída pelo CD. As informações relativas ao primeiro CD são removidas de cada tabela de dados original e o procedimento repetido para o cálculo do segundo CD, até o CD que capture as fontes importantes de variação nos dados (CARIOU et al., 2018; LOUDIYI; RUTLEDGE; AÏT-KADDOUR, 2018; ROSA et al., 2017).

A análise multi-tabelas pelo método *ComDim* foi utilizada em diversos estudos na área de ciência e tecnologia de alimentos, por exemplo, para identificação de

semelhanças e diferenças entre as amostras de óleos e azeites de oliva (ROSA, 2017), na caracterização das farinhas quanto aos parâmetros de textura (PINELLI, 2018), na identificação de amostras de erva-mate para chimarrão de diferentes localidades quanto à presença de açúcar e origem geográfica (VIERA, 2018), como ferramenta para pré-processamento de dados e identificação de metabólitos em mel e peixes (DUBIN et al., 2016), e para avaliar o impacto da adição de sais e tempos de maturação sobre as propriedades físico-química e molecular de cinco queijos do tipo Cantal (LOUDIYI; RUTLEDGE; AÏT-KADDOUR, 2018).

A metodologia utilizada foi a proposta por Cariou et al. (2018) e Rosa et al. (2017). A ideia principal do método *ComDim* consiste em calcular uma soma ponderada da matriz de variância-covariância de cada bloco e, em seguida extrair seu primeiro componente principal normalizado denominado como primeiro CD (ou primeira dimensão comum). O algoritmo, em seguida, calcula iterativamente o peso de cada bloco para o CD calculado. Finalmente, a percentagem de variabilidade extraída pelo CD pode ser calculada (DUBIN et al., 2016).

As matrizes  $X$  (variáveis) e  $Y$  (amostras) são dispostas lado a lado formando uma matriz onde o *ComDim* é aplicado e fornece como resultados um gráfico de *scores* dos CD com informações sobre as amostras, um gráfico de *loadings* dos CD com informações sobre as variáveis, e um gráfico de importância, ou saliências, que mostra em qual das tabelas consideradas está a informação predominante para o padrão de semelhanças e diferenças das amostras observado no gráfico dos *scores* (PINELLI, 2018; ROSA et al., 2017).

A abordagem multi-tabela ou multibloco têm sido amplamente aplicada para fins exploratórios e de previsão. Essas abordagens pressupõem que o conjunto de dados em questão é particionado em blocos significativos de variáveis medidas nas mesmas amostras (DUBIN et al., 2016). Tal subdivisão das variáveis pode resultar de diferentes tipos de medidas (por exemplo, design, instrumental, sensorial, hedônico). Em alguns contextos, uma abordagem de modelagem de caminho *Path-ComDim* pode ser relevante para levar em conta um padrão específico de relações direcionadas entre os blocos de variáveis que refletem, por exemplo, uma cadeia de influência (CARIOU et al., 2018).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 PROCESSO DE ABATE

O estudo foi conduzido em um abatedouro de aves localizado na região Oeste do Paraná, Brasil. O abatedouro opera com certificação *Halal*, com média de abate de 350.000 aves/dia, em duas linhas de produção e uma velocidade média de 12.000 aves/hora em cada linha (Figura 1). Os frangos de cortes comerciais da linhagem *Cobb*, com idade média entre 42 e 46 dias, foram abatidos seguindo as normas sanitárias (BRASIL, 1998) e práticas industriais nas etapas de insensibilização elétrica, sangria manual, escaldagem, depenagem, evisceração, resfriamento por imersão em água gelada (*chillers*), corte manual das carcaças, embalagem e congelamento.



Figura 1. Abatedouro de aves com linha de processo de 12.000 aves por hora. Autoria própria (2018).

### 4.2 ESTUDO DOS PARÂMETROS DE ESCALDAGEM

Para avaliação do tipo de escaldagem (branda e severa) e tipo de tanque (simples e múltiplo), foram realizados quatro tratamentos conforme tabela 01. As faixas de tempo e temperatura de escaldagem foram ajustadas conforme classificado por Barbut (2001) e Zhuang et al. (2013).

Tabela 1. Parâmetros de escaldagem

Tipo de tanque	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
Tempo de retenção (s)	68	110	142	245
Temperatura água Tanque 01 (°C)	59	56	58	56
Temperatura água Tanque 02 (°C)	-	-	54	53

Fonte: Autoria própria (2018).

Para o tanque simples (Figura 2a) de escaldagem industrial modelo *Meyn normal scalders* (Meyn Food Processing Technology BV, Holanda) foram fixados os seguintes parâmetros de temperatura e tempo de retenção: 59 °C durante 68 segundos (severa) e 56 °C durante 110 segundos (branda). Para o tanque múltiplo (Figura 2b) que opera com 2 tanques (modelo *Meyn Jet stream scalders* Meyn Food Processing Technology BV, Holanda) foram fixados os seguintes parâmetros: 58 °C (tanque 1)/ 54 °C (tanque 2) durante 142 segundos (severa) e 56 °C (tanque 1)/53 °C (tanque 2) durante 245 segundos (branda). Estes parâmetros foram definidos para manter as linhas de produção com alto desempenho e adequado às velocidades de abate de 12.000 aves/hora (severa) e 7.000 aves/hora (branda).



Figura 2. Tipos de tanques: (a) simples, (b) múltiplo. Autoria própria (2018).

Para o experimento foram utilizados 200 frangos de corte, lotes selecionados para o dia do experimento, distribuídos em quatro dias de coleta (severa e branda) para o tanque simples (n= 25 carcaças/dia/tratamento) e quatro dias de coleta (severa e branda) para o tanque múltiplo (n= 25 carcaças/dia/tratamento). As amostras foram identificadas por lacres para acompanhamento em todas as etapas do processo de

abate e retiradas antes do tanque de escaldagem (3,5 minutos *post mortem*), após o tanque de escaldagem (5 minutos *post mortem*), após evisceração (15 minutos *post mortem*), após o resfriamento da carcaça em *chiller* (1,5 horas *post mortem*) e após câmara de maturação (24 horas *post mortem*), sendo submetidas às análises físico-químicas.

#### 4.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal (umidade, proteína e lipídios) do peito de frango (sem osso e sem pele) foi determinada em triplicata de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 2016), conforme recomendado por Mazzoni et al. (2015). O teor de umidade foi obtido pela diferença de massa após secagem de 5 gramas de amostra coletada em estufa convencional de 100 a 102 °C. A proteína foi estimada pelo teor de nitrogênio total obtido pelo método de Kjeldahl e o conteúdo de lipídeos da amostra de peito foi determinado pelo método de Soxhlet por extração com solvente.

#### 4.4 TEOR DE ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS

As carcaças foram avaliadas na saída do sistema de pré-resfriamento por imersão em *chiller*, quanto à quantidade de água absorvida, sendo as carcaças pesadas no setor de evisceração e posterior na saída do sistema de pré-resfriamento, conforme metodologia citada por Carciofi e Laurindo (2007).

#### 4.5 MEDIDA INSTRUMENTAL DE COR (CIELAB)

A medida instrumental de cor superficial foi realizado seguindo o sistema de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que  $L^*$  refere-se a luminosidade,  $a^*$  refere-se a intensidade verde - vermelha e  $b^*$  refere-se a intensidade azul – amarela, conforme recomendado por Mazzoni et al. (2015), utilizando um colorímetro (CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc., Osaka, Japão) com iluminante D65 (Figura 3) realizada na porção superficial externa dos músculos de peito de frango (JEONG et al., 2011).



Figura 3. Colorímetro CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc., Osaka, Japão. Autoria própria (2018).

#### 4.6 ANÁLISE DE pH

A determinação do pH do peito de frango foi realizada diretamente no músculo do peito, em três regiões distintas da porção cranial superior do peito de frango (EADY; SAMUEL; BOWKER, 2017), utilizando-se um pHmetro para carnes com eletrodo de contato (Testo, modelo 205, Lenzkirch, Alemanha).

#### 4.7 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

Foi utilizada a metodologia descrita por Hamm (1960) conforme aplicado por Garcia et al. (2010) e Qiao et al. (2001), que utiliza a medição de perda de água liberada quando é aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. As amostras de aproximadamente 2,00 gramas, foram dispostas entre dois papéis de filtro circulares da marca *Whatman* (n.2), e entre duas placas de acrílico, no qual foi colocado cuidadosamente um peso de 10 kg por 5 minutos. Posteriormente a amostra foi pesada e a CRA foi calculada e expressa em porcentagem de água retida (Eq. 1).

$$CRA (\%) = 100 - \left( \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

#### 4.8 FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)

Para a determinação da força de cisalhamento da carne, seguiu-se metodologia descrita por Petracci et al. (2013). Foram padronizados os lado do corte de meio peito (sem osso e sem pele), amostra crua, cortada em pedaços de 1,0 x 1,0 x 2,0 cm (altura x largura x comprimento) foram submetidos ao teste de cisalhamento com lâmina



*Warner Bratzler*, na velocidade de 5 mm/s, acoplada ao Analisador de Textura modelo TA.HD *plus* (Figura 4), (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK). A lâmina realizou o corte nas fibras transversalmente e os resultados foram expressos como a força máxima necessária para o corte das amostras em Newton (N).



Figura 4. Texturômetro TA.HD *plus* (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK). Autoria própria (2018).

