

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ELIDIANE LORENZETTI

**ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM
CARÇAÇAS E CORTES DE FRANGO DURANTE A ETAPA DE PRÉ-
RESFRIAMENTO**

ERECHIM, RS

2016

ELIDIANE LORENZETTI

**ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM
CARÇAÇAS E CORTES DE FRANGO DURANTE A ETAPA DE PRÉ-
RESFRIAMENTO**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, como pré-requisito ao Título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

ERECHIM, RS

2016

NESTA PÁGINA DEVERÁ SER INCLUÍDA A FICHA CATALOGRÁFICA DA TESE DE DOUTORADO. ESTA FICHA SERÁ ELABORADA DE ACORDO COM OS PADRÕES DEFINIDOS PELO SETOR DE PROCESSOS TÉCNICOS DA BIBLIOTECA DA URI – CAMPUS DE ERECHIM.

Elidiane Lorenzetti

Tese de Doutorado submetida à Comissão Julgadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI Erechim, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Comissão Julgadora:

Prof. Eunice Valduga, D. SC
Orientador

Prof. Rogério Luis Cansian, D.SC
Orientador

Prof. Iloir Gaio, D. SC
Universidade Federal Fronteira Sul - UFFS

Milena de Oliveira Silva, D. SC
BRF S.A

Prof. Jamile Zeni, D. SC
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI

Ilizandra Aparecida Fernandes, D. SC
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI

Erechim, 28 de Outubro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por guiar meu caminho, me ensinar a cada momento que a perseverança e a dedicação são as melhores maneiras para vencer as dificuldades e alcançar os objetivos, por ter me dado força, coragem, sabedoria e a oportunidade de estar concluindo um curso de pós-graduação.

Agradeço meu esposo Gilson, pela paciência e compreensão durante a realização deste trabalho, por todas as demonstrações de amor, cumplicidade e pelo apoio em todas as decisões da minha vida.

A minha mãe Neusa e ao meu pai Albino, a minha irmã Mônica que sempre estiveram presentes em todos os momentos, tristes e felizes da minha vida, me dando forças e apoio para vencer os diversos obstáculos da vida.

Aos meus orientadores Eunice Valduga e Rogério Cansian pelo apoio, orientação e por acreditarem no meu trabalho. Aproveito também para agradecer a todos os professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Aos membros da banca examinadora, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho, através das correções e sugestões apresentadas para a redação final.

A professora Naimara Vieira do Prado, pela ajuda e pelo auxílio oferecido.

A empresa a qual atuo, pelo apoio, cooperação e incentivo à minha atualização profissional de forma concomitante ao meu trabalho.

A todos os meus amigos e colegas de trabalho, que me ajudaram na realização dos experimentos *in loco* e nas análises laboratoriais e/ou que colaboraram de alguma forma na realização deste trabalho, deixo registrado aqui a minha eterna gratidão.

Muito obrigada!

“Se você encontrar um caminho sem obstáculos, ele provavelmente não leva a lugar nenhum”.

Frank Clark

Resumo da Tese de Doutorado submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI - Campus de Erechim, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NA ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS E CORTES DE FRANGO DURANTE A ETAPA DE PRÉ-RESFRIAMENTO

Elidiane Lorenzetti

Orientadores: Eunice Valduga e Rogério Luis Cansian

O processo de resfriamento de carcaças por imersão em água (*chillers*) é o processo mais utilizado na indústria de aves. Nesta etapa, além da redução da temperatura, ocorre a absorção de água nas carcaças e, conseqüentemente, nos cortes de frango, sendo monitoradas pelas empresas e fiscalizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece um limite para o percentual de água absorvida. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das principais variáveis relacionadas ao processamento de carne de frangos, sobre o mecanismo de absorção de água pelas carcaças e cortes de frango, durante o pré-resfriamento em *chiller* industrial. A partir dos índices de absorção industrial foi realizada a análise de capacidade do processo. As principais variáveis que influenciam na absorção foram submetidas a análise multivariada e análise estatística descritiva. Para as variáveis definidas como prioritárias no processo de absorção de água durante a etapa de pré-resfriamento (borbulho, tempo de permanência e abertura abdominal) foi aplicado a metodologia de planejamento de experimentos. As respostas ou variáveis dependentes estudadas para a carcaça de frango, foram absorção, *dripping test*, umidade, proteína, relação umidade/proteína, gordura, pH e atividade de água (*Aw*). Para os cortes das carcaças de frango (coxa, sobrecoxa, peito sem pele e sem osso e peito com pele e com osso), foram avaliados o percentual de umidade, proteína e relação umidade/proteína. Foi avaliado o percentual de absorção e *dripping test* em cada etapa do sistema de pré-resfriamento, bem como o tempo médio de permanência em cada estágio. Para a avaliação histológica foi utilizado porções de peito do frango. Na análise de capacidade inicial do processo observou-se que o mesmo está descentralizado e pode ser considerado incapaz (*Cpk* foi menor que 1 (0,26)). Porém verificou-se que o percentual de absorção atende o limite máximo permitido de 8%, uma vez que são considerados os valores médios de absorção. A análise de componentes principais e de agrupamento mostrou que há uma tendência das variáveis borbulho (agitação da água), tempo de permanência e presença de defeitos interferirem na quantidade de água absorvida pelas carcaças de frango. A análise estatística descritiva mostrou que não há diferença significativa ($p > 0,05$) entre o peito íntegro e o peito com desnaturação proteica. Já as carcaças com defeito e sem defeito apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Quando comparados os defeitos abertura abdominal, bolsão de água, perna deslocada e pele rasgada, houve diferença significativa entre o defeito bolsão de água e os demais defeitos. O borbulho, tempo de permanência e abertura abdominal apresentaram influência positiva ($p < 0,05$) para a absorção, *dripping test*, umidade e atividade de água das carcaças de frango. Para os cortes

de frango, as variáveis avaliadas apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) somente para a umidade do peito com osso e com pele e peito sem osso e sem pele. Nenhuma das variáveis estudadas apresentou efeito significativo ($p > 0,05$) sobre a umidade, proteína e relação umidade/proteína (U/P) dos cortes de coxa e sobrecoxa de frango. Através dos dados obtidos verificou-se que os melhores parâmetros a serem utilizados para garantir um percentual de absorção e *dripping test* nas carcaças de frango e um percentual de umidade, proteína e relação umidade/proteína nos cortes de frango, dentro dos limites aceitáveis pela legislação, estão no ponto central. O percentual de absorção de água pelas carcaças de frango apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os pontos de coleta (saída do pré-chiller, saída do chiller 01, saída do chiller 02 e após o gotejamento). Quanto ao *dripping test* observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a saída do pré-chiller e a saída do chiller 01 e a saída do pré-chiller e após o gotejamento. O tempo médio de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento foram de 20 min ($\pm 1,10$) no pré-chiller, 24 min ($\pm 1,63$) no chiller 01, 16 min ($\pm 0,63$) no chiller 02 e 60 min ($\pm 0,80$) considerando o tempo total de permanência das carcaças nos 3 tanques de resfriamento. A análise histológica de porções de peito de frango mostrou que as mudanças estruturais mais acentuadas ocorreram no pré-chiller, porém nota-se que no chiller 01 as mudanças estruturais continuam ocorrendo embora com menor intensidade. As adequações estruturais no sistema de pré-resfriamento e a padronização do processo através do delineamento experimental, permitiram diminuir a variabilidade dos resultados de absorção tendo um maior controle do processo e menor risco de violação da legislação. A análise de capacidade final mostrou um *cpk* maior que 1 (2,59), demonstrando-se capaz de atender aos limites de absorção estabelecidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Pré-resfriamento, carcaças, cortes de frango, absorção de água, chiller.

Abstract of Thesis presented to the Post-Graduate Food Engineering of URI Erechim, as part of the requirements for obtaining the Doctor Degree in Food Engineering.

STUDY OF THE VARIABLES THAT INTERFERE IN WATER ABSORPTION RELATED TO CARCASSES AND CHICKEN CUTS DURING THE PRE-COOLING

Elidiane Lorenzetti

Advisors: Eunice Valduga and Rogério Luis Cansian

The cooling process of carcasses by immersion in water (chillers) is the most widely used process in the poultry industry. At this stage, in addition to the reduction of temperature, there is an absorption of water in the carcasses and consequently in the chicken cuts, monitored by companies and supervised by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (MAPA), which sets a limit on the percentage of water absorbed. The objective of this study was to evaluate the influence of the main variables related to chicken meat processing on the water absorption mechanism for carcasses and chicken cuts, during the pre-cooling in industrial chiller. From the industrial absorption rates was carried out process capability analysis. The main variables that influence the absorption were subjected to multivariate analysis and descriptive statistical analysis. For the variables defined as priorities in the process of water absorption during the pre-cooling stage (bubbling, length of stay and abdominal opening) was applied to experimental design methodology. The answers or dependent variables for the chicken carcass, were absorption, dripping test, moisture, protein, relative humidity/protein, fat, pH and water activity (A_w). For cuts of chicken carcasses (thigh, drumstick, breast skinless and boneless breast with skin and bone) were evaluated the percentage of humidity, protein and relative humidity/protein. It evaluated the percentage of absorption and dripping test at each stage of the pre-cooling system, and the average time spent in each stage. For histological evaluation was used chicken breast portions. In the initial process capability analysis it was observed that the same is decentralized and can be considered incapable (Cpk was less than 1 (0.26)). However it was found that the percentage of absorption meets the allowable maximum of 8%, since they are based on the average absorption. The principal component analysis and cluster showed that there is a tendency of variables bubbling (water agitation), length of stay and the presence of defects interfere with the amount of water absorbed by the chicken carcasses. The descriptive statistical analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between the intact breast and chest with protein denaturation. Already carcasses defect and without blemish showed significant differences ($p < 0.05$). As compared the abdominal opening defects, water pocket, dislocated leg and torn skin, there was a significant difference between the defect pocket water and other defects. The bubbling, abdominal retention and open time had a positive influence ($p < 0.05$) for absorption, dripping test, moisture and water activity of chicken carcasses. For chicken cuts, the evaluated variables showed significant effect ($p < 0.05$) only for the humidity of the chest bone and skin and breast boneless and skinless. None of the variables showed significant effect ($p > 0.05$) on the moisture, protein and relative humidity/protein (H/P) of the thigh and drumstick chicken cuts. From the data obtained it was found that the best parameters to be used to guarantee a percentage

of absorption and dripping test in chicken carcasses and moisture percentage, protein and relative humidity / protein in chicken parts, within limits allowed by the laws they are the center point. The percentage of water absorption by poultry carcasses showed a significant difference ($p < 0.05$) at all collection points (out of pre-chiller, chiller output 01, chiller exit 02 and after dripping). As to the dripping test it is observed that there was significant difference ($p < 0.05$) between the output of the pre-chiller and outlet of the chiller 01 and the output of the pre-chiller and after drip. The average length of stay of carcasses in the pre-cooling system were 20 min (± 1.10) in the pre-chiller, 24 min (± 1.63) in chiller 01, 16 min (± 0.63) in chiller 02 and 60 min (± 0.80) considering the total time of carcasses in 3 cooling tanks. Histological analysis of chicken breast portions showed that the most significant structural changes have occurred in the pre-chiller, but it is noted that the chiller 01, the structural changes continue to occur albeit with less intensity. Structural adjustments in the pre-cooling system and standardizing the process through experimental design allowed reduce the variability of the results of absorption having a greater process control and lower risk of violation of the legislation. The final capacity analysis showed a higher cpk than 1 (2.59), proving to be able to meet the absorption limits set by law.

Keywords: Pre-cooling, carcasses, chicken cuts, water absorption, chiller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção mundial de carne de frango em 2012 (milhões de toneladas). ...	23
Figura 2: Sequência típica das etapas de processamento primário de aves.	25
Figura 3: <i>Chiller</i> de resfriamento de carcaças de frango.....	32
Figura 4: Desenho em corte transversal de um chiller (a) e esquema de funcionamento das camisas de propilenoglicol (b).....	34
Figura 5: Fotos ilustrativas do equipamento <i>Rechiller</i>	35
Figura 6: Modelo físico para o mecanismo de absorção de água pelas carcaças de frango.	40
Figura 7: Mudanças estruturais que ocorrem no músculo bovino após a morte animal.....	41
Figura 8: Fluxograma das atividades desenvolvidas.....	49
Figura 9: Aspecto visual ilustrando a identificação e pesagem das carcaças, durante a realização dos testes.....	53
Figura 10: Imagens ilustrativas da medição da temperatura inicial das carcaças.	53
Figura 11: Aspecto visual ilustrando as carcaças após pesagem e sendo colocadas no sistema de pré-resfriamento.....	54
Figura 12: Aspecto visual ilustrando o tamanho do corte da abertura abdominal das carcaças.....	57
Figura 13: Fotos ilustrativas das carcaças sendo recoletadas na saída do pré- <i>chiller</i>	62
Figura 14: Análise de capacidade do processo de absorção com todas as amostras.	67
Figura 15: Análise de capacidade do processo de absorção com a média das amostras conforme Portaria nº 210/1998.....	68
Figura 16: Análise dos componentes principais das variáveis quantitativas e qualitativas relacionadas ao processo de absorção de água pelas carcaças de frango.	69
Figura 17: Dendrograma da análise de agrupamento das variáveis quantitativas do processo de absorção de água.	70
Figura 18: Fotos ilustrando a comparação entre o peito com desnaturação proteica e o peito integro.....	72

Figura 19: Imagens ilustrativas de diferentes tipos de defeitos encontrados nas carcaças avaliadas durante este estudo.	74
Figura 20: Histograma de frequência do tempo de permanência total das carcaças no sistema de pré-resfriamento.....	76
Figura 21: Adequações no sistema de borbulho.	77
Figura 22: Aspecto visual ilustrando a distância entre os helicóides do <i>chiller</i>	78
Figura 23: Aspecto visual ilustrando os espaços vazios.....	78
Figura 24: Redução do nível da água do pré- <i>chiller</i> e <i>chillers</i> na altura do eixo.	79
Figura 25: Superfícies de resposta e curvas de contorno para absorção de água nas carcaças de frango (%).	84
Figura 26: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de <i>dripping</i> nas carcaças de frango.	86
Figura 27: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade nas carcaças de frango.	88
Figura 28: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 , para a atividade de água.....	89
Figura 29: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3	89
Figura 30: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade no peito com pele e com osso.	92
Figura 31: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3	93
Figura 32: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso.	95
Figura 33: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3	96
Figura 34: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3	98
Figura 35: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3	100
Figura 36: Fotomicrografia da carne de frango no pré-chiller.....	103
Figura 37: Fotomicrografia da carne de frango no <i>Chiller</i> 01.	103
Figura 38: Fotomicrografia da carne de frango no <i>Chiller</i> 02.	104

Figura 39: Análise de capacidade do processo de absorção com todas as amostras, após adequações e delineamento.....	105
Figura 40: Análise de capacidade do processo de absorção com LIE de 5% e LSE de 8%.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de carne de frango (em milhões de toneladas).	22
Tabela 2: Exportação de carne de frango em mil toneladas.....	23
Tabela 3: Parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados.	43
Tabela 4: Parâmetros de Umidade/Proteína em cortes de frangos e perus.	44
Tabela 5: Parâmetros de teor total de água contida em frangos resfriados.	44
Tabela 6: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial 2 ³ ...	56
Tabela 7: Escores médios de absorção nas carcaças com peito íntegro e com peito apresentando desnaturação proteica.	71
Tabela 8: Escores médios de absorção nas carcaças apresentando defeitos e das carcaças sem defeitos (íntegras).	72
Tabela 9: Absorção de água (%) nas carcaças com diferentes defeitos.	73
Tabela 10: Matriz do planejamento fatorial 2 ³ (valores codificados e reais) e resposta em absorção (%), drip (%), umidade (%), proteína (%), relação umidade/proteína (U/P), atividade de água, pH e gordura (%) nas carcaças de frango.	82
Tabela 11: Matriz do planejamento fatorial fatorial 2 ³ (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito com pele e com osso.	90
Tabela 12: Matriz do planejamento fatorial fatorial 2 ³ (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito sem pele e sem osso.	94
Tabela 13: Matriz do planejamento fatorial fatorial 2 ³ (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na coxa de frango.	97
Tabela 14: Matriz do planejamento fatorial fatorial 2 ³ (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na sobrecoxa de frango.....	99
Tabela 15: Absorção de água (%) nas carcaças nos diferentes pontos de coleta..	101
Tabela 16: Dripping (%) nos diferentes pontos de coleta.	102

Tabela 17: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para a absorção de água em carcaças de frango.	122
Tabela 18: Análise de variância para a absorção de água em carcaças de frango do planejamento fatorial 2^3	122
Tabela 19: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para o drip test em carcaças de frango.	122
Tabela 20: Análise de variância para o drip test em carcaças de frango do planejamento fatorial 2^3	123
Tabela 21: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para o percentual de umidade em carcaças de frango.	123
Tabela 22: Análise de variância para o percentual de umidade em carcaças de frango do planejamento fatorial 2^3	123
Tabela 23: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para o percentual de umidade no peito com osso e com pele.....	124
Tabela 24: Tabela Análise de variância para o percentual de umidade no peito com osso e com pele do planejamento fatorial 2^3	124
Tabela 25: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para o percentual de umidade no peito sem osso e sem pele.....	124
Tabela 26: Análise de variância para o percentual de umidade no peito sem osso e sem pele do planejamento fatorial 2^3	125

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 ASPECTOS DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA CARNE DE FRANGO	21
3.2 PROCESSAMENTO DA CARNE DE FRANGO	24
3.3 RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO	29
3.3.1 Resfriamento de Carcaças de Frango por Imersão.....	31
3.4 FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARCAÇAS DE FRANGO	35
3.5 MECANISMO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS CARCAÇAS DE FRANGO ..	39
3.6 LEGISLAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS RELACIONADAS A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARCAÇAS E CORTES DE FRANGO	41
3.7 PADRONIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO	45
3.8 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTUDO	48
4 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSAMENTO DE AVES E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	50
4.1.1 Coleta de Dados.....	51
4.1.2 Preparo das amostras e determinação da quantidade de água absorvida pelas carcaças de Frango.....	52
4.2 ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS NO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS	55
4.3 PRIORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	55
4.3.1 Preparo e Coleta das Amostras	58
4.3.2 Caracterizações Físico-Químicas das Carcaças e Cortes de Frango	58
4.4 AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ABSORÇÃO E DRIPPING EM CADA ETAPA DO SISTEMA DE PRÉ- RESFRIAMENTO.....	61

4.4.1 Preparo e Coleta das Amostras	61
4.5 ANÁLISE HISTOLÓGICA DAS CARÇAÇAS DE FRANGO	63
4.6 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ABSORÇÃO APÓS ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	64
4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS NO PROCESSO DE ABSORÇÃO	66
5.1.1 Análise da Capacidade do Processo.....	66
5.1.2 Análise Multivariada	68
5.1.3 Análise Estatística Descritiva	71
5.1.4 Adequações Estruturais no Sistema de Pré-Resfriamento de Carcaças	77
5.2 EFEITOS DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS DE FRANGO	79
5.3 EFEITOS DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CORTES DE FRANGO	90
5.3.1 Peito com Osso e com pele.....	90
5.3.2 Peito sem osso e sem pele	93
5.3.3 Coxa.....	96
5.3.4 Sobrecoxa	98
5.4 AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ABSORÇÃO E DRIPPING EM CADA ETAPA DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO.....	101
5.5 AVALIAÇÃO HISTOLÓGICA.....	102
5.6 AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE ABSORÇÃO APÓS ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	105
6. CONCLUSÕES	107
7.0 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	109
8.0 REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE A.....	122
APÊNDICE B.....	124

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas a avicultura brasileira tem apresentado altos índices de crescimento, tornando-se o terceiro produtor mundial e líder em exportação. A carne de frango conquistou os mais exigentes mercados e atualmente chega a 142 países. Fatores como qualidade, sanidade e preço contribuíram para aperfeiçoar a produtividade no setor. O Brasil buscou modernização e empregou ferramentas como manejo adequado do aviário, sanidade, alimentação balanceada, melhoramento genético e produção integrada, que resultou em excelência técnica em todas as etapas da cadeia produtiva e que atende a demandas de todo o mundo (BRASIL, 2014).

De modo geral, o processamento da carne de frango é similar na maioria dos abatedouros, sendo composto de etapas básicas, tais como a recepção, pendura, insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, lavagem, pré-resfriamento, gotejamento, embalagem e resfriamento/congelamento. O pré-resfriamento das carcaças pode ser realizado por meio de aspersão de água gelada, resfriamento por ar em câmara/túneis refrigerados, ou por água através da imersão das carcaças em tanques resfriadores contínuos de aço inoxidável, tipo rosca sem fim, sendo este último o método mais utilizado no Brasil e nos Estados Unidos, dois dos maiores produtores de carne de aves do mundo.

No Brasil o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA), exige o uso de pelo menos dois tanques para o processo de pré-resfriamento das aves. Um primeiro tanque (*pré-chiller*) é necessário para a lavagem das carcaças, onde a temperatura da água deve ser inferior a 16°C e a renovação de água deve ser de no mínimo 1,5 litros por carcaça, observando-se o tempo máximo de permanência neste estágio, de trinta minutos. Dentro do segundo tanque (*chiller*) a temperatura da água deve ser inferior a 4°C e a renovação de água de pelo menos 1 litro por carcaça. A temperatura das carcaças, no final do processo de pré-resfriamento, deve ser igual ou inferior a 7°C, tolerando-se a temperatura de 10°C, para as carcaças destinadas ao congelamento imediato (BRASIL, 1998). A etapa de pré-resfriamento é muito importante para a conservação, pois a redução da temperatura das carcaças é essencial para o controle do crescimento de micro-organismos e

assim prolongar a vida de prateleira do produto. É também durante essa etapa que ocorre a absorção de água pelas carcaças de frango.

Entende-se por índice de absorção o percentual de água adquirida pelas carcaças de aves durante o processo de matança e demais operações tecnológicas, principalmente no sistema de pré-resfriamento por imersão. O controle do índice de absorção de água é realizado através de dois métodos oficiais: o Método de Controle Interno que é realizado em nível de processamento industrial e trata da água absorvida durante o pré-resfriamento por imersão; e o Método do Gotejamento (*Dripping Test*) que quantifica a água proveniente do descongelamento de carcaças congeladas. O resultado é expresso em percentagem do peso total da carcaça, sendo os limites máximos de 8% e 6%, respectivamente (BRASIL, 1998; BRASIL, 1999).

A legislação brasileira é rigorosa no que diz respeito aos índices de água absorvida durante o processo de pré-resfriamento de carcaças. Desde 2005 tem-se exigido das empresas a elaboração de um Programa para Prevenção e Controle de Adição de Água aos Produtos (PPCAAP), através da Circular nº 010/2005/DIPOA de 3 de maio de 2005 (BRASIL, 2005), com a finalidade de evitar possíveis fraudes. Em 2010, por meio da Instrução Normativa nº 32, de 3 de Dezembro de 2010 (BRASIL, 2010a) o MAPA estabeleceu parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água Contida nos Cortes de Frangos, resfriados e congelados, através de análises de Umidade (%), Proteína (%) e Relação Umidade/Proteína (U/P) para os cortes peito e meio peito, peito sem pele, coxa, sobrecoxa e coxa com sobrecoxa de frango.

Tendo em vista as diversas variáveis que interferem no processo de absorção de água pelas carcaças e cortes de frango, durante o pré-resfriamento por imersão, existe uma grande preocupação por parte das empresas em conseguir controlar e padronizar os processos produtivos, evitando que possíveis desvios possam prejudicar a confiabilidade da empresa e de seus produtos. O excesso de água não é necessariamente o resultado de uma prática fraudulenta e sim o ajuste inadequado das variáveis tecnológicas que norteiam o processo.

Desta forma, é extremamente importante que se tenha conhecimento das variáveis que influenciam no processo de absorção de água pelas carcaças e cortes de frangos, durante a etapa de pré-resfriamento em *chiller*, visando obter benefícios para a indústria, porém sem violar os limites máximos permitidos pela legislação e

sem lesar o consumidor final. Segundo Brasil (1998) o sistema de controle de absorção de água em carcaças de aves submetidas ao pré-resfriamento por imersão deve ser eficiente e efetivo, sem margem a qualquer prejuízo na qualidade do produto final.

Entretanto a absorção não deve ser vista somente como um ponto de controle, mas também como um fator importante para o produto, pois é ela quem gera a reidratação das carcaças, repondo as perdas de umidade ocorridas nas etapas anteriores, e principalmente protegendo esse produto da desidratação superficial (“queima pelo frio”) causada pelas etapas de congelamento, armazenamento e distribuição. Essa desidratação é responsável por favorecer a rancificação e demais alterações de cor e sabor (OLIVO, 2006).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das principais variáveis relacionadas ao processamento da carne de frango, sobre o mecanismo de absorção de água pelas carcaças e cortes de frango durante a etapa de pré-resfriamento em *chiller* industrial.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos das principais variáveis relacionadas com a absorção de água nas carcaças e cortes de frango na etapa de pré-resfriamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o mapeamento das etapas de abate e pré-resfriamento de frangos e definir as variáveis a serem avaliadas no processo de absorção de água pelas carcaças de frango;
- Avaliar a situação atual do percentual de água absorvida pelas carcaças no processo em análise;
- Correlacionar as variáveis previamente definidas com a absorção de água nas carcaças de frango;
- Diminuir a variabilidade do tempo de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento;
- Realizar um delineamento experimental com as variáveis prioritárias do processamento de aves, para avaliação dos seus efeitos sobre a absorção de água nas carcaças e cortes de frango durante e etapa de pré-resfriamento;
- Realizar testes de absorção e *Dripping Test* e análises físico-químicas (umidade, proteína, gordura, pH e atividade de água) nas carcaças de frango e análises de umidade, proteína e relação umidade/proteína em cortes de frango (coxa, sobrecoxa, peito sem pele, peito com pele e com osso);
- Avaliar o percentual de água absorvida pelas carcaças em cada módulo do sistema de pré-resfriamento, através do Método de Controle Interno (teste de absorção) e Método de Gotejamento (*Dripping Test*);
- Realizar análise histológica das carcaças de frango em cada etapa do sistema de pré-resfriamento, para avaliação das mudanças estruturais que ocorrem no músculo durante o processo de absorção de água;
- Padronizar o processo de pré-resfriamento de carcaças, através do controle dos parâmetros das principais variáveis das etapas de abate e pré-resfriamento, de forma a assegurar o limite de absorção de água das carcaças e cortes de frango dentro do limite permitido pela legislação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item serão abordados os diversos conceitos que proporcionaram embasamento teórico a este estudo. Dentre eles estão os aspectos de produção e comercialização da carne de frango, processamento e resfriamento da carne de frango, os fatores que afetam no mecanismo de absorção de água pelas carcaças, legislações nacionais e internacionais relacionadas a absorção de água em carcaças e cortes de frango, padronização e otimização do processo de resfriamento de carcaças de frango, bem como as considerações a respeito do estudo.

3.1 ASPECTOS DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA CARNE DE FRANGO

No Brasil, a avicultura emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. O setor é representado por dezenas de milhares de produtores integrados, centenas de empresas beneficiadoras e dezenas de empresas exportadoras (ABPA, 2014a).

O Brasil buscou modernização e empregou instrumentos como o manejo adequado do aviário, sanidade, alimentação balanceada, melhoramento genético e produção integrada. A parceria entre indústria e avicultores também contribuiu para a excelência técnica em todas as etapas da cadeia produtiva, resultando em reduzidos custos de transação e na qualidade, que atende às demandas de todo o mundo (BRASIL, 2014).

A produção de carne de frango tem assumido participação crescente no comércio mundial de carnes, como consequência do desenvolvimento tecnológico da atividade, que possibilita oferecer melhores produtos aos consumidores a preços mais baixos (DÍAZ, 2007). Em 2015 a produção brasileira de carne de frango atingiu a marca de 13.546,5 milhões de toneladas, conforme apresentado na Tabela 1 (AVISITE, 2016a).

Tabela 1: Produção de carne de frango (em milhões de toneladas).

Ano/Mês	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	1088,3	1156,4	963,9	1049,1	1116,6
Fevereiro	950,6	1051,6	909,4	955,5	1033,5
Março	1048,7	1053,1	1048,7	1072,5	1144,5
Abril	1079,0	1057,9	1032,1	1011,3	1087,2
Mai	1121,0	1107,4	1074,0	1041,6	1134,9
Junho	1089,2	1090,6	1050,2	1034,6	1078,6
Julho	1094,7	1083,8	1045,2	1058,8	1142,3
Agosto	1032,7	1030,7	1048,0	1103,6	1192,9
Setembro	1048,8	1015,1	1026,1	1066,1	1140,4
Outubro	1104,3	1027,6	1043,5	1123,3	1188,8
Novembro	1067,4	1000,7	1025,4	1104,9	1164,2
Dezembro	1138,4	970,1	1041,4	1070,4	1122,6
Total	12.863,2	12.645,1	12.308,1	12.691,7	13.546,5

Fonte: AVISITE (2016a).

Nas exportações, o Brasil mantém, desde 2004, a posição de maior exportador mundial, tendo terminado 2011 com a marca de 3,9 milhões de toneladas embarcadas para mais de 150 países. Com esse desempenho, a carne de frango brasileira aumentou ainda mais sua presença na mesa dos consumidores no Brasil e no mundo (ABPA, 2014a). Na Tabela 2 estão apresentados os valores de exportação brasileira de frango, considerando a partir de 2005 a inclusão de industrializados (em mil toneladas). Em 2015 os embarques de carne de frango aumentaram 5,75% em relação a 2014, chegando a mais de quatro milhões de toneladas exportadas (AVISITE, 2016b).

Em 2012 a produção de carne de frango chegou a 12.645 milhões de toneladas, com uma redução de 3,17% em relação a 2011. O Brasil manteve a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e da China (Figura 1). Do volume total de frangos produzido pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno, e 31% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 45 quilos por pessoa (ABPA, 2014b).

Tabela 2: Exportação de carne de frango em mil toneladas.

Ano/Mês	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	295,4	328,9	290,5	299,8	271,0
Fevereiro	296,6	281,7	291,1	289,5	296,4
Março	341	363,6	319,7	318,1	343,0
Abril	325,3	331	339,5	352,1	330,0
Mai	338,5	374,9	343,5	346,6	322,2
Junho	331,3	307,2	305,9	296,3	389,3
Julho	310,9	312,3	339,1	371,2	440,5
Agosto	354,3	317,5	333,3	332,1	375,2
Setembro	304,6	305,8	302	359,2	361,0
Outubro	335,7	343,5	355,5	362,2	324,1
Novembro	358,7	312,2	347,7	327,4	379,7
Dezembro	350,2	339	324	340,7	392,7
Total	3.942,6	3.917,6	3.891,7	3.995,2	4.225,1

Fonte: AVISITE (2016b).

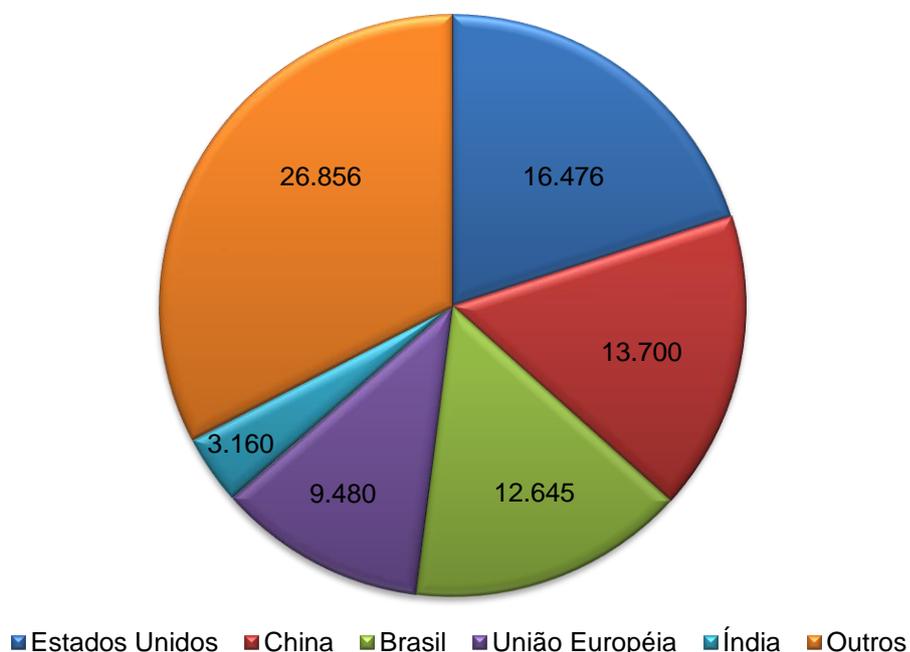


Figura 1: Produção mundial de carne de frango em 2012 (milhões de toneladas).

Fonte: ABPA (2014b).

