

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

*Recebu*

*Este exemplar corresponde a redação final da  
tese defendida por Carmen Josefina Contreras  
Castillo e aprovada pela Comissão Julgadora  
em 10.11.95*

*Nelson J. Beraquet*

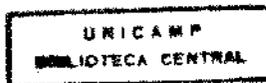
EFEITOS DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DA  
DESOSSA A QUENTE NA QUALIDADE DA CARNE DO PEITO  
(MÚSCULO *Pectoralis major*) DE FRANGO

Carmen Josefina Contreras Castillo  
Engenheiro de Alimentos

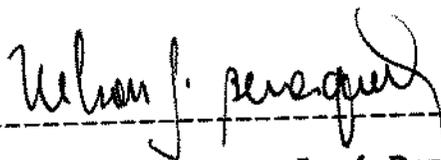
ORIENTADOR: Prof. Dr. Nelson José Beraquet

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia  
de Alimentos da Universidade Estadual de  
Campinas, para a obtenção do título de  
Doutor em Tecnologia de Alimentos.

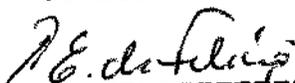
Campinas  
Estado de São Paulo - Brasil  
1995



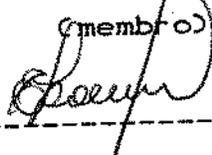
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nelson José Beraquet  
(Orientador)



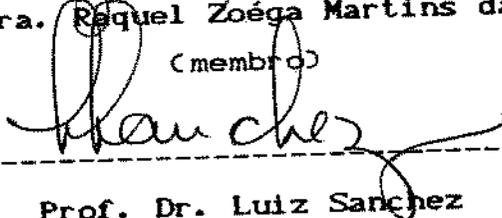
Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício  
(membro)



Prof. Dr. Edir Nepomuceno da Silva  
(membro)



Prof. Dra. Raquel Zoéga Martins da Silva  
(membro)



Prof. Dr. Luiz Sanchez  
(membro)

Prof. Dr. Murilo Graner  
(membro)

Profa. Dra. Maria Amélia Chaib de Moraes  
(membro)

Campinas, de

de 1995.

Dedico este trabalho a:

Mãe, Josefina

Pai, Urbano

Lourdes, força e carinho

Daniel, orientação

Angel e Simón, apoio

Alex, carinho

Verónica e Flor, alegria

Aos colegas do CTC e ao pessoal que trabalha comigo no Laboratório de Microbiologia do CTC, pelo incentivo, colaboração e amizade.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Tecnologia de Alimentos, por tornarem possível a realização deste Curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.

Agradeço sinceramente ao Dr. Nelson José Beraquet pela orientação, e acima de tudo, pelo incentivo ao trabalho científico e por me ter introduzido na área de pesquisa de carne e pelos anos de convivência no CTC - ITAL.

À Diretoria do Instituto de Tecnologia de Alimentos, da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, pelas facilidades outorgadas para a execução deste estudo.

Agradeço aos pesquisadores Andrea Gómez Viana, Marcelo Corrêa, Giovana Barreto, pela ajuda dada para a realização da parte experimental no abatedouro e à Katia M.V.A. Cipolli e à Jussara Della Torre pelo apoio na análise de cor e informação necessária.

Agradeço particularmente, à Maria Teresa Galvão pela valiosa colaboração pelo acompanhamento nas idas ao abatedouro, pelo auxílio nas correções do texto e pela amizade.

À pesquisadora Hana K. Arima pelas sugestões em certas análises químicas, correções do texto, por sua disponibilidade e pela amizade.

Ao Sr. Miguel W. Gwyther, Gerente da JARVIS do Brasil, pelo empréstimo do estimulador elétrico e pela confiança na realização deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Roberto Machado de Moraes pela ajuda emprestada para realizar certas análises bioquímicas no laboratório de Química -ITAL e pelas sugestões para a sua realização.

Ao Sr. João Carlos Vieira, Gerente do Abatedouro Predileto, pela permissão de realizar os experimentos e coleta de amostras e ao Sr. Cloves, encarregado da produção, pela ajuda dos seus funcionários do referido Abatedouro.

Aos Engenheiros Francisco Eguchi, Victor Bravo e ao técnico em eletrônica Edson Luis David pela ajuda prestada no controle dos aparelhos elétricos, pela solidariedade, paciência e amizade deles.

A Dra. Lúcia por ter confiança e pelo apoio nos momentos difíceis, além de sua amizade.

Ao pessoal de Biomédicas e Biologia-Genética da UNICAMP pelo empréstimo de equipamentos.

A Dra. Nora Marcela Haun Quirós de Dpto. de Bioquímica-Biologia pelo empréstimo de botijão de nitrogênio líquido.

Aos estagiários Alexandre, Lilian, Renatona, Walfrido, Pardal, Freddy, Gabriela, Acassio, Kátia e Roberta pelo apoio e ajuda nos diversos períodos da parte experimental do trabalho.

Ao pessoal técnico Orlando, Célia, Marta, Gláucia, Tânia, Maristela, Josiane, Rivaldo, Gilson, Sandra e Aparecido pela colaboração na parte experimental e sobretudo pela amizade.

E a todos que, de alguma maneira, tornaram possível a realização deste trabalho.

Minha gratidão

# ÍNDICE

Página

ÍNDICE DE QUADROS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
RESUMO .....	1x
SUMMARY .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1. OPERAÇÕES DO ABATE DE AVES .....	4
3.1.1. ATORDOAMENTO E SANGRIA .....	4
3.1.2. ESCALDAMENTO .....	6
3.1.3. DEPENAGEM .....	7
3.1.4. EVISCERAÇÃO .....	8
3.1.5. RESFRIAMENTO .....	9
3.2. CONVERSÃO DO MÚSCULO EM CARNE .....	11
3.2.1. GLICÓLISE E QUEDA DO pH .....	11
3.2.2. MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS .....	13
3.2.3. EFEITO DAS MODIFICAÇÕES <i>POST-MORTEM</i> .....	13
3.3. ATORDOAMENTO ELÉTRICO .....	15
3.3.1. AÇÃO NA FISIOLOGIA DA AVE .....	15
3.3.2. EFEITO DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE QUALIDADE DA CARÇAÇA E CARNE DO PEITO ( <i>P. major</i> ) ...	19

3.4. ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA .....	22
3.4.1. EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA MACIEZ DA CARNE DE PEITO (MÚSCULO <i>P. major</i> ) DE FRANGO .....	22
3.4.2. EFICÁCIA DO ESTÍMULO ELÉTRICO .....	25
3.5. DESOSSA A QUENTE .....	28
3.6. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS, FÍSICAS E SENSORIAIS DA CARNE .....	31
3.6.1. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NA CARNE (CRA).....	31
3.6.2. COR .....	33
3.6.3. TEXTURA .....	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	37
4.1. EFEITO DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO (ESTUDO 1) .....	38
4.1.1. ANÁLISE FÍSICA <i>POST-MORTEM</i> NA CARCAÇA .....	38
4.1.2. ANÁLISE NA CARNE DE PEITO DE FRANGO .....	40
4.1.3. ANÁLISE SENSORIAL .....	40
4.2. EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E TIPO DE DESOSSA NA MACIEZ DA CARNE DE PEITO DE FRANGO (ESTUDO 2) .....	42
4.2.1. DETERMINAÇÃO DO TEMPO E DA VOLTAGEM ADEQUADOS PARA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA .....	42
4.2.2. ANÁLISE FÍSICA .....	45
4.3. EFEITO DA INTERAÇÃO ATORDOAMENTO X ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DA CARCAÇA NA QUALIDADE DA CARNE DE PEITO DE FRANGO (ESTUDO 3) .....	47
4.4. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARCAÇA E DA CARNE DE PEITO .....	48
4.4.1. ANÁLISE FÍSICA .....	48

4.4.1.1. Eficiência do atordoamento .....	48
4.4.1.2. Liberação das penas .....	48
4.4.1.3. Avermelhamento .....	48
4.4.1.4. Coágulo de sangue ou hemorragia no músculo do peito .....	49
4.4.1.5. Ossos quebrados .....	49
4.4.1.6. Eficiência da sangria .....	49
4.4.1.7. Cor do músculo do peito .....	49
4.4.1.8. Força de cisalhamento .....	50
4.4.1.9. Perda de peso durante o cozimento .....	50
4.4.2. ANÁLISE QUÍMICA .....	50
4.4.2.1. Umidade .....	50
4.4.2.2. Proteína .....	50
4.4.2.3. Capacidade de retenção de água .....	51
4.4.3. ANÁLISE BIOQUÍMICA ... ..	51
4.4.3.1. pH .....	51
4.4.3.2. Glicogênio .....	51
4.4.3.3. Valor R .....	51
4.4.3.4. Ácido láctico .....	52
4.4.4. ANÁLISE SENSORIAL .....	52
 4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	52
  5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
 5.1. EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE DA CARCAÇA E CARNE DE FRANGO (ESTUDO 1).....	55
5.1.1. EFICIÊNCIA DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO .....	55
5.1.2. EFICIÊNCIA NA SANGRIA .....	55
5.1.3. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO NA INCIDÊNCIA DE LESÕES NA CARCAÇA .....	58
5.1.4. EFEITO NA RETIRADA DAS PENAS .....	61
5.1.5. AVALIAÇÕES FÍSICAS E SENSORIAIS .....	63
5.1.5.1. Força de cisalhamento e maciez.....	63
5.1.5.2. Suculência e qualidade global .....	65
5.1.5.3. Perda de peso durante o cozimento (%) .....	66

5.1.5.4. Cor do músculo do peito .....	67
- Luminosidade ( $L^*$ ) .....	67
- Teor de vermelho ( $a^*$ ) .....	70
- Teor de amarelo ( $b^*$ ) .....	70
5.1.6. AVALIAÇÃO QUÍMICA .....	71
5.1.6.1. Umidade e proteína .....	71
5.1.6.2. Capacidade de retenção de água .....	73
5.1.7. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA .....	73
5.1.7.1. pH .....	73
5.1.7.2. Valor R .....	78
5.1.7.3. Glicogênio .....	82
5.2. EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA NA MACIEZ DO PEITO DE FRANGO .....	87
5.2.1. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA .....	87
5.2.1.1. Força de cisalhamento e maciez .....	87
5.2.1.2. Suculência e qualidade global .....	91
5.2.1.3. Perda de peso (%) durante cozimento .....	92
5.2.2. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DO PEITO .....	93
5.2.2.1. Força de cisalhamento e maciez .....	93
5.2.2.2. Suculência e qualidade global .....	101
5.2.2.3. Perda de peso (%) durante o cozimento .....	103
5.2.3. EFEITO DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA COR DO MÚSCULO DO PEITO .....	107
5.2.3.1. Luminosidade ( $L^*$ ) .....	107
5.2.3.2. Teor de vermelho ( $a^*$ ) .....	107
5.2.3.3. Teor de amarelo ( $b^*$ ) .....	109
5.3. EFEITO DAS DIFERENTES INTERAÇÕES DE ATORDOAMENTO, ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA (EE) E TIPO DE DESOSSA NA QUALIDADE DO MÚSCULO DO PEITO (ESTUDO 3) .....	111
5.3.1. AVALIAÇÕES FÍSICAS E SENSORIAIS .....	111
5.3.1.1. Força de cisalhamento e maciez .....	111
5.3.1.2. Suculência e qualidade global .....	113

5.3.1.3. Perda de peso (%) durante o cozimento.....	114
5.3.1.4. Cor do músculo de peito .....	116
- Influência do atordoamento, da estimulação elétrica e do resfriamento na cor do músculo do peito .....	117
5.3.2. AVALIAÇÃO QUÍMICA .....	120
5.3.3. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA .....	121
5.3.3.1. pH .....	121
5.3.3.2. Valor R .....	125
5.3.3.3. Glicogênio .....	130
5.3.3.4. Ácido láctico .....	132
6. CONCLUSÕES .....	137
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	139
8. ANEXO	

## ÍNDICE DE QUADROS

	Página
1. Medida da ação do atordoamento elétrico pelo teste da sensibilidade da crista .....	55
2. Amperagem e médias da medida do atordoamento elétrico das porcentagens da perda de sangue a frequência de 60Hz .....	56
3. Médias das porcentagens de perda de sangue a frequências elevadas e 40V .....	58
4. Lesões na carcaça de frango .....	59
5. Efeitos das condições de atordoamento na ocorrência de ossos quebrados e presença de hemorragia no músculo do peito ..	60
6. Liberação das penas de frango (região peitoral) após atordoamento a 60Hz .....	61
7. Liberação das penas de frango (região peitoral) após atordoamento a diferentes frequências e 40V .....	62
8. Força de cisalhamento e maciez da carne de peito em relação às condições de atordoamento elétrico e ao tipo de desossa .....	64
9. Médias da suculência e qualidade global da carne de peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa .....	65
10. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa .....	67

11. Parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) do músculo de peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa .....	68
12. Teor de umidade, capacidade de retenção de água e teor de proteína do músculo do peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa .....	72
13. Valores médios de pH <i>post-mortem</i> do músculo <i>Pectoralis major</i> de frango, em relação às condições do atordoamento elétrico e ao tipo de desossa .....	74
14. Valores médios de valor R do músculo <i>Pectoralis major</i> de frango, em relação às condições de atordoamento elétrico e ao tipo de desossa.....	79
15. Valores médios de glicogênio do músculo <i>Pectoralis major</i> em relação às condições de atordoamento elétrico e ao tipo de desossa .....	84
16. Forças de cisalhamento e maciez da carne do peito em relação às condições de estimulação elétrica e ao tipo de desossa .....	87
17. Suculência e qualidade global da carne de peito em relação às condições de E.E. e ao tipo de desossa.....	91
18. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito com relação às condições de estimulação elétrica e ao tipo de desossa .....	92
19. Força de cisalhamento e maciez da carne de peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa .....	95

20. Suculência e qualidade global da carne de peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa .....	103
21. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa ..	106
22. Parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) do músculo de peito em relação à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa .....	108
23. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na força de cisalhamento e na maciez .....	111
24. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na suculência e qualidade global .....	114
25. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito .....	115
26. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica (EE) e tipo de desossa nos parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ ) do músculo do peito após resfriamento.....	117
27. Influência do atordoamento, estimulação elétrica e resfriamento nos valores de $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ de músculo do peito .....	118
28. Influência do atordoamento, estimulação elétrica e desossa na umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e proteína do músculo do peito .....	120

29. Valores médios de pH <i>post-mortem</i> do músculo <i>Pectoralis major</i> , com relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	122
30. Valores médios de valor R do músculo <i>Pectoralis major</i> , em relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	128
31. Valores médios de glicogênio do músculo <i>Pectoralis major</i> , em relação às condições de atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	132
32. Valores médios de ácido láctico do músculo <i>Pectoralis major</i> , em relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Fluxograma do processo de abate de frangos com as modificações introduzidas de estimulação elétrica e desossa a quente .....	37
2. Plataforma de pendura das aves em abatedouro. ....	39
3. Medidas da frequência e voltagem do atordoador elétrico.....	39
4. Medida de liberação das penas por ação de um dispositivo ligado ao dinamômetro .....	41
5. Presença de avermelhamento na ponta das asas e na superfície do peito .....	41
6. Aplicação do eletrodo positivo nas carcaças .....	43
7. Carcaças estimuladas eletricamente .....	43
8. Estimulador elétrico EEBVA .....	44
9. Corte ao redor da asa para permitir a desossa a quente .....	46
10. Excisão do peito por desossa a quente .....	46
11. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na luminosidade (valor $L^*$ ) da cor do músculo do peito .....	69
12. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência no teor de vermelho (valor $a^*$ ) da cor músculo do peito .....	69

13. Valores médios de pH <i>post-mortem</i> do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento elétrico e a desossa a quente .....	75
14. Ajuste de regressão entre as curvas de valores de pH do músculo do peito de aves desossadas a quente e o tempo <i>post-mortem</i> .....	77
15. Valores médios de valor R do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento e a desossa a quente .....	80
16. Ajuste de regressão entre as curvas de valor R do músculo do peito de aves desossadas a quente e o tempo <i>post-mortem</i> .....	83
17. Valores médios da concentração de glicogênio do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento e à desossa a quente .....	85
18. Interação tempo de estimulação elétrica x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na força de cisalhamento da carne de peito .....	89
19. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência na perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito .....	94
20. Interação condições de atordoamento x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na força de cisalhamento .....	97
21. Ajuste de regressão entre força de cisalhamento e níveis de voltagem de estimulação elétrica com atordoamento a 60Hz, 40V .....	100

22. Ajuste de regressão linear entre a força de cisalhamento e níveis de voltagem de estimulação elétrica com o atordoamento a 1000Hz,40V .....	102
23. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na succulência da carne de peito .....	105
24. Interação condições de atordoamento x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na qualidade global da carne de peito .....	105
25. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência no teor de vermelho ( $a^*$ ) do músculo do peito .....	110
26. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência no teor de amarelo (valor $b^*$ ) do músculo do peito .....	110
27. Valores médios de pH do músculo do peito, com relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	123
28. Ajuste de regressão entre as curvas de valores de pH do músculo do peito de aves atordoadas , estimuladas, desossadas a quente e o tempo <i>post-mortem</i> .....	126
29. Valores médios de valor R do músculo do peito em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	129
30. Ajuste de regressão entre as curvas de valor R do músculo do peito de aves atordoadas, estimuladas e desossadas a quente e tempo <i>post-mortem</i> .....	131

31. Valores médios da concentração de glicogênio do músculo do peito em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	133
32. Valores médios da concentração de ácido láctico do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa .....	136

## RESUMO

### EFEITOS DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DA DESOSSA A QUENTE NA QUALIDADE DA CARNE DO PEITO (MÚSCULO *Pectoralis major*) DE FRANGO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de verificar os efeitos do atordoamento, estimulação elétrica e desossa a quente na carne de peito de frango.

Num primeiro estudo, determinou-se o efeito do uso do atordoamento elétrico a voltagens de 20, 40, 80 e 100V a 60Hz e o uso de altas frequências (200, 350, 500 e 1000Hz), com 40V. Determinou-se o efeito desses tratamentos na eficiência da sangria, incidência de lesões e força de liberação das penas.

A eficiência da sangria para 20 e 40V à frequência de 60Hz variou de 49,6 a 55,3% respectivamente. O uso de altas frequências resultou em eficiência de 56,2% à 350Hz e 73,1% a 1000Hz, mas sem apresentar diferença ( $P > 0,05$ ) com relação ao tratamento de atordoamento a 60Hz/40V.

A qualidade geral da carcaça foi melhor para os atordoamentos efetuados a 60Hz/(20 e 40V) e a 1000Hz/40V.

As medidas de força de cisalhamento mostraram que o atordoamento a 1000Hz, 40V influenciou positivamente a maciez da carne de peito. Também o efeito negativo da desossa a quente sobre a maciez foi atenuado, obtendo-se força de cisalhamento de 7,9kgf/g que corresponde à maciez aceitável.

A avaliação sensorial confirmou o observado pela medida objetiva da textura. Todavia, não se constatou diferença significativa nos atributos de maciez, suculência e qualidade global entre a carne de peito proveniente de aves atordoadas e não atordoadas.

O pH de músculo do peito após atordoamento foi similar para as duas condições de atordoamento, 60 e 1000Hz, em cada um dos estágios do abate, variando de 6,20 após sangria a 5,72 após 24h. No processo sem atordoamento, o pH variou de 5,90 após sangria a 5,63 com 24h *post-mortem*.

A quebra do ATP determinado pelo valor R no músculo do peito foi mais lento em aves atordoadas eletricamente, variando de 0,86 após sangria, a 1,41 após 24h, para ambos os tipos de desossa. Observou-se um rápido esgotamento do glicogênio para as aves não atordoadas, em comparação com as aves atordoadas.

O efeito das condições de atordoamento na cor do músculo do peito não foi significativo ( $P > 0,05$ ).

Num segundo estudo, determinou-se inicialmente que um tempo de estimulação elétrica de 30s resultou em menor força de cisalhamento (8,0kgf/g) do que um tempo de 45s (8,7kgf/g). O efeito da estimulação elétrica (EE) por 30s, nas carcaças atordoadas a 60Hz ou 1000Hz com 40V, foi então determinado. Os peitos das aves atordoadas e estimuladas apresentaram forças de cisalhamento menores, conforme foram aumentados os níveis de voltagem, apresentando diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com relação às amostras provenientes das aves não estimuladas. A estimulação elétrica diminuiu o efeito negativo da desossa a quente na maciez da carne de peito.

O tipo de desossa influenciou a cor ( $P < 0,05$ ), mostrando que a desossa a quente confere maior luminosidade e menor teor de vermelho.

Num terceiro estudo, verificou-se o efeito dos melhores tratamentos obtidos da interação das condições de atordoamento, EE e tipo de desossa, na maciez da carne de peito. As amostras com menores valores de força de cisalhamento, de 4,9 e 4,4kgf/g, tratadas a 60 e 1000Hz para o atordoamento e estimuladas a 45 e

100V, ambas obtidas pela desossa convencional, foram consideradas macias. Com a desossa a quente, aves atordoadas a 60Hz e estimuladas a 80V, assim como aves atordoadas a 1000Hz e estimuladas a 100V, foram as que apresentaram menores valores de força de cisalhamento de 8,2 e 8,0kgf/g, respectivamente.

Em relação à cor (valores  $L^*$  e  $a^*$ ), as amostras provenientes de aves atordoadas a 1000Hz e estimuladas a 100V não apresentaram diferenças em relação às amostras não estimuladas na desossa a quente. Por outro lado, as amostras do peito de aves atordoadas (60Hz/40V) e estimuladas (45V) desossada convencionalmente e outro tratamento com o mesmo atordoamento e estimulada (80V) desossada a quente apresentaram menor valor de  $L^*$  e maior valor de  $a^*$  em relação às amostras não estimuladas para ambos tipos de desossa.

O uso da EE acelerou a queda do pH em todos os tratamentos, sendo mais acentuada para a desossa a quente. O valor R teve um comportamento covariante em relação à queda de pH, acompanhado pela diminuição do glicogênio e aumento do ácido láctico.

## SUMMARY

### EFFECTS OF ELECTRICAL STUNNING, STIMULATION AND HOT DEBONING ON THE QUALITY OF BROILER BREAST (*Pectoralis major* MUSCLE) MEAT

The objective of this study was to investigate the effects of the electrical stunning, stimulation and hot deboning on the quality of broiler breast meat.

In the first stage the effect of electrical stunning on the quality of broiler breast meat using 20, 40, 80 and 100V at 60Hz and also high frequencies such as 200, 350, 500 and 1000Hz, was determined.

The use of high frequencies produced higher efficiencies in the bleeding, giving 56,2% at 350Hz and 73,1% at 1000Hz, both at a voltage of 40V.

In terms of general quality of the carcass the best conditions were obtained with the stunning at 60Hz (20 e 40V) and at 1000Hz/40V.

The shear value showed that stunning at 1000Hz, 40V had positive influence on the tenderness of the breast meat. Under the same stunning conditions the negative effect of the hot deboning was decreased, showing a shear value to 7,9kgf/g.

Sensory analysis showed that the stunning at 1000Hz/40V had a positive effect on the tenderness of the chicken breast meat. However, there was no significant difference in tenderness, juiciness and overall quality of the meat from treated and untreated birds.

The pH of the breast meat was similar for both 60Hz and 1000Hz treatments. It varied from 6,20 after bleeding to 5,72 24h *post-mortem*. In untreated birds breast, the pH varied from 5,90 immediately after bleeding to 5,63 after 24h *post-mortem*.

The breakdown of ATP (R value), in the breast muscle of electrically stunned birds, varied from 0,86 after bleeding to 1,41 after 24h *post-mortem*, for both types of deboning. A rapid decrease in the glycogen levels was observed for untreated broiler when compared with treated broiler.

The effect of the treatment conditions on the color of the breast muscle was not significant ( $P > 0,05$ ).

In a second stage, it was initially determined that a electric stimulation time of 30s resulted in better tenderness (8,0kgf/g) than a time of 45s (8,7kgf/g). As a consequence the effect of electrical stimulation (ES), on the treated carcass at 60Hz and 1000Hz at 40V, was determined for a 30s treatment time.

The samples of electrically stunned and stimulated broiler meat showed lower shear values according to increasing voltage levels, with significative diference ( $P < 0,05$ ) when compared to control samples which were not stimulated. The electrical stimulation also decreased the negative effect of hot deboning on tenderness.

Deboning had a significant influence to the color ( $P < 0,05$ ), showing that the hot deboning gives higher parameter  $L^*$  and lower  $a^*$ .

In a third stage, the effect of stunning, ES and deboning on the tenderness of the breast meat was verified. Those samples showing values of 4,9 and 4,4kgf/g for the shear force, which were treated at 60 and 1000Hz and stimulated at 45 and 100V with conventional deboning, were considered tender. In the hot deboning, broiler treated at 60Hz and stimulated at 80V, as well as broiler treated at 1000Hz and stimulated at 100V, showed similar values for shear force (8,0 - 8,2kgf/g).

The breast color measured by means of  $L^*$  and  $a^*$  of the hot deboned samples from stunned and stimulated broiler at 1000Hz/ES 100V, did not show differences when compared to non-stimulated control. On the other hand, the samples stunned at 60Hz/ES 80V and hot deboned, presented lower  $L^*$  value and higher  $a^*$  value compared to their homologous not stimulated.

The electrical stimulation increased the pH drop in all treatments with a higher rate for hot boning. The R value was inversely correlated with drop and glycogen content and directly correlated to acid lactic increase.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, verificou-se um considerável aumento na produção e no consumo de frangos no Brasil. Em 1984, a produção nacional foi de 1.385.000 toneladas e, em 1994, atingiu 3.411.000 toneladas. Como consequência, o consumo per capita que era de 4,9kg em 1975 e 11kg em 1985 atingiu 19,5kg em 1994 (ABEF, 1995).

A tecnologia da carne de aves tem-se diversificado e aperfeiçoado para ajustar-se às rápidas mudanças no estilo de vida dos consumidores e em consequência a forma de processamento vem-se modificando, crescendo as operações de corte e desossa. A produção de carne de peito desossado tem aumentado nos últimos anos no Brasil, fazendo com que a exportação de partes de frango passasse de 36.269 toneladas em 1985 para 201.382 toneladas em 1994 e passando de 13% para 41,86% do volume total exportado (ABEF, 1995).

A primeira operação no abate de aves é o atordoamento, realizado por razões humanitárias e tecnológicas. O atordoamento minimiza o sofrimento da ave durante a operação da sangria, reduz o estresse e os movimentos da ave e diminui lesões nas asas, pernas e coxas (MURPHY *et al.*, 1987).

Em relação ao atordoamento elétrico, que é o método mais comumente usado no Brasil e na Europa, ele tem evoluído ultimamente em relação à otimização da voltagem, amperagem, frequência e tempo de imersão. GREGORY *et al.* (1991) indicaram que o atordoamento à alta frequência diminui as convulsões das aves ao fluxo da corrente, mas não concluíram se isso melhoraria a qualidade da carcaça.

Por outro lado, uma grande parte dos custos do processo de abate de frangos encontra-se relacionada ao consumo de água, energia e equipamentos, que poderia ser minimizada por modificações no processo que reduzisse o consumo de água

refrigerada e simplificasse o processo de abate. A excisão dos músculos e retirada de pernas e coxas após depenagem das aves, antes da mesma ser eviscerada e resfriada, consiste na denominada desossa a quente. Este procedimento evitaria as operações de evisceramento e o resfriamento poderia ser feito em equipamentos menores.

Contudo, a desossa a quente tem um efeito adverso na maciez da carne. Uma possível forma de minimizar este problema seria a combinação de desossa a quente com estimulação elétrica.

O propósito da estimulação elétrica é acelerar mudanças bioquímicas *post-mortem*, que afetam a maciez da carne. O mecanismo de amaciamento não está claro. Várias teorias, expostas em muitos trabalhos científicos, sugerem que a estimulação elétrica causa ruptura física das fibras musculares e aumenta a atividade proteolítica das enzimas endógenas (THOMPSON *et al.*, 1987). Pesquisas sobre estimulação elétrica da carne de aves são menos volumosas do que sobre carnes vermelhas e os resultados descritos são muito limitados e inconclusivos até hoje (LI *et al.*, 1993).

A carne de aves difere de outras espécies de carne porque o músculo entra em rigor rapidamente. Músculos de peito de frango entram em estado de *rigor mortis* dentro dos 60min *post-mortem*, já para os músculos da perna isto ocorre em 30min (KIJOWSKI *et al.*, 1982).

## 2. OBJETIVOS

- . Determinar o efeito das condições de atordoamento como voltagem, amperagem e frequência na qualidade da carcaça e características físicas, sensoriais, químicas e bioquímicas na carne de peito.
- . Determinar o efeito das condições de estimulação elétrica como tempo de estimulação e níveis de voltagem nas características físicas, sensoriais, químicas e bioquímicas na carne de peito.
- . Determinar o efeito da desossa a quente e a sua interação com as condições de atordoamento e estimulação elétrica nas características físicas, sensoriais, químicas e bioquímicas no músculo *Pectoralis major*.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. OPERAÇÕES DO ABATE DE AVES

O processo de transformação das aves em alimento tem início no manejo pré-abate, cujas condições foram revisadas por SIMPSON & GODWIN (1975), FRONING *et al.* (1978), GREGORY & BELL (1987) e FLETCHER (1991). No sentido amplo, o manejo pré-abate compreende o conjunto de práticas zootécnicas que envolvem conhecimentos de genética, fisiologia, nutrição, patologia e epidemiologia. No sentido estrito, aplica-se ao período de 24h antes do abate, que terão da suspensão da alimentação por cerca de 10h, condições de apanha das aves, transporte e espera no abatedouro.

Na espera, os galpões devem ser bem ventilados a partir do teto e das laterais para se evitar o estresse pelo calor, além da necessidade de nebulização de água sobre as gaiolas com aves. Com este procedimento melhora-se as condições ambientais na área de espera evitando a ruptura de vasos sanguíneos e capilares que provocaria defeitos na qualidade da carcaça (BERAQUET, 1990). A influência das condições da ave viva na qualidade da carcaça processada foi revisada amplamente por ZIOLECKI (1985).

##### 3.1.1. ATORDOAMENTO E SANGRIA

As operações do abate propriamente ditas iniciam-se com o atordoamento que visa imobilizar a ave durante a sangria; evitando contusões, facilitando a depenagem, e evitando o sofrimento da ave na sangria.

Descrições detalhadas das várias técnicas utilizadas na insensibilização podem ser encontradas nas revisões de KUENZEL & INGLING (1977) e GREGORY & WOTTON (1987a), mas a técnica mais utilizada no Brasil e em outros países é o uso do choque elétrico por meio de um insensibilizador de banho de água ou salmoura.

Nesta operação, as aves são penduradas em ganchos individuais. Por meio de uma correia transportadora, as aves são conduzidas a um banho de água com corrente elétrica, de tal maneira que suas cabeças ficam submersas no mesmo, produzindo um circuito elétrico através dos ganchos que estão conectados ao fio terra. A corrente elétrica flui através da ave quando está sendo atordoada (PARRY, 1989); também é recebida pelo cérebro e o coração (GREGORY, 1989). Esses procedimentos incluem uma correta fixação da ave na nória e ajuste dos mesmos ao equipamento, de tal maneira que se estabeleça o circuito elétrico. O nível de água deve manter-se adequado, evitando que escoe provocando um choque de pré-atordoamento, que pode fazer com que as aves elevem a cabeça, evitando o atordoamento na posição correta, imediatamente subsequente (PARRY, 1989). Dependendo da voltagem utilizada, a ave sofre a perda total da consciência e uma interrupção cardíaca, ou mesmo, morte por colapso cardíaco (WEISE *et al.*, 1988).

A eficiência do processo envolve o controle de parâmetros como corrente, voltagem, frequência, forma de onda, e tempo de imersão, além das variáveis biológicas que incluem o peso das aves, tamanho, impedância, composição e densidade das penas (KETTLEWELL & HALLWORTH, 1990). Com tantas variáveis, é natural que as especificações de tratamentos para insensibilização de aves, elaboradas por diferentes pesquisadores, sejam conflitantes.

Voltagens de 28 a 50V e frequência de 60Hz, para corrente alternada, são comumente recomendadas e utilizadas. Pode-se, também, usar voltagens mais elevadas, entre 90-100V (corrente contínua) e a frequência pode ser alta, atingindo 400Hz (BERAQUET, 1990). O tempo de atordoamento recomendado é de cerca de sete segundos e, às vezes um pouco mais, quando se trata de atordoadores de baixa voltagem.

WEISE *et al.* (1988) reportaram que o atordoamento à baixa voltagem não é muito satisfatório. Por outro lado, muitas vezes a morte das aves já ocorre no atordoamento, inclusive a voltagens mais baixas, de cerca de 70V.

Com circuitos que geram correntes elétricas menores que 20mA os frangos emitem fortes ruídos e debatem-se agitando as asas (SCHUTT-ABRAHAM *et al.*, 1983).

Há abatedouros que não fazem o atordoamento das aves atendendo a rituais religiosos, ou por julgarem que a eliminação do atordoamento resulta em carcaças de melhor aparência (BERAQUET, 1990).

Segue-se, após atordoamento e morte da ave, a operação de sangria. Geralmente preconiza-se um intervalo de 12s entre o atordoamento e a sangria, que pode ser realizada de forma manual ou mecânica (SIF, 1988).

A sangria manual é feita, com facas apropriadas, por operadores que devem ser bem treinados. A forma mecânica é realizada direcionando-se a cabeça da ave para lâminas circulares ou utilizando-se facas acionadas por meios mecânicos (PARRY, 1989).

O tempo de sangria preconizado pelo SIF (1988) é de 3 min, sendo considerado que nos primeiros 40s, 80% do sangue é liberado, e no intervalo, entre 1 e 2,5min, todo o sangramento é completado (BERAQUET, 1990).

### 3.1.2. ESCALDAMENTO

Outra operação que pode influenciar a qualidade da carne de frango é o escaldamento, cuja finalidade é facilitar a liberação das penas. O processo consiste na imersão das aves num tanque de água quente agitada pela injeção de ar comprimido. A água também adensa as penas e facilita a fricção posterior nas máquinas de depenagem. São três os parâmetros de controle: (1) o tempo de imersão; (2) temperatura da água; e (3) renovação da água. Considera-se a escaldagem "rigorosa" quando a temperatura da água está acima de 56°C. Neste caso, o tempo de imersão é de cerca

de um minuto e meio. Já o escaldamento "brando" é aquele conduzido com água aquecida a 52-55°C; neste caso, o tempo de imersão requerido é de cerca de dois minutos e meio. Este escaldamento não remove a cutícula e é aplicado quando se desejam aves com coloração amarelada, para o mercado de carcaças resfriadas. Já o escaldamento "rigoroso" é aplicado para obter carcaças de coloração branca, para o mercado de congelados (BERAQUET, 1990).

À temperatura elevada, a remoção das penas é grandemente facilitada. Com relação aos tanques de escaldamento, é essencial que a temperatura da água através do percurso das aves no tanque seja constante, e que o nível de água seja correto para assegurar imersão total das aves (PARRY, 1989).

### 3.1.3. DEPENAGEM

As penas são removidas mecanicamente, imediatamente após escaldamento, por uma série de máquinas depenadoras "on line". As depenadoras devem ser posicionadas adjacentes ao tanque de escaldamento para evitar o resfriamento da carcaça (PARRY, 1989).

O processo de depenagem é realizado pela ação mecânica de dedos de borracha presos a tambores rotativos. A operação da depenagem deve ser monitorada para que se possa obter uma carcaça de boa aparência, evitando-se a abrasão da pele e a quebra de ossos. No início, os dedos da depenadora são firmes e curtos, para uma ação mais drástica, sendo que, no término do processo, os dedos utilizados são longos e flexíveis para o trabalho de limpeza final. Todo o controle é baseado na pressão que esses dedos exercem sobre a carcaça das aves (SCHNEIDER, 1977).

Em lotes de aves com muita variação de tamanho, a pressão exercida pelos dedos da depenadora pode ser muito grande, podendo ocasionar danos físicos, como asas partidas e até a quebra da carcaça.

A escaldagem e a depenagem têm sido reconhecidas como pontos críticos de contaminação das carcaças por microrganismos (MAY, 1981; SURKIEWICKS *et al.*, 1989). A depenagem é a operação que mais facilita a proliferação das bactérias na carcaça, pois durante a retirada das penas, a contaminação se espalha devido ao massageamento dos dedos de borracha e pela água suja presente nas penas e folículos abertos.

#### 3.1.4. EVISCERAÇÃO

A evisceração é o principal ponto crítico de contaminação cruzada das carcaças de aves. BARAN *et al.* (1973) indicaram que o tecido muscular interno é geralmente considerado estéril antes da ave ser eviscerada. Devido à possibilidade de rompimento das vísceras, durante a retirada mecânica ou manual, e o conteúdo exposto em contato com o equipamento poder ocasionar contaminação cruzada, a evisceração é considerada a operação com maior potencial de contaminação das carcaças.

As carcaças são usualmente suspensas por ganchos da linha de evisceração. A primeira operação é a retirada da glândula de óleo (sambíquia). Em seguida, realizam-se o corte e a remoção da traquéia. A extração da cloaca é feita geralmente por meios mecânicos, com uma lâmina rotatória. Esse equipamento tem, geralmente, um sistema de vácuo acoplado e também faz a evacuação do intestino grosso (BERAQUET, 1990).

Segue-se depois a abertura do abdômen. São feitas incisões transversais quando o trabalho é manual, e longitudinais, quando a operação é feita por meios mecânicos (PARRY, 1989).

Posteriormente, realiza-se a eventração que é a exposição de vísceras para inspeção veterinária. No caso de evisceração automática, um instrumento em forma de colher é introduzido na cavidade, puxando as vísceras para fora.

### 3.1.5. RESFRIAMENTO

A vida-de-prateleira da carcaça, depende da temperatura e da condição microbiológica da carne. A temperatura da ave viva é cerca de 41°C e pouco calor é perdido durante o processo de abate (VEERKAMP, 1989).

Ainda, existem pequenos abatedouros no Brasil que utilizam para resfriar as carcaças de 38°C para 0°C, uma quantidade de 0,38kg/gelo por kg/ave (ASHRAE, 1971).

A operação de resfriamento geralmente é feita por imersão em água gelada, em dois estágios. No primeiro estágio, denominado de pré-resfriamento, a temperatura da água situa-se entre 10 e 18°C. Temperaturas mais baixas causariam o encolhimento do músculo peitoral, que endureceria quando cozido. Num segundo estágio, a temperatura é baixada para 0 - 2°C. Contudo, nem sempre este procedimento evita o endurecimento da carne (BERAQUET, 1990).

Carcaças são movimentadas por meios mecânicos, nos sistemas de resfriamento, através do fluxo de água. Este fluxo de água é promovido por bomba de circulação e a agitação por injeção de ar (VEERKAMP, 1989).

Atualmente, usa-se resfriamento contínuo por imersão, através do fluxo de água no mesmo sentido da carcaça ou em contracorrente. Não obstante, ainda se utiliza gelo para o processo final, para diminuir o gasto de energia para resfriar (VEERKAMP, 1989).

Resfriamento por ar, para carcaças com escaldamento "brando", está sendo extensivamente usado na Europa. Nos EUA, o resfriamento por ar, é usado na segunda etapa da operação de resfriamento, usando dióxido de carbono (SWEET, 1970). Precisa-se de um "spray" de água entre os intervalos do resfriamento por ar para evitar a perda de peso das carcaças pela evaporação da

umidade. A velocidade do ar ao redor do produto é importante pelo calor e transferência de massa. Na prática, este valor médio é ao redor de 1m/s (VEERKAMP, 1989).

Uma revisão sobre o resfriamento da carcaça de frango foi realizada por THOMSON et al. (1974), incluindo vários aspectos do resfriamento por imersão. Em muitos países, como o Brasil, o cloro é adicionado à água resfriada para reduzir a contaminação microbiana e também é usado para melhorar a sanitização na planta de abate. Segundo MEAD & THOMAS (1973) a manutenção de cloro de 50ppm no "chiller", usando 2,5 litros de água/ave, destrói mais bactéria presente na água do "chiller" que nos processos tradicionais. No Brasil, a água deve ter um teor de 3-5ppm de cloro residual. Também, exige-se que essa água seja renovada ao longo do processo, no primeiro estágio na proporção de dois litros/ave e um litro e meio/ave durante o segundo estágio (SIF, 1988).

O tempo de resfriamento é controlado para se atingir uma temperatura interna na carcaça de 4°C. O SIF (1988) exige que a temperatura máxima das carcaças após o resfriamento seja de 8°C.

Nesta etapa, a carcaça adsorve água sem ligações químicas. Esta água pode ser liberada durante os processos de estocagem, transporte, comercialização, sendo visível, em muitos casos, na embalagem em torno da carcaça. O peso máximo permitido de água adsorvida durante o resfriamento das carcaças é de 8% (SIF, 1988).

Como consequência dessa adsorção de água, ocorre um aumento da área das contusões e dos cortes das carcaças.

Posteriormente, realiza-se o gotejamento com o propósito de reduzir o excesso de água adsorvido na etapa anterior. É efetuado por transporte das carcaças numa nória, suspensas pela asa ou pela perna. O tempo de gotejamento é de 2,5 à 4 min (SIF, 1988).

## 3.2. CONVERSÃO DO MÚSCULO EM CARNE

Após a morte do animal, várias modificações bioquímicas e estruturais ocorrem, constituindo-se na denominada conversão do músculo em carne. Os tratamentos *ante-mortem*, o processo de abate e as técnicas de estocagem influenciam as modificações bioquímicas e estruturais.

### 3.2.1. GLICÓLISE E QUEDA DO pH

Na ave viva, os músculos do peito e da perna são macios e livremente extensíveis. Em condições normais, uma das conseqüências imediatas da sangria do animal é a interrupção do fornecimento de oxigênio para os músculos, ocasionando a paralisação da respiração celular e a queda do potencial de óxidorredução (JONES & GREY, 1989).

A glicólise é um processo que envolve todas as etapas de conversão do glicogênio ou glicose muscular em ácido pirúvico ou ácido láctico. Imediatamente após o abate, o músculo ainda possui reservas de energia e, dessa maneira, a concentração da fonte de energia principal da célula, a adenosina trifosfato (ATP), é mantida pela quebra da creatina fosfato. Posteriormente, o glicogênio torna-se a maior fonte de carboidrato do músculo. Devido a essas reservas de energia na forma de glicogênio, o músculo mantém-se, por algum tempo, num estado similar ao do músculo "in vivo", mantendo inclusive, por um curto período, a capacidade de contração (JONES & GREY, 1989).