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação múltipla (Teste de Tukey) foi aplicado para determinar diferenças significativas entre os tratamentos avaliados ( $p < 0,05$ ), utilizando o módulo GLM (*General Linear Modeling*) para estimar e testar as hipóteses sobre os efeitos (BUHR et al., 2014; LEE; OWENS; MEULLENET, 2009). Estatística descritiva dos dados foi realizada para cada tratamento (média, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação). Todas as análises estatísticas foram realizadas nos softwares Statistica 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, USA) e Microsoft® Office Excel 2010.

#### 4.10 ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS (*PATH-COMDIM*)

Os dados foram organizados e normalizados em três tabelas ou blocos, de acordo com as variáveis avaliadas neste trabalho:

1. **Processo (X1):** relacionado aos parâmetros de processo na etapa de escaldagem: velocidade de abate, tempo de retenção no tanque, temperatura (°C) da água do tanque 01, temperatura (°C) da água do tanque 02.



2. **Carcaça (X2):** relacionado às propriedades físico-químicas da carcaça no *post-mortem*: 1) antes da escaldagem: peso carcaça, pH carne peito, temperatura (°C) da carcaça, L\*, a\*, b\*; 2) após a depenadeira: massa (g) da carcaça, pH da carne peito, temperatura (°C) da carcaça; 3) após evisceração: peso e temperatura (°C) da carcaça e, 4) massa (g) carcaça na sala de cortes.
3. **Final (X3):** relacionada às propriedades físico-químicas e composição da carcaça após 24 horas *post mortem*: teor de absorção de água, L\*, a\*, b\*, pH, força de cisalhamento (N), CRA (%), Umidade (%), Proteína (%), Gordura (%).

Os resultados das diferentes técnicas analíticas foram avaliados utilizando a ferramenta quimiométrica de análise multi-tabelas *ComDim* executado pelo software Matlab R2007b (PINELLI, 2018; ROSA, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PARÂMETROS E PROCESSO DE ESCALDAGEM

Na Tabela 2, são apresentados os valores dos parâmetros de escaldagem obtidos durante o estudo da influência do tipo de escaldagem na qualidade da carne de frango. Os parâmetros de escaldagem avaliados estão próximos às temperaturas de estudadas por Barbut (2001) e Zhuang et al. (2013), que classificaram esta etapa em escaldagem severa (59 a 61 °C durante 45 a 90 segundos), escaldagem média (54 a 58 °C durante 60 a 120 segundos) e escaldagem branda (50 a 53 °C durante 60 a 180 segundos). De acordo com Bowker, Zhuang e Buhr (2014) as temperaturas maiores de 54 a 58 °C são utilizadas pelas indústrias para retirar a primeira camada de pele amarela e as temperaturas menores a 51 a 54 °C em longos períodos de imersão (120 a 210 segundos) retém a pele amarela.

Tabela 2. Valores obtidos para os parâmetros avaliados durante a escaldagem realizada em tanque simples e tanque múltiplo.

Parâmetros de processo	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
Velocidade de abate (aves/hora)	12.000	7.000	12.000	7.000
Tempo de retenção de escaldagem (segundos)	68,94 <sup>d</sup> ± 2,01	113,26 <sup>c</sup> ± 3,00	142,50 <sup>b</sup> ± 0,50	245,00 <sup>a</sup> ± 4,02
Temperatura água Tanque 01 (°C)	59,35 <sup>a</sup> ± 0,15	56,21 <sup>c</sup> ± 0,10	57,96 <sup>b</sup> ± 0,05	56,05 <sup>d</sup> ± 0,05
Temperatura água Tanque 02 (°C)	-	-	53,96 <sup>a</sup> ± 0,05	52,95 <sup>b</sup> ± 0,05

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão. <sup>a,b,c,d</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (colunas) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

Os resultados obtidos mostraram que para elevadas velocidades de abate (12000 aves/hora ou 200 carcaças/minuto) o uso de tanques múltiplos reduziu significativamente a temperatura interna da água de escaldagem, permitindo a combinação de escaldagem severa com escaldagem branda na mesma sequência, e retenção da carcaça por um longo período (245 segundos) sem causar cozimento superficial (escaldagem excessiva).

Durante o processo de abate de frango, o peso inicial da carcaça antes da etapa escaldagem (3,5 minutos *post mortem*) apresentou uma variação em média de 2820,2 g a 2621,6 g no tanque simples e o peso final após resfriamento (1,5 horas *post*

*mortem*) de 2312,5 g a 2142,4 g no tanque múltiplo (Tabela 3). Pesos de carcaças antes da escaldagem de 2588 g a 2618 g foram estudados por Mazzoni et al. (2015), com rendimento de carcaça de 72,6%. Esta redução de peso do frango antes da escaldagem até a carcaça na sala de cortes nos quatro tratamentos avaliados foi devido a passagem da carcaça durante as diferentes etapas de abate (escaldagem, depenagem, evisceração e resfriamento) até a obtenção da carcaça para posterior corte e desossa.

Tabela 3. Peso (g) da carcaça nos tratamentos avaliados durante as etapas antes da escaldagem, após depenagem, evisceração e resfriamento.

Parâmetros de processo	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
Antes escaldagem (g)	2820,2 <sup>ab</sup> ± 245,5	2621,6 <sup>c</sup> ± 296,0	2869,5 <sup>a</sup> ± 311,17	2659,5 <sup>bc</sup> ± 332,5
Após escaldagem / depenagem (g)	2615,5 <sup>ab</sup> ± 223,7	2411,5 <sup>c</sup> ± 274,2	2699,3 <sup>a</sup> ± 281,1	2501,9 <sup>bc</sup> ± 308,1
Após evisceração (g)	2188,2 <sup>a</sup> ± 179,6	2015,09 <sup>b</sup> ± 226,9	2190,1 <sup>a</sup> ± 251,7	1999,8 <sup>b</sup> ± 247,2
Após resfriamento (g)	2307,1 <sup>a</sup> ± 184,6	2171,4 <sup>ab</sup> ± 244,7	2312,5 <sup>a</sup> ± 264,9	2142,4 <sup>b</sup> ± 255,9

<sup>1</sup>Médias ± desvio padrão. <sup>a,b,c</sup>Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (colunas) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

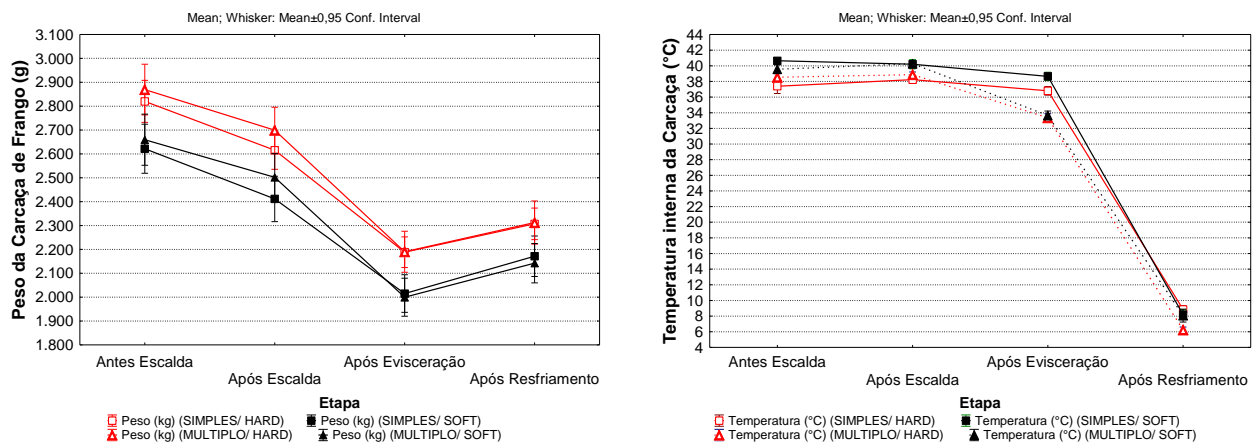


Figura 5 – Peso (g) e temperatura interna (°C) da carcaça durante o processo de abate. Autoria própria (2018).

A partir desta redução do peso vivo para carcaça final é obtido o rendimento industrial da carne de frango, no qual é subtraído o peso das penas, pés, sangue, cabeça, vísceras e miúdos. Os resultados obtidos (Tabela 3) indicaram que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no peso das carcaças durante a passagem nos tanques de escaldagem até o processo de evisceração (Figura 5).

A temperatura interna das carcaças (Tabela 4) apresentou redução significativa ( $p < 0,05$ ) desde antes da escaldagem até 1,5 horas *post mortem*, horário após resfriamento (Figura 5). A temperatura final da carcaça obtida após resfriamento permaneceu na faixa de 6,22 a 8,86 °C. Foi observado que a passagem da carcaça nos diferentes tanques de escaldagem causou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), com um aumento na temperatura interna da carcaça registrado na saída do tanque, principalmente na escaldagem branda (*soft*), que alcançou 40,20 e 40,28 °C para tanque simples e múltiplo, respectivamente. Este mesmo comportamento foi observado por Dickens, Buhr e Cason (1999), no qual carcaças escaldadas a 56,5 °C durante 120 segundos alcançaram temperaturas de 42 a 46 °C de acordo com o local da carcaça. Esta temperatura final da carcaça depende de fatores relacionados à operação do processo de resfriamento, tais como velocidade de abate, agitação, quantidade de gelo, temperatura da água de imersão, e peso das carcaças, e o efeito do tipo de escaldagem neste parâmetro pode influenciar na temperatura interna da carcaça (JEONG et al., 2011).