Já em 2014 a produção brasileira de carne de frango chegou a 12.691 milhões de toneladas, mantendo a posição de terceiro maior produtor mundial. Os Estados Unidos chegou a marca de 17.254 milhões, seguido da China com 13.000 milhões de toneladas de carne de frango. Da produção brasileira de carne de frango, 67,7% foi destinado ao mercado interno e 32,3% as exportações (ABPA, 2015).

Neste contexto, sendo o Brasil um grande produtor e exportador de carne de frango, é muito importante que se tenha conhecimento das exigências nacionais e internacionais, principalmente quando trata-se do excesso de água na carne, assunto este que se tornou alvo de fiscalizações nas indústrias processadoras de carne de frango no país.

3.2 PROCESSAMENTO DA CARNE DE FRANGO

O processamento de aves é um sistema altamente coordenado das operações mecanizadas que matam as aves e removem as partes não comestíveis tais como penas, sangue, vísceras e cabeça para posterior distribuição ao consumidor (SAMS, 2001; SARCINELLI *et al.*, 2007).

A indústria de processamento de aves tem mostrado progressos significativos nos últimos anos e plantas em grande escala foram construídas ao redor do mundo. A velocidade das linhas de abate de frangos de corte aumentaram de 3.000 aves/hora em 1970 para 13.500 aves/hora em 2015, resultado este de uma maior automatização e mecanização dos processos. O número de aves processadas por homem-hora aumentou de 208 em 1994 para 310 em 2013 e a eficiência da linha passou de 95,5% para 98,3% neste mesmo período, tornando a indústria mais competitiva (BARBUT, 2015).

A cadeia de produção de aves possui uma sequência de fases inter-relacionadas e a qualidade resultante da carne está associada a alterações *post mortem* que ocorrem durante a conversão do músculo em carne. Estas modificações ocorridas, estão diretamente ligadas a eventos ocorridos durante o período pré-abate, abate e processamento de aves (NORTHCUTT, 2001; SAMS, 2001). Muitos problemas podem ocorrer nestas fases aumentando a taxa de mortalidade, desclassificação de carcaças e qualidade da carne, ocasionando perdas econômicas significativas (PETRACCI *et al.*, 2010; LUDTKE *et al.*, 2010).

As etapas envolvidas em uma planta típica de processamento de aves está apresentado na Figura 2.

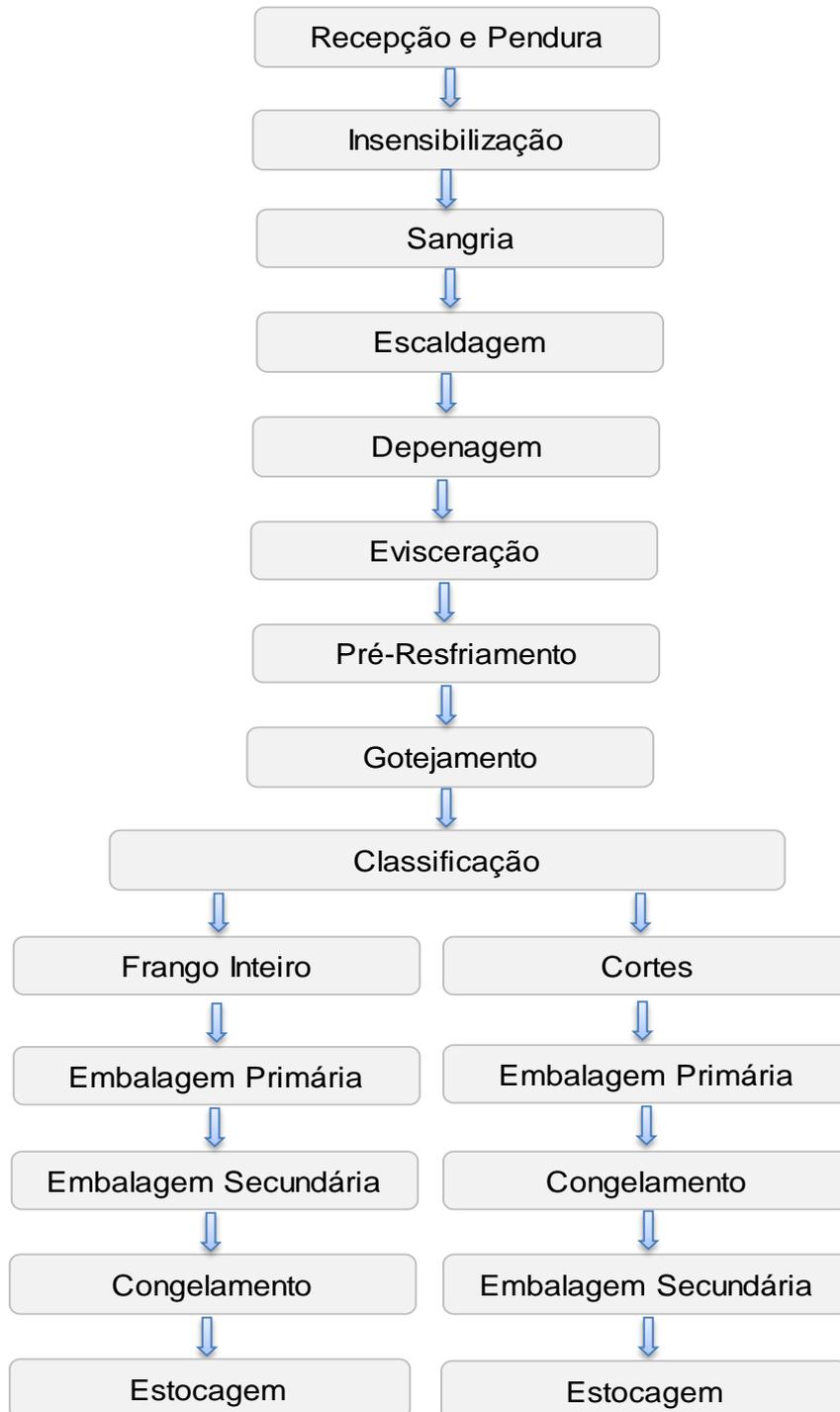


Figura 2: Sequência típica das etapas de processamento primário de aves.

Fonte: BRASIL (1998); Barbut (2015).

O processo de abate de frangos se inicia com o recebimento das aves oriundas do campo. Ao chegarem na planta por caminhão, dentro de gaiolas, é recomendável que as aves sejam encaminhadas para uma área de descanso, devidamente coberta e ventilada, por um período de 1-2 horas para que possam se acalmar e se recuperar do estresse físico ocasionado durante o transporte. A redução do nível de estresse e a normalização da respiração e da frequência cardíaca são muito importantes para reduzir problemas na linha de processamento e prevenir defeitos de qualidade na carne (LUDTKE *et al.*, 2010; BARBUT, 2015).

As gaiolas com as aves vivas são descarregadas do caminhão diretamente sobre a esteira de transporte, na plataforma de recepção. As aves são retiradas das caixas e penduradas pelos pés em ganchos de inox ligados a nórea transportadora. A pendura deve ser realizada de modo a não estressar as aves e a evitar fraturas e hemorragias (MOUNTNEY e PARKHURST, 1995; FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

As aves penduradas são imersas em uma cuba de insensibilização com água eletrificada, de forma que a corrente elétrica flua da cuba para as aves, dissipando-se para o gancho e submetendo-as a perda de consciência imediata (LUDTKE *et al.*, 2010). O sistema de insensibilização elétrico é o mais utilizado em aves. Contudo quando não utilizado corretamente, pode resultar em defeitos na carcaça e carne, tais como joelho e asas quebradas, veias das asas ingurgitadas, pontas das asas vermelhas e capilares quebrados no músculo do peito, geralmente devido a contrações do músculo e subsequente hemorragia no tecido muscular causada pela ruptura de vasos sanguíneos e danos as fibras musculares (NORTHCUTT *et al.*, 1998; FLETCHER, 1999; SAVENIJE *et al.*, 2002).

Após a eletronarcose, o tempo de permanência da ave em estado de inconsciência e insensibilidade é curto, sendo necessário a realização da sangria no prazo máximo de doze segundos (BRASIL, 1998; LUDTKE *et al.*, 2010). A sangria pode ser realizada tanto manual como mecânica. A sangria manual é realizada através de um corte nos grandes vasos sanguíneos do pescoço das aves, com facas altamente afiadas e de forma a provocar um rápido e mais completo possível escoamento do sangue. Em seguida as aves seguem suspensas na nórea, permanecendo no túnel de sangria por um tempo mínimo de 3 minutos antes de entrar no tanque de escaldagem (BRASIL, 2000; LUDTKE *et al.*, 2010).

A escaldagem tem por finalidade abrir os folículos da pele onde estão fixadas as penas, facilitando a etapa seguinte que é a depenagem. As carcaças passam através de um ou mais tanques de escalda cheios de água quente a temperaturas reguladas, dependendo do produto final desejado. Para frangos e perus jovens, são utilizadas temperaturas de escalda entre 50-53°C, durante 1-3 minutos (escaldagem branda), enquanto que para aves mais velhas a temperatura utilizada é de 54-58°C, durante 1-2 minutos (escaldagem média). A escaldagem rigorosa é usada geralmente para aves aquáticas, como gansos e patos. Neste caso o tempo de imersão comumente aplicado é de 0,75–1,5 minutos a uma temperatura de 59-61°C (SAMS, 2001; BARBUT, 2010; BARBUT, 2014).

A depenagem das aves é realizada mecanicamente por cilindros rotativos com dedos de borracha girando em alta velocidade, retirando as penas. A força necessária para remover as penas das carcaças diminui a medida que a temperatura de escalda aumenta. A temperatura é mais importante que o tempo de escaldamento. Se a temperatura da água for muito branda as penas não vão se soltar e se for muito quente a pele vai rasgar (FANATICO, 2003). A remoção das penas é mais eficiente quando as depenadeiras estão próximas ao tanque de escaldagem, evitando que a temperatura corporal da ave diminua (NORTHUCUTT, 2003).

O processo de evisceração envolve a abertura da cavidade do corpo das aves e a remoção das vísceras, podendo ser realizado de forma manual, semi automática ou totalmente automática. A evisceração automática é realizada em alta velocidade, em linhas que podem processar até 13.500 aves/hora (BARBUT, 2014). A evisceração automática utiliza uma série de máquinas interligadas, constituindo-se basicamente da extração da cloaca, corte abdominal e a eventração (exposição das vísceras).

Nas operações de evisceração automatizadas ou não, alguns cuidados devem ser tomados de forma a evitar o rompimento das vísceras e o contato das carcaças com superfícies contaminadas. A redução da matéria fecal antes do abate é uma prática importante que reduz a contaminação durante o processamento. A incidência de contaminação fecal, assumido ser via principal para a contaminação patogênica de carcaças, pode ser utilizado como um indicador de controle do processo durante o abate das aves (BRASIL, 1998; RUSSELL, 2001; MEAD, 2004).

A inspeção é realizada logo após a evisceração com todas as vísceras expostas ao mesmo tempo, onde pode-se observar doenças e outros problemas associados com os órgãos internos e/ou a contaminação exterior. Os requisitos de inspeção diferem entre os países e o processo normalmente é realizado por um funcionário do governo. A inspeção é essencial para garantir que apenas aves saudáveis, que estão livres de doenças, cheguem ao mercado (BARBUT, 2015).

As indústrias brasileiras, quase na sua totalidade, resfriam as aves removendo o calor em tanques de inox preenchidos com água e gelo, onde as carcaças são colocadas e transportadas por um sistema de rosca sem fim. Este equipamento é conhecido como “*chiller*”. Geralmente são utilizados acoplados dois destes tanques de resfriamento (“*pré-chiller* de lavagem” e “*chiller* resfriador”), porém algumas plantas industriais possuem até três destes tanques em série (CARCIOFI, 2005). Na entrada, os frangos são desprendidos da nórea no início do *pré-chiller*. Tanto a passagem de um tanque para outro, como a saída do frango no último estágio, ocorre através de tiradores, presos a última volta da rosca (OLIVO, 2006).

Os *chillers* operam com renovação constante da água de resfriamento que circula em contra corrente ao sentido das aves, as quais são conduzidas pela rosca sem fim de uma extremidade a outra do equipamento. No primeiro estágio (*pré-chiller*) são utilizados 1,5 L de água por carcaça e a temperatura da água deve ser de 16°C ou inferior. O tempo máximo de permanência das carcaças no primeiro estágio não deve ser superior a trinta minutos. No segundo estágio (*chiller*), a proporção de água é de 1 L por carcaça e a temperatura da água máxima permitida é de 4°C. A temperatura das carcaças no final do processo de pré-resfriamento, deve ser igual ou inferior a 7°C, tolerando-se a temperatura de 10°C, para as carcaças destinadas ao congelamento imediato (BRASIL, 1998).

O gotejamento é destinado ao escoamento do excesso de água das carcaças decorrente da operação de pré-resfriamento. O gotejamento deverá ser realizado imediatamente após o resfriamento, com as carcaças suspensas em equipamento de material inoxidável, dispendo de calha coletora de água de gotejamento, suspensa e disposta ao longo do transportador. Outros processos tecnológicos, que permitam o escoamento do excedente de água, podem ser utilizados, desde que aprovados pelo DIPOA - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1998).

As aves após o gotejamento podem seguir dois destinos: serem embaladas inteira ou espostejada (cortado em partes). Os produtos depois de embalados seguem para túneis de congelamento para posterior acondicionamento, embalagem final e estocagem, estando pronto para a expedição. A estocagem de aves congeladas deverá ser feita em câmaras próprias, com temperatura nunca superior a -18°C (BRASIL, 1998).

3.3 RESFRIAMENTO DE CARÇAÇAS DE FRANGO

Dentre as operações envolvidas no processamento da carne de frango, o resfriamento é considerado uma das etapas mais importantes, pois a redução da temperatura, além de conter o crescimento microbiano, influencia os principais indicadores de qualidade da carne, tais como: sabor, aparência e textura (SAVELL *et al.*, 2005). O processo de resfriamento de carcaças de frango, após às etapas de abate, escaldagem, depenagem e evisceração, é uma exigência de legislações nacionais e internacionais a fim de garantir a preservação da qualidade dos produtos cárneos, uma vez que em baixas temperaturas o processo de resfriamento reduz as velocidades das reações bioquímicas e microbiológicas, mantendo a vida útil dos produtos e estendendo o período de estocagem (DINÇER, 1997; CARCIOFI e LAURINDO, 2010).

Os métodos mais comuns utilizados para a refrigeração das carcaças de aves incluem a imersão em água, aspensão de água e jato de ar frio (JAMES *et al.*, 2006). As indústrias processadoras dos Estados Unidos e do Brasil realizam o resfriamento das carcaças de frango por imersão em água (*chillers*), enquanto que as indústrias processadoras europeias costumam usar o ar frio (*air chillers*). Contudo, o resfriamento por ar frio está ganhando popularidade nos Estados Unidos, devido à limitada disponibilidade de água, às restrições ambientais relacionadas ao descarte dos resíduos das indústrias processadoras e também devido a mudanças nos limites de absorção de água pelas carcaças naquele país (HUEZO *et al.*, 2007). No Brasil, as indústrias não utilizam o método de resfriamento por ar frio, principalmente pelo maior tempo de processo e pela perda de massa da carcaça na faixa de 3-4% (KLASSEN *et al.*, 2009).

Pela legislação nacional, no final da etapa de resfriamento, a temperatura no centro do peito da ave não pode ser superior a 7°C, enquanto que o mercado

internacional exige temperatura máxima de 4°C. A temperatura mais alta é encontrada no centro do músculo peitoral, devido a velocidade de resfriamento ser mais lenta. O resfriamento rápido das carcaças aumenta a firmeza do músculo e a rigidez do esqueleto, facilitando o porcionamento e a desossa. O Departamento de Agricultura, Segurança Alimentar e Serviço de Inspeção dos Estados Unidos exige que as aves sejam refrigeradas a 4,4°C ou mais baixo em 4, 6 ou 8 h para carcaças com peso inferior a 1,8, entre 1,8 e 3,6 ou mais de 3,6 Kg, respectivamente. Não existe legislação na União Europeia que regula o tempo necessário para resfriar uma carcaça de ave, apenas estabelece que a temperatura máxima final da carne seja de 4°C antes do seu corte e transporte e que essa temperatura seja alcançada o mais rápido possível (SAMS, 2001; JAMES *et al.*, 2006; SILVA, 2007).

Este processo é bastante complexo, pois existe uma grande variabilidade de peso e dimensões entre os frangos, sendo difícil alcançar a temperatura de 4°C no centro do peito. Por este motivo é necessário estudar maneiras de aumentar a troca térmica entre a superfície deste alimento e o meio de resfriamento (SILVA, 2007). Segundo Wang e Sun (2002), a taxa de resfriamento é influenciada por diversos fatores tais como a geometria, o tamanho e a condutividade térmica dos alimentos, a velocidade do meio de resfriamento e o método de resfriamento.

Os métodos de resfriamento por imersão em um tanque com água ou por aspersão de água, permite um resfriamento mais eficiente que o sistema que utiliza ar forçado. Isso ocorre devido ao alto coeficiente de transferência de calor entre a superfície do produto e o filme de água, sendo que no sistema de resfriamento por imersão é possível obter uma uniformidade melhor da temperatura dos produtos (NEVES FILHO, 2002).

O resfriamento por ar forçado apresenta considerável perda de massa, que resulta em um aspecto ressecado na pele da carcaça, opondo-se com o ganho de peso resultante do resfriamento em *chillers* por imersão em água. Essas diferenças contribuem para as restrições do comércio internacional entre os países que utilizam os dois diferentes métodos de resfriamento (SAMS, 2001). Estudos comparativos entre resfriamento por imersão em água e por ar forçado relatam que, embora a aparência da carcaça seja considerada melhor no processo de resfriamento por imersão, este método apresenta indesejáveis consequências para a carcaça de

frango, como a perda de água no degelo e maiores perdas no cozimento, na comparação com o resfriamento por ar forçado (HUEZO *et al.*, 2007).

Compreender as alterações bioquímicas que ocorrem dentro do músculo, bem como os parâmetros de transferência de calor e massa, são muito importantes na obtenção de um produto consistente, já que o processo de *rigor mortis* ainda está ocorrendo durante a fase de refrigeração. Resfriamento muito rápido irá resultar em encurtamento pelo frio, enquanto que o resfriamento muito lento irá resultar em contagens microbianas elevadas (ALLEN *et al.*, 2000; BARBUT, 2002).

Há diferenças evidentes entre os tipos de resfriamento, sendo que, no geral, o sistema de imersão em água e gelo produz uma maior redução de micro-organismos, tendo esta capacidade aumentada principalmente quando se adiciona cloro. O tempo de permanência, o grau de agitação da água assim como a razão de água e gelo também devem ser controlados para limitar a absorção da água pelas carcaças (JAMES *et al.*, 2006).

A refrigeração de carcaças a ar é considerada por alguns autores como sendo um processo mais higiênico, uma vez que não há muita contaminação cruzada entre as aves, como pode acontecer quando um banho de água comum é utilizado (imersão em *chiller*). Na literatura ainda existem controvérsias com relação aos dois métodos de refrigeração. Alguns investigadores demonstraram uma melhoria usando o ar frio, enquanto outros têm mostrado vantagem em utilizar a lavagem por água (HUEZO *et al.*, 2007; BARBUT *et al.*, 2009).

3.3.1 Resfriamento de Carcaças de Frango por Imersão

O resfriamento por imersão em água é um método comumente utilizado para remoção rápida do calor dos alimentos (LUCAS e RAOULT-WACK, 1998). Esta operação é realizada em tanques semicilíndricos (*chillers*), dotados de um helicóide interno que se move lentamente, promovendo o deslocamento das carcaças. As carcaças de frango são mergulhadas e transportadas em uma mistura de água e gelo, sendo resfriadas desde aproximadamente 40°C até 4°C (medido no centro do músculo peitoral) na saída do equipamento. Durante o deslocamento pelo helicóide, as carcaças de frango tendem a acumular-se em um único lado do *chiller*, em geral, oposto ao qual se encontra a entrada da água de renovação. Isso faz surgir canais preferenciais de fluxo, o que diminui a troca térmica. Assim, para minimizar este

efeito, algumas unidades produtoras provocam a movimentação da água fria borbulhando ar em pequenos furos na base do tanque (CARCIOFI, 2005; SILVA, 2007; CARCIOFI e LAURINDO, 2007; CARCIOFI e LAURINDO, 2010). A Figura 3 apresenta uma imagem ilustrativa de um *chiller*.



Figura 3: *Chiller* de resfriamento de carcaças de frango.

Fonte: Klassen (2008).

Na refrigeração por imersão em água, é comum empregar refrigeradores longos (10 a 50 m de comprimento) que utilizam um fluxo contra corrente de água fria, as vezes suplementado com gelo moído, para trazer a temperatura da carcaça até cerca de 4-5°C no decorrer de 30-75 minutos. O comprimento do tanque de refrigeração e o diâmetro são determinados pela necessidade de fluxo de produtos em que o tempo de permanência pode ser ajustado através da modificação da velocidade do helicóide (rosca sem fim). O tempo de permanência médio é de 30-40 minutos para frangos de pequeno e médio porte de 60-90 minutos para perus grandes. Para aumentar a eficiência do resfriamento é utilizado a agitação da água. A intensidade da agitação de água no tanque pode promover um aumento nas taxas de resfriamento e de absorção de água pelas carcaças. Ao sair do resfriador, o produto é deixado escorrer durante alguns minutos para remover o excesso de

água. Isto é feito por uma correia transportadora perfurada ou na própria linha de suspensão (BARBUT, 2015).

O processo de resfriamento por imersão se dá pelo contato direto das carcaças com água a baixa temperatura ou ainda uma mistura de água e gelo. Enquanto imersas no *pré-chiller*, as carcaças de frango irão perder calor por convecção para o meio, porém a taxa de transferência de calor torna-se cada vez menor, tendendo a zero, devido à redução da temperatura da superfície da ave e, por conseguinte, diminuição da diferença de temperatura, também tendendo a zero. Assim, as carcaças devem ser conduzidas ao tanque seguinte, onde, pela legislação e para garantir a continuidade do processo de resfriamento, a temperatura da água deve ser obrigatoriamente, inferior àquela do tanque anterior (CARCIOFI, 2005).

O resfriamento das carcaças em *chillers* com água é um complexo processo de transferência simultânea de calor e massa, que deve ser controlado para garantir a qualidade dos produtos resfriados. Neste tipo de sistema, vários fatores afetam a performance do processo de resfriamento do frango em escala industrial, tais como: a massa inicial, a temperatura do frango, a velocidade de abate, o tempo de retenção nos *chillers*, total e por módulo, vazão e temperatura da água, eficiência do borbulhamento, vazão do fluido refrigerante utilizado, entre outras (CARCIOFI, 2005; KLASSEN *et al.*, 2009).

Para acelerar a troca térmica entre o frango e água, normalmente se utilizam dois métodos: o encamisamento dos *chillers* e a adição de gelo em escamas. No primeiro, os *chillers* possuem camisas preenchidas por fluídos refrigerantes (etilenoglicol, propilenoglicol ou amônia) que circulam por todas as paredes do equipamento. No segundo método, é adicionado gelo, gerado em salas especialmente projetadas e equipadas para isto, sendo distribuído em pontos dispersos do sistema de resfriamento das carcaças (OLIVO, 2006; KLASSEN, 2008). Na Figura 4 pode-se visualizar o desenho de um corte transversal de um *chiller* (a) e um esquema de funcionamento das camisas de propilenoglicol (b).

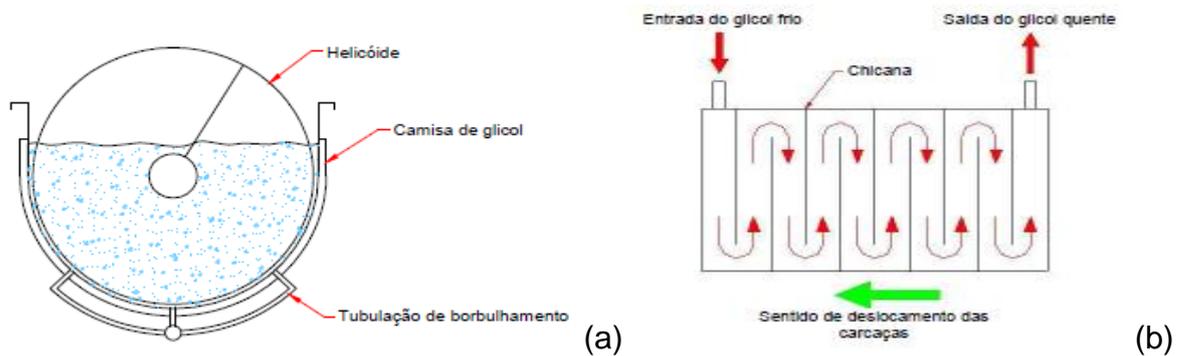


Figura 4: Desenho em corte transversal de um *chiller* (a) e esquema de funcionamento das camisas de propilenoglicol (b).

Fonte: KLASSEN (2008)

Algumas indústrias vem realizando o resfriamento da água dos *pré-chillers* e *chillers*, através da recirculação da água por regeneradores de frio (*Rechiller*), totalmente em aço inox, onde ocorre a troca térmica entre a amônia (fluido refrigerante) e a tubulação que contém água dos *pré chillers* e *chillers*, fazendo-a retornar a uma temperatura de aproximadamente 0,2 a 1,0° C e mantendo a temperatura da água do sistema de pré-resfriamento conforme legislação. Esse sistema possibilita um controle de temperatura de maior precisão, quando comparado ao resfriamento por glicol, comumente utilizado. O *Rechiller* vem equipado com sensores de temperatura remotos que medem a temperatura da água que deixa o *Rechiller* e vai para os *pré-chillers* e *chillers*, enviando o sinal ao CLP (Controlador Lógico Programável), que controla a quantidade de amônia necessária para atender a temperatura de *Set Up* (MORRIS e ASSOCIATES, 2014). A Figura 5 apresenta fotos ilustrativas do equipamento *Rechiller*.



(a)

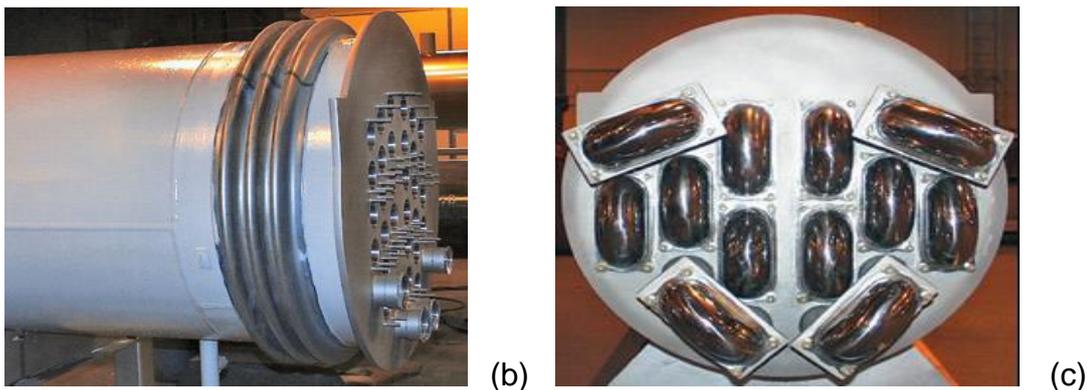


Figura 5: Fotos ilustrativas do equipamento *Rechiller*.

(a) Visão global do *Rechiller*; (b) Vista transversal da tubulação por onde a água circula para fazer a troca térmica; (c) Vista frontal do equipamento.

Fonte: Morris e Associates (2014).

Algumas das vantagens do método de resfriamento por imersão são a velocidade do resfriamento, o baixo custo, eficiência e a alta qualidade do produto final. No entanto a desvantagem principal que limita a utilização deste método é a falta de controle da absorção da solução do fluido de resfriamento (neste caso, a água) pelos produtos (CARROLL e ALVARADO, 2008). Para a indústria, é importante identificar as principais variáveis que afetam a absorção de água pelas carcaças durante o resfriamento. Isto pode melhorar significativamente o controle do processo (MARTINS *et al.*, 2011).

3.4 FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS DE FRANGO

Muitos fatores afetam a absorção de água pelas carcaças, e os mais importantes são a temperatura da água, o tempo que as carcaças permanecem no *chiller*, a proporção de água e gelo no tanque, a agitação (borbulhamento), o tamanho da carcaça, a espessura de pele e gordura da mesma (KATZ e DAWSON, 1964). Os dados sobre a absorção de água em carcaças de aves foram relatados por Young e Smith (2004). Eles relataram que a absorção de água pelas carcaças mais pequenas foram superiores que de carcaças de maiores dimensões, e que o tempo de imersão é a variável mais importante associada com a absorção de água.

Obdam (2005) também relata que a variação da absorção de água está relacionada ao tamanho ou peso das aves, ou seja, quanto menor a ave maior a

porcentagem de absorção. O autor cita outras variáveis, tais como o processo de abate em si, que pode deixar o comprimento da pele do pescoço menor, fazendo com que mais água entre na carcaça e o comprimento da linha de gotejamento antes da embalagem ou corte que, se for muito curto, pode manter mais água retida nas cavidades da carcaça.

Alguns dos fatores mencionados anteriormente se igualam aos apresentados por Klassen (2008) que complementa essa lista com o tipo de alimentação da ave que pode alterar a composição dos tecidos; a velocidade do abate; o tamanho da abertura abdominal; a presença de lesões na pele; bem como o tempo e temperatura de escaldagem, já que a ocorrência do aquecimento excessivo na escaldagem é capaz de desnaturar as proteínas da pele e da camada superficial do músculo formando uma espécie de isolamento entre a água e o restante do músculo.

Estudos relacionados ao sistema de resfriamento de carcaças de frango por imersão foram relatos por Neves Filho (1978), onde o autor estudou o efeito da quantidade de água utilizada no resfriamento sobre a redução da temperatura no centro do peito de carcaças. Os resultados mostraram que para frangos de 1,2 kg, inicialmente a 40°C, o aumento da vazão de 1,6 L kg⁻¹ para 2,1 L kg⁻¹ de carcaça não apresentou diferença na redução de temperatura final das carcaças de frango para um mesmo intervalo de tempo (temperaturas finais em torno de 10°C). Entretanto, quando as vazões foram de 4,0 L kg⁻¹ de carcaça, houve uma maior redução da temperatura final das carcaças (decréscimo de 40°C até 7°C) para o mesmo intervalo de tempo.

O autor também analisou a influência do tempo de respingo (gotejamento) após o *chiller*, no percentual de água absorvida pelas carcaças. Depois de 5 minutos de gotejamento as carcaças de frango apresentaram um ganho de massa de 10,1 g a cada 100 g de massa inicial de carcaça. Em seguida, o tempo de gotejamento foi prolongado em 10, 15 e 20 minutos e as carcaças apresentaram um percentual de ganho de massa de 9,3, 8,9 e 8,6 g a cada 100 g iniciais de carcaça, respectivamente. No entanto, um período de 20 minutos de respingo apresentou um aumento na temperatura corporal das carcaças em mais de 2°C. Desta forma evidenciou-se que quanto maior o tempo de gotejamento menor é a quantidade de água retida pelas carcaças.

Carciofi (2005) analisou os diversos aspectos relacionados com a redução da temperatura e com a absorção de água por carcaças resfriadas por imersão. Os parâmetros de processo avaliados pelo autor foram à temperatura da água de resfriamento (1°C e 15°C), a influência da agitação do meio de resfriamento (por bomba para a recirculação da água ou por injeção de ar comprimido) e a profundidade de imersão das carcaças em relação à superfície da água (180, 845 e 1470 mm). Os resultados mostraram que para maiores temperaturas, o aumento da pressão hidrostática e a agitação do meio de resfriamento proporcionam uma taxa maior de absorção de água pelas carcaças. A agitação da água proporcionou maior redução de temperatura das carcaças, porém o tempo de resfriamento total não foi inferior que 60 minutos.

James *et al.*, (2006) relacionaram a influência do tempo de imersão, temperatura da água e quantidade de gelo sobre diversos parâmetros de resfriamento, entre eles a temperatura final e a quantidade de água absorvida pelas carcaças. Também compararam o resfriamento por imersão e *air chiller*, considerando além dos aspectos acima a carga microbiana e contaminação cruzada das carcaças, aspecto, sabor, textura e custos de operação. Foram avaliados tempos entre 25 e 165 minutos, com e sem adição de gelo, com carcaças variando entre 0,9 e 3,2 kg. Estes autores sugeriram que o tempo de imersão e intensidade de agitação de água são as variáveis que controlam a absorção de água pelas carcaças de aves.

De acordo com Dyer (2007) a temperatura e o tempo de escaldagem são fatores importantes que influenciam na capacidade de retenção de água pelas carcaças. Como os tanques de escaldagem possuem um tamanho fixo o tempo passa a ser função apenas da velocidade da linha. Além disso o borbulhamento é um parâmetro importante no processo, porque ele influencia o coeficiente de transferência de calor do frango para a água e a retenção de água. A influência da temperatura na etapa de escaldagem é um resultado importante. A temperatura de escalda favorece a abertura dos folículos onde as penas são fixas, o que influencia a absorção de água.