Devido à deficiência de oxigênio depois da morte, a degradação de glicogênio conduz à formação de lactato. A queda inicial do pH é devida principalmente à liberação de íons  $H^+$ , que ocorre antes da redução de piruvato a lactato. Em pH 7,0, o íon  $H^+$  é ligado durante a fosforilação de ADP a ATP e liberado durante a hidrólise enzimática do ATP. Noventa por cento dos íons formados são devidos à glicólise e o restante é devido à hidrólise do ATP (CHONIKEL & HAMM, 1974). A cada lactato forma-se um íon hidrogênio.

A quebra de glicogênio (glicólise) ocorre principalmente devido à ação de enzimas contidas no sarcoplasma solúvel do músculo, resultando na formação de ácido láctico, explicando o aumento da acidez no músculo *post-mortem*, com a queda do pH de 7,0 para um valor final de 5,6 a 5,8 no músculo de peito de frango e de 6,1 a 6,4 no músculo da perna (JONES & GREY, 1989).

O ATP produzido pela glicólise anaeróbia é insuficiente para compensar as perdas resultantes de sua hidrólise. A produção de ATP a partir da fosfocreatina esgota-se rapidamente, iniciando-se a queda do nível do ATP. Quando as reservas de glicogênio se esgotam torna-se impossível a ressíntese do ATP (CHONIKEL & HAMM, 1985). A actina e a miosina se unem irreversivelmente formando a actomiosina e fazendo surgir a inextensibilidade característica do músculo em *rigor mortis* (ASGHAR & PEARSON, 1980; PENNY, 1984).

Quando a concentração do ATP atinge o nível de 20 a 30% de seu valor inicial, o músculo perde extensibilidade e passa para o estado de *rigor*. A diminuição da concentração de ATP, a queda do pH causada pela produção de ácido láctico e a formação de ligações entre a actina e a miosina trazem, em consequência, modificações das cargas elétricas e das características das proteínas musculares (HAMM, 1982b; WIRTH, 1985).

GREY & JONES (1977) observaram que cerca de 7h após o abate, a concentração de ATP no músculo do peito de frango processado comercialmente diminui de um valor inicial de 7,0  $\mu\text{moles/g}$  para 4,3  $\mu\text{moles/g}$ , mas com variação de 1,1 a 6,5  $\mu\text{moles/g}$  dentro do grupo experimental.

O tempo para a degradação total do glicogênio depende de seu conteúdo no músculo no momento do abate, do tipo de músculo, da espécie animal e do tratamento dado aos animais antes do sacrifício. Tem-se, ainda, a influência da temperatura do músculo logo após o abate. Geralmente, quanto maior for a temperatura,

tanto mais rápido o desenvolvimento dos processos bioquímicos (CHONIKEL & HAMM, 1985).

### 3.2.2. MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS

As mudanças físicas que ocorrem durante a transformação do músculo em carne são acompanhadas por uma série de mudanças bioquímicas dentro do tecido. Geralmente, estas reações é que determinam a dureza ou maciez da carne de aves, mais do que a quantidade de tecido conectivo.

Os músculos de aves não diferem em estrutura dos tecidos de mamíferos, sendo formados de fibras musculares circundadas por tecido conectivo composto principalmente de colágeno.

As fibras brancas, na maior parte do músculo de peito de frango, apresentam propriedades bioquímicas diferentes das observadas nas fibras vermelhas do músculo da perna do frango (JONES & GREY, 1989).

A mudança física mais óbvia que ocorre no músculo *post-mortem* é o encurtamento do sarcômero e conseqüente aumento na tensão e dureza. Após um período de tempo o músculo relaxa, tornando-se mais extensível, provavelmente por ação enzimática de algumas das várias proteases presentes. As mudanças indicadas anteriormente são provavelmente uma conseqüência direta das mudanças metabólicas *post-mortem* na fibra muscular ou na célula (JONES & GREY, 1989).

### 3.2.3. EFEITO DAS MODIFICAÇÕES *POST-MORTEM*

Embora a ligação de actomiosina formada durante o desenvolvimento do *rigor mortis* seja igual à originada durante a contração muscular, o *rigor mortis* pode ser considerado uma contração muscular irreversível, encurtando-se os músculos, à medida que se formam ligações permanentes e, como resultado, aparece a tensão interior do músculo ou rigidez (GREASER, 1986).

Outras conseqüências da transformação do músculo em carne são as perdas da homeostase, da proteção frente à invasão microbiana, e da integridade estrutural, a degradação enzimática e as modificações de aspecto físico (JUDGE *et al.*, 1989).

Dentre as modificações de aspecto físico, destacam-se as da cor, firmeza e propriedades fixadoras de água.

À medida que se degrada o ATP e diminui o pH, a capacidade de fixação da água vai diminuindo durante o período entre 12 a 24h que se segue ao sacrifício para os músculos da espécie bovina (HAMM *et al.*, 1983). Esta capacidade de fixação da água mínima coincide com o ponto isoelétrico da proteína quando o pH chega ao nível mínimo (por volta de 5,5). Este poder mínimo de fixação da água coincide com a resolução do *rigor mortis* (HONIKEL *et al.*, 1983). Além disso, o acúmulo de ácido láctico após a morte, com conseqüente abaixamento do pH no músculo antes que o calor corporal e o metabólico tenham se dissipado pela refrigeração da carcaça, leva à desnaturação das proteínas musculares. Por outro lado, o músculo, devidamente resfriado, pode ter um pH relativamente baixo sem sofrer desnaturação excessiva.

No que se refere à solubilidade das proteínas musculares, até o estabelecimento do *rigor mortis*, o valor do pH exclusivamente e não a concentração de ATP é o fator de maior influência. Pelo menos 2/3 do decréscimo total da solubilidade deve-se ao desenvolvimento do *rigor mortis*; o restante deve-se ao abaixamento do pH, que reflete o acúmulo de ácido láctico. As modificações na estrutura muscular, logo após o abate, influem de forma análoga tanto na capacidade de retenção de água (CRA), como na solubilização protéica (HAMM *et al.*, 1983).

Tem sido demonstrado que o *rigor mortis* produz mudanças nas propriedades das proteínas musculares, que também resultam em um abaixamento da sua capacidade de emulsificação (ACTON & SAFFLE, 1964).

### 3.3. ATORDOAMENTO ELÉTRICO

#### 3.3.1. AÇÃO NA FISIOLOGIA DA AVE

A eletrofisiologia do ciclo cardíaco e muscular compreende um estado de repouso, apresentando uma diferença de potencial de  $-90\text{mV}$  e depende do equilíbrio das concentrações iônicas de potássio dos dois lados da membrana. Qualquer fator como estimulação elétrica, estimulação mecânica, variações de temperatura, alguns agentes químicos capazes de modificar a permeabilidade ou qualquer outro fator que altere o estado de repouso e aumente a permeabilidade da membrana ao  $\text{Na}^{++}$  pode provocar mudanças rápidas no potencial da membrana (despolarização), no denominado potencial de ação (8º Congresso de Eng. Biomédicas, 1983).

A atividade elétrica, provocada pelo atordoamento elétrico, gera uma atividade mecânica do coração (contração), podendo provocar a fibrilação ventricular. Define-se fibrilação ventricular como um fenômeno de atividade assíncronica, ou seja, contração sem coordenação das fibras musculares. Desaparece a contração efetiva, ficando anulada a ação ejetora dos ventrículos. A atividade elétrica é caótica, não apresenta contração ventricular efetiva, fazendo com que a pressão arterial caia a zero (HILL & DURAN, 1982).

Dependendo da intensidade da corrente, pode ocorrer a anulação do estado consciente ou uma diminuição na função cardíaca da ave, acarretando uma parada cardíaca, levando-a à morte.

Heath (1984), citado por GREGORY & WOTTON (1987b) sugeriu que os métodos de atordoamento elétrico que provocam a fibrilação do coração apresentam vantagens humanitárias sobre os métodos de insensibilização convencionais que não provocam fibrilação. Defende-se a fibrilação durante o atordoamento para se obter facilmente uma morte rápida da ave. Esta fibrilação não

depende do tempo que deve ser rápido para o corte da veia jugular e artéria carótida (GREGORY & WOTTON, 1987a). A presença de fibrilação ventricular pode ser observada empiricamente pela queda do ritmo respiratório e manutenção do tono muscular após o atordoamento (GREGORY & WOTTON, 1991).

GREGORY & WOTTON (1987b) determinaram o nível de corrente em 368 frangos num atordoador com salmoura. A fibrilação foi atingida com uma corrente relativamente baixa, de 26mA/ave, mas a corrente necessária para fibrilar 99% das aves foi de 148mA/ave.

Atualmente, conhece-se pouco a respeito da frequência e sobre os efeitos das diferentes formas de onda que podem ser aplicadas no atordoamento, induzindo à fibrilação.

Para que uma ave seja adequadamente atordoada, deve-se empregar a corrente elétrica necessária para induzir ao estado epilético, quando atingir o cérebro. Foi determinado que a proporção de corrente que atinge o cérebro varia de ave para ave. Os resultados obtidos por WOOLLEY *et al.* (1986) mostram que uma proporção de corrente (34%) flui através do coração resultando numa fibrilação ventricular e levando finalmente à morte.

LEE-TENG & GIANQUINTO (1969) relataram três tipos de resposta física para frangos, após o tratamento com choque eletroconvulsivo na cabeça. Das aves que manifestaram convulsões, a maior parte desenvolveu convulsões tônicas (rígidas), um grupo desenvolveu convulsões clônicas (batimento tipo "choques") e outro grupo não apresentou convulsões. No caso das convulsões tônicas e clônicas, o frango fica quase inerte pela passagem da corrente, com aparente perda imediata da consciência. Primeiramente, ocorrem contrações musculares rápidas e pequenas, sendo seguidas por flexão das pernas, curvatura das costas e da cabeça e posterior rigidez das pernas.

Vários tipos de reflexos foram usados para testar a eficiência do atordoamento e abate como: reflexo ao alfinetar a crista, reflexo corneal e reflexo pedal (RICHARDS & SYKES, 1964).

A pele da crista é a mais sensível ao estímulo em comparação a outras partes do corpo. Puncionando-se a crista com um alfinete ocorre o movimento da cabeça. Ao mesmo tempo, há uma alteração na pulsação do coração e na pressão do sangue (WOOLLEY & GENTLE, 1987).

O reflexo corneal é provocado pela irritação da córnea produzindo nas aves (galináceas) descida da terceira pálpebra e uma maior ou menor oclusão das pálpebras. A ausência do reflexo corneal após o atordoamento pode-se produzir pelo início do estado da inconsciência ou, ainda, pela morte (RICHARDS & SYKES, 1964). O reflexo pedal é de valor limitado, porque a ave tem que ser removida da nória, melhor aplicável para patos. Este reflexo compreende o puncionamento da pele entre os dedos e observação da retirada dos pés.

O atordoamento elétrico foi inicialmente adotado para que a ave ficasse inconsciente, evitando a dor, mas tem sido sugerido que a corrente elétrica pode ser usada para matar a ave por fibrilação ventricular ou parada cardíaca (GREGORY & WOTTON, 1987b). Segundo KETTLEWELL & HALLWORTH (1990), uma eletrocussão, ou morte por corrente elétrica, poderia ser um método mais humano de abate, reduzindo o risco das aves recobrem a consciência após um atordoamento ineficiente, um tempo de intervalo de atordoamento curto ou corte deficiente para a sangria. Estes mesmos autores argumentaram que a corrente ótima, para induzir a fibrilação cardíaca em frangos e evitar danos excessivos na carcaça, estaria na faixa de 105 a 110mA/ave, atingindo 90% de fibrilação. Não obstante, a corrente efetiva em vários experimentos foi de 100 a 150mA/ave, correspondendo a voltagens de 100 a 250V.

DICKENS & SHACKELFORD (1988) indicaram que o atordoamento por períodos maiores diminui a força requerida para retirar as penas. Valores médios da força de  $435 \pm 82g$  foram necessários para a liberação das penas da região peitoral nas aves vivas. Com aplicação de atordoamento com corrente alternada a 50V, a força de liberação das penas de seus folículos foi de  $366 \pm 94g$  quando comparado com os valores de aves não atordoadas.

Os efeitos do atordoamento elétrico nas mudanças bioquímicas *post-mortem* e na maciez da carne, também foram relatados para perus (MURPHY *et al.*, 1987) e frango (LEE *et al.*, 1979; THOMPSON *et al.*, 1986; KIM *et al.*, 1988).

THOMPSON *et al.* (1986) indicaram que, com atordoamento a 55V AC por 10s, o valor do pH do músculo do peito 20min após o abate foi maior que aquele de aves não atordoadas.

Estudos realizados por LEE *et al.* (1979), sobre o efeito do atordoamento elétrico nas mudanças bioquímicas *post-mortem* e sua relação com a maciez do músculo do peito de frango, revelaram maior maciez da carne para aves atordoadas eletricamente. Os valores de força de cisalhamento apresentaram níveis 30% inferiores ao controle (aves não atordoadas) após 24h de estocagem. Verificaram, também, que o atordoamento elétrico inibe a quebra rápida de ATP, CP e glicogênio, retardando o início do *rigor mortis*, que se estabeleceu apenas no "chiller" a 4°C, assim como diminuiu o encurtamento do sarcômero no período inicial (LEE *et al.*, 1979; KIM *et al.*, 1988).

Aves não atordoadas entram em *rigor mortis* quando ainda quentes (exemplo no escaldamento) e o músculo apresentaria encurtamento pelo calor, com conseqüente endurecimento da carne. Quando o processo de *rigor mortis* ocorre à baixa temperatura onde a extensão de encolhimento do sarcômero pelo *rigor mortis* é diminuído, resultando numa melhora da maciez da carne. MURPHY *et al.* (1987) concluíram que o atordoamento elétrico reduz a velocidade da glicólise. Em seus estudos, o efeito global do

atordoamento elétrico não foi o suficiente para ser um fator significativo para melhora das propriedades funcionais do músculo de peru para o processamento.

### 3.3.2. EFEITO DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE DA CARCAÇA E CARNE DO PEITO (*Pectoralis major*)

A maior parte das pesquisas sobre atordoamento elétrico de aves limitou-se ao efeito das diferentes condições de aplicação do choque elétrico, localização de hemorragias e perda de cor pela alteração dos fatores fisiológicos (LEE *et al.*, 1979).

Wormuth *et al.* (1980), citado por WEISE *et al.* (1988), mostraram que a elevação da voltagem de 60-70V para 120V aumentou a proporção de aves agonizantes por fibrilação ventricular, a níveis superiores a 70%, e que a fibrilação ventricular ocorria a uma corrente de 100mA.

Segundo GREGORY *et al.* (1991), o atordoamento elétrico à frequência elevada provoca menor espasmo físico no início do fluxo da corrente. A duração da fase tônica inicial pode ser reduzida para frequências acima de 75Hz (VERNARDAKIS & BURKAHALTER, 1965). Porém, ainda não está bem esclarecido se a redução do espasmo pode resultar na diminuição de hemorragia no músculo ou melhor qualidade da carcaça.

Segundo GREGORY *et al.* (1991), que estudaram o efeito do uso de frequências de onda quadrada unipolar DC de 50, 200 e 350Hz, corrente de 71 a 206mA e uma média de 131mA. Verificaram que em ambas as faixas de frequência e corrente não foi observada influência destes fatores na porcentagem de defeitos detectados nas carcaças.

Os defeitos na qualidade da carcaça atribuídos ao uso de correntes de atordoamento, que ocasionam ataque cardíaco são variados. Cinco efeitos adversos são associados a voltagens elevadas: (1) hemorragia da asa, (2) coloração avermelhada da

pele, (3) depenagem difícil, (4) ossos quebrados, e (5) manchas de sangue ou coágulos no músculo do peito (GREGORY, 1989).

UIJTENBOOGAART (1991) indicou que a ocorrência de manchas e pontas de asas vermelhas é causada pela operação de atordoamento. Os problemas com pontas de asa vermelha também foram relacionados com as operações de sangria e depenagem. A condição de obstrução nos vasos especialmente perceptível na área onde junta-se a asa ao corpo. A ruptura dos vasos pode causar contusão na área.

Dentre os inconvenientes do atordoamento elétrico, aponta-se uma certa redução do glicogênio e, em particular, a possibilidade de, pela elevação excessiva da pressão sanguínea, provocar um salpicamento hemorrágico em alguns músculos.

WEISE *et al.* (1988) reportaram que o uso de voltagens elevadas gera uma faixa de morte elevada. Segundo LEE *et al.* (1979), deve-se evitar o uso de voltagens elevadas e períodos de atordoamento extensos, que podem conduzir ao rompimento do osso da asa ou aparecimento de coágulos vermelhos na coxa ou mesmo na junta da asa, prejudicando a aparência da carcaça e a qualidade da carne.

Trabalhos experimentais têm demonstrado que a incidência de pontas de asas vermelhas e hemorragias nas mesmas aumentam quando a corrente de atordoamento excede 110mA/ave, enquanto hemorragias no músculo do peito aumentam quando a corrente excede cerca de 130mA (GREGORY & WILKINS, 1989a).

VEERKAMP (1987) observaram efeito altamente significativo da corrente (50mA e 100mA) na ocorrência de hemorragias na carne do peito. Verificaram que quanto maior a amperagem mais alta era a incidência de hemorragias.

Segundo outros autores, como VEERKAMP & DE VRIES (1983) e GREGORY & WILKINS (1989a), aves atordoadas a 200V apresentam

mais defeitos de pontas de asas e pigostílio avermelhados quando comparadas com aves atordoadas a 75V.

As propriedades dos gases para uso no atordoamento foram reconhecidos há muitos anos. Seu uso foi relatado para suínos e menos comumente para aves.

São dois gases que estão sendo utilizados em diferentes pesquisas, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e argônio (Ar). Atualmente, no Brasil já tem um abatedouro comercial que está usando  $\text{CO}_2$  para insensibilizar aves, destinadas especificamente para cortes de carne de frangos para o mercado de exportação.

As vantagens do atordoamento por gases são várias. Podem ser insensibilizadas nas próprias grades, eliminando o estresse associado com a retirada das aves das gaiolas e com a pendura. O atordoamento por gases influencia o SNC (Sistema Nervoso Central) e não paralisa a musculatura do coração; conseqüentemente, a sangria é melhor. Segundo MOHAJ RAJ *et al.* (1990) os procedimentos de aplicação do dióxido de carbono e anoxia produzem convulsões que ocorrem após a perda de consciência; estas convulsões não implicariam no bem-estar da ave.

Pesquisas realizadas por FLEMING *et al.* (1991) reportaram resultados sobre o efeito do  $\text{CO}_2$  na qualidade da carne de peru. Neste estudo duas concentrações de  $\text{CO}_2$  foram usadas, 40% e 60%, e o atordoamento elétrico como controle. Observaram que na insensibilização com ambas concentrações de  $\text{CO}_2$ , as aves apresentaram uma redução no que os autores denominaram severidade do abate durante a fase lag (fase que compreende de 20 a 60s durante a qual o animal não mostra sinal de estresse). A presença de lesões nos músculos da perna e coxa foram menores ( $P < 0,05$ ) para os grupos de aves atordoadas com 40% e 60% de  $\text{CO}_2$ . A concentração da hemoglobina e o pH foram menores ( $P < 0,05$ ) nos grupos atordoados com  $\text{CO}_2$ . A força de cisalhamento foi menor ( $P < 0,05$ ) para o tratamento de aves atordoadas com 40% de  $\text{CO}_2$ .

Não obstante, as desvantagens desse atordoamento são as convulsões que poderiam afetar o processo inicial da glicólise, a maior incidência de defeitos, como hemorragia no músculo e ossos quebrados na carcaça. Além disso, durante o atordoamento por gases com aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  ou níveis reduzidos de  $\text{O}_2$  no sangue, poderiam ser provocados efeitos fisiológicos influenciando na eficiência da sangria (MOHAJ RAJ & GREGORY, 1991).

### 3.4. ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA

#### 3.4.1. EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA MACIEZ DA CARNE DE PEITO (MÚSCULO *Pectoralis major*) DE FRANGO

A estimulação elétrica (EE) do músculo teve início com Galvani, em 1790, que mostrou que os músculos pela ação da corrente elétrica, contraem-se até um volume constante (BENDALL & RHODES, 1980). No entanto, a concepção e o uso de estimulação elétrica nos músculos, com finalidade de seu amaciamento, deve-se a Benjamin Franklin em 1749, ao abater perus usando choque elétrico (HARRIS & SHORTHORSE, 1988). O efeito da estimulação sobre a formação de lactato, a partir da quebra do glicogênio, foi mencionado por Meyerhof (1920), citado por BENDALL (1980), após tê-lo relacionado com um aumento de trabalho muscular.

A importância da membrana muscular na condução dos impulsos foi demonstrada com os trabalhos de HODGKIN (1965) e de KATZ (1967), sobre a atividade elétrica nas fibras musculares, terminações nervosas e no efeito de despolarização da membrana celular e a natureza hiperbólica da curva de tensão/duração dos pulsos de corrente.

A maioria das pesquisas nesta área tem sido conduzida na aplicação da EE em carne bovina. O propósito da EE é apressar o desenvolvimento do *rigor mortis* e quanto maior a velocidade de declínio do pH, possibilita a aplicação de baixas temperaturas sem ocasionar o encurtamento dos músculos pelo frio (LAWRIE, 1985).

O mecanismo de amaciamento pela EE ainda não está definido, embora algumas teorias mais prováveis com base experimental tenham incluído a prevenção do encurtamento pelo frio (BENDALL, 1973a), a ruptura física das fibras musculares e o aumento da atividade proteolítica das enzimas endógenas (DUTSON *et al.*, 1980).

Na EE as reações bioquímicas são aceleradas. Desde que o músculo está sendo submetido a ciclos de contração - relaxamento contínuo com a EE, o ATP necessário para a contração muscular estaria se esgotando. Para isso, o músculo precisa restabelecer o ATP pela glicólise anaeróbica (CARSE, 1973) e após a diminuição subsequente do ATP, o músculo entra no *rigor mortis* (DAVEY *et al.*, 1976).

A EE exerce maior efeito de amaciamento em carnes vermelhas quando as carcaças são resfriadas de modo bastante rápido, capaz de provocar um apreciável encurtamento pelo frio. A EE também vai influenciar a maciez quando o resfriamento for suficientemente lento, para controlar uma excessiva contração. Com isso o efeito da EE parece atuar em paralelo com a velocidade de resfriamento, atingindo uma maior eficácia, em termos de maciez, nas carcaças resfriadas em condições mais rápidas. As carnes estimuladas podem ser significativamente mais duras do que o controle, no resfriamento retardado ou muito lento (MARSH *et al.*, 1987).

Os resultados do efeito do uso da EE na carne de frango são conflitantes. Várias pesquisas têm demonstrado que a EE melhora a maciez da carne de perus (MAKI & FRONING, 1987) ou frangos (CLATFELTER & WEBB, 1987; THOMPSON *et al.*, 1988; BIRKHOOLD & JANKY, 1989; SAMS *et al.*, 1989; BIRKHOOLD & SAMS, 1990, 1991; GRIFFIS *et al.*, 1990, 1991; SAMS, 1990; WALKER *et al.*, 1991 a,b). No entanto, outros pesquisadores relatam que a EE não melhora a maciez de carne de frango ou peru (JENSON *et al.*, 1979; JANKY & BIRKHOOLD, 1989; LYON *et al.*, 1989; WAKEFIELD *et al.*, 1989) e até

mesmo provoca o endurecimento da carne de frango (LOCKER & DRANSFIELD, 1986) . Em vários casos, o efeito da EE na maciez da carne de frango foi suscetível e dependente das etapas de processamento (DRANSFIELD *et al.*, 1984; MOORE *et al.* 1987; FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988). As prováveis razões para conclusões contraditórias são postuladas como segue:

- Diferentes parâmetros de EE foram adotados nos diferentes experimentos, com variação da voltagem, forma de onda, frequência, razão cíclica, e tempo total de estimulação. Vários autores não apresentam todos os parâmetros elétricos usados, tais como forma de onda da corrente elétrica e a quantidade de corrente por carcaça.

- O ponto de início da EE na sequência de processamento variou de um experimento a outro no processo *post-mortem*. Em vários experimentos, por exemplo, a EE foi aplicada durante a sangria (MAKI & FRONING, 1987; THOMPSON *et al.*, 1987; FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988; LYON *et al.*, 1989; WAKEFIELD *et al.*, 1989), antes da escaldagem (MOORE *et al.*, 1987), ou pela sua combinação (JENSON *et al.*, 1979). Conseqüentemente, o tempo pós-abate até a aplicação da EE varia consideravelmente.

- Procedimentos dentro do abate e métodos de amostragem diferentes foram usados. Diferentes tempos de espera e de temperatura de estocagem antes da desossa também podem influenciar o resultado da EE. Em algumas pesquisas, as amostras de carne, após terem sido retiradas das carcaças, podem ter sido tratadas de maneiras diferentes. Várias amostras foram cozidas após desossa a quente (LOCKER & DRANSFIELD, 1986), enquanto outras foram cozidas após períodos variáveis de estocagem (SAMS *et al.*, 1989; FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988; THOMPSON *et al.*, 1987; WAKEFIELD *et al.*, 1989)

### 3.4.2. EFICÁCIA DO ESTÍMULO ELÉTRICO

A EE pode ser aplicada utilizando-se voltagens altas ou baixas. De um modo geral, considera-se como EE de baixa voltagem aquela na faixa de 40 - 90V, com duração de 30 a 70s e EE de alta voltagem, entre 200 a 900V, com duração de 60 a 120s. As frequências variam de 1 a 60Hz e a forma e a amplitude do impulso também podem diferir grandemente. No entanto, devido a problemas de segurança, tem-se preferido o uso de baixas voltagens. Em aves, a EE de alta voltagem é aplicada geralmente na carcaça após a depenagem, enquanto a de baixa voltagem é aplicada logo após a sangria (LI *et al.*, 1993).

DRANSFIELD *et al.* (1984) estudaram a influência da EE e o resfriamento lento na textura da carne do peito de peru. Os perus foram atordoados e sangrados convencionalmente. Imediatamente após a sangria, aplicou-se EE usando 94V DC, pulsos de 5ms (milésimos de segundo) a 14,3 pulsos/s. Os eletrodos foram ligados na cabeça e aos ganchos onde estavam presos os pés. Os resultados mostraram que a EE poderia prevenir o encurtamento pelo frio, mas não afetou a maciez da carne.

LOCKYER & DRANSFIELD (1986) não obtiveram nenhum melhoramento na maciez, em frangos de corte ou perus, com a EE. As carcaças foram estimuladas, após sangria, usando pulsos de 94V DC com uma duração de 5ms e 14,3 pulsos/s. Os resultados indicaram que a EE endurecia a carne de frango. Segundo os autores, a EE resultou em endurecimento do músculo porque, provavelmente, o *rigor mortis* ocorreu às altas temperaturas usadas no escaldamento (>55°C).

Em outro estudo, MOORE *et al.* (1987) observaram o efeito da EE aplicada na pré-sangria e no pré-resfriamento. O grupo controle não recebeu EE. Não foi detectada nenhuma alteração na maciez. Não foi observada diferença ( $p > 0,05$ ) nos valores da força de cisalhamento Warner-Bratzler da carne do peito (*Pectoralis*

major) entre os tratamentos. Os tratamentos com EE antes do resfriamento resultaram em melhor maciez ( $P < 0,05$ ) que o controle (sem EE) e os tratamentos com estimulação após a sangria tendiam a ser menos macios. Os resultados sugeriram que a EE aplicada pré-resfriamento pode ajudar na redução da dureza de frango resfriado.

FRONING & UIJTENBOOGAART (1988) investigaram o efeito da EE na cor, textura, pH e perda de peso no cozimento da carne do peito de frango de corte desossado convencionalmente e a quente. Os frangos foram atordoados e submetidos à sangria. A EE *post-mortem* intermitente foi aplicada por 60s usando 100V DC (pulsos de 1s "on" e 0,5s "off") imediatamente após sangria. As aves foram desossadas (metade do peito) em vários tempos (0 a 240 min) após evisceração. A outra metade do peito remanescente ficou ligado à carcaça. Músculos do peito submetidos à EE apresentaram um pH significativamente menor. A EE acarretou endurecimento da carne de peito desossado a 0 ou 15min, mas a carne de peito desossado após 120 e 240min ficou mais macia. Músculos do peito de carcaças estimuladas foi significativamente mais escuro, com menores valores de luminosidade quando desossados a 60min ou antes. A EE aumentou significativamente o teor de vermelho em todos os tempos de desossa com exceção do tempo de 30min. Perda de peso por cozimento e de umidade foram significativamente aumentados pela estimulação elétrica. A desossa a quente diminuiu significativamente o comprimento do sarcômero, mas a EE não teve efeito significativo nessa variável.

A possibilidade do estímulo elétrico induzir à dureza conflita com o ponto de vista inicial de que a velocidade de declínio do pH pode ser otimizada para se obter maior aumento da maciez. Os resfriamentos considerados moderados, ao favorecer uma glicólise mais rápida nas carcaças, podem ocasionar um aumento no amaciamento pelo efeito da EE. Segundo MARSH *et al.* (1981), para carnes bovina, há necessidade de uma velocidade de glicólise intermediária para se alcançar um maior aumento de maciez nas carnes estimuladas.

WAKEFIELD *et al.* (1989) mostraram que o endurecimento da carne de peito do frango foi influenciado pelo tempo *post-mortem* até o início do rigor, pela temperatura de resfriamento e pelo tempo de armazenamento refrigerado. O pH da carne de peito de frango aos 20min ( $\text{pH}_{20}$ ) após o atordoamento variou de 5,9 a 6,9 e em perus de 6,2 a 6,8. Em carne de peru com  $\text{pH}_{20} > 6,4$ , o endurecimento foi induzido pelo resfriamento, por imersão a 7°C, dentro dos 65min *post-mortem* e subsequente manutenção em tanque com água resfriada. As carnes, após 7 dias de armazenamento resfriado, foram consideradas macias. A EE de carcaças usando 94V DC (pulsos com duração de 5ms e 14,3 pulsos/s por 30s no total) diminuiu o  $\text{pH}_{20}$  em média de 0,3 unidades, mas isto causaria endurecimento devido ao aumento de encurtamento pelo *rigor mortis* em carcaças com  $\text{pH}_{20} < 5,8$ .

MARSH *et al.* (1981) relataram que trabalhando com meias carcaças bovinas estimuladas a 2Hz AC (500V, 5min) provocaram uma abrupta queda de pH (5,43 a 5,65), enquanto os controles (sem EE) apresentaram pH (5,45 a 6,62). Comparando os resultados da carne estimulada, esta apresentava-se significativamente mais dura que o controle que encontrava-se a pH elevado, acima de 6,1. Os autores indicaram que o uso de EE à baixa frequência (2Hz) previne a ruptura física do tecido e que combinado com a queda de pH rápida (glicólise acelerada) não influencia na maciez da carne. Eles, então, argumentaram que a maciez é promovida por uma glicólise mais lenta e com um pH muscular alto durante o período *post-mortem* inicial.

THOMPSON *et al.* (1987) observaram que quando a EE de baixa voltagem (45V AC) foi utilizada em frangos de corte, a maciez dos filés da carne de peito desossada a quente foi melhorada. Por outro lado, LYON *et al.* (1989) relataram que a EE à baixa voltagem (50V AC) não afetou significativamente o tempo de ocorrência do *rigor mortis* e a maciez da carne, medida pela força de cisalhamento.

Para carne bovina, BENDALL & RHODES (1978) mencionaram que os pulsos de correntes são muito importantes na otimização do processo. Recomenda-se um máximo de 3000 pulsos na aplicação para carcaças de bovinos.

A maciez atribuída ao estímulo elétrico, pela prevenção do encurtamento ou por um efeito extra de amaciamento, não se distribui uniformemente ao longo dos músculos. A estimulação elétrica, seja a de baixa ou alta voltagem, nem sempre previne a contração pelo frio, mesmo sendo efetiva para acelerar a glicólise anaeróbia (DEMEYER, 1983). Para RASHID *et al.* (1984) somente a alta voltagem com baixa frequência (10Hz) teve maior efeito na redução de  $Ca^{+2}$  indutor de encurtamento muscular.

### 3.5. DESOSSA A QUENTE

POOL *et al.* (1959) observaram que o músculo de peito, desossado imediatamente após o resfriamento, apresentou queda de pH mais rápida e maiores forças de cisalhamento que os outros grupos submetidos a diferentes intervalos de tempo *post-mortem*. Para melhorar a maciez da carne, esses autores recomendaram um tempo mínimo de 4h após o abate. Este tempo, que precede a desossa, tem efeito significativo no pH e na maciez. Os mesmos autores ainda observaram que a carne mantida na carcaça íntegra apresentava-se mais macia que aquela obtida de cortes sem osso. Observação similar foi relatada por LYON *et al.* (1985).

HAMM (1982a) e HAMM & THOMSON (1983) descreveram um método não convencional de desossa da carne de frango em que a mesma é efetuada em carcaças não evisceradas. As seguintes vantagens foram apontadas: (1) facilidade de processamento centralizado, (2) eliminação da linha de evisceração, (3) redução do espaço e de custos de resfriamento em torno de 50 a 60%, (4) economia de energia e tempo de resfriamento, (5) melhoramento das propriedades funcionais da carne e (6) melhoramento na sanidade e vida-de-prateleira da carne. A velocidade dessa linha de desossa a quente poderia ser comparada às linhas de desossa por resfriamento

convencional. Além disso, o método não requeriria equipamentos complexos ou novos e a área a ser usada seria menor que as atuais.

O processo de desossa a quente consiste na remoção da carne de peito, perna e coxa da carcaça antes das operações de evisceração e resfriamento, que seriam eliminadas. No entanto, este processo apresenta certas desvantagens. A principal delas é que ele causa endurecimento da carne em relação àquela desossada convencionalmente (KLOSE *et al.* 1972; Peterson, 1977 citado por STEWART & FLETCHER, 1984).

A desossa a quente, sem um mecanismo que controle a contração excessiva das fibras musculares, pode tornar-se um processo pouco adequado, apesar de desejável sob o ponto de vista econômico (WEST, 1983).

STEWART *et al.* (1984) verificaram que o músculo de peito obtido por desossa a quente apresenta, durante um período de 24h, uma diminuição de forma menos pronunciada no pH quando comparado com o músculo intacto que permanece na carcaça.

STEWART & FLETCHER (1984) obtiveram valores de pH no músculo de peito, situado ao redor de 5,9 após 4h, com os valores de força de cisalhamento atingindo 4,5 a 5,5kgf. Com base nestes resultados, estes pesquisadores recomendaram um tempo mínimo de 4h de intervalo, mantendo-se as carcaças a 25°C, sem resfriamento, para evitar o efeito adverso de endurecimento comumente associado a este tipo de desossa. Os resultados são opostos ao obtido por KIM *et al.* (1988), que não encontraram diferença significativa entre valores de pH de aves processadas pela desossa convencional e a quente, que foi realizada após resfriamento a 4°C e após a depenagem.

FRONING & UIJTENBOOGAART (1988) observaram que para carcaças desossadas a quente e convencionalmente a ação da EE causou maior amaciamento nos músculos de peito desossados a 120 e 240min após estímulo.

THOMSON *et al.* (1987), ao utilizarem EE a baixa voltagem em carcaças de aves, obtiveram valores de força de cisalhamento para músculo do peito desossado a quente significativamente menores que para o tratamento sem estimulação. O mesmo não se verificou ao utilizarem alta voltagem, uma vez que não se observou diferença na maciez devido à variação de voltagem. A força de cisalhamento do músculo foi significativamente menor somente quando se utilizaram desossa convencional e estimulação a 820V.

Segundo FRONING & UIJTENBOOGAART (1988), a excisão a quente do músculo de peito de frango a 60min ou antes deste tempo confere uma coloração escura à carne e também uma diminuição significativa do comprimento do sarcômero.

UIJTENBOOGAART & REIMERT (1994) estudaram o efeito da EE, o tipo de resfriamento e o tempo *post-mortem* antes da desossa. A EE foi conduzida aplicando 100V, durante 1,5min e as carcaças foram resfriadas em água com gelo e ar, com períodos de 30 a 180min antes da desossa, respectivamente. Os valores da força de cisalhamento foram afetados significativamente pela desossa. A força diminuiu de 58,6 a 25N quando o tempo de desossa aumentou de 0 (desossa a quente) a 180min após a evisceração.

Conclui-se, a partir desta revisão, que os resultados encontrados por diferentes autores são conflitantes e que ainda é necessário esclarecer os efeitos de tratamentos como atordoamento, estimulação elétrica e desossa a quente na qualidade da carne. Para a desossa a quente ainda é necessário esclarecer a sua influência nos níveis de contaminação microbiológica.

## 3.6. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS, FÍSICAS E SENSORIAIS DA CARNE

### 3.6.1. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NA CARNE (CRA)

O interesse pelo estudo da capacidade de retenção de água pelo músculo decorre de sua influência no aspecto da carne antes do cozimento, no seu comportamento durante a cocção e na sua participação na palatabilidade do produto.

FENNEMA (1990) definiu a capacidade de retenção de água (CRA) como a habilidade de uma amostra para manter ou reter o fluido intrínscico ou extrínscico, sob condições especificadas.

O significado do conceito de retenção de água depende do estado e tratamento da carne. As proteínas que compõem a estrutura das fibras musculares são responsáveis pela retenção de água. Especificamente, a miosina está presente em aproximadamente a metade da proteína miofibrilar, a qual é parte das proteínas estruturais (HAMM, 1982).

Quanto à quantidade de água imobilizada, esta depende do espaço existente entre os filamentos. Por esta razão, se a fibra muscular contrai-se, os filamentos de actina e miosina aumentam consideravelmente e o espaço torna-se menor, diminuindo a quantidade de água imobilizada (PARDI *et al.*, 1993).

A água está ligada na carne de aves por diferentes vias. Uma parte da água está ligada firmemente, outra parte está ligada fracamente. Quase todas as modificações observadas na CRA das proteínas musculares são devidas às modificações experimentadas pela água ligada fracamente (ERDÉSZ *et al.*, 1991).

Na carne intacta, a diminuição da CRA dentro das primeiras horas *post-mortem* é determinada pela queda de pH (HAMM *et al.*, 1983; HONIKEL *et al.*, 1980) e não pela concentração de ATP.

Diversos fatores aumentam a CRA da carne, como a manutenção do pH elevado, o retardamento da glicólise *post-mortem* e o resfriamento rápido da carcaça antes da instalação do *rigor mortis*, e a estocagem a temperaturas próximas a 0°C.

FENNEMA (1990) indicou métodos para medir a CRA na carne. Por exemplo, o método que compreende uma força aplicada, como pressão ou centrifugação, e outros como ressonância magnética nuclear (NMR) (SHANBHAG *et al.*, 1970). KAUFFMAN *et al.* (1986) descreveram um método simples de papel de filtro, em que um pequeno corte de carne é colocado entre dois papéis de filtro, realizam-se uma prensagem e pesagem para se verificar o acúmulo do fluido. Com relação a músculo de aves, Jaúregui *et al.* (1981) citado por FRONING (1991) desenvolveram um método simples e reproduzível usando centrifugação.

WEISE *et al.* (1982) mostraram resultados que não apresentaram diferença estatística significativa nas propriedades da CRA, devido à fibrilação ventricular durante o processo de atordoamento elétrico.

REGENSTEIN & RANK STAMM (1979) constataram que a CRA do músculo de peito pré *rigor mortis* foi o dobro da observada em carne de peito pós *rigor mortis*.

KIM *et al.* (1988) encontraram diferenças não significativas na umidade e na perda de cozimento em aves atordoadas e não atordoadas.

MOHAN RAJ *et al.* (1990) não mostraram efeito significativo na perda de peso pelo método de atordoamento (elétrico vs. gasoso) da carne de peito de frango .

A E.E. aumenta a perda de peso e umidade na carne de peito de frango (FRONING & UIJTENBOOGART, 1988).

### 3.6.2. COR

No caso das aves, a coloração da pele e dos músculos, além do fator genético, é uma consequência da alimentação e da adição de tipos e teores variados de xantofilas. Técnicas de processamento também podem alterar esta característica.

As diferenças de conteúdo de mioglobina nas diversas espécies dependem dos tipos de fibras musculares que elas apresentam. Assim, as fibras vermelhas, com elevado conteúdo em citocromo e mioglobina, predominam nos músculos de perna e coxa de frango e as fibras brancas, com baixo teor em citocromo, mioglobina e mitocôndrias, são típicas dos músculos peitorais de aves, como frango (OBANU *et al.*, 1984).

A variação na cor da carne frequentemente são relacionadas a diferenças na alimentação ou fatores *ante-mortem*, como estresse e manejo. As qualificações de carne PSE e DFD, que estão relacionadas com a cor dos músculos de suíno, não são comuns na carne de frango; mas uma certa variação em cor está sendo atualmente relacionada ao PSE (músculos de frango que apresentam coloração mais pálida, flácida e certa exsudação) (UIJTENBOOGART, 1991).

FRONING & UIJTENBOOGAART (1988) encontraram um efeito da EE na cor da carne de peito. A EE aumentou significativamente o valor  $a^*$  (valor vermelho CIE - Hunter) e diminuiu o valor  $L^*$  (luminosidade CIE - Hunter). A carne estimulada foi considerada mais vermelha que a do grupo controle não estimulado.

As condições da estocagem sob refrigeração têm grande influência na cor da carne vermelha (FAUSTMAN & CASSENS, 1990). Especialmente para estabilidade da mioglobina a oxidação é muito importante. Vários fatores como o pH da carne, a luz, a temperatura ou o material de embalagem afetam a cor da carne. A estabilidade da cor na carne de aves não tem sido objeto de muitos estudos, porque o baixo conteúdo de mioglobina da carne de peito

de frango, quando comparado por exemplo com carne bovina, apresenta efeitos menores na descoloração da carne (UIJTENBOOGAART, 1991).

Foram observados nos resultados de avaliação instrumental da cor da carne de peito após o tratamento de interação da forma de EE, tipo de desossa e forma de resfriamento, diferenças pequenas e que não puderam ser detectadas pelo olho humano (UIJTENBOOGAART & REIMERT, 1994).

### 3.6.3. TEXTURA

A textura é o critério de qualidade mais importante em qualquer tipo de carne. Pode ser avaliada por diversos métodos: subjetivos (painel sensorial) e objetivos (instrumental), mas nem sempre é boa a correlação entre os resultados dos dois métodos.

Os diversos trabalhos de pesquisa apresentaram resultados diferentes, uma vez que cada um deles propôs seus próprios limites para determinar se uma amostra é dura ou macia (JONES & GREY, 1989). LYON *et al.* (1985) estabeleceram para os resultados da carne de peito desossado a quente, após cozimento, 7,5kgf/g como limite para considerar uma carne macia. Entretanto, SIMPSON & GOODWIN (1974) indicaram 8kgf/g como limite.

Os resultados de medida objetiva da textura observados em diversos trabalhos de pesquisa apresentam diferença: (a) o ponto exato de coleta da amostra de carne não é sempre clara, embora seja conhecido que o músculo de peito pode variar em textura nas diferentes regiões do músculo, e (b) as diferentes condições de cozimento aplicadas nos experimentos.