Tabela 4. Redução de temperatura (°C) da carcaça durante as etapas antes da escaldagem, após depenagem, evisceração e resfriamento.

Temperatura carcaça (°C)	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
Antes escaldagem (3,5 min <i>post-mortem</i> )	37,38 <sup>c</sup> ± 2,57	40,64 <sup>a</sup> ± 0,97	38,54 <sup>b</sup> ± 1,19	39,56 <sup>b</sup> ± 2,18
Após escaldagem /depenagem (5 min <i>post-mortem</i> )	38,23 <sup>b</sup> ± 1,36	40,20 <sup>a</sup> ± 1,69	38,86 <sup>b</sup> ± 0,76	40,28 <sup>a</sup> ± 0,88
Após evisceração (15 min <i>post-mortem</i> )	36,80 <sup>b</sup> ± 1,54	38,65 <sup>a</sup> ± 1,55	34,22 <sup>c</sup> ± 1,05	34,29 <sup>c</sup> ± 2,00
Após resfriamento (1,5h <i>post-mortem</i> )	8,86 <sup>a</sup> ± 1,30	8,20 <sup>a</sup> ± 1,78	6,22 <sup>b</sup> ± 0,75	8,07 <sup>a</sup> ± 1,74

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão. <sup>a,b,c,d</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (colunas) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

## 5.2 ANÁLISE DE pH DA CARNE

Na Tabela 5 pode ser observada a redução do pH *post mortem* durante as etapas do processo de abate (após 3,5 minutos, 5 minutos, 1,5 horas, e 24 horas). O pH 1,5 horas *post mortem* apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tipos de escaldagem, principalmente a escaldagem branda que resultou no menor valor de pH para tanque simples e múltiplo, 6,18 e 6,28, respectivamente. Após 24 horas o pH

reduziu a 5,90 e 5,95. Valores de pH 2 horas e 24 horas *post mortem* obtidos por Bowker e Zhuang (2015) foram de 5,99 e 5,83, respectivamente.

O pH diferiu ( $p < 0,05$ ) 24 horas *post mortem* em relação ao tratamento de escaldagem severa em tanque múltiplo, apresentando o menor valor (5,78). Para as demais condições, o pH após 24 horas foi de 5,90 (tanque simples, severa e branda) e 5,94 (tanque múltiplo branda). Os valores de pH obtidos neste estudo estão próximos ao encontrados por Eady Samuel e Bowker (2014), Tasoniero et al. (2016) e Chatterjee et al. (2016) que obtiveram 5,93, 5,92 e 5,88 respectivamente, utilizando escaldagem branda a 53 °C por 120 segundos.

Tabela 5. Redução de pH durante as etapas *post mortem* e tratamentos de escaldagem utilizados.

pH	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa (hard)	Branda (soft)	Severa (hard)	Branda (soft)
Antes escaldagem (3,5min <i>post-mortem</i> )	6,73 <sup>a</sup> ± 0,15	6,57 <sup>b</sup> ± 0,14	6,73 <sup>a</sup> ± 0,12	6,70 <sup>a</sup> ± 0,15
Após escaldagem /depenagem (5min <i>post-mortem</i> )	6,57 <sup>a</sup> ± 0,14	6,49 <sup>ab</sup> ± 0,25	6,40 <sup>b</sup> ± 0,14	6,47 <sup>ab</sup> ± 0,14
Após resfriamento (1,5h <i>post-mortem</i> )	6,32 <sup>a</sup> ± 0,22	6,18 <sup>b</sup> ± 0,16	6,31 <sup>a</sup> ± 0,23	6,28 <sup>a</sup> ± 0,10
pH final (24h <i>post-mortem</i> )	5,90 <sup>a</sup> ± 0,09	5,90 <sup>a</sup> ± 0,41	5,78 <sup>b</sup> ± 0,17	5,95 <sup>a</sup> ± 0,14

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão. <sup>a,b,c</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (colunas) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

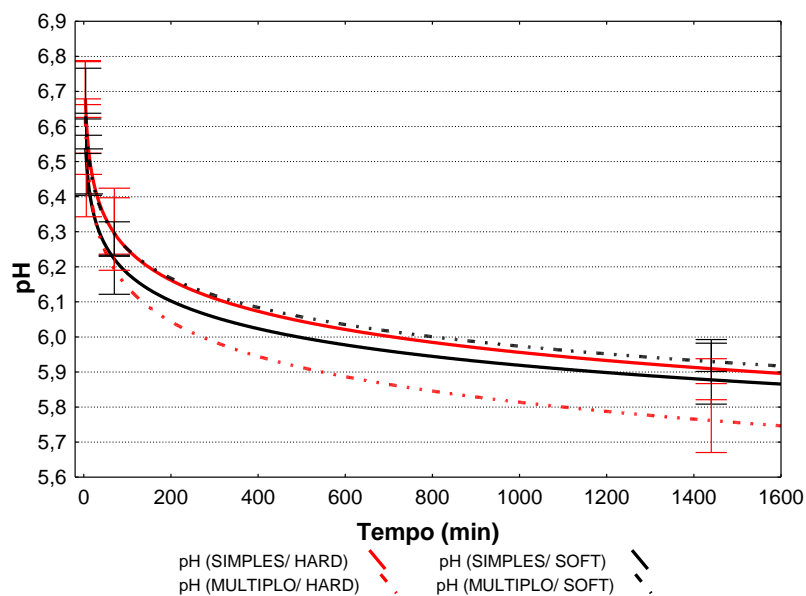


Figura 6– Redução do pH do peito de frango durante o período *post mortem*. Autoria própria (2018).

A curva logarítmica de redução de pH ao longo do período *post mortem* (Figura 6) apresentou ajuste significativo ( $p < 0,05$ ) para os valores obtidos nos tratamentos. A redução significativa do pH de 6,73 para 5,78 na condição de escaldagem severa com tanque múltiplo, foi devido à maior temperatura da água sobre a carcaça no interior do tanque, pois promoveu uma lenta redução da temperatura (KAISER et al., 2016). O pH 1,5 horas obtido foi de 6,32 (simples/severa), 6,18 (simples/branda), 6,31 (múltipla/severa) e 6,28 (múltiplo/branda). Valores de pH 6,0 em carcaças com 2 horas *post mortem* foram relatados por Zhuang e Savage (2009).

### 5.3 MEDIDA INSTRUMENTAL DE COR (CIELAB)

Na Tabela 6 podem ser observados os resultados dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  dos filés de peito após escaldagem e após 24 horas *post mortem*. Os valores de luminosidade  $L^*$  (Figura 7) obtidos no período de 5 minutos *post mortem* apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, para a escaldagem múltiplo/severo ( $L^* = 60,26$ ) e após 24 horas houve diferença na escaldagem múltiplo/severo ( $L^* = 60,52$ ) e múltiplo/branda ( $L^* = 60,17$ ), que foram os menores valores de luminosidade ao comparar com a escaldagem em tanque simples (severa e branda), isto indica que a utilização de tanques múltiplos promoveu uma carne menos pálida e sem cozimento superficial, com relação aos tratamentos avaliados.

Tabela 6. Colorimetria do músculo do peito durante as etapas *post mortem* e tratamentos de escaldagem utilizados.

Parâmetros de processo (5min <i>post-mortem</i> )	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
$L^*$	61,79 <sup>a</sup> ± 4,37	62,11 <sup>a</sup> ± 3,82	60,26 <sup>b</sup> ± 2,49	61,58 <sup>a</sup> ± 4,16
$a^*$	-3,25 <sup>ab</sup> ± 1,15	-3,73 <sup>c</sup> ± 0,93	-2,97 <sup>a</sup> ± 0,97	-3,60 <sup>bc</sup> ± 1,09
$b^*$	7,67 <sup>a</sup> ± 2,53**	6,80 <sup>b</sup> ± 2,02**	7,89 <sup>a</sup> ± 2,59	8,05 <sup>a</sup> ± 2,36
Parâmetros de processo (24h <i>post-mortem</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
$L^*$	61,53 <sup>a</sup> ± 3,62	61,10 <sup>ab</sup> ± 2,81	60,52 <sup>ab</sup> ± 2,80	60,17 <sup>b</sup> ± 3,12
$a^*$	-3,37 <sup>a</sup> ± 0,90	-3,76 <sup>b</sup> ± 0,98	-3,18 <sup>a</sup> ± 1,05	-3,43 <sup>ab</sup> ± 1,03
$b^*$	9,90 <sup>a</sup> ± 2,51**	9,56 <sup>a</sup> ± 2,30**	7,83 <sup>b</sup> ± 2,40	7,50 <sup>b</sup> ± 1,83

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão. <sup>a,b,c</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). \*\*Indica que houve diferença significativa entre os parâmetros de processo (5min e 24h) no respectivo tratamento ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

Valores de luminosidade para o peito de frango após 24 horas *post mortem* encontrado na literatura foram de  $L^* = 47,38$  (GARCIA et al., 2010) e  $L^* = 56,1$  utilizando escaldagem branda a  $53\text{ }^\circ\text{C}$  por 120 segundos (TASONIERO et al., 2016),  $L^* = 55,88$  (SILVA-BUZANELLO et al., 2018), valores mais escuros em comparação aos valores encontrados nesta pesquisa. A classificação de cor  $L^*$  para o peito de frango encontrada na literatura é: pálida ( $L^* > 53$ ), escura ( $L^* < 46$ ), e normal ( $46 < L^* < 53$ ) (SILVA-BUZANELLO et al., 2018).