No trabalho realizado por Klassen (2008) foram empregadas diversas arquiteturas de redes neurais artificiais na descrição e modelagem do processo de resfriamento de carcaças de frango, prevendo a temperatura final e o ganho de

massa das carcaças. O estudo demonstrou que os resultados obtidos pelas redes neurais não foram eficientes para representar a temperatura de saída das carcaças, porém, as mesmas foram eficientes para estimar a quantidade de água absorvida pelas carcaças de frango no processo de resfriamento por imersão.

Carciofi e Laurindo (2010) avaliaram o processo de resfriamento de carcaças de frango através da imersão em água. As carcaças foram coletadas diretamente da linha de processamento industrial e resfriadas em um tanque piloto de resfriamento construído para avaliar a influência do método e da intensidade da agitação da água no resfriamento das carcaças. Os resultados encontrados indicaram claramente que a compreensão e a quantificação da transferência de calor entre as carcaças e a água de resfriamento são essenciais para a melhoria dos processos e equipamentos.

Nicolau (2012) avaliou os fatores intrínsecos e extrínsecos e sua influência na absorção de água pela carne de frangos de corte, submetidos ao pré-resfriamento por imersão em água. Os fatores intrínsecos avaliados foram a idade das aves (44 e 58 dias), o pH e a temperatura do músculo antes do pré-resfriamento, e os fatores extrínsecos foram a temperatura da água nos primeiros 30 minutos do pré-resfriamento (4°C, 10°C e 16°C), a movimentação da água (com e sem borbulhamento) e a dureza da água (mole e moderadamente dura). Para a avaliação da porcentagem de água absorvida pelas carcaças, foram utilizados o Método do Controle Interno e o “*Dripping Test*”. Os resultados obtidos mostraram que a temperatura da água influencia na quantidade de água absorvida pelas carcaças.

Brizio *et al.* (2012) quantificaram os níveis de absorção de água em cortes congelados de frango, através das análises de umidade (%), proteína (%) e a relação U/P (umidade/proteína). Os resultados demonstraram que a incorporação de água apresentou conformidade com a legislação brasileira, Instrução Normativa nº32 (BRASIL, 2010a). Os autores também destacaram a importância do controle da temperatura do sistema de pré-resfriamento das carcaças. A legislação brasileira estabelece como limite máximo 16°C/30 minutos para o primeiro estágio (*pré-chillers*) e 4°C para o último estágio (*chiller* intermediário e *chiller* final). Durante o estudo, a temperatura máxima observada nos *pré-chillers* foi de 8°C, com um tempo de permanência de 22-28 minutos e temperaturas entre 0°C e 2°C para os *chillers*, respectivamente.

Os mesmos autores vinculam os resultados obtidos durante o estudo, comparando as temperaturas encontradas ao citado por Silva (2007), que afirma que grande parcela da água absorvida nas carcaças se dá nos primeiros instantes de imersão, sendo importante a adição de água gelada e gelo nos tanques para manter o sistema na temperatura mais baixa possível (em torno de 0°C). Vissotto (2000) e Nunes (2005) dizem que a manutenção de menores temperaturas da água no último estágio de resfriamento é primordial para obtenção de valores baixos de absorção de água.

Paolazzi *et al.* (2013) analisaram a influência do tempo de imersão (18, 22 e 27 minutos), período de adição de gelo (3 e 5 minutos) e o número de turbinas usadas na injeção de ar (1 ou 2 turbinas) na temperatura de carcaças de frango ao final do tanque de pré-resfriamento (*pré-chiller*). Os resultados mostraram que o tempo de imersão e o número de turbinas foram fatores que influenciaram na temperatura final das carcaças. De acordo com os autores, a melhor condição encontrada foi de 27 minutos de imersão, 5 minutos de adição de gelo e injeção de ar por duas turbinas, ao qual correspondeu a uma temperatura e uma absorção de água das carcaças ao final do *pré-chiller* de 14,6°C e 4,5 g a cada 100 g iniciais de carcaça, respectivamente. Nestas condições, as carcaças atingiram ao final de todo o processo de resfriamento imerso (*pré-chiller* mais *chiller*) uma temperatura e uma absorção de água de 5,4°C e 6,8 g a cada 100 g iniciais de carcaça, respectivamente.

3.5 MECANISMO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS CARCAÇAS DE FRANGO

Durante o processo de resfriamento por imersão, as carcaças absorvem a água que entra, principalmente, nos espaços intercelulares que aumentam durante o estabelecimento do *rigor mortis* (DUFOR e RENO, 2002). Quanto ao mecanismo de absorção, Mendes (1992) diz que a mesma “ocorre por um processo de difusão osmótica através de uma membrana (no caso, a pele e a massa muscular)”, e por esse motivo o autor argumenta a influência da gordura presente no músculo e também sob a pele, na absorção de água. Sendo válido lembrar que a gordura apresenta características hidrofóbicas e que seu conteúdo no animal varia com a genética, sexo e idade do mesmo.

De acordo com Carciofi e Laurindo (2007), o processo de absorção de água pode ser dividido em duas fases. Numa primeira fase, há o preenchimento dos poros da carne (espaços intracelulares) mais próximos à superfície das carcaças, pelo mecanismo hidrodinâmico. Nesta fase as carcaças de aves absorvem água rapidamente até que os poros (espaços intracelulares) são parcialmente preenchidos por líquidos (Figura 6a). Posteriormente a essa fase, de 10 a 15 minutos após a imersão (Figura 6b) ocorre uma segunda etapa da absorção, onde a água retida nos poros passa a penetrar o músculo por meio da migração interna, através do mecanismo pseudo-difusivo (lento). Os autores também demonstraram que a temperatura da água, tempo de imersão, pressão hidrostática e agitação da água (promovido por recirculação da água ou por injeção de ar comprimido), são parâmetros determinantes na quantidade de água absorvida pela carcaça.

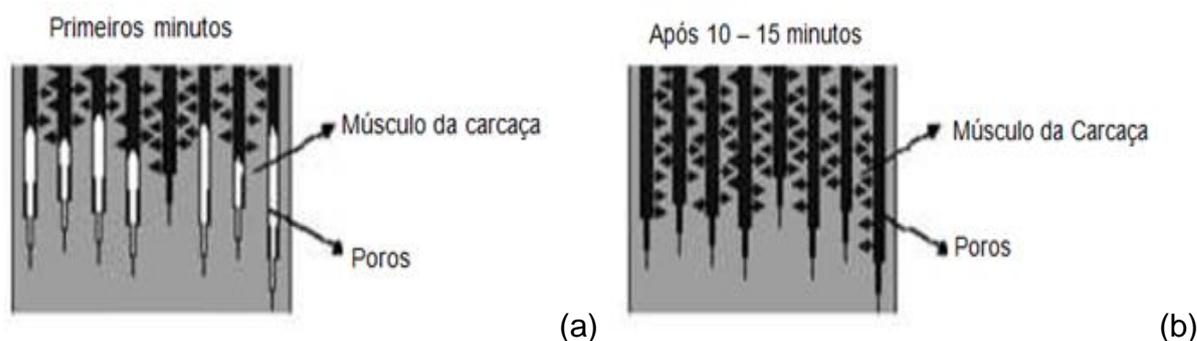


Figura 6: Modelo físico para o mecanismo de absorção de água pelas carcaças de frango.

- (a) Primeiro passo da absorção de água, controlada pelo mecanismo hidrodinâmico;
- (b) Segundo passo da absorção de água, quando há migração interna da água absorvida (mecanismo pseudo-difusivo).

Fonte: Carciofi e Laurindo (2007), adaptada.

Segundo Offer e Cousin (1992), existem dois tipos de espaços intracelulares no músculo *post mortem*. Os espaços entre as fibras e o perimísio e os espaços entre as fibras e o endomísio, que podem ser considerados como capilares abertos nas duas extremidades. Estes capilares certamente apresentam-se como uma das entradas preferenciais à absorção de líquidos no músculo animal durante um resfriamento realizado de forma completamente imersa. A Figura 7 representa de

forma esquemática as mudanças que ocorrem no músculo bovino em três situações: (a) imediatamente após o abate, quando pequenos espaços intercelulares são observados; (b) algum tempo *post mortem*, quando os primeiros espaços intercelulares entre as fibras e o perímio aparecem; (c) músculo em *rigor mortis*, quando os espaços entre os feixes de fibras aparecem (OFFER e COUSIN, 1992; SCHMIDT *et al.*, 2008).

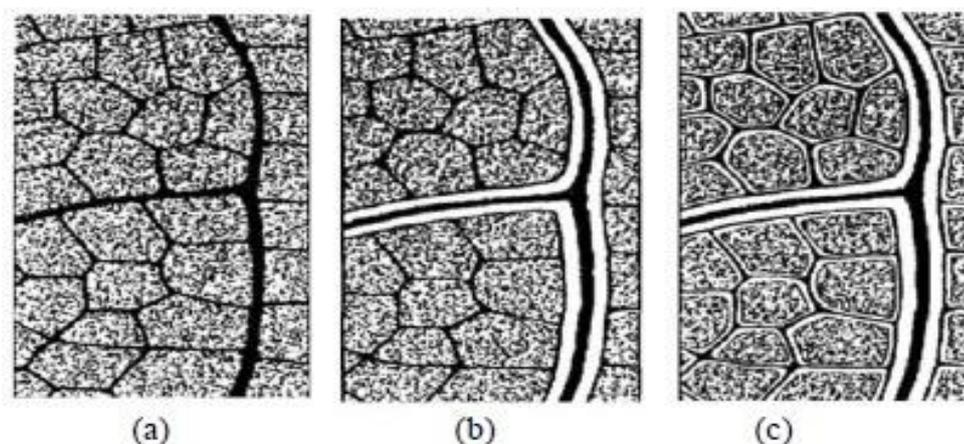


Figura 7: Mudanças estruturais que ocorrem no músculo bovino após a morte animal.

(a) Músculo vivo ou imediatamente após o abate; (b) Músculo de 4 a 6 horas *post mortem*; (c) Músculo em *rigor mortis*.

Fonte: Offer e Cousin (1992); Schmidt *et al.*, (2008).

3.6 LEGISLAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS RELACIONADAS A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS E CORTES DE FRANGO

Com base no que foi apresentado até o momento, sabe-se que a etapa de resfriamento de carcaças ocasiona um percentual de absorção de água nas carcaças e, conseqüentemente, nos cortes de frango. O resfriamento por imersão em água é um dos métodos mais utilizados, porém é o método em que ocorre os maiores ganhos de água. No Brasil esses parâmetros são monitorados através da Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998 - Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves (BRASIL, 1998); Instrução Normativa nº 20, de 21 de Julho de 1999 - Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes - Sal e Salmoura (metodologia *Dripping Test*) (BRASIL, 1999); Instrução Normativa nº 08, de 11 de março de 2009 -

Método Oficial para Determinação dos Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água contida em Cortes de Aves (BRASIL, 2009); pela Instrução Normativa nº 32 de 3 de Dezembro de 2010 - Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água contida nos Cortes de Frangos (BRASIL, 2010a); e pela Instrução Normativa nº 23 de 3 de Setembro de 2013 - Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água contida em Frangos Resfriados (BRASIL, 2013); tendo estas, a finalidade de estabelecer controles junto às indústrias e evitar possíveis fraudes.

Desde 2005, o MAPA tem exigido das indústrias a implantação do PCCAAP (Programa para Prevenção e Controle de Adição de Água aos Produtos), com o intuito de prevenir possíveis desvios na quantidade de água absorvida pelas carcaças e cortes de frango. O programa é baseado nas normas citadas acima e tem como etapa principal de controle o processo de pré-resfriamento das carcaças.

O controle do índice de absorção de água é realizado através de dois métodos oficiais: o Método de Controle Interno que é realizado em nível de processamento industrial e trata da água absorvida durante o pré-resfriamento por imersão; e o Método do Gotejamento (*Dripping Test*) que quantifica a água proveniente do descongelamento de carcaças congeladas. O princípio do Controle Interno é a comparação das massas das carcaças antes e depois da imersão, enquanto que o *Dripping Test* baseia-se no cálculo da água perdida por carcaças descongeladas sob condições controladas (BRASIL, 1998; BRASIL, 1999).

De acordo com a legislação brasileira no resfriamento por imersão o limite máximo permitido para a absorção é de 8%, o *Dripping Test* é de 6% e a temperatura das carcaças na saída do sistema de pré-resfriamento é de 7°C, tolerando-se 10°C para congelamento imediato. Já para a União Europeia (UE), este limite é de 4,5%, 5,1% e 4°C, respectivamente. Apesar da legislação nacional ser mais branda para estes três parâmetros, grande número dos frigoríficos nacionais usam os parâmetros europeus como limite, pois só assim conseguem liberação para exportar para este mercado, que é economicamente mais atrativo (PAGNUSSATTO, 2005; KLASSEN, 2008).

A Rússia exige um limite máximo permitido de 4% de *Dripping Test*, porém não tem definição de limite para absorção de água em carcaças de frango (BRASIL, 2010b). Países do Golfo (Bahrein, Qatar, Kwait, Emirados Árabes, Iemen e Omã) e Arábia Saudita, também não possuem parâmetro de absorção de água em carcaças

de frango, tendo apenas limite para *Dripping Test*, sendo este de no máximo 5% (STANDARDIZATION ORGANIZATION FOR G.C.C (GSO) 593, 1995; GULF STANDART 986, 2015).

A Instrução Normativa nº 32, de 3 de dezembro de 2010, estabelece os parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados (BRASIL, 2010a). Caso ocorra desvio de um ou mais parâmetros (percentual de umidade, proteína e relação umidade/proteína) é considerado fraude, independente do destino dos produtos. Os parâmetros estabelecidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados.

Corte	Umidade (%)	Proteína (%)	Umidade/Proteína
Peito e meio peito	67,16 a 75,40	17,81 a 22,05	3,28 a 3,92
Peito sem pele	73,36 a 75,84	21,05 a 24,37	3,03 a 3,55
Coxa	65,33 a 72,69	14,40 a 17,96	3,83 a 4,71
Sobrecoxa	61,09 a 70,97	13,50 a 18,18	3,64 a 4,72
Coxa e sobrecoxa	62,82 a 70,70	14,36 a 18,08	3,59 a 4,67

Fonte: BRASIL (2010a).

O Regulamento (CE) nº 543/08, da Comissão de 16 de Junho de 2008, que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) nº 1234/2007 do Conselho – Normas de Comercialização para Carne de Aves de Capoeira (UNIÃO EUROPÉIA, 2008), define padrões para a relação umidade/proteína dos cortes de frango e perus congelados ou resfriados. Os valores máximos admissíveis da relação umidade/proteína para o resfriamento de carcaças de aves por ventilação, por aspersão e ventilação e por imersão, podem ser visualizados na Tabela 4. Este regulamento ainda define parâmetros de absorção e *Dripping Test* para o resfriamento de carcaças de frango por ventilação (0 e 1,5%), aspersão e ventilação (2 e 3,3%) e outro método ou uma combinação de dois ou mais métodos, onde estabelece apenas parâmetro de 1,5% para *Dripping Test*.

Tabela 4: Parâmetros de Umidade/Proteína em cortes de frangos e perus.

Corte	Tipo de Refrigeração		
	Ventilação	Aspersão e Ventilação	Imersão
Carne do peito de frango, sem pele	3,40	3,40	3,40
Peito de frango, com pele	3,40	3,50	3,60
Coxas, pernas, pernas inteiras, pernas inteiras com uma porção do dorso e quartos da coxa de frango, com pele	4,05	4,15	4,30
Carne do peito de peru, sem pele	3,40	3,40	3,40
Peito de peru, com pele	3,40	3,50	3,60
Coxas, pernas e pernas inteiras de peru, com pele	3,80	3,90	4,05
Carne desossada da perna inteira de peru, sem pele	3,95	3,95	3,95

Fonte: UNIÃO EUROPEIA (2008).

A Instrução Normativa nº 23, de 3 de setembro de 2013, estabelece os parâmetros de teor total de água contida em frangos resfriados (BRASIL, 2013). Caso ocorra desvio de um ou mais parâmetros (percentual de umidade, proteína e relação umidade/proteína) é considerado fraude. Os parâmetros podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros de teor total de água contida em frangos resfriados.

Parâmetros	Limite Inferior	Limite Superior
Umidade (%)	65,05	71,81
Proteína (%)	14,05	19,17
Relação Umidade/Proteína	3,56	4,72

Fonte: BRASIL (2013).

Segundo Pagnussatto (2005), a cadeia produtiva do complexo avícola não deve estar atenta somente às questões sanitárias dos países compradores, mas também a fatores que venham fraudar o consumidor, como é o caso da presença de água em excesso em carcaças e cortes de frango, o qual frequentemente leva a reclamações.

3.7 PADRONIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS DE FRANGO

A padronização desempenha importante papel no controle e melhoria da qualidade nas empresas, pelo fato de contribuir para com a diminuição da variabilidade dos processos de produção (POLO-REDONDO e CAMBRA-FIERRO, 2008). É o processo de padronização que dá suporte à uniformidade das atividades ao longo processo de agregação de valor e possibilita melhoria contínua no sistema produtivo, uma vez que se baseia em um conjunto de atividades sistemáticas que estabelece, utiliza e avalia padrões quanto ao seu cumprimento, à sua adequação e aos seus efeitos sobre os resultados (CAVANHA FILHO, 2006).

A qualidade de processos, produtos e serviços tem sido considerada um componente essencial para a competitividade das organizações empresariais. Estas devem concentrar esforços para atender as necessidades e superar as expectativas consideradas importantes pelos clientes e garantir a conformidade com especificações em suas operações (JURAN, 1991; TINOCO e RIBEIRO, 2008; SHARMA e GADENNE, 2008). Atualmente em um mercado altamente competitivo, a padronização de processos se apresenta como uma estratégia eficaz de se organizar e gerenciar as atividades das organizações de modo a reduzir o custo produtivo e agregar valor ao resultado final (WANZELER *et al.*, 2010).

No âmbito do controle de qualidade de processos industriais é comum o uso de ferramentas e técnicas estatísticas para monitoramento, controle ou melhoria dos processos produtivos. Contudo, a literatura atual aponta que, para algumas organizações, em sua maioria, de grande porte, o potencial da estatística vai além desse vínculo operacional de buscar a melhoria contínua, uma vez que possibilita outras vantagens competitivas decorrentes da garantia da qualidade de produtos e processos (SANTOS e ANTONELLI, 2011).

O pensamento estatístico propicia que as alterações no processo sejam baseadas em dados concretos e não em percepções ou experiências passadas (STUART e SHADE, 2000). Coleman e Stewardson (2002) reforçam a importância dos dados como base para a melhoria da qualidade, já que os mesmos fornecem evidências que promovem o controle e com isso a diminuição da variabilidade. Porém, para que os dados resultem em informações confiáveis, a coleta, bem como a análise e a apresentação, deve seguir um planejamento e execução fundamentados estatisticamente (GRIGG e WALLS, 2007). Para Santos e Martins (2008), o pensamento estatístico permite uma melhoria efetiva dos processos, pois com um exame mais minucioso dos processos tem-se um entendimento melhor sobre as fontes de variação que precisam ser atacadas para prover a melhoria contínua e assegurar ganhos almejados.

Uma das ferramentas estatísticas utilizadas para avaliar se um processo está operando dentro das especificações ideais projetadas é a análise da capacidade do processo. Os primeiros índices de capacidade desenvolvidos foram o C_p , chamado de índice de capacidade potencial do processo e o C_{pk} , índice de desempenho do processo, sendo os mais utilizados na indústria. A vantagem do emprego destes índices é que eles são adimensionais, facilitando a comparação de processos produtivos, independente do que se esteja produzindo (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Segundo Johnson e Wichern (1998) e Lima (2002), cada vez mais se observa a importância da utilização das técnicas multivariadas nas diversas áreas do conhecimento, tais como: economia, ciências médicas, biologia, indústria, entre outras, devido a sua potencialidade para resolver problemas envolvendo ao mesmo tempo muitas características. A análise multivariada consiste de um conjunto de técnicas estatísticas que possibilitam analisar e comparar dados referentes a diversas variáveis, sendo uma área em constante expansão. Dentre tantas já estabelecidas, pode-se citar por exemplo, a análise de componentes principais e a análise de agrupamento hierárquico (ESQUARCINI, 2005; HAIR *et al.*, 2005).

A análise de componentes principais é uma ferramenta empregada para explicar a variância de um grande conjunto de dados de variáveis interligadas com um pequeno conjunto de variáveis independentes (componente principal). As n variáveis originais geram por meio de suas combinações lineares, n componentes

principais, que são obtidas em ordem decrescente de máxima variância (VEGA *et al.*, 1998; HELENA *et al.*, 2000; WUNDERLIN *et al.*, 2001).

Para Moita Neto e Moita (1998) a análise de agrupamento hierárquico é utilizada quando se deseja procurar a similaridade entre as variáveis interligando as amostras por suas associações, gerando um dendrograma de amostras semelhantes, agrupadas entre si de acordo com as variáveis escolhidas. Os dendrogramas consistem em diagramas que representam a semelhança entre pares de amostras (ou grupos de amostras), numa escala que vai de um (identidade) a zero (nenhuma similaridade). Os dendrogramas são muito úteis na visualização de semelhanças entre amostras, onde não é possível a representação através de gráficos tradicionais.

O planejamento de experimentos baseado nos fundamentos estatísticos, de acordo com Rodrigues e Iemma (2005), é uma importante ferramenta para se chegar as condições otimizadas de um processo, desenvolvimento da formulação de produtos dentro das especificações desejadas ou simplesmente para avaliar efeitos ou impactos que os fatores tem nas respostas desejadas.

Em todo o trabalho de pesquisa experimental é importante planejar os experimentos, de forma que os mesmos sejam reproduzidos sob condições controladas, obtendo-se resultados confiáveis. Um planejamento adequado permite o aperfeiçoamento de processos, a redução da variabilidade de resultados, a redução do tempo de análise e dos custos envolvidos (MONTGOMERY, 2013).

Dentre as vantagens do planejamento de experimentos está a redução do número de experiências ou repetições e melhora da qualidade da informação obtida através dos resultados; a análise simultânea dos fatores permitindo a verificação e quantificação dos efeitos sinérgicos e antagônicos entre os fatores de interesse; a otimização de mais de uma resposta ao mesmo tempo; o cálculo e avaliação do erro experimental permitindo a especificação do nível de confiança estatística e estimação da reprodutibilidade do resultado desejado (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

De acordo com Bueno (2008), para atender as exigências dos mercados quanto a qualidade da carne de frango é preciso otimizar fatores como a velocidade de resfriamento e temperatura, já que a demanda desse produto depende da percepção de qualidade do consumidor. Dentre os fatores de qualidade para a boa

aceitação estão a aparência, a capacidade de retenção de água, suculência, maciez, cor da pele, cor da carne, perdas de peso por cozimento e a vida útil.

Deste modo, o uso de ferramentas e técnicas estatísticas são de fundamental importância para identificar e analisar os fatores que interferem na variabilidade dos processos produtivos, permitindo a definição de parâmetros de controle e assim assegurar a qualidade dos produtos dentro dos padrões desejáveis.

3.8 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO ESTUDO

Com base na revisão de literatura, pode-se verificar que existem alguns trabalhos relacionados às variáveis que interferem no processo de absorção de água nas carcaças, durante a etapa de resfriamento em *chillers*. Porém, nota-se que a maioria dos estudos avaliou os efeitos destas variáveis sobre o processo de absorção de água em carcaças de frango e na quantidade de água resultante do descongelamento das carcaças congeladas (*Dripping Test*), com poucos estudos avaliando os efeitos das variáveis sobre a absorção de água em cortes de frango; e nenhum estudo foi encontrado correlacionando os dois (absorção em carcaças e cortes).

Também não foi evidenciado a aplicação de técnicas histológicas, para verificação do mecanismo de absorção de água e as alterações causadas na estrutura do músculo da carne de frango, durante as diferentes etapas do sistema de resfriamento de carcaças (*pré-chiller e chiller*).

Além disso, nos estudos avaliados não foi verificado o uso do sistema *Rechiller*, como método de resfriamento da água dos tanques de imersão. Esse sistema permite um controle de temperatura superior quando comparado aos outros métodos de resfriamento comumente utilizados, trazendo assim maior estabilidade para este parâmetro, sendo indicado para processos com altas velocidades das linhas de produção.

Neste sentido, verifica-se a presença de lacunas a serem avaliadas sobre o processo de absorção de água pelas carcaças e cortes de frango, durante a etapa de resfriamento em *chillers*. Desta forma, o estudo e análise dessa importante etapa do processamento de aves, faz-se necessário.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em um abatedouro de aves, sob inspeção federal, situado no sul do Brasil, cuja capacidade de abate é de aproximadamente 680.000 aves/dia, divididos em três turnos de abate e três linhas de produção. O fluxograma das atividades desenvolvidas está apresentado na Figura 8.

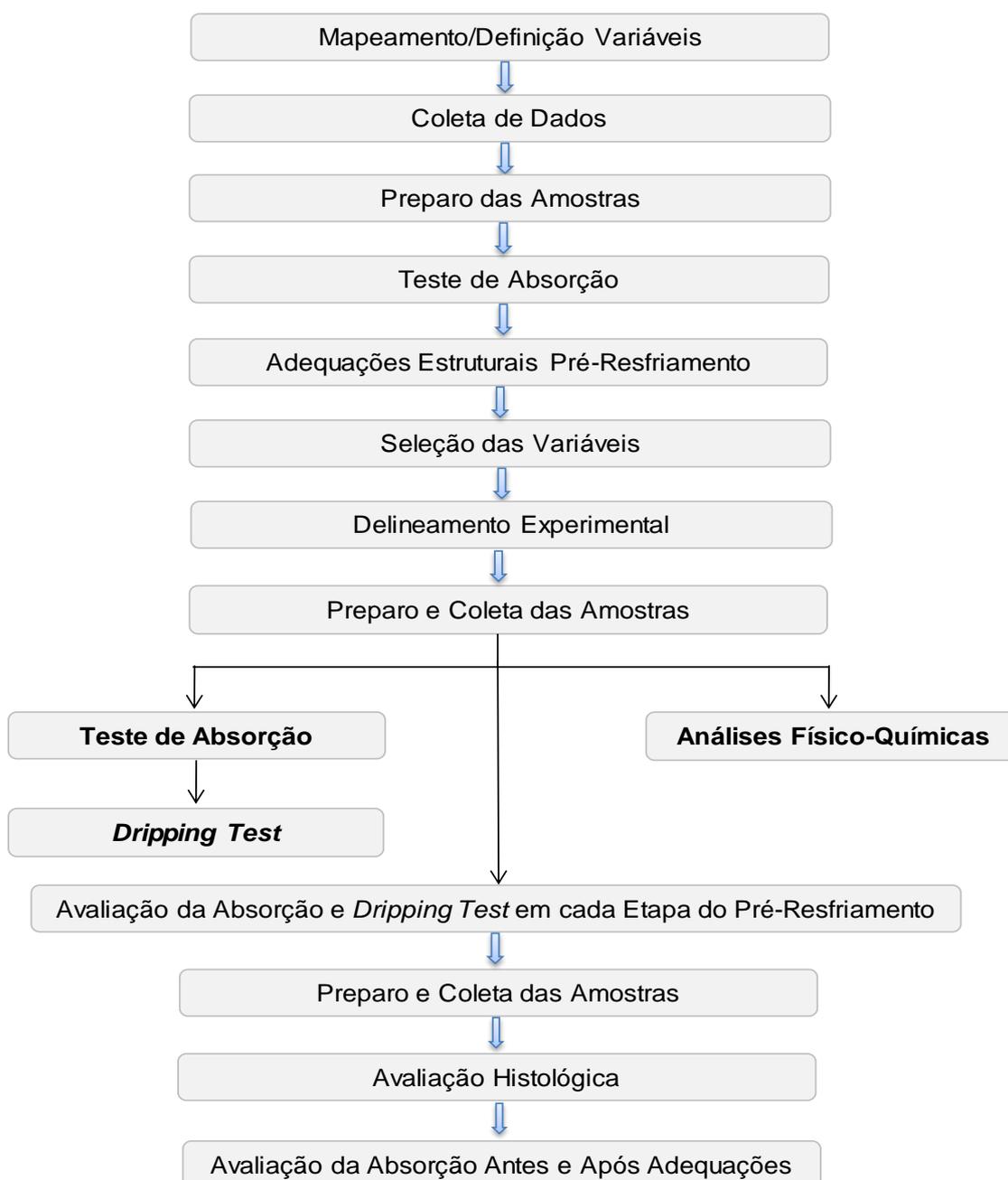


Figura 8: Fluxograma das atividades desenvolvidas.

Todos os testes realizados neste trabalho foram realizados em uma única linha de produção, previamente definida.

O procedimento experimental seguiu três abordagens para investigar o processo de absorção de água nas carcaças e cortes de frango, durante a etapa de pré-resfriamento: Na primeira foram avaliadas as principais variáveis relacionadas ao processamento de carne de aves e fatores genéticos, sobre o processo de absorção de água pelas carcaças; na segunda abordagem, foi realizado um delineamento experimental com as variáveis prioritárias no processo de absorção de água pelas carcaças de frango (levantadas durante a primeira abordagem), para avaliação dos efeitos destas condições sobre a absorção de água nas carcaças e cortes de frango; e na terceira foram avaliados os percentuais de absorção e *Dripping Test* em cada etapa do sistema de pré-resfriamento, bem como a realização de análise histológica.

4.1 MAPEAMENTO DO PROCESSAMENTO DE AVES E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO

Inicialmente foi realizado um mapeamento das variáveis relacionadas ao processamento da carne de aves e fatores genéticos, para definição das principais variáveis a serem estudadas no processo de absorção de água pelas carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento por imersão.

As variáveis foram escolhidas com base nos trabalhos já publicados (KATZ e DAWSON, 1964; NEVES FILHO, 1978; BRASIL, 1998; YOUNG e SMITH, 2004; OBDAM, 2005; CARCIOFI, 2005; JAMES *et al.*, 2006; DYER, 2007; CARCIOFI e LAURINDO, 2010; NICOLAU, 2012; BRIZIO *et al.*, 2012; PAOLAZZI *et al.*, 2013) sobre o tema e na experiência prática da autora. Assim, foram definidas 12 variáveis para este estudo, sendo elas:

1. Linhagem;
2. Sexo;
3. Peso das carcaças (g);
4. Temperatura de escalda (°C);
5. Defeitos na carcaça;
6. Temperatura inicial das carcaças (°C);
7. Temperatura da água do *pré-chiller* (°C);
8. Temperatura da água do *chiller* 01 (°C);

9. Temperatura da água do *chiller* 02 (°C);
10. Tempo de permanência total no sistema de pré-resfriamento (min);
11. Borbulho (pressão do ar em bar);
12. Integridade/qualidade do peito.

4.1.1 Coleta de Dados

Com a definição das variáveis a serem estudadas, foram coletadas 720 carcaças de frango para avaliação da situação atual do percentual de água absorvida pelas mesmas, no processo em avaliação. Foi definido como tamanho de cada amostra um conjunto de 12 carcaças, em função de ser o número de peças utilizadas para realização do teste de absorção, conforme a Portaria nº 210/1998 (BRASIL, 1998). Deste modo, foram realizados 60 testes, sendo cada teste composto por 12 carcaças.

As coletas foram realizadas aleatoriamente, durante o período de aproximadamente dois meses e de forma a abranger diferentes dias e horários de produção. Nos ensaios realizados as carcaças de frango seguiram o fluxo normal de produção, sendo que não foram estabelecidos limites para os parâmetros avaliados. Foi elaborada uma planilha de coleta de dados para o registro das informações referentes às variáveis previamente definidas.

Para a avaliação da influência da qualidade do peito, no processo de absorção de água pelas carcaças, foram coletadas 360 amostras, sendo 180 carcaças com o peito íntegro e 180 carcaças com o peito apresentando desnaturação proteica (coloração branca e endurecida, ocasionada pela temperatura e tempo de escalda elevados). As coletas foram realizadas aleatoriamente, durante o período de um mês e durante o fluxo normal de produção. Foram realizados 15 testes, para cada uma das duas situações, sendo cada teste composto por 12 carcaças.

Para medição da temperatura da água dos tanques de escaldagem foi utilizado um termômetro digital (Testo, modelo 104), com precisão de 0,1°C. A temperatura foi medida no ponto de entrada das carcaças no tanque de escalda. Para medição da temperatura da água do sistema de pré-resfriamento e das carcaças de frango, foi utilizado um termômetro digital (Testo, modelo 104), com precisão de 0,1°C. A aferição da temperatura da água no 1º estágio (*pré-chiller*) foi

realizada no ponto de entrada das carcaças e no 2º estágio (*chillers* 01 e 02), no ponto de saída das carcaças. A pesagem das carcaças foram realizadas em uma balança digital (Toledo, modelo 2003/1-2090) com precisão de 5 g. Todos os equipamentos foram calibrados no laboratório de metrologia da empresa.