As diferentes etapas no processo de abate das aves apresentam efeito sobre a força de cisalhamento e maciez. A agitação forte das aves, ocorrendo antes ou após a sangria, tem sido conhecida como intensificador da dureza da carne do peito de frango (FRONING *et al.*, 1978; VAN HOOFF, 1979; NGOKA *et al.*, 1982).

O efeito do atordoamento elétrico na textura objetiva da carne de peito de frango não é muito claro. THOMPSON *et al.* (1986) encontraram efeito significativo do atordoamento na força de cisalhamento. A carne das aves atordoadas mostraram menor força de cisalhamento do que a das aves não atordoadas. O efeito do tempo *post-mortem* nesse estudo indicou maior efeito na maciez/força de cisalhamento.

MOHAN RAJ *et al.* (1990) encontraram diferenças significativas comparando atordoamento elétrico e gasoso na textura da carne do músculo *Pectoralis major* de frango. Valores de textura obtidos com a célula de Volodkekevitch foram 2,19kgf, para o grupo atordoado eletricamente, e 2,02kgf para o grupo atordoado com CO<sub>2</sub>.

A desossa a quente teve efeito negativo na textura da carne de peito de frango e peru. Isto foi demonstrado em diversos estudos anteriormente discutidos (STEWART *et al.*, 1984; LYON *et al.*, 1985; SAMS & YANKY 1986; THOMPSON *et al.*, 1986; DAWSON *et al.*, 1987; FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988; KIM *et al.*, 1988; UIJTENBOOGAART & REIMERT, 1994; BILGILI *et al.*, 1989 e WAKEFIELD *et al.*, 1989).

WAKEFIELD *et al.* (1989) observaram os efeitos que produziram o início rápido do rigor mortis, o tempo de resfriamento e estocagem sob a maciez da carne de frango. Quando os músculos de peru com  $pH_{20} > 6,4$  foram resfriados até 7°C, nos primeiros 65min *post-mortem*, indicou-se que a dureza foi induzida neles. Em carne de frango observaram os mesmos efeitos quando o congelamento da mesma realizou-se dentro de um período de 2h após abate. Este efeito é similar ao efeito do encurtamento pelo frio descrito por LOCKER & HAGYARD (1963) em carne bovina. O efeito descrito por WAKEFIELD *et al.* (1989) desapareceu após 7 dias de estocagem a 3°C.

PAPA & FLETCHER (1988) comprovaram que a pendura das carcaças pelas asas influenciava a força de cisalhamento do músculo *Pectoralis major*. Eles encontraram sarcômeros mais compridos e uma diminuição significativa nos valores de força de cisalhamento do músculo excisado entre 2 a 3h *post-mortem*.

SAMS & JANKY (1986) constataram certo efeito do resfriamento em salmoura, de carne de peito de frango desossado a quente, na textura objetiva. Sugeriram que a concentração de NaCl pode ser a razão para esta menor força de cisalhamento.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em três estudos.

Na Figura 1 são esquematizados os processos de abate de frangos com as modificações introduzidas para realização dos testes de estimulação elétrica e desossa a quente.

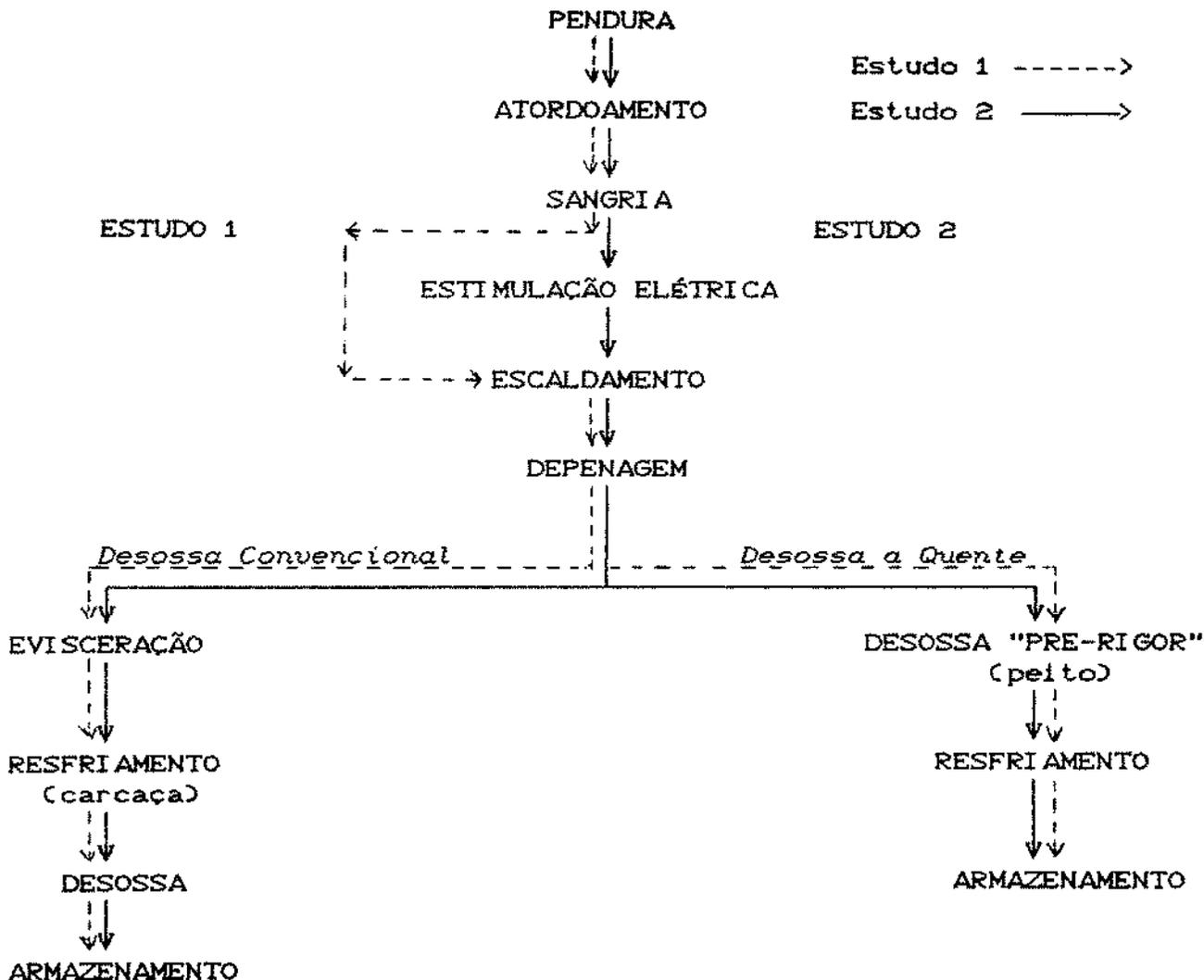


FIGURA 1 : Fluxograma de processo de abate de frangos com as modificações introduzidas das operações de estimulação elétrica e desossa a quente.

Em todos os estudos utilizaram-se aves da linhagem Cobb com peso na faixa de 2,0 a 2,5kg. Todos os ensaios foram conduzidos na linha de abate de um abatedouro comercial situado próximo a Campinas.

As aves utilizadas para cada estudo foram inspecionadas "ante-mortem" para verificar a sanidade e a ausência de injúrias. A pendura das aves foi realizada pelo próprio pessoal de linha de abate do Abatedouro.

#### 4.1. EFEITO DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO (ESTUDO 1)

No primeiro ensaio, as aves foram penduradas (Figura 2) e submetidas ao atordoamento a 20, 40, 80 e 100V, usando-se frequência de 60Hz. Para cada tratamento foram utilizadas 15 aves. Neste experimento, foi utilizado o atordoador da empresa GRECO Máquinas, com voltagem de 10 a 100V, ajustado com auxílio de voltímetro e amperímetro (Figura 2).

No segundo ensaio, as aves foram atordoadas a 40V sob frequências de 200, 350, 500 e 1000Hz. Para isso foi desenvolvido um atordoador, constituído de um gerador de frequências de 0 a 1100Hz, construído por técnicos do Departamento de Engenharia Biomédica (Faculdade de Engenharia Elétrica) da UNICAMP. Esse atordoador permitia a leitura de voltagens e frequências aplicadas. O tipo de onda gerada pelo atordoador elétrico, ligado ao gerador de frequências, foi uma onda quadrada alternada simétrica bipolar.

Para a medida das frequências foi usado um osciloscópio marca TEKTRONIX modelo 5103N (Figura 3).

##### 4.1.1. ANÁLISE FÍSICA *POST-MORTEM* NA CARCAÇA

No Estudo 1 foi realizada a seguinte análise, que é descrita no item 4.4.1.



FIGURA 2. Plataforma de pendura das aves em abatedouro.



FIGURA 3. Medida da frequência e voltagem do atordoador elétrico.

Após atordoamento e sangria, as carcaças foram analisadas quanto a:

- eficiência de atordoamento;
- força necessária para liberação das penas (Figura 4);
- presença de avermelhamento em diferentes regiões da carcaça (Figura 5);
- presença de coágulo de sangue ou hemorragia no músculo do peito;
- presença de ossos quebrados;
- eficiência da sangria.

Em seguida, foi selecionado o tratamento que conferiu melhor qualidade à carcaça para a realização das análises física, química e sensorial na carne de peito de frango.

#### 4.1.2. ANÁLISES NA CARNE DE PEITO DE FRANGO

##### . Análise física

- Força de cisalhamento.
- Perda de peso durante o cozimento.
- Cor do músculo do peito.

##### . Análise química

- pH.
- Capacidade de retenção de água.
- Umidade e proteína.

##### . Análise bioquímica

- Glicogênio.
- Valor R.

#### 4.1.3. ANÁLISE SENSORIAL

Os atributos maciez, suculência e qualidade global das amostras da carne de peito foram avaliadas como descrito no item 4.4.4.



FIGURA 4. Medida de liberação das penas por ação de um dispositivo ligado ao dinamômetro



FIGURA 5. Presença de avermelhamento na ponta das asas e na superfície do peito.

## 4.2. EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E TIPO DE DESOSSA NA MACIEZ DA CARNE DE PEITO DE FRANGO (ESTUDO 2).

### 4.2.1. DETERMINAÇÃO DO TEMPO E DA VOLTAGEM ADEQUADOS PARA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA

Os experimentos foram conduzidos com base nos resultados sobre o efeito do atordoamento na qualidade da carcaça e carne de peito realizados no primeiro estudo. As duas melhores condições de atordoamento foram utilizadas para avaliação de diferentes condições de estimulação elétrica: 40V/60Hz e 40V/1000Hz.

As carcaças de frango, após sangria de 90s, foram penduradas nos ganchos isolados sendo os eletrodos do estimulador ligados ao pescoço e aos pés de cada frango (Figura 6). As carcaças foram estimuladas eletricamente (Figura 7) utilizando-se 45, 80 e 100V. Para a determinação do tempo adequado de estimulação elétrica (EE) que foi de 30s e 45s, utilizou-se atordoamento a 40V/60Hz.

Para esta fase foi usado o aparelho EEBVA, com pulsos modulados por onda quadrada, desenvolvido pela firma JARVIS DO BRASIL (Figura 8), construído com base nos dados iniciais obtidos no abate de aves com as seguintes especificações:

forma de onda da pulsação envolvente

$f_1 = 1/3$  Hz,  $D_1 = 66,67\%$ , pulsos 2s "on" e 1s "off"

forma de onda da pulsação interna

$f_2 = 1/77$  Hz,  $D_2 = 6,5\%$ , pulsos 5ms "on" e 72 ms "off"

Onde:

$f_1$  = frequência da pulsação envolvente

$D_1$  = razão cíclica da pulsação envolvente

$f_2$  = frequência da pulsação interna

$D_2$  = razão cíclica da pulsação interna



FIGURA 6. Aplicação do eletrodo positivo nas carcaças.



FIGURA 7. Carcaças estimuladas eletricamente.

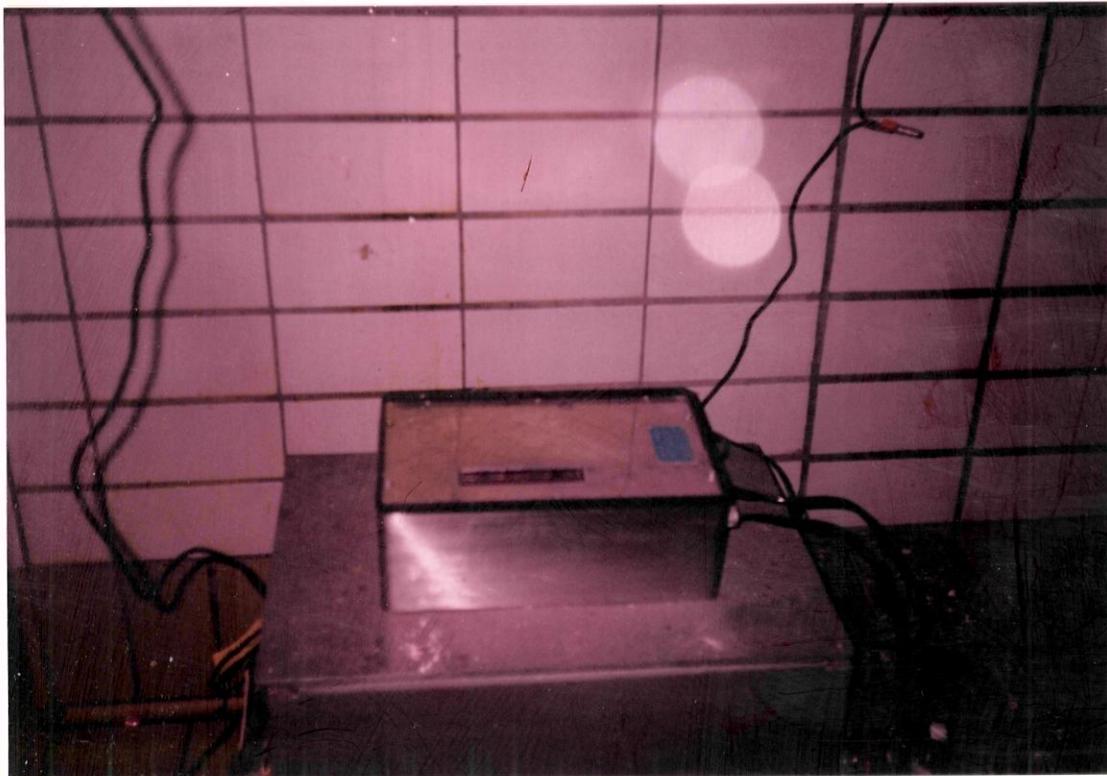


FIGURA 8. Estimulador eléctrico EEBVA.

Para todos os tratamentos de estimulação elétrica metade do lote era desossado a quente (Figuras 9 e 10) logo após a saída da depenadora. A outra metade do lote seguia a linha normal de abate e era desossada após o resfriamento.

Na desossa a quente procurou-se simular o resfriamento convencional. Para isso utilizaram água e gelo, em um recipiente de aço inox, sendo o processo realizado em dois estágios: (a) o pré-resfriamento a uma temperatura de 21°C por 15min com agitação contínua pela ajuda de uma cesta de malha; (b) resfriamento mantendo-se temperatura de 3 a 4°C por 25min.

As aves submetidas ao processo de estimulação elétrica foram comparadas com os tratamentos sem aplicação da estimulação elétrica.

#### 4.2.2. ANÁLISE FÍSICA

Para o Estudo 2 foram realizados testes físicos para a carne de peito (músculo *Pectoralis major*) estimulada ou não como:

- Força de cisalhamento.
- Análise sensorial de maciez, suculência e qualidade global.
- Perda de peso durante o cozimento.

Estes testes foram descritos no item 4.4.



FIGURA 9. Corte ao redor da asa para permitir a desossa a quente.



FIGURA 10. Excisão do peito por desossa a quente.

### 4.3. EFEITO DA INTERAÇÃO ATORDOAMENTO X ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DA CARCAÇA NA QUALIDADE DA CARNE DE PEITO DE FRANGO (ESTUDO 3)

Neste estudo, foram selecionados os melhores tratamentos que deram os melhores resultados com relação à maciez, nos Estudos 1 e 2, medida objetiva e subjetivamente. Esses tratamentos foram combinados e comparados com os controles provenientes da desossa a quente e convencional. Estes controles referem-se ao grupo de aves atordoadas a 60Hz/40V e 1000Hz/40V, ambas sem estimulação para análise física e sensorial.

#### . ANÁLISE FÍSICA

- Força de cisalhamento.
- Perda de peso.
- Cor do músculo.

#### . ANÁLISE QUÍMICA

- pH.
- Capacidade de retenção de água.
- Umidade
- Proteína

#### . ANÁLISE BIOQUÍMICA

- Valor R.
- Glicogênio.
- Ácido láctico.

#### . ANÁLISE SENSORIAL

- Maciez, suculência e qualidade global.

Todas as análises foram realizadas como descrito no item

4.4.

#### 4.4. DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CARCAÇA E DA CARNE DE PEITO DE FRANGO

##### 4.4.1. ANÁLISE FÍSICA

Para a avaliação física de carcaças e músculos de peito foram realizadas as seguintes determinações:

##### 4.4.1.1. Eficiência do atordoamento

Após o atordoamento das aves, nas voltagens e frequências estudadas, realizou-se o teste de reflexo, alfinetando-se a crista das aves conforme RICHARDS & SYKES (1964). O objetivo do teste foi verificar o grau de consciência das aves. Também foi realizado o eletrocardiograma (ECG) de uma ave por tratamento, com a finalidade de observar a ocorrência ou não de fibrilação ventricular, com um aparelho para eletrocardiograma cedido pelo Departamento de Engenharia Biomédica da UNICAMP.

##### 4.4.1.2. Liberação das penas

Antes e após o atordoamento, foram retiradas as penas da região peitoral, utilizando-se dinamômetro conectado a um dispositivo que permitia a remoção das penas (Figura 4). Para cada tratamento utilizaram-se 5 aves, com 6 medições em cada. A análise foi realizada com 3 replicações e avaliada por 4 analistas segundo a metodologia de DICKENS & SHACKELFORD (1988).

##### 4.4.1.3. Avermelhamento

A presença de avermelhamento na ponta das asas, pigostílio, região superficial do peito, junta da coxinha e asinha foram avaliadas por escala de 0, 1 e 2, sendo que 0 correspondia a ausência de defeitos, 1 ligeiros defeitos, 2 defeitos graves (Figura 5). Foram utilizadas 5 aves para cada tratamento de atordoamento, com 3 replicações segundo GREGORY & WILKINS (1990a). A presença do avermelhamento foi avaliada por três analistas.

#### 4.4.1.4. Coágulo de sangue ou hemorragia no músculo do peito

A presença de coágulos de sangue, ou hemorragia no músculo do peito (superficial e profunda), foi determinada por observação visual e com a mesma escala utilizada para avermelhamento. Utilizaram-se 5 aves por tratamento com três replicações e foi avaliada por três analistas (GREGORY & WILKINS, 1990a).

#### 4.4.1.5. Ossos quebrados

A presença de ossos quebrados foi observada na região peitoral (clavícula, coracóide e escápula) após os tratamentos de atordoamento indicados no Estudo 1. Utilizaram-se 5 aves por tratamento com 3 replicações e foi avaliada por 3 analistas segundo GREGORY *et al.* (1990b).

#### 4.4.1.6. Eficiência da sangria

A eficiência da sangria foi medida determinando-se a porcentagem de sangue liberado, que era obtida pela diferença de peso da ave, antes do atordoamento e após a sangria. Para os cálculos foi determinado inicialmente o volume de sangue da ave de acordo com KOTULA E HELBACKA (1966). Segundo, estes autores o conteúdo da sangue da ave é de 7,5% o peso do corpo e este valor foi considerando como 100%

#### 4.4.1.7. Cor do músculo do peito

A avaliação da cor do músculo foi medida em colorímetro MINOLTA Chroma Meter CR-200b. A leitura dos parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de vermelho) e  $b^*$  (intensidade de amarelo) foram feitas no sistema CIE. Para cada tratamento, foram utilizados 5 peitos de frango. Cada músculo do peito foi colocado em um prato de fundo branco e foi feita a leitura da cor do lado interno do músculo, obtendo-se o resultado médio de 7 leituras realizadas em diferentes regiões, para cada músculo.

#### 4.4.1.8. Força de cisalhamento

Amostras do músculo do peito foram colocadas em embalagens de polietileno e etiquetadas, sendo armazenadas em gelo. Para realização da análise, as peças de carne permaneceram por 24 horas a 2°C. As amostras foram cozidas em chapa elétrica até atingirem 85°C internamente. Todas as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente, para avaliação da textura. Utilizaram-se amostras de forma de paralelepípedo de 2cm x 1,13cm<sup>2</sup> do músculo de peito conforme a metodologia proposta por FRONING & UIJTENBOOGAART (1988). As amostras do lado direito do peito com as fibras orientadas perpendicularmente às lâminas foram cisalhadas por meio do aparelho Warner-Bratzler acoplado no aparelho INSTRON modelo TM 2318.

#### 4.4.1.9. Perda de peso durante o cozimento

A determinação da perda de peso durante o cozimento foi realizada pela tomada de pesos das amostras antes e após o cozimento. A pesagem inicial das amostras foi determinada antes da estocagem a 0-2°C por 24h. As amostras, após 24h, foram cozidas por 10min aproximadamente, até atingir a temperatura interna de 85°C.

### 4.4.2. ANÁLISE QUÍMICA

#### 4.4.2.1. Umidade

O teor de umidade foi determinado secando-se 10g de amostra em estufa com circulação forçada de ar a 105°C por 24h, segundo HORWITZ (1980).

#### 4.4.2.2. Proteína

O teor de proteína foi determinado utilizando-se o método macrokjeldahl para determinação do nitrogênio total e fator de multiplicação 6,25, segundo TORRY RESEARCH STATION (1973).

#### 4.4.2.3. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi determinada segundo a metodologia proposta por MAST & GERRITS (1981). Posteriormente, foi usada a metodologia descrita por GRAU & HAMM (1954) e modificada por HOOPMANN *et al.* (1982). Esta última apresentou maior facilidade para trabalho.

#### 4.4.3. ANÁLISE BIOQUÍMICA

Para esta análise, amostras do músculo *Pectoralis major*, cortadas em área de  $1,5\text{cm}^2$ , foram congeladas em nitrogênio líquido e estocadas a  $-60^{\circ}\text{C}$  no equipamento REVCO, nos seguintes tempos *post-mortem* 0,13h, 0,17h, 0,83h, 4h, 8h e 24h, procedendo-se para cada uma das análises a seguir:

##### 4.4.3.1. pH

A determinação do pH foi realizada pesando-se 2,50g de carne e homogeneizando-se com 25ml da solução contendo 1,04g iodoacetato de sódio e 11,18g de KCl num misturador SORVALL por 2 minutos. A leitura foi realizada em potenciômetro MICRONAL devidamente calibrado, segundo BENDALL (1973b).

##### 4.4.3.2. Glicogênio

A concentração de glicogênio foi determinada pelo método desenvolvido por SIU *et al.* (1970), com a utilização de amostras pequenas (35-50mg) de tecido muscular.

##### 4.4.3.3. Valor R

A extração de nucleotídeos foi efetuada com ácido perclórico 1M, na proporção 1:10, em m/v, o material foi homogeneizado por 30s, a seguir filtrado e centrifugado por 5min, a 3000G. Uma alíquota de 0,1ml do sobrenadante foi diluída com 4,9ml de tampão fosfato 0,1M, pH 7,0. A absorção a 250 e 260nm, em espectrofotômetro Perkin Elmer, foi determinada utilizando-se o tampão fosfato como referência e o valor R, calculado pela razão das duas absorbâncias, segundo a metodologia proposta por HONIKEL & FISCHER (1977).

#### 4.4.3.4. Ácido láctico

O ácido láctico foi determinado pelo método de GAWEHN & BERGMAYER (1974).

#### 4.4.4. ANÁLISE SENSORIAL

Para a análise sensorial, as amostras de peito do lado esquerdo foram cozidas em grelha elétrica até atingirem 85°C internamente em aproximadamente 8min segundo as recomendações do WORKING GROUP (1987). Os atributos maciez, suculência e qualidade global das amostras foram avaliados por um painel de 15 provadores treinados usando escala não estruturada de 0 a 10 pontos, blocos incompletos e Programa de Análise Sensorial Computadorizada desenvolvido pela COMPUSENSE INC., versão 4.2.

### 4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Para os tratamentos aplicados no Estudo 1 como efeito da frequência, voltagem e corrente do atordoamento elétrico na eficiência da sangria, nas lesões da carcaça e na liberação das penas foi realizado um delineamento de blocos completamente casualizados com 3 replicações para cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância e o Teste de Scheffé foi utilizado para comparação de médias com nível de significância de 5%. Ainda no Estudo 1, com o objetivo de determinar a qualidade da carne do peito de frango, foi realizado um novo experimento para determinar qual era o melhor tratamento. Neste foram realizadas as análises física, química, bioquímica e sensorial. Nesta etapa utilizaram-se blocos completamente casualizados e os resultados foram avaliados pela análise de variância e teste de Scheffé com nível de significância de 5%.

O primeiro objetivo do Estudo 2 foi determinar o tempo ótimo de estimulação elétrica. Para isto foram aplicados 16 tratamentos considerando o tempo (30s e 45s) como fator principal, sendo os fatores secundários a voltagem (45V, 80V, 100V), com o

controle sem estimulação e o tipo de desossa (quente e convencional).

Após a determinação do melhor tempo de EE, foi realizado um experimento fatorial completo, considerando como fatores o atordoamento a 40V e 60Hz e 1000Hz, independentemente para cada frequência de atordoamento e posteriormente realizaram-se comparações dos resultados para ambas frequências para as diferentes voltagens (45, 80 e 100V), com o controle (sem EE) e o tipo de desossa (quente e convencional).

Para avaliação dos resultados utilizaram-se a análise de variância e o teste de comparação múltipla de médias (Scheffé, 5% de acordo com o SAS (1990) e STATGRAPH (Ver. 4.0).

O objetivo do Estudo 3 foi determinar o efeito dos melhores resultados dos Estudos 1 e 2.

Neste estudo final, os melhores tratamentos do Estudo 2 foram avaliados por um delineamento casualizado. Para avaliar a cor considerou-se uma estrutura fatorial completa dos tratamentos, sendo os fatores de atordoamento 40V a 60 e 1000Hz, EE (45V convencional, 80V quente, 100V convencional e 100V quente) e resfriamento (com ou sem resfriamento).

Para facilitar a identificação dos oito tratamentos (interação das condições de atordoamento x tipo de desossa x voltagem de EE foram adotados:

- A60Hz/DQ/sem EE = atordoamento a 60Hz/desossa a quente/sem EE.
- A60Hz/DC/sem EE = atordoamento a 60Hz/desossa convencional/sem EE.
- A60Hz/DQ/EE a 80V = atordoamento a 60Hz/desossa a quente/EE a 80V.
- A60Hz/DC/EE a 45V = atordoamento a 60Hz/desossa convencional/EE a 45V.
- A1000Hz/DQ/sem EE = atordoamento a 1000Hz/desossa a quente/sem EE.
- A1000Hz/DC/sem EE = atordoamento a 1000Hz/desossa convencional/sem EE.

A1000Hz/DQ/EE a 100V = atordoamento a 1000Hz/desossa a quente/EE a 100V.

A1000Hz/DC/EE a 100V = atordoamento a 1000Hz/desossa convencional/EE a 100V.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. EFEITO DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO ELÉTRICO NA QUALIDADE DA CARCAÇA E DA CARNE DE FRANGO (ESTUDO 1)

#### 5.1.1. EFICIÊNCIA DO ATORDOAMENTO ELÉTRICO

Como pode ser observado no Quadro 1 a 40V e 60Hz, somente 10% das aves responderam ao estímulo de alfinetação, correspondendo, portanto, a uma eficiência do atordoamento elétrico de 90%. O tratamento de atordoamento a 20V apresentou 75% de eficiência e a 80V e 100V a eficiência foi de 100%. Para os tratamentos a 40V e frequências de 200, 350, 500 e 1000Hz, a eficiência do atordoamento ficou na faixa de 86-90%.

QUADRO 1. Medida da ação do atordoamento elétrico pelo teste da sensibilidade da crista.

FREQUÊNCIA Hz	VOLTAGEM Volts	EFICIÊNCIA DO ATORDOAMENTO (%) (Aves com resposta ao teste)
60	20	75
	40	90
	80	100
	100	100
200	40	90
350		88
500		86
1000		90

N = 20 aves/tratamento, 3 replicações

#### 5.1.2. EFEITO NA SANGRIA

Como mostram os dados do Quadro 2, obteve-se melhor liberação de sangue com insensibilização a 40V (55,3%), quando as correntes situaram-se na faixa de 30-50mA. Este tratamento foi melhor ( $P < 0,05$ ) do que a 80 ou 100V e o controle (sem

atordoamento), não diferindo apenas daquele a 20V, que apresentou eficiência de sangria de 49,6%. Esta porcentagem de perda de sangue está na faixa indicada por NAWELL & SHAFFNER (1950) e POTSUBUG & DUDUK (1966), que relataram perdas entre 35 e 50% de volume total de sangue. É importante ressaltar que o uso de voltagens elevadas como 80 e 100V, com eficiências de 34,7% e 30,2%, respectivamente, foi equivalente ao controle (aves não atordoadas), com eficiência de sangria de 27,2%.

QUADRO 2. Amperagem e médias da medida do atordoamento elétrico das porcentagens da perda de sangue a frequência de 60Hz.

TRATAMENTO Voltagem (V)	CORRENTE mA	EFICIÊNCIA NA SANGRIA %
20	20 - 29	49,6 <sup>ab</sup>
40	30 - 50	55,3 <sup>a</sup>
80	60 - 98	34,7 <sup>bc</sup>
100	70 - 125	30,2 <sup>c</sup>
Controle	-	27,2 <sup>c</sup>

N = 10aves/tratamento com três replicações

a,b,c Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Controle = sem atordoamento

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Estes resultados também são similares aos obtidos por KUENZEL & INGLING (1977), que relataram uma média de 43,2% de eficiência de sangria. VEERKAMP & DE VRIES (1983) indicaram, por sua vez, a diminuição da perda de sangue quando a voltagem de atordoamento aumentou de 75 a 200V, mostrando que a indução de fibrilação ventricular no atordoamento prejudica a eficiência da sangria. Por outro lado, estes resultados contrastam com os do trabalho de WEISE et al. (1988), que observaram retardamento no início da sangria no seu início quando o coração sofre fibrilação pela ação do atordoamento; porém, após 2 a 2,5min a sangria é completa, da mesma forma que nas aves que não sofreram fibrilação ventricular.

GREGORY & WOTTON (1987b) indicaram que a fibrilação (contração desorganizada das fibras ventriculares, com a pressão arterial caindo a zero e produzindo a morte) pode ser atingida a partir de 26mA. Por outro lado, nos resultados obtidos por GREGORY & WOTTON (1991), algumas aves submetidas a voltagens com correntes acima de 50mA apresentaram sinais de fibrilação ventricular, tais como queda do reinício da respiração e retenção do tono muscular após o atordoamento e, posteriormente, a morte.

Comparando-se a média máxima obtida neste trabalho (Quadro 2), com as encontradas por outros pesquisadores, a eficiência da sangria quando se utiliza frequência de 60Hz foi superior em 28% ao valor máximo de 43,2% para corrente alternada (AC) e 50 obtido por KUENZEL & INGLING (1977).

Estabeleceu-se que a voltagem de atordoamento de 40V foi a que proporcionou melhor eficiência de sangria; nos experimentos subseqüentes procurou-se determinar o efeito da frequência.

Observa-se nos resultados do Quadro 3 que a eficiência da sangria de 73,1% a 1000Hz, foi diferente ( $P < 0,05$ ) daquelas obtidas com os tratamentos de 500Hz e 200Hz com valores de 44,2% e 43,5% respectivamente; e não foi diferente com respeito ao tratamento a 350Hz e 60Hz com 56,2% e 55,3%, respectivamente. Embora estes últimos valores para as frequências de 350 e 60Hz, tenham sido 17% menores, em relação aos 73,1% de eficiência a 1000Hz, esta diferença não foi significativa. Isto deve-se provavelmente à grande variação nas perdas de sangue dentro de um mesmo tratamento.

O fato do uso de alta frequência melhorar a sangria pode ser explicado pela ausência da fibrilação ventricular causado pelo efeito "skin", que consiste a corrente ao invés de atravessar o corpo, correr pela sua superfície.

QUADRO 3. Médias das porcentagens de perda de sangue a frequências elevadas e 40V.

TRATAMENTO Frequência (Hz)	EFICIÊNCIA NA SANGRIA %
60	55,3 <sup>ab</sup>
200	43,5 <sup>bc</sup>
350	56,2 <sup>ab</sup>
500	44,2 <sup>bc</sup>
1000	73,1 <sup>a</sup>
Controle	27,3 <sup>c</sup>

N = 10 aves/tratamento com 3 replicações

a,b,c Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Controle = sem atordoamento

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

### 5.1.3. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO NA INCIDÊNCIA DE LESÕES NA CARÇAÇA

Muitos abatedouros não usam na prática correntes elevadas devido aos efeitos adversos que estas têm na qualidade da carcaça. Trabalhos experimentais têm demonstrado a incidência de pontas de asas vermelhas e coágulos de sangue no peito das aves, quando a corrente excede 110mA/ave (GREGORY & WILKINS, 1989a).

No presente trabalho, o uso de frequência de 60Hz e as voltagens maiores que 80V causaram injúrias em diversas partes da carcaça (QUADRO 4). Com o aumento da frequência de 200Hz para 1000Hz, a 40V, a porcentagem de avermelhamento nas pontas das asas decresceu de 15% para 0% e a de intumescimento das veias, de 50% para 30%. Comparativamente, nas aves que não foram atordoadas observaram 15% de defeitos nas pontas das asas e 30% de intumescimento das veias. Estes dados evidenciaram a redução da porcentagem de lesões em lotes de aves que foram submetidos a atordoamento de 40V com frequências elevadas.

Segundo GREGORY *et al.* (1991), o uso de altas frequências no atordoamento das aves acelera o início da sangria. Com o uso de altas frequências, reduz-se a incidência de fibrilação ventricular, que é importante para assegurar uma boa sangria, realizando-se o corte das artérias carótidas após imediatamente a operação de atordoamento.

QUADRO 4. Lesões na carcaça de frango

TRATAMENTO	AVERMELHAMENTO (%)				INTUMESCIMENTO DAS VEIAS
	Ponta de asa	Pigostílio	Junta da coxinha e asinha	Região do peito	
60Hz, 20V <sup>1</sup>	-	-	-	-	25
60Hz, 40V <sup>2</sup>	5	5	15	-	60
60Hz, 80V <sup>3</sup>	30	20	20	10	80
60Hz, 100V <sup>4</sup>	30	10	15	15	90
200Hz, 40V	15	-	-	-	50
350Hz, 40V	10	-	-	-	40
500Hz, 40V	5	-	5	-	40
1000Hz, 40V	-	-	-	-	30
Controle	15	-	-	-	30

N = 5 aves/tratamento, 3 replicações

Controle = Sem atordoamento

- = não detectado

<sup>1</sup> corrente de 20 - 25mA

<sup>3</sup> corrente de 60 - 90 mA

<sup>2</sup> corrente de 30 - 50mA

<sup>4</sup> corrente de 70 - 125mA

O avermelhamento das pontas das asas pode ser explicado como decorrente do batimento das mesmas antes da morte, como ocorreu com as aves que não foram insensibilizadas (15%), ou com aquelas submetidas a correntes de atordoamento com valores fora da faixa de 20-50mA/ave (Quadro 4). A incidência de avermelhamento do peito de 10 a 15% das aves pode ser atribuída a uma sangria deficiente como observou-se nos tratamentos de 60Hz com voltagens de 80 e 100V. As carcaças das aves submetidas aos tratamentos de 20V, 60Hz e 40V, 1000Hz foram as que não apresentaram nenhum tipo de avermelhamento.

Pode-se explicar estes resultados pelo fato de que altas frequências evitam a fibrilação ventricular e a obstrução das veias na mesma magnitude. O efeito negativo da fibrilação é deixar as aves flácidas diminuindo a drenagem de sangue e, portanto, aumentando a obstrução nas veias. Ao passar nas depenadoras, as veias que sofreram intumescimento podem arrebentar e provocar hemorragias.

No Quadro 5 são apresentados os resultados da porcentagem de ossos quebrados e hemorragia no peito das carcaças de frango ao se utilizar diferentes frequências e voltagens.

QUADRO 5. Efeitos das condições de atordoamento na ocorrência de ossos quebrados e presença de hemorragia no músculo do peito.

TRATAMENTO	RUPTURA (%)		HEMORRAGIAS (%)	
	CORACÓIDE	CLAVÍCULA	MÚSCULO DO PEITO (SUPERFÍCIE)	MÚSCULO DO PEITO (INTERIOR)
60Hz, 20V <sup>1</sup>	-	-	5	5
60Hz, 40V <sup>2</sup>	-	-	5	10
60Hz, 80V <sup>3</sup>	5	15	15	5
60Hz, 100V <sup>4</sup>	-	15	20	20
200Hz, 40V	-	-	-	-
350Hz, 40V	-	5	-	5
500Hz, 40V	-	-	-	5
1000Hz, 40V	-	-	-	-
Controle	-	-	10	-

N = 5 aves/tratamento, com 3 replicações

Controle : Sem atordoamento

- = não detectado

<sup>1</sup> corrente de 20 - 29mA

<sup>3</sup> corrente de 60 - 98 mA

<sup>2</sup> corrente de 30 - 50mA

<sup>4</sup> corrente de 70 - 125mA

A qualidade da carne de peito, avaliada pela ausência de coágulos de sangue superficiais e profundos, foi superior quando utilizou-se baixa voltagem (correntes de 30 - 50mA/ave) em comparação com tratamentos de alta voltagem e correntes de 70 - 120mA/ave.

Vê-se nos resultados do Quadro 5 que as porcentagens máximas de 20% de salpicamento e de coágulos de sangue no peito ocorreram para o tratamento com voltagem mais elevada (100V, 60Hz).

A redução drástica de defeitos, observada a altas frequências indica que os espasmos devidos ao atordoamento foram menores, resultando numa diminuição das hemorragias no músculo do peito.

Dos ossos da região peitoral, a clavícula foi a que apresentou maior facilidade de se quebrar após a aplicação dos tratamentos de atordoamento. Este defeito foi constatado em 15% das carcaças submetidas aos tratamentos de 60Hz a 80V e 100V. A escápula e o úmero, ossos também observados, não se quebraram sob nenhum dos tratamentos, provavelmente por serem de estruturas mais resistentes que o coracóide e a clavícula.

#### 5.1.4. EFEITO NA RETIRADA DAS PENAS

Todos os tratamentos de atordoamento das aves exigiram forças menores para a retirada das penas do que o controle (Quadro 6), comprovando os resultados obtidos por DICKENS & SHACKELFORD (1988).

QUADRO 6. Liberação das penas de frango (região peitoral) após atordoamento a 60Hz.

Tratamento Voltagem (V)	Diferença entre a força de retirada das penas antes e após atordoamento (gf)
20	35,4 <sup>ab</sup>
40	37,4 <sup>a</sup>
80	35,3 <sup>ab</sup>
100	24,5 <sup>b</sup>
controle	10,3 <sup>c</sup>

n = 5 aves/tratamento, com 3 replicações

controle = sem atordoamento

a,b Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes.

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

No Quadro 7 são apresentados os resultados da força de liberação das penas quando se variou a frequência do atordoamento aplicado a 40V. Os resultados obtidos mostraram que a frequência de atordoamento tem efeito na força necessária para liberar as penas com diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento mais eficiente foi aquele a 200Hz, com diferença de valor de 61,36gf e, portanto, apresentando melhor facilidade da retirada das penas em comparação aos tratamentos a 60, 350, 500, 1000Hz. Todos os tratamentos apresentaram diferenças em relação ao controle (10,3gf).

QUADRO 7. Liberação das penas de frango (região peitoral) após atordoamento a diferentes frequências e 40V

Tratamento Frequência (Hz)	Diferença entre a força de retirada das penas antes e após o atordoamento (gf)
60	37,4 <sup>c</sup>
200	61,4 <sup>a</sup>
350	47,7 <sup>b</sup>
500	49,0 <sup>b</sup>
1000	47,5 <sup>b</sup>
Controle	10,3 <sup>d</sup>

N = 5 aves/tratamento, com 3 replicações.

a,b,c,d Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes.

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ ).

Uma avaliação dos resultados obtidos nos diversos experimentos revelou que se aumentando a frequência no processo de atordoamento de um circuito de onda quadrada obtém-se uma melhor sangria e qualidade da carcaça de frango, bem como uma maior facilidade para liberação das penas. A 60Hz, que é a frequência mais utilizada em atordoadores comerciais, ao se aumentar a voltagem e, conseqüentemente, a corrente, a incidência de danos na carcaça é maior.

## 5.1.5. AVALIAÇÕES FÍSICAS E SENSORIAIS

### 5.1.5.1. Força de cisalhamento e maciez

No Quadro 8 são apresentados os resultados da medida da força de cisalhamento na carne dos peitos de aves submetidos a diferentes condições de atordoamento e desossa. A medida da força de cisalhamento da carne de peito foi significativamente influenciada pelos fatores atordoamento e desossa. A carne de peito das aves submetidas ao tratamento de atordoamento de 1000Hz, 40V, apresentou menores forças de cisalhamento, com média de 6,0kgf/g, em relação ao tratamento com o grupo de aves controle (7,1kgf/g). Estes resultados confirmaram os de LEE *et al.* (1979), de que a carne de peito de frango proveniente de aves atordoadas é mais macia quando cozida 24h após abate.

Confrontando-se os resultados da medida de força de cisalhamento (Quadro 8) aos valores de pH na desossa a quente e convencional (Quadro 13), observa-se que o pH da carne das aves do grupo controle (aves que não foram atordoadas) é menor que o das aves atordoadas, após as operações de sangria, depenagem e desossa. Esta queda mais rápida do pH poderia ocasionar endurecimento do músculo, como observado para o tratamento em que as aves não foram atordoadas. Segundo KHAN & NAKAMURA (1970), o pH ideal da carne imediatamente após abate não deve ser menor que 6,2, e um pH final cerca de 5,7, já que abaixo deste valor poderia ocorrer uma diminuição da atividade de enzimas proteolíticas naturais da carne, que são responsáveis pelo seu amaciamento. LEE *et al.* (1979) também observaram que a glicólise do músculo, após atordoamento, foi mais lenta quando comparada com as aves controle. Portanto, os resultados obtidos neste estudo corroboram os obtidos por KLOSE *et al.* (1972) e LEE *et al.* (1979). A razão provável para esta diferença é que aves não atordoadas entram em rigor quando as carcaças ainda estão quentes (escaldagem) e o músculo sofre maior encurtamento. Outra razão é que a atividade da enzima catepsina no músculo seja mais alta nas aves atordoadas, resultando em maior maciez do músculo.