Para o componente  $a^*$  (verde - vermelho) os menores valores encontrados foram com a escaldagem branda nos tanques simples e múltiplo indicando menor tonalidade avermelhada da carne com 5 minutos e 24 horas *post mortem* (Figura 8). Tasoniero et al. (2016) obtiveram para a coordenada ( $a^* = -3,10$ ) utilizando escaldagem branda ( $53\text{ }^\circ\text{C}$  por 2 minutos), e Silva-Buzanello et al. (2018) obtiveram  $a^* = -2,42$ . Esta redução do valor do componente  $a^*$  está relacionada principalmente com a solubilidade da mioglobina na água, pois este pigmento é perdido durante a etapa de resfriamento e durante o *post mortem* (LEE; OWENS; MEULLENET, 2009). Outro fator que afeta a cor da carne é o grau de desnaturação protéica associado ao pH e temperatura *post mortem* (MIR et al., 2017).

O componente  $b^*$  (azul - amarelo) apresentou diferença significativa entre os períodos *post mortem* nas escaldagens severa e branda em tanque simples, aumentado seu valor no período de 5 minutos a 24 horas *post mortem* (Figura 9). Provavelmente este aumento da tonalidade de cor amarela na escaldagem com tanque simples ( $b^* = 9,90$  simples/severa e  $b^* = 9,56$  simples/branda) se deve ao efeito da temperatura elevada aplicada quando se utiliza este tipo de escaldagem, ao ser comparado com os tanques múltiplos ( $b^* = 7,83$  severa,  $b^* = 7,50$ ) que tiveram uma cor menos amarela.

Tasoniero et al. (2016) obtiveram para a coordenada  $b^* = 9,27$  utilizando escaldagem branda ( $53\text{ }^\circ\text{C}$  por 2 minutos), e Silva-Buzanello et al. (2018) obtiveram  $b^* = 11,29$ . Outro fator deste aumento é a retenção de líquido na carne após passar pelo resfriamento e estabilização do *post mortem* (PETRACCI et al., 2013). Indicadores de cor  $a^*$  e  $b^*$ , indicam que peito com baixa CRA são menos vermelhos e mais amarelos (BOWKER; ZHUANG, 2015).

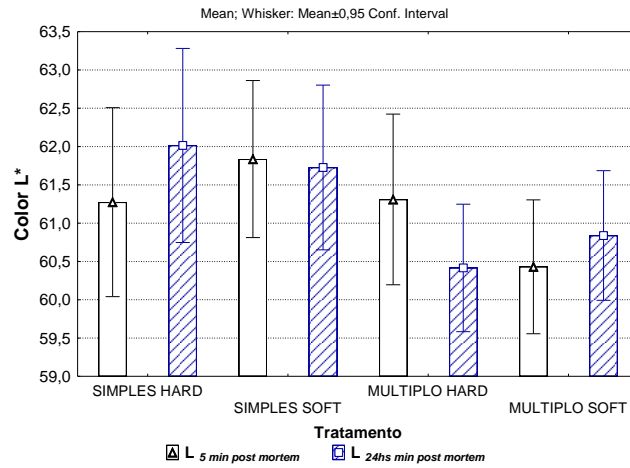


Figura 7 – Valores de luminosidade L\* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).

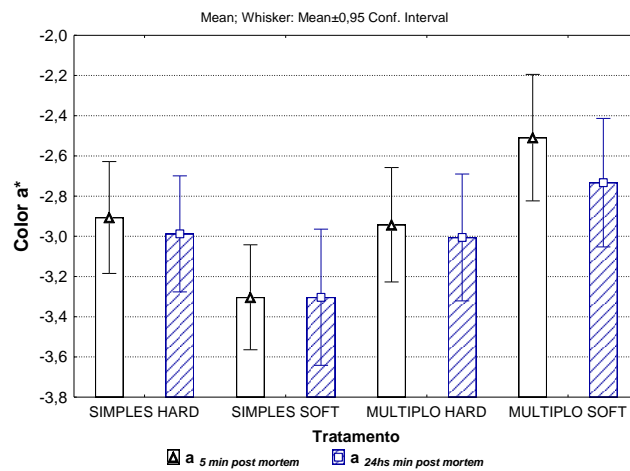


Figura 8 – Valores do componente amarelo a\* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).

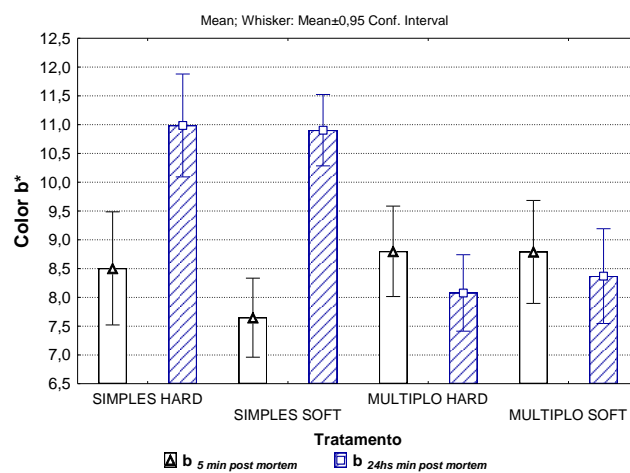


Figura 9 – Valores do componente amarelo b\* do peito de frango em diferentes tipos de escaldagem. Autoria própria (2018).



As diferenças nos valores dos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) do peito com 5 minutos e 24 horas *post mortem*, indica que o tipo de escaldagem alterou principalmente a coordenada  $L^*$  e as propriedades de reflectância da luz do peito de frango (QIAO et al., 2001). Ao comparar com outro parâmetro, como a possibilidade da influencia de uma miopatia peitoral, as coordenadas de cores ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) e o pH da carne, segundo Mazzoni et al. (2015) não são afetadas pelo grau de degeneração muscular devido ao efeito de anormalidades no tecido muscular.

#### 5.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Na tabela 7, podem ser observados os resultados de absorção de água, FC, CRA, umidade, proteína e gordura do peito após 24 horas *post-mortem*. A absorção de água da carcaça após o processo de resfriamento por imersão apresentou diferença significativa entre os tipos de escaldagem ( $p < 0,05$ ), sendo a escaldagem branda, seja em tanque simples ou múltiplo, promove aumento no teor de absorção de água, ao ser comparado com a escaldagem severa (Tabela 7). Este efeito de aumento da absorção de água também foi verificado por Abdalla; Jensen, (1997) ao utilizar temperaturas de até 55,8 °C, pois temperaturas superiores causam remoção da cutícula da pele e coagulação das proteínas da pele, dificultando a absorção de água durante o resfriamento e o limite segundo a legislação brasileira é no máximo 8% de absorção de água nas carcaças (BRASIL, 1998).

Tabela 7. Composição centesimal e parâmetros físicos do peito durante processo e tratamentos utilizados.

Parâmetros de processo	Simples (01 tanque)		Múltiplo (02 tanques)	
	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )	Severa ( <i>hard</i> )	Branda ( <i>soft</i> )
Absorção de água na carcaça (%)	5,47 <sup>b</sup> ± 1,89	7,78 <sup>a</sup> ± 2,09	5,63 <sup>b</sup> ± 2,04	7,22 <sup>a</sup> ± 2,87
Textura (N) do peito	13,53 <sup>a</sup> ± 7,23	11,38 <sup>b</sup> ± 4,51	13,43 <sup>a</sup> ± 3,83	11,68 <sup>b</sup> ± 2,89
CRA (%)	64,12 <sup>b</sup> ± 4,54	62,76 <sup>a</sup> ± 2,86	64,97 <sup>b</sup> ± 3,16	64,80 <sup>b</sup> ± 3,48
Umidade (%)	75,25 <sup>a</sup> ± 1,03	75,56 <sup>a</sup> ± 0,68	75,25 <sup>a</sup> ± 0,83	75,27 <sup>a</sup> ± 0,93
Proteína (%)	22,01 <sup>ab</sup> ± 1,17	21,78 <sup>b</sup> ± 1,02	21,86 <sup>ab</sup> ± 0,92	22,20 <sup>a</sup> ± 1,22
Lipídios (%)	1,42 <sup>a</sup> ± 0,67	1,38 <sup>a</sup> ± 0,76	1,34 <sup>a</sup> ± 0,64	1,20 <sup>a</sup> ± 0,56

<sup>1</sup> Médias ± desvio padrão. <sup>a,b</sup> Médias com letras diferentes na mesma linha indica diferença significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (colunas) ao nível de 95% de confiança (ANOVA e Teste de Tukey). Fonte: Autoria própria (2018).

A força de cisalhamento do peito de frango foi maior ( $p < 0,05$ ) na escaldagem severa para os 2 tipos de tanque. De acordo com Cason; Buhr; Hinton (2001) a escaldagem a temperaturas acima de 60 °C (25 a 50 segundos) causa significativo endurecimento no peito de frango e o efeito do cozimento aumenta a força de cisalhamento da carne.