O tempo de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento foram controlados com um cronômetro digital (Technos, modelo YP2151/8P).

O processo de pré-resfriamento de carcaças de frango da empresa na qual foram realizados os testes é constituído de três *chillers* em série, todos com diâmetros de 3 m. Na linha de abate onde foram coletados os dados, o primeiro módulo (*pré-chiller*) possui 6 m de comprimento, o segundo módulo (*chiller* 01) 8 m e o terceiro módulo (*chiller* 02) 8 m. A velocidade de cada módulo do sistema de pré-resfriamento (*pré-chiller*, *chiller* 01 e *chiller* 02) varia de 20 a 60 Hz em cada módulo. Essa velocidade está dimensionada para um tempo de permanência das carcaças que pode variar de 10 a 30 min em cada módulo.

Os testes foram realizados com o auxílio dos funcionários da empresa, que já trabalham na operação do sistema de pré-resfriamento das carcaças. Para o registro dos dados na planilha de coleta, foi treinado um funcionário por turno de produção.

As informações referentes ao sexo, linhagem e temperatura de escalda no momento de cada coleta, foram obtidas de outras planilhas, onde são registradas informações do gerenciamento dos processos do abatedouro. Esses dados são coletados rotineiramente, como item de controle do processo.

4.1.2 Preparo das amostras e determinação da quantidade de água absorvida pelas carcaças de Frango

As carcaças foram coletadas logo após a passagem pelos chuveiros finais, na entrada do sistema de pré-resfriamento e antes de serem desprendidas da nórea para dentro do *pré-chiller*, sendo acondicionadas em caixas plásticas. Em seguida, as mesmas receberam uma fita contendo um número de identificação e foram pesadas individualmente (P_1), conforme apresentado na Figura 9. Neste momento, também foi verificado se havia presença de defeitos nas carcaças e efetuado a medida da temperatura inicial das mesmas, através da inserção de um termômetro tipo espeto, na região do peito do frango, perpendicular ao músculo e penetrando o suficiente para atingir o centro do músculo peitoral (Figura 10).

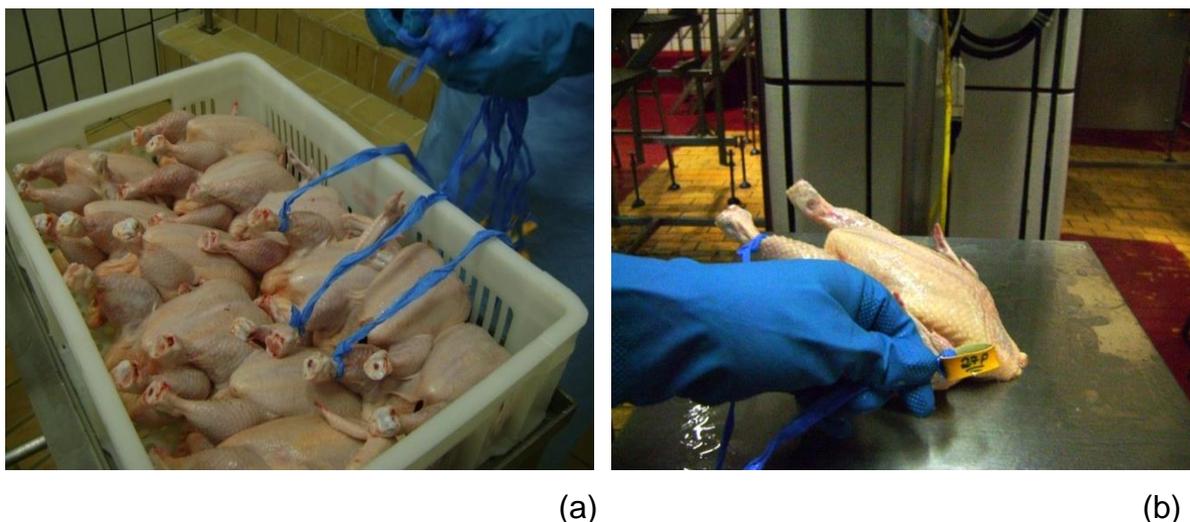


Figura 9: Aspecto visual ilustrando a identificação e pesagem das carcaças, durante a realização dos testes.

(a) Carcaças recebendo a identificação; (b) Carcaça sendo pesada.

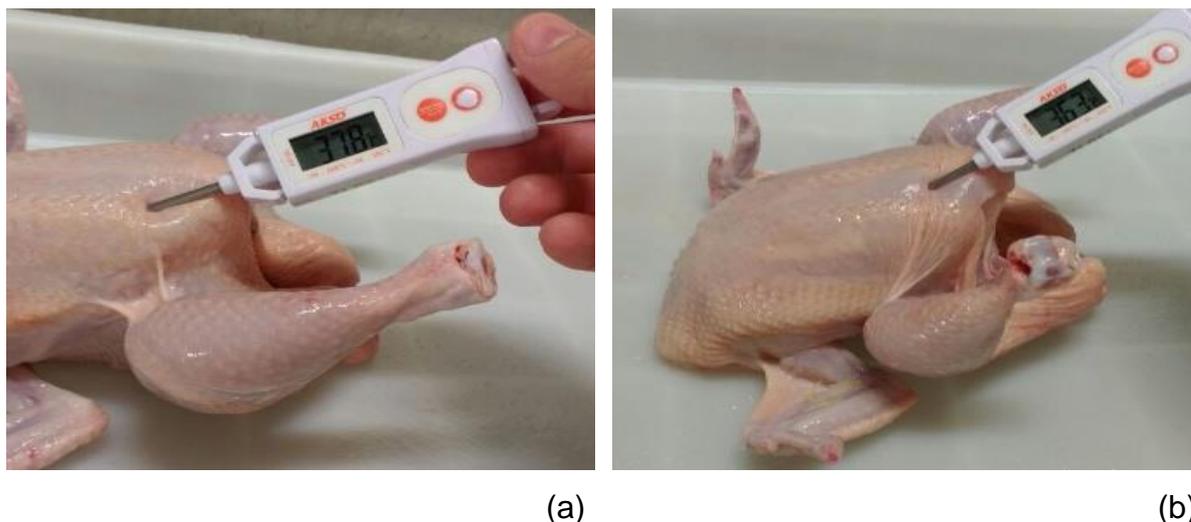


Figura 10: Imagens ilustrativas da medição da temperatura inicial das carcaças.

(a) e (b) medição de temperatura das carcaças.

Após este procedimento, as carcaças foram lançadas no começo do primeiro estágio do sistema de pré-resfriamento (*pré-chiller*), conforme mostrado na Figura 11, sendo registrado o horário de início do teste. Na sequência foi aferida e registrada a temperatura da água do *pré-chiller*, temperatura da água do *chiller* 01 e *chiller* 02, a presença ou não de borbulho em cada estágio e o tempo de permanência total das carcaças no sistema de pré-resfriamento.

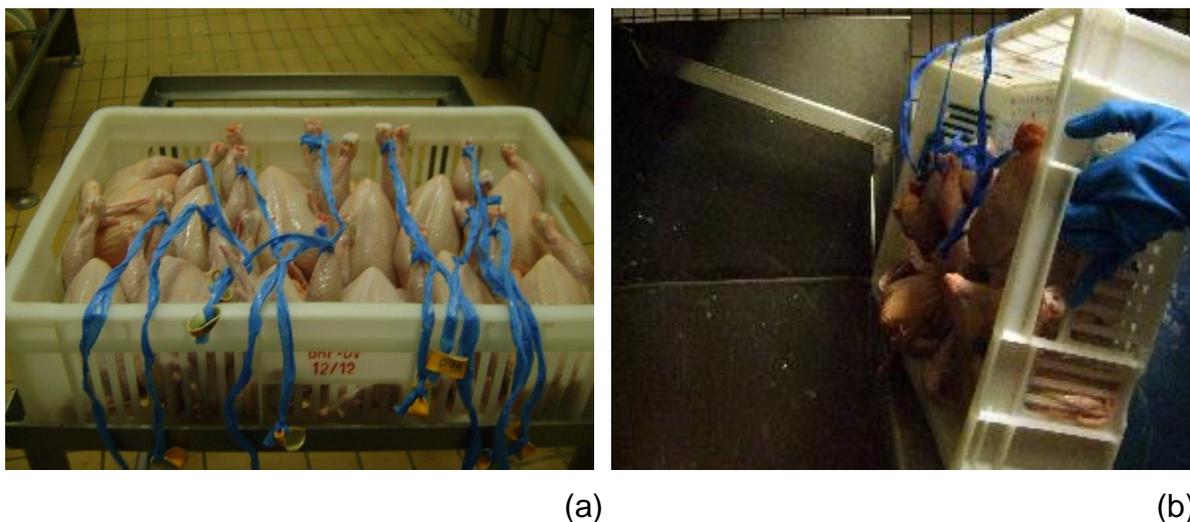


Figura 11: Aspecto visual ilustrando as carcaças após pesagem e sendo colocadas no sistema de pré-resfriamento.

(a) Carcaças devidamente identificadas e pesadas; (b) Carcaças sendo lançadas na entrada do *pré-chiller*.

Ao saírem do *chiller* 02, as carcaças passaram por uma peneira rotativa, que tem por finalidade retirar o excesso de água acumulada sob a pele e seguiram para a mesa de rependura, onde foi medida a temperatura final das carcaças na saída do sistema de pré-resfriamento. Após esta etapa, as carcaças foram rependuradas manualmente em nórea por uma das pernas, para que ocorresse o gotejamento e o transporte das mesmas para a sessão de embalagem. O tempo de gotejamento foi de no mínimo 1'23" (um minuto e vinte e três segundos) e de no máximo 2'23" (dois minutos e vinte e três segundos).

Posteriormente a esta etapa, as carcaças foram desenganchadas da nórea e realizado a pesagem final (P_2). O percentual de absorção foi determinado conforme descrito na Equação 1.

$$\% \text{ de Absorção: } \frac{(P_2 - P_1)}{P_1} \times 100 \quad (1)$$

O cálculo da absorção seguiu o procedimento descrito na Portaria nº 210/1998 (BRASIL, 1998).

Avaliação da Qualidade do Peito

Para a avaliação da influência da qualidade do peito (íntegro e com desnaturação proteica), no processo de absorção de água pelas carcaças, as mesmas foram previamente escolhidas. Em seguida foram pesadas individualmente (P_1), identificadas e lançadas na entrada do sistema de pré-resfriamento. Após passarem por todos os estágios e saírem do *chiller* 02, as carcaças foram rependuradas, por uma das pernas, para que ocorresse o gotejamento. Após serem desenganchadas das nóreas, as carcaças foram pesadas novamente (P_2) e o percentual de absorção foi calculado conforme Equação 1. Durante a realização deste teste foram considerados somente a qualidade da carcaça e o percentual de absorção. Os demais parâmetros foram mantidos constantes.

4.2 ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS NO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO DE CARCAÇAS

Durante a realização dos testes citados no item 4.1.1 e 4.1.2, observou-se pontos no sistema de pré-resfriamento de carcaças que impactavam diretamente na distribuição e intensidade do borbulho e principalmente no tempo de permanência das carcaças no pré-*chiller* e *chillers*. Dentre os pontos verificados estavam o mal posicionamento das mangueiras de borbulho, a falta de um manômetro para ajuste e medição da intensidade do borbulho utilizado (pressão), a distância entre os helicóides do pré-*chiller* e *chillers* e a existência de pontos “vazios”, na entrada e saída do *chiller* 01 e *chiller* 02. Desta forma, viu-se a necessidade de realizar adequações estruturais nos equipamentos do sistema de pré-resfriamento antes de dar continuidade a execução das próximas etapas deste trabalho, as quais estão apresentadas a partir do item 4.3.

4.3 PRIORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Com base nos dados dos testes realizados anteriormente, trabalhos publicados por Klassen (2008); James *et al.* (2006); Carciofi e Laurindo (2010); Paolazzi *et al.* (2013) e BRASIL (1998) sobre o tema e na experiência prática da autora, foram priorizadas algumas variáveis do processo de abate e resfriamento de carcaças para avaliação dos efeitos destas condições sobre a absorção de água nas

carcaças e cortes de frango. Para isso, foi utilizado um planejamento composto central 2³, o qual tem suas variáveis e níveis apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial 2³.

Variáveis Independentes*	Níveis		
	-1	0	1
Tempo de Permanência (min)	50	60	70
Borbulho (bar)	0	0,5	1
Abertura Abdominal (cm)	0	2	4

* Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do *pré-chiller*, temperatura da água dos *chillers*, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

O tempo de permanência avaliado foi o tempo total que as carcaças permaneceram no sistema de pré-resfriamento, considerando as etapas de *pré-chiller*, *chiller* 01 e *chiller* 02. A intensidade do borbulho analisado (agitação da água por meio de injeção de ar) foi igual em todas as etapas do sistema de pré-resfriamento do processo em estudo. Quanto ao tamanho da abertura abdominal, foi considerado como zero o corte normal da cavidade abdominal das aves, que é necessário para a realização da etapa de evisceração. Quando ocorre uma abertura maior da cavidade abdominal é necessário o ajuste/regulagem dos equipamentos. Os diferentes tamanhos de corte abdominal das carcaças avaliados, podem ser visualizados na Figura 12.

Foram fixados os pesos das carcaças (1000 a 1100g), as quais foram previamente selecionadas e pesadas, a velocidade do abate (12500 aves/h), a linha de produção, temperatura dos tanques de escalda 1 (52°C ±1) e 2 (62°C ±1), temperatura de depenagem (60°C ±1), temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento (35°C ±3°C), temperatura da água do *pré-chiller* (6°C ± 1), temperatura da água do *chiller* 01 (2°C ±1) e *chiller* 02 (1°C ±1), tempo de gotejamento (mínimo 1'23" e máximo 2'23") e integridade das carcaças.

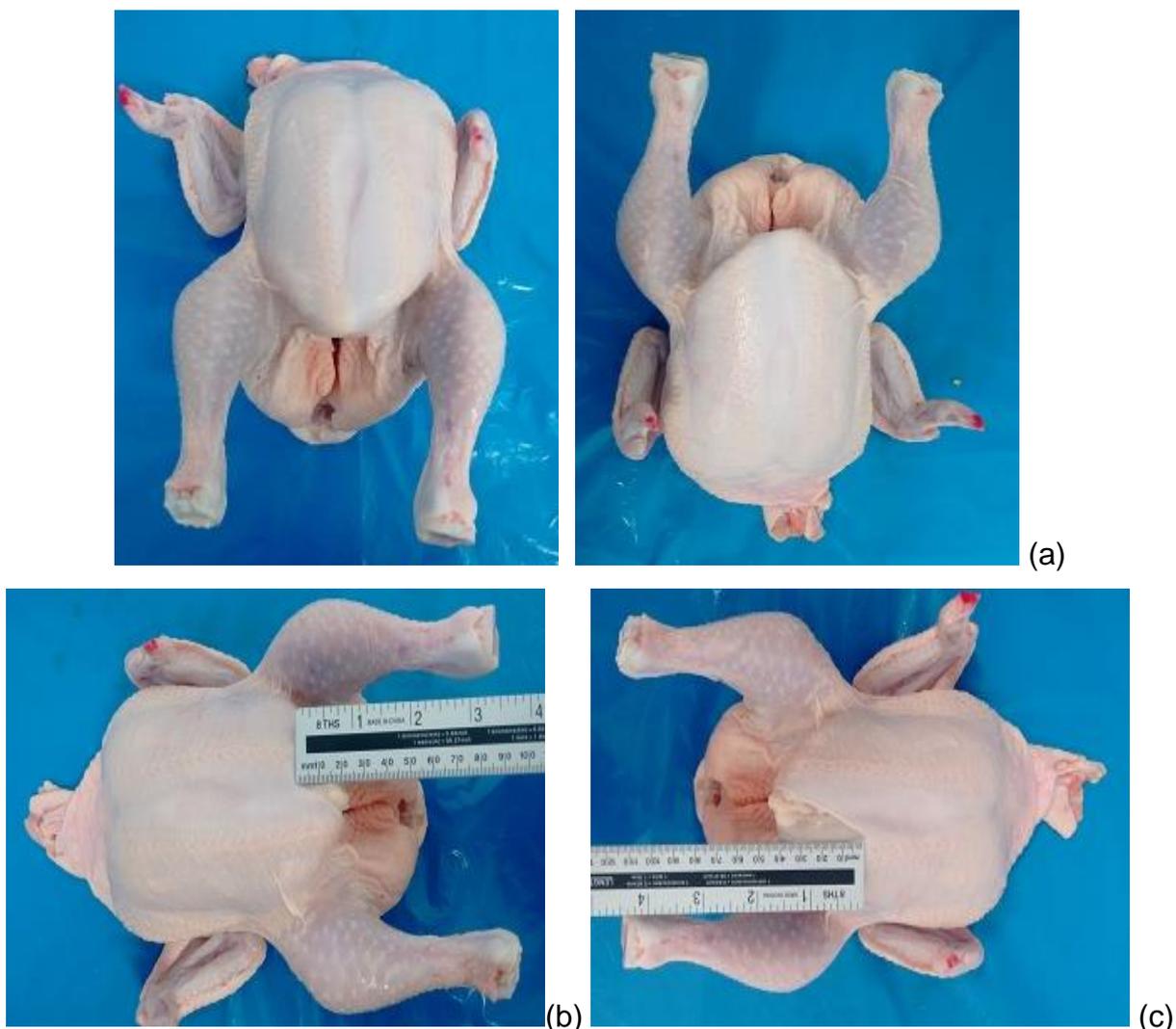


Figura 12: Aspecto visual ilustrando o tamanho do corte da abertura abdominal das carcaças.

(a) Abertura abdominal padrão (zero); (b) Carcaças com abertura abdominal de 2 cm; (c) Carcaças com abertura abdominal de 4 cm.

Todos os parâmetros fixados foram baseados na experiência prática da autora, os quais são aplicados/utilizados no processo em avaliação. Sams (2001) cita o emprego de temperaturas de escalda entre 56°C a 63°C, as quais não causam danos apreciáveis nas camadas exteriores da pele. As respostas ou variáveis dependentes estudadas para a carcaça de frango, foram: absorção, *Dripping Test*, umidade, proteína, relação umidade/proteína, gordura, pH e atividade de água (A_w). Para os cortes das carcaças de frango (coxa, sobrecoxa, peito sem pele e sem osso

e peito com pele e com osso), foram avaliadas as seguintes respostas: umidade, proteína e relação umidade/proteína.

4.3.1 Preparo e Coleta das Amostras

O preparo das amostras referente ao delineamento experimental seguiu o mesmo procedimento descrito no item 4.1.2. Foram realizados 11 testes, compostos de 30 carcaças cada teste. As coletas foram realizadas durante o período de dois dias. Foi elaborada uma planilha de coleta de dados para o registro das informações.

Para todas as carcaças foi realizado o teste de absorção conforme descrito na Portaria nº 210/1998 (BRASIL, 1998). Após esta etapa, parte das carcaças foram imediatamente encaminhada ao laboratório físico-químico da empresa, outra parte foi embalada e congelada em túnel (Cooling e Freezing, modelo VRTM) a - 35°C, por um período de aproximadamente 7 h até atingirem a temperatura de - 18°C; e outra parte foi destinada para a seção de cortes para separação das coxas, sobrecoxas, peito sem osso e sem pele e peito com osso e com pele. Em seguida as partes foram congeladas em túnel de congelamento (Madef, modelo TCA 20x09x22) a - 30°C, por um período de aproximadamente 9 h até atingirem - 18°C. Após as mesmas foram encaminhadas para o laboratório físico-químico da empresa para avaliação do teor total de água contido em cortes de aves, conforme IN nº 32/2010 (BRASIL, 2010a).

4.3.2 Caracterizações Físico-Químicas das Carcaças e Cortes de Frango

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório da referida empresa produtora de frango inteiro e cortes de frango, com exceção da análise de atividade de água que foi realizada no laboratório da UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco-PR.

Preparo das Amostras de Carcaças

Para o teste de gotejamento (*Dripping Test*) as carcaças foram coletadas na saída do túnel de congelamento, sendo mantidas a uma temperatura de -12°C até o momento da análise. Para as demais determinações físico-químicas, as carcaças de

frango foram desossadas, trituradas e homogeneizadas em um triturador (Robot Coupe, modelo Blixer 3).

Dripping Test

Foi realizado conforme descrito pela Portaria nº 210/1998 (BRASIL, 1998) e pela Instrução Normativa nº 20/1999 (BRASIL, 1999), o qual é baseado na determinação da quantidade de água resultante do descongelamento, sob condições controladas de carcaças submetidas ao pré-resfriamento por imersão. Foram coletadas seis carcaças, secado a embalagem do lado externo e pesado, obtendo-se a medida (M_0). Em seguida foi retirado o frango congelado da embalagem e pesou-se a embalagem (M_1). Após, a carcaça foi colocada em um saco plástico, fechada e mergulhada em banho de água a $42^{\circ}\text{C} \pm 2$, com agitação de água contínua, até que o centro térmico da carcaça atingisse 4°C . As carcaças foram retiradas do banho, perfuradas para escoamento da água, secadas e pesadas, obtendo-se a medida (M_2). O percentual (%) de *Dripping* foi calculado conforme Equação 2:

$$\% \text{ Dripping} = \frac{M_0 - M_1 \cdot M_2}{M_0 - M_1} \times 100 \quad (2)$$

Determinação de Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico de acordo com a AOAC (2007) e as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005). Pesou-se 5 g de amostra (em uma cápsula seca em estufa por 1 h e esfriada até temperatura ambiente) e levou-se em estufa (Fanem, modelo 320-SE) a 105°C por 6 h (até peso constante). Após foi retirado da estufa, transferido para dessecador até temperatura ambiente e pesado. Os resultados foram expressos em g de umidade/100g de amostra.

Determinação de Proteína

O teor de nitrogênio e/ou conteúdo proteico foi determinado pelo método de combustão – Método de Dumas de acordo com metodologia descrita pela AOAC (2007). Inicialmente, pesou-se 0,15 – 0,30 g de amostra em folha de estanho e

secou-se em estufa (Fanem, modelo 320-SE) a 105°C por 30 min. A folha de estanho foi fechada e introduzida no equipamento de combustão (Leco FP 2000). A leitura do teor de proteína foi realizada diretamente no equipamento (3 a 5 min cada amostra). Para o cálculo da proteína bruta, levou-se em consideração o teor de nitrogênio obtido, multiplicado pelo fator de conversão de nitrogênio para proteína, de 6,25. Os resultados foram expressos em g de proteína/100 g de amostra.

Determinação de Lipídeos Totais

Os lipídios totais foram determinados pelo método de Soxhlet, em extração com solvente a quente (AOAC, 2007). Inicialmente, pesou-se 5 g de amostra, dessecada na estufa por 2 h, transferiu-se para um cartucho de extração e conectou-se ao aparelho extrator de Soxhlet (Marconi, modelo MA-044/491). Extraíu-se em aparelho de Soxhlet (cujo balão foi previamente aquecido por 1 h em estufa (Quimis, modelo Q-317B) a 105 °C resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado), com éter etílico, por 6 h. Recuperou-se o solvente e o balão com o resíduo foi dessecado em estufa a 105 °C por aproximadamente 1 h (peso constante). Os resultados foram expressos em g de gordura/100 g de amostra.

Determinação de pH

O pH foi determinado pela leitura direta da amostra em potenciômetro digital, previamente calibrado conforme o procedimento operacional do equipamento (Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star pH Benchtop). Pesou-se cerca de 50 g de amostra, adicionou-se 20 mL de água destilada, homogeneizou-se e em seguida introduziu-se o eletrodo na amostra, obtendo-se o pH .

Determinação da Atividade de Água (A_w)

A atividade de água (A_w) foi determinada através da leitura direta da amostra em medidor eletrônico (Novasina, modelo LabMaster) previamente calibrado e a uma temperatura de aproximadamente 20°C. O equipamento utiliza a técnica de determinação do ponto de orvalho, com controle interno da temperatura da amostra, para medir a atividade de água do produto.

Determinação do Teor Total de Água Contido nos Cortes

As amostras foram preparadas conforme descrito pela Instrução Normativa Nº 08/2009 - Método Oficial para Determinação dos Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água Contida em Cortes de Aves (BRASIL, 2009). As amostras foram mantidas sob congelamento até o momento da análise. Em seguida o exterior da embalagem foi limpo, secado e o produto foi pesado, obtendo-se a medida (M_0). Após pesou-se um saco plástico impermeável (M_1), onde transferiu-se os cortes para o saco plástico e pesou-se (M_2). Posteriormente foi secada a embalagem original e pesada, obtendo-se a medida (M_3). Transferiu-se o conteúdo do saco plástico para o moinho (Robot Coupe, modelo Blixer 3) e triturado até obter uma massa homogênea. Na sequência foi determinada a umidade (%) da amostra de acordo com o Método de Determinação de Umidade (anexo 02 da IN nº 8/2009) e o teor de proteína (%), de acordo com o Método para Determinação de Nitrogênio Total (anexo 03 da IN nº 8/2009). A relação umidade/proteína (U/P) foi calculada através da Equação 3:

$$\text{Relação Umidade Proteína } \left(\frac{U}{P}\right) = \frac{\text{Umidade (\%)}}{\text{Proteína (\%)}} \quad (3)$$

4.4 AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ABSORÇÃO E DRIPPING EM CADA ETAPA DO SISTEMA DE PRÉ- RESFRIAMENTO

Após a realização do delineamento experimental, tratamento dos dados e definição dos melhores parâmetros das variáveis para o controle da absorção e *Dripping* nas carcaças de frango, em conformidade com a Portaria nº 210/1998 (BRASIL, 1998), realizou-se um novo teste para avaliar o percentual de absorção e *Dripping*, bem como o tempo de permanência das carcaças, em cada etapa do sistema de pré-resfriamento (*pré-chiller*, *chiller 01* e *chiller 02*).

4.4.1 Preparo e Coleta das Amostras

Foram realizados 5 testes, compostos por 30 carcaças cada teste, sendo realizados em um único dia de produção. Foi elaborada uma planilha para coleta dos dados e registro das informações. As carcaças foram pegas aleatoriamente durante a rotina normal do processamento das aves, utilizando as melhores condições

(tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal) determinadas nos ensaios do delineamento experimental, com as demais variáveis fixas (Tabela 6).

As carcaças foram coletadas logo após a passagem pelos chuveiros finais, antes de serem desprendidas da nórea e caírem no pré-*chiller*, sendo acondicionadas em caixas plásticas. Em seguida, as mesmas receberam uma fita contendo um número de identificação e foram pesadas individualmente (P_1). Também foi verificado se havia presença de defeitos nas carcaças e medido a temperatura inicial das mesmas. Na sequência, as carcaças foram lançadas no início do pré-*chiller*, onde foram verificados e anotados a hora de início do teste, a temperatura da água na entrada do pré-*chiller* e a intensidade do borbulho.

Na saída do pré-*chiller* as carcaças foram recoletadas manualmente conforme apresentado na Figura 13 e colocadas novamente em caixas plásticas. Em seguida as carcaças foram pesadas novamente (P_2) e medido a temperatura. Também foi registrado a temperatura da água na saída do pré-*chiller* e horário final do teste.



Figura 13: Fotos ilustrativas das carcaças sendo recoletadas na saída do pré-*chiller*.

Após esse procedimento foram separadas seis carcaças, as quais foram embaladas e congeladas em túnel (Cooling e Freezing, modelo VRTM) a -35°C , por um período de aproximadamente 7 h até atingirem a temperatura de -18°C , para posterior realização do *Dripping Test*.

O restante das carcaças foram postas novamente na entrada do *chiller* 01, onde foi registrado a hora, a temperatura da água na entrada do *chiller* 01 e a intensidade do borbulho. Na saída do *chiller* 01 as carcaças foram recoletadas outra

vez, colocadas em caixas plásticas para posterior pesagem (P_3) e aferição da temperatura. Além disso foi registrado a temperatura da água na saída do *chiller* 01 e o horário final do teste. Na sequência foram retiradas mais seis carcaças, as quais foram embaladas e congeladas até atingirem -18°C para posterior realização do *Dripping Test*.

As demais carcaças foram colocadas na entrada do *chiller* 02. Anotou-se o horário, temperatura da água na entrada do *chiller* 02 e a intensidade do borbulho. Na saída das carcaças do *chiller* 02, as mesmas foram pegadas, colocadas em caixa plástica para posterior pesagem (P_4) e aferição da temperatura. Além disso foi registrado a temperatura da água na saída do *chiller* 02 e horário final do teste.

Na sequência, as carcaças foram rependuradas em nórea para que ocorresse o gotejamento e o transporte das mesmas para a sessão de embalagem. O tempo de gotejamento foi de no mínimo $1'23''$ (um minuto e vinte e três segundos) e de no máximo $2'23''$ (dois minutos e vinte e três segundos). Após as carcaças foram novamente pesadas (P_5) e coletadas mais seis carcaças para embalagem, congelamento e realização do *Dripping Test*.

O percentual de absorção de água pelas carcaças de frango na saída do pré-*chiller*, saída do *chiller* 01, saída do *chiller* 02 e após o gotejamento, foram determinadas conforme apresentado no item 4.1.2. O percentual de *Dripping* das carcaças na saída do pré-*chiller*, saída do *chiller* 01 e após o gotejamento foram realizados conforme procedimento descrito no item 4.3.2 – *Dripping Test*.

Do teste nº 3 foram coletadas também três carcaças na saída do pré-*chiller*, três carcaças na saída do *chiller* 01 e três carcaças na saída do *chiller* 02. Destas foram separadas aproximadamente 100g de músculo peitoral de cada carcaça, as quais foram congeladas e armazenadas em *freezer* vertical (Consul, modelo CVU26) com temperatura controlada ($\leq -12^{\circ}\text{C}$), para posterior realização de análise histológica.

4.5 ANÁLISE HISTOLÓGICA DAS CARÇAÇAS DE FRANGO

O processamento histológico e a análise das lâminas foram realizados no Laboratório de Histologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

As amostras (três) de cada módulo do sistema de pré-resfriamento foram fixadas em formol a 10% com posterior técnica histológica de rotina incluindo as etapas de desidratação gradativas, diafanização, infiltração e emblocamento em parafina das amostras. A partir de cada bloco de parafina obteve-se lâminas histológicas com cortes de 4µm de espessura de cada grupo para posterior coloração pela técnica de Hematoxilina-Eosina. As lâminas foram numeradas de acordo com o grupo a que pertenciam (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2008).

As análises dos cortes histológicos pelo mesmo examinador foram realizadas em microscópico (Lambda Lqt – 3) e as imagens foram fotografadas no software Motic Images Plus 2.0. O campo histológico de cada lâmina foi avaliado com aumento de 10 x 10 vezes.

4.6 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ABSORÇÃO APÓS ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Após a realização das adequações estruturais e delineamento experimental, uma nova coleta de dados foi realizada de forma a comparar a variabilidade do percentual de água absorvida pelas carcaças antes e após os ajustes do processo.

Sendo assim, foram coletadas 720 carcaças, sendo realizados 60 testes de 12 carcaças cada. As coletas foram realizadas aleatoriamente, durante o período de uma semana e de forma a abranger diferentes dias e horários de produção. Nos ensaios realizados as carcaças de frango seguiram o fluxo normal de produção, sendo que foi estabelecido limite para os parâmetros avaliados de acordo com a melhor resposta apresentada no delineamento experimental.

4.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram analisados através de técnicas estatísticas, objetivando correlacionar as principais variáveis do processamento de carne de aves com a absorção de água pelas carcaças de frango. Os resultados foram submetidos a análise de capacidade, análise multivariada e teste “t” de Student, a nível de 95% de confiança. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Minitab versão 17 e XLSTAT versão 2015.5.

As variáveis do processo de abate e pré-resfriamento das carcaças (abertura abdominal, tempo de permanência e borbulho) foram tratados estatisticamente de

acordo com a metodologia de planejamento experimental, com auxílio do Software *Statistica* versão 5.0 (StatSoft Inc®, USA), a nível de significância de 95 % de confiança.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta etapa do trabalho está dividida em 3 seções, conforme apresentado a seguir: A primeira seção (item 5.1) está relacionada com os resultados e discussões das principais variáveis relacionadas ao processamento de carne de aves e fatores genéticos, sobre o processo de absorção de água pelas carcaças. A segunda seção (item 5.2) trata dos resultados obtidos através do delineamento experimental, com as variáveis prioritárias no processo de absorção de água pelas carcaças de frango e a terceira seção (item 5.3), apresenta os percentuais de absorção e *dripping test* em cada módulo do sistema de pré-resfriamento e a análise histológica das carcaças de frango.

5.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS NO PROCESSO DE ABSORÇÃO

A avaliação das variáveis sobre o processo de absorção de água foi realizada em 720 carcaças de frango e a avaliação da qualidade do peito em 360 amostras, sendo 180 carcaças com o peito íntegro e 180 carcaças com o peito apresentando desnaturação proteica.