QUADRO 8. Força de cisalhamento e maciez da carne de peito em relação às condições de atordoamento elétrico e ao tipo de desossa.

	N	Força de cisalhamento (kgf/g) <sup>1</sup>		Maciez <sup>2</sup>	
		Média	EP	Média	EP
Atordoamento					
- 1000Hz, 40V	40	6,0 <sup>b</sup>	0,3	6,6 <sup>a</sup>	0,4
- controle	42	7,1 <sup>a</sup>	0,3	6,1 <sup>a</sup>	0,6
Desossa					
- convencional	40	5,2 <sup>b</sup>	0,2	7,4 <sup>a</sup>	0,2
- quente	42	7,9 <sup>a</sup>	0,2	5,3 <sup>b</sup>	0,3

N= número de amostras de peito/média de 3 medidas, com três replicações

EP = Erro-padrão

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

Controle = sem atordoamento

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

<sup>2</sup> Média de escores para atributo maciez (0 = muito dura a

10 = muito macia)

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Ainda com base nos dados do Quadro 8 pode-se constatar que as aves desossadas a quente apresentaram carne mais dura ( $P < 0,001$ ) do que aquelas desossadas de forma convencional, após a operação de resfriamento. As carcaças de aves desossadas a quente apresentaram média de força de cisalhamento de cerca de 7,9kgf/g, enquanto as desossadas convencionalmente apresentaram média de 5,2kgf/g. SIMPSON & GOODWIN (1974) sugeriram o valor de 8kgf/g como limite para as carnes serem consideradas ainda macias. Segundo este critério, a carne das carcaças desossadas a quente poderia ser considerada macia. Os dados indicam que as diferenças nas forças de cisalhamento entre os tipos de desossa foram maiores que as diferenças devidas ao atordoamento.

A interação das condições de atordoamento e desossa não foi significativa ( $P > 0,05$ ) para a força de cisalhamento (Anexo 1).

No Quadro 8 também estão apresentados os resultados da avaliação sensorial da maciez do peito. O atordoamento não afetou a maciez ( $P > 0,05$ ), embora tenha apresentado média maior. A carne do peito das aves submetidas à desossa convencional foi mais macia ( $P < 0,05$ ) que a carne desossada a quente. A avaliação sensorial de maciez confirma, portanto, os resultados obtidos pela medida da força de cisalhamento. Tanto nas medidas da força de cisalhamento, como na análise sensorial da maciez, não houve interação significativa entre as condições de atordoamento e tipo de desossa (Anexo 1 e 2).

#### 5.1.5.2. Suculência e qualidade global

No Quadro 9 são apresentados os resultados da avaliação sensorial em relação à suculência e qualidade global.

QUADRO 9. Médias da suculência e qualidade global da carne de peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa.

	N	Atributos			
		Suculência <sup>1</sup>		Q. global <sup>2</sup>	
		Média	EP	Média	EP
Atordoamento					
- 1000Hz, 40V	3	5,5 <sup>a</sup>	0,3	6,7 <sup>a</sup>	0,3
- controle	3	5,8 <sup>a</sup>	0,5	6,2 <sup>a</sup>	0,5
Desossa					
- convencional	3	6,2 <sup>a</sup>	0,2	7,1 <sup>a</sup>	0,3
- a quente	3	5,1 <sup>a</sup>	0,4	5,8 <sup>b</sup>	0,3

N = Número de replicações

EP = Erro-padrão

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

Controle = sem atordoamento

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)

<sup>2</sup> Média de escores para o atributo qualidade global (0 = muito ruim a 10 excelente)

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Na suculência, os efeitos das condições de atordoamento e desossa não foram significativos. Também não foi observada interação entre as condições de atordoamento e tipo de desossa (Anexo 2). Como não houve diferença entre os tipos de desossa na suculência, o maior valor determinado na carne de peito desossada convencionalmente pode ser devido à maciez (Quadro 8). Observa-se a tendência de diminuição da suculência com o aumento da frequência para 1000Hz para a desossa convencional e ligeiro aumento para a desossa a quente (Anexo 2).

Para o atributo qualidade global não houve diferença entre os tipos de atordoamento. Porém, a desossa teve influência na qualidade global apresentando média de 7,1 para a desossa convencional e 5,8 para a desossa a quente. A interação das condições de atordoamento e tipo de desossa não foi significativa, como observam-se nos resultados do Anexo 2.

#### 5.1.5.3. Perda de peso durante o cozimento (%)

No Quadro 10, pode-se observar que a perda de peso durante o cozimento do peito desossado foi influenciada pelo atordoamento ( $P < 0,05$ ). O grupo de aves controle tiveram média de perda peso de 27,2% contra 29,4% para as aves atordoadas a 1000Hz. O valor da perda de peso encontrado para aves atordoadas é compatível com o valor de 30% relatado por THOMPSON *et al.* (1986).

O tipo de desossa também influenciou as perdas de peso da carne durante o cozimento. A carne de peito das aves desossadas a quente tiveram perda de peso de cerca de 29,8%, significativamente maiores que as observadas para as aves desossadas convencionalmente (28,6%).

A interação do atordoamento e desossa não foi significativa (Anexo 3). Pelos resultados apresentados no Quadro 10 vê-se que o tipo de desossa teve maior influência do que o tipo de atordoamento.

QUADRO 10. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa.

	N	Perda de peso	
		%	EP
Atordoamento			
- 1000Hz, 40V	26	29,4 <sup>a</sup>	0,6
- controle	28	27,2 <sup>b</sup>	0,6
Desossa			
- convencional	26	28,6 <sup>b</sup>	0,5
- quente	28	29,8 <sup>a</sup>	0,6

N= número de amostras de peito, com três replicações

EP = Erro-padrão

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

Controle = sem atordoamento

a,b

Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

#### 5.1.5.4. Cor do músculo do peito

Neste estudo as medidas de cor foram feitas após o resfriamento do músculo do peito. Os parâmetros de cor analisados foram :

##### - Luminosidade ( $L^*$ )

A análise da variância dos dados experimentais de luminosidade ( $L^*$ ), apresentados no Quadro 11, não revelou efeito significativo da operação de atordoamento. Por outro lado, os músculos dos peitos desossados a quente tiveram luminosidade significativamente maior (54,9) do que os das aves desossadas convencionalmente (51,5).

A interação das condições de atordoamento e o tipo de desossa para os valores de luminosidade ( $L^*$ ) foi significativa ( $P < 0,01$ ). A média dos valores de luminosidade foi de 56,4 para o atordoamento a 1000Hz x desossa a quente, maior que a média do

tratamento-controle e desossa convencional, cujo valor médio foi de 51,9. Os menores valores de luminosidade, de 51,3 a 51,5, foram observados para a interação do atordoamento com a desossa convencional (Figura 11).

QUADRO 11. Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) do músculo do peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa.

	N	Parâmetros de cor					
		$L^*$	EP	$a^*$	EP	$b^*$	EP
Atordoamento							
- 60 Hz, 40v	30	53,4 <sup>a</sup>	0,4	2,4 <sup>a</sup>	0,1	6,1 <sup>b</sup>	0,2
- 1000Hz, 40v	30	53,8 <sup>a</sup>	0,5	2,6 <sup>a</sup>	0,1	6,9 <sup>a</sup>	0,2
- controle	30	52,4 <sup>a</sup>	0,4	2,5 <sup>a</sup>	0,1	6,0 <sup>b</sup>	0,2
Tipos de desossa							
- a quente	45	54,9 <sup>a</sup>	0,4	1,9 <sup>b</sup>	0,1	6,0 <sup>b</sup>	0,1
- convencional	45	51,5 <sup>b</sup>	0,3	3,0 <sup>a</sup>	0,1	6,7 <sup>a</sup>	0,1

N = número de amostras de peito/média de 7 leituras por peito

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

controle = sem atordoamento

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Na Figura 11, observa-se que a diferença, no valor  $L^*$  de 1,0, é mínima entre a desossa a quente e convencional para o tratamento-controle. Com o uso do atordoamento elétrico os valores de  $L^*$  aumentaram significativamente para a carne de peito desossadas convencionalmente. A 1000Hz a diferença entre as médias dos valores de  $L^*$  para os dois tipos de desossa foi de 5,1. Conforme aumenta a frequência no atordoamento, maiores são os valores de luminosidade para a desossa a quente, comparados à desossa convencional.

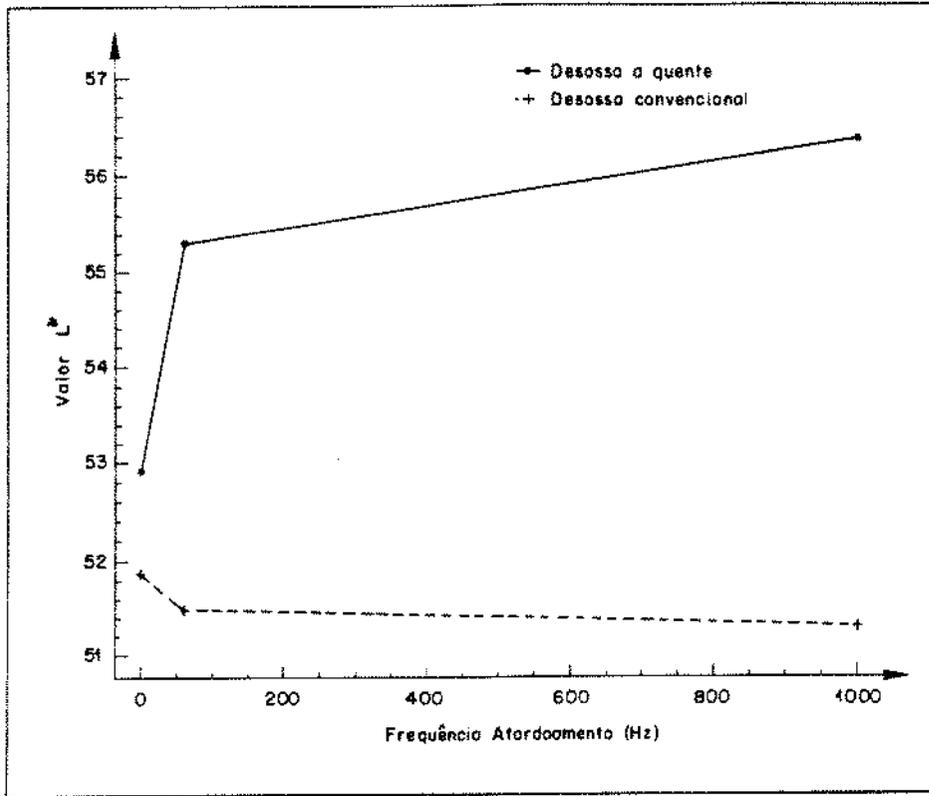


FIGURA 11. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na luminosidade (valor  $L^*$ ) da cor do músculo do peito.

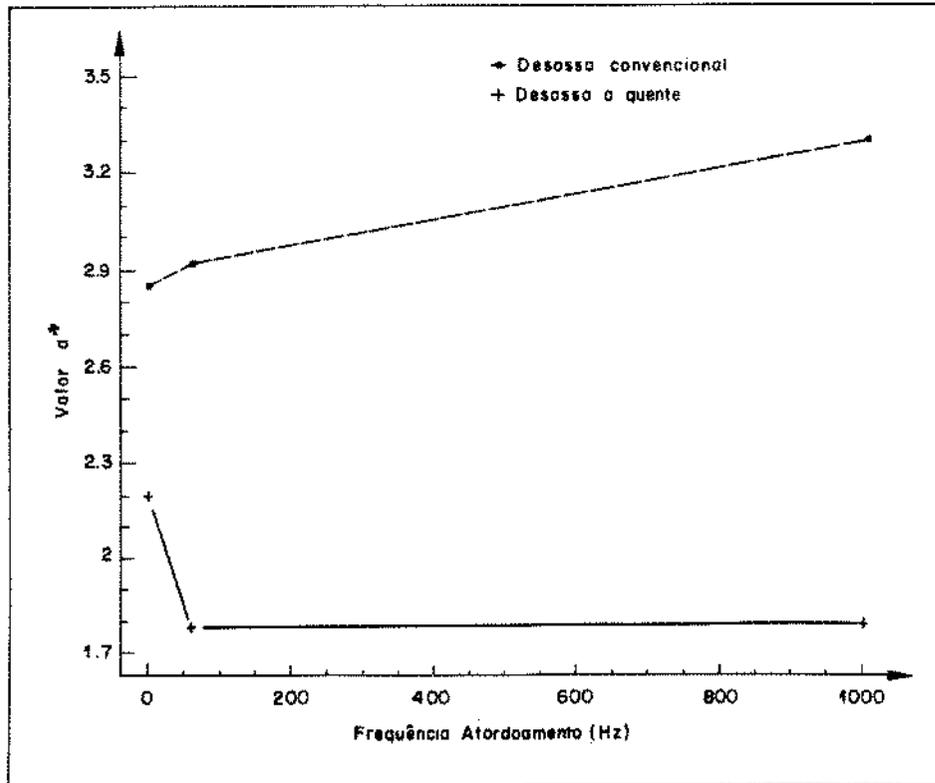


FIGURA 12. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência no teor de vermelho (valor  $a^*$ ) da cor do músculo do peito.

#### - Teor de vermelho ( $a^*$ )

Com base nos valores mostrados no Quadro 11 as condições de atordoamento não influenciaram o teor do vermelho ( $a^*$ ) do músculo do peito, com valores situando-se na faixa de 2,4 a 2,6. Estes valores são superiores ao 1,8, relatado por MOHAN RAJ & GREGORY (1991), que examinaram a influência do atordoamento elétrico na coloração da carne de frangos.

O teor de vermelho no peito das aves desossadas a quente foi menor ( $P < 0,001$ ) do que os dos peitos desossados convencionalmente como pode ser observado no Quadro 11.

O valor mais alto de  $a^*$  na cor do peito obtido no atordoamento a 1000Hz na desossa convencional, em relação à desossa a quente, pode ser relacionado ao processo mais rigoroso de lavagem no "chiller" comercial. O resfriamento dos peitos desossados a quente foi realizado em baldes, onde cestos contendo os peitos foram submersos, sob movimentação para simular a agitação do "chiller".

Na Figura 12 é mostrada a interação das condições de atordoamento com a forma de desossa no valor de  $a^*$ . A interação foi significativa ( $P < 0,01$ ). Pode-se constatar que nas aves do grupo-controle a diferença no teor de vermelho entre as aves desossadas a quente e convencionalmente foi menor. Com o observado com o valor de  $L^*$ , o aumento da frequência de atordoamento aumentou a diferença observada entre os valores de  $a^*$  para os dois tipos de desossa.

#### - Teor de amarelo ( $b^*$ )

O efeito do atordoamento e da desossa na intensidade de amarelo ( $b^*$ ) é apresentado no Quadro 11.

A análise da variância dos resultados para o teor do amarelo ( $b^*$ ) do músculo de peito acusou efeito significativo das condições de atordoamento e tipo de desossa ( $P < 0,001$ ) no músculo

do peito. Já a interação estatística destes fatores não foi significativa (Anexo 4).

Pela análise de cor da carne de peito de aves atordoadas a 1000Hz e desossadas pelo método convencional, estas apresentaram maiores teores de amarelo.

No Anexo 4 é mostrada a interação entre atordoamento e desossa. Observa-se que no grupo-controle a diferença entre os valores de  $b^*$  para os dois tipos de desossa é máximo. Com o aumento da frequência de atordoamento o valor de  $b^*$  também aumenta para ambos os tipos de desossa, com exceção da desossa a quente com 60Hz. Os valores  $b^*$  da cor do músculo obtida neste tipo de desossa diminuiu ligeiramente para depois aumentar a 1000Hz.

#### 5.1.6. AVALIAÇÕES QUÍMICAS

##### 5.1.6.1. Umidade e proteína

A análise da variância dos resultados para umidade não acusou efeito significativo das condições de atordoamento e do tipo de desossa (Quadro 12). A umidade do peito das aves atordoadas foi de 74,5% e o do grupo-controle, de 74,6%. Não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo tipo de desossa sendo a umidade para a desossa a quente igual a 74,4% e para a desossa convencional 74,8%. Estes resultados estão de acordo com KIM *et al.* (1988) que não encontraram efeito significativo para umidade devido ao método de atordoamento. Porém, os resultados obtidos não concordaram com ANG & HAMM (1983) que encontraram diferença ( $P < 0,01$ ) obtendo média de 74,3% para desossa convencional contra 73,6% para a desossa a quente.

A interação condições de atordoamento x desossa foi significativa. Observa-se dos resultados (Anexo 5) que o grupo-controle desossado convencionalmente apresentou maior umidade, de 75,1%, o grupo com atordoamento de 60Hz diminuiu

relativamente para 74,4% e para 1000Hz aumentou a 74,9%. Para a desossa a quente, no grupo-controle observaram-se 74,1% de umidade, que aumentou ligeiramente para 74,7% e 74,5% no músculo de aves atordoadas a 60 e 1000Hz, respectivamente. Estes resultados também são compatíveis com os indicados por KIM *et al.* (1988) com valores de umidade de 74,4% e 74,8% para o grupo-controle e atordoados desossados a quente, respectivamente.

QUADRO 12. Teor de umidade, capacidade de retenção de água e teor de proteína do músculo do peito em relação às condições de atordoamento e ao tipo de desossa

	N	UMIDADE (%)		CRA (%)		PROTEÍNA (%)	
		Média	EP	Média	EP	Média	EP
Tipo de atordoamento							
60Hz, 40V	18	74,5 <sup>a</sup>	0,2	71,4 <sup>a</sup>	0,9	20,9 <sup>b</sup>	0,2
1000Hz, 40V	18	74,7 <sup>a</sup>	0,1	72,5 <sup>a</sup>	1,3	21,3 <sup>ab</sup>	0,2
controle	18	74,6 <sup>a</sup>	0,2	68,8 <sup>a</sup>	1,2	21,6 <sup>a</sup>	0,2
Tipo de desossa							
Convencional	27	74,8 <sup>a</sup>	0,1	73,0 <sup>a</sup>	0,6	20,8 <sup>b</sup>	0,1
Quente	27	74,4 <sup>a</sup>	0,1	68,8 <sup>b</sup>	1,1	21,7 <sup>a</sup>	0,1

N= Número de amostras

Q = quente; C = convencional

Controle = sem atordoamento

CRA = capacidade de retenção de água

EP = Erro padrão

<sup>a,b</sup> Médias com diferente expoente são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Não houve efeito drástico desses tratamentos pelas condições de atordoamento e desossa no teor de umidade e proteína do músculo de peito.

### 5.1.6.2. Capacidade de retenção de água (CRA)

Com relação à capacidade de retenção de água (CRA), os resultados mostrados no Quadro 12 não indicam diferença significativa pelas condições de atordoamento das aves. Então, entre os atordoamentos a 60Hz, 1000Hz e o grupo-controle não foram detectadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) com valores de 71,4%, 72,5% e 68,8%, respectivamente. Apesar de aparentar maior CRA para atordoamento a 1000Hz (72,5%), ocorreu muita variabilidade nas repetições. Estas diferenças, relativamente maiores para as aves que foram atordoadas, estariam associadas à variabilidade das amostras frente ao processo de *rigor mortis* pelo efeito do atordoamento. Este fato poderia ser importante na melhora do comportamento funcional do músculo do peito, segundo HONIKEL *et al.* (1983), que indicaram que a CRA é dependente do aparecimento do *rigor mortis*. A agitação e exercício do músculo diminui, podendo resultar em maior nível de glicogênio e demora no desenvolvimento do *rigor mortis*.

A análise da influência do tipo de desossa mostrou diferença nos valores de CRA altamente significativa ( $P < 0,001$ ), sendo maior para a desossa convencional cujo valor foi de 73,0%. Vê-se nos resultados que a CRA está associada ao pH, observando-se uma diminuição para 68,8%, na desossa a quente, devido à queda mais rápida do pH no músculo e ao efeito da temperatura. A interação dos fatores atordoamento e desossa não foi considerada significativa (Anexo 5).

### 5.1.7. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA

#### 5.1.7.1. pH

A evolução dos valores de pH do músculo *Pectoralis major* para a desossa a quente e a convencional são mostrados no Quadro 13. Pode ser observado que, tanto para a desossa a quente como para desossa convencional, o pH diminui ao longo dos estágios de abate, sendo a sua queda mais acentuada nas primeiras 4h. Após

este tempo, a queda se dá mais lentamente, estabilizando-se cerca de 8h após o abate. A Figura 13 ilustra a curva da queda do pH para a desossa a quente.

QUADRO 13. Valores médios de pH *post-mortem* do músculo *Pectoralis major* de frango, em relação às condições do atordoamento elétrico e ao tipo de desossa.

Estágio de abate	Desossa a quente			Desossa convencional		
	1	2	3	1	2	3
Após sangria (0,13h)	6,20 <sup>a</sup>	6,12 <sup>b</sup>	5,90 <sup>c</sup>	6,20 <sup>a</sup>	6,12 <sup>b</sup>	5,90 <sup>c</sup>
Após depenagem (0,17h)	6,10 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,81 <sup>b</sup>	6,10 <sup>a</sup>	6,09 <sup>a</sup>	5,81 <sup>b</sup>
Após resfriamento (Q 0,83h, C 1,17h)	5,92 <sup>a</sup>	5,91 <sup>a</sup>	5,78 <sup>b</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,75 <sup>b</sup>
4h <i>post-mortem</i>	5,76 <sup>a</sup>	5,74 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,79 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,66 <sup>b</sup>
8h <i>post-mortem</i>	5,73 <sup>a</sup>	5,75 <sup>a</sup>	5,64 <sup>b</sup>	5,70 <sup>a</sup>	5,66 <sup>a</sup>	5,65 <sup>a</sup>
24h <i>post-mortem</i>	5,72 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,63 <sup>b</sup>	5,68 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	5,58 <sup>b</sup>

N= média de 2 peitos/ para cada etapa de abate com replicação  
 a = desossa à quente; C = desossa convencional

a,b Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 atordoamento 1000Hz, 40V

2 atordoamento 60Hz, 40V

3 sem atordoamento

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

A glicólise nas aves não atordoadas foi significativamente mais rápida do que nas atordoadas, como pôde ser observado pelos resultados de queda de pH mais rápida para o grupo de aves não atordoadas. Já no primeiro estágio de abate esta diferença era claramente evidente com aves que não foram atordoadas apresentando pH após a sangria de 5,90, bem inferior aos valores 6,20 e 6,12 observados para aves atordoadas a 1000 e 60Hz, respectivamente. Esta diferença manteve-se até 24h *post-mortem* (Quadro 13).

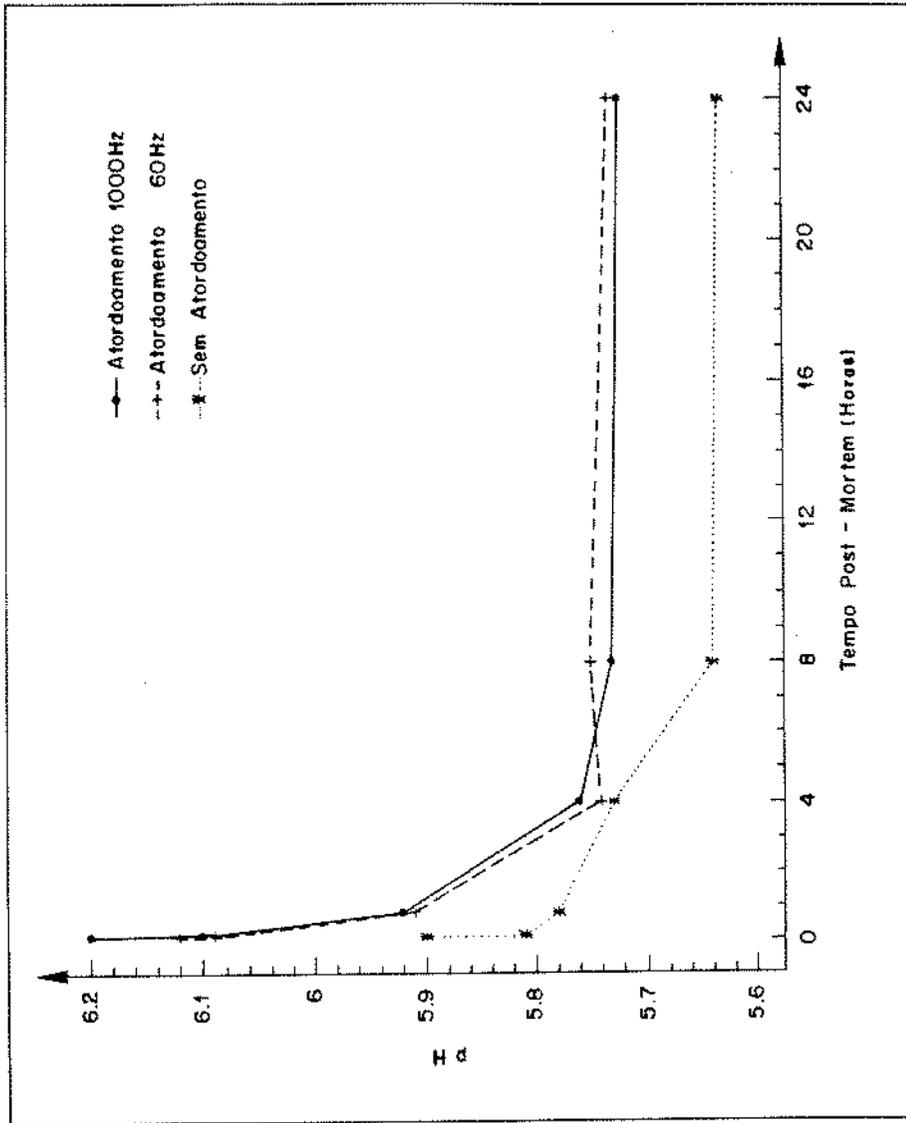


FIGURA 13. Valores médios de pH *post-mortem* do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento elétrico e a desossa a quente.

Resultados similares foram relatados por SMITH *et al.* (1992a), que observaram que o pH do músculo do peito diminui significativamente ao longo do tempo *post-mortem*. Estes autores observaram queda de pH de 6,41 a 0,25h para 5,73 a 4h após o abate e posterior queda após 24h até pH de 5,62 . Outros pesquisadores como KIJOWSKI *et al.* (1982) apresentaram resultados relativamente similares para peitos desossados a quente, apresentando pH de 6,14 após 0,25h até pH 5,75 24h após o abate, corroborando os resultados obtidos na presente pesquisa.

Observa-se no Quadro 13 que o pH do músculo do peito foi significativamente mais elevado para aves atordoadas eletricamente, nas etapas após sangria, depenagem, e após resfriamento, para a desossa a quente e convencional, indicando que a velocidade da glicólise foi menor nas aves atordoadas.

Comparando esses resultados com as conclusões de FRONING & NEELAKANTAN (1971), o pH de 5,9 ou acima pode ser usado para indicar condição pré *rigor mortis* do músculo de peito, que por sua vez está correlacionado com a melhoria das propriedades funcionais do músculo, como a capacidade de retenção de água. Usando-se esse limite de pH como referência, no Quadro 13 observa-se que os valores de pH do músculo do peito das aves atordoadas ainda se encontravam no estágio "pre-rigor", imediatamente após a operação de resfriamento. Já os das aves não atordoadas poderiam ou não estar no limite dessa condição após a operação de sangria.

Ao avaliar a queda do pH para os dois tipos de atordoamento (60 e 1000Hz, ambos a 40V), no período estudado, obteve-se uma relação do tipo  $pH = a t^b$ , onde  $t$  é o tempo após o abate. As curvas de regressão de pH em função do mesmo tempo de abate em músculos de peito proveniente de aves atordoadas a 1000Hz e não atordoadas desossadas a quente encontram-se na Figura 14.

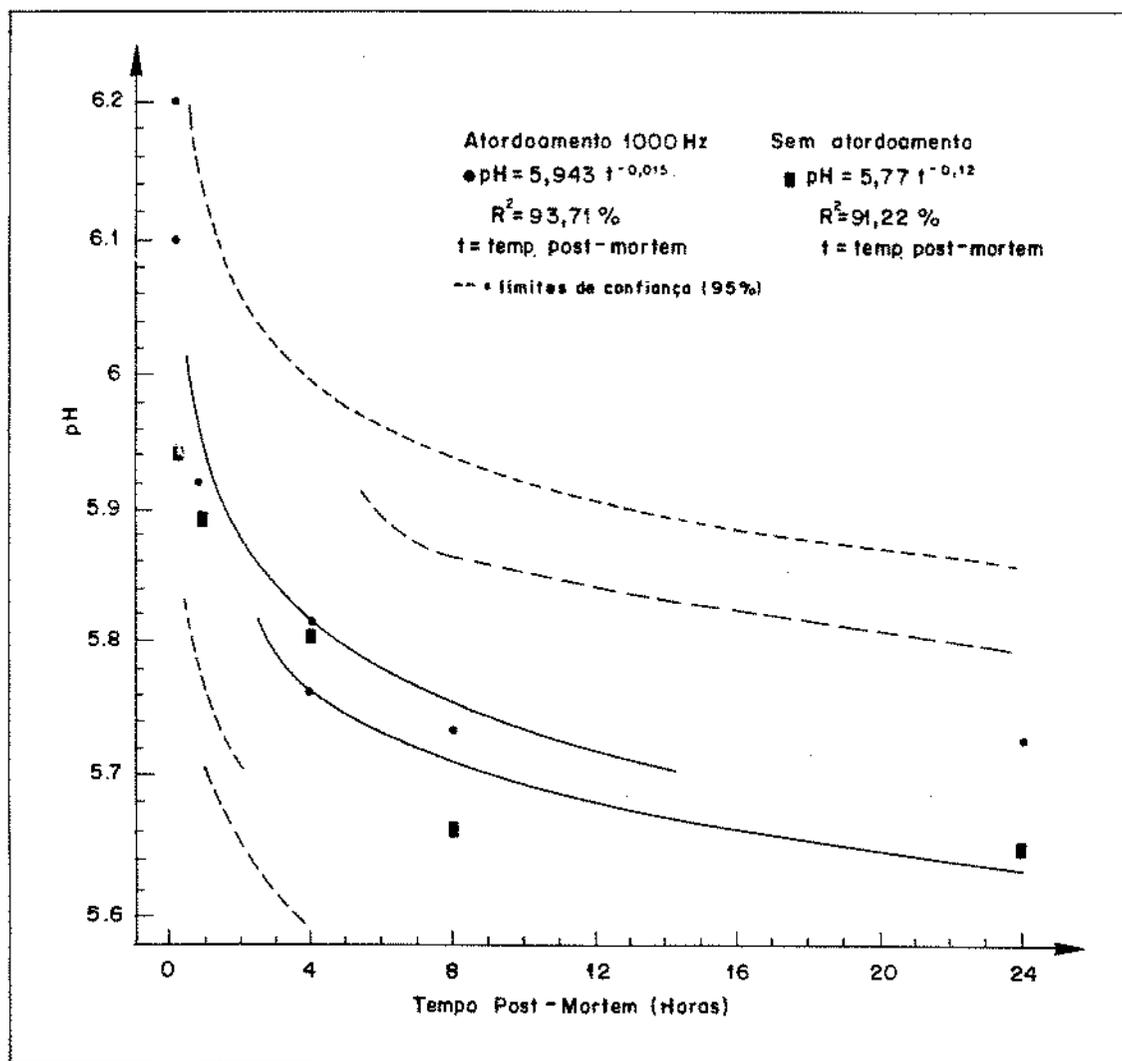


FIGURA 14. Ajuste de regressão entre as curvas de valores de pH do músculo do peito de aves desossadas a quente e tempo *post-mortem*.

KIJOWSKI *et al.* (1982) relataram que o pH do músculo do peito desossado a quente apresenta valores de 6,14 após 0,25h de abate, situando-se ao redor de 5,97, 5,73 e 5,75 após 1, 4 e 24h *post-mortem*, respectivamente. STEWART *et al.* (1984) observaram que pH do músculo *Pectoralis* de aves, desossada a quente, diminuiu de 6,16, obtido após 0,33h, para 5,91, 5,79 e 5,64 no tempo de 1, 4 e 24h após o abate, respectivamente. Estes valores são similares aos obtidos para a desossa a quente na presente pesquisa, como mostrado no Quadro 13.

Em músculo de bovino, suíno e ovino, LUNDBERG *et al.* (1987) reportaram que a correlação entre o desenvolvimento do pH e *rigor mortis* foi alta. Neste caso, o pH poderia ser usado para indicar o tempo *post-mortem* quando o músculo poderia ser desossado sem sofrer alterações negativas na sua maciez. No presente trabalho foi observada esta correlação no músculo do peito, mas obtendo-se maiores valores de pH e menores valores de força de cisalhamento (mais macia) para carne de aves atordoadas, em comparação ao do grupo sem atordoamento. Considerando-se o tipo de desossa, esta correlação não existiu, porque os músculos provenientes da desossa a quente apresentaram maiores valores de força de cisalhamento (Quadro 8), embora tivessem pH relativamente similar aos provenientes da desossa convencional. Estes resultados estão de acordo com os de STEWART *et al.* (1984) e SAMS & JANKY (1986) que reportaram correlação não significativa entre o pH da carne de ave e sua maciez. STEWART & FLETCHER (1984) afirmaram que o pH do músculo de frango e a maciez da carne não podem ser diretamente relacionados, exceto através da sua associação comum com a atividade metabólica *post-mortem*.

#### 5.1.7.2. Valor R

O valor R é uma relação entre as concentrações de inosina e da adenosina. Como a inosina aumenta e a adenosina diminui durante o desenvolvimento do *rigor mortis* (CHONIKEL & FISCHER, 1977) maiores valores de R indicam estágios mais avançados de *rigor mortis*.

No Quadro 14 são apresentados os valores R nos diferentes estágios do processo de abate. A quebra do ATP (trifosfato de adenosina) e da CP (creatina fosfato) no músculo do peito aconteceu mais lentamente nas aves atordoadas eletricamente, confirmada pelos valores R obtidos, menores do que nas do grupo não atordoado.

**QUADRO 14.** Valores médios de valor R do músculo *Pectoralis major* de frango, em relação às condições do atordoamento elétrico e ao tipo de desossa.

Estágio de abate	Desossa a quente			Desossa convencional		
	1	2	3	1	2	3
Após sangria (0,13h)	0,86 <sup>b</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>	0,86 <sup>b</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>
Após depenagem (0,17h)	0,93 <sup>b</sup>	0,94 <sup>b</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,94 <sup>b</sup>	1,05 <sup>a</sup>
Após resfriamento (Q 0,83h, C 1,17h)	1,13 <sup>b</sup>	1,11 <sup>b</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,23 <sup>c</sup>	1,28 <sup>b</sup>	1,32 <sup>a</sup>
4h <i>post-mortem</i>	1,32 <sup>b</sup>	1,30 <sup>b</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,32 <sup>b</sup>	1,35 <sup>ab</sup>	1,37 <sup>a</sup>
8h <i>post-mortem</i>	1,33 <sup>b</sup>	1,36 <sup>b</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,44 <sup>a</sup>
24h <i>post-mortem</i>	1,41 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,47 <sup>a</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,47 <sup>b</sup>	1,50 <sup>a</sup>

N= média de 2 peitos/ para cada etapa de abate com replicação

Q = desossa a quente; C = desossa convencional

a,b Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 atordoamento 1000Hz, 40V

2 atordoamento 60Hz, 40V

3 sem atordoamento

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

O Quadro 14 e Figura 15 mostram, para atordoamento a 1000 Hz e desossa a quente, valores R de 1,13, 1,32, 1,33 e 1,41 para 1, 4, 8 e 24h, respectivamente. Estes valores não diferiram significativamente dos obtidos quando se utilizou atordoamento a 60Hz. Os valores de R de todos os períodos de abate nos tipos de atordoamento a 1000 e 60 Hz apresentaram diferença significativa

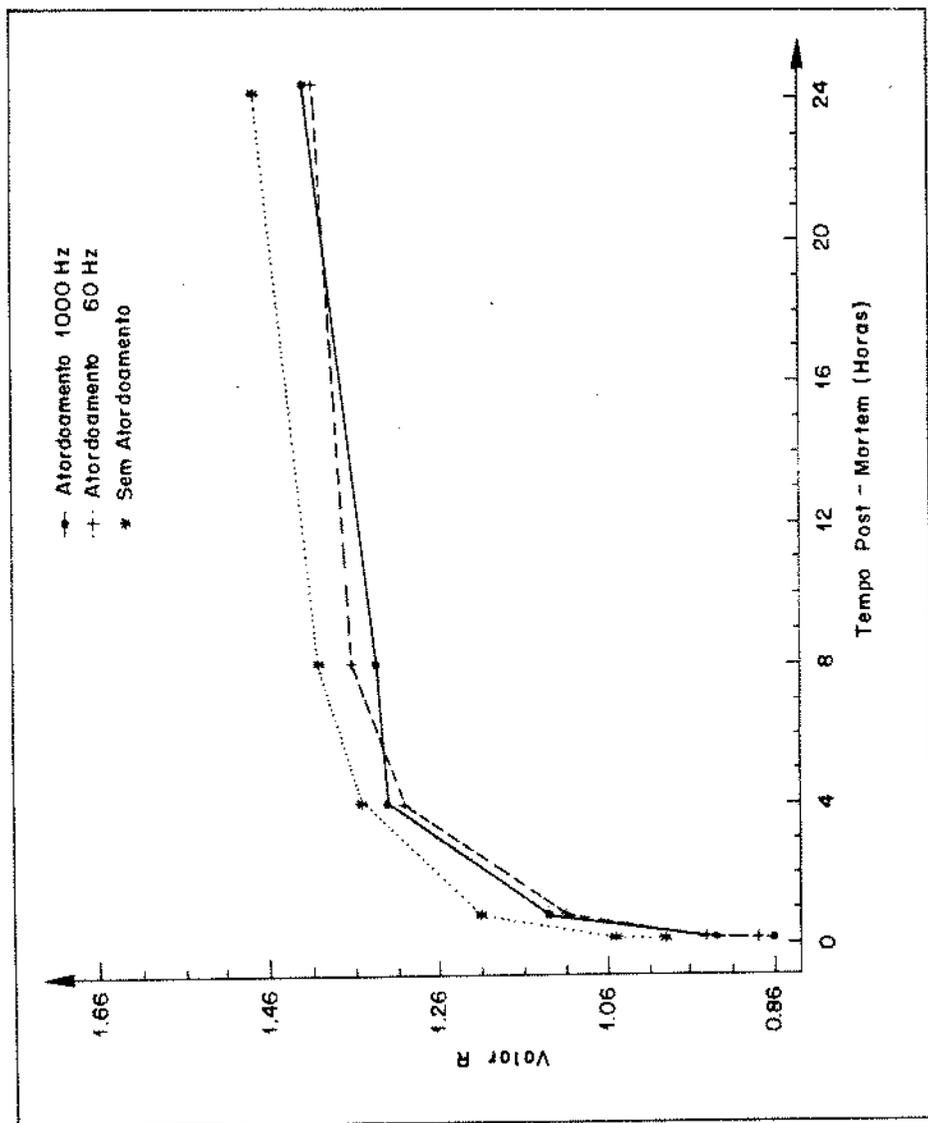


FIGURA 15. Valores médios de valor R do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento e a desossa a quente.

em relação ao de aves não atordoadas. Este fato indica que neste último grupo a glicólise foi mais rápida, provavelmente devido às aves terem se debatido e realizado maior exercício muscular, o que resultou em uma queda mais rápida do conteúdo de ATP.

Com respeito ao tipo de desossa observaram-se, sistematicamente, valores de R maiores para a desossa convencional em comparação com a desossa a quente nos estágios após 8h *post-mortem*.

KIJOWSKI *et al.* (1982) indicaram um aumento no valor R nos tempos 0,25h, 1h, 4h e 24h, com valores de 0,97, 1,18, 1,32 e 1,38, respectivamente, para o músculo de peito desossado a quente. PAPA & FLETCHER (1988) observaram um aumento no valor R de 0,95, 1,08, 1,29 e 1,35 para os mesmos tempos indicados anteriormente. Os resultados obtidos no presente estudo são relativamente similares aos indicados por KIJOWSKI *et al.* (1982) e PAPA & FLETCHER (1988), apesar de ligeiramente maiores após 24h em ambas desossas, sendo a diferença menor para a desossa a quente.

MURPHY *et al.* (1987) observaram para o músculo de peito de peru diferença menor entre os valores R no início e no fim do estágio de abate, com valores de 0,93 a 0h imediatamente e de 1,19 a 24h após o abate, indicando que o desenvolvimento do *rigor mortis* é curto para este tipo de ave. VAN HOOFF (1979), trabalhando com perus, também constatou que os músculos de aves não atordoadas apresentavam maiores valores R e características de músculo PSE, quando comparados aos de aves atordoadas a 24V. O autor também sugeriu que para perus o *rigor mortis* é mais rápido para aves não atordoadas.

De acordo com KHAN & FREY (1971) e DAVIDEK & VELISEK (1973), valores de R maiores que 1,0 são indicativos do início do *rigor mortis*. Os valores R obtidos na presente pesquisa para o músculo de peito não foram diferentes no período compreendendo

0,25h a 1h, mas aumentaram de 4 a 24h. Para o período de 24h *post-mortem* na desossa convencional este valor foi maior que 1,44, sendo significativamente maior para o processo-controle (valor R 1,50).

De acordo com os valores R obtidos e apresentados no Quadro 14, as aves atordoadas entraram no *rigor mortis* um pouco antes do resfriamento, tanto para desossa a quente quanto para a convencional. As aves não atordoadas entraram em *rigor mortis*, provavelmente, na escaldagem ou imediatamente após a depenagem. Em geral, observa-se que o valor R, nos primeiros períodos de abate em aves atordoadas, é menor que 1. Isto indica menor conversão de adenosina a inosina e, portanto, um retardamento do início do *rigor mortis*. Como consequência, o atordoamento elétrico diminuiu a quebra do ATP e a glicólise durante o processamento.

Para o valor R, a curva de regressão segue uma relação do tipo  $R = a t^b$ , onde t é o tempo após o abate (Figura 16).

Pode-se observar que o aumento do valor R segue um comportamento covariante em relação à queda do pH. Portanto o pH e o valor R podem ser utilizados como indicadores do estágio, onde ocorre o *rigor mortis*.

### 5.1.7.3. Glicogênio

No Quadro 15 são apresentados os diferentes níveis de concentração de glicogênio no músculo *Pectoralis major* nas etapas de abate e, na Figura 17, a queda da concentração de glicogênio no músculo para as aves desossadas a quente.