A capacidade de retenção de água do peito de frango apresentou alteração significativa com relação ao tipo de escaldagem ao utilizar tanque simples, obtendo uma maior retenção na escaldagem severa (64,12%) e menor retenção na branda (62,76%), considerando o resfriamento da carcaça por imersão em água gelada. No caso do uso de tanque múltiplo a capacidade de retenção obtida foi estatisticamente semelhante ( $p > 0,05$ ) para os dois tipos de escaldagem. Valores próximos de CRA para o peito de frango foram encontrados na literatura, 56,26% (QIAO et al., 2001) e 64,79% (GARCIA et al., 2010). Outro fator que pode causar redução na capacidade de retenção de líquidos é o efeito das alterações miopáticas no músculo do peito que podem diminuir o teor de proteína (MAZZONI et al., 2015), foi o que ocorreu com o valor da proteína na escaldagem branda do tanque simples (21,78%).

O teor de umidade e gordura no peito de frango não apresentou alteração significativa ( $p > 0,05$ ) com relação ao tipo de escaldagem e com o tipo de tanque aplicado. Para o teor de proteína, os menores valores foram obtidos com a escaldagem simples/branda (21,78%) e o maior valor com a escaldagem múltiplo/branda (22,20%), indicando que o tipo de escaldagem não afetou a composição da carne. Os teores encontrados estão próximos aos de Chen et al. (2016) que obtiveram para o peito de frango a faixa de 74,93 a 74,42% de umidade e 20,46 a 22,37% de proteína, e aos resultados encontrados por Petracci et al. (2013) que obtiveram teores de 75,52, 22,82, 1,65 e 1,21% para umidade, proteína, lipídios, respectivamente.

A composição centesimal do peito de frango pode apresentar significativa variação devido ao aumento das taxas de crescimento, tamanho do peito e idade de abate dos frangos de corte (PETRACCI et al., 2013), por exemplo, a gordura no peito de frango (*pectoralis major*) pode variar de acordo com o grau de infiltração intramuscular de lipídios. A incidência de miopatias peitorais, principalmente aquelas relacionadas com o estresse (carne pálida, macia e exsudativa), afeta qualidade da carne em frangos com alto rendimento de peito (MAZZONI et al., 2015).

## 5.5 ANÁLISE DE DADOS MULTI-TABELAS (*PATH – COMDIM*)

Para a aplicação do método *Path-ComDim* foi utilizada análise multi-tabelas para avaliar simultaneamente os resultados dos múltiplos conjuntos de dados. A primeira tabela foi composta pelas variáveis de “Processo” obtidos da escaldagem (velocidade abate, tempo de retenção, temperatura da água dos tanques), a segunda por variáveis da “Carcaça” obtidas da carcaça durante as etapas *post mortem* de abate de frangos (peso da carcaça, pH da carne do peito, temperatura da carcaça, parâmetros cor *CieLab*), e a terceira tabela apresentou as variáveis “Final” obtidas das propriedades da carcaça 24 horas *post mortem* (absorção de água, parâmetros de cor *CieLab*, pH da carne do peito, FC, CRA, umidade, proteína e gordura).

Cinco dimensões comuns (CD) foram calculadas, que foi o satisfatório para ter confiança de que todas as fontes importantes de variação nos dados seriam levadas em consideração. As CD4 e CD5 explicam pouca variabilidade, o que justifica não ser necessária a utilização de mais dimensões comuns. Este método de reconhecimento de padrões não supervisionado multi-tabelas foi capaz de produzir gráficos informativos, mostrando a relação entre as amostras através dos escores, as importâncias (saliências) das tabelas e os pesos das variáveis responsáveis pelas semelhanças observadas nas amostras (CARIOU et al., 2018).

Na tabela 8 pode ser observada a importância dos três primeiros componentes globais (importância relativa) obtidos pelo *Path-ComDim*. Pode ser observado que o primeiro componente, ou dimensão comum (CD), apresentou uma importância significativa (88,42%) em comparação com os outros quatro componentes posteriores (6,44; 4,02; 0,87 e 0,14%, respectivamente). As duas primeiras dimensões comuns foram suficientes para representar 94,9% da variância total dos dados, ou seja, a variabilidade dos dados das tabelas “Processo”, “Carcaça” e “Final” foram capturadas significativamente com as três primeiras dimensões comuns.

Também pode ser observado a contribuição dos pares de tabelas vinculados de variáveis, para a determinação dos três primeiros componentes globais. O primeiro componente (CD1) destacou-se principalmente no vínculo entre “processo” e “carcaça” (95,84%), a ligação entre “processo” e “final” representou 3,57%, enquanto a ligação entre “carcaça” e “final” representou 0,59%. Para a CD2, o vínculo entre “carcaça” e “final” foi importante e representou 99,98%.

Tabela 8. Importância dos três primeiros componentes globais do *Path-ComDim* (soma do quadrado das saliências). Contribuição dos pares ligados de tabela para a determinação dos componentes globais (CD).

ComDim (CD)	Importância dos componentes globais		Contribuição de cada ligação (%)		
	Importância Relativa para cada Dimensão (%)		Processo para Carcaça ( $\lambda_{12}$ )	Processo para Final ( $\lambda_{13}$ )	Carcaça para Final ( $\lambda_{23}$ )
1	88,42		95,84	3,57	0,59
2	6,44		0,01	0,01	99,98
3	4,02		56,71	23,18	20,11
4	0,87		0,44	0,76	98,80
5	0,14		0,04	0,04	99,92

Fonte: Autoria própria (2018).

Para cada CD, o método *ComDim* calculou os *scores* para as amostras dos tratamentos avaliados e as importâncias de cada tabela e as correlações das variáveis em cada tabela. As Figuras 10 e 11 apresentam os *scores* com informações sobre as semelhanças e diferenças entre as amostras com relação aos tipos de escaldagem e tanques avaliados em CD1 e CD2, associados às três tabelas de variáveis.

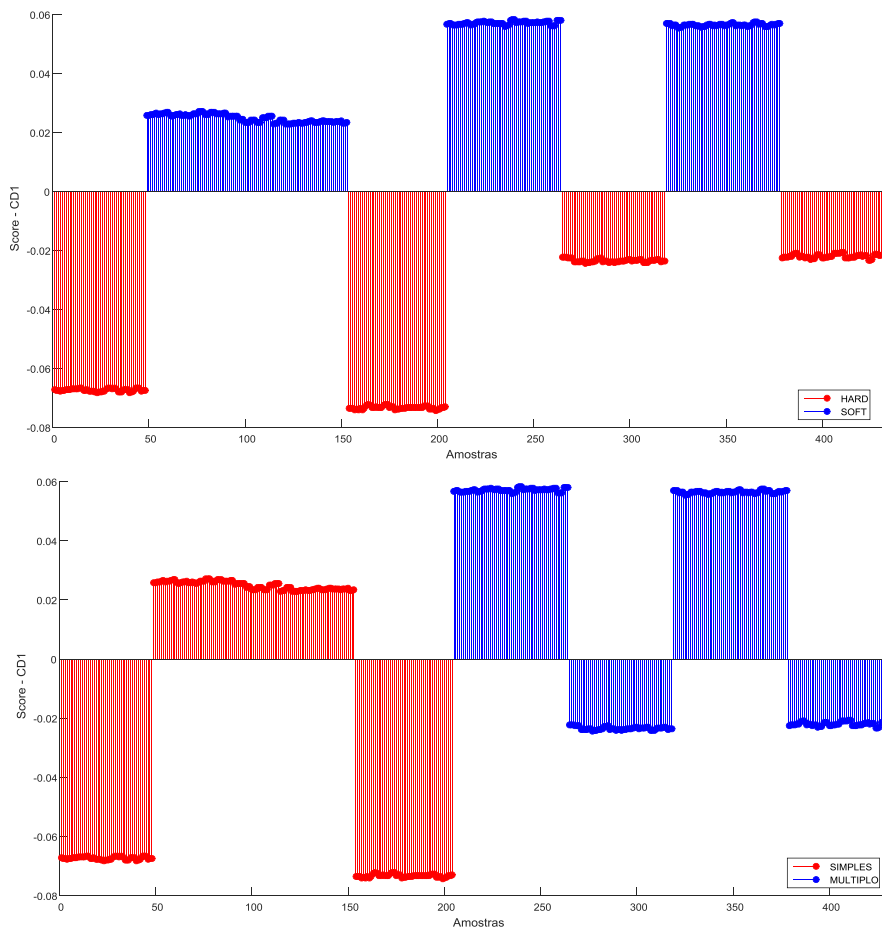


Figura 10 – Resultado dos escores obtidos da análise multi-tabelas *ComDim* para a primeira componente de dimensões comuns (CD1). Autoria própria (2018).

A primeira componente global, CD1 (Figura 10), separou claramente os tipos de escaldagem avaliados, no qual, na parte negativa a escaldagem severa apresentou um *score* negativo principalmente para tanque simples devido à elevada temperatura da água dos tanques e na parte positiva a escaldagem branda um elevado *score* positivo com o tanque múltiplo. O segundo componente global, CD2 (Figura 11), forneceu uma informação adicional sobre a ligação entre as medidas do “Processo” e as propriedades da “Carcaça”. Em particular, este componente é altamente correlacionado com o peso da carcaça e a cor L\*.