5.1.1 Análise da Capacidade do Processo

Com os índices de absorção obtidos através das coletas, foi realizado a análise de capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento, de modo a avaliar a variabilidade do processo em estudo. Analisando o histograma apresentado na Figura 14, verificou-se que a maioria dos valores de absorção concentram-se entre o intervalo de 5 e 8, sendo que a absorção média foi de 6,14% ($\pm 1,44$).

Foram definidos como limite inferior de especificação (LIE) resultados de absorção até 5% e limite superior de especificação (LSE), resultados de absorção até 8%. Isso porque resultados abaixo de 5% representam diminuição da lucratividade e acima de 8%, violação da legislação nacional vigente (BRASIL, 1998). Neste caso onde avaliou-se as carcaças individualmente, nota-se uma variabilidade nos resultados de absorção, sendo que 34,17% dos resultados apresentaram absorção abaixo de 5% ou acima de 8%.

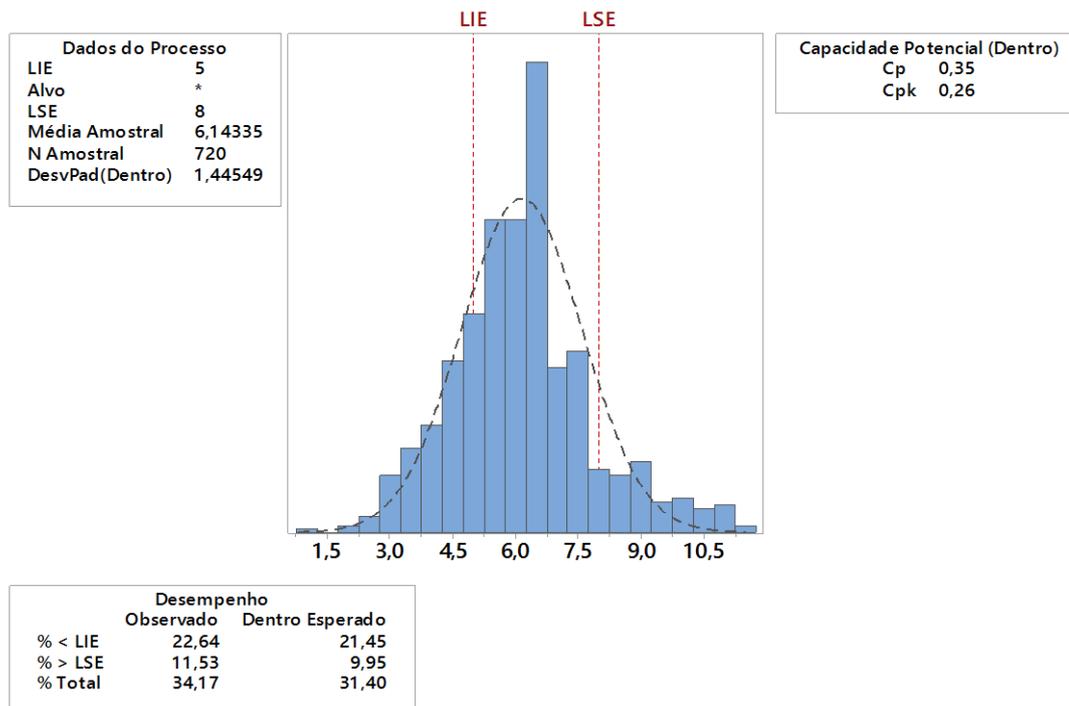


Figura 14: Análise de capacidade do processo de absorção com todas as amostras.

A avaliação da capacidade do processo para atender às especificações estabelecidas, é medida através da relação entre a variabilidade natural do processo em relação à variabilidade que é permitida a esse processo, dada pelos limites de especificação. Para tanto, são utilizados índices adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho de processos, entre eles o C_p (índice de capacidade potencial do processo) e o C_{pk} (índice de desempenho do processo) (MONTGOMERY, 2009; GONÇALEZ e WERNER, 2009).

Como o C_p (0,35) foi diferente de C_{pk} (0,26), o processo não está centrado no ponto médio das especificações. Nestes casos, o uso do índice C_p pode levar a conclusões erradas, sendo utilizado o índice de desempenho C_{pk} , que leva em consideração a distância da média do processo em relação aos limites de especificação (GONÇALEZ e WERNER, 2009). Para analisar o índice C_p , Montgomery (2009) define três intervalos de referência: C_p ou $C_{pk} < 1$ o processo é considerado incapaz; C_p ou $C_{pk} \geq 1$ ou $\leq 1,33$ o processo é aceitável; C_p ou $C_{pk} \geq 1,33$, diz-se que o processo é potencialmente capaz.

De acordo com o PPCAAP (Programa para Prevenção e Controle de Adição de Água aos Produtos), realizado com base na Portaria nº 210/1998 (BRASIL,

1998), cada teste de absorção é composto por 12 carcaças sendo que o percentual de absorção é a média das 12 carcaças do teste. Desta forma pode-se verificar que nenhum teste ficou acima do limite superior especificado (LSE) de 8% (Figura 15).

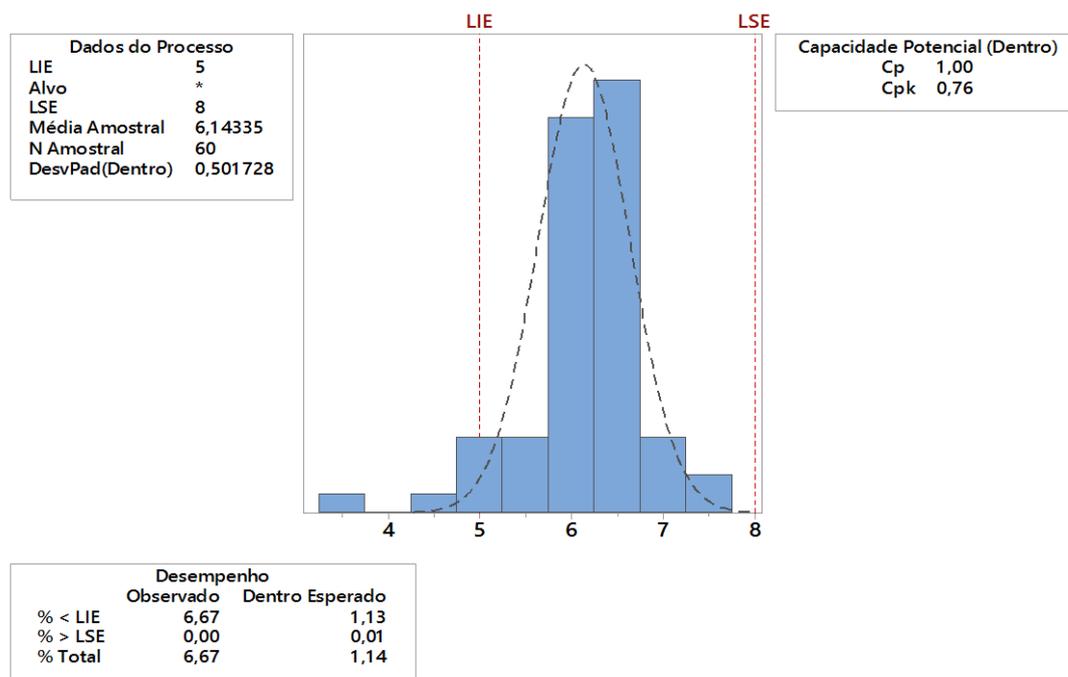


Figura 15: Análise de capacidade do processo de absorção com a média das amostras conforme Portaria nº 210/1998.

Entretanto, a incidência de resultados fora dos padrões, pode gerar risco de ter resultados de absorção acima do limite permitido. Desta forma, verificou-se a necessidade de reduzir essa variabilidade do processo e, através dos parâmetros de controle, trabalhar com um percentual de absorção que vise lucratividade, mas que acima de tudo atenda as exigências legais.

5.1.2 Análise Multivariada

Com base nas variáveis previamente definidas foi realizada a análise multivariada entre as variáveis independentes (linhagem, sexo, peso das carcaças (g), temperatura de escalda (°C), defeitos na carcaça, temperatura inicial das carcaças (°C), temperatura da água do *pré-chiller* (°C), temperatura da água do *chiller* 01 (°C), temperatura da água do *chiller* 02 (°C), tempo de permanência total

das carcaças no sistema de pré-resfriamento (min), borbulho (bar) e a variável resposta (absorção).

A Figura 16 representa o resultado da análise dos componentes principais entre as variáveis estudadas no processo de absorção de água pelas carcaças de frango.

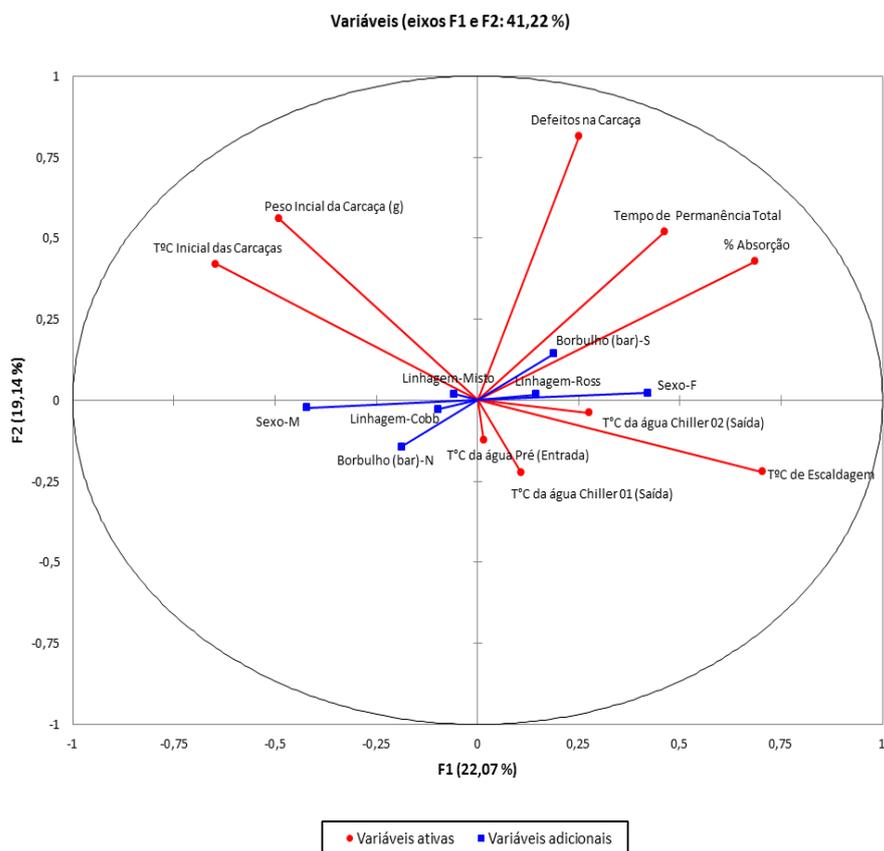


Figura 16: Análise dos componentes principais das variáveis quantitativas e qualitativas relacionadas ao processo de absorção de água.

As variáveis que estão no mesmo quadrante apresentaram comportamento similar. Observou-se que nas carcaças onde a absorção foi alta, os defeitos de carcaça, tempo de permanência e borbulho também foram altos. As carcaças sem borbulho estão na direção oposta ao vetor absorção, isso indica que as carcaças que não receberam o borbulho tiveram uma absorção menor. A análise de componente principal explicou 41,22% da variabilidade total dos dados.

O dendrograma elaborado a partir das variáveis quantitativas pode ser visualizado na Figura 17, na qual verifica-se que as variáveis tempo de

permanência, defeitos na carcaça e percentual de absorção estão em um mesmo grupo.

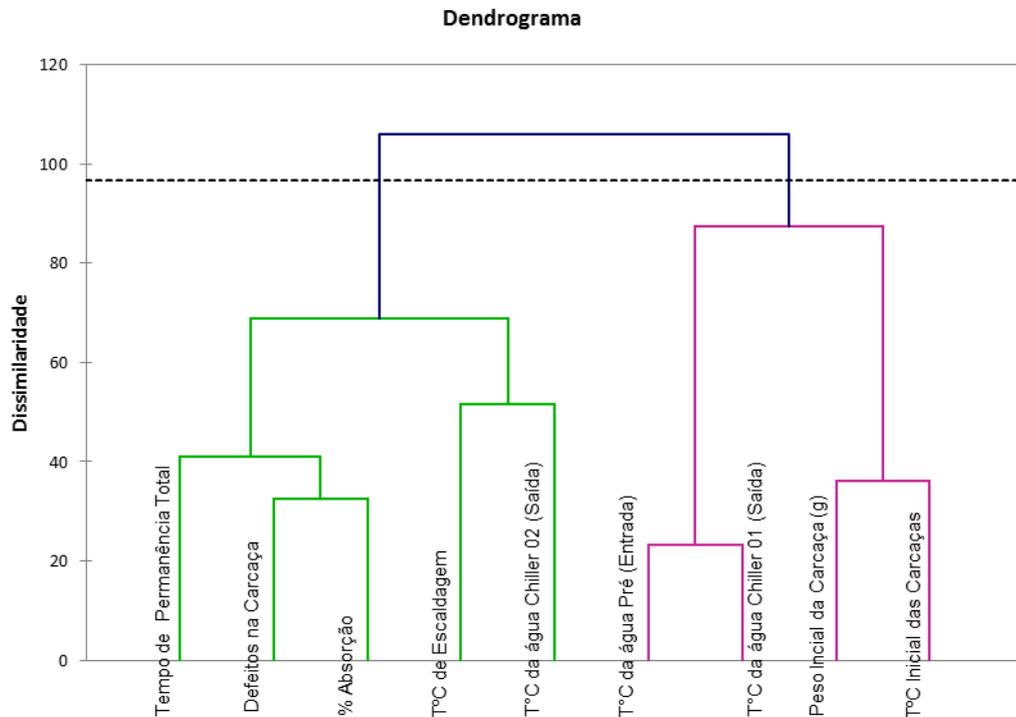


Figura 17: Dendrograma da análise de agrupamento das variáveis quantitativas do processo de absorção de água pelas carcaças de frango.

De acordo com o apresentado, em ambas as análises, verificou-se uma tendência das variáveis borbulho (agitação da água), tempo de permanência e presença de defeitos interferirem na quantidade de água absorvida pelas carcaças de frango.

Segundo Young e Smith (2004), o tempo de imersão é a variável mais importante associada com a absorção de água. James *et al.* (2006), sugerem que o tempo de imersão e a intensidade de agitação da água são os fatores mais influentes no processo de absorção de água pelas carcaças de aves. Carciofi e Laurindo (2007) concluíram que a temperatura da água e a agitação da água por meio da injeção de ar são fatores determinantes para a quantidade de água absorvida pelas carcaças durante a imersão.

5.1.3 Análise Estatística Descritiva

A Tabela 7 apresenta os escores médios de absorção de água obtidos nas carcaças com o peito íntegro e carcaças com o peito apresentando desnaturação proteica (queima ocasionada pelo calor excessivo da água de escalda). Observou-se que não houve diferença significativa a nível de 95% de confiança entre estas duas variáveis.

Tabela 7: Escores médios de absorção nas carcaças com peito íntegro e com peito apresentando desnaturação proteica.

Qualidade do Peito	Tamanho Amostral	Absorção (%) [*]
Peito Íntegro	180	5,32 ^a ± 1,42
Peito Desnaturação Proteica	180	5,38 ^a ± 1,34

* Média ± desvio padrão seguido de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa à nível de 95% (Teste t-Student).

De acordo com Klassen (2008), o aquecimento excessivo na escaldagem provoca a desnaturação das proteínas da pele e da superfície do músculo, formando uma espécie de isolamento entre a água e o restante do músculo, favorecendo a absorção de água pelas carcaças de frango. Entretanto, neste estudo não conseguiu-se evidenciar diferença significativa no percentual de absorção das carcaças íntegras ou que apresentaram desnaturação proteica na região peitoral do frango. A Figura 18 apresenta um comparativo visual de uma carcaça de frango com o peito apresentando desnaturação proteica e uma carcaça com o peito íntegro.



Figura 18: Fotos ilustrando a comparação entre o peito com desnaturação proteica e o peito íntegro.

A Tabela 8 apresenta a absorção média entre as carcaças íntegras (sem defeitos) e as carcaças que apresentaram algum tipo de defeito.

Tabela 8: Escores médios de absorção nas carcaças apresentando defeitos e das carcaças sem defeitos (íntegras).

Qualidade da Carcaça	Tamanho Amostral	Absorção (%)*
Carcaça sem Defeito	611	5,70 ^a ± 1,25
Carcaça com Defeito	109	8,64 ^b ± 1,48

*Média ± desvio padrão seguido de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa à nível de 95% (Teste t-Student).

Os valores de absorção variaram de 5,70% nas carcaças sem defeito e de 8,64% nas carcaças que apresentaram algum tipo de defeito. Quando comparadas, obteve-se um incremento de 51,58% (2,94 pontos percentuais) de absorção de água nas carcaças com defeito, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras avaliadas.

Entre os defeitos analisados estão a perna deslocada, pele rasgada, abertura abdominal excessiva e a presença de bolsões. A Tabela 9 apresenta os percentuais

de absorção de água para cada defeito, na qual pode-se observar que entre os parâmetros abertura abdominal, perna deslocada e pele rasgada não houve diferença significativa ($p>0,05$). Porém quando estes mesmos defeitos são comparados com os bolsões de água tem-se diferença significativa ($p>0,05$).

Tabela 9: Absorção de água (%) nas carcaças com diferentes defeitos.

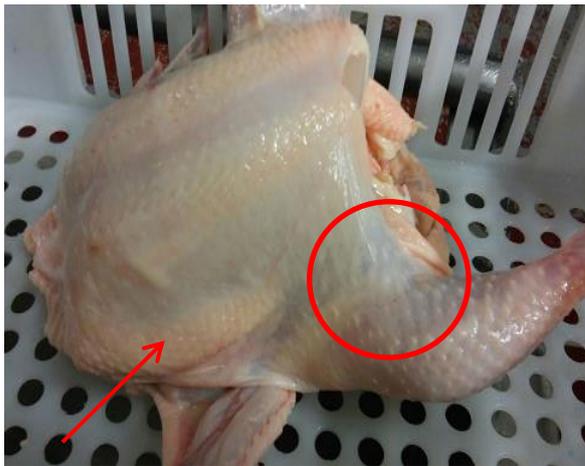
Defeitos	Tamanho Amostral	Absorção (%)*
Abertura abdominal	53	8,89 ^b
Bolsão	27	10,29 ^a
Perna deslocada	24	8,32 ^b
Pele rasgada	34	8,50 ^b

* Média \pm desvio padrão seguida de letras iguais/colunas indicam não haver diferença significativa á nível de 95% (Teste de Tukey).

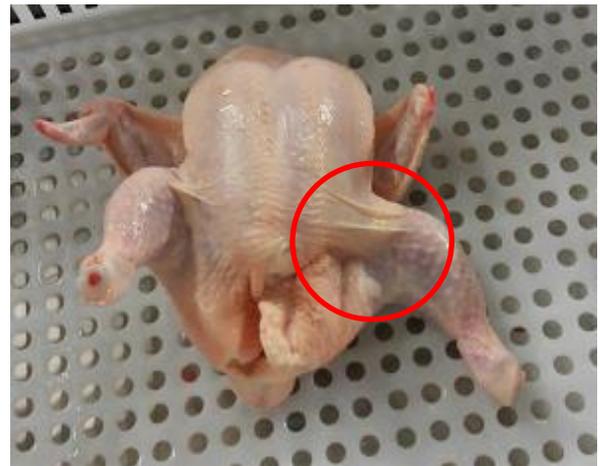
Das 720 carcaças avaliadas, 109 carcaças apresentaram algum tipo de defeito, sendo que algumas carcaças apresentaram mais de um defeito na mesma carcaça. A única característica em comum entre as amostras é que todas as carcaças que apresentaram bolsão de água (27 carcaças) tinham outro defeito simultaneamente. Das 53 carcaças com abertura abdominal excessiva, 18 apresentaram bolsão de água (33,9%). Já das 34 carcaças com pele rasgada, 6 apresentaram bolsões (17,6%) e nas 24 carcaças com perna deslocada somente 3 carcaças apresentaram bolsões de água (12,5%).

Observou-se que há uma tendência do defeito abertura abdominal ocasionar um maior número de formação de bolsões de água nas carcaças. Os bolsões são espaços vazios que se formam embaixo da pele do frango e que permitem o acúmulo de água durante a etapa de pré-resfriamento por imersão. Estes são responsáveis pelos altos percentuais de absorção de água nas carcaças de frango. Klassen (2008) cita a abertura abdominal como um dos fatores que interferem no processo de absorção de água pelas carcaças.

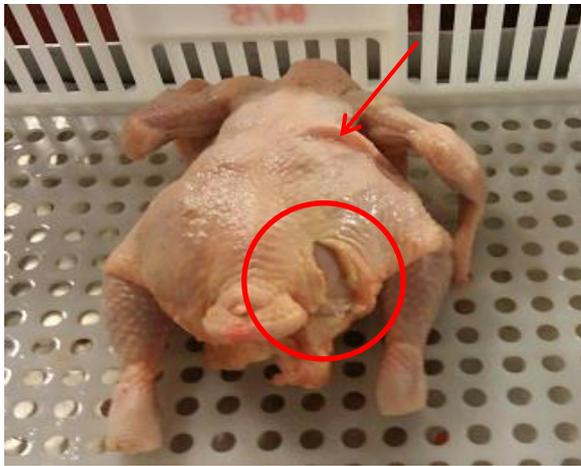
Na Figura 19 podemos verificar os diferentes tipos de defeitos encontrados nas carcaças avaliadas durante este estudo.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 19: Imagens ilustrativas de diferentes tipos de defeitos encontrados nas carcaças avaliadas durante este estudo.

Carcaças com perna deslocada: (a) Vista lateral do deslocamento da perna com presença de bolsão de água; (b) Vista frontal do deslocamento da perna da

carcaça. Carcaças com pele rasgada: (c) Pele rasgada no dorso com presença de bolsão de água; (d) Vista lateral da carcaça com a pele rasgada. Carcaças com abertura abdominal: (e) Carcaça com abertura abdominal; (f) Carcaça com formação de bolsão de água ocasionada pela abertura abdominal.

Para o controle destes defeitos é fundamental que sejam realizadas regulagens frequentes nos equipamentos de evisceração e depenagem, bem como a manutenção preventiva dos mesmos, de forma a evitar a abertura excessiva da cavidade abdominal e perna deslocada/rasgos na pele. Os rasgos na pele podem ser ainda mais acentuados quando da presença de dermatose (arranhões) nas carcaças. Por isso a importância da qualidade da carcaça que vem do campo para o frigorífico.

As temperaturas médias da água do pré-chiller, *chiller* 01, *chiller* 02 e a temperatura de saída das carcaças do sistema de pré-resfriamento foram de 3,9, 1,7, 0,8 e 4,5°C, respectivamente, estando dentro dos limites máximos permitidos pela Portaria nº 210/1998 que é de 16°C para o pré-chiller, 4°C para os *chillers* e 7°C para as carcaças na saída do *chiller* (BRASIL, 1998).

O controle de temperaturas foi realizado através de *Rechillers*. Esse sistema permite um controle de temperatura de maior precisão quando comparado com o resfriamento por gelo, garantindo assim a estabilidade e homogeneidade da temperatura da água do sistema de pré-resfriamento. Observou-se que todas as carcaças avaliadas apresentaram temperaturas inferiores a 7°C na saída do *chiller*, evidenciando que a empresa detém controle adequado do processo de resfriamento.

O resfriamento é considerado uma das etapas mais importantes do processamento da carne de frango, pois a redução da temperatura além de conter o crescimento microbiano, influencia os principais indicadores de qualidade da carne, tais como: sabor, aparência e textura (SAVELL *et al.*, 2005). Segundo James *et al.*, (2006) além do efeito direto sobre os indicadores de qualidade o resfriamento das carcaças é realizado para reduzir a temperatura da carne a um ponto onde a taxa de crescimento de micro-organismos de deterioração é reduzida e o crescimento da maioria dos micro-organismos patogênicos é impedido, garantindo, desta forma, a qualidade microbiológica e segurança do produto.

A Figura 20 apresenta um histograma de frequência para o tempo de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento. Verificou-se uma grande variabilidade nos tempos de retenções das carcaças nos *chillers*, mostrando que existem pontos nos quais as mesmas não seguem o fluxo do processo. Estes pontos foram verificados *in loco*. Essa diferença ocasiona variações nos percentuais de água absorvida pelas carcaças.

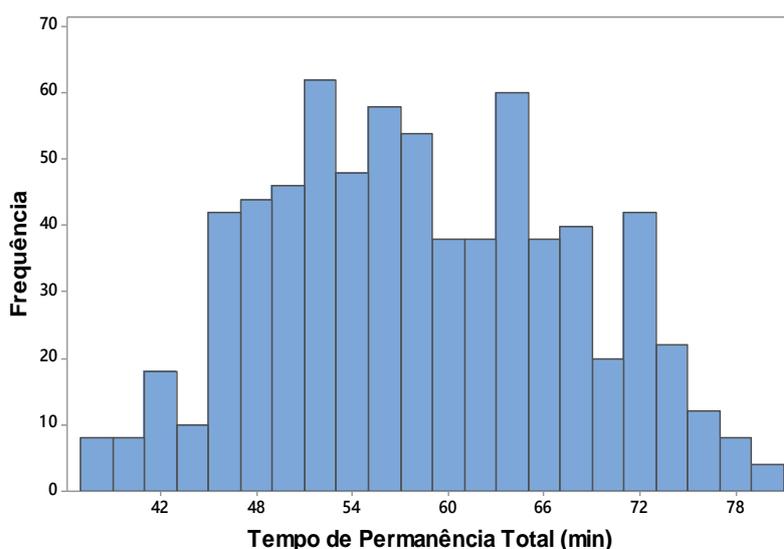


Figura 20: Histograma de frequência do tempo de permanência total das carcaças no sistema de pré-resfriamento.

Corroborando com o observado neste estudo, Carciofi (2005) relatou que um dos fatores que interfere no processo de absorção de água é a pouca mobilidade das carcaças ao percorrerem o equipamento (*chiller*). Além da dificuldade de circulação da água e da redução da área de contato, a permanência das carcaças de frango em diferentes níveis de profundidades promove diferenças no percentual de água absorvido pelas carcaças.

Em estudo do resfriamento de carcaças de frango em *chiller* de imersão, Carciofi (2005) constatou que o tempo de retenção das carcaças dentro do tanque pode sofrer variação de até 25% para aquelas devidamente identificadas, que iniciaram simultaneamente o processo de resfriamento. Durante o transporte pelo sistema de rosca sem fim é normal que algumas carcaças permaneçam em regiões estagnadas ou mesmo fiquem presas em partes do equipamento. Além disso, a

rosca não impõe o mesmo contato sobre todas as carcaças, permitindo que algumas delas atravessem mais rapidamente o sistema de resfriamento em relação às outras.

Deste modo, buscou-se diminuir essa variabilidade do tempo de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento através de adequações estruturais nos tanques (*chillers*) que permitiram um melhor controle do fluxo das carcaças em cada estágio.

5.1.4 Adequações Estruturais no Sistema de Pré-Resfriamento de Carcaças

Para melhorar a distribuição do borbulho foi realizado o reposicionamento das mangueiras nos tanques de resfriamento, onde parte das entradas de ar foram fechadas e para o controle da intensidade do borbulho injetado no sistema de pré-resfriamento foi instalado manômetros (Figura 21). A redução da distância entre os helicóides do pré-*chiller* e *chillers* e a eliminação dos pontos vazios na entrada e saída dos *chillers* 01 e 02 foi realizada a partir da instalação de chapas de inox (Figuras 22 e 23, respectivamente). Também foi reduzido o nível de água de todos os tanques de resfriamento na altura do eixo (Figura 24).

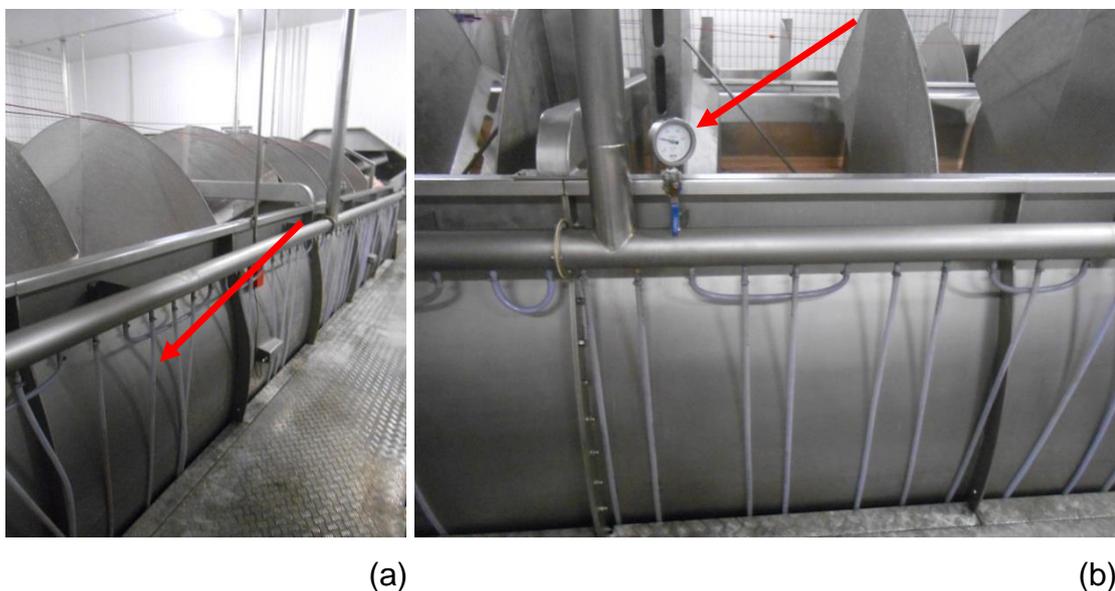


Figura 21: Adequações no sistema de borbulho.

(a) Reposicionamento das mangueiras do borbulho; (b) Instalação de manômetros para controle da pressão do borbulho.



(a)

(b)

Figura 22: Aspecto visual ilustrando a distância entre os helicóides do *chiller*.

(a) Imagem representativa do antes; (b) Imagem ilustrativa após a redução da distância entre os helicóides do pré-*chiller* e *chillers*.



(a)

(b)

Figura 23: Aspecto visual ilustrando os espaços vazios.

(a) Espaços vazios na saída do *chiller* 01 com carcaças presas; (b) Eliminação dos pontos vazios na entrada do *chiller* 01.



Figura 24: Redução do nível da água do pré-chiller e chillers na altura do eixo.

As adequações estruturais auxiliaram na condução das carcaças, evitando que as mesmas ficassem paradas em algum ponto dos *chillers*, presas nos espaços vazios ou retornassem por cima do eixo, permitindo assim, o fluxo das mesmas ao longo do sistema de pré-resfriamento e por conseguinte a redução do tempo de dispersão entre as carcaças.

5.2 EFEITOS DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CARÇAÇAS DE FRANGO

Os efeitos das variáveis tempo de permanência (min), borbulho (bar) e abertura abdominal (cm) foram avaliados utilizando um planejamento composto central 2^3 com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas e a resposta em absorção (%), *dripping* (%), umidade (%), proteína (%), relação umidade/proteína (U/P), atividade de água, pH e gordura (%) nas carcaças de frango (Tabela 10).

Observou-se que o maior percentual de água absorvida pelas carcaças de frango (7,81%), o percentual de *dripping* (5,47%), o percentual de umidade (69,86%) e a atividade de água (0,99), ocorreram no ensaio 8 (Tabela 10) que apresenta 70

min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e 4 cm de abertura abdominal. Já o maior percentual de proteína (16,37%) ocorreu no ensaio 9 (Tabela 10) que apresenta 60 min de tempo de permanência, 0,5 bar de borbulho e 2 cm de abertura abdominal. Quanto a relação umidade/proteína, a maior relação (4,51) ocorreu no ensaio 7 (Tabela 10) que apresenta 50 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e 4 cm de abertura abdominal. O maior pH apresentado foi no ensaio 2 (Tabela 10) (6,61) que apresenta 70 min de tempo de permanência, ausência de borbulho (0 bar) e ausência de abertura abdominal (0 cm). O maior percentual de gordura (15,92%) ocorreu no ensaio 10 (Tabela 10) que apresenta 60 min de tempo de permanência, 0,5 bar de borbulho e 2 cm de abertura abdominal.

Das respostas (variáveis dependentes) analisadas para o frango inteiro, tem-se legislação para o percentual de absorção, *dripping test*, umidade, proteína e relação umidade/proteína (U/P). Verificou-se que o maior percentual de absorção, *dripping* e umidade ocorreu no ensaio 8 (Tabela 10), onde tem-se os valores máximos das variáveis independentes, evidenciando que quanto maior o borbulho, tempo de permanência e abertura abdominal, maior será o percentual de água absorvida pelas carcaças de frango. Já o maior percentual de proteína (16,37%) ocorreu no ensaio 9 (Tabela 10) e a maior relação umidade/proteína ocorreu no ensaio 7 (Tabela 10).