Os níveis de glicogênio para aves que foram submetidas aos dois tipos de atordoamento (1000Hz e 60Hz) diferiram estatisticamente da concentração de glicogênio obtida para as aves que não foram atordoadas. Logo após a sangria o conteúdo de glicogênio para as aves do grupo-controle correspondeu a cerca de

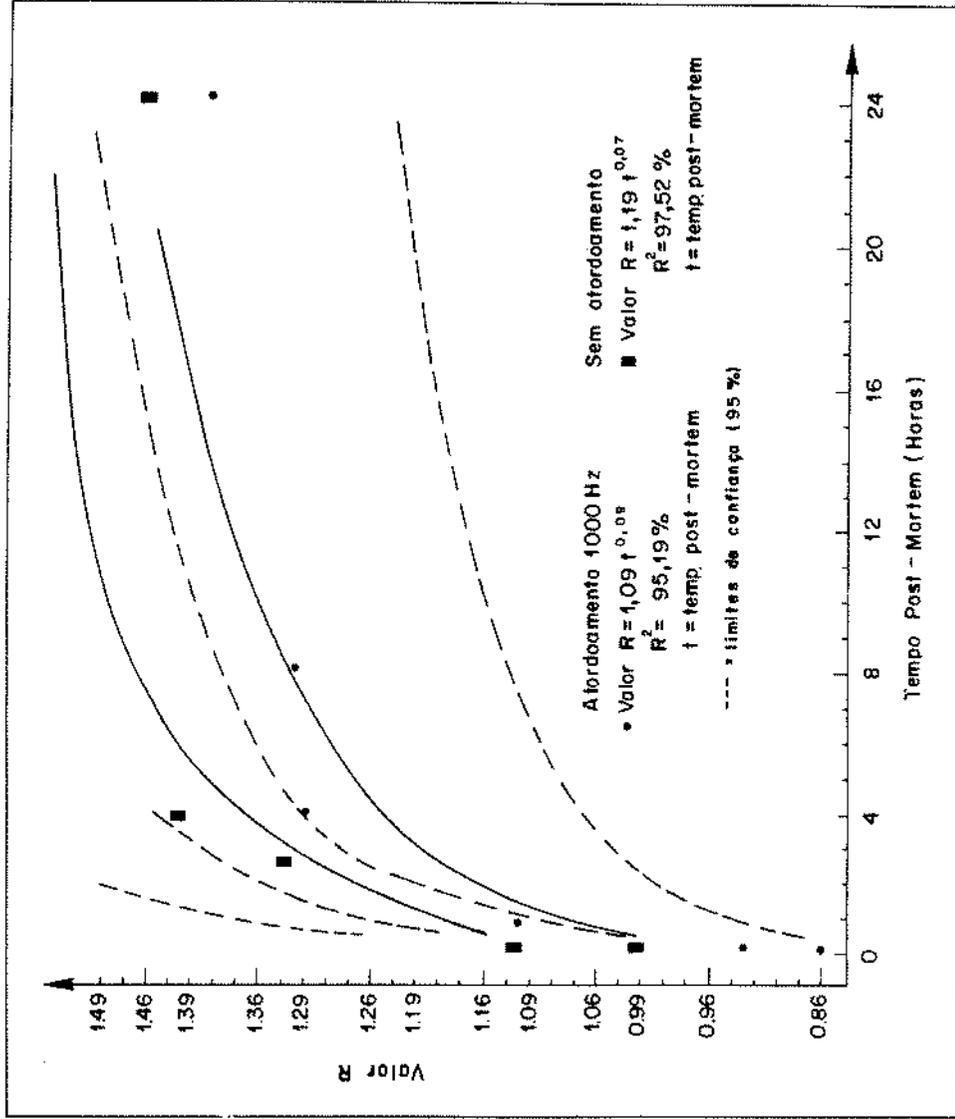


FIGURA 16. Ajuste de regressão entre as curvas de valor R do músculo do peito de aves desossadas a quente e o tempo *post-mortem*.

50% do valor inicial do conteúdo de glicogênio para as aves atordoadas. Ao longo das etapas de processamento, a diferença entre os valores de glicogênio entre as aves atordoadas e as aves do grupo-controle foram diminuindo, caindo esta diferença para cerca de 1,0mg/g após o resfriamento.

**QUADRO 15.** Valores médios de glicogênio do músculo *Pectoralis major* em relação às condições de atordoamento elétrico e ao tipo de desossa.

Estágio de abate	Glicogênio (mg/g)					
	Desossa a quente			Desossa convencional		
	1	2	3	1	2	3
Após sangria (0,13h)	7,35 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	3,42 <sup>b</sup>	7,35 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	3,42 <sup>b</sup>
Após depenagem (0,17h)	4,42 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	2,68 <sup>b</sup>	4,42 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>	2,68 <sup>b</sup>
Após resfriamento (Q 0,83h, C 1,17h)	3,07 <sup>a</sup>	3,39 <sup>a</sup>	2,19 <sup>b</sup>	2,76 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>	1,81 <sup>b</sup>
4h <i>post-mortem</i>	2,04 <sup>b</sup>	2,09 <sup>b</sup>	2,30 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>
8h <i>post-mortem</i>	1,00 <sup>a</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,43 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,57 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>
24h <i>post-mortem</i>	0,04 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>

N= média de 2 peitos/ para cada etapa de abate com replicação

Q = desossa a quente; C = desossa convencional

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes, na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 atordoamento 1000Hz, 40V

2 atordoamento 60Hz, 40V

3 sem atordoamento

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Para os dois tipos de atordoamento utilizados não foram detectadas diferenças significativas no conteúdo de glicogênio, ao longo do processo. Os valores iniciais da concentração de glicogênio foram maiores para as aves que foram atordoadas (6,9- 7,4 mg/g), em relação às não atordoadas (3,4mg/g). Até às

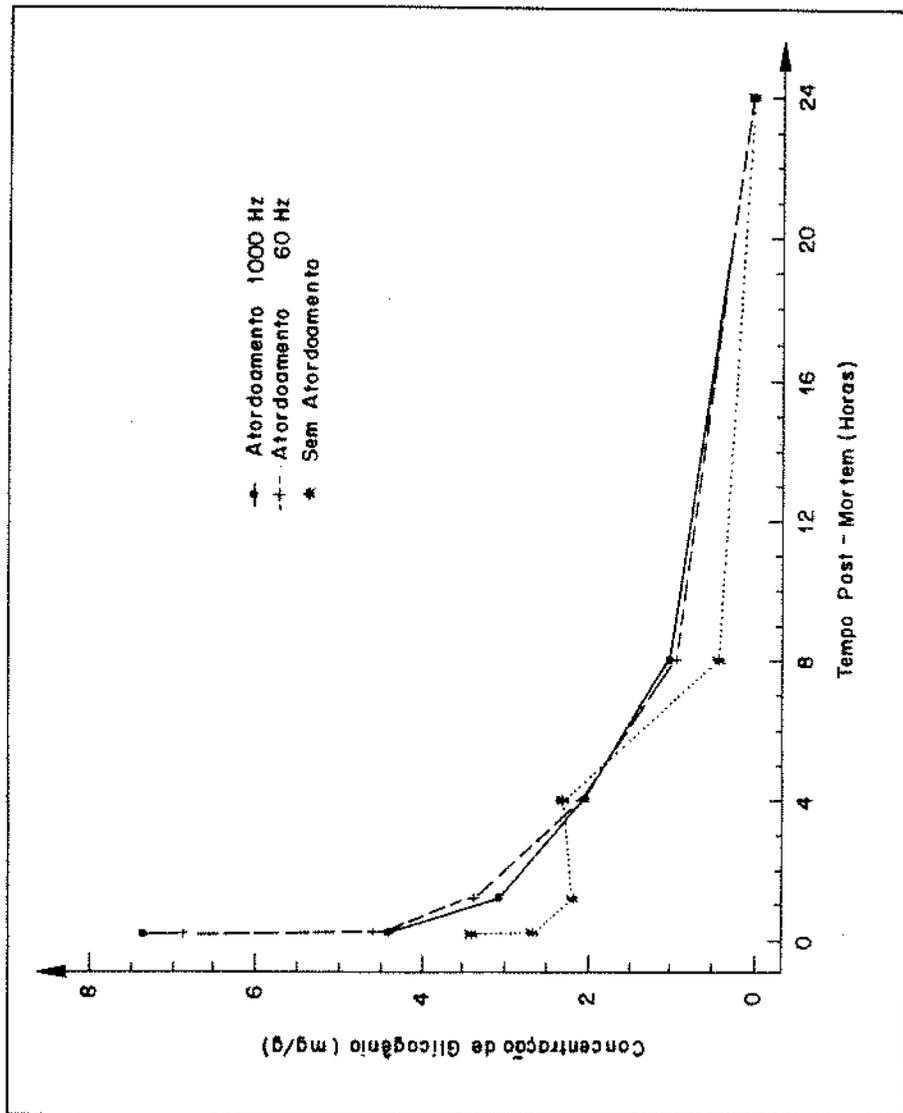


FIGURA 17. Valores médios da concentração de glicogênio do músculo do peito, em relação às condições de atordoamento e à desossa a quente.

8h *post-mortem*, as concentrações de glicogênio diminuíram acentuadamente, na desossa a quente (1,0mg/g) e na desossa convencional (0,57mg/g).

MURPHY *et al.* (1987) obtiveram para o músculo *Pectoralis* de peru *major* valores de glicogênio de 1,93 e 2,71mg/g de músculo para aves atordoadas e o grupo sem atordoamento, respectivamente. Estes valores são bem menores que os correspondentes observados neste estudo. Ao contrário do observado neste estudo, os autores não detectaram presença de glicogênio no músculo 4h após o abate.

Os resultados apresentados no Quadro 15, para os dois tipos de atordoamento (a 60 e 1000Hz), não apresentaram diferença significativa para cada um dos estágios do abate.

O músculo do peito, cuja predominância é de fibras brancas, tem elevado conteúdo de glicogênio, composto responsável pelo armazenamento da energia primária nos músculos em estado de anaerobiose. Com o avanço do tempo *post-mortem*, o nível de glicogênio do *Pectoralis major* diminui rapidamente, atingindo um mínimo após 8h. Após 24h, a concentração de glicogênio é, praticamente, nula em todos os tratamentos (Quadro 15).

Os resultados obtidos confirmaram que o atordoamento elétrico retarda o início do *rigor mortis* em frango, como sugerido por LEE *et al.* (1979), THOMPSON *et al.* (1986) e MURPHY *et al.* (1987). Estas diferenças nas características musculares são geradas pelo tratamento do atordoamento. Embora estas diferenças ocorram inicialmente (de 0 a 4h *post-mortem*), elas cessam 24h após o abate, com o esgotamento do glicogênio.

## 5.2. EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA NA MACIEZ DO PEITO DE FRANGO (ESTUDO 2)

### 5.2.1. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA

#### 5.2.1.1. Força de cisalhamento e maciez

No Quadro 17 são apresentados os valores da força de cisalhamento para aves atordoadas a 60Hz, 40V em relação a níveis de voltagem de EE, ao tempo de EE e ao tipo de desossa.

QUADRO 16. Forças de cisalhamento e maciez da carne do peito em relação às condições de estimulação elétrica e ao tipo de desossa

	N	Força de cisalhamento <sup>1</sup>		Maciez <sup>2</sup>	
		(kgf/g)	EP	Média	EP
<b>Tempo de estimulação</b>					
30 s	40	8,0 <sup>b</sup>	0,4	5,7 <sup>a</sup>	0,5
45 s	40	8,7 <sup>a</sup>	0,4	5,3 <sup>a</sup>	0,6
<b>Voltagem de estimulação</b>					
sem estimulação	20	9,8 <sup>a</sup>	0,5	4,6 <sup>a</sup>	0,9
45V	20	7,6 <sup>b</sup>	0,5	5,6 <sup>a</sup>	0,7
80V	20	7,7 <sup>b</sup>	0,5	5,8 <sup>a</sup>	1,0
100V	20	8,5 <sup>b</sup>	0,5	5,9 <sup>a</sup>	0,5
<b>Tipo de desossa</b>					
convencional	40	6,8 <sup>b</sup>	0,2	6,6 <sup>a</sup>	0,4
a quente	40	9,9 <sup>a</sup>	0,3	4,4 <sup>b</sup>	0,3

N= Número de amostras de peito/cada peito média de 6 medições

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

1 Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

2 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a 10 = muito macia)

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

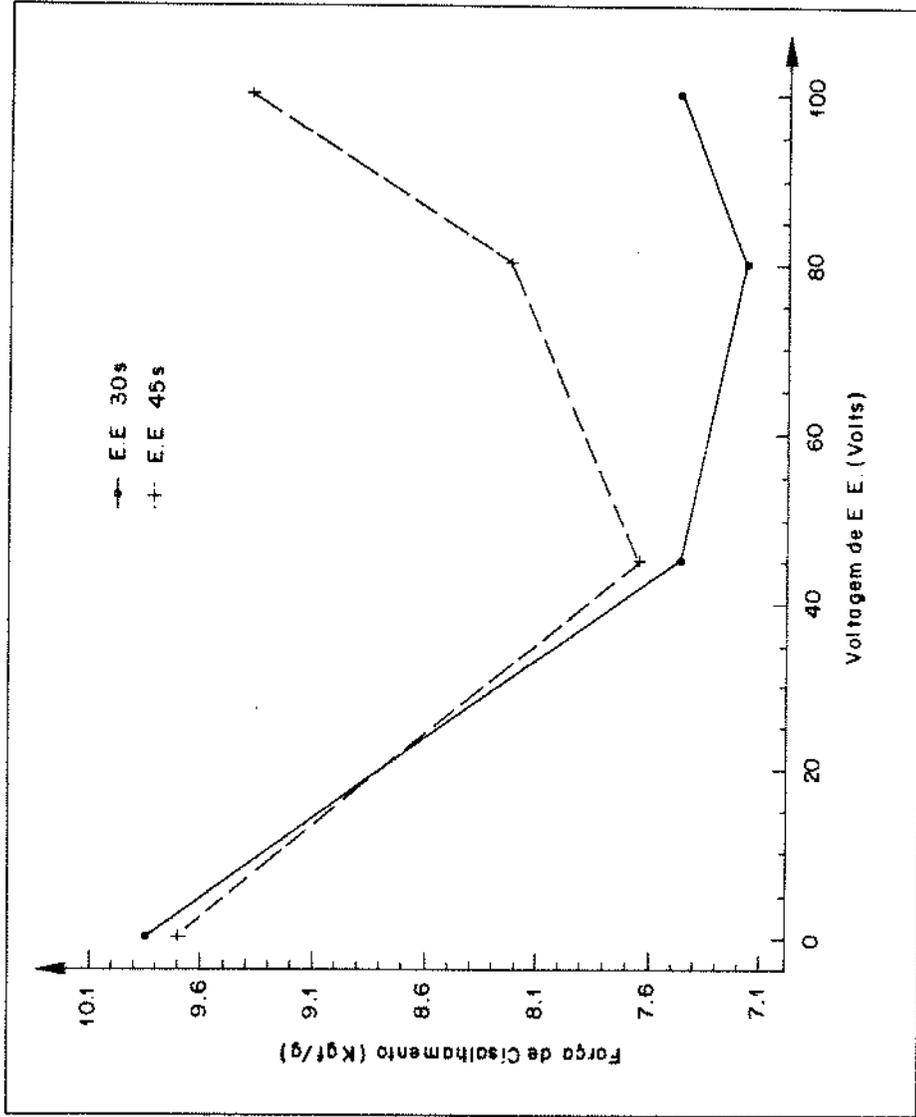
Com base nos resultados obtidos, observou-se que o tempo de 30s de estimulação acarretou menor força de cisalhamento, apresentando diferença de 0,8kgf/g em relação ao valor obtido a 45s. Este tempo de estimulação (30s) é viável para utilização na linha de abate mecanizada, sendo da mesma ordem que a de operação dessa linha. Em experimentos anteriores, como os relatados por FRONING & UIJTENBOOGART (1988), LYON *et al.* (1989) e MOORE *et al.* (1987), os tempos recomendados de estimulação elétrica são da ordem de 60s ou ainda maiores. Estes podem ser considerados demasiadamente longos, inviabilizando a instalação do aparelho na linha de abate.

Comprovou-se que o tempo de EE tem influência na textura da carne de peito de frango. Além disso, a EE ajudou a acelerar o processo de *rigor mortis* e a obter-se em menor tempo a conversão do músculo em carne. Com a estimulação elétrica por 45s houve diferenças, embora estatisticamente não significativas, entre as forças de cisalhamento das aves submetidas a diferentes níveis de voltagens de EE, sendo o menor valor observado a 45V (Anexo 6).

O efeito da voltagem da EE aplicada na textura objetiva da carne também foi significativa ( $P < 0,01$ ). Foram observadas as menores forças de cisalhamento de 7,6 e 7,7kgf/g, para as voltagens de 45 e 80V, quando comparadas com o processo sem estimulação (9,8kgf/g).

O tipo de desossa influenciou drasticamente a força de cisalhamento do músculo. A diferença entre as aves desossadas a quente e convencionalmente, igual a 3,1kgf/g, foi altamente significativa ( $P < 0,001$ ), com valores maiores para as desossadas a quente.

Para 30s de estimulação (Figura 18), com o aumento das voltagens, considerando-se os valores para carcaças estimuladas, até 80V houve uma queda nos valores de força de cisalhamento da carne de peito. O aumento para 100V resultou em um ligeiro aumento da textura objetiva. Para 45s de estimulação elétrica, o



EE = estimulação elétrica

FIGURA 18. Interação tempo de estimulação elétrica x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na força de cisalhamento da carne de peito.

aumento de voltagem até 45V resultou numa queda da força de cisalhamento, enquanto a aplicação de voltagens acima deste valor resultou em aumento da força de cisalhamento.

Ao analisar a interação dos dois fatores (tempo x desossa) (Anexo 6), na força de cisalhamento não se observou diferença significativa. Maiores médias dos valores de força de cisalhamento, de 9,7kgf/g e 10,2kgf/g, foram obtidas para as carnes desossadas a quente e estimuladas por 30s e 45s, respectivamente, enquanto se obtiveram valores de 6,3kgf/g e 7,3kgf/g para os mesmos tempos de estimulação na desossa convencional.

O uso de EE por 30s não ocasionou diferença significativa na força de cisalhamento entre as voltagens de 45, 80 e 100V, porém, estes tratamentos resultaram em forças de cisalhamento significativamente menores que a observada para as do grupo de aves não estimuladas (Anexo 6).

Também a interação dos três fatores (tempo x voltagem de EE x desossa) não foi estatisticamente significativa.

Observa-se que o tempo de estimulação não ocasionou diferença na maciez subjetiva (Quadro 16); não se observou efeito do nível de voltagem da estimulação na maciez, mas todas as amostras estimuladas foram consideradas mais macias que as não estimuladas. O efeito do fator desossa foi significativo, com diferença no valor de 2,2, entre os dois tipos de desossa. Estes dados são compatíveis com os resultados mostrados para a medida objetiva da textura. A interação tempo x desossa foi significativa segundo indica o Anexo 7, apresentam-se valores ligeiramente superiores para EE por 30s. A interação tempo x voltagem de estimulação x tipo de desossa não foi significativa do ponto estatístico.

### 5.2.1.2. Suculência e qualidade global

No Quadro 17 são apresentados os resultados do efeito do tempo, da voltagem de EE e do tipo de desossa em características sensoriais do peito de frango.

Com relação ao atributo suculência, observou-se que não houve influência significativa nem do tempo nem da voltagem de estimulação elétrica. Com relação ao tipo de desossa, os peitos obtidos pela desossa convencional foram considerados mais suculentos.

QUADRO 17. Suculência e qualidade global da carne do peito em relação às condições de estimulação elétrica e ao tipo de desossa.

	N	Atributos			
		Suculência <sup>1</sup>	EP	Q. Global <sup>2</sup>	EP
<b>Tempo de EE</b>					
30s	16	5,2 <sup>a</sup>	0,4	6,4 <sup>a</sup>	0,3
45s	16	5,0 <sup>a</sup>	0,3	5,8 <sup>a</sup>	0,5
<b>Voltagem de EE</b>					
sem estimulação	8	5,2 <sup>a</sup>	0,1	5,5 <sup>a</sup>	0,9
45V	8	4,7 <sup>a</sup>	0,6	6,2 <sup>a</sup>	0,6
80V	8	4,9 <sup>a</sup>	0,3	6,1 <sup>a</sup>	0,5
100V	8	5,5 <sup>a</sup>	0,7	6,7 <sup>a</sup>	0,4
<b>Tipo de desossa</b>					
convencional	16	5,8 <sup>a</sup>	0,3	7,0 <sup>a</sup>	0,2
a quente	16	4,6 <sup>b</sup>	0,3	5,3 <sup>b</sup>	0,4

N = Número de amostras de peito com duas replicações

EP = Erro-padrão

a, b

Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Média de escores para atributo suculência (0 = muito seca e 10 = muito suculenta)

<sup>2</sup> Média de escores para atributo qualidade global (0 = muito ruim e 10 = excelente)

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

O atributo qualidade global não foi afetado pelo tempo de estimulação nem pela voltagem de EE (Quadro 17). Contudo, houve diferença ( $P < 0,05$ ) em relação ao tipo de desossa, com valor 7,0 para desossa convencional e 5,3 para desossa a quente. A interação entre tempo de EE x tipo de desossa foi significativa, sendo o tempo de 30s o melhor para o atributo qualidade global para os dois tipos de desossa (Anexo 7). A interação entre tempo de EE x voltagem de EE x tipo de desossa não foi significativo.

### 5.2.1.3. Perda de peso (%) durante o cozimento

Os efeitos dos vários tratamentos de estimulação elétrica (EE) e o tipo de desossa na perda de peso durante o cozimento da carne de peito são apresentados no Quadro 18.

QUADRO 18. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito com relação às condições de estimulação elétrica e ao tipo de desossa

	N	Perdas de Peso (%)	
		Média (%)	EP
<b>Tempo de estimulação</b>			
30s	40	30,0 <sup>a</sup>	0,4
45s	40	27,3 <sup>b</sup>	0,4
<b>Voltagem de estimulação</b>			
sem estimulação	20	29,4 <sup>a</sup>	0,7
45V	20	28,0 <sup>b</sup>	0,9
80V	20	29,1 <sup>ab</sup>	0,6
100V	20	28,0 <sup>b</sup>	0,5
<b>Tipo de desossa</b>			
convencional	40	26,5 <sup>b</sup>	0,4
a quente	40	30,8 <sup>a</sup>	0,3

N = Número de amostras de peito com duas replicações

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

A análise da variância dos valores da perda de peso demonstrou que o fator tempo de EE ( $P < 0,001$ ), níveis de voltagem de EE ( $P < 0,01$ ) e tipo de desossa ( $P < 0,001$ ) tiveram efeito altamente significativo. O tempo de EE de 45s resultou numa menor perda de peso quando comparado com 30s. A influência dos níveis de voltagem sobre as perdas de peso foi estatisticamente significativa ( $P < 0,01$ ). Verificou-se que com a menor voltagem, de 45V foi obtida a menor perda de peso de 28,0%. Nas voltagens mais altas como 80V observou-se um ligeiro aumento da perda de peso de 29,1%, seguido de decréscimo a 100V. Os peitos de aves não estimuladas apresentaram maior perda de peso, com valor de 29,4%.

A interação voltagem de EE x desossa foi significativa (Anexo 8). Na Figura 19, observa-se que na EE a 45V a perda de peso diminui para ambos tipos de desossa, aumentando ligeiramente a 80V, para a 100V diminuir novamente. Esta tendência é mais evidente para a desossa a quente.

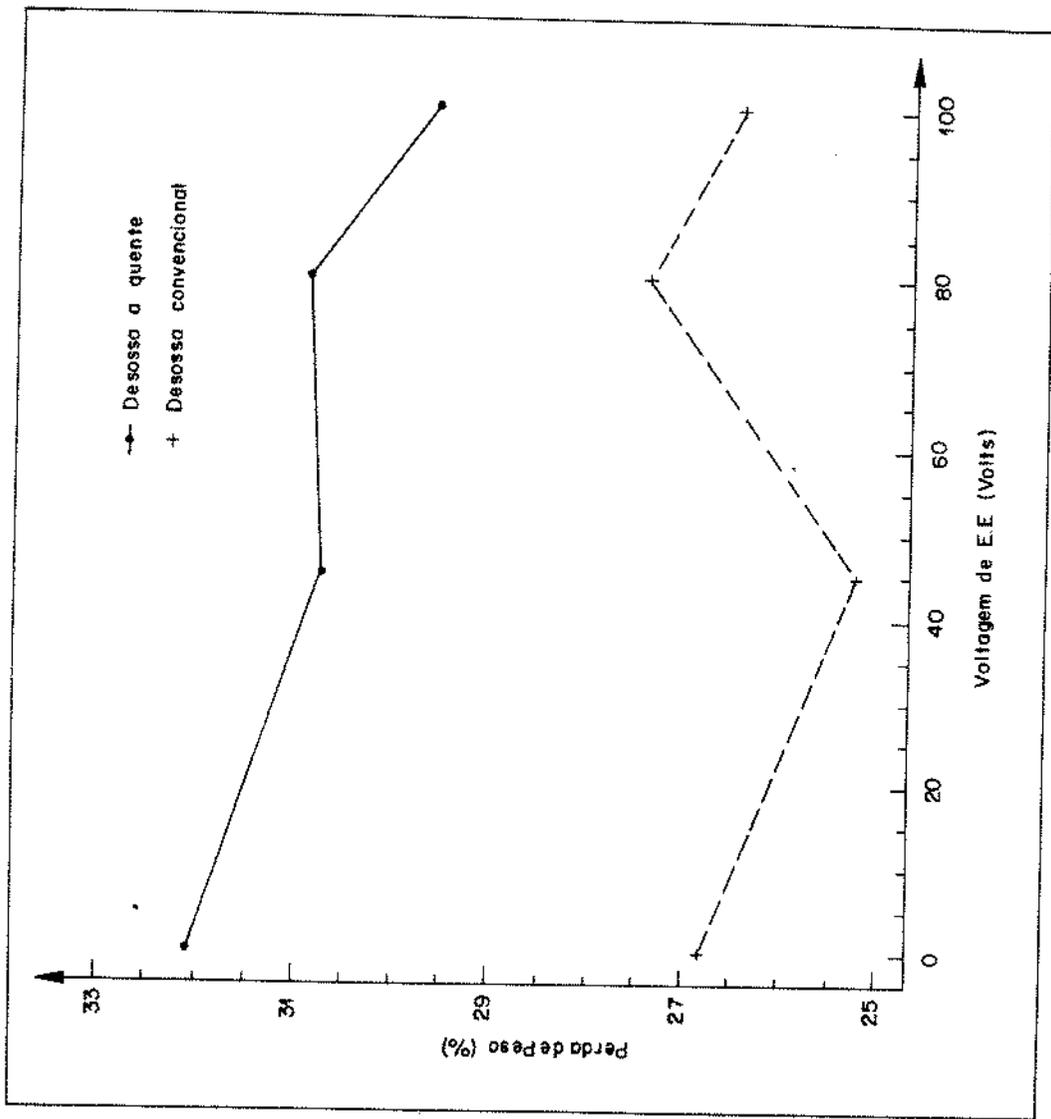
A carne de peito desossada a quente apresentou maiores perdas de peso, provavelmente, porque após a desossa o peito não se manteve nas condições de "pre-rigor".

Com relação ao efeito de interação dos fatores tempo de estimulação x voltagem de estimulação x tipo de desossa não foi significativo.

## 5.2.2. INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE ATORDOAMENTO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DO TIPO DE DESOSSA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DO PEITO

### 5.2.2.1. Força de cisalhamento e maciez

Com base nos resultados anteriores obtidos nos experimentos com EE observou-se que com 30s de estimulação elétrica obteve-se carne de peito mais macia. Devido a este fato decidiu-se avaliar o efeito da estimulação elétrica, usando-se duas frequências de atordoamento em peitos desossados a quente e de forma convencional, com este tempo de estimulação.



EE = estimulação elétrica

FIGURA 19. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência na perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito.

No Quadro 19 são apresentados os resultados das medidas objetivas de textura da carne de peito em função das variáveis citadas.

**QUADRO 19.** Força de cisalhamento e maciez da carne do peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa

	N	Força de Cisalhamento <sup>1</sup>		N	Maciez <sup>2</sup>		
		Média (kgf/g)	EP		Média	EP	
<b>Tipo de atordoamento</b>							
60Hz	200	7,8 <sup>a</sup>	0,2	24	5,4 <sup>b</sup>	0,4	
1000Hz	120	7,1 <sup>b</sup>	0,2	24	6,3 <sup>a</sup>	0,3	
<b>Voltagem de estimulação</b>							
sem estimulação	80	8,9 <sup>a</sup>	0,3	12	5,2 <sup>a</sup>	0,5	
45V	80	7,5 <sup>b</sup>	0,3	12	6,0 <sup>a</sup>	0,4	
80V	80	6,9 <sup>bc</sup>	0,3	12	5,9 <sup>a</sup>	0,5	
100V	80	6,8 <sup>c</sup>	0,2	12	6,3 <sup>a</sup>	0,4	
<b>Tipo de desossa</b>							
convencional	160	5,9 <sup>b</sup>	0,1	24	6,9 <sup>a</sup>	0,2	
a quente	160	9,2 <sup>a</sup>	0,2	24	4,7 <sup>b</sup>	0,3	

N = número de amostras de peito/ cada peito média de 5 medições

EP = Erro-padrão

a,b,c

Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

1 - Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

2 - Média de escores para atributo de maciez (0 = muito dura e

10 = muito macia)

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Constatou-se que o efeito das condições de atordoamento foi estatisticamente significativo ( $P < 0,001$ ), sendo a média das medidas da força de cisalhamento de 7,1kgf/g ao se utilizar atordoamento de 1000Hz e 7,8kgf/g quando utilizado ao atordoamento a 60Hz. Na literatura nenhum pesquisador descreveu este tipo de efeito da frequência de atordoamento.

O aumento da voltagem de estimulação causou uma diminuição significativa ( $P < 0,001$ ) na força de cisalhamento da carne de peito. Os valores de força de cisalhamento encontram-se na faixa de 6,8 a 7,5kgf/g, que foram significativamente menores que o valor observado no grupo-controle (8,9kgf/g).

Como observado nos estudos anteriores, o tipo de desossa também influenciou significativamente ( $P < 0,001$ ) a força de cisalhamento do peito. A desossa convencional, com valores de cisalhamento de 5,9kgf/g, proporciona carne mais macia que a desossa a quente, que apresentou força de cisalhamento de 9,2kgf/g.

Estes resultados demonstraram que a retirada da carne antes de se completar o *rigor mortis* acarreta seu endurecimento, porque o músculo ainda conserva parte da energia do músculo "in vivo" e, também, sofre contração mais livremente, por não se apresentar ligado ao osso. Este é um problema que a EE pode controlar parcialmente, como evidenciado pelos resultados obtidos no presente estudo.

A análise da interação entre as diferentes variáveis só se mostra altamente significativa ( $P < 0,001$ ) para as interações atordoamento x voltagem de EE (Anexo 9). Para atordoamento a 60Hz e EE de 45V obteve-se diminuição significativa da força de cisalhamento de 2,2kgf/g, quando comparado ao controle (sem EE). Com o atordoamento a 1000Hz a redução da força de cisalhamento, sob a mesma voltagem, foi de apenas de 0,6 (Figura 20).

A interação dos fatores tipo de atordoamento x voltagem de EE x desossa não foi significativa. É interessante ressaltar que os músculos das aves atordoadas a 60Hz, não estimuladas e desossadas a quente, apresentaram-se mais duros (11,3kgf/g) quando comparados com as amostras nas mesmas condições, porém de aves atordoadas a 1000Hz (9,4 kgf/g) (Anexo 9). Provavelmente, na

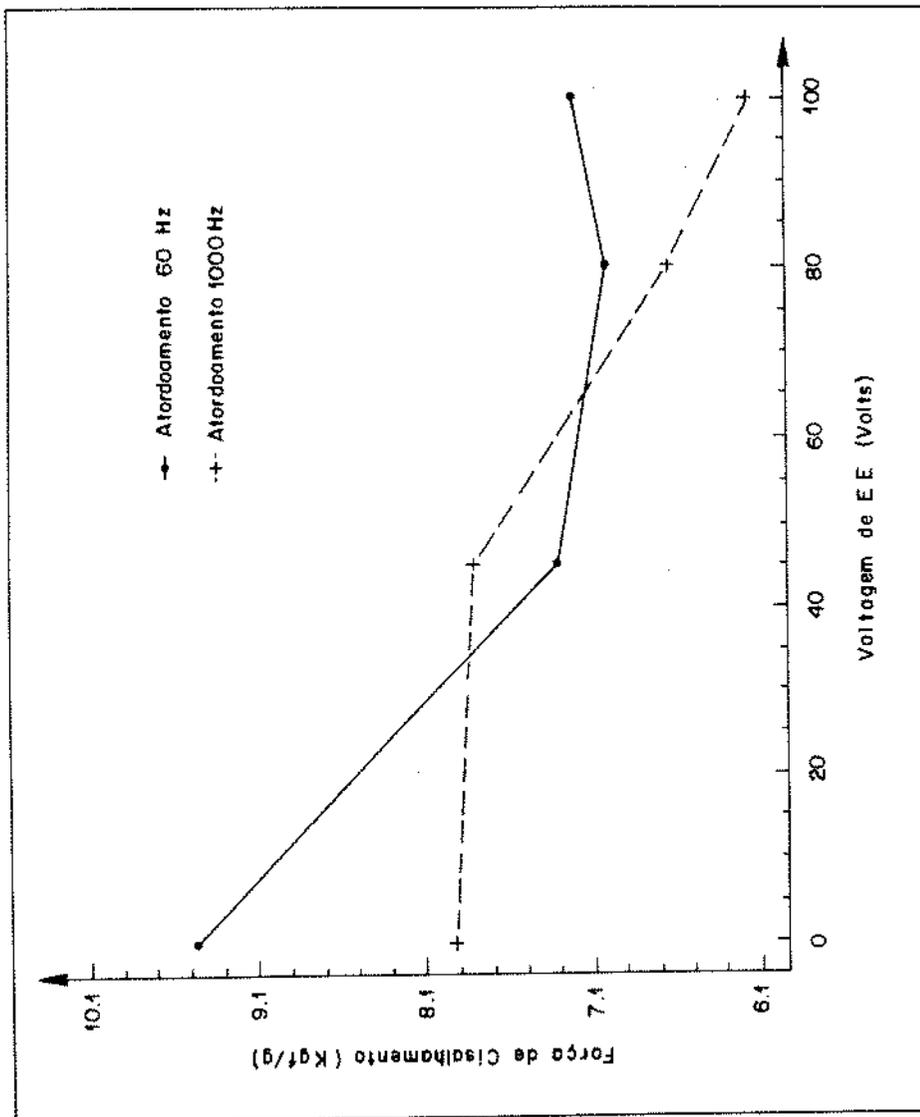


FIGURA 20. Interação condições de atordoamento x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na força de cisalhamento.

desossa a quente acontece um esgotamento inicial de ATP, como pode ser comprovado posteriormente pelo valor R (Quadro 31), dificultando a liberação de íons  $Ca^{++}$  do retículo sarcoplasmático na temperatura de  $3^{\circ}C$ , o que ocorre com facilidade nos músculos do grupo de aves sem estimulação. Numa outra hipótese, a EE pode ter afetada irreversivelmente a bomba de cálcio do retículo sarcoplasmático.

Os valores da força de cisalhamento dos músculos A60Hz/DQ/EE a 80V e 1000Hz/DQ/EE a 100V não diferiram estatisticamente em relação aos músculos do grupo de aves sem estimulação desossados convencionalmente (Anexo 9).

Comparando-se os resultados da força de cisalhamento aos obtidos na análise sensorial de maciez apresentados no Quadro 19, observa-se que os resultados desta análise sensorial também indicam efeito significativo do fator atordoamento ( $P < 0,01$ ). A carne das aves atordoadas a 1000Hz foi significativamente mais macia que a das atordoadas a 60Hz.

Com relação ao nível de voltagem de EE, não houve efeito significativo na maciez da carne. Os resultados mostraram a mesma tendência que aqueles resultantes das medidas objetivas da textura, obtendo-se, para a maior intensidade de voltagem, uma melhor maciez da carne.

O tipo de desossa teve influência altamente significativa ( $P < 0,001$ ) na maciez com a carne das aves desossadas convencionalmente, resultando em valores médios de 8,9 contra 4,7 para aquelas desossadas a quente. A interação tipo de atordoamento x voltagem de EE não foi significativa, mas teve a mesma tendência observada na medida objetiva de força de cisalhamento (Anexo 9). A EE a 45V apresentaria o atributo maciez (8,1) ligeiramente melhor para atordoamento de 60Hz, enquanto 100V mostrou maior valor (8,9) para o atordoamento de 1000Hz. Observa-se, para o atordoamento a 60Hz, que os valores da força de cisalhamento da carne de peito para músculos desossados

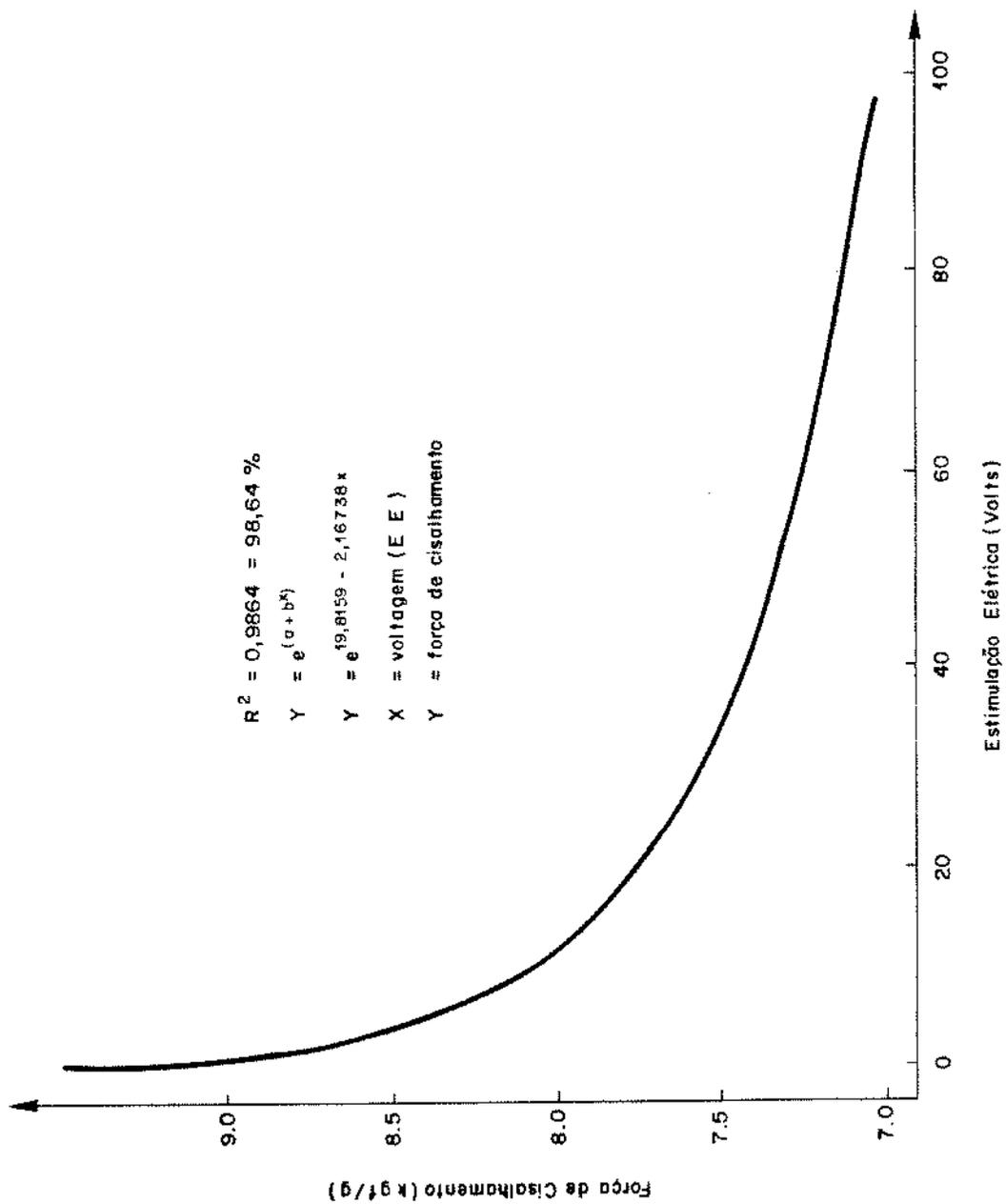
convencionalmente não foram afetados significativamente pelos níveis de voltagem, mas apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) em relação ao tratamento sem estimulação (Anexo 9). Comparando-se com os valores obtidos para textura objetiva, observou-se que houve correlação entre os resultados, já que se obteve força de cisalhamento nas faixas de 7,0 a 7,3kgf/g e a 6,2 a 7,8kgf/g, para 60 e 1000Hz, respectivamente.

Para um mesmo tipo de atordoamento a interação dos três fatores (atordoamento x voltagem de EE x desossa) não teve influência significativa ( $P > 0,05$ ) na maciez entre as diferentes voltagens de estimulação elétrica.

Para o tratamento com atordoamento a 60Hz, os valores da força de cisalhamento para músculo de peito desossado convencionalmente encontram-se na faixa de 5,5 a 5,9kgf/g, enquanto os valores da análise sensorial com relação à maciez apresentam-se na faixa de 6,3 a 7,6 (Anexo 10). O músculo de peito proveniente de frangos do grupo sem estimulação apresentou força de cisalhamento de 7,6kgf/g. Não obstante, na avaliação sensorial foi obtido o valor 7,6, com este valor a carne pode ser considerada significativamente mais macia que as amostras do grupo sem estimulação, com valor de 5,4 (Anexo 10).

Para o músculo do peito desossado a quente não foi detectada a influência da voltagem de EE na maciez, avaliado tanto pela força de cisalhamento como pela análise sensorial. Todos os níveis de voltagem foram considerados significativos com respeito ao tratamento sem estimulação, que apresentou uma média de 11,3kgf/g. Não obstante, os valores da análise sensorial para maciez não apresentaram diferença significativa para todos os tratamentos, com valores na faixa de 4,0 a 4,9.

A Figura 21 mostra o efeito das voltagens de EE da força de cisalhamento, para atordoamento com 60Hz. Observa-se que, quando é aplicada maior voltagem de EE, a força de cisalhamento



EE = estimulação elétrica

FIGURA 21. Ajuste de regressão entre força de cisalhamento e níveis de voltagem de estimulação elétrica com atordoamento a 60Hz, 40V.

diminui. O ajuste de regressão para determinar a relação existente entre as variáveis foi a exponencial ( $R^2 = 98,64\%$ ).