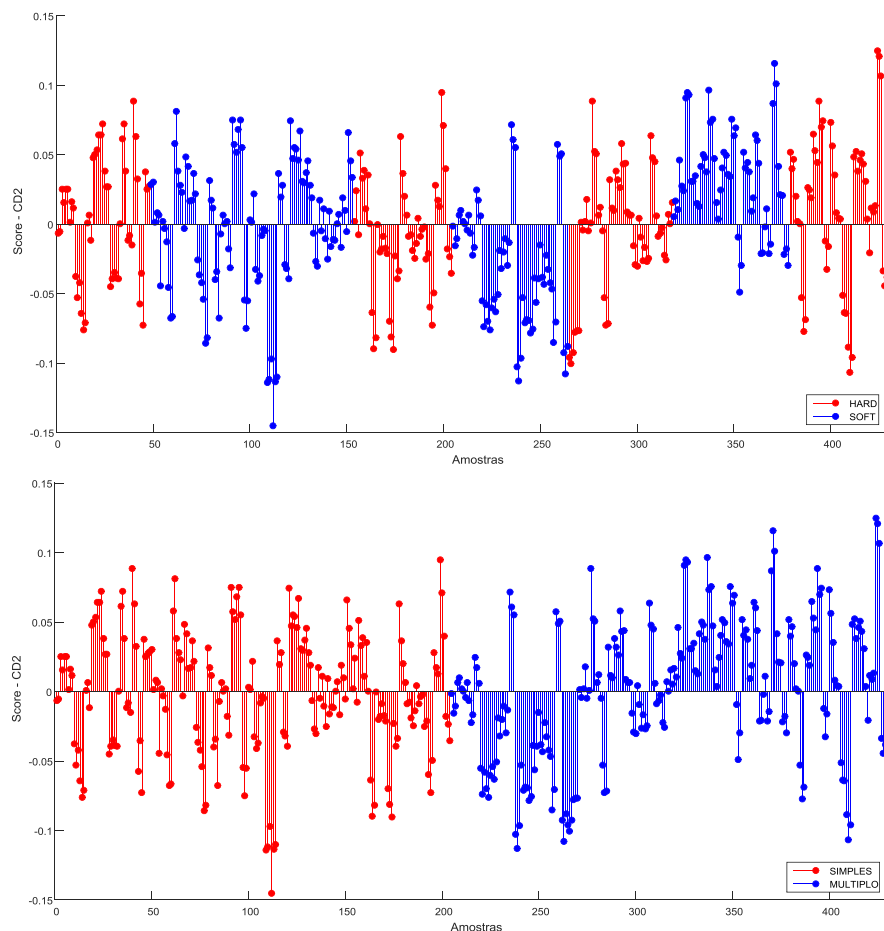


Figura 11 – Resultado dos *scores* obtidos da análise multi-tabelas *ComDim* para a segunda componentes de dimensões comuns (CD2). Autoria própria (2018).

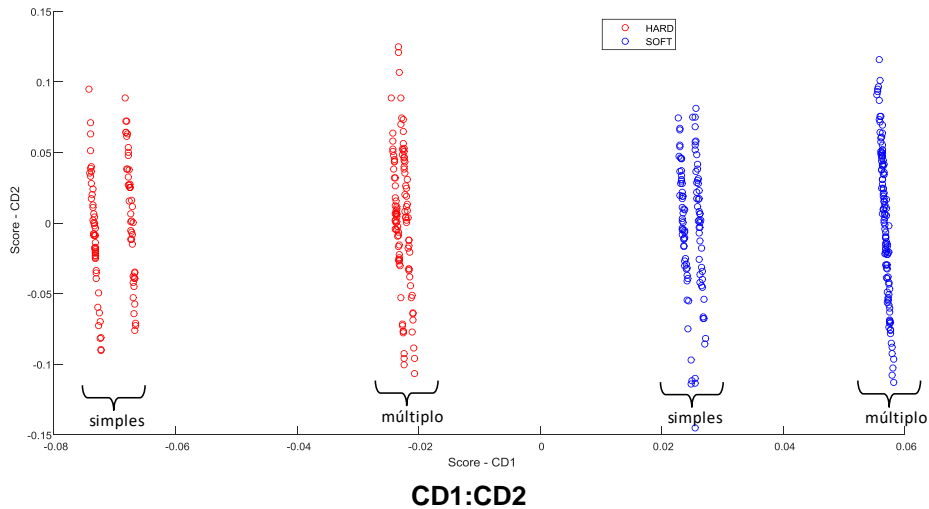
As importâncias evidenciadas nas Figuras 10 e 11 mostraram qual tabela contém a informação responsável pelo padrão de pontuação em cada CD. As correlações, apresentados na Tabela 9, fornecem informações sobre quais variáveis em cada tabela são importantes para os padrões observados nos *scores*.

Nas Figuras 12 a 14 são apresentadas as saliências dos tratamentos para cada CD, ou seja, o peso que cada tratamento tem para aquela CD. A escaldagem branda utilizando tanque múltiplo foi o mais importante para a construção da CD1, que foi a dimensão comum responsável por segmentar os tratamentos entre a ligação CD1 e CD2, ou seja as variáveis de “Processo” causam significativa alteração nas variáveis da “Carcaça”. Para a ligação CD1 e CD3 (Figura 13), o tratamento com escaldagem *hard* utilizando tanque múltiplo foi o mais importante para a CD3, indicando que o “Processo” impactou significativamente nas características da carcaça “Final”. A dimensão comum CD2 (Figura 14) não promoveu segmentação das amostras, devido à que importância relativa ter sido concentrada na CD1.

Tabela 9. Coeficientes de correlação (variáveis) das tabelas nas três primeiras dimensões comuns da análise multi-tabelas (*Path-ComDim*).

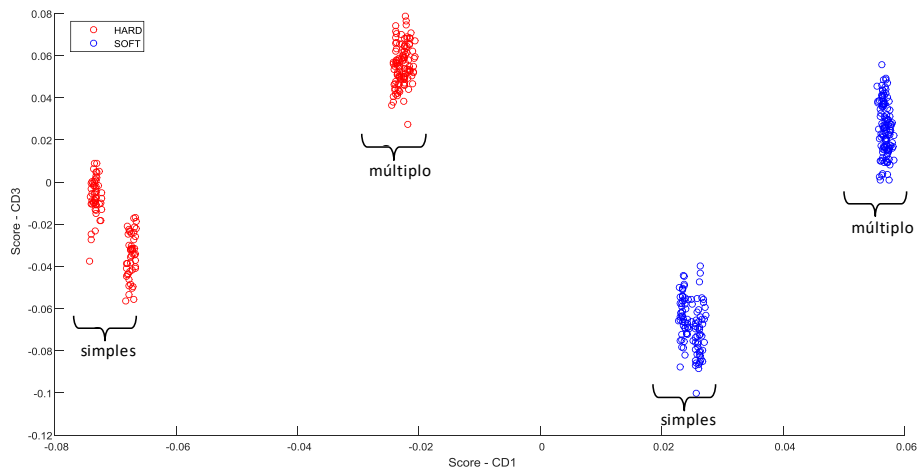
Tabela	Variável	Dimensão Comum (CD)		
		'CD1'	'CD2'	'CD3'
PROCESSO	'VELOCIDADE (aves/hora)'	-0,91	0,01	0,38
	'Tempo retenção (segundos)'	0,83	0,04	0,49
	'T°C AGUA TANQUE 01 (°C)'	-0,98	0,00	0,14
	'T°C AGUA TANQUE 02 (°C)'	-0,76	-0,04	-0,59
CARCAÇA	'PESO CARCAÇA ANTES ESCALDAGEM (g)'	-0,28	0,82	0,25
	'pH. PEITO ANTES ESCALDAGEM '	-0,16	0,39	0,30
	'T°C CARCAÇA ANTES ESCALDAGEM (°C)'	0,49	0,00	-0,34
	'L* após depenadeira'	0,05	0,49	-0,31
	'a* após depenadeira'	-0,20	0,13	0,17
	'b* após depenadeira'	0,00	0,14	-0,02
	'PESO CARCAÇA APÓS DEPENADEIRA (g)'	-0,26	0,82	0,32
	'pH. PEITO APÓS DEPENADEIRA'	-0,13	0,27	-0,09
	'T°C CARCAÇA APÓS DEPENADEIRA (°C)'	0,56	-0,14	-0,21
	'PESO CARCAÇA APÓS EVISCERAR (g)'	-0,35	0,85	0,17
	'T°C PEITO APÓS EVISCERAR (°C)'	-0,14	0,20	-0,84
	'PESO CARCAÇA SALA CORTE (g)'	-0,29	0,88	0,13
FINAL	'ABS% (ABSORÇÃO AGUA)'	0,35	-0,04	-0,26
	'L* 24h'	-0,11	0,22	-0,24
	'a* 24h'	-0,10	0,28	0,17
	'b* 24h'	-0,23	0,18	-0,45
	'pH PEITO APÓS 24h'	0,12	0,14	-0,09
	'TEXTURA Force (N)'	-0,18	0,36	0,07
	'CRA (%)'	-0,01	-0,10	0,27
	'UMIDADE (%)'	0,05	0,41	-0,16
	'PROTEÍNA (%)'	0,04	-0,48	0,14
	'LIPÍDIOS (%)'	-0,10	0,20	-0,14

Fonte: Autoria própria (2018).