Desta forma observou-se que todos os parâmetros avaliados apresentaram-se dentro dos limites permitidos pela Portaria nº 210/1998 e Instrução Normativa nº 23/2013. Porém nota-se que os resultados de absorção (7,81%) e *dripping* (5,47%) nas carcaças do ensaio 8 estão próximas ao limite máximo permitido que é de 8% para a absorção e 6% para o *dripping test*.

Neste estudo foram definidas como variáveis prioritárias no processo de absorção de água pelas carcaças de frango, o tempo de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento, a intensidade do borbulho (agitação da água) e o tamanho da abertura abdominal, em função do alto impacto que estas variáveis tem sobre o processo de absorção. Por isso a necessidade de controlar essas variáveis, já que em processos de grande escala e com um elevado volume de produção, a ocorrência de anomalias são inerentes aos processos, mesmo que pontuais.

Neste contexto verificou-se que os parâmetros a serem utilizados para garantir um percentual de absorção e *dripping test* dentro dos limites aceitáveis

estão no ponto central, que apresenta 60 min de tempo de permanência, 0,5 bar de borbulho e 2 cm de abertura abdominal. Os resultados podem ser visualizados no ensaio 9, 10 e 11 (Tabela 10).

Tabela 10: Matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores codificados e reais) e resposta em absorção (%), *dripping* (%), umidade (%), proteína (%), relação umidade/proteína (U/P), atividade de água, pH e gordura (%) nas carcaças de frango.

Ensaio	Variáveis Independentes*			Respostas							
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	Absorção (%)	<i>Dripping</i> (%)	Umidade (%)	Proteína (%)	Relação (U/P)	Aw	pH	Gordura (%)
1	-1 (50)	-1 (0)	-1 (0)	4,74	3,11	68,33	16,02	4,27	0,980	6,43	13,28
2	1 (70)	-1 (0)	-1 (0)	4,95	3,35	67,34	15,96	4,22	0,982	6,61	14,22
3	-1 (50)	1 (1)	-1 (0)	5,49	4,90	67,16	15,72	4,27	0,982	6,46	14,74
4	1 (70)	1 (1)	-1 (0)	6,26	5,15	67,64	15,66	4,32	0,981	6,43	15,83
5	-1 (50)	-1 (0)	1 (4)	5,40	3,94	68,01	16,27	4,18	0,978	6,40	14,89
6	1 (70)	-1 (0)	1 (4)	7,11	3,71	66,41	15,70	4,23	0,979	6,54	15,74
7	-1 (50)	1 (1)	1 (4)	6,14	4,69	68,38	15,16	4,51	0,981	6,45	15,70
8	1 (70)	1 (1)	1 (4)	7,81	5,47	69,86	15,95	4,38	0,992	6,38	14,43
9	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	6,61	4,23	68,19	16,37	4,17	0,982	6,42	15,34
10	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	6,52	4,27	68,09	15,93	4,27	0,982	6,36	15,92
11	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	6,58	4,18	68,17	15,98	4,27	0,984	6,44	15,48

* X₁= Tempo de Permanência (min), X₂= Borbulho (bar) e X₃= Abertura Abdominal (cm). Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do pré-chiller, temperatura da água dos chillers, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

A Tabela 17 (Apêndice A) apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), para a absorção de água nas carcaças de frango. Os parâmetros de tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal mostraram uma influência positiva ($p < 0,05$) sobre a absorção de água nas carcaças de frango. Os fatores não significativos foram adicionados a falta de ajuste para a análise de variância – ANOVA (Tabela 18 – Apêndice A).

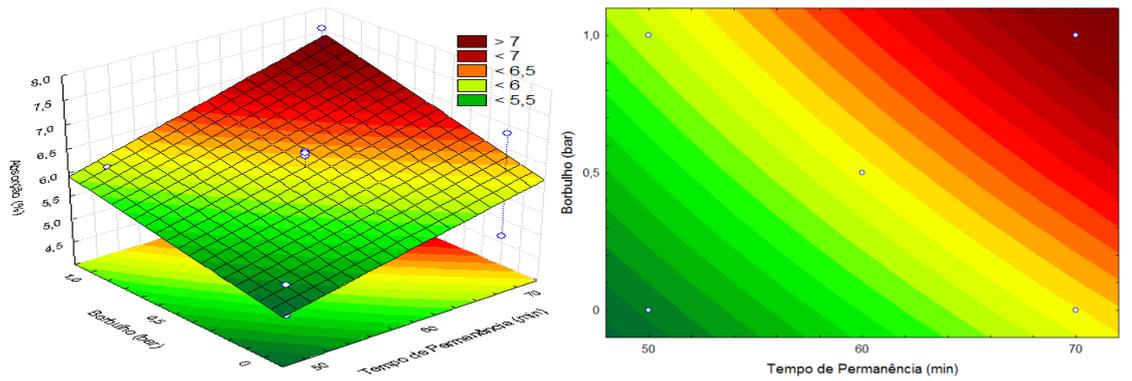
A Equação 4 apresenta o modelo codificado de primeira ordem, que descreve a absorção de água em carcaças de frango em função das variáveis analisadas (tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 18), onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,95 e o F calculado de 1,9 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 25. O coeficiente de correlação quantifica a qualidade do ajustamento, fornecendo uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, variando de 0 a 100 %. O valor de F apresenta a razão entre o F calculado e o F tabelado, ou seja, sempre que esta relação for maior que 1, a regressão é estatisticamente significativa, havendo relação entre as variáveis independentes e dependentes (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

$$\text{Absorção (\%)} = 6,146 + 0,545X_1 + 0,437X_2 + 0,627X_3 + 0,300X_1X_3 - 0,077X_2X_3 \quad (4)$$

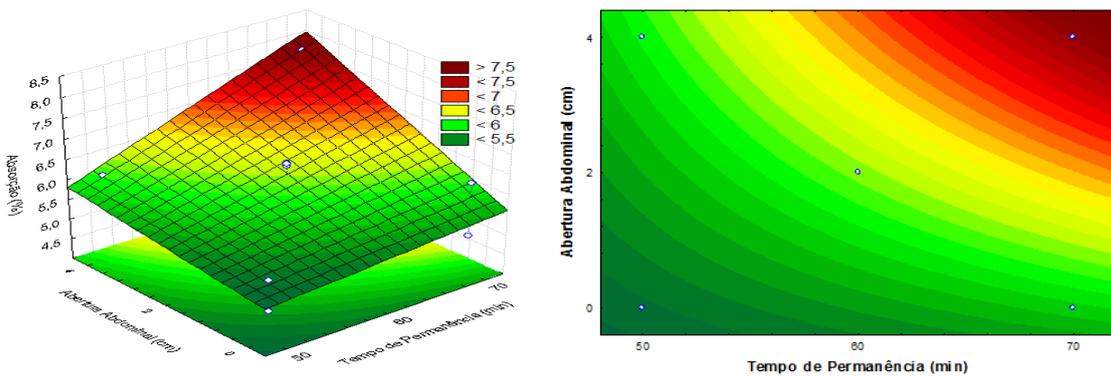
Onde:

Absorção de água nas carcaças (%): X_1 = Tempo de permanência (min); X_2 = Borbulho(bar); X_3 = Abertura abdominal (cm).

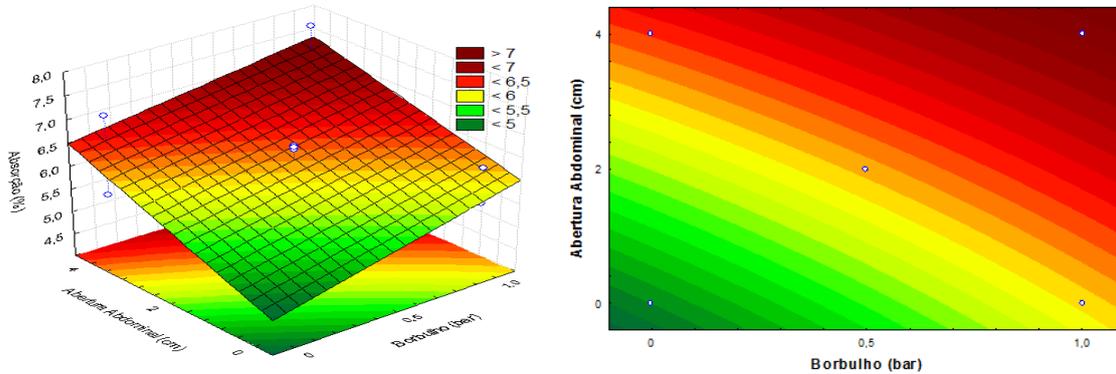
Com base nas superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 25 (a), observou-se que quanto maior o borbulho e maior o tempo de permanência maior será a absorção de água nas carcaças de frango. As faixas estudadas de ambas as variáveis (borbulho e tempo de permanência) limitaram-se em 1 bar de borbulho, por 70 min, devido a essa ser a capacidade máxima de borbulho dos tanques de resfriamento. O tempo de permanência acima de 70 min acarreta em perda de produtividade.



(a)



(b)



(c)

Figura 25: Superfícies de resposta e curvas de contorno para absorção de água nas carcaças de frango (%).

(a) Absorção em função dos parâmetros borbulho (bar) e tempo de permanência (min); (b) absorção em função dos parâmetros abertura abdominal (cm) e tempo de permanência (min); (c) absorção em função dos parâmetros abertura abdominal (cm) e borbulho (bar).

Na Figura 25 (b) e (c) respectivamente, verificou-se que quanto maior a abertura abdominal e o tempo de permanência e maior a abertura abdominal e o borbulho, maior será o percentual de água absorvida pelas carcaças.

A Tabela 19 (Apêndice A) apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), para o percentual de *dripping* nas carcaças de frango. Os parâmetros de tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal mostraram uma influência positiva ($p < 0,05$) sobre o percentual de *dripping* nas carcaças de frango. Os fatores não significativos foram adicionados a falta de ajuste para a análise de variância – ANOVA (Tabela 20 – Apêndice A).

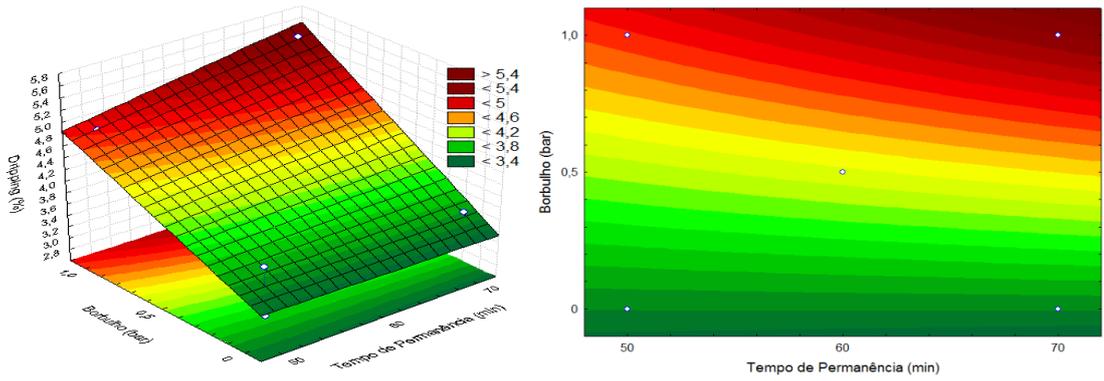
A Equação 5 apresenta o modelo codificado de primeira ordem, que descreve o percentual de *dripping* em carcaças de frango em função das variáveis analisadas (tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 20), onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,98 e o F calculado de 7,55 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 26.

$$Dripping (\%) = 4,272 + 0,130X_1 + 0,762X_2 + 0,162X_3 + 0,127X_1X_2 - 0,135X_2X_3 \quad (5)$$

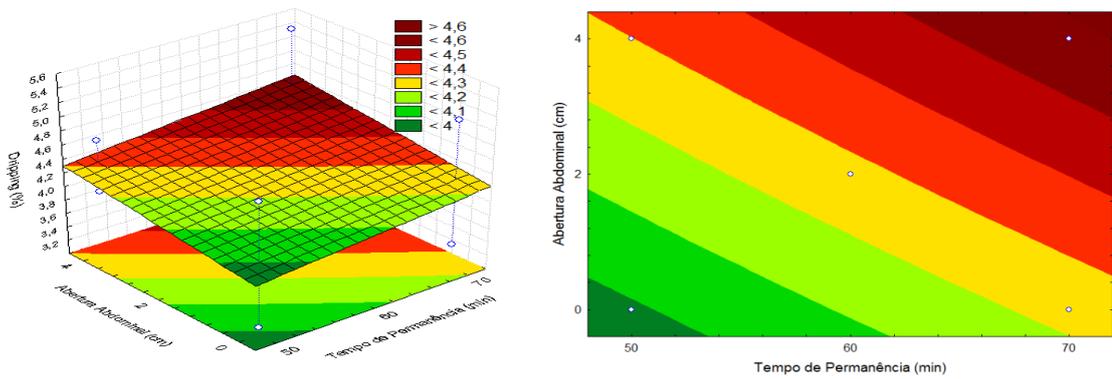
Onde:

Dripping Test (%): X_1 = Tempo de permanência (min); X_2 = Borbulho(bar); X_3 = Abertura abdominal (cm).

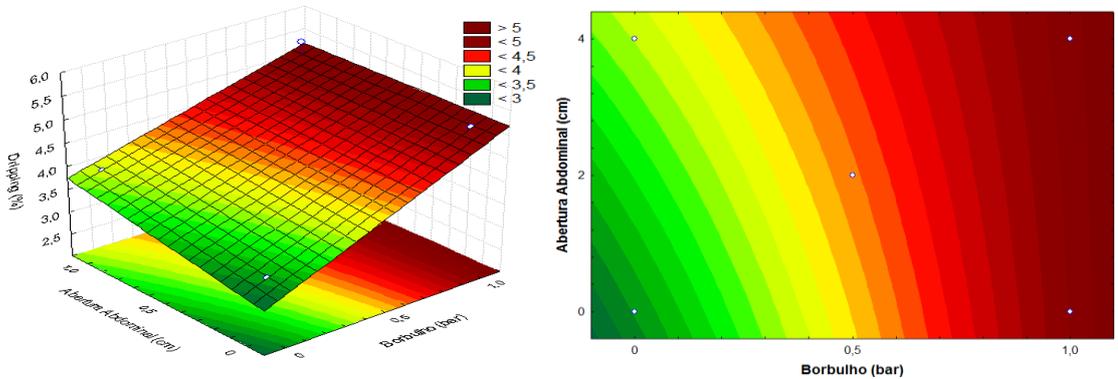
Nas superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 26 (a), observou-se que quanto maior o borbulho e maior o tempo de permanência maior será o percentual de *dripping* nas carcaças de frango. Na Figura 26 (b) verificou-se que quanto maior a abertura abdominal e maior o tempo de permanência, maior será o *dripping*. A Figura 26 (c) mostrou que quanto maior o borbulho, em qualquer abertura, maior será o *dripping*.



(a)



(b)



(c)

Figura 26: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de *dripping* nas carcaças de frango.

(a) *Dripping* em função dos parâmetros borbulho (bar) e tempo de permanência (min); (b) *dripping* em função dos parâmetros abertura abdominal (cm) e tempo de permanência (min); (c) *dripping* em função dos parâmetros abertura abdominal (cm) e borbulho (bar).

A Tabela 21 (Apêndice A) apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), para o percentual de umidade nas carcaças de frango. Os parâmetros de borbulho e abertura abdominal mostraram uma influência positiva ($p < 0,05$) sobre o percentual de umidade nas carcaças de frango. Os fatores não significativos foram adicionados a falta de ajuste para a análise de variância – ANOVA (Tabela 22 – Apêndice A).

A Equação 6 apresenta o modelo codificado de primeira ordem, que descreve o percentual de umidade em carcaças de frango em função das variáveis analisadas (tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 22), onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,96 e o F calculado de 4,25 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 27.

$$\text{Umidade (\%)} = 67,96 + 0,37X_2 + 0,27X_3 + 0,57X_1X_2 + 0,58X_2X_3 \quad (6)$$

Onde:

Umidade (%): X_1 = Tempo de permanência (min); X_2 = Borbulho(bar); X_3 = Abertura abdominal (cm).

Com base nas superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 27 (a), observou-se maior influência da abertura abdominal no percentual de umidade das carcaças de frango, e baixa influência do tempo de permanência. Na Figura 27 (b), observou-se interação positiva entre abertura abdominal e borbulho, sendo que com o aumento destas tem-se maior percentual de umidade.

Segundo Park e Antonio (2006), a determinação de umidade é umas das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos e seu conhecimento é de fundamental importância na conservação e armazenamento, na manutenção da sua qualidade e no processo de comercialização. A umidade de um alimento está relacionada com a sua estabilidade química, bioquímica e microbiológica, podendo prever a vida útil de um determinado produto em determinadas condições de estocagem, entre elas, a temperatura, umidade relativa e características da embalagem.

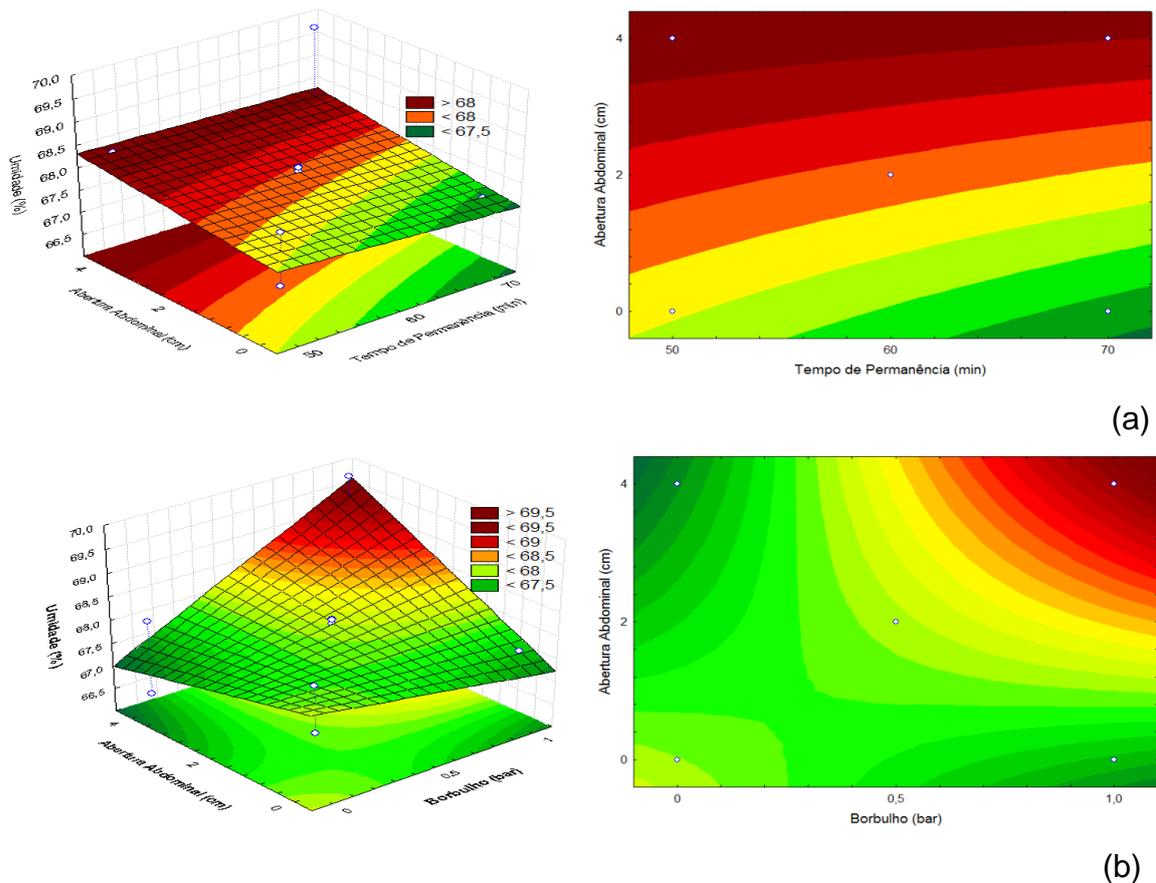


Figura 27: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade nas carcaças de frango.

(a) Em função dos parâmetros abertura abdominal (cm) e tempo de permanência (min); (b) Em função dos parâmetros borbulho (bar) e abertura abdominal (cm).

Os resultados da Tabela 10 foram tratados estatisticamente e a Figura 28 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a atividade de água, onde observou-se que a variável borbulho e a interação entre o borbulho e a abertura abdominal apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) positivo sobre a atividade de água, indicando que possivelmente o borbulho e a interação entre o borbulho e a abertura abdominal ocasionaria um incremento na atividade de água das carcaças de frango.

A Figura 29, apresenta o gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis dependentes proteína (%), relação umidade/proteína (U/P), pH e gordura (%) respectivamente. Verificou-se que nenhuma destas variáveis apresentou efeito significativo ($p > 0,05$), como esperado.

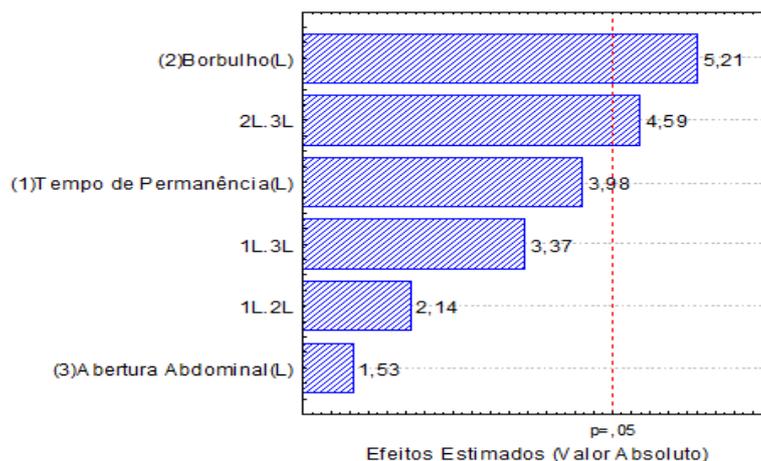


Figura 28: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 , para a atividade de água.

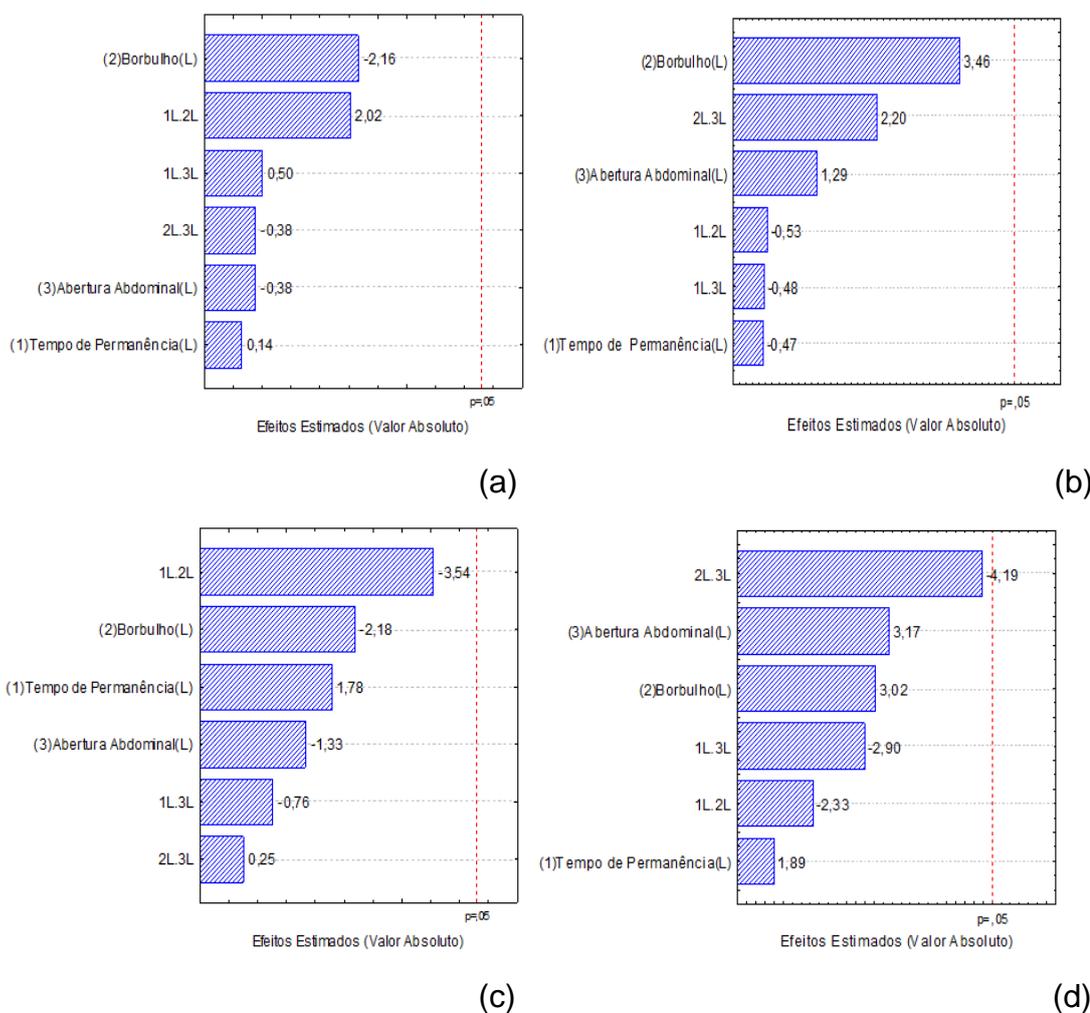


Figura 29: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 . (a) Para a proteína; (b) para a relação umidade/proteína; (c) para o pH e (d) para a gordura.

5.3 EFEITOS DAS VARIÁVEIS DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO SOBRE A ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CORTES DE FRANGO

5.3.1 Peito com Osso e com pele

A Tabela 11 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^3 com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas e a resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito com osso e com pele.

Observou-se que o maior percentual de umidade no peito com pele e com osso (73,5%) ocorreu no ensaio 4 (Tabela 11) que apresenta 70 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e ausência de abertura abdominal.

Tabela 11: Matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito com pele e com osso.

Ensaio	Variáveis Independentes*			Respostas		
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	Umidade (%)	Proteína (%)	Relação (U/P)
1	-1 (50)	-1 (0)	-1 (0)	71,47	20,21	3,54
2	1 (70)	-1 (0)	-1 (0)	72,76	20,60	3,53
3	-1 (50)	1 (1)	-1 (0)	71,94	20,91	3,44
4	1 (70)	1 (1)	-1 (0)	73,48	19,99	3,68
5	-1 (50)	-1 (0)	1 (4)	72,53	20,04	3,62
6	1 (70)	-1 (0)	1 (4)	70,70	21,56	3,28
7	-1 (50)	1 (1)	1 (4)	72,78	19,55	3,72
8	1 (70)	1 (1)	1 (4)	72,26	18,87	3,83
9	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	72,64	20,55	3,54
10	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	72,47	20,44	3,55
11	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	72,62	19,80	3,67

* X₁= Tempo de Permanência (min), X₂= Borbulho (bar) e X₃= Abertura Abdominal (cm). Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do pré-chiller, temperatura da água dos chillers, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

O maior percentual de proteína (21,56%) ocorreu no ensaio 6 (Tabela 11) que apresenta 70 min de tempo de permanência, ausência de borbulho (0 bar) e 4 cm de abertura abdominal. Quanto a relação umidade/proteína a maior relação (3,83) ocorreu no ensaio 8 (Tabela 11) que apresenta 70 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e 4 cm de abertura abdominal.

De acordo com a Instrução Normativa nº 32/2010 (BRASIL, 2010) o limite inferior para o percentual de umidade no peito com pele e com osso é de 67,16% e o limite superior de 75,40%. Para o percentual de proteína o limite inferior é de 17,81% e o limite superior é de 22,05% e para a relação umidade/proteína o limite inferior é de 3,28 e o superior de 3,92. Observou-se que em todos os ensaios realizados os resultados para as três respostas dependentes (umidade, proteína e relação) ficaram dentro do limite permitido pela legislação.

A Tabela 23 (Apêndice B) apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), para o percentual de umidade no peito com pele e com osso. Os parâmetros de borbulho e abertura abdominal mostraram uma influência positiva ($p < 0,05$) sobre o percentual de umidade no peito com pele e com osso. Os fatores não significativos foram adicionados a falta de ajuste para a análise de variância – ANOVA (Tabela 24 – Apêndice B).

A Equação 7 apresenta o modelo codificado de primeira ordem, que descreve o percentual de umidade em função das variáveis analisadas (tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal), dentro das faixas estudadas.

$$\text{Umidade (\%)} = 72,332 + 0,374X_2 - 0,172X_3 + 0,195X_1X_2 - 0,646X_1X_3 \quad (7)$$

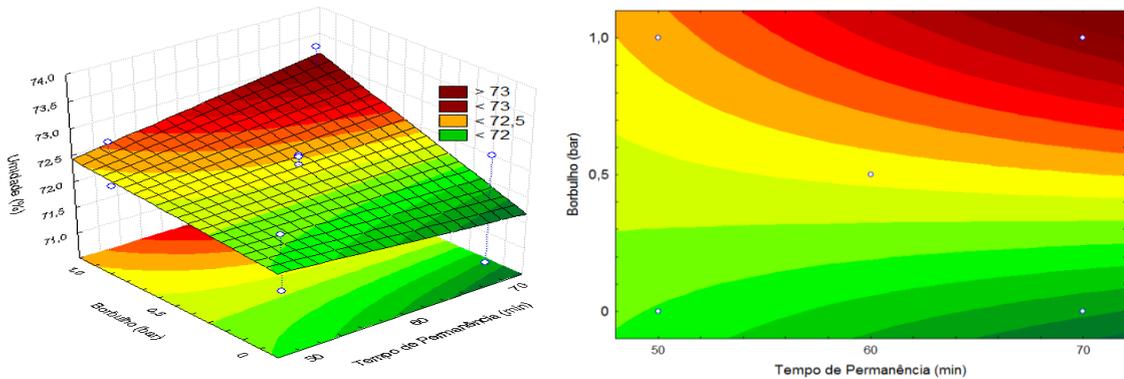
Onde:

Umidade no peito com pele e com osso (%): X_1 = Tempo de permanência (min); X_2 = Borbulho(bar); X_3 = Abertura abdominal (cm).

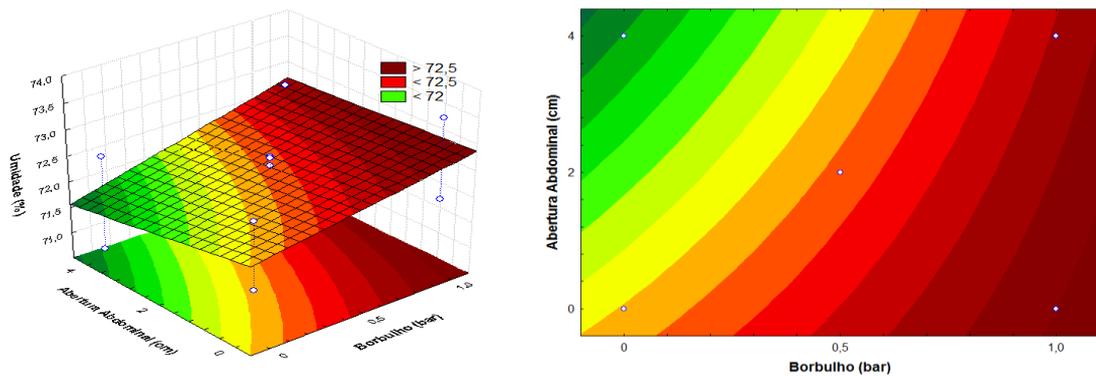
O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 24), onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,95 e o F calculado de 3,44 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 30.

Com base nas superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 30 (a), observou-se que quanto maior o tempo de permanência e maior o

borbulho, maior será o percentual de umidade no peito com pele e com osso e a Figura 30 (b) mostra que quanto maior o borbulho maior será o percentual de umidade.



(a)



(b)

Figura 30: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade no peito com pele e com osso.

(a) Umidade em função dos parâmetros de borbulho (bar) e tempo de permanência (min); (b) umidade em função do borbulho (bar) e abertura abdominal (cm).

A Figura 31 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) respectivamente. Verificou-se que nenhuma destas variáveis apresentou efeito significativo ($p > 0,05$).