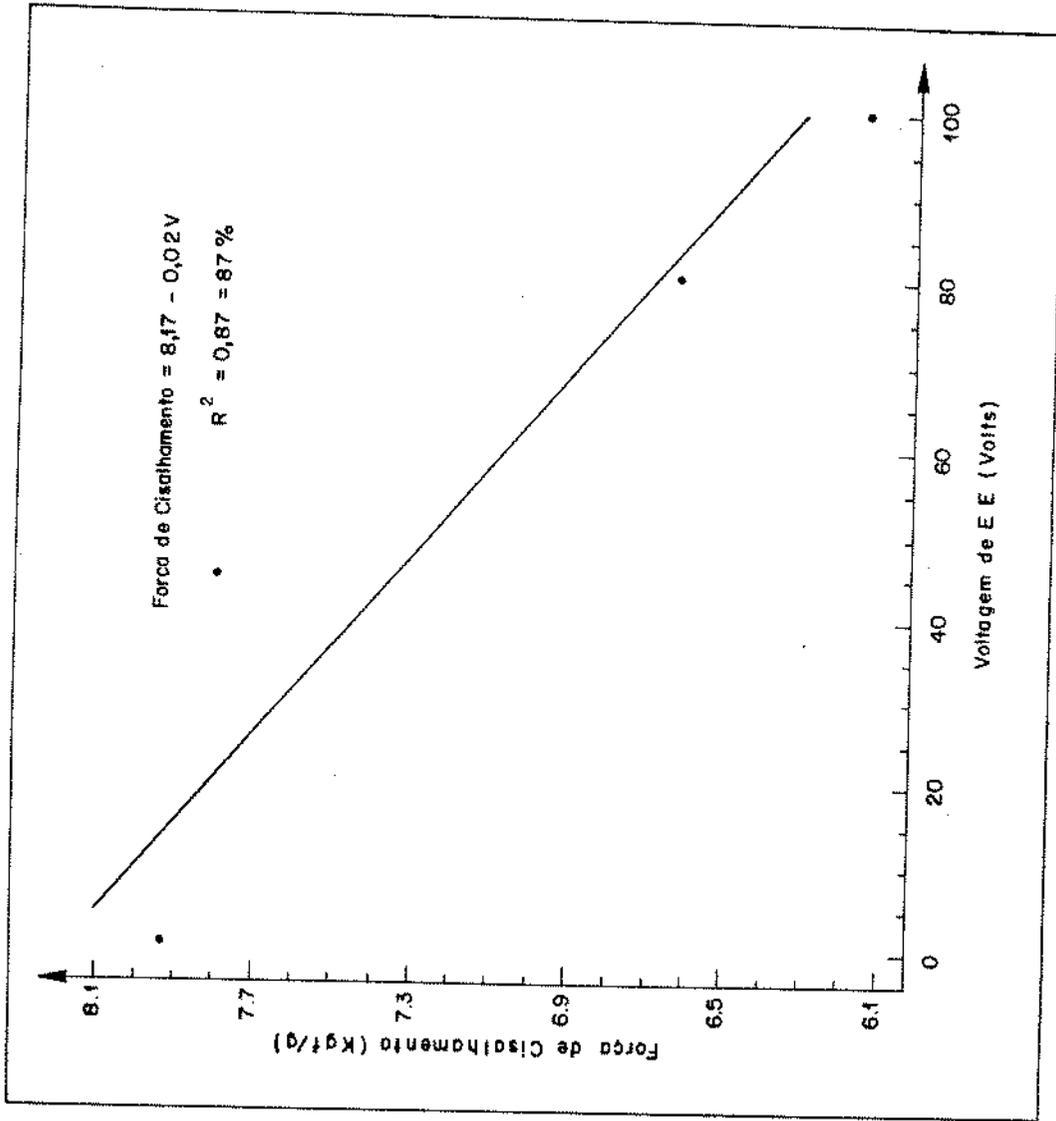
Para o atordoamento a 1000Hz, o efeito da voltagem da EE e do tipo de desossa na textura objetiva e subjetiva é exposto no Anexo 11. O efeito da voltagem de EE foi considerado estatisticamente significativo ( $P < 0,001$ ). O aumento da voltagem de EE contribuiu para diminuir a força de cisalhamento. Para ambos os tratamentos, desossa convencional e desossa a quente, os menores valores de força de cisalhamento foram obtidos usando-se EE a 100V e obtiveram-se valores de 4,2kgf/g e 8,1kgf/g, respectivamente. Comparando estes resultados aos obtidos para a carne de carcaças sem estimulação, pode-se concluir que a EE reduz a dureza da carne.

O ajuste de regressão para determinar o efeito dos níveis de voltagem de EE na medida objetiva da textura com atordoamento de 1000Hz, é apresentado na Figura 22. O ajuste obtido foi linear ( $R^2 = 0,97$ ). Observa-se que, para voltagens maiores que 80V, a força de cisalhamento diminui consideravelmente.

Aves atordoadas a 1000Hz, carcaças desossadas a quente e não estimuladas mostraram valores de força de cisalhamento de 9,4kgf/g, menores que os obtidos nas mesmas condições com atordoamento a 60Hz (11,3kgf/g). Pode-se dizer, com base nos resultados obtidos, que o atordoamento apresentou influência na força de cisalhamento, diminuindo a dureza da carne, independente do uso de estimulação elétrica. Na combinação do atordoamento a 1000Hz e EE a 100V, foram obtidas as menores médias de força de cisalhamento.

#### 5.2.2.2. Suculência e qualidade global

No Quadro 20 são apresentados os resultados do efeito do tipo de atordoamento, desossa e voltagem de EE em atributos sensoriais de suculência e qualidade global na carne de peito.



EE = estimulação elétrica

FIGURA 22. Ajuste de regressão linear entre a força de cisalhamento e níveis de voltagem de estimulação elétrica com o atordoamento a 1000Hz, 40V.

Com relação à suculência (Quadro 20), a análise da variância dos resultados revelou influência significativa ( $P < 0,001$ ) das condições de atordoamento. A carne de peito das aves atordoadas a 1000Hz foi considerada mais suculenta que a das aves que sofreram atordoamento a 60Hz. Já a voltagem de EE não influenciou a suculência da carne. Por outro lado, detectou-se o efeito significativo do tipo de desossa, sendo as carnes obtidas pela desossa convencional consideradas mais suculentas.

QUADRO 20. Suculência e qualidade global da carne de peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa

	N	Atributos			
		SUCULÊNCIA <sup>1</sup>		QUALIDADE GLOBAL <sup>2</sup>	
		Média	EP	Média	EP
Tipo de atordoamento					
60Hz	24	4,7 <sup>b</sup>	0,2	5,9 <sup>b</sup>	0,2
1000Hz	24	6,0 <sup>a</sup>	0,1	6,6 <sup>a</sup>	0,2
Voltagem de estimulação					
sem estimulação	12	5,4 <sup>a</sup>	0,3	5,9 <sup>b</sup>	0,4
45V	12	5,4 <sup>a</sup>	0,4	6,1 <sup>ab</sup>	0,3
80V	12	5,2 <sup>a</sup>	0,3	6,3 <sup>ab</sup>	0,3
100V	12	5,4 <sup>a</sup>	0,3	6,8 <sup>a</sup>	0,2
Tipo de desossa					
convencional	24	5,9 <sup>a</sup>	0,1	7,0 <sup>a</sup>	0,1
quente	24	4,8 <sup>b</sup>	0,2	5,5 <sup>b</sup>	0,2

N= número de amostras de peito

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)

<sup>2</sup> Média de escores para o atributo qualidade global (0 = muito ruim a 10 = excelente)

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

A interação tipo de atordoamento x desossa também foi significativa (Figura 23) e apresentou efeito na suculência. Os resultados (Anexo 10) mostram aumento da suculência com o aumento da frequência de atordoamento, sendo menor a diferença entre a desossa a quente e convencional, a 1000 Hz. A interação dos três fatores (tipo de atordoamento x voltagem x desossa) não foi significativa.

A análise da variância dos resultados do atributo qualidade global, cujas médias são apresentadas no Quadro 20, mostrou efeito significativo ( $P < 0,001$ ) das condições de atordoamento, indicando que o atordoamento a 1000Hz resultou em melhor qualidade global, com média de valores de 6,6 contra 5,9 para o atordoamento a 60Hz.

O nível de voltagem também teve influência significativa na qualidade global, havendo aumento das médias com o aumento da voltagem. O tipo de desossa foi altamente significativo ( $P < 0,001$ ), notando-se uma diferença de 1,47 pontos entre os valores de desossa convencional e os da desossa a quente. A interação do tipo de atordoamento x voltagem foi significativa (Anexo 10), Os valores maiores no atributo qualidade global, para as aves atordoadas a 1000Hz, foi de 6,63, enquanto para as aves atordoadas a 60Hz, foi de 5,2; e para as estimuladas a 45V e 80V os valores no atributo foram de 6,1 e 5,8, respectivamente (Figura 24). Entretanto, o atordoamento a 1000Hz e a estimulação a 100V causaram maior diferença estatística no valor de 7,0 e no atordoamento a 60Hz e estimulação a 100V foi de 6,6.

#### 5.2.2.3. Perda de peso (%) durante o cozimento

No Quadro 21 são apresentados os resultados do efeito do atordoamento, da desossa e da voltagem de EE nas perdas de peso por cozimento da carne de peito.

As condições de atordoamento e tipo de desossa influenciaram significativamente a perda de peso (%) durante o

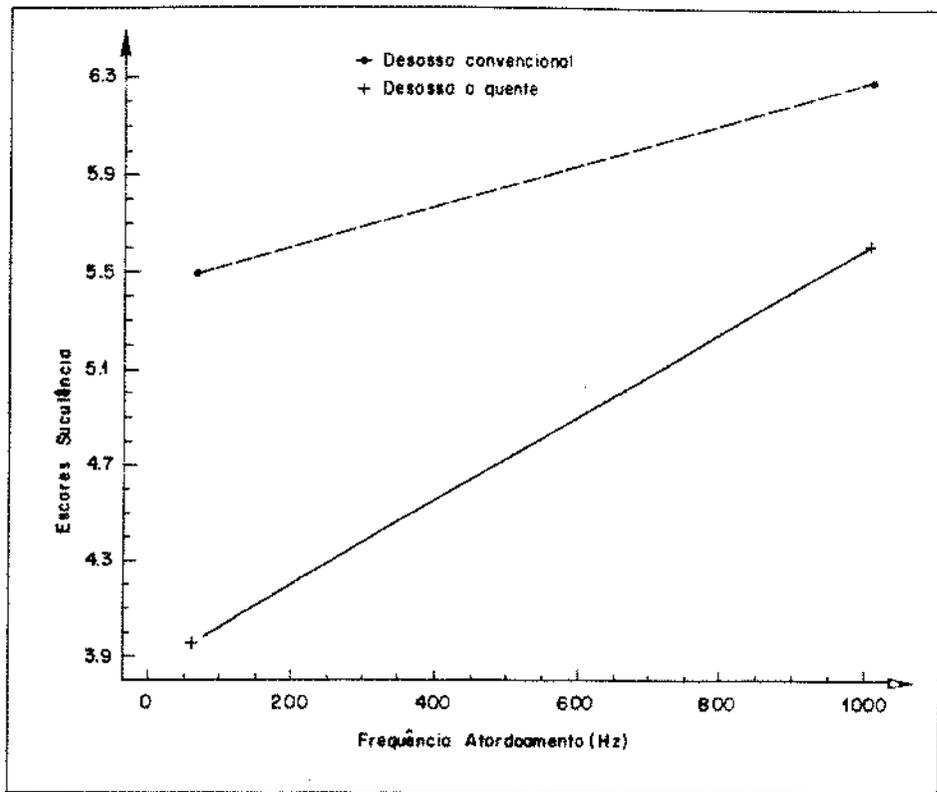


FIGURA 23. Interação das condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na suculência da carne de peito.

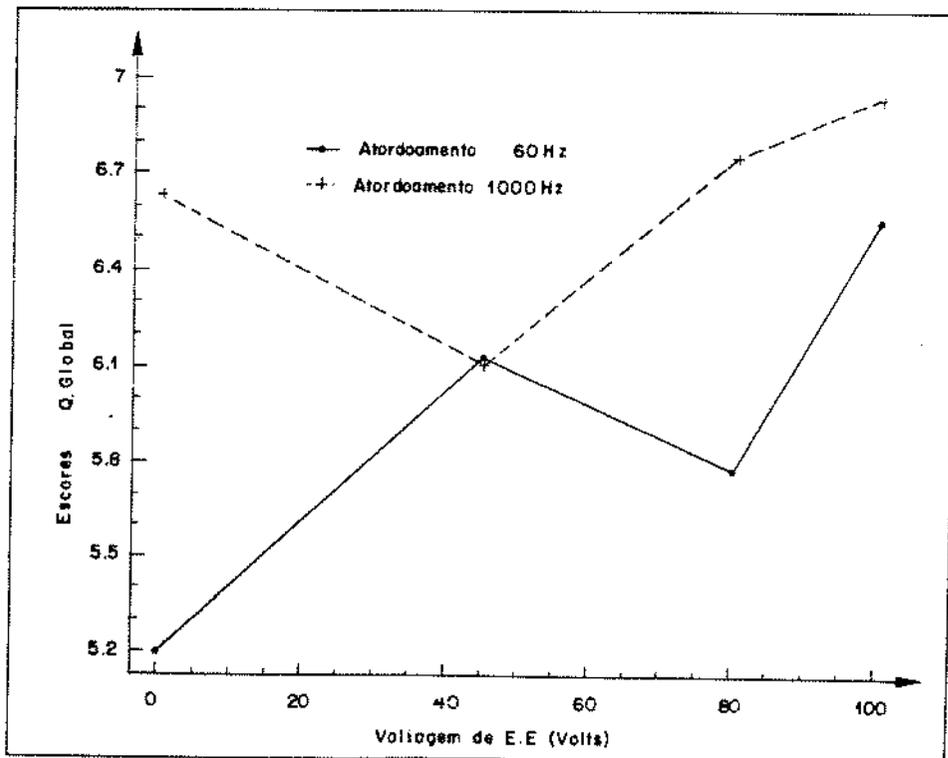


FIGURA 24. Interação das condições de atordoamento x voltagem de estimulação elétrica e sua influência na qualidade global da carne de peito.

cozimento. A voltagem de EE não teve efeito significativo sobre as perdas de peso no cozimento. Também não houve efeito das interações entre dois e três fatores, combinando-se condições de atordoamento, voltagem de EE e tipo de desossa.

QUADRO 21. Perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito em relação às condições de atordoamento, à voltagem de estimulação elétrica e ao tipo de desossa.

	N	Perda de Peso (%)	
		Média (kgf/g)	EP
<b>Tipo de atordoamento</b>			
60Hz	40	29,9 <sup>a</sup>	0,4
1000Hz	24	27,7 <sup>b</sup>	0,5
<b>Voltagem de estimulação</b>			
sem estimulação	16	29,6 <sup>a</sup>	0,9
45v	16	29,0 <sup>a</sup>	0,7
80v	16	28,5 <sup>a</sup>	0,7
100v	16	29,0 <sup>a</sup>	0,6
<b>Tipo de desossa</b>			
convencional	32	26,9 <sup>b</sup>	0,3
a quente	32	31,2 <sup>a</sup>	0,4

N= número de amostras de peito

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Os resultados mostrados no Quadro 21 indicaram que o atordoamento à alta frequência (1000Hz) ocasionou menor perda de peso, de 27,7 % contra 29,9 % do atordoamento a 60 Hz. O tipo de desossa ocasionou maior efeito, observando-se perda de peso durante o cozimento de 31,2% para a desossa a quente contra 26,9% para desossa convencional. Com relação ao efeito da voltagem de estimulação, observa-se que não houve diferença significativa. Portanto, o uso de EE não afetou as perdas de peso durante o cozimento.

### 5.2.3. EFEITO DO ATORDOAMENTO E ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NA COR DO MÚSCULO DO PEITO

A análise de cor foi realizada para verificar se a estimulação elétrica teria efeito na coloração normal do músculo claro do peito.

#### 5.2.3.1. Luminosidade ( $L^*$ )

A análise da variância dos resultados apresentados no Quadro 22, referente à luminosidade, não revelou efeito significativo dos níveis de voltagem de estimulação elétrica. Valores ligeiramente maiores de cerca de 48,5 foram observados nos músculos que não sofreram estimulação. Embora não tenha sido realizada uma avaliação sensorial sistemática da cor das amostras, notou-se que visualmente não havia diferença. Para o fator desossa, observou-se diferença altamente significativa ( $P < 0,001$ ). Como observado nos estudos de atordoamento, o fator desossa teve influência altamente significativa na luminosidade da carne. Músculos desossados a quente apresentaram maior luminosidade e mostraram uma diferença de 3,29 pontos, quando comparados com a desossa convencional.

A interação voltagem x desossa não foi significativa. No Anexo 13 observa-se que, para desossa a quente, obteve-se uma ligeira queda do valor  $L^*$ ; entretanto, para a desossa convencional, manteve-se constante, com um ligeiro aumento a 100V. Portanto, ao final, esta diferença foi relativamente menor entre ambos os tipos de desossa em comparação com o processo sem estimulação.

#### 5.2.3.2. Teor de vermelho ( $a^*$ )

Os resultados da medida de vermelho ( $a^*$ ) são apresentados no Quadro 22. A análise da variância revelou que os níveis de voltagem e tipo de desossa independentemente apresentaram efeitos altamente significativos com  $P < 0,01$  e  $P < 0,001$ , respectivamente.

QUADRO 22: Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) do músculo do peito em relação à voltagem de EE e ao tipo de desossa.

	N	Parâmetros de cor					
		L	EP	$a^*$	EP	$b^*$	EP
<b>Voltagem de EE</b>							
sem estimulação	30	48,5 <sup>a</sup>	0,3	2,4 <sup>a</sup>	0,1	4,8 <sup>a</sup>	0,2
45V	30	48,1 <sup>a</sup>	0,2	2,4 <sup>a</sup>	0,1	4,7 <sup>a</sup>	0,1
80V	30	47,6 <sup>a</sup>	0,3	2,3 <sup>a</sup>	0,1	5,1 <sup>a</sup>	0,2
100V	30	48,2 <sup>a</sup>	0,2	2,7 <sup>a</sup>	0,1	4,8 <sup>a</sup>	0,2
<b>Tipo de desossa</b>							
a quente	60	49,7 <sup>a</sup>	0,2	1,9 <sup>b</sup>	0,1	4,1 <sup>a</sup>	0,1
convencional	60	46,4 <sup>b</sup>	0,1	3,0 <sup>a</sup>	0,1	5,6 <sup>a</sup>	0,1

N= número de peitos de frango/ cada média de 7 leituras por peito

EP = Erro-padrão

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Para a voltagem de 100V de EE o valor de  $a^*$  (2,7) foi superior aos demais valores obtidos nas voltagens de 45V (2,4), e 80V (2,3) e sem estimulação (2,4); isto indicou que voltagens iguais ou maiores a 100V conferiram maior teor de vermelho à carne. Trabalhos prévios com carnes vermelhas têm mostrado que carne estimulada eletricamente apresenta aumento no teor de vermelho (SAVELL *et al.*, 1978, ORCUTT *et al.*, 1981 e EIKELENBOOM *et al.*, 1985). O trabalho mais recente com músculo de peito, realizado por FRONING & UIJTENBOOGAART (1988), confirma os resultados desses autores.

O valor de  $a^*$  foi significativamente maior ( $P < 0,001$ ) para as aves desossadas convencionalmente. O menor avermelhamento do peito desossado a quente, provavelmente, se deve ao pH ligeiramente mais alto 24h *post-mortem*. Outra razão para explicar a diferença nos valores de  $a^*$  poderia ser a temperatura do "chiller". No abatedouro comercial o "chiller" apresentou uma variação de temperatura de 6 a 8°C, diferente da temperatura de 2

a 3°C utilizada no resfriamento das carcaças de aves desossadas a quente.

A interação de ambos os fatores apresentou efeito significativo. A Figura 25 mostra que, com o aumento da voltagem de EE, essa diferença no valor  $a^*$  entre os dois tipos de desossa tendeu a diminuir. Observa-se, também, que com o aumento da voltagem de EE para desossa convencional, o teor de vermelho (valor  $a^*$ ) tendeu a aumentar. Na desossa a quente, ocorreu ligeira diminuição do valor de  $a^*$  a 45 e 80V, aumentando significativamente a 100V.

#### 5.2.3.3. Teor de amarelo ( $L^*$ )

A análise da variância dos resultados para o teor de amarelo de músculo de peito acusou efeito não significativo para o fator voltagem de E.E., e, efeito altamente significativo para o fator desossa ( $P < 0,001$ ) (Quadro 22).

A desossa convencional conferiu maior teor de amarelo com valor de 5,58 e para a desossa a quente 4,10.

A interação níveis de voltagem de EE x tipo de desossa foi significativa, como se observa na Figura 26. O teor de  $b^*$ , pelo tipo de desossa convencional, apresentou uma tendência de diminuir a 45V para aumentar a 80 e 100V, enquanto na desossa a quente houve um ligeiro aumento a 45 e 80V para diminuir a 100V.

Observa-se, na Figura 26, que o valor  $b^*$  na desossa a quente é superior ao da desossa convencional, mostrando tendência a diminuir esta diferença a 45V, mas quando a voltagem aumenta a 100V, esta diferença volta a aumentar.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a estimulação elétrica não apresentou influência marcante na cor da carne de peito para tratamentos com EE a voltagens baixas, contrariando as afirmações de outros autores, como FRONING & UIJTENBOOGAART (1988).

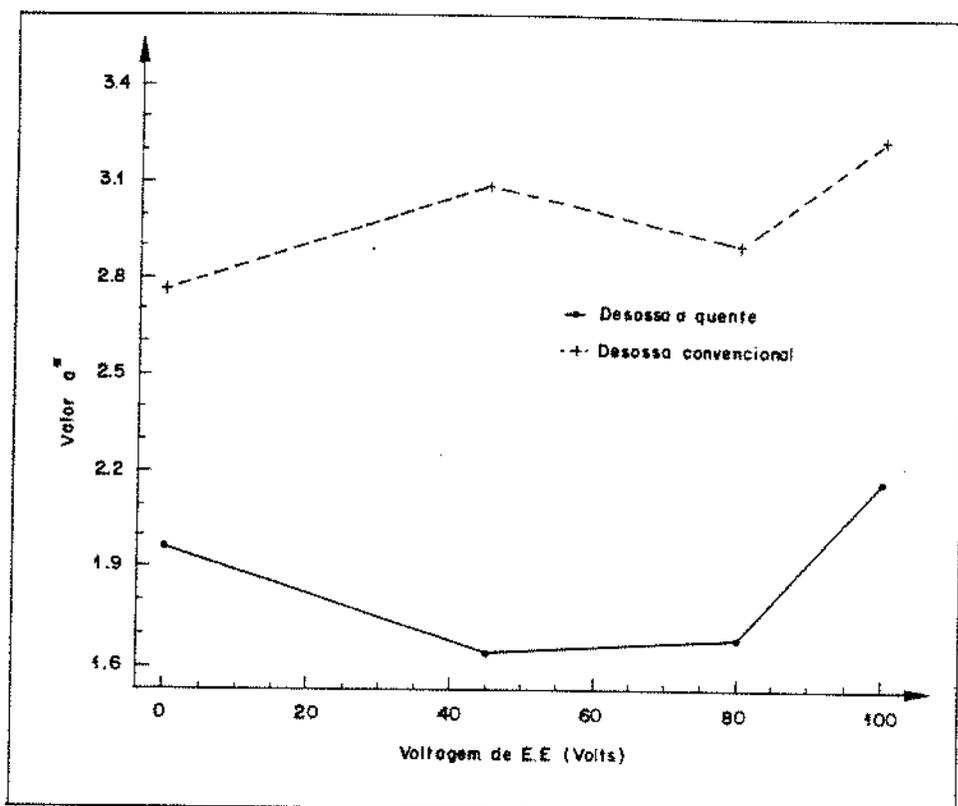


FIGURA 25. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência no teor de vermelho (a\*) do músculo do peito.

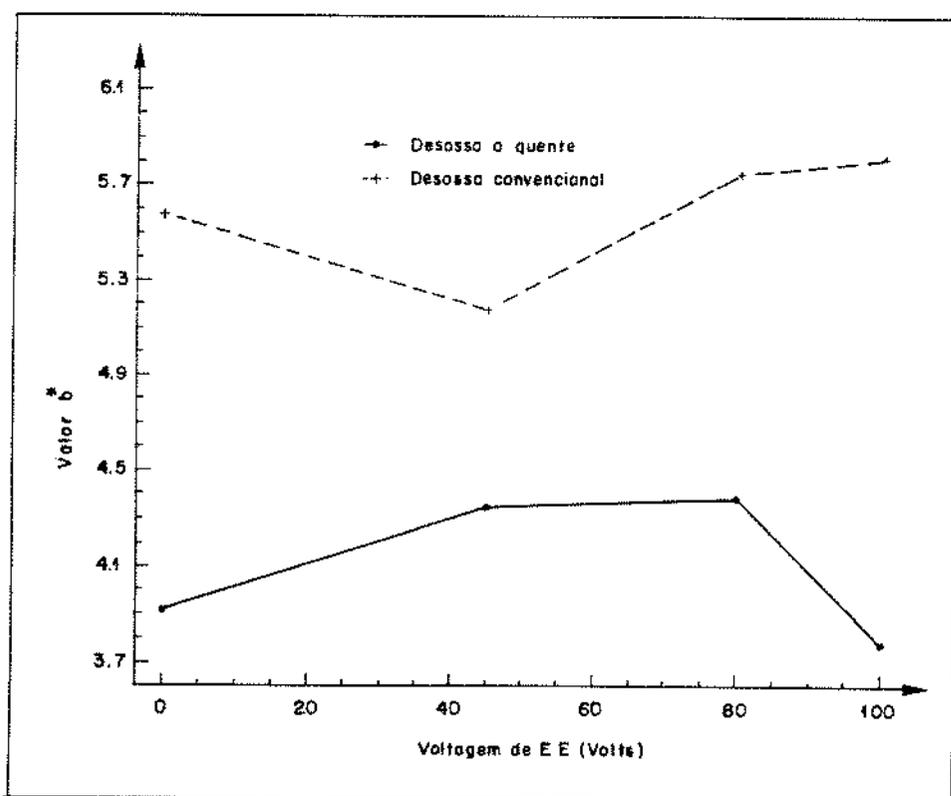


FIGURA 26. Interação voltagem de estimulação elétrica x tipo de desossa e sua influência no teor de amarelo (valor b\*) do músculo do peito.

### 5.3. EFEITO DAS DIFERENTES INTERAÇÕES DE ATORDOAMENTO, ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA (EE) E TIPO DE DESOSSA NA QUALIDADE DO MÚSCULO DO PEITO (ESTUDO 3)

Para esta fase, foram selecionados os melhores tratamentos com relação à textura dos Estudos 1 e 2, avaliados objetiva e subjetivamente e acompanhados de medidas físicas.

#### 5.3.1. AVALIAÇÕES FÍSICAS E SENSORIAIS

##### 5.3.1.1. Força de cisalhamento e maciez

A análise da variância dos resultados apresentados no Quadro 23 para força de cisalhamento e maciez mostrou que o efeito do fator tratamento (interação entre atordoamento x voltagem de EE x tipo de desossa) foi significativo ( $P < 0,001$ ).

QUADRO 23. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na força de cisalhamento e na maciez.

TRATAMENTO			FORÇA DE CISALHAMENTO <sup>2</sup>		MACIEZ <sup>3</sup>	
ATORDOAMENTO <sup>1</sup>	DESOSSA	EE	kgf/g		Média	EP
Freqüência			Média	EP		
60 Hz	Q	-	10,9 <sup>a</sup>	0,3	3,7 <sup>d</sup>	0,2
60 Hz	C	-	7,5 <sup>bc</sup>	0,4	5,6 <sup>bc</sup>	0,3
60 Hz	Q	80 V	8,2 <sup>b</sup>	0,2	5,1 <sup>cd</sup>	0,4
60 Hz	C	45 V	4,9 <sup>de</sup>	0,2	7,5 <sup>ab</sup>	0,2
1000 Hz	Q	-	9,0 <sup>b</sup>	0,3	5,2 <sup>cd</sup>	0,3
1000 Hz	C	-	6,5 <sup>cd</sup>	0,2	6,8 <sup>ab</sup>	0,3
1000 Hz	Q	100 V	8,0 <sup>b</sup>	0,3	6,0 <sup>bc</sup>	0,3
1000 Hz	C	100 V	4,4 <sup>e</sup>	0,3	7,6 <sup>a</sup>	0,2

N = 10 peitos/ tratamento com média de 7 medidas/peito

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

EP = Erro-padrão

- = sem estimulação elétrica

a,b,c,d Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

1 Atordoamento com 40V

2 Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

3 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a

10 = muito macia)

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Vê-se, nos resultados do Quadro 23, que o tratamento A60Hz/DQ/sem EE, apresentou a maior força de cisalhamento de 10,9kgf/g, sendo significativa a diferença quando comparada ao resultado dos demais tratamentos. Este valor corresponde ao menor valor de maciez (3,7).

O tratamento A60Hz/DQ/EE a 80V diminui esta força de cisalhamento de 10,9kgf/g para 8,2kgf/g, mostrando o efeito do estímulo elétrico em impedir a contração excessiva das fibras musculares provocada pela desossa a quente. Comparando-se com os resultados de THOMPSON *et al.* (1987) que verificaram um aumento significativo na maciez da carne de peito (de 11,9kgf/g a 9,0 kgf/g) desossado a quente usando EE (tempo de 18s) com baixa voltagem (45V), os resultados do presente trabalho mostram amaciamento da mesma magnitude para o mesmo tipo de desossa. Ao contrário, FRONING & UIJTENBOOGAART (1988) relataram que o efeito da EE provocou um certo endurecimento na carne de peito quando a desossa foi realizada a 0 ou 15min após evisceração. Os mesmos pesquisadores observaram um ligeiro amaciamento após aplicação de EE de 100V por 60s, quando o músculo de peito foi desossado cerca de 2 a 4h após evisceração.

Também no tratamento A1000Hz/DQ/sem EE a força de cisalhamento foi maior (9,0kgf/g) que nos tratamentos com estimulação com exceção para os tratamentos A60Hz/DQ/EE a 80V (8,2kgf/g) e A1000Hz/DQ/EE a 100V (8,0kgf/g). Embora estes dois últimos tratamentos com estimulação não diferissem significativamente, os mesmos favoreceram a maciez da carne de peito medida tanto objetiva como subjetivamente. As condições de atordoamento influenciaram na maciez, sendo que à frequência maior observou-se maior amaciamento. O atordoamento influenciou o amaciamento da carne, provavelmente por afetar as contrações musculares curtas e ligeiras durante a passagem da corrente pelo corpo do animal.

Os menores valores de força de cisalhamento foram obtidos para os tratamentos com A60Hz/DC/EE a 45V (4,9kgf/g) e para A1000Hz/DC/EE a 100V (4,4kgf/g) quando comparado com os demais tratamentos com ou sem estimulação (Quadro 23). Observou-se também que estes tratamentos apresentaram maiores valores de maciez de 7,5 e 7,6, respectivamente.

Poder-se-ia argumentar que o efeito de amaciamento da carne de peito a baixas voltagens de EE depende da ativação do músculo pelo sistema nervoso. Considerando a faixa metabólica relativamente alta da espécie aviária em comparação com os mamíferos e a alta demanda de oxigênio do sistema nervoso em geral, é possível que uma deterioração deste sistema possa ocorrer em curto período de tempo. Se esta suposição se verificar, a aplicação da EE deve ser realizado rapidamente após a sangria.

#### 5.3.1.2. Suculência e qualidade global

No Quadro 24 são apresentados os resultados da avaliação sensorial para suculência e qualidade global da carne de peito obtidas sob diferentes interações das condições de atordoamento, desossa e estimulação elétrica nas aves.

A suculência foi influenciada significativamente ( $P < 0,001$ ) pelos tratamentos. Os músculos provenientes do tratamento com A60Hz/DQ/sem EE foram considerados os de menor suculência, mas somente apresentaram diferença significativa com outros dois tratamentos, A60Hz/DC/EE a 45V e A1000Hz/DC/sem EE, que apresentaram carnes mais suculentas.

Observa-se que os outros níveis de voltagem de EE não tiveram efeito sobre o atributo suculência das carnes de peito e também não apresentaram diferença significativa com relação aos tratamentos sem estimulação.

QUADRO 24. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na suculência e qualidade global.

Atord.	Tratamento		Atributos			
	Desossa	EE	Suculência	EP	Q. Global	EP
60Hz	Q	-	4,5 <sup>b</sup>	0,4	4,5 <sup>e</sup>	0,4
60Hz	C	-	5,4 <sup>ab</sup>	0,3	6,3 <sup>ab</sup>	0,3
60Hz	Q	80V	5,3 <sup>ab</sup>	0,4	5,5 <sup>bc</sup>	0,3
60Hz	C	45V	6,4 <sup>a</sup>	0,3	7,2 <sup>ab</sup>	0,3
1000Hz	Q	-	6,1 <sup>ab</sup>	0,4	6,0 <sup>abc</sup>	0,4
1000Hz	C	-	6,6 <sup>a</sup>	0,3	7,6 <sup>a</sup>	0,2
1000Hz	Q	100V	5,8 <sup>ab</sup>	0,3	6,0 <sup>abc</sup>	0,4
1000Hz	C	100V	5,7 <sup>ab</sup>	0,3	7,2 <sup>ab</sup>	0,3

N = 10 amostras peito/ tratamento

Q = quente, C = convencional

EP = Erro-padrão

- = sem estimulação elétrica

a,b,c Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Voltagem 40V

<sup>2</sup> Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)

<sup>3</sup> Média de escores para o atributo qualidade global (0 = muito ruim a 10 = excelente)

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Em relação à qualidade global, em todos os tratamentos não foi observada diferença estatística (6,0 a 7,6), com exceção do A60Hz/DQ/sem EE (4,5) e A60Hz/DQ/EE a 80V (5,5), considerados os piores, existindo diferença significativa entre estes dois últimos.

### 5.3.1.3. Perda de peso (X) durante o cozimento

No Quadro 25 são apresentados os resultados da perda de peso durante o cozimento para os tratamentos indicados.

A análise da variância dos resultados acusou efeito significativo do fator tratamento ( $P < 0,05$ ) na perda de peso durante o cozimento.

QUADRO 25. Efeito das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica e tipo de desossa na perda de peso (%) durante o cozimento da carne do peito.

Tratamento			Perda de Peso	
Atordoamento <sup>1</sup>	Desossa	EE	x	EP
60Hz	Q	-	30,7 <sup>a</sup>	0,3
60Hz	C	-	27,9 <sup>ab</sup>	0,4
60Hz	Q	80V	29,0 <sup>ab</sup>	0,4
60Hz	C	45V	27,4 <sup>b</sup>	0,4
1000Hz	Q	-	28,3 <sup>ab</sup>	0,6
1000Hz	C	-	26,2 <sup>b</sup>	0,6
1000Hz	Q	100V	28,3 <sup>ab</sup>	0,6
1000Hz	C	100V	26,5 <sup>b</sup>	0,7

N = 5 peitos/tratamento, com replicações

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

E. P. = Erro-padrão

- = sem estimulação elétrica

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

<sup>1</sup> Atordoamento 40V

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Vê-se nos resultados do Quadro 25 que o tratamento A60Hz/DQ/sem EE apresentou maior média de perda de peso, de 30,7%, que não diferiu dos demais tratamentos com exceção de A60Hz/DC/EE a 45V, 1000Hz/DC/sem EE e 1000Hz/DC/EE a 100V.

Observam-se os menores valores de perda de peso para os tratamentos A60Hz/DC/EE a 45V, A1000Hz/DC/sem EE e A1000Hz/DC/EE a 100V na faixa de 26,2 - 27,4%, respectivamente.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por THOMPSON *et al.* (1987), que concluíram que a EE não teve efeito significativo na perda de peso.

#### 5.3.1.4. Cor do músculo do peito

Observa-se, nos resultados apresentados no Quadro 26, que a cor do peito proveniente das aves A60Hz/DQ/sem EE e A1000Hz/DQ/sem EE apresentou os maiores valores de luminosidade ( $L^*$ ) (52,6 e 50,2), respectivamente com diferença significativa entre eles. Os menores valores de  $L^*$  foram para os tratamentos 1000Hz/DC/sem EE e 60Hz/DC/EE a 45V com valores de 43,8 e 44,3, respectivamente. Embora estes resultados possam indicar que a EE diminui a luminosidade da cor do peito, o que está de acordo com FRONING & UIJTENBOOGAART (1988), provavelmente o músculo do peito sofreu o efeito do resfriamento na luminosidade. Os músculos do peito das carcaças desossadas a quente estimuladas ou não tiveram contato direto com a água de resfriamento adquirindo essa aparência de cor mais clara, que segundo GREY *et al.* (1982) é produzida pela imersão da carcaça ou partes dos músculos em água, aumentando a luminosidade, enquanto as carcaças resfriadas convencionalmente tiveram o músculo do peito protegido pela pele.

Com relação aos valores de  $a^*$ , os músculos das aves A60Hz/DC/EE a 45V e a 1000Hz/DC/EE a 100V apresentaram maiores teores de vermelho, com valores de 4,4 e 3,7, respectivamente. Estes maiores teores de vermelho para tratamentos que resultaram glicólise rápida, como acontece pelo efeito da EE, podem ser o resultado da indução da queda de pH, diminuição da respiração mitocondrial e aumento da oxigenação da mioglobina, segundo indicam CORNFORTH & EGBERT (1985). Ainda, o valor de  $a^*$  pode ter sido elevado pelo efeito do resfriamento em água, resultando em valores menores para os peitos da desossa convencional.

Os resultados relacionados com o valor  $b^*$  indicaram que à frequência de 60Hz apresentaram os maiores valores, sendo para os tratamentos A60Hz/DQ/sem EE (6,7) e A60Hz/DC/sem EE (6,2).

QUADRO 26. Efeitos das diferentes interações de atordoamento, estimulação elétrica (EE) e tipo de desossa nos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) do músculo do peito após resfriamento.

Atordoamento <sup>1</sup>		Cor da carne de peito de frango					
Frequência	Desossa	L	EP	a	EP	b	EP
<b>60 Hz</b>							
sem EE.	C	47,2 <sup>c</sup>	0,5	2,7 <sup>bc</sup>	0,3	6,2 <sup>ab</sup>	0,1
sem EE.	Q	52,6 <sup>a</sup>	0,4	1,9 <sup>c</sup>	0,2	6,7 <sup>a</sup>	0,1
EE 45V	C	44,3 <sup>d</sup>	0,4	4,4 <sup>a</sup>	0,3	5,7 <sup>ab</sup>	0,3
EE 80V	Q	47,7 <sup>c</sup>	0,3	2,3 <sup>c</sup>	0,2	4,1 <sup>de</sup>	0,1
<b>1000 Hz</b>							
sem EE	C	43,8 <sup>d</sup>	0,5	2,9 <sup>bc</sup>	0,2	4,3 <sup>de</sup>	0,4
sem EE	Q	50,2 <sup>b</sup>	0,3	1,8 <sup>c</sup>	0,1	4,9 <sup>cd</sup>	0,1
EE 100V	C	46,8 <sup>c</sup>	0,4	3,7 <sup>ab</sup>	0,2	5,5 <sup>bc</sup>	0,1
EE 100V	Q	49,9 <sup>b</sup>	0,5	2,2 <sup>c</sup>	0,1	3,8 <sup>e</sup>	0,1

<sup>1</sup> voltagem 40 v

N= 10 frangos/tratamento

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

EP = Erro-padrão

a,b,c,d

Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

- Influência do atordoamento, da estimulação elétrica e do resfriamento na cor do músculo do peito

No Quadro 27 estão apresentados os resultados da influência do atordoamento, da estimulação elétrica e do resfriamento na cor do músculo do peito.

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que a frequência no atordoamento não afetou significativamente a luminosidade ( $L^*$ ) e o valor de vermelho ( $a^*$ ). Com relação ao valor de amarelo, observaram-se valores significativamente maiores para o atordoamento a 60Hz.

A estimulação elétrica afetou significativamente os parâmetros de cor do músculo, sendo a luminosidade maior para a carne do peito proveniente de carcaças não estimuladas. O valor  $a^*$  (teor de vermelho) foi maior para amostras estimuladas. Já o valor de  $b^*$  (teor de amarelo) foi maior para a carne de carcaças não estimuladas. Deve-se ressaltar que, embora estatisticamente significativo o valor  $a^*$  para a carne proveniente das carcaças não estimuladas, esta diferença foi pequena e não foi detectada a olho nu. Estes resultados estão de acordo com FRONING & UIJTENBOOGAART (1988), que encontraram efeito de EE na cor do músculo de peito de frango. Segundo os autores, a estimulação elétrica após o abate aumenta significativamente o valor  $a^*$  e diminui o valor  $L^*$ .

QUADRO 27. Influência do atordoamento, estimulação elétrica e resfriamento nos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de músculo do peito

TRATAMENTO	Parâmetros de cor					
	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>ATORDOAMENTO<sup>1</sup></b>						
60Hz	45,3 <sup>a</sup>	1,2	2,7 <sup>a</sup>	0,2	5,4 <sup>a</sup>	0,3
1000Hz	45,4 <sup>a</sup>	1,1	2,7 <sup>a</sup>	0,2	4,7 <sup>b</sup>	0,3
<b>ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA</b>						
estimulado	44,1 <sup>b</sup>	1,1	3,0 <sup>a</sup>	0,2	4,0 <sup>b</sup>	0,1
sem estimulação	46,5 <sup>a</sup>	1,1	2,4 <sup>b</sup>	0,2	6,0 <sup>a</sup>	0,2
<b>RESFRIAMENTO</b>						
com resfriamento	50,1 <sup>a</sup>	0,4	2,0 <sup>b</sup>	0,1	5,1 <sup>a</sup>	0,3
sem resfriamento	40,6 <sup>b</sup>	0,4	3,4 <sup>a</sup>	0,1	4,9 <sup>a</sup>	0,3

N= 10 peitos/tratamento

EP = Erro-padrão

<sup>1</sup> Voltagem 40 V

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Pelos resultados obtidos no Quadro 27 o resfriamento teve influência altamente significativa nos valores de  $L^*$  e  $a^*$ . O valor  $L^*$  foi maior para as amostras com resfriamento, indicando a importância deste tratamento para aumentar a condição de luminosidade na cor do músculo do peito. Houve um efeito benéfico da aplicação do resfriamento por imersão em água sobre a cor, quando comparado com os resfriados ao ar que apresentavam aparência mais escura observada por GREY et. al (1982).

O valor de  $a^*$  (teor de vermelho) foi maior para a amostra sem resfriamento. Este resultado indica o efeito do resfriamento para diminuir o aumento da intensidade do avermelhamento pelo efeito da EE no músculo. Com relação ao valor de  $b^*$  (teor de amarelo), não foi observada influência do uso do resfriamento.

A interação atordoamento x estimulação teve influência significativa ( $P < 0,05$ ) no valor  $L^*$ . Quando as aves foram atordoadas a 60Hz e 1000Hz e, posteriormente, estimuladas, observou-se que o valor  $L^*$  foi menor, com médias de 43,5 e 44,8, respectivamente (Anexo 14). Os resultados também acusaram a tendência de uma ligeira diminuição da luminosidade nas amostras sem EE, ao aumentar a frequência de atordoamento. Para as amostras com EE, a luminosidade aumentou com o aumento da frequência de atordoamento.