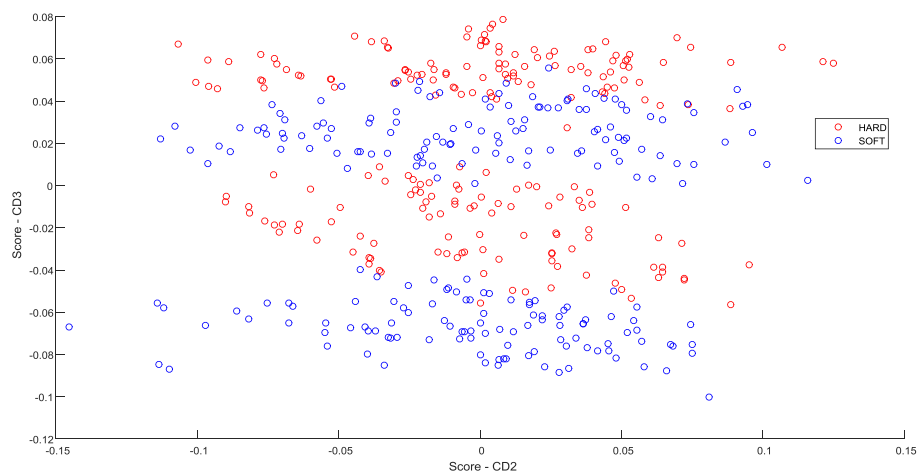
### CD1:CD2

Figura 12 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas *ComDim* para as dimensões comuns CD1 e CD2. Autoria própria (2018).



### CD1:CD3

Figura 13 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas *ComDim* para as dimensões comuns CD1 e CD3. Autoria própria (2018).



### CD2:CD3

Figura 14 – Resultado das saliências (importâncias) entre as ligações das tabelas obtidas da análise multi-tabelas *ComDim* para as dimensões comuns CD2 e CD3. Autoria própria (2018).

Aprofundando-se na primeira dimensão (CD1), parece que os componentes latentes obtidos dos blocos são altamente relacionados aos obtidos por meio do diagrama completo do caminho com valores de correlação próximos de um. Isto é confirmado com o diagrama de caminho onde os pesos externos são quase os mesmos obtidos por meio do diagrama de caminho completo (Figura 15).

As informações obtidas do *Path-ComDim* indicaram que o efeito dos tanques e tipo de escaldagem na carcaça durante o processo de abate de frangos foi significativo, obtendo correlações importantes entre as variáveis (Tabela 9). Para os parâmetros de processo, o tempo de retenção da carcaça nos tanques mostrou correlação positiva (0,83) enquanto a temperatura da água do primeiro tanque de escaldagem foi negativa (-0,98), comprovando a diferença entre os sistemas de escaldagem severa e branda simples/múltiplo. Outras importantes correlações foram observadas no teor de absorção de água (0,35) na CD1, cor L\* após depenadeiras (0,49) na CD2 e cor b\* 24 horas *post mortem* (-0,45) na CD3.

Este método de reconhecimento de padrões não supervisionado transformou os resultados dos quatro tipos de escaldagem, analisadas simultaneamente, em gráficos informativos que mostraram a relação entre as amostras através dos *scores*. Os *scores* forneceram informação predominante através das importâncias relativas, e quais variáveis foram responsáveis pela semelhança observada (discriminação) entre as amostras dos diferentes tipos de escaldagem, pelas correlações para cada dimensão comum. Neste caso a primeira dimensão comum, foi a componente que apresentou a importância mais elevada (88,42%), e foi igualmente equilibrado com contribuições comparáveis aos pares “processo” e “carcaça” (95,84%). Isto foi confirmado pelo diagrama de caminho completo (*Path-ComDim*), que leva em consideração a existência de um padrão *a priori* específico de relações direcionadas entre os conjuntos de dados disponíveis.

Desta forma, foi possível estender o *ComDim* para o *Path-ComDim*, onde os conjuntos de dados disponíveis assumem um padrão específico de relações direcionadas entre eles, refletindo, por exemplo, uma cadeia de influência (CARIOU et al., 2018).



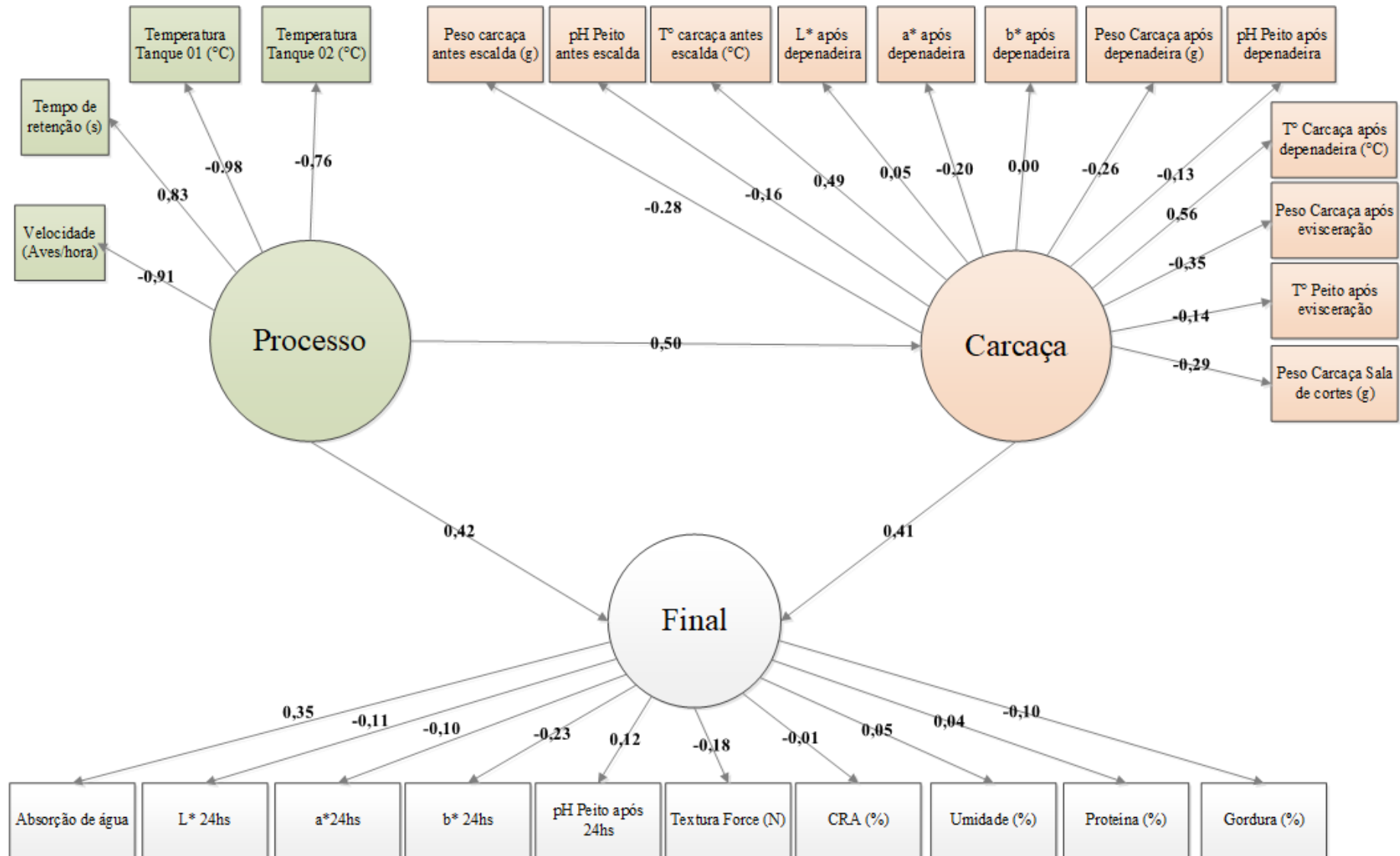


Figura 15 – Diagrama de caminho completo *Path-ComDim* representando as correlações da primeira dimensão comum entre as variáveis latentes (CD1=88,42% da variabilidade explicada) associadas às tabelas “Processo”, “Carcaça” e “Final”. Autoria própria (2018).

## 6 CONCLUSÃO

Considerando elevadas velocidades de abate, menor cozimento da carne e ganho de absorção de água da carcaça durante o resfriamento, o melhor tipo de escaldagem foi a branda em tanques múltiplos. O uso de tanque simples ou múltiplo estágios impactou nos resultados dos parâmetros de cor  $L^*$  e  $b^*$  e na absorção de água a carcaça ao longo do processo *post mortem*. O uso de temperaturas menores (56 °C) minimizam o cozimento superficial da carne do peito. O pH *post mortem* na carne do peito de frango apresentou variação na redução devido à temperatura da carcaça. O teor de umidade e de gordura não sofreu alteração significativa conforme os tipos de escaldagem. O teor de proteína foi menor com a escaldagem simples/branda (21,78%) e o maior com a múltiplo/branda (22,20%).

A análise multi-tabelas *Path-ComDim* permitiu avaliar simultaneamente e correlacionar os resultados obtidos a partir dos tipos de escaldagem e dos parâmetros físico-químicos da carcaça de frango. Este método mostrou a contribuição de cada variável através dos pares de tabelas avaliados, principalmente entre as variáveis dentro da tabela “processo” e “carcaça”.