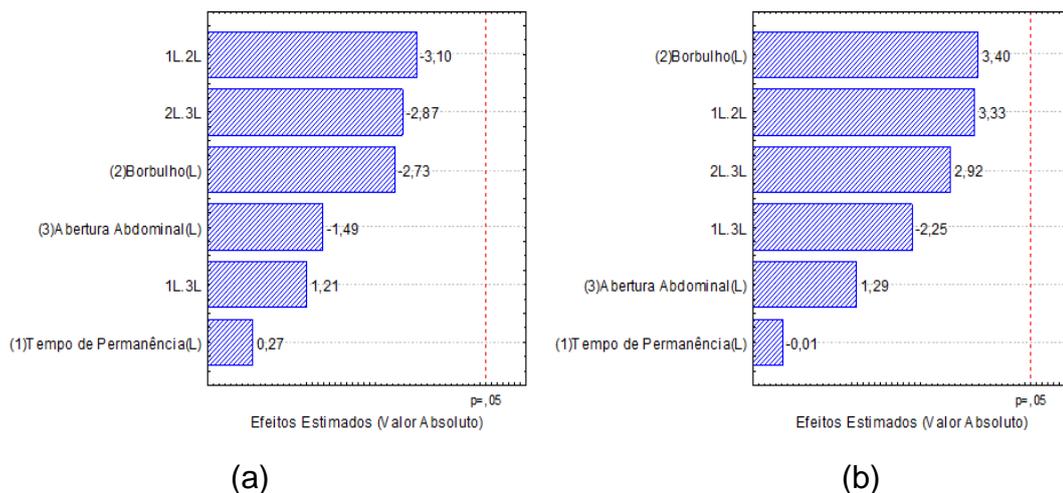


Figura 31: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 .

(a) para a proteína; (b) para a relação umidade/proteína do peito com pele e com osso.

5.3.2 Peito sem osso e sem pele

A Tabela 12 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^3 com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas e a resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito sem osso e sem pele.

Observa-se que o maior percentual de umidade no peito sem pele e sem osso (76,21%) ocorreu no ensaio 8 (Tabela 12) que apresenta 70 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e 4 cm de abertura abdominal. O maior percentual de proteína (23,11%) também ocorreu neste ensaio. Já a maior relação umidade/proteína (3,50) foi maior no ensaio 3 (Tabela 12) que apresenta 50 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e ausência de abertura abdominal (0 cm).

De acordo com a Instrução Normativa nº 32/2010 (BRASIL, 2010) o limite inferior para o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso é de 73,36% e o limite superior de 75,84%. Para o percentual de proteína o limite inferior é de 21,05% e o limite superior é de 24,37% e para a relação umidade/proteína o limite inferior é de 3,03 e o superior de 3,55. Observou-se que nos ensaios 7 e 8 (Tabela 12) a umidade do peito sem pele e sem osso apresentou resultados acima do limite permitido pela legislação, 75,92% e 76,21%, respectivamente. Demais respostas

(proteína e relação umidade/proteína) apresentaram-se dentro dos limites aceitáveis em todos os ensaios.

Tabela 12: Matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) no peito sem pele e sem osso.

Ensaio	Variáveis Independentes*			Respostas		
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	Umidade (%)	Proteína (%)	Relação (U/P)
1	-1 (50)	-1 (0)	-1 (0)	74,61	22,33	3,34
2	1 (70)	-1 (0)	-1 (0)	75,41	22,08	3,42
3	-1 (50)	1 (1)	-1 (0)	75,80	21,65	3,50
4	1 (70)	1 (1)	-1 (0)	75,77	21,78	3,48
5	-1 (50)	-1 (0)	1 (4)	75,73	22,30	3,40
6	1 (70)	-1 (0)	1 (4)	75,65	22,57	3,35
7	-1 (50)	1 (1)	1 (4)	75,92	22,65	3,35
8	1 (70)	1 (1)	1 (4)	76,21	23,11	3,30
9	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	75,24	22,38	3,36
10	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	75,54	22,06	3,42
11	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	75,42	21,92	3,44

* X₁= Tempo de Permanência (min), X₂= Borbulho (bar) e X₃= Abertura Abdominal (cm). Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do pré-chiller, temperatura da água dos chillers, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

A Tabela 25 (Apêndice B) apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2), para o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso. Os parâmetros de borbulho e abertura abdominal mostraram uma influência positiva ($p < 0,05$) sobre o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso. Os fatores não significativos foram adicionados a falta de ajuste para a análise de variância – ANOVA (Tabela 26 – Apêndice B).

A equação 8 apresenta o modelo codificado de primeira ordem, que descreve o percentual de umidade em função das variáveis analisadas (tempo de permanência, borbulho e abertura abdominal), dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância (Tabela 26), onde obteve-se um coeficiente de correlação de 0,80 e o F calculado de 1,64 vezes maior que o valor tabelado, os quais permitiram a construção das superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 32.

$$\text{Umidade (\%)} = 75,572 + 0,288X_2 + 0,240X_3 \quad (8)$$

Onde:

Umidade no peito sem pele e sem osso (%): X_1 = Tempo de permanência (min); X_2 = Borbulho(bar); X_3 = Abertura abdominal (cm).

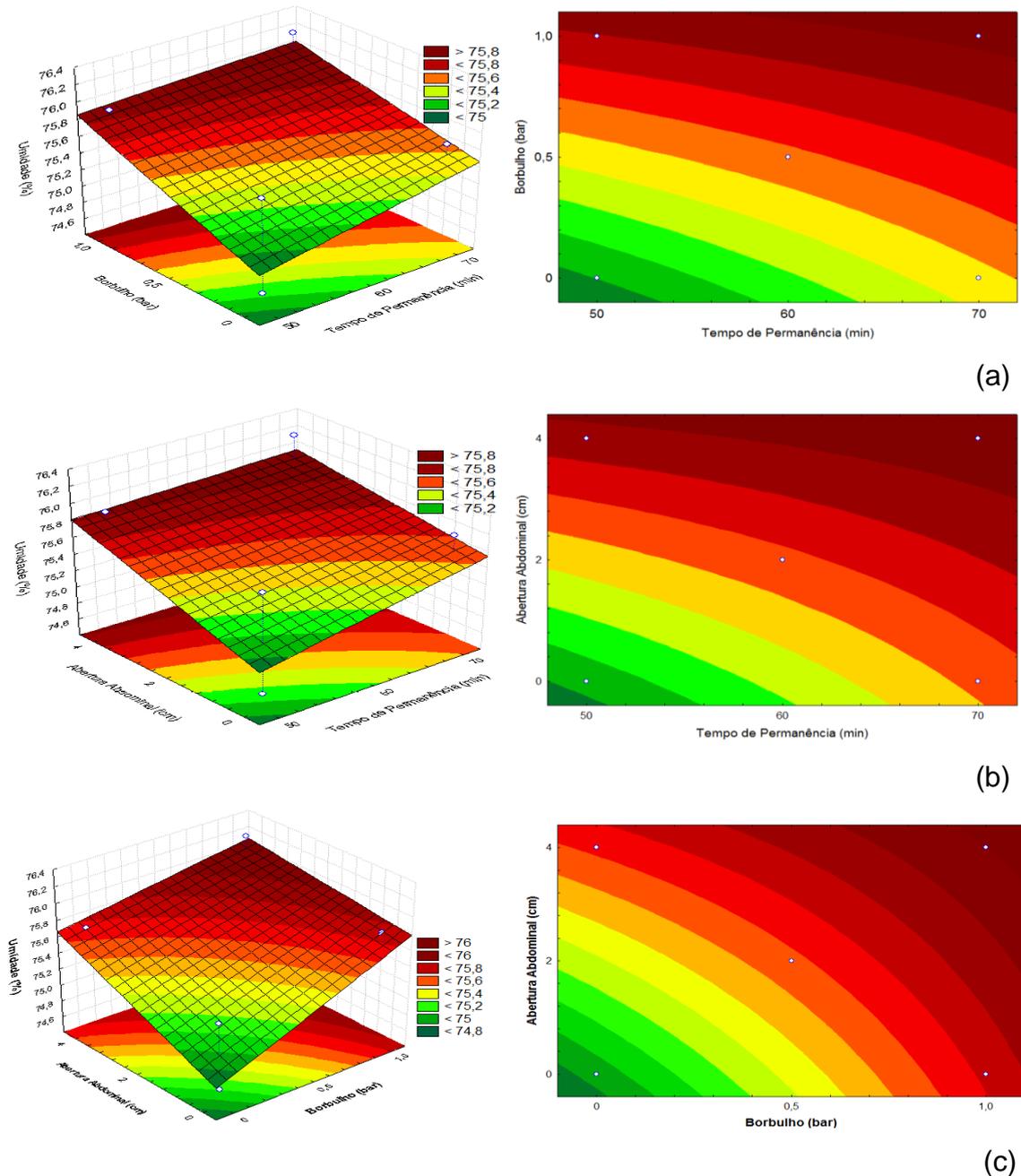


Figura 32: Superfícies de resposta e curvas de contorno para o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso.

(a) Umidade em função dos parâmetros de borbulho (bar) e tempo de permanência (min); (b) umidade em função da abertura abdominal (cm) e tempo de permanência (min); (c) umidade em função da abertura abdominal (cm) e do borbulho (bar).

Com base nas superfícies de resposta e curva de contorno apresentadas na Figura 32 (a), observou-se que quanto maior o borbulho e maior o tempo de permanência, maior foi o percentual de umidade no peito sem pele e sem osso. A Figura 32 (b) mostra que quanto maior a abertura abdominal e maior o tempo de permanência, maior será o percentual de umidade e a Figura 32 (c) mostra que quanto maior a abertura abdominal e maior o borbulho maior a umidade.

A Figura 33 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) respectivamente. Verificou-se que nenhuma destas variáveis apresentou efeito significativo ($p > 0,05$).

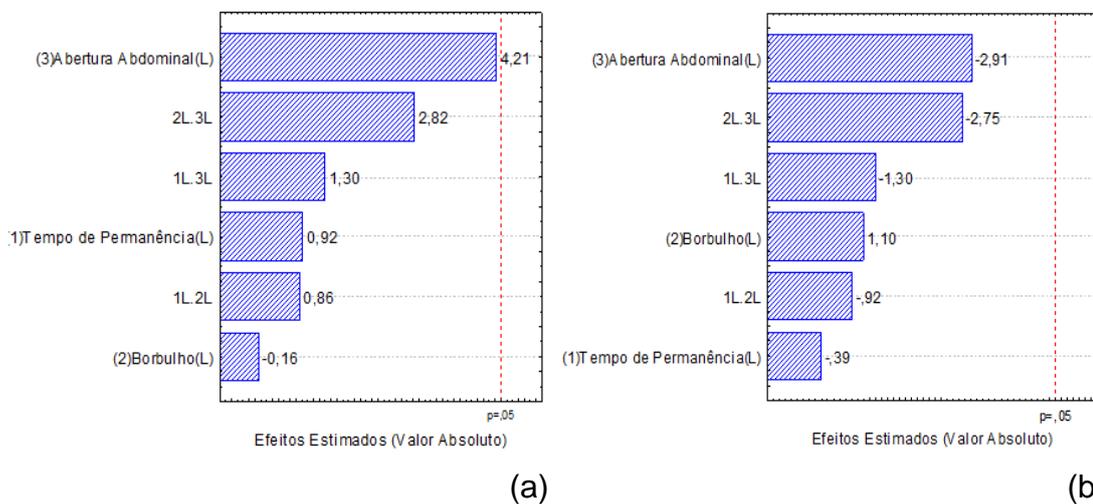


Figura 33: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 .

(a) para a proteína; (b) para a relação umidade/proteína do peito sem pele e sem osso.

5.3.3 Coxa

A Tabela 13 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^3 com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas e a resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na coxa de frango.

Observa-se que o maior percentual de umidade (71,57%) e relação umidade/proteína (4,46) na coxa de frango ocorreu no ensaio 3 (Tabela 13) que apresenta 50 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e ausência de

abertura abdominal. O maior percentual de proteína (16,48%) ocorreu no ensaio 6 (Tabela 13) que apresenta 70 min de tempo de permanência, ausência de borbulho e 4 cm de abertura abdominal.

Tabela 13: Matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na coxa de frango.

Ensaio	Variáveis Independentes*			Respostas		
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	Umidade (%)	Proteína (%)	Relação (U/P)
1	-1 (50)	-1 (0)	-1 (0)	69,98	16,21	4,32
2	1 (70)	-1 (0)	-1 (0)	70,80	16,05	4,41
3	-1 (50)	1 (1)	-1 (0)	71,57	16,04	4,46
4	1 (70)	1 (1)	-1 (0)	70,48	16,18	4,36
5	-1 (50)	-1 (0)	1 (4)	71,13	16,31	4,36
6	1 (70)	-1 (0)	1 (4)	70,05	16,48	4,25
7	-1 (50)	1 (1)	1 (4)	70,63	16,06	4,40
8	1 (70)	1 (1)	1 (4)	70,36	16,26	4,33
9	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	70,44	16,41	4,29
10	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	70,64	16,17	4,37
11	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	70,80	16,28	4,35

* X₁= Tempo de permanência (min), X₂= borbulho (bar) e X₃= Abertura Abdominal (cm). Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do pré-chiller, temperatura da água dos chillers, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

De acordo com a Instrução Normativa nº 32/2010 (BRASIL, 2010) o limite inferior para o percentual de umidade na coxa de frango é de 65,33% e o limite superior de 72,69%. Para o percentual de proteína o limite inferior é de 14,40% e o limite superior é de 17,96% e para a relação umidade/proteína o limite inferior é de 3,83 e o superior de 4,71. Observou-se que em todos os ensaios realizados os resultados para as três respostas dependentes (umidade, proteína e relação) ficaram dentro do limite permitido pela legislação.

Os resultados da Tabela 13 foram tratados estatisticamente e a Figura 34 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas

para a umidade (%) proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) respectivamente. Verificou-se que nenhuma destas variáveis apresentou efeito significativo ($p>0,05$).

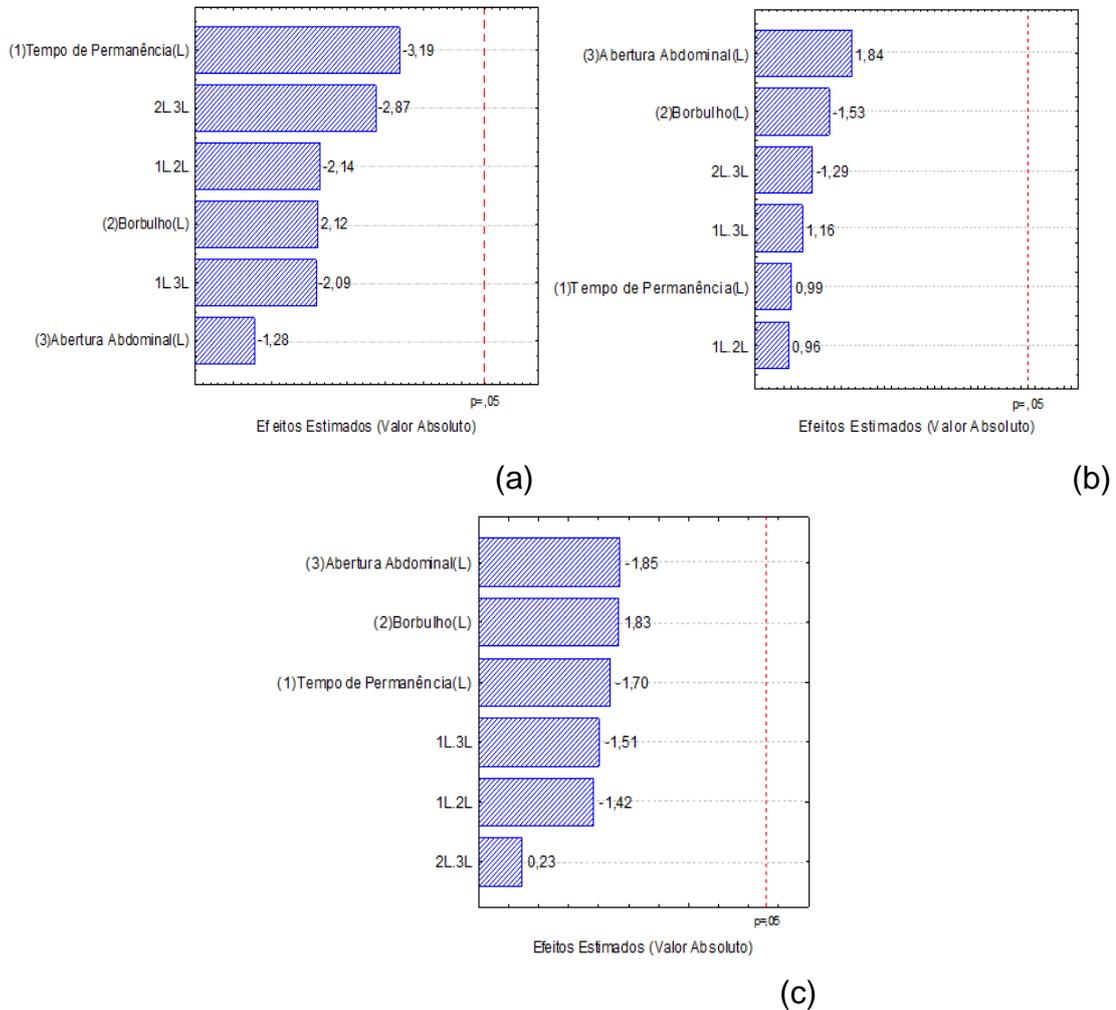


Figura 34: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 .

(a) para a umidade; (b) para a proteína; (c) para a relação umidade/proteína da coxa de frango.

5.3.4 Sobrecoxa

A Tabela 14 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^3 com os valores codificados e reais das variáveis independentes estudadas e a resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na sobrecoxa de frango.

Observa-se que o maior percentual de umidade (66,93%) na sobrecoxa de frango ocorreu no ensaio 8 (Tabela 14) que apresenta 70 min de tempo de permanência, 1 bar de borbulho e 4 cm de abertura abdominal. O maior percentual de proteína (15,67%) ocorreu no ensaio 9 (Tabela 14) que apresenta 60 min de tempo de permanência, 0,5 bar de borbulho e 2 cm de abertura abdominal. Já a maior relação (4,38) ocorreu no ensaio 3 (Tabela 14).

Tabela 14: Matriz do planejamento fatorial 2^3 (valores codificados e reais) e resposta em umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) na sobrecoxa de frango.

Ensaio	Variáveis Independentes*			Respostas		Relação (U/P)
	(X ₁)	(X ₂)	(X ₃)	Umidade (%)	Proteína (%)	
1	-1 (50)	-1 (0)	-1 (0)	65,54	15,25	4,30
2	1 (70)	-1 (0)	-1 (0)	66,38	15,46	4,29
3	-1 (50)	1 (1)	-1 (0)	66,57	15,20	4,38
4	1 (70)	1 (1)	-1 (0)	66,26	15,38	4,31
5	-1 (50)	-1 (0)	1 (4)	66,39	15,54	4,27
6	1 (70)	-1 (0)	1 (4)	66,01	15,49	4,26
7	-1 (50)	1 (1)	1 (4)	66,69	15,41	4,33
8	1 (70)	1 (1)	1 (4)	66,93	15,35	4,36
9	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	65,57	15,67	4,18
10	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	65,88	15,41	4,28
11	0 (60)	0 (0,5)	0 (2)	65,90	15,57	4,23

* X₁= Tempo de permanência (min), X₂= borbulho (bar) e X₃= Abertura Abdominal (cm). Variáveis independentes fixas: pesos das carcaças, velocidade do abate, linha de produção, temperatura dos tanques de escaldagem, temperatura de depenagem, temperatura das carcaças na entrada do sistema de pré-resfriamento, temperatura da água do pré-chiller, temperatura da água dos chillers, tempo de gotejamento e integridade da carcaça.

De acordo com a Instrução Normativa nº 32/2010 (BRASIL, 2010) o limite inferior para o percentual de umidade na sobrecoxa de frango é de 61,09% e o limite superior de 70,97%. Para o percentual de proteína o limite inferior é de 13,50% e o limite superior é de 18,18% e para a relação umidade/proteína o limite inferior é de 3,64 e o superior de 4,72. Observou-se que em todos os ensaios realizados os

resultados para as três respostas dependentes (umidade, proteína e relação) ficaram dentro do limite permitido pela legislação.

Os resultados da Tabela 14 foram tratados estatisticamente e a Figura 35 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis estudadas para a umidade (%) proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) respectivamente. Verificou-se que nenhuma destas variáveis apresentou efeito significativo ($p > 0,05$).

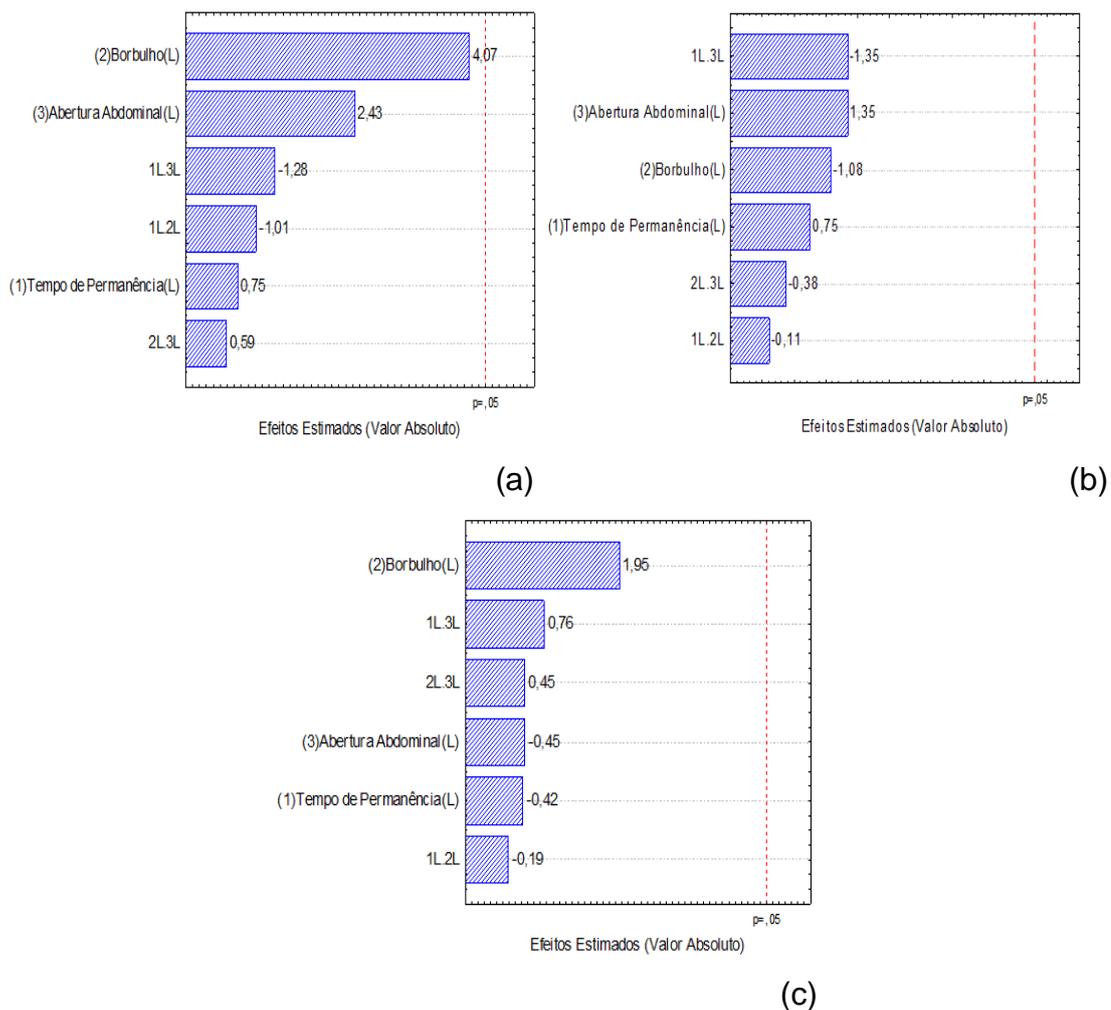


Figura 35: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis estudadas no planejamento experimental fatorial 2^3 .

(a) para a umidade; (b) para a proteína; (c) para a relação umidade/proteína da sobrecoxa de frango.

Como o processo de pré-resfriamento das carcaças que são embaladas como inteiras ou cortadas em partes é o mesmo, viu-se como parâmetro ideal para o

processo em estudo os resultados de umidade (%), proteína (%) e relação umidade/proteína que se encontram no ponto central (60 min de tempo de permanência, 0,5 bar de borbulho e 2 cm de abertura abdominal), baseado no fato de que todos os cortes avaliados apresentaram resultados satisfatórios e dentro dos limites permitidos pela legislação.

5.4 AVALIAÇÃO DOS PERCENTUAIS DE ABSORÇÃO E DRIPPING EM CADA ETAPA DO SISTEMA DE PRÉ-RESFRIAMENTO

A Tabela 15 apresenta os percentuais de absorção de água acumulativos para cada ponto de coleta das carcaças no sistema de pré-resfriamento. Observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os pontos de coleta. Quando avaliado o percentual de água absorvida isoladamente em cada etapa do pré-resfriamento, verificou-se que o pré-chiller é responsável por 3,20% do total de água absorvida, seguido do chiller 01 com 2,49% e chiller 02 com 1,28%.

Tabela 15: Absorção de água (%) nas carcaças nos diferentes pontos de coleta.

Local da Coleta	Tamanho Amostral	Absorção (%)*
Saída do Pré-Chiller	150	3,20 ^c ± 0,56
Saída do Chiller 01	117	5,69 ^b ± 0,76
Saída do Chiller 02	84	6,97 ^a ± 0,64
Após Gotejamento	84	6,51 ^{ab} ± 0,78

* Média seguida de letras iguais indicam não haver diferença significativa á nível de 95% (Teste de Tukey).

A Tabela 16 apresenta os percentuais de *dripping* para cada local de coleta das carcaças no sistema de pré-resfriamento. Observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a saída do pré-chiller e a saída do chiller 01 e a saída do pré-chiller e após o gotejamento. O percentual de água obtido após o descongelamento das carcaças foi de 2,92% no pré-chiller, 1,39% no chiller 01 e 0,36% após o gotejamento.

O tempo médio de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento foram de 20 min ($\pm 1,10$) no pré-chiller, 24 min ($\pm 1,63$) no Chiller 01, 16 min ($\pm 0,63$)

no *chiller 02* e 60 min ($\pm 0,80$) considerando o tempo total de permanência das carcaças nos 3 tanques de resfriamento.

Tabela 16: *Dripping* (%) nos diferentes pontos de coleta.

Local da Coleta	Tamanho Amostral	<i>Dripping</i> (%)*
Saída do Pré- <i>Chiller</i>	30	2,92 ^b \pm 0,59
Saída do <i>Chiller</i> 01	30	4,31 ^a \pm 0,90
Após Gotejamento	30	4,67 ^a \pm 0,78

* Média seguida de letras iguais indicam não haver diferença significativa á nível de 95% (Teste de Tukey).

5.5 AVALIAÇÃO HISTOLÓGICA

Através da utilização de métodos histológicos foi possível visualizar a análise qualitativa da presença da água na musculatura da carne de frango. Pode-se visualizar nas Figuras 36 a 38 as fotomicrografias obtidas pelo método de Hematoxilina-Eosina. Observa-se que em cada etapa do sistema de pré-resfriamento (*pré-chiller*, *chiller* 01 e *chiller* 02) ocorreram diferenças na organização das fibras da carne de frango e distribuição da água.

Observando a Figura 36, verifica-se fibras musculares esqueléticas organizadas e muito espaço extracelular, evidenciando a mudança estrutural que ocorre no músculo durante o processo de absorção de água. Já a fotomicrografia da Figura 37 apresenta tecido muscular esquelético com pouca estriação citoplasmática ao lado de tecido adiposo bem organizado. Nota-se também tecido conjuntivo entre as células adiposas. Na Figura 38 observa-se tecido muscular bem espesso e com bastante núcleos periféricos, porém com estriação citoplasmática. O tecido conjuntivo encontra-se pouco distribuído ao longo das áreas teciduais.

Avaliando as fotomicrografias (Figuras 36 a 38), observa-se que as mudanças estruturais mais acentuadas ocorreram no *pré-chiller*, onde a temperatura das carcaças e da água são maiores, o que contribui para uma maior absorção. Nota-se que no *chiller* 01 as mudanças estruturais na musculatura continuam ocorrendo embora com menor intensidade. No último estágio (*chiller* 02), pode-se evidenciar pequenos espaçamentos entre as fibras. Esse processo vem de encontro ao

apresentado na Tabela 15, onde o maior percentual de absorção de água ocorre no pré-chiller, seguido do chiller 01.

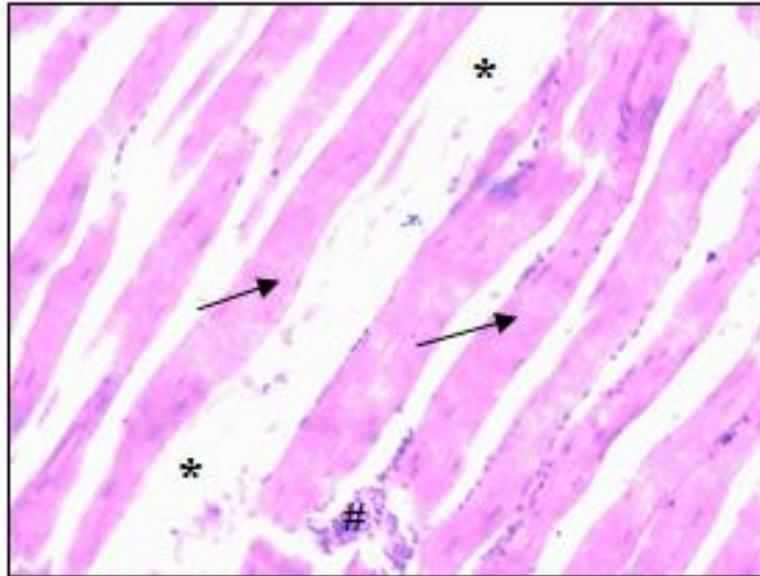


Figura 36: Fotomicrografia da carne de frango no pré-chiller.

Intensa proliferação de células na periferia das fibras musculares (setas), ao lado de pouco tecido conjuntivo (#) e muito espaço extracelular (*).

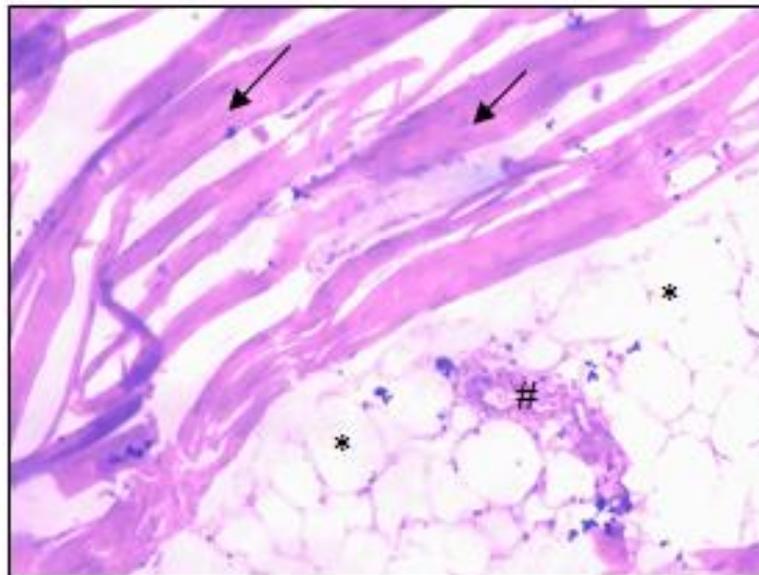


Figura 37: Fotomicrografia da carne de frango no chiller 01.

Tecido muscular esquelético com pouca estriação citoplasmática (setas) ao lado de tecido adiposo bem organizado (*). Nota se tecido conjuntivo entre as células adiposas (#).

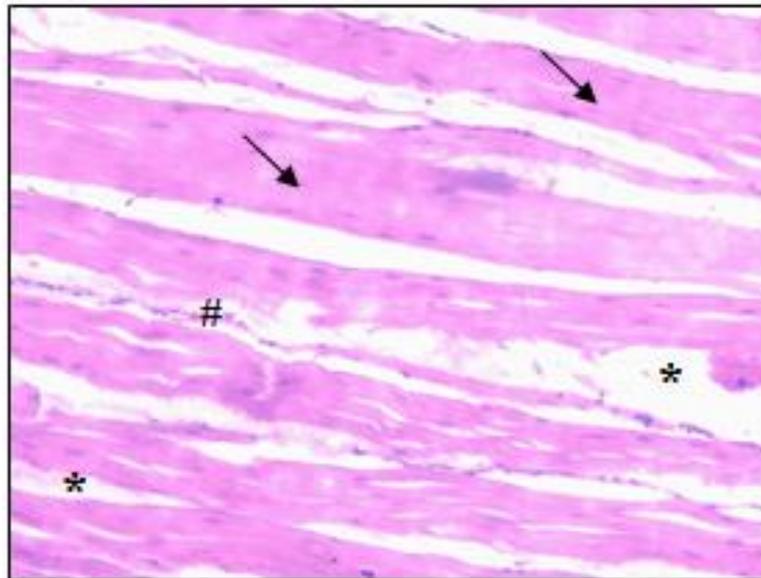


Figura 38: Fotomicrografia da carne de frango no *chiller* 02.