Já a interação estimulação x resfriamento teve influência significativa sobre o valor de  $b^*$ ; a carne de peito estimulada e resfriada apresentou valor  $b^*$ , igual a 3,9, comparado com 6,4 para as amostras sem EE e resfriadas (Anexo 14).

A interação dos três fatores (atordoamento x EE x resfriamento) não teve influência significativa sobre o valor de  $b^*$ .

### 5.3.2. AVALIAÇÃO QUÍMICA

Com o intuito de verificar as características químicas dos músculos do peito que apresentaram melhores características físicas e sensoriais em função de atordoamento das aves /E.E./desossa, foi realizada a avaliação de umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e proteína, cujos resultados estão apresentados no Quadro 28.

Com relação à umidade, observa-se que o tratamento de A1000Hz/D.Q./E.E. a 100V apresentou maior teor de umidade, de 75,3%, quando comparado com os demais tratamentos. Com relação ao atordoamento a 60Hz, não foram observadas diferenças significativas na umidade dos músculos de peito com valores na faixa de 73,9 - 74,0% ao variar as voltagens de estimulação aplicadas.

QUADRO 28. Influência do atordoamento, estimulação elétrica e desossa na umidade, capacidade de retenção de água (CRA) e proteína do músculo do peito.

Tratamento			N	Umidade		CRA		Proteína	
Atordoamento <sup>1</sup>	Desossa	EE		Média	EP	Média	EP	Média	EP
60Hz	C	45V	9	74,0 <sup>b</sup>	0,19	0,34 <sup>b</sup>	0,01	21,3 <sup>ab</sup>	0,12
60Hz	Q	80V	9	73,9 <sup>b</sup>	0,09	0,35 <sup>b</sup>	0,01	21,5 <sup>ab</sup>	0,08
1000Hz	C	100V	9	73,6 <sup>c</sup>	0,04	0,38 <sup>a</sup>	0,01	21,2 <sup>b</sup>	0,20
1000Hz	Q	100V	9	75,3 <sup>a</sup>	0,06	0,37 <sup>ab</sup>	0,01	21,8 <sup>a</sup>	0,02

N = número de amostras de peito/com 3 replicações

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

EP = Erro-padrão

<sup>1</sup>Voltagem 40V

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes

Teste de Sheffé ( $\alpha = 0,05$ )

A capacidade de retenção de água foi relativamente mais elevada para os tratamentos de A1000Hz/DC/EE a 100V (CRA = 0,38) e houve diferença significativa entre este tratamento e os de A60Hz/DC/EE a 45V (CRA = 0,34) e A60Hz/DQ/EE a 80V (CRA = 0,35).

A porcentagem de proteína apresentou faixa bem estreita de valores, porém com diferença significativa para o tratamento A1000Hz/DQ/EE a 100V. Neste tratamento o músculo do peito apresentou maior teor de proteína com valor de 21,8%, enquanto com o mesmo tratamento, porém, com desossa convencional, o teor de proteína foi igual a 21,1%.

### 5.3.3. AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA

#### 5.3.3.1. pH

A medição do pH tem sido usada como um índice do progresso das reações que levam ao *rigor mortis*. Diversos estudos têm demonstrado que valores de pH apresentam queda significativa após EE (FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988; BIRKHOOD & JANKY, 1989; LYON *et al.*, 1989; WAKEFIELD *et al.*, 1989; SAMS, 1990 e WALKER *et al.*, 1991).

No presente estudo observou-se que o uso da estimulação elétrica a baixas voltagens (45, 80 e 100V) acelera a queda do pH como mostra o Quadro 29. Na Figura 27 estão apresentadas as curvas de queda do pH com a EE a diferentes voltagens. Observa-se que a queda do pH foi mais evidente para os tratamentos com EE de 80V e 100V, quando comparados com 45V. A queda do pH acentuada do músculo do peito estimulado é explicada pela aceleração da glicólise anaeróbica *post-mortem*. Além disso, a intermitência da corrente elétrica pela pulsação interna com 5ms "on" e 77ms "off" produzindo contrações ritmadas nas carcaças, evitando o estremecimento individual dos músculos, aumentou significativamente o efeito da EE no declínio do pH. Comprovou-se que a EE diminuiu significativamente o pH do músculo do peito quando comparado com o de aves com atordoamento e sem estimulação, conforme observou-se ao comparar os resultados indicados nos

Quadros 13 e 29.

No Quadro 29, foi realizada a comparação estatística para cada tipo de desossa e cada estágio de abate independentemente. Para a desossa a quente, após resfriamento, o pH de 5,80 para o tratamento a 80V foi menor quando comparado com o pH do músculo proveniente das aves estimuladas a 100V, com pH de 5,84.

**QUADRO 29.** Valores médios de pH *post-mortem* do músculo *Pectoralis major*, com relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa

Estágio de abate	pH			
	Desossa a quente		Desossa convencional	
	1	2	3	4
Após sangria (8min)	5,95 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,01 <sup>a</sup>	5,90 <sup>a</sup>
Após depenagem (10min)	5,83 <sup>b</sup>	5,87 <sup>ab</sup>	5,98 <sup>a</sup>	5,87 <sup>ab</sup>
Após resfriamento (Q 50 min; C 70min)	5,80 <sup>a</sup>	5,84 <sup>b</sup>	5,86 <sup>a</sup>	5,83 <sup>a</sup>
4h <i>post-mortem</i>	5,72 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>	5,70 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>
8h <i>post-mortem</i>	5,60 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>
24h <i>post-mortem</i>	5,58 <sup>a</sup>	5,59 <sup>a</sup>	5,62 <sup>a</sup>	5,61 <sup>a</sup>

N = Média de 2 músculos de peito/para cada estágio de abate com replicação

Q= desossa a quente; C = desossa convencional

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes na mesma linha e mesmo tipo de desossa

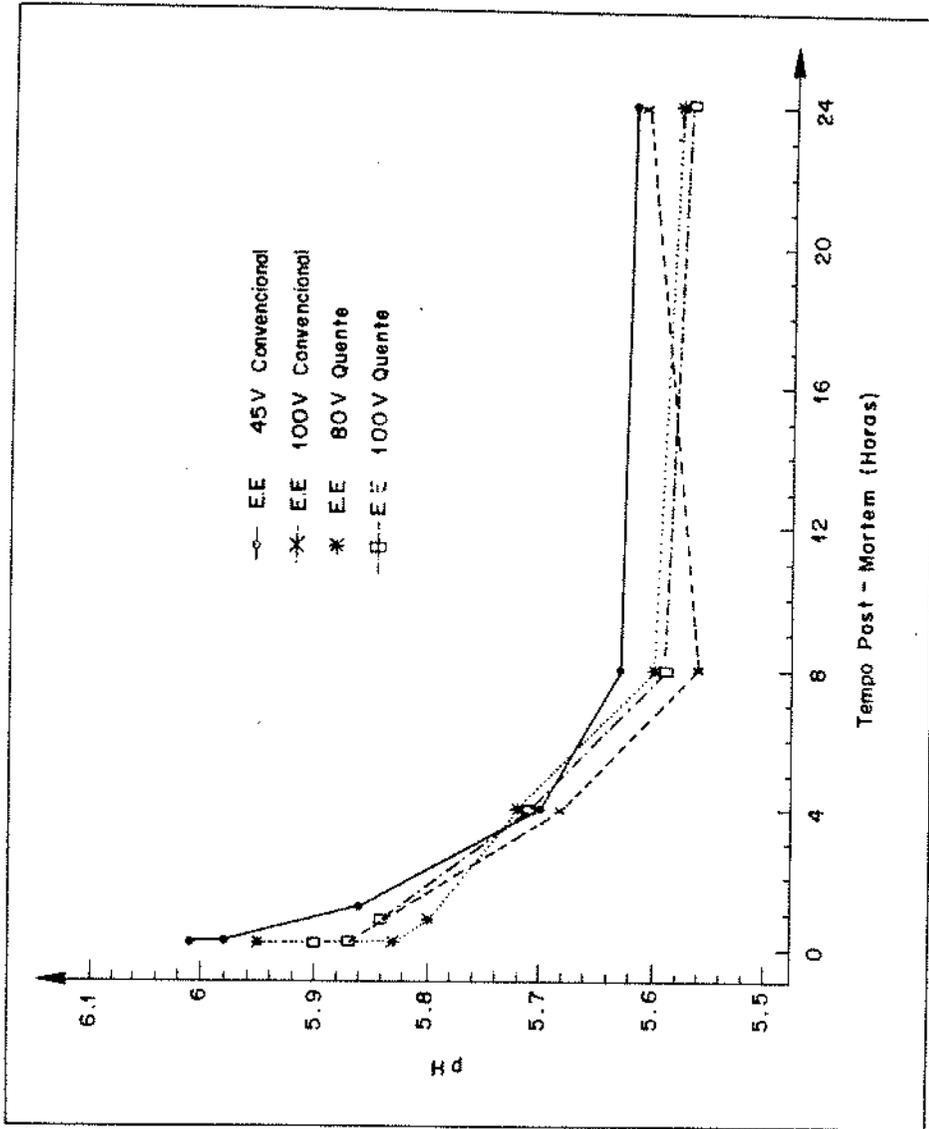
1 Atordoamento 60Hz, 40 V; E. E. 80V

2 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

3 Atordoamento 60Hz, 40 V; E. E. 45V

4 Atordoamento 1000Hz, 40 V; E. E. 100V

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )



EE = estimulação elétrica

FIGURA 27. Valores médios de pH do músculo do peito, com relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa.

Observa-se, com base no Quadro 29, que a glicólise foi rápida devido ao tratamento de EE nas primeiras horas após o abate. O pH decresceu de 0,30 a 0,23 unidades após a sangria e a depenagem para as aves atordoadas a 1000Hz/EE a 100V, quando comparado com os resultados do mesmo atordoamento, sem estimulação (Quadro 13), no entanto, para atordoamento a 60Hz a queda de pH foi de 0,11 e 0,17 para 45 e 80V de EE respectivamente, com relação ao não estimulado.

O declínio do pH em carcaças de aves estimuladas foi mais rápido, comparando-o com os dados de outras espécies como os relatados por BRUCE & BALL (1990), que observaram média de pH 6,74 no músculo *Semitendinosus* proveniente de bovinos estimulados por 2min com 115V e uma frequência de 60Hz, nos primeiros 3min após o abate e uma queda mais acentuada somente a partir das 2h após o abate.

Dentro de um mesmo tratamento, detectou-se a queda do pH até aproximadamente 1h após o abate, mantendo-se então similar até as 24h *post-mortem* (Quadro 29). Nos músculos sem estimulação as quedas de pH foram mais lentas, observando-se queda até as primeiras 4h, seguida de valores similares até as 24h (Quadro 13).

Conclui-se, ainda, que para ambos os tipos de desossa (a quente e convencional), os músculos estimulados foram mais macios que os respectivos tratamentos sem estimulação. Entretanto, MARSH *et al.* (1981) relataram que o uso de EE a menores frequências (2Hz) previne a ruptura física das miofibrilas, mas provoca uma queda abrupta do pH resultando numa carne bovina mais dura. Essa diferença entre o resultado deste estudo e o nosso, poderia ser explicado pelo fato de que diferentes espécies animais não respondem igualmente ao estímulo elétrico à menor frequência aplicada, e também pela diferença de impedância entre as espécies.

Os resultados de pH e força de cisalhamento/maciez do músculo do peito (Quadros 23 e 29) tiveram uma relação com a glicólise anaeróbica *post-mortem*. Então, pode-se admitir que o pH

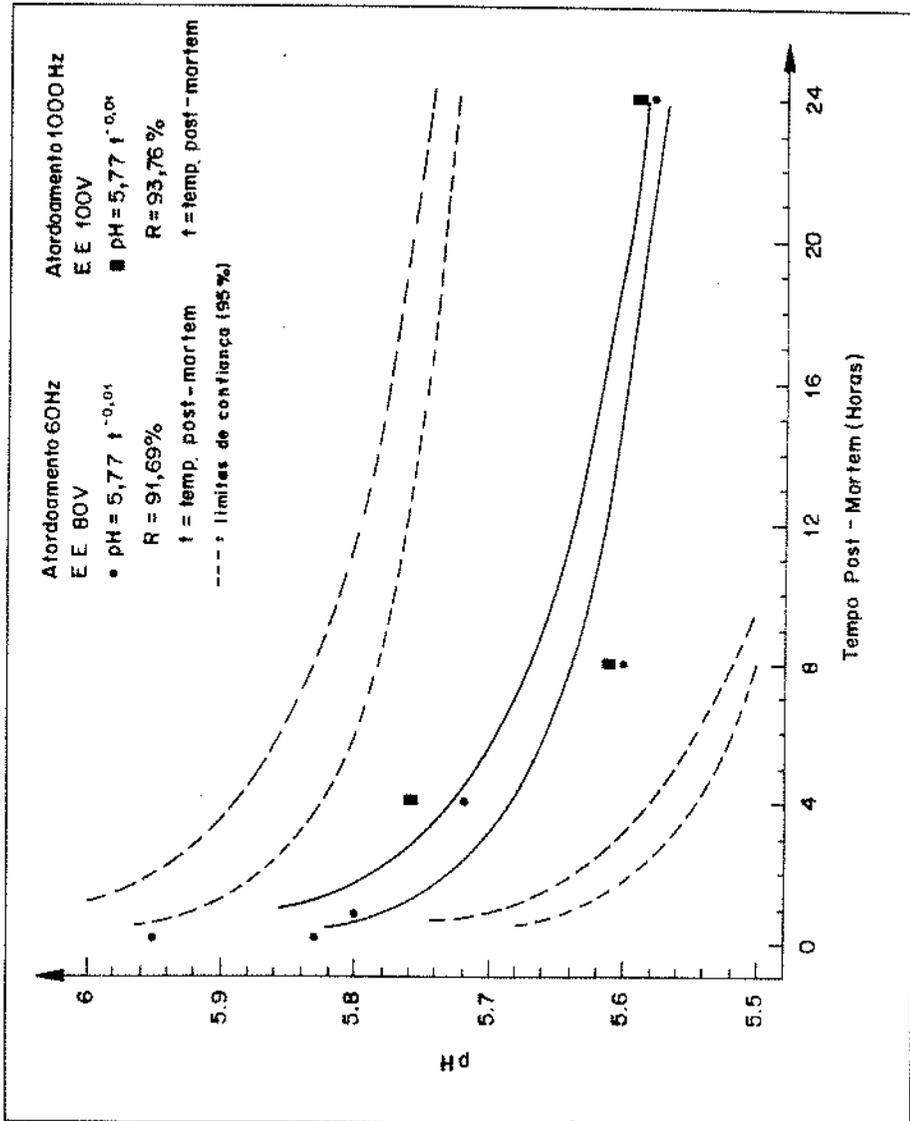
e a maciez muscular são funções paralelas do processo de *rigor mortis* e que não necessariamente apresentam uma relação efeito-causa. Quando analisaram-se os resultados do Quadro 23, relacionando-se a força de cisalhamento e maciez, para os tratamentos A60Hz/DC/EE a 45V e A1000Hz/DC/EE a 100V, foram obtidos os menores valores de força de cisalhamento, de 4,9 e 4,4kgf/g, respectivamente, a 24h *post-mortem*. Os resultados de pH muscular, nesse mesmo tempo, (5,61) não apresentaram diferença significativa entre eles e com relação aos outros tratamentos A60Hz/DQ/EE a 80V e A1000Hz/DQ/EE a 100V com força de cisalhamento de 82, e 8,0kgf/g, os resultados de 5,58 e 5,59 respectivamente.

A intensidade da pulsação (envolvente e interna) utilizada no nosso experimento influenciou para que a EE aplicada aos diferentes tratamentos de aves seja mais efetiva, ajudando para se obter uma diferença significativa de queda de pH, em relação às não estimuladas. Para alguns autores (HARRIS & SHORTHORSE, 1988), os pulsos de corrente somente são importantes, se forem extremadamente curtos, de milésimos de segundos (ms) como foi as do nosso trabalho.

Para condições dos tratamentos A60Hz/DQ/EE a 80V e A1000Hz/DQ/EE a 100V, o pH seguiu uma relação do tipo  $pH = a t^b$ , onde  $t$  é o tempo *post-mortem*, conforme mostra a Figura 28. Observa-se que ambos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento.

#### 5.3.3.2. Valor R

O valor R também é um indicador do desenvolvimento do *rigor mortis* (CALKINS *et al.*, 1982). O valor R foi significativamente aumentado pela estimulação elétrica à alta voltagem (THOMPSON *et al.*, 1987; LYON *et al.*, 1989) ou por baixa voltagem combinada com alta temperatura (SAMS, 1990). Ao contrário, a estimulação elétrica à alta voltagem (840V por 15s) não teve um efeito significativo no valor R, no estudo de SAMS *et al.* (1989).



EE = estimulação elétrica

FIGURA 28. Ajuste de regressão entre as curvas de valores de pH do músculo do peito de aves atordoadas, estimuladas a quente e o tempo *post-mortem*.

CALKINS et al. (1982) relataram que o aumento do valor R *post-mortem* é resultado direto do catabolismo normal do nucleotídeo adenina, associado principalmente com o metabolismo *post-mortem* no desenvolvimento do *rigor mortis*.

O Quadro 30 mostra os resultados experimentais e a Figura 29, as curvas do valor R para o músculo *Pectoralis major*, de acordo com as condições de atordoamento elétrico, estimulação elétrica e o tipo de desossa. Não foram detectadas diferenças no valor R nos diferentes tratamentos de EE (45, 80 e 100V), mas em todos eles o valor R foi superior a 1,0 nos estágios após sangria e depenagem. O valor R também confirmou que a EE acelera o processo da glicólise. De acordo com KHAN & FREY (1971), o valor R maior que 1,0 indica o início do *rigor mortis*, então os músculos após depenagem já estariam neste estado. Para músculo do peito de aves atordoadas, mas não estimuladas, nas mesmas condições, os resultados mostrados no Quadro 14 indicam que o início do *rigor mortis* ocorreu após o resfriamento.

Comparando-se os valores de R nos diversos estágios de abate na desossa a quente, não foram detectadas diferenças entre o processo de EE a 80 e 100V, provavelmente, por serem voltagens muito próximas. O valor R apresentou alguma diferença após o resfriamento convencional com valores de 1,27 e 1,38 para EE a 45 e 100V, respectivamente. Esta diferença também foi observada após 8h para os tratamentos A60Hz/DC//EE a 45V e A1000Hz/DC/EE a 100V com valores de 1,42 e 1,47, respectivamente.

Comparando-se com os tratamentos utilizados no teste de atordoamento, o valor R apresentou maiores diferenças no atordoamento a 1000Hz (Quadro 14) comparado com a EE a 100V (Quadro 30). Observaram-se, nos primeiros períodos de abate até o resfriamento convencional, diferenças de 0,15 a 0,38 do valor R e após 24h, não houve diferença nestes valores, mostrando-se que a maiores voltagens o processo de glicólise é agilizado nas primeiras horas após o abate.

QUADRO 30. Valores médios de valor R do músculo *Pectoralis major*, em relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa

Estágio de abate	Valor R			
	Desossa a quente		Desossa convencional	
	1	2	3	4
Após sangria (8min)	1,09 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>
Após depenagem (10min)	1,29 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>
Após resfriamento (Q 50 min; C 70 min)	1,31 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,27 <sup>b</sup>	1,38 <sup>a</sup>
4h <i>post-mortem</i>	1,30 <sup>a</sup>	1,39 <sup>b</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>
8h <i>post-mortem</i>	1,36 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,47 <sup>b</sup>
24h <i>post-mortem</i>	1,39 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>

N = Média de 2 músculos de peito/para cada estágio de abate com replicação

<sup>a,b</sup> Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 80V

2 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

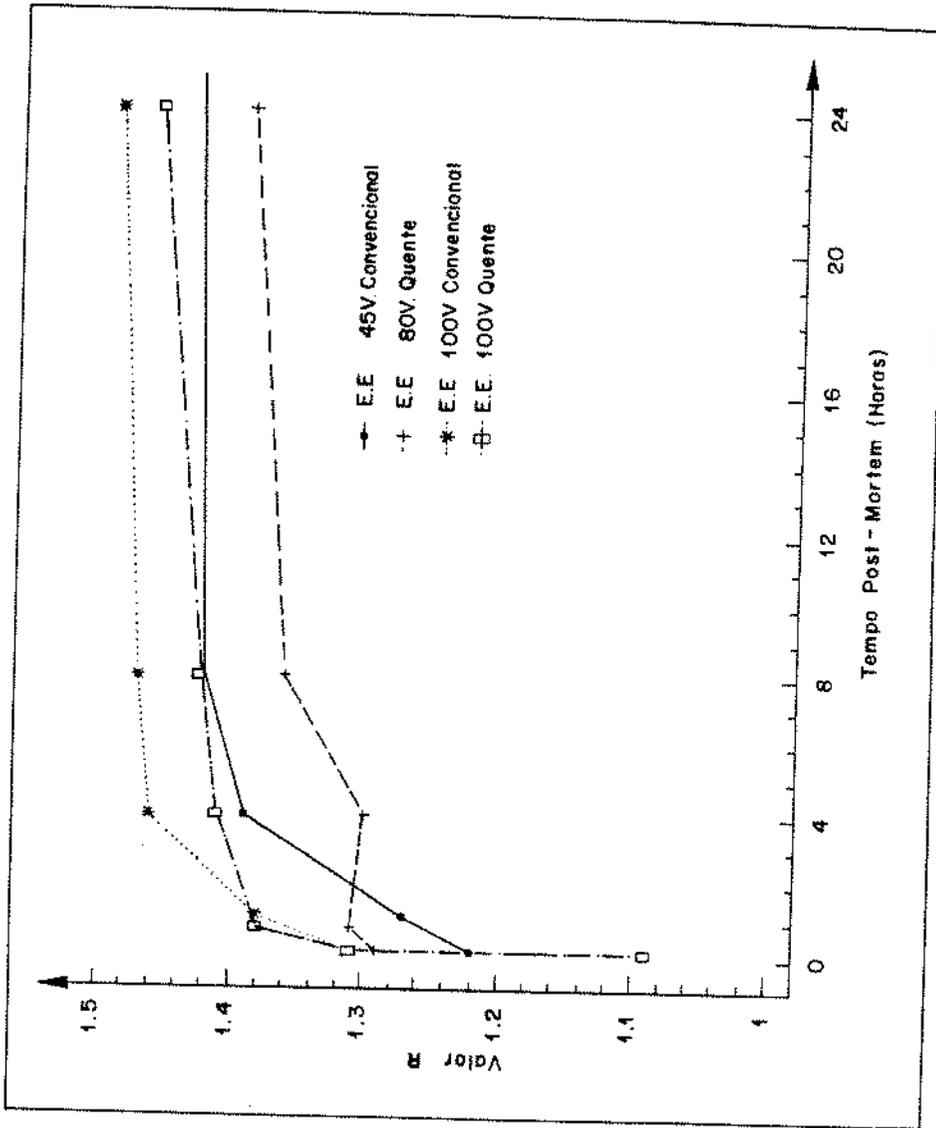
3 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 45V

4 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

Q= desossa a quente; C = desossa convencional

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Valores de R menores que 1,0 indicaram que a carne está em "pre-rigor", cujo estado fornece uma carne dura. Pensou-se então que houvesse uma relação entre o valor R e a maciez da carne. Porém, pelos resultados pode-se concluir que não houve relação entre o valor R e a maciez. CARSE (1973) atribuiu o aumento da maciez na carcaça de carne vermelha estimulada eletricamente à aceleração do metabolismo *post-mortem*. Esta aceleração seria o resultado num início rápido do *rigor mortis*, anulando os efeitos adversos do processo da desossa a quente no grau de desenvolvimento do *rigor mortis*. THOMPSON *et al.* (1987), num trabalho com músculo do peito de frango, não encontraram a relação entre as mudanças do metabolismo *post-mortem* e o aumento



EE = estimulação elétrica

FIGURA 29. Valores médios de valor R de músculo do peito em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa.

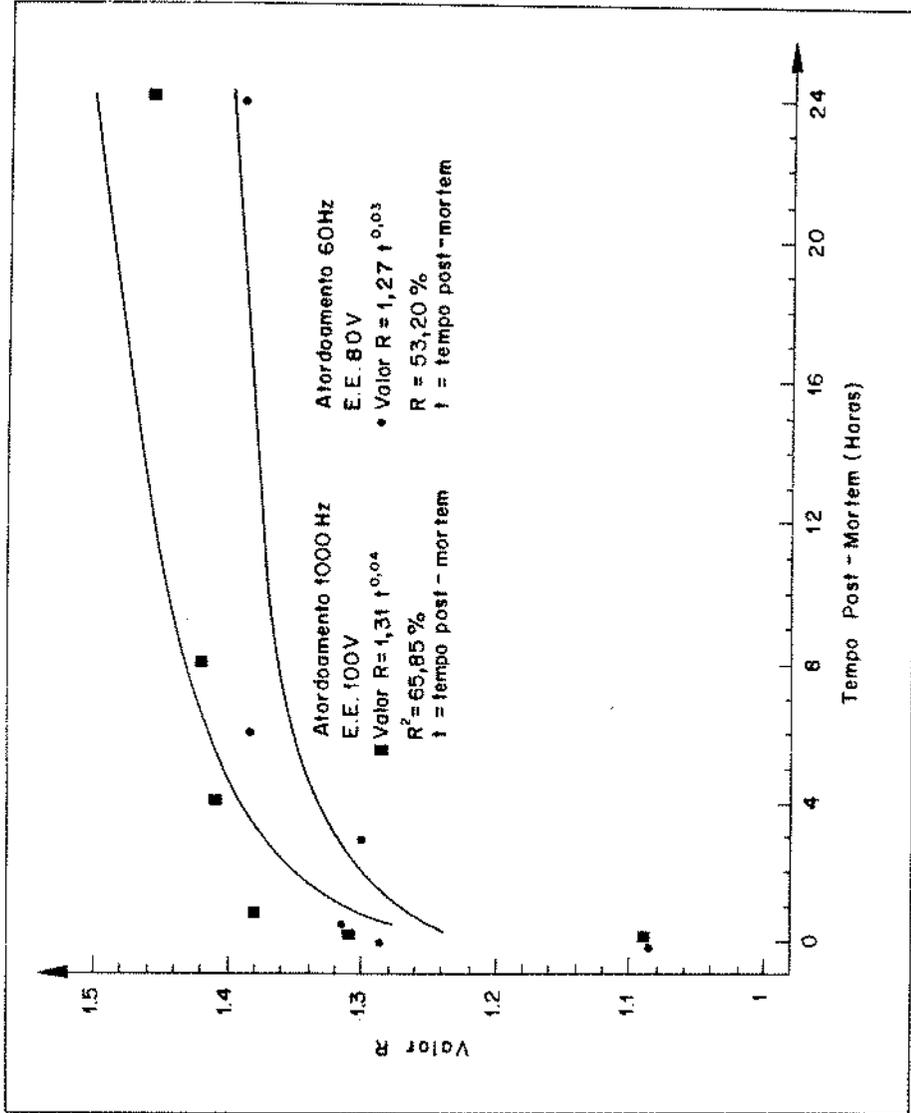
nos níveis de maciez atribuído a altas voltagens (820V). Estes autores concluíram que a maciez pode ser resultado do rompimento físico das miofibrilas e aumento no comprimento do sarcômero, observado no tecido muscular estimulado.

O valor R para os tratamentos 60Hz/DQ/EE 80V e 1000Hz/DQ/EE a 100V também segue uma relação similar e inversa ao pH, onde o valor segue a equação  $R = a t^b$  (Figura 30). A correlação com a queda de pH foi muito melhor que com aumento do valor R. Os coeficientes de determinação para valor R foram muito menores do que os de pH. O aumento do valor R e a conseqüente diminuição de ATP no músculo seguiram comportamento covariante em relação à queda do pH.

#### 5.3.3.3. Glicogênio

No Quadro 31 são apresentadas as concentrações de glicogênio no *Pectoralis major* nos vários estágios de abate e as curvas de queda na Figura 31. Constata-se que a estimulação elétrica aumenta a quebra do glicogênio durante os diferentes estágios de abate, confrontando-se os resultados do Quadro 31 com os do Quadro 15. No Quadro 15 já tinha sido observado que o atordoamento inibe a quebra do glicogênio, durante os diferentes estágios iniciais de abate, como acontece após a sangria, quando se apresenta o valor ao redor de 7,0mg/g; e, depois da etapa de depenagem, apresentando valores de 4,5mg/g.

Observou-se no tratamento 60Hz/DC/EE a 45V (6,14mg/g) uma diferença menor (0,72) que no mesmo tratamento sem EE (6,86mg/g) apresentada no Quadro 14, para o estágio inicial após a sangria. Verifica-se pelos demais resultados que a EE a voltagens maiores (100V) resulta em menor conteúdo de glicogênio desde o início do abate até aproximadamente 1h após o abate (Quadro 31). Após 4h do abate, para ambos tipos de desossa, praticamente todo o glicogênio foi esgotado a uma concentração menor que 2mg, para todos os tratamentos (Quadro 31).



EE = estimulação elétrica

FIGURA 30. Ajuste de regressão entre as curvas de valor R do músculo do peito de aves atordoadas, estimuladas e desossadas a quente e tempo *post-mortem*.

Não encontraram-se na literatura valores de concentração de glicogênio na carne de aves, após tratamento com estimulação elétrica.

QUADRO 31. Valores médios de glicogênio do músculo *Pectoralis major*, em relação às condições de atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa

Estágio de abate	Concentração de glicogênio (mg/g)			
	Desossa a quente		Desossa convencional	
	1	2	3	4
Após sangria (8min)	5,37 <sup>a</sup>	3,78 <sup>a</sup>	6,14 <sup>a</sup>	3,78 <sup>a</sup>
Após depenagem (10min)	3,90 <sup>a</sup>	2,93 <sup>b</sup>	2,61 <sup>b</sup>	2,93 <sup>b</sup>
Após resfriamento (Q 50min; C 70min)	2,82 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	2,11 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>
4h <i>post-mortem</i>	1,52 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,98 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>
8h <i>post-mortem</i>	0,37 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
24h <i>post-mortem</i>	-	-	-	-

N = Média de 2 músculos de peito/para cada estágio de abate com replicação

Q= desossa a quente; C = desossa convencional

- = não detectado

a,b Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 80V

2 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

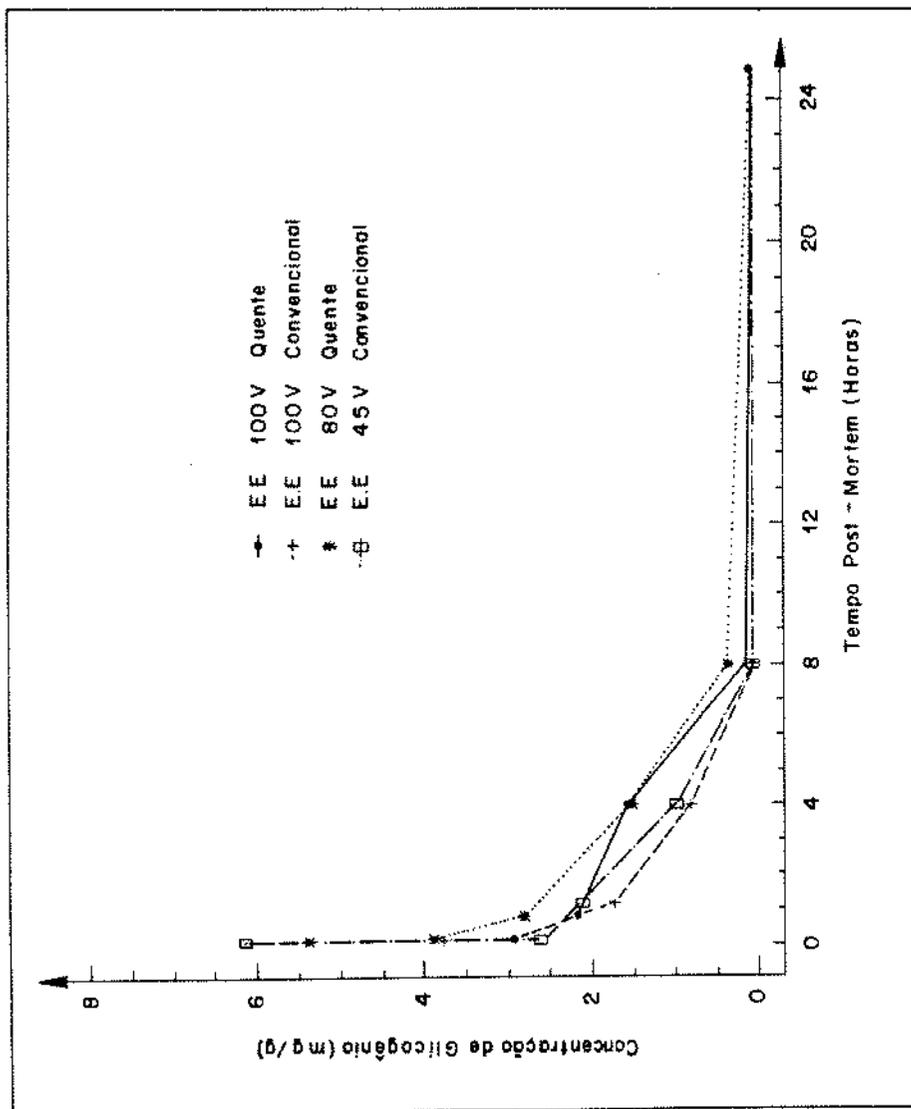
3 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 45V

4 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

#### 5.3.3.4. Ácido láctico

No Quadro 32 estão apresentados os resultados do conteúdo de ácido láctico no músculo de peito nos vários estágios de abate.



EE = estimulação elétrica

FIGURA 31. Valores médios da concentração de glicogênio de músculo do peito em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa.

O conteúdo de lactato foi grande no músculo do peito de frango, o que foi relacionado com a concentração de glicogênio maior, associado com fibras musculares brancas (SAMS & JANKY, 1991 e SMITH *et. al.*, 1992a).

QUADRO 32. Valores médios de ácido láctico do músculo *Pectoralis major*, em relação às condições do atordoamento elétrico, da estimulação elétrica e do tipo de desossa

Estágio de abate	Concentração de ácido láctico ( $\mu\text{mol/g}$ )			
	desossa a quente		desossa convencional	
	1	2	3	4
Após sangria (8min)	43,2 <sup>a</sup>	50,7 <sup>a</sup>	25,4 <sup>b</sup>	50,7 <sup>a</sup>
Após depenagem (10min)	47,3 <sup>a</sup>	58,6 <sup>a</sup>	39,8 <sup>b</sup>	58,6 <sup>a</sup>
Após resfriamento (Q 50min, C 70min)	41,0 <sup>b</sup>	44,1 <sup>a</sup>	49,5 <sup>a</sup>	54,4 <sup>a</sup>
4h <i>post-mortem</i>	51,4 <sup>a</sup>	51,0 <sup>a</sup>	52,2 <sup>b</sup>	59,9 <sup>a</sup>
8h <i>post-mortem</i>	55,4 <sup>a</sup>	54,3 <sup>a</sup>	54,9 <sup>b</sup>	60,1 <sup>a</sup>
24h <i>post-mortem</i>	45,6 <sup>a</sup>	48,9 <sup>a</sup>	42,2 <sup>a</sup>	43,6 <sup>a</sup>

N = Média de 2 músculos de peito/para cada estágio de abate com replicação

ab Médias com expoentes diferentes são significativamente diferentes na mesma linha e mesmo tipo de desossa

1 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 80V

2 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

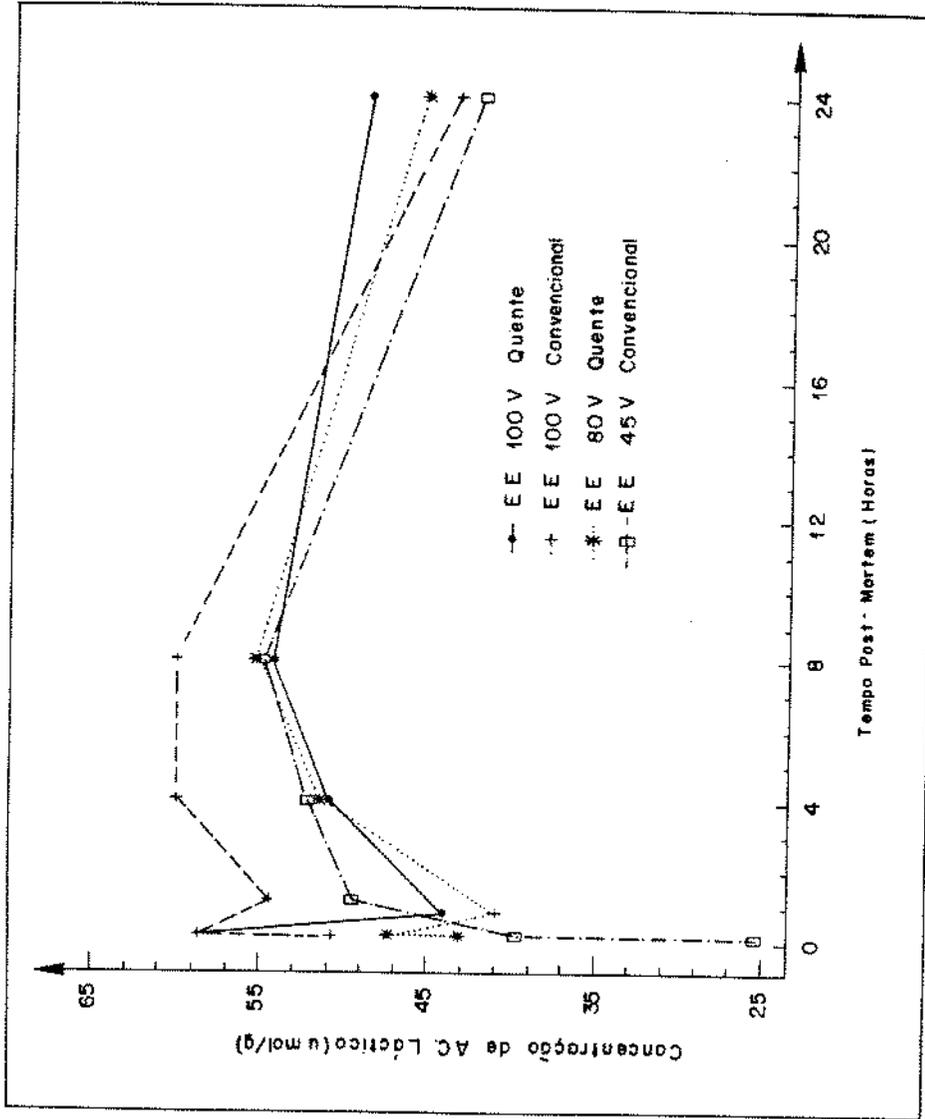
3 Atordoamento 60Hz, 40V; E. E. 45V

4 Atordoamento 1000Hz, 40V; E. E. 100V

Q= desossa a quente; C = desossa convencional

Teste de Scheffé ( $\alpha = 0,05$ )

Neste estudo, foram obtidos teores de ácido láctico no músculo do peito após sangria, com A1000Hz/EE a 100V (Figura 32), com valores iguais de 50,7 $\mu$ mol/g, para ambos os tipos de desossa; e no peito com A60Hz/DQ/EE a 80V o valor de 43,2 $\mu$ mol/g. Estes resultados foram maiores que em peito de aves atordoadas, desossadas em condição de "pre-rigor", 15min após o abate, obtidos por SMITH *et al.* (1992), que relataram valores de 27,6 $\mu$ mol/g. Em todos os tratamentos observou-se uma queda na concentração de ácido láctico entre 8 e 24h; este comportamento também foi observado por LEE *et al.* (1979) que não apresentaram nenhuma explicação para o fato. Entretanto, SMITH *et al.* (1992a) mostraram resultados para 24h *post-mortem* com valor de 53,5 $\mu$ mol/g.



EE = estimulação elétrica

FIGURA 32. Valores médios da concentração de ácido láctico do músculo do peito em relação às condições de atordoamento, da estimulação elétrica e do tipo de desossa.

## 6. CONCLUSÕES

O presente trabalho permite as seguintes conclusões:

1. A eficiência da sangria é melhor nas aves atordoadas a 40V com frequências de 60Hz, 350Hz e 1000Hz.
2. As lesões na qualidade da carcaça e porcentagem de ossos quebrados na região peitoral são menores para aves atordoadas a 1000Hz, 40V e 60Hz, 20V.
3. As forças necessárias para a liberação das penas de frango são menores para os tratamentos de atordoamento a 60Hz na faixa de 20V - 80V, e para 200Hz a 40V.
4. Os músculos de aves atordoadas a 1000Hz e 40V requerem menores forças para serem cisalhados, quando comparados com o processo sem atordoamento. As forças de cisalhamento também são menores para aves desossadas convencionalmente.
5. A cor do músculo de peito é mais clara (maior valor  $L^*$ ) e menor teor de vermelho (menor valor de  $a^*$ ) nos tratamentos em que as aves foram atordoadas a 60Hz e 1000Hz combinados com a desossa a quente.
6. O CRA do músculo do peito é maior para os tratamentos em que as aves foram desossadas convencionalmente e o teor de proteína é maior para os desossados a quente independente do tipo de atordoamento.
7. O processo de atordoamento elétrico retarda o fenômeno do rigor mortis cuja resolução ocorre 4h post-mortem.
8. O atordoamento a 1000Hz apresenta efeito de amaciamento na carne de peito, mas não em grau elevado o suficiente para substituir a estimulação elétrica.

9. Os músculos estimulados eletricamente por 30s apresentam menor força de cisalhamento quando comparados com aqueles estimulados por 45s.

10. A estimulação elétrica a baixas voltagens influisignificativamente no amaciamento da carne de peito, tanto nas aves desossadas a quente como naquelas desossadas convencionalmente.

11. A estimulação elétrica permite a obtenção de carne desossada a quente tão macia como carne de peito não estimulada desossada convencionalmente.

12. Os tratamentos sem estimulação elétrica exercem influência na luminosidade (maior valor de  $L^*$ ), enquanto os tratamentos com estimulação elétrica influenciam no teor de vermelho (maior valor de  $a^*$ ).