A primeira dimensão comum separou claramente a escaldagem branda para o lado positivo e a *hard* para o negativo, devido aos maiores tempos de retenção nos tanques, temperatura da carcaça após escaldagem e absorção de água, respectivamente. No entanto, os maiores *scores* foram observados com o uso de tanque múltiplo. A segunda dimensão comum explicou como a cor  $L^*$  pode ser positivamente influenciada pelo aumento do peso da carcaça, redução no teor de proteína e aumento do teor da umidade. A terceira dimensão comum mostrou que o restante da variabilidade extraída pelo *Path-ComDim* foi explicada ao usar tanque múltiplo (parte positiva do CD3) com maior tempo de retenção e menor temperatura da água, nas escaldagens branda e severa, que causou menores valores da cor  $b^*$ . Com a aplicação do *Path-ComDim* foi possível analisar esses conjuntos de dados levando em conta as conexões estruturais entre eles, e a partir de dados instrumentais e físico-químicos fornecerem resultados para aperfeiçoar o processo de escaldagem na indústria de aves.

## 7 REFERÊNCIAS

ABDALLA, S. A. A.; JENSEN, J. F. Effect of different scalding temperatures on carcasses and meat quality in broilers. **European Poultry Science**, n. ISSN 0003-9098, p. 249–253, 1997.

ABPA. **Relatório Anual 2018ABPA**. São Paulo - SP: [s.n.]. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>.

AOAC. Official methods of analysis, association of analytical chemists. 20th ed., Washington D. C. **Washington D. C. USA**, 2016.

BARBOSA, N. A. A. et al. Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1497–1502, 2012.

BARBUT, S. Primary Processing of Poultry. In: **Poultry Products Processing**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2001. p. 541.

BARBUT, S. Primary Processing of Poultry - An Industry Guide. In: **Poultry Products Processing**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2002. p. 541.

BERRANG, M. E.; WINDHAM, W. R.; MEINERSMANN, R. J. Campylobacter, Salmonella, and Escherichia coli on broiler carcasses subjected to a high pH scald and low pH postpick chlorine dip. **Poultry science**, v. 90, n. 4, p. 896–900, 2011.

BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; BUHR, R. J. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 156–162, 2014.

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat 1. **Poultry Science**, v. 94, n. 7, p. 1657–1664, 1 jul. 2015.

BRASIL. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves**. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 1998.

BUHR, R. J. et al. Impact of broiler processing scalding and chilling profiles on carcass and breast meat yield<sup>1</sup>. **Poultry Science**, v. 93, n. 6, p. 1534–1541, 1 jun. 2014.

CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. Efeitos das variações cambiais sobre os preços da carne de frango no Brasil entre 2008 e 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 575–590, 2013.

CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 46, n. 5, p. 444–450, 2007.

CARIOU, V. et al. ComDim: From multiblock data analysis to path modeling. **Food Quality and Preference**, v. 67, p. 27–34, 2018.

CARVALHO, R. H. et al. Underlying connections between the redox system imbalance, protein oxidation and impaired quality traits in pale, soft and exudative (PSE) poultry meat. **Food Chemistry**, v. 215, p. 129–137, jan. 2017.

CASON, J. A.; WHITTEMORE, A. D.; SHACKELFORD, A. D. Aerobic bacteria and solids in a three-tank, two-pass, counterflow scalding. **Poultry Science**, v. 78, n. 1, p. 144–147, 1999.

CASON, J. A.; BUHR, R. J.; HINTON, A. Unheated water in the first tank of a three-tank broiler scalding. **Poultry science**, v. 80, n. 11, p. 1643–1646, 2001.

CHATTERJEE, D. et al. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition 1. n. November, 2016.

CHEN, Y. et al. Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens. **Asian-**

**Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 6, p. 855–864, 2016.

COSTA, L. S.; GARCIA, L. A. F.; BRENE, P. R. A. **Panorama Do Setor De Frango De Corte No Brasil E a Participação Da Indústria Avícola Paranaense No Complexo Dado Seu Alto Grau De Competitividade**. IV Singep. **Anais...**Sao Paulo - SP: Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2015

COVELL, E. H. **Poultry scalding, scalding system and process**Google Patents, , 1990.

DICKENS, J. A; BUHR, R. J.; CASON, J. A. Subcutaneous temperature profile, skin appearance, and picking efficiency of immersion and spray scalded broiler carcasses. **Poultry science**, v. 78, n. 4, p. 595–9, 1999.

DUBIN, E. et al. Common components and specific weights analysis: A tool for metabolomic data pre-processing. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 150, p. 41–50, jan. 2016.

EADY, M.; SAMUEL, D.; BOWKER, B. Effect of pH and postmortem aging on protein extraction from broiler breast muscle 1 SDS-PAGE. n. November, p. 1825–1833, 2017.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a produção, abate, processamento e comercialização de frangos de corte coloniais**. 2007 Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/frangos/preparo.htm>>. Acesso em: 3 set. 2018.

EMBRAPA. **Tendências em avicultura**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/tendencias/aves>>. Acesso em: 3 set. 2018.

GARCIA, R. G. et al. Incidence and Physical Properties of PSE Chicken Meat in a Commercial Processing Plant. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 233, 2010.

GROENEWEGEN, C.; PORTER, D. L.; ROACH, K. J. **Method and apparatus for cleaning carcasses** Google Patents, , 2010.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v. 10, p. 335–443, 1960.

JEONG, J. Y. et al. Moisture content, processing yield, and surface color of broiler carcasses chilled by water, air, or evaporative air. **Poultry science**, v. 90, n. 3, p. 687–93, 2011.

KAISER, T. R. et al. Determinação De Curva Glicolítica Em Carcaças De Aves Pse ( Pale , Soft , Exsudative ) E Normal Em Linha De Abate Industrial. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016.

LEE, Y. S.; OWENS, C. M.; MEULLENET, J. F. Changes in Tenderness, Color, and Water Holding Capacity of Broiler Breast Meat during Postdeboning Aging. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 8, p. E449–E454, out. 2009.

LOUDIYI, M.; RUTLEDGE, D. N.; AÏT-KADDOUR, A. ComDim for explorative multi-block data analysis of Cantal-type cheeses: Effects of salts, gentle heating and ripening. **Food Chemistry**, v. 264, n. January, p. 401–410, out. 2018.

MAZZONI, M. et al. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v. 94, p. 123–130, 2015.

MCKEE, S. R.; TOWNSEND, J. C.; BILGILI, S. F. Use of a Scald Additive to Reduce Levels of Salmonella Typhimurium During Poultry Processing. **Poultry Science**, v. 87, n. 8, p. 1672–1677, 1 ago. 2008.

MENCONI, A. et al. Evaluation of a commercially available organic acid product on body weight loss, carcass yield, and meat quality during preslaughter feed withdrawal in broiler chickens: A poultry welfare and economic perspective<sup>1</sup>. **Poultry Science**, v. 93, n. 2, p. 448–455, 1 fev. 2014.

MEYN FOOD PROCESSING TECHNOLOGY. **Meyn jet stream scalders**.

MIR, N. A. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 10, p. 2997–3009, 2017.

OLIVEIRA, D. R. M. S.; NÄÄS, I. A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, p. 160, 2012.

PETRACCI, M. et al. Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in 2 commercial chicken hybrids. **Poultry science**, v. 92, n. 9, p. 2438–47, 2013.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. Pre-slaughter handling and slaughtering factors influencing poultry product quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, n. 1, p. 17–26, 18 mar. 2010.

PINELLI, L. D. DE F. **Análise de dados multi-tabelas (COMDIM) para a avaliação de farinhas comestíveis por espectroscopia NIR e texturômetro**. Campo Mourão - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2018.

QIAO, M. et al. The Effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water-Holding Capacity, and Emulsification Capacity. **Poultry Science**, v. 80, n. 5, p. 676–680, 1 maio 2001.

ROSA, L. N. et al. Multi-block data analysis using ComDim for the evaluation of complex samples: Characterization of edible oils. **Analytica Chimica Acta**, v. 961, p. 42–48, 2017.

ROSA, L. N. **Avaliação de propriedades físicas e químicas de óleos vegetais comestíveis empregando-se análise multitabelas**. Campo Mourão - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2017.

SAMS, A. R. Meat Quality During Processing. **Poultry Science**, v. 78, n. November, p. 798–803, 1998.

SAMS, A. R. et al. **Poultry Meat Processing**. [s.l.] CRC Press, 2001.

SAMS, A. R.; MCKEE, S. R. First processing - Slaughter through chilling. In: OWENS;, C. M.; ALVARADO;, C. Z.; SAMS, A. R. (Eds.). . **First processing - Slaughter through chilling**. 2nd ed. ed. Boca Raton, FL: ed. CRC Press, 2010. p. 25–50.

SILVA-BUZANELLO, R. A. DA et al. Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by stunning methods. **Poultry Science**, n. July, p. 1–7, 2018.

SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651–659, 1 mar. 2016.

TASONIERO, G. et al. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707–2714, 1 nov. 2016.

VIERA, T. F. **Avaliação de erva para chimarrão (Ilex paraguariensis St. Hil.) por métodos instrumentais e quimiometria**. Campo Mourão - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, 2018.

WOELFEL, R. L. et al. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry science**, v. 81, n. 1997, p. 579–584, 2002.

ZHUANG, H. et al. Effects of broiler carcass scalding and chilling methods on quality of early-deboned breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, n. 5, p. 1393–1399, 1 maio 2013.