Tecido muscular bem espesso e com bastante núcleos periféricos, porém com estriação citoplasmática (setas). O tecido conjuntivo encontra-se pouco distribuído ao longo das áreas teciduais (#).

Carciofi (2005) relata que o peito é a parte do frango que contém a maior porção de carne, o que leva a um percentual de absorção de água maior nesta região. O músculo do peito que é composto por fibras e espaços interfibras (poros) inicialmente possui baixa quantidade de água. Com a atuação da pressão hidrostática, tem-se o fluxo de água governado pelo mecanismo hidrodinâmico e os poros vão sendo preenchidos até que ocorra saturação da região próxima à superfície da carcaça. Essa saturação é identificada por uma queda na taxa de absorção. Desta forma, a água retida nos poros passa a penetrar o músculo por meio da migração interna governada pelo mecanismo pseudodifusivo.

De acordo com Carciofi e Laurindo (2007), o processo de absorção de água pode ser dividido em duas fases. Numa primeira fase, há o preenchimento dos poros da carne (espaços intracelulares) mais próximos à superfície das carcaças, pelo mecanismo hidrodinâmico. Nesta fase as carcaças de aves absorvem água rapidamente até que os poros (espaços intracelulares) são parcialmente preenchidos por líquidos. Posteriormente a essa fase, de 10 a 15 minutos após a imersão ocorre uma segunda etapa da absorção, onde a água retida nos poros passa a penetrar o músculo por meio da migração interna, através do mecanismo

pseudo-difusivo (lento). Os autores também demonstraram que a temperatura da água, tempo de imersão, pressão hidrostática e agitação da água (promovido por recirculação da água ou por injeção de ar comprimido), são parâmetros determinantes na quantidade de água absorvida pela carcaça.

5.6 AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE ABSORÇÃO APÓS ADEQUAÇÕES ESTRUTURAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A Figura 39 apresenta a análise de capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango após as adequações estruturais e a padronização das variáveis através do delineamento experimental. Observa-se que a média de absorção nas coletas foi de 6,52% ($\pm 0,19$).

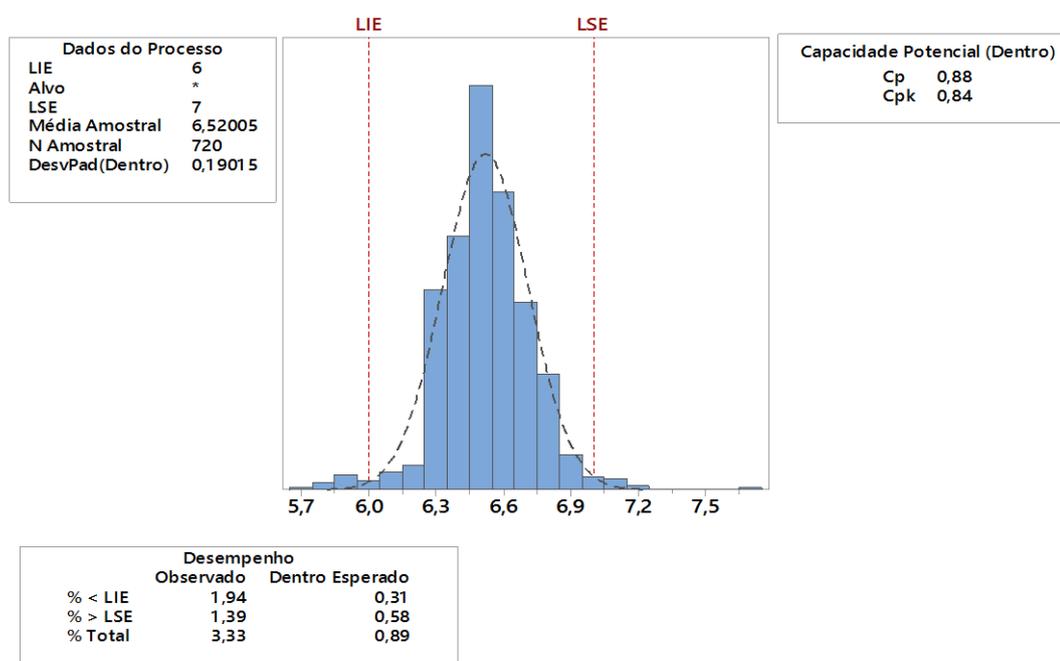


Figura 39: Análise da capacidade do processo de absorção com todas as amostras, após adequações e delineamento.

Foi definido como limite inferior resultados de absorção até 6% e limite superior resultados de absorção até 7%. Como pode-se verificar, somente 3,33% dos resultados ficaram abaixo de 6% ou acima de 7% de absorção, mostrando a estabilidade do processo. Essa variação pode ser considerada normal, já que outros fatores podem interferir no processo de absorção de água pelas carcaças de frango, mesmo que de menor impacto, como por exemplo, a qualidade da carcaça.

O C_p (índice de capacidade potencial do processo) e o C_{pk} (índice de desempenho do processo) ficaram próximos entre si (0,88 e 0,84, respectivamente) indicando que o processo, após as adequações, está praticamente centralizado e, embora tenham ficado menor que 1, apresentaram significativa melhora em relação a avaliação inicial (C_p 0,35 e C_{pk} 0,26). Esta alteração nos índices de capacidade do processo, confirmam uma evolução significativa no processo de absorção de água pelas carcaças de frango. Vale ressaltar que todos os resultados se apresentaram dentro dos limites permitidos pela legislação.

A Figura 40 apresenta a análise de capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango com o LIE (limite inferior de especificação) de 5% e LSE (limite superior de especificação) de 8%.

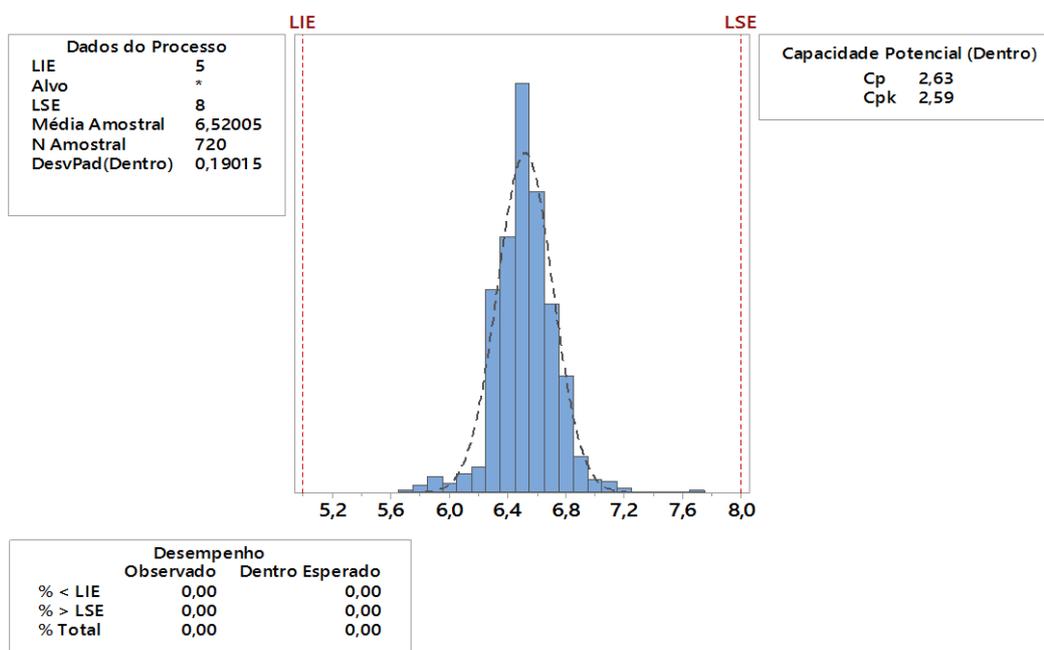


Figura 40: Análise da capacidade do processo de absorção com LIE de 5% e LSE de 8%.

Observa-se que todos os resultados avaliados ficaram dentro desta especificação. Os resultados de C_p e C_{pk} apresentaram resultados maiores que 1,33, mostrando que o processo é potencialmente capaz.

Quando comparado com a Figura 14, gerada a partir das coletas iniciais deste estudo, verificou-se uma evolução significativa no processo de absorção de água pelas carcaças de frango.

6. CONCLUSÕES

A etapa de pré-resfriamento de carcaças é uma das etapas mais importantes do processamento industrial de aves. Existe uma grande preocupação das empresas em conseguir controlar os processos produtivos evitando que possíveis desvios possam resultar em absorção excessiva de água pelas carcaças de frango, podendo prejudicar a imagem da empresa e de seus produtos. Neste contexto, buscou-se conhecer as condições do processo e encontrar soluções e oportunidades de melhoria para essa importante etapa do processamento industrial de frangos.

Na análise de capacidade inicial do processo observou-se que o mesmo está descentralizado e pode ser considerado incapaz (Cpk foi menor que 1 (0,26)).

A análise de componentes principais e de agrupamento mostrou que há uma tendência das variáveis borbulho (agitação da água), tempo de permanência e presença de defeitos interferirem na quantidade de água absorvida pelas carcaças de frango.

A análise estatística descritiva mostrou que não há diferença significativa ($p > 0,05$) entre o peito íntegro e o peito apresentando desnaturação proteica. Já as carcaças com defeito e sem defeito apresentaram diferença significativa a nível de 95% (Test t-Student). Quanto comparados os defeitos abertura abdominal, bolsão de água, perna deslocada e pele rasgada, houve diferença significativa entre o defeito bolsão de água e os demais defeitos.

No delineamento experimental observou-se que os melhores parâmetros a serem utilizados para garantir um percentual de absorção e *dripping test* dentro dos limites aceitáveis nas carcaças de frango estão no ponto central. Os resultados de umidade, proteína e relação umidade/proteína (U/P) para os cortes de frango, ficaram dentro do limite permitido em todos os ensaios, com exceção do peito sem osso e sem pele que apresentou resultado de umidade acima do limite permitido pela legislação nos Ensaios 7 e 8.

Os resultados de umidade, proteína e relação umidade/proteína (U/P) do ponto central apresentam resultados satisfatórios para o processo em estudo e dentro dos limites permitidos pela legislação (IN 32/2010) para todos os cortes avaliados. Verificou-se que nenhuma das variáveis estudadas apresentou efeito

significativo ($p > 0,05$) sobre a umidade (%) proteína (%) e relação umidade/proteína (U/P) dos cortes de coxa e sobrecoxa de frango.

O percentual de absorção de água pelas carcaças de frango apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os pontos de coleta (saída do pré-chiller, saída do chiller 01, saída do chiller 02 e após o gotejamento). Quanto ao *dripping test* observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a saída do pré-chillere a saída do chiller 01 e a saída do pré-chiller e após o gotejamento. O tempo médio de permanência das carcaças no sistema de pré-resfriamento foram de 20 min ($\pm 1,10$) no pré-chiller, 24 min ($\pm 1,63$) no chiller 01, 16 min ($\pm 0,63$) no chiller 02 e 60 min ($\pm 0,80$) considerando o tempo total de permanência das carcaças nos 3 tanques de resfriamento.

A análise histológica de porções de peito de frango mostrou que as mudanças estruturais mais acentuadas ocorreram no pré-chiller, porém nota-se que no chiller 01 as mudanças estruturais continuam ocorrendo embora com menor intensidade.

As adequações estruturais no sistema de pré-resfriamento e a padronização do processo através do delineamento experimental, permitiram diminuir a variabilidade dos resultados de absorção tendo um maior controle do processo e menor risco de violação da legislação.

A análise de capacidade de processo final mostrou um cpk maior que 1 (2,59), demonstrando-se capaz de atender aos limites de absorção estabelecidos pela legislação vigente.

7.0 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Avaliar a influência do peso das carcaças no percentual de absorção de água em carcaças e cortes de frango durante o pré-resfriamento. A faixa de peso médio das carcaças de frango avaliadas neste estudo foram de 900 a 1100g. Desta forma nota-se a necessidade de avaliar o percentual de absorção em faixas de frangos com pesos menores (600 a 800g) e pesos maiores (até 1700g).

8.0 REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **História da Avicultura no Brasil**. Disponível em: < http://www.ubabef.com.br/a_avicultura_brasileira/historia_da_avicultura_no_brasil>. Acesso em 18 de abril de 2014a.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual de Avicultura 2013**. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em 18 de abril de 2014b.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual de Avicultura 2015**. Disponível em: < http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2016.

ALLEN, V.M., CORRY, J.E.L., BURTON, C.H., WHYTE, R.T., MEAD, G.C. Hygienic aspects of modern poultry chilling. **International Journal of Food Microbiology**, 58: 39-48, 2000.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of Analysis** – 18 th.Ed. Gaithersburg, MD, 2007.

AVISITE – O PORTAL DA AVICULTURA NA INTERNET. **Exportação de Carne de Frango**. Disponível em:<<http://avisite.com.br/economia/index.php?acao=exportacao>. Exportação de Carne de Frango>. Acesso em 21 de fevereiro de 2016b.

AVISITE – O PORTAL DA AVICULTURA NA INTERNET. **Produção de Carne de Frango**. Disponível em:<<http://avisite.com.br/economia/index.php?acao=carnefrango>>. Acesso em 21 de fevereiro de 2016a.

BARBUT, S. Advances in primary poultry meat harvesting. **World's Poultry Science**, 66, 399–410, 2010.

BARBUT, S. **Post Mortem Changes**. In: Poultry Products Processing – An Industry Guide, pp. 55-60 (CRC Press, New York, NY). 2002.

BARBUT, S. Review: Automation and meat quality-global challenges. **Meat Science**, 96, 335-345, 2014.

BARBUT, S. The Science of Poultry and Meat Processing. **Food Science Department**. University of Guelph Canada, 764 p. 2015.

BARBUT, S., MOZA, L.F., NATTRESS, F., DILTS, B., GILL, C.O. The microbiological conditions of air or water chilled carcasses at the same poultry packing plant. **Journal of Applied Poultry Research**, 18: 501-507, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria Nº 210, de 10 de novembro de 1998**. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999**. Métodos Analíticos Físico-Químicos para Controle de Produtos Cárneos e seus Ingredientes – Sal e Salmoura. Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 08, de 11 de março de 2009**. Método Oficial para Determinação dos Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água Contida em Cortes de Aves. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 23, de 3 de setembro de 2013**. Parâmetros para avaliação do teor total de água contida em frangos resfriados. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Circular nº 818/2010/CGPE/DIPOA de 26 de novembro de 2010. **Normas Russas Aves**.

Normas referentes a produção e circulação da carne de aves. Aditamento Circular 681/2010/CGPE/DIPOA. Brasília, 2 p., 2010b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000**. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para abate humanitário de animais de açougue. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Ofício Circular/DIPOA nº 010/2005, de 03 de maio 2005. **Programa de Prevenção e Controle da Adição de Água aos Produtos**. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 32, de 26 de julho de 2010**. Parâmetros para Avaliação do Teor Total de Água Contida nos Cortes de Frangos, Resfriados e Congelados. Brasília, 2010a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Aves**. Brasília. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>>. Acesso em 26 de Junho de 2014.

BRIZIO, A.P.R.; FAGUNDES, G.A.; PRENTICE, C. **Avaliação quantitativa do teor de água contido em cortes congelados de frango**. Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos, v.3, n.1, p. 69-71, 2012.

BUENO, F.G.L. **Diagnóstico do Uso de Energia Elétrica de um Frigorífico de Frangos de Corte Enfatizando Medidas de Eficiência Energética**. Tese de Doutorado, UNICAMP, São Paulo, 2008.

CARCIOFI, B.A.M. **Estudo do resfriamento de carcaças de frango em chiller de imersão em água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, março de 2005.

CARCIOFI, B.A.M.; LAURINDO, J.B. Experimental results and modeling of poultry carcass cooling by water immersion. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 30 (2), 447 – 453, 2010.

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

CARROLL, C.D.; ALVARADO, C.Z. Comparison of air and immersion chilling on meat quality and shelf life of marinated broiler breast fillets. **Poultry Science**, 87, 368-372, 2008.

CAVANHA FILHO, A.O. **Estratégia de Compras**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2006.

COLEMAN, S. Y.; STEWARDSON, D. J. Use of measurement and charts to inform management decisions. **Managerial Auditing Journal**, v. 17, n. 1-2, p. 16-19, 2002.

DÍAZ, F.L.C. **Competitividade e Coordenação na Avicultura de Corte: Análise de Empresas (São Paulo-Brasil e Lima-Peru)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2007.

DINÇER, I. **Heat Transfer in Food Cooling Applications**. Washington: Ed. Taylor & Francis, 399 p., 1997.

DUFOUR, E.; RENO, J. P. Propriétés structurantes de l'eau dans les produits à structure cellulaire. muscle, viande et produits carnés. In: LE MESTE, M.; LORIENT, D.; SIMATOS, D. (Eds.). Propriétés de l'eau dans les aliments. Lavoisier: **Tec&Doc**, p. 159-188, 2002.

DYER, J. **Personal Communication**, 2007.

ESQUARCINI, R. **Classificação e ranqueamento dos municípios paranaenses segundo suas políticas setoriais através da análise multivariada**. 117 p. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

FANATICO, A. Small Scale Poultry Processing. **ATTRA Publication IP231**. National Center for Appropriate Technology, 2003.

FIGUEIREDO, E.A.P.; SCHMIDT, G.S.; AVILA, V.S.; JAENISCH, F.R.F.; PAIVA, D.P. **Recomendações técnicas para a produção, abate, processamento e comercialização de frangos de corte**. Embrapa Suíno e Aves. Sistemas de Produção, vol. 3, 2007. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/SistemaProducaoFrangosCorteColoniais/preparro.htm>>. Acesso em 29 de janeiro de 2016.

FLETCHER, D.L. Slaughter Technology. **Poultry Science**, 78, p. 277-281, 1999.

GONÇALEZ, P.U.; WERNER, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais. **Gestão & Produção**, 16(1), p. 121-132, 2009.

GRIGG, N.; WALLS, L. Developing statistical thinking for performance improvement in the food industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 24(4), 347-369, 2007.

GULF STANDARD 986, 2015. Technical Regulation. Frozen chickens. <https://www.gso.org.sa/standards/viewPublicStandard.seam?cid=6470>. Acesso em agosto de 2016.

HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Trad. SANT'ANNA, A.S; CHAVES NETO, A.. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ J. M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, 34(3), 807-816, 2000.

HUEZO, R.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K.; FLETCHER, D.L. Effect of Immersion or Dry Air Chilling on Broiler Carcass Moisture Retention and Breast Fillet Functionality. **The Journal of Applied Poultry Research**, 16, 438 – 447, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. São Paulo, 2005.

JAMES, C.; VINCENT, C.; LIMA, T.I.; JAMES, S.J. The primary chilling of poultry carcasses - a review. **International Journal of Refrigeration**, 29, 847 – 862, 2006.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, inc., 1998.

JUNQUEIRA, L. C., J. CARNEIRO. **Histologia e seus métodos de estudo**. In Histologia Básica. Guanabara Koogan, São Paulo, Brasil, p. 1-23, 2008.

JURAN, J. M. **A função qualidade**. In: JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. Controle da Qualidade: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, v. 1, p. 10-31, 1991.

KATZ, M.; DAWSON, L.E. Water absorption and retention by cut up broiler parts chilled in polyphosphate solutions. **Poultry Science**, 43, 1541-1546, 1964.

KLASSEN, T. **Uso de redes neurais artificiais para a modelagem da temperatura e da retenção de água no processo de resfriamento de carcaças de frangos por imersão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

KLASSEN, T., MARTINS, T.D., CARDOZO-FILHO, L.; SILVA, E.A. Modelagem do sistema de resfriamento por imersão de carcaças de frangos utilizando redes neurais artificiais. **Acta Scientiarum Technology**, 31(2), 201-205, 2009.

LIMA, J. D. **A análise econômico-financeira de empresas sob a ótica da estatística multivariada**. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setores de Tecnologia e de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LUCAS, T.; RAOULT-WACK. A.L. Immersion chilling and freezing in aqueous refrigerating media: review and future trends. **International Journal of Refrigeration**, 21(6), 419-429, 1998.

LUDTKE, C.B.; CIOCCA, J.R.P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P.C.; VILELA, J.A. **Abate Humanitário de Aves**. WSPA – Sociedade Mundial de Proteção Animal. Rio de Janeiro – RJ, 120p., 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Abate%20H_%20de%20Aves%20-%20WSPA%20Brasil.pdf> Acesso em 14 de abril de 2014.

MARTINS, T.D., KLASSEN, T., CANEVESI, R.L.S., BARELLA, R.A., CARDOZO FILHO, L. and SILVA, E.A. Modeling the water uptake by chicken carcasses during cooling by immersion. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 31, 571–576, 2011.

MEAD, G.C. **Microbial hazards in production and processing**. in: MEAD, G.C. (Ed.), Poultry meat processing and quality, pp. 232-257 (New York, CRC Press), 2004.

MENDES, A.A. **Características de interesse industrial das principais linhagens de frango de corte criadas no Brasil**. In: Industrialização de carne de frango. Campinas: CTC-ITAL, 1992.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Química Nova**, 21(4), 467-469, 1998.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 8 th Edition, Wiley, 2013.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, 2009.

MORRIS e ASSOCIATES. **Trocadores de calor (Chillers de Água/Re-chillers)**. Disponível em: <<http://www.morris-associates.com/pt-br/products/poultry-chilling/heat-exchangers-water-chillersre-chillers/>>. Acesso em 28 de agosto 2014.

MOUNTNEY, J.G.; PARKHURST, R.C. **Poultry Products Technology**, 3rd ed. New York: Food Products Press, pp. 171–186, 1995.

NEVES FILHO, L.C. **Estudo de algumas variáveis no resfriamento contínuo por imersão de frango**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1978.

NEVES FILHO, L.C. Resfriamento rápido de frutas e hortaliças. **Revista Frutas & Legumes**, p. 14-20, 2002.

NICOLAU, J.P. **Variáveis envolvidas nas etapas de insensibilização e pré-resfriamento no abate de frangos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2012.

NORTHCUTT, J.K., BUHR, R.J., YOUNG, L.L. Influence of pre-slaughter stunning on turkey breast muscle quality. **Poultry Science** 77: 487-92, 1998.

NORTHCUTT, J.K. Preslaughter factors affecting poultry meat quality, in: SAMS, A.R. (Ed.) **Poultry Meat Processing**, p. 5-18 (New York, CRC Press), 2001.

NORTHCUTT, J.K. **Extension poultry scientist: factors influencing optimal feed withdrawal duration**, 2003. Disponível em: <<http://pubs.caes.uga.edu/caespubs/pubcd/B1187.html>>. Acesso em: 27 de agosto de 2014.

NUNES, F. Enfriar las Canales es Cuidar la Calidad y el Rendimiento. **Indústria avícola**, 52(2), 10-16, 2005.

OBDAM, J. **Resfriamento de carcaças de aves em ar ou água – Implicações microbiológicas e de qualidade da carne**, 2005. Disponível em:<http://www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/3.doc>. Acesso em 12 de abril de 2014.

OFFER, G.; COUSIN, T. The mechanism of drip production – formation of 2 compartments of extracellular-space in muscle postmortem. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, 58, 107-116, 1992.

OLIVEIRA, J.B.; SOUTO, R.R.; MAIA, R.D.A.; MEIRA, J.A.; LIMA, V.S.P. **Análise da capacidade de um processo: um estudo de caso baseado nos indicadores cp e cpk**. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2011.

OLIVO, R. **O mundo do frango: a cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: Varela, 680p. 2006.

PAGNUSSATTO C.J. **Rastreabilidade na indústria avícola em sistema integrado: o caso do teor de água total em cortes de frango**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, fevereiro de 2005.

PAOLAZZI, E. D.; NOREÑA, C. P.; BRANDELLI, A. Water Absorption and Temperature Changes in Poultry Carcasses during Chilling by Immersion. **International Journal of Food Engineering**, 9(1), 129–134, 2013.

PARK, K.J.; ANTONIO, G.C. **Análises de materiais biológicos**. FEAGRI, Unicamp, 2006. Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/analise_matbiologico.pdf>. Acesso em: 24 novembro 2014.

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

POLO-REDONDO Y.; CAMBRA-FIERRO J. Influence of the standardization of a firm's productive process on the long-term orientation of its supply relationships: An empirical study. **Industrial Marketing Management**, 37(4), 407-420, 2008.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos. Uma estratégia sequencial de planejamentos**. 1ª ed. Campinas, SP: Casa do Pão Editora, 2005.

RUSSELL, S.M. Spoilage bacteria associated with poultry, in: SAMS, A.R. (Ed.) **Poultry Meat Processing**, pp. 159-180 (New York, CRC Press), 2001.

SAMS, A.R. First processing: slaughter through chilling, in: SAMS, A.R. (Ed.) **Poultry Meat Processing**, p. 19-34 (New York, CRC Press), 2001.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão & Produção**, 15(1), 43-56, 2008.

SANTOS, A.B., ANTONELLI, S.C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão & Produção**, 18(3), 509-524, 2011.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Boletim técnico - PIE-UFES: 02107: Processamento da carne de frango**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2007.

SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, 70, 449 – 459, 2005.

SAVENIJE, B., SCHREURS, F.J., WINKELMAN-GOEDHART, H.A., GERRITZEN, M.A., KORF, J., LAMBOOIJ, E. Effects of feed deprivation and electrical, gas, and captive needle stunning on early postmortem muscle metabolism and subsequent meat quality. **Poultry Science**, 81: 561-571, 2002.

SCHMIDT, F.C.; CARCIOFI, B.A.M.; LAURINDO, J.B. Salting operational diagrams for chicken breast cuts: Hydration-dehydration. **Journal of Food Engineering**, 88, 36-44, 2008.

SHARMA, B.; GADENNE, D. An empirical investigation of the relationship between quality management factors and customer satisfaction, improved competitive position and overall business performance. **Journal of Strategic Marketing**, 16(4), 301-14, 2008.

SILVA, R. R. **Estudo da transferência de calor em tanque submerso: influencias do modo e da intensidade da agitação da água**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

STANDARDIZATION ORGANIZATION FOR G.C.C (GSO). Meat and Meat Products-Physical Tests. GSO 593/1995.

STUART, S.J., , SHADE, J.E. **Improving performance through statistical thinking**. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2000. 171 p.

TINOCO, M. A. C.; RIBEIRO, J. L. D. Estudo qualitativo dos principais atributos que determinam a percepção de qualidade e de preço dos consumidores de restaurantes a la carte. **Gestão & Produção**, 15(1), 2008. [http:// dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000100008](http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000100008).

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (CE) n. 543/2008, de 16 de junho de 2008. Regras de Execução do Regulamento (CE) n. 1234/2007 do Conselho no que respeita as Normas de Comercialização para a Carne de Aves de Capoeira. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, L 157. Disponível: <[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri= CELEX:32008R0543&qid=1472691424430&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0543&qid=1472691424430&from=EN)> Acesso em 06 de março de 2016.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBAN, L. Assessement of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, 32(12), 3581-3592, 1998.

VISSOTTO, F. Z.; KIECKBUSCH, T. G.; NEVES FILHO, L. C. Pré-resfriamento de Produtos-modelo Utilizando Ar-forçado. **Brazilian Journal Food Technology**, 3, 1-10, 2000.

WANG, L.; SUN, D. W. Recent developments in numerical modelling of heating and cooling in the food industry – a review. **Trends in Food Science e Technology**, 14, 408-423, 2003.

WANZELER, M.S.; FERREIRA, L.M.L.; SANTOS, Y.B.I. **Padronização de processos em uma empresa do setor moveleiro: um estudo de caso**. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil, 2010.

WUNDERLIN, D. A.; DÍAZ, M. DEL P.; VALERIA, A. M.; PESCE, S. F; HUED, A. C.; BISTONI, M de L. A. Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Suquía River Basin (Córdoba-Argentina). **Water Research**, 35(12), 2881-2894, 2001.

YOUNG, L.L., SMITH, D.P. Moisture retention by water- and air-chilled chicken broilers during processing and cutup operations. **Poultry Science**, 83, 119-122, 2004.

APÊNDICE A

Tabela 17: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para a absorção de água em carcaças de frango.

	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t (2)	p
Média	6,15	0,01	444,84	0,0000
(1) Tempo de Permanência (L)	0,55	0,02	33,64	0,0009
(2) Borbulho (L)	0,44	0,02	27,00	0,0014
(3) Abertura Abdominal (L)	0,63	0,02	38,73	0,0007
1L.2L	0,07	0,02	4,01	0,0569
1L.3L	0,30	0,02	18,52	0,0029
2L.3L	-0,08	0,02	-4,78	0,0410

* Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 18: Análise de variância para a absorção de água em carcaças de frango do planejamento fatorial 2^3 .

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	7,83	5	1,57	9,51
Resíduo	0,82	5	0,16	
Falta de Ajuste	0,82	3		
Erro Puro	0,00	2		
Total	8,65	10		

Resíduos= Falta de ajuste + Erro puro; Coeficiente de Correlação $R=0,95$, $F_{tab 95\%}=5,05$

Tabela 19: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2^3 para o *dripping test* em carcaças de frango.

	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t (2)	p
Média	4,27	0,01	314,27	0,0000
(1) Tempo de Permanência (L)	0,13	0,02	8,15	0,0147
(2) Borbulho (L)	0,76	0,02	47,83	0,0004
(3) Abertura Abdominal (L)	0,16	0,02	10,19	0,0095
1L.2L	0,13	0,02	8,00	0,0153
1L.3L	0,01	0,02	0,47	0,6844
2L.3L	-0,14	0,02	-8,47	0,0137

* Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 20: Análise de variância para o *dripping test* em carcaças de frango do planejamento fatorial 2³.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	5,27	5	1,05	38,14
Resíduo	0,14	5	0,03	
Falta de Ajuste	0,13	3		
Erro Puro	0,00	2		
Total	5,41	10		

Resíduos= Falta de ajuste + Erro puro; Coeficiente de Correlação R=0,98, Ftab 95% =5,05

Tabela 21: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2³ para o percentual de umidade em carcaças de frango.

	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t (2)	p
Média	67,96	0,02	4207,23	0,0000
(1) Tempo de Permanência (L)	-0,08	0,02	-4,18	0,0528
(2) Borbulho (L)	0,37	0,02	19,49	0,0026
(3) Abertura Abdominal (L)	0,27	0,02	14,43	0,0048
1L.2L	0,57	0,02	29,92	0,0011
1L.3L	0,05	0,02	2,51	0,1290
2L.3L	0,59	0,02	30,93	0,0010

* Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 22: Análise de variância para o percentual de umidade em carcaças de frango do planejamento fatorial 2³.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	7,00	4	1,75	19,23
Resíduo	0,55	6	0,09	
Falta de Ajuste	0,54	4		
Erro Puro	0,01	2		
Total	7,55	10		

Resíduos= Falta de ajuste + Erro puro; Coeficiente de Correlação R=0,96, Ftab 95% =4,53

APÊNDICE B

Tabela 23: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2³ para o percentual de umidade no peito com osso e com pele.

	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t (2)	p
Média	72,33	0,03	2518,92	0,0000
(1) Tempo de Permanência (L)	0,06	0,03	1,83	0,2085
(2) Borbulho (L)	0,37	0,03	11,11	0,0080
(3) Abertura Abdominal (L)	-0,17	0,03	-5,12	0,0361
1L.2L	0,20	0,03	5,79	0,0285
1L.3L	-0,65	0,03	-19,20	0,0027
2L.3L	0,08	0,03	2,35	0,1431

* Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 24: Tabela Análise de variância para o percentual de umidade no peito com osso e com pele do planejamento fatorial 2³.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	5,01	4	1,25	15,59
Resíduo	0,48	6	0,08	
Falta de Ajuste	0,46	4		
Erro Puro	0,02	2		
Total	5,49	10		

Resíduos= Falta de ajuste + Erro puro; Coeficiente de Correlação R=0,95, Ftab 95% =4,53

Tabela 25: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial completo 2³ para o percentual de umidade no peito sem osso e sem pele.

	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t (2)	p
Média	75,57	0,05	1677,05	0,0000
(1) Tempo de Permanência (L)	0,12	0,05	2,35	0,1432
(2) Borbulho (L)	0,29	0,05	5,46	0,0320
(3) Abertura Abdominal (L)	0,24	0,05	4,54	0,0452
1L.2L	-0,06	0,05	-1,10	0,3847
1L.3L	-0,07	0,05	-1,32	0,3164
2L.3L	-0,10	0,05	-1,91	0,1966

* Fatores estatisticamente significativos (p<0,05).

Tabela 26: Análise de variância para o percentual de umidade no peito sem osso e sem pele do planejamento fatorial 2³.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F calculado
Regressão	1,13	2	0,56	7,29
Resíduo	0,62	8	0,08	
Falta de Ajuste	0,57	6		
Erro Puro	0,04	2		
Total	1,74	10		

Resíduos= Falta de ajuste + Erro puro; Coeficiente de Correlação R=0,80, Ftab 95% =4,45