13. O resfriamento apresenta efeito na luminosidade (maior valor de  $L^*$ ) e menor teor de vermelho (valor  $a^*$ ).

14. O processo de estimulação elétrica aumenta a velocidade da glicólise anaeróbia em carcaças de frango, e reduz o tempo de resolução do *rigor mortis*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACTON J.C. & SAFFLE, R.L. Preblended and prerigor meat in sausage emulsions. *Food Technol.* 23:367-371, 1969.
- ANG, C. & HAMM, D. Comparison of commercial processing method vs. hot-deboning of fresh broilers on nutrient content of breast. *J. Food Sci.* 48:1543-1544, 1983.
- ASGHAR, A. & PEARSON, A.M. Influence of ante and post mortem treatments upon muscle composition and meat quality. *Adv. Food. Res.* 26:53-213, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPORTADORES DE FRANGOS. Dados fornecidos pela ABEF 1995, via fax.
- A.S.H.R.A.E. Guide and data book applications. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. Cap. 28:311-322, 1971.
- BENDALL, J.R. The electrical stimulation of carcasses of meat animals. In: *Developments in meat science*, Vol. I. LAWRIE, Ed., Applied Science Publishers Ltd., London 37-60, 1980.
- BENDALL, J. R. The biochemistry of rigor mortis and cold-contraction. In: *Proceedings of the XIXth European Meeting of Meat Research Workers*, 1-27, 1973a.
- BENDALL, J. R. Post mortem changes in muscle. In: *The structure and function of muscle*. Vol. 2, New York, Academic Press, 1973b.
- BENDALL, J.R. & RHODES, D.N. Electrical stimulation of the beef carcass and its practical application. In: *Proceedings of 22<sup>o</sup> European Meeting Meat Research Work.* 1:B2, 1-4, 1976.
- BERAQUET, N. Operações e controles em abatedouros de aves. *Rev. Nacional da Carne* N<sup>o</sup>162:19-24, 1990.

- BILGILI, S.F.; EGBERT, W.R. & HUFFMAN, D.L. Research note: effect of post mortem aging temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *Pectoralis major*. *Poultry Sci.* **68**:1588-1591, 1989.
- BIRKHOLO, S.G. & SAMS, A.R. Comparative ultrastructure of *Pectoralis major* fibers early-harvested from broiler treated with high voltage electrical stimulation and muscle tensioning. *Poultry Sci.* **70**:14, 1991.
- BIRKHOLO, S.G. & SAMS, A.R. Fragmentation, tenderness, and post mortem metabolism of early-harvested broiler breast fillets from carcasses treated with electrical stimulation and muscle tensioning. *Poultry Sci.* **69**:19, 1990.
- BIRKHOLO, S.G. & JANKY, D.M. The effects of high voltage post mortem electrical stimulation and muscle tensioning on tenderness and post mortem metabolism of early-harvested broiler fillets. *Poultry Sci.* **68** (Suppl. 1):13, 1989.
- BRUCE, H.L. & BALL, R.O. Postmortem interactions of muscle temperature pH and extension on beef quality. *J. Anim. Sci.* **68**:4167-4175, 1990.
- CALKINS, C.R.; DUTSON, T.R.; SMITH G.C. & CARPENTER, Z.L. Concentration of creatine phosphate, adenine nucleotides and their derivatives in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. *J. Food Sci.* **47**:1350-1353, 1982.
- CARSE, W.A. Meat quality and the acceleration of postmortem glycolysis by electrical stimulation. *J. Food Technology* **8**:163-166, 1973.
- CLATFELTER, K. & WEBB, J.A. Method of eliminating aging step in poultry processing. United States. Patent 4,675,947, 1987.

- CORNFORTH, D.P. & EGBERT, W.R. Effect of rotenone and pH on the color of prerigor muscle. *J. Food Sci.* 50:34-35, 44, 1985.
- DAVEY, C.L.; GILBERT, K.V. & CARSE, W.A. Carcass electrical stimulation to prevent cold shortening toughness in beef. *N.Z.J. Agric.Res.* 19:13-18, 1976.
- DAVIDEK, J. & VELISEK, J. *Fleischwirtschaft* 53:1285, 1973.
- DAWSON, P.L.; JANKY, D.M.; DUKES, M.G.; THOMPSON, L.D. & WOODWARD, S.A. Effect of post-mortem boning time during stimulated commercial processing on the tenderness of broiler breast meat. *Poultry Sci.* 66:1331, 1987.
- DEMEYER, D. Currents problems of meat processing lines. II New trends in meat processing lines: Electrical stimulation and boning of beef. *Annales de Gembloux* 89:143-156, 1983
- DICKENS, J.A. & SHACKELFORD, A.D. Feather-releasing forces related to stunning of chickens, and its effect on the quality of the meat. *Fleischwirtschaft* 68:1416-1420, 1988.
- DRANSFIELD, E.; DOWN, A; TAYLOR, A. & LOCKER, P. Influence of electrical stimulation and slow chilling on the texture of turkey breast muscle. In: *Proc. Eur. Meeting of Meat Res. Workers N°30*, 4:10, 180. In: *Food Sci. Technol. Abstr.* 17:8S138, 1984.
- DUTSON, T.R.; SMITH, G.C. & CARPENTER, Z.L. Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. *Journal of Food Sci.* 45:1097-1112, 1980.
- EIKELENBOOM, G.; SMULDERS, F. & RUDERUS, S. The effect of high and low voltage electrical stimulation on beef quality. *Meat Sci.* 15:247-254, 1985.

- ERDÉSZ, S.H.; ERDÉSZ, S. & JANKÓNE, F.J. Functional properties of poultry meat, possibilities for measuring water-binding capacity. In: *Quality of Poultry Products. I. Poultry meat*. Eds. Uijttenboogaart, T.G. & Veerkamp, C. Spelderholt Jubilee Symposia Doorwerth, 1991.
- FAUSTMAN, C. & CASSENS, R.G. The biochemical basis for decoloration in fresh meat: a review. *J. of Muscle Foods* 1:217, 1990.
- FENNEMA, O.R. Comparative water holding properties of various muscle food. *J. of Muscle Foods* 1:363-381, 1990.
- FLEMING, B.; FRONING, G.W.; BECK, M.M. & SOSNICKI, A.A. The effect of carbon dioxide as a preslaughter stunning method for turkeys. *Poultry Science* 70:2201-2206, 1991.
- FLETCHER, D.L. Ante mortem factors related to meat quality. In: *Quality of Poultry Products. I. Poultry meat*. Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services. The Netherlands. 1991.
- FRONING, G.W.; BABJI, A.S. & MATHER, F.B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poultry Sci.* 57:630-633, 1978.
- FRONING, G.W.; NEELAKANTAN, S. Emulsifying characteristics of pre-rigor and postrigor poultry muscle. *Poultry Sci.* 50:839-845, 1971.
- FRONING, G.W. & UIJTENBOOGAART, T.G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking loses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Sci.* 67:1536-1544, 1988.

- FRONING, W.G. Electrical stimulation may allow hot boning. *Broiler Industry* :24-26, 1988.
- FRONING, G.W. Methods for measuring functional properties of poultry meat. In: *Quality of Poultry Products I. Poultry meat*. Eds. Uijttenboogaart, T.G. & Veerkamp, C. Spelderholt Jubilee Symposin Doorwerth. 1991.
- GAWEHN, K. & BERGMAYER, H. Lactate. In: *Methods of enzymatic analysis*. 2<sup>o</sup> ed., Vol. 3, p. 1492. Academic Press, New York, 1974.
- GRAU, R. & HAMM, R. Bruehwurstqualitaet und Bestimmung der Wasserbindung in Fleisch. *Fleischwirtschaft* 34:36-39, 1954.
- GREGORY, N.G. Stunning and slaughter. In: *Processing of Poultry*. Ed. G.C. Mead Elsevier Applied Science, London, p. 31-63, 1989.
- GREGORY, N.G.; AUSTIN, S.D. & WILKINS, L.J. The relationship between wing flapping at shackling and red wintips in chicken carcasses. *Veterinary Record* 124:62, 1989.
- GREGORY, N.G. & BELL, J.C. Wing flapping in chickens prior to slaughter. *Veterinary Record* 121:567-569, 1987.
- GREGORY, N.G. & WILKINS, L.J. & WOTTON, S.B. Effect of electrical stunning frequency on ventricular fibrillation, downgrading and broken bones in broilers, hens and quails. *Br. Vet. J.* 147:71-77, 1991.
- GREGORY, N.G. & WILKINS, L.J. The role of electric stunning, bleeding and plucking efficiency on the downgrading of chicken carcasses. *The Veterinary Record* 29:331-333, 1990a.
- GREGORY, N.G. & WILKINS, L.J. Broken bones in chickens: effect of of stunning and processing in broilers. *British Poultry Sci.* 31:53-58, 1990b.

- GREGORY, N.G. & WILKINS, L.J. Effect of the stunning current on carcass quality in chickens. *The Veterinary Record* 124:530-532, 1989a.
- GREGORY, N.G. & WILKINS, L.J. Effect of ventricular fibrillation at stunning and ineffective bleeding on carcass quality defects in broiler chickens. *British Poultry Sci.* 30:825-829, 1989b.
- GREGORY, N.G.; WILKINS, L.J.; ELEPERUMA, S.D.; BALLANTYNE, A.J. & OVERFIELD, N.D. Broken bones in domestic fowls: Effect of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. *British Poultry Sci.* 31:59-69, 1990.
- GREGORY, N.G. & WOTTON, S.B. Effect of 350 Hz D.C. stunning current on evoked responses in the chicken's brain. *Research in Veterinary Science* 50:250-251, 1991.
- GREGORY, N.G. & WOTTON, S.B. Effective stun for best bleed. *Broiler Industry.* 36-37, 1987a.
- GREGORY, N.G. & WOTTON, S.B. Effect of electrical stunning on the electroencephalogram in chickens. *Br. Vet. J.:*143-183, 1987b.
- GREY, T.C.; GRIFFITHS, N.M.; JONES, J.M. & ROBINSON, D. The effect of chilling procedures and storage temperatures on the quality of chicken carcasses. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 15:362-365, 1982.
- GREY, T.C. & JONES, J.M. The influence of factory processing on the development of rigor in the breast muscle of broilers. *British Poultry Sci.* 18:671-674, 1977.
- GRIFFIS, C.L.; SIEBENMORGEN, T.J.; WALKER, J.T.; DAKE, V.; WEBB, J.E. & WOLFW, R.E. Effects of electrical stimulation with precisely controlled square wave voltages on texture of broiler pectoralis muscle. *Arkansas Form Res.* 40:5, 1991.

- GRIFFIS, C.L.; SIEBENMORGEN, T.J.; WALKER, J.T.; LI, Y. & SLAVIK, M.F. Effects of electrical stimulation on poultry meat tenderness and microorganism contamination. ASAE Paper N° 906044, American Society of Agricultural Engineers, 1, 1990.
- HAMM, D. A new look at broiler meat harvesting. *Broiler Industry*, 1982.
- HAMM, R. Postmortem changes in muscle with rigor to processing of hot-boned beef. *Food Technol.* 36:105-115, 1982.
- HAMM, R.; HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.; HAMID, A. Modificaciones en la carne vacuna luego de la faena y sus consecuencias sobre la capacidad de retención de agua. *Fleischwirtschaft esp.* 1:42-48, 1983.
- HAMM, R. & THOMSON, J.E. Adapting hot stripping techniques to existing poultry processing facilities. *Poultry Sci.* 62:1349, 1983.
- HARRIS, P.V. & SHORTHORSE, W.R. Meat texture. In: *Development in meat science*. Vol.I, LAWRIE. Ed. Applied Science Publishers Ltd., London 245-296, 1988.
- HILL & DURAN. *Intensive Care Instrumentation*. Ed. Academic Press, Press. London, 1982.
- HODGKIN, A.L. *The conduction of the nervous impulse*. Liverpool University Press, Liverpool, 1965.
- HOFFMANN, K.; HAMM, R. & BLUECHEL, E. Neues ueber die Bestimmung der Wasserbindung mit Hilfe der Filterpapierpreßmethode. *Fleischwirtschaft* 62:87-94, 1982.
- HONIKEL, O.K. & FISCHER, C.A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. *J. Food Sci.* 42:1633-1636, 1977.

- HONIKEL, K.O. & HAMM, R. Enfriado, congelado y descongelado. Aspectos coloidoquímicos de la calidad de la carne. *Fleischwirtschaft*, esp. 1:46-53, 1985.
- HONIKEL, K.O.; FISCHER, C. & HAMM, R. Influencia de la temperatura de almacenamiento de los músculos vacunos recién faenados sobre la capacidad de retención de productos cárnicos. *Fleischwirtschaft*, esp. 2:43-50, 1983.
- HONIKEL, K.O. & HAMM, R. Ueber die Ursachen der Abnahme des pH-Wertes im Fleisch nach den Schlachten. *Fleischwirtschaft* 54:557-560, 1974.
- HORWITZ, W. ed. Official methods of analysis of the Association of Association of Official Analytical Chemists. 13ed. Washington, D.C., A.O.A.C. 1980, 1018p.
- JANKY, D.M. & BIRKHOOD, S.G. Tenderness and physical characteristics of early -harvested turkey breast tissue following various durations of high voltage post mortem electrical stimulation. *Poultry Sci.* 68:72, 1989.
- JENSON, J.H.; JUL, M. & ZINCK, O. Electrical stimulation of chickens. Pg. 124. In:Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Congress of Food Science and Technology, Kyoto, Japan, 1979.
- JONES, J.M. & GREY, T.C. Influence of processing on product quality and yield. In:Processing of Poultry. Ed. G.C. Mead, p. 127-130, 1989.
- JUDGE, M.; ABERLE, E.; FORREST, J.; HEDRICK, H. & MERKEL, R. Conversion of muscle to meat and development of meat quality. In:Principles of meat science, p. 97-122. Ed. Kendall/Hurt Publishing Company. USA, 1989.
- KATZ, B. Nerve, muscle and synapse. Mc Graw Hill Book Co., New York, 1967.

- KAUFMAN, R.G. ; EIKELENBOOM, G. ; VAN DER WAL, P.G. ; MERKUS, G. & ZAAR, M. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science* 18:191-200, 1986.
- KETTLEWELL, J. & HALLWORTH, R.N. Electrical stunning of chickens. *J. Agric. Eng. Res.* 47:139-151, 1990.
- KHAN, A.W. & FREY, A.R. A simple method for following rigor mortis development in beef and poultry meat. *J. Can. Inst. Food Technol.* 4:139-142, 1971.
- KHAN, A.W. & NAKAMURA, R. Effects of pre- and postmortem glycolysis on poultry tenderness. *Journal of Food Science* 35:266-267, 1970.
- KIJOWSKI, J. ; NIEWIAROWICZ, A. & KUJAWSKA-BIERNAT B. Biochemical Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. *J. Fd. Technol.* 17:553-560, 1982.
- KIM, J. M. ; FLETCHER, D.L. & CAMPION, D.T. Effect of electrical stunning and hot boning on broiler breast meat characteristics. *Poultry Sci.* 67:674-676, 1988.
- KLOSE, A. A. ; SAYRE, R. N. ; DE FREMERY, D. & POOL, M. F. Effect of hot cutting and related factors in commercial broilers processing on tenderness. *Poultry Sci.* 51:634-638, 1972.
- KOTULA, A.W. & HELBACKA, N.V. Blood volume of live chickens and influence of slaughter technique on blood loss. *Poultry Sci.* 45: 684-688, 1966.
- KUENZEL, W. & INGLING, A. A comparison of plate and brine stunners, A.C. and D.C. circuits for maximizing bleed-out in processed poultry. *Poultry Sci.* 56: 2087-2090, 1977.

- LAWRIE, R.A. Meat Science. Ed. Pergamon Press, New York, 380p., 1985.
- LEE, B.Y.; HARGUS, L.G.; WEBB, E.J.; RICKANSRUD, A.D. & HAGBERG, C.E. Effect of electrical stunning on *post mortem* biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. *J. Food Sci.* **44**:1121-1122, 1979.
- LEE-TENG, E. & GIAQUINTO, S. Electroencephalograms following threshold transcranial electroshock for retrograde amnesia in chickens. *Experimental Neurology* **23**:485-490, 1969.
- LI, Y.; SIEBENMORGEN, T. & GRIFFIS, C. Electrical stimulation in poultry: A review and evaluation. *Poultry Sci.* **72**:7-22, 1993.
- LOCKER, D.K. & DRANSFIELD, E. Poultry texture: Effects of electrical stimulation, chilling, maturation and further aging. Pg. 95-99. In: *Proceedings of the symposium: Recent Advances and Developments in the Refrigeration of Meat by Chilling.* Bristol, England, 1986.
- LOCKER, D.K. & HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agricultural* **14**:787-793, 1963.
- LUNDBERG, P.; VOGEL, H.J., FABIANSSON, S. & RUDERUS, H. Post mortem metabolism in fresh porcine, ovine and frozen bovine muscle. *Meat Sci.* **19**:1-14, 1987.
- LYON, C.E.; HAMM, D.E. & THOMSON, J.E. pH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. *Poultry Sci.* **64**:307-310, 1985.
- LYON, C.E.; DAVIS, C.E.; DICKENS, J.A. & PAPA, C.M. Effects of electrical stimulation on the post mortem biochemical changes and texture of broiler *Pectoralis* muscle. *Poultry Sci.* **68**:249-257, 1989.

- MAKI, A. & FRONING, W.G. Effect of post mortem electrical stimulation on quality of turkey meat. *Poultry Sci.* **66**:1155-1157, 1987.
- MARSH, B.B.; LOCHNER, J.V.; TAKAHASHI, G.; KRASNESS, D.D. Effects of early post mortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Sci.* **5**:479-483, 1981.
- MAST, M.G. & GERRITS, A.R. Methodology for the evaluation of selected functional properties of poultry meat. Spelderholt Inst. for Poultry Research, 1981.
- MAY, K.N. Skin contamination on broilers during commercial evisceration. *Poultry Sci.* **10**:531, 1961.
- MEAD, G.C. & THOMAS, N.L. Factors affecting the use of chlorine in the spin-chilling of eviscerated poultry. *British Poultry Sci.* **14**:99-117, 1973.
- MOHAN RAJ, A.B. & GREGORY, N. Carcass and meat quality of gas stunned broilers. In: *Quality of Poultry Products. I. Poultry meat* Ed. Uijttenboogaart & Veerkamp. Spelderholt Jubilee Symposia Doorworth, p.59-68, 1991.
- MOHAJ RAJ, A.B.; GREY, T.C.; AUDESELY, A.R.; GREGORY, N.G. Effect of electrical and gaseous stunning on the carcass and meat quality broilers. *British Poultry Science* **31**:725-733, 1990.
- MOORE, D.K. & MELTON, C.C.; LOVEDAY, H.D. & SHIRLEY, H.V. Effect of electrical stimulation on tenderness of chicken processed by the chill-pack method. *J. Anim. Sci.* **65** (Suppl. 1):291, 1987.
- MORTON, H.C. & NEWBOLD, R.P. Pathways of high and low voltage electrical stimulation in sheep carcass. *Meat Science* **7**:285-287, 1982.

- MURPHY, B.; HASIAK, R. & SEBRANEK, J. Effect of antemortem stunning on functional properties of turkey muscle. *Poultry Sci.* 67:1062-1068, 1987.
- NAWELL, G.W. & SHAFFNER, C.S. Blood loss by chickens during killing. *Poultry Sci.* 29:271-275, 1950.
- NGOKA, A.A.; FRONING, G.W.; LOWRY, S.R.; BABJI, A.S. Effects of sex, age, preslaughter factors, and holding conditions on the quality characteristics and chemical composition of turkey breast muscles. *Poultry Sci.* 67:635-640, 1982.
- NORMAS GERAIS DE INSPEÇÃO DE CARNE DE AVES II. SIF, 1988.
- OBANU, Z.A.; OBLOHA, F.C.; NWOSU, C.C. & NWOFOR, W.E. Evaluation of the organoleptic and chemical characteristics of meat from chickens. *World Review of Animal Production* 20:53-58, 1984.
- ORCUTT, M.W., DUTSON, T.R., BURNS, E.E. & SMITH, G.C. Alterations of fresh beef color resulting from electrical stimulation. In: *Proceedings 73<sup>rd</sup> Annu. Meet. Am. Soc. Anim. Sci.* Raleigh, NC.
- PAPA, C.M. & FLETCHER, D.L. *Pectoralis* muscle shortening and rigor development at different locations within the broiler breast. *Poultry Sci.* 67: 635-640, 1988.
- PARDI, P.M.; DOS SANTOS, I.F.; DE SOUZA R.E. & SILVA P.H. *Ciência, Higiêne e Tecnologia da Carne*. V.1. Ed. UFG, Goiânia, 1993.
- PARRY, R.T. Technological developments in pre-slaughter handling and processing. In: *Processing of Poultry*. Ed. Elsevier Applied Science. p. 65-101, 1989.
- PEARSON, A.M. & DUTSON, T.R. *Advances in Meat Research, Vol. 1: Electrical stimulation*. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT. 1985.

- PENNY, I.F. Enzimologia de la maduración. In: Avances de la ciencia de la carne. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 1984. p. 148-181, 1984.
- POOL, M.; de FREMERY, D.; CAMPBELL, A. & KLOSE, A. Poultry tenderness. II. Influence of processing on tenderness of chicken. Food Technol. 13:25-29, 1959.
- POTSUBUG, J. & DUDUK, V. Determination of blood volume with T-1824 and degree of exsanguination in growing chickens. Acta Veterinaria Academiae Scientiarum Hungaricae, 16:373-382, 1966.
- RASHID, N.H. Evaluation of electrical stimulation parameters with particular reference to biochemical and quality characteristics of meat from lamb. Dissertation Abstracts International B44(7), 2104, order N° DA 8325839, 83p., 1984.
- REGENSTEIN, J.M. & RANK STAMM, J. The effect of sodium polyphosphates and of divalent cations on the water holding capacity of pre and post-rigor chicken breast muscle. J. Food Biochemistry 3:213-221, 1979.
- RICHARDS, S.A. & SYKES, A.H. Observations on the electrical stunning and slaughter of poultry. Veterinary Record 76:835-839, 1964.
- SAMS, A.R. & JANKY, D.M. Characterization of rigor mortis development in four broiler muscles. Poultry Sci. 70:1003-1009, 1991.
- SAMS, A.R. Electrical stimulation and high temperature conditioning of broiler carcasses. Poultry Sci. 69:1781-1786, 1990.
- SAMS, A.R.; JANKY, D.M. & WODDWARD, S.A. Tenderness and R-value changes in early harvested broiler breast tissue following post-mortem electrical stimulation. Poultry Sci. 68:1232-1235,

1989.

SAMS, A.R. & JANKY, D.M. The influence of brine chilling on tenderness of hot-boned, chill-boned, and age boned broiler breast fillets. *Poultry Sci.* 65:1316-1321, 1986.

SAS. Institute Inc. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, N.C. 1990.

SAVELL, T.N.; DUTSON, T.R.; SMITH, G.C. & CARPENTER, Z.L. Structural changes in electrical stimulated beef muscle. *J. Food Sci.* 43:1606-1607, 1609, 1978.

SCHNEIDER, S.I. Processamento industrial de aves e seus subprodutos. Ed. Brasileira e Agricultura S.A. Pag:27-29, 1977.

SCHUTT-ABRAHAM, I.; WORMUTH, H.J. & FESSEL, T. Electrical stunning of poultry in view of animal welfare and meat production. In: *Stunning of Animals for Slaughter*. Ed. G. Eiklenboom, Boston, USA. p. 187-196, 1983.

SHANBHAG, S.; STEINBERG, M.P. & NELSON, A.I. Bound water defined and determined at constant temperature by wide-line NMR. *J. of Food Sci.* 35:612-615, 1970.

SIMPSON, M.D. & GOODWIN, T.L. Tenderness of broilers as affected by processing plants and seasons of the year. *Poultry Sci.* 54:275-279, 1975.

SIMPSON, M.D. & GOODWIN, T.L. Comparison between shear values and taste panel scores for predicting tenderness of broilers. *Poultry Sci.* 53:2042-2046, 1974.

SIU, Lo; RUSELL, J.C. & TAYLOR, A.W. Determination of glycogen in small tissue samples. *J. Applied Physiology* 28:234-236, 1970.

- SMITH, D.; FLETCHER, D. & PAPA, C. Post mortem biochemistry of of pekin duckling and broiler chicken *Pectoralis* muscle. *Poultry Sci.* 71:1768-1772, 1992a.
- SMITH, D.; FLETCHER, D. & PAPA, C. Duckling and chicken processing processing yields and breast meat tenderness. *Poultry Sci.* 71:197-202, 1992b.
- STEWART, M.R. & FLETCHER, D.L. The influence of hot boning broiler breast muscle on pH decline and toughening. *Poultry Sci.* 63:1935-1939, 1984.
- STEWART, M.K.; FLETCHER, D.L.; HAMM, D. & THOMSON, J.E. The effect of hot boning broiler breast meat muscle on post mortem pH decline. *Poultry Sci.* 63:2181-2186, 1984.
- SURKIEWICZ, B.F.; JOHNSTON, R.W.; MORAN, A.B. & KRUMM, G.W. A bacteriological survey of chicken eviscerating plants. *Food Technol.* 23:1066, 1969.
- SWEET, M. How the deep chill-method of packaging broilers works. *Poultry International* 9:38-42, 1970.
- THOMPSON, L.D.; JANKY, D.M. & WOODWARD, S.A. Tenderness and physical characteristics of broiler breast fillets harvested at at various times from post mortem electrically stimulated carcasses. *Poultry Sci.* 66:1158-1167, 1987.
- THOMPSON, C.E.; HAMM, D.; RUSSELL, R.; STEWART, M.K.; DICKEN, J.A.; FLETCHER, D.L. & SHACKELFORD, A.D. Effect of stunning and reduced processing of broilers on meat quality. 1986.
- THOMSON, J.E.; WHITEHEAD, W.K. & MERCURI, A.J. Chilling poultry meat, a literature review. *Poultry Sci.* 53:1268-1281, 1974.
- TORRY RESEARCH STATION. Recommended analytical methods for fish and fish products. Aberdeen, 1973 (TD 123).

- UIJTENBOOGAART, T.G. Post mortem processing factor and poultry meat quality. In: *Quality of Poultry Products. I. Poultry meat.* Spelderholt Jubilee Symposia Doorwerth, 1991.
- UIJTENBOOGAART, T.G. & REIMERT, H.G. Effects of the method of chilling, electrical stimulation and boning time on quality characteristics of chicken broiler breast meat. 40th ICoMST, Holanda, 1994.
- VAN HOOFF, J. Influence of ante- and peri-mortem factors on biochemical and physical characteristics of turkey breast muscle *Veterinary Quarterly* 1:29-36, 1979.
- VEERKAMP, C.H. Chilling, freezing and thawing. In: *Processing and Poultry.* Ed. Elsevier Applied Science. p. 103-125, 1989.
- VEERKAMP, C.H. Stunning and killing broilers. In: *Proceedings of the 8<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Meat Quality*, Budapest, p. 121-126, 1987.
- VEERKAMP, C.H. & DE VRIES, A.W. Influence of electrical stunning on quality aspects of broilers. In: *Stunning of Animals for Slaughter.* Ed. G.Eikelenboom. Martinus Nijhoff, Boston, USA, p.197-207, 1983.
- VERNARDAKIS, A. & BURKHALTER, A. Convulsive responses in developing chickens. In: *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 119:512-514, 1965.
- WAKEFIELD, D.K.; DRANSFIELD, E.; DOWN, N.F. & TAYLOR A.A. Influence of post mortem treatment on turkey and chicken meat texture. *Int. J. Food Sci. Technol.* 24:81-92, 1989.
- WALKER, L.T., BIRKHOOD, S.G. & SAMS, A.R. Textural and biochemical changes in broiler muscle treated with various rigor accelerating techniques. Pg. 143. In: *Proceedings of the 1991 Inst. Food Technol.*, 1991.

- WALKER, L.T.; SHACKELFORD, S.D., MILLS, K.A. & SAMS, A.R. Proteolytic mechanisms of tenderization of *Pectoralis* muscle from broiler carcasses receiving rigor-accelerating treatments. *Poultry Sci.* 70: 127, 1991.
- WEISE, E.; WORMUTH, H-J.; SCHUTT-ABRAHAM, I. & LEVETZOW, R. High voltage stunning of chickens and its effect on the quality. *Fleischwirtschaft* 68:1416-1420, 1988.
- WEST, R.L. Chilling of prerigor meat. Proceedings of the 36<sup>th</sup> Reciprocal Meaat Conference. American Meat Science Association, 36:82-86, 1983.
- WIRTH, F. Embutido escaldado. fijación de agua, fijación de grasa, formación de la estructura. *Fleischwirtschaft esp.* 2:4-14, 1985.
- WOOLLEY, S.C. & GENTLE, M. J. Physiological and behavioural responses in the hen (*Gallus domesticus*) to nociceptive stimulation. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 88A:27-31, 1987.
- WOOLLEY, S.C.; BORTHWICK, F.J. & GENTLE, M.J. Tissue resistivities and current pathways and their importance in pre-slaughter stunning of chickens. *British Poultry Science*, 27:301-306, 1986.
- WORKING GROUP. Recommendation for a standardized method of sensory analysis for broilers. *World's Poultry Science Journal* 43:64-68, 1987.
- ZIOLECKI, J. Quality of live bird in relation to yield and quality of the carcass. In: Proceedings of 7<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Meat Quality. World's Poultry Science Association, p. 57-71, 1985.

A N E X O

**ANEXO 1. Interação condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na força de cisalhamento.**

	N	Força de cisalhamento <sup>1</sup>	
		Média (kgf/g)	EP
<b>atordoamento x desossa</b>			
1000Hz, 40V x C	19	4,6	0,3
controle x C	21	5,7	0,2
1000Hz, 40V x Q	21	7,3	0,3
controle x Q	21	8,5	0,3

N = número de amostras de peito/média de 6 medidas, com três replicações

EP = Erro-padrão

controle = sem atordoamento

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

<sup>1</sup> Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

**ANEXO 2. Interação condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na maciez, suculência e qualidade global da carne de peito**

	N	Maciez <sup>1</sup>		Suculência <sup>2</sup>		Q. global <sup>3</sup>	
		Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>Atordoamento x desossa</b>							
1000Hz x C	3	7,3	0,3	5,9	0,3	7,0	0,6
1000Hz x Q	3	5,9	0,3	5,2	0,4	6,3	0,2
controle x C	3	7,4	0,2	6,6	0,2	7,2	0,4
controle x Q	3	4,7	0,3	5,0	0,8	5,3	0,2

N= Número de replicações

EP = Erro-padrão

controle = sem atordoamento

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

1 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a 10 = muito macia)

2 Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)

3 Média de escores para o atributo qualidade global (0 = muito ruim a 10 = muito excelente)

**ANEXO 3. Interação condições de atordoamento x tipo de desossa e influência na perda de peso durante o cozimento.**

	N	PERDA DE PESO	
		Média (%)	EP
<b>Atordoamento x desossa</b>			
1000 Hz x C	12	27,0	0,4
1000 Hz x Q	14	31,5	0,8
controle x C	14	28,3	0,8
controle x quente	14	28,1	0,8

N = número de amostras de peito, com três replicações

EP = Erro-padrão

controle = sem atordoamento

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

**ANEXO 4. Interação condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência na cor do músculo do peito (L\*, a\* e b\*).**

	N	L*		a*		b*	
		Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>Interação atordoamento x desossa</b>							
60 Hz, 40v x C	15	51,5	0,5	2,9	0,1	6,4	0,2
60 Hz, 40v x Q	15	55,3	0,5	1,8	0,2	5,8	0,2
1000Hz, 40v x C	15	51,3	0,5	3,3	0,1	7,1	0,2
1000Hz, 40v x Q	15	56,4	0,8	1,8	0,2	6,7	0,2
controle x C	15	51,9	0,6	2,9	0,1	6,5	0,2
controle x Q	15	52,9	0,6	2,2	0,2	5,4	0,2

N = número de amostras de peito/média de 7 leituras por peito, com 3 replicações

EP = Erro-padrão

controle = sem atordoamento

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

**ANEXO 5.** Interação condições de atordoamento x tipo de desossa e sua influência no teor de umidade, CRA de água e proteína.

	N	UMIDADE (%)		CRA (%)		PROTEÍNA (%)	
		Média	EP	Média	EP	Média	EP
controle x C	9	75,13	0,20	72,60	0,97	21,12	0,15
controle x Q	9	74,12	0,15	64,94	1,02	22,00	0,19
60Hz x C	9	74,41	0,28	73,08	0,43	20,60	0,21
60Hz x Q	9	74,65	0,14	69,73	1,65	21,63	0,23
1000Hz x C	9	74,91	0,20	73,40	1,60	20,75	0,13
1000Hz x Q	9	74,45	0,17	71,61	2,09	21,81	0,27

N= número de amostras de peito

CRA = Capacidade de retenção de água

EP = Erro-padrão

controle = sem atordoamento

C = desossa convencional , Q= desossa a quente

**ANEXO 6.** Interação tempo de EE x voltagem e tempo de EE x desossa e sua influência na força de cisalhamento da carne de peito.

		N	Força de cisalhamento (kgf/g) <sup>1</sup>	
			Média	EP
<b>Tempo de EE x voltagem de estimulação</b>				
30s	sem estimulação	10	9,9	0,7
	45V	10	7,5	0,7
	80V	10	7,2	0,7
	100V	10	7,5	0,6
45s	sem estimulação	10	9,7	0,7
	45V	10	7,7	0,7
	80V	10	8,2	0,6
	100V	10	9,4	0,7
<b>Tempo de EE x tipo de desossa</b>				
30s	Q	20	9,7	0,4
	C	20	6,3	0,3
45s	Q	20	10,2	0,5
	C	20	7,3	0,3

N = Número de amostras de peito/ cada amostra média de 6 medições

EP = Erro-padrão

C = desossa convencional, Q = desossa a quente

<sup>1</sup> Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

**ANEXO 7. Interação tempo de EE x tipo de desossa e sua influência na análise sensorial da carne de peito.**

	N	Atributos					
		Maciez <sup>1</sup>	EP	Suculência <sup>2</sup>	EP	Q. Global <sup>3</sup>	EP
<b>Tempo de EE x tipo de desossa</b>							
30s x C	8	6,6	0,7	6,0	0,3	7,1	0,4
Q	8	4,7	0,4	4,4	0,4	5,8	5,8
45s x C	8	6,6	0,4	5,2	0,4	6,8	0,3
Q	8	4,1	0,6	4,8	0,4	4,8	0,7

N = Número de amostras com duas replicações

C = desossa convencional , Q = desossa a quente

EP = Erro-padrão

1 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a 10 = muito macia)

2 Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)

3 Média de escores para o atributo qualidade global ( 0 = muito ruim a 10 = excelente)

**ANEXO 8. Interação voltagem de EE x tipo de desossa e sua influência na perda de peso (%) durante o cozimento da carne de peito.**

		N	Média (%)	EP
<b>Voltagem de estimulação x tipo de desossa</b>				
sem estimulação	convencional	10	26,8	0,6
45V		10	25,2	0,9
80V		10	27,4	0,6
100V		10	26,4	0,6
sem estimulação	a quente	10	32,1	0,5
45V		10	30,7	0,8
80V		10	30,9	0,5
100V		10	29,6	0,5

N= Número de amostras de peito

EP = Erro-padrão

**ANEXO 9. Interação das condições de atordoamento x voltagem de EE e sua influência na força de cisalhamento da carne de peito.**

	N	Força de cisalhamento <sup>1</sup>	
		Média (kgf/g)	EP
<b>Tipo de atordoamento x voltagem EE</b>			
60Hz,40V, sem estimulação	50	9,5	0,4
45V	50	7,3	0,3
80V	50	7,0	0,3
100V	50	7,2	0,3
1000Hz,40V sem estimulação	30	7,9	0,4
45V	30	7,8	0,5
80V	30	6,6	0,4
100V	30	6,2	0,4
<b>Voltagem EE x tipo de desossa</b>			
sem EE, convencional	40	7,2	0,3
45V	40	5,7	0,2
80V	40	5,4	0,2
100V	40	5,2	0,2
sem EE , a quente	40	10,6	0,3
45V	40	9,3	0,3
80V	40	8,3	0,3
100V	40	8,4	0,2
<b>Tipo de atordoamento x Voltagem EE x tipo de desossa</b>			
60Hz,40V; sem EE, a quente	25	11,3	0,3
45V	25	9,1	0,4
80V	25	8,3	0,5
100V	25	8,6	0,3
60Hz,40V; sem EE, convencional	25	7,6	0,3
45V	25	5,5	0,2
80V	25	5,7	0,2
100V	25	5,9	0,3
1000Hz,40V; sem EE, a quente	15	9,4	0,4
45V	15	9,1	0,4
80V	15	8,3	0,4
100V	15	8,1	0,3
1000Hz,40V; sem EE,convencional	15	6,5	0,4
45V	15	5,8	0,3
80V	15	5,0	0,4
100V	15	4,2	0,3

N = número de amostras de peito/cada amostra média de 5 medições

EP = Erro-padrão

<sup>1</sup> Limite máximo para carne macia:força de cisalhamento = 8kgf/g

ANEXO 10. Efeito da voltagem de estimulação elétrica e tipo de desossa na força de cisalhamento e maciez da carne de peito para atordoamento a 60Hz, 40V.

	N	Força de cisalhamento <sup>1</sup>		Maciez <sup>2</sup>	
		Média (kgf/g)	EP	Média	EP
<b>Voltagem E E</b>					
sem estimulação	50	9,5	0,4	4,3	0,6
45V	50	7,3	0,3	6,1	0,8
80V	50	7,0	0,3	5,5	0,8
100V	50	7,2	0,3	5,6	0,6
<b>Tipo de desossa</b>					
convencional	100	6,2	0,2	6,6	0,3
a quente	100	9,3	0,2	4,2	0,4
<b>Voltagem E E. x tipo de desossa</b>					
sem estimulação x Q	25	11,3	0,3	3,3	0,3
45V	25	9,1	0,4	4,7	0,4
80V	25	8,3	0,4	4,0	0,4
100V	25	8,6	0,3	4,9	0,5
sem estimulação x C	25	7,6	0,3	5,4	0,4
45V	25	5,5	0,2	7,6	0,5
80V	25	5,8	0,2	7,0	0,4
100V	25	5,9	0,3	6,3	0,4

N= número de amostras de peito

EP = Erro-padrão

Q = desossa a quente, C = desossa convencional?

1 Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

2 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a 10 = muito macia)

ANEXO 11. Efeito da voltagem de estimulação elétrica e de tipo de desossa na força de cisalhamento e maciez da carne de peito para o atordoamento a 1000Hz.

	N	Força de cisalhamento <sup>1</sup>		N	Maciez <sup>2</sup>	
		Média (kgf/g)	EP		Média	EP
<b>Voltagem de E E</b>						
sem estimulação	30	7,9	0,4	6	6,0	0,5
45V	30	7,8	0,5	6	5,8	0,3
80V	30	6,6	0,4	6	6,1	0,4
100V	30	6,2	0,4	6	6,9	0,3
<b>Tipo de desossa</b>						
convencional	60	5,4	0,2	12	7,3	0,4
quente	60	8,9	0,2	12	5,2	0,3
<b>Voltagem de E E x tipo de desossa</b>						
sem estimulação x Q	15	9,4	0,4	3	5,6	0,3
45V	15	9,8	0,5	3	5,0	0,5
80V	15	8,3	0,4	3	6,0	0,4
100V	15	8,1	0,3	3	6,5	0,5
sem estimulação x C	15	6,5	0,4	3	5,9	0,4
45V	15	5,8	0,3	3	6,0	0,3
80V	15	5,0	0,4	3	7,0	0,5
100V	15	4,2	0,3	3	7,8	0,4

N= número de amostras de peito

EP= Erro-padrão

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

1 Limite máximo para carne macia: força de cisalhamento = 8kgf/g

2 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a

10 = muito macia)

ANEXO 12. Interação das condições de atordoamento, desossa e voltagem de EE na análise sensorial da carne de peito

	N	Média	E P
<b>MACIEZ<sup>1</sup></b>			
<b>Tipo de atordoamento x voltagem de estimulação</b>			
60Hz, 40v sem estimulação	6	4,3	0,6
45V	6	6,1	0,8
80V	6	5,5	0,8
100V	6	5,6	0,6
1000Hz, 40v sem estimulação	6	6,1	0,4
45V	6	5,8	0,5
80V	6	6,3	0,6
100V	6	6,9	0,5
<b>SUCULÊNCIA<sup>2</sup></b>			
<b>Tipo de atordoamento x tipo de desossa</b>			
60Hz convencional	12	5,5	0,2
quente	12	4,0	0,3
1000Hz convencional	12	6,3	0,1
quente	12	5,6	0,1
<b>QUALIDADE GLOBAL<sup>3</sup></b>			
<b>Tipo de atordoamento x voltagem de estimulação</b>			
60Hz, sem estimulação	6	5,2	0,5
60Hz, 45V	6	6,1	0,6
60Hz, 80V	6	5,8	0,4
60Hz, 100V	6	6,6	0,4
1000Hz, sem estimulação	6	6,6	0,3
1000Hz, 45V	6	6,1	0,4
1000Hz, 80V	6	6,8	0,4
1000Hz, 100V	6	7,0	0,3

N= número de amostras de peito com replicações

EP= Erro-padrão

- 1 Média de escores para o atributo maciez (0 = muito dura a 10 = muito macia)
- 2 Média de escores para o atributo suculência (0 = muito seca a 10 = muito suculenta)
- 3 Média de escores para o atributo qualidade global (0 = muito ruim a 10 = excelente)

**ANEXO 13. Interação voltagem de EE x tipo de desossa na cor do músculo do peito (atordoamento a 1000Hz, 40V)**

	N	Parâmetros de cor					
		L	EP	a*	EP	b*	EP
<b>Interação voltagem de EE x tipo de desossa</b>							
sem EE x Q	15	50,4	0,4	2,0	0,1	3,9	0,1
45V x Q	15	49,8	0,3	1,6	0,1	4,3	0,2
80V x Q	15	49,1	0,4	1,7	0,1	4,4	0,2
100V x Q	15	48,6	0,4	2,2	0,1	3,8	0,2
sem EE x C	15	46,5	0,3	2,8	0,1	5,6	0,2
45V x C	15	46,5	0,3	3,1	0,2	5,2	0,2
80V x C	15	46,0	0,3	2,9	0,1	5,8	0,2
100V x C	15	46,7	0,3	3,2	0,1	5,8	0,3

N = número de peitos de frango/ cada média de 7 leituras por peito

EP = Erro-padrão

Q = desossa a quente, C = desossa convencional

**ANEXO 14. Interação atordoamento x estimulação elétrica x resfriamento nos valores de L\*, a\* e b\* da cor da carne de peito desossado a quente.**

	Parâmetros de cor					
	L*	EP	a*	EP	b*	EP
<b>Atordoamento x estimulação</b>						
60Hz x EE	43,5	1,5	3,1	0,3	4,2	0,2
60Hz x sem EE	47,0	1,9	2,4	0,2	6,5	0,1
1000Hz x EE	44,8	1,8	3,0	0,3	3,9	0,1
1000Hz x sem EE	46,1	1,4	2,5	0,2	5,6	0,3
<b>Estimulação elétrica x resfriamento</b>						
EE x CR	48,8	0,5	2,2	0,1	3,9	0,1
sem EE x CR	51,4	0,5	1,8	0,1	6,4	0,1
EE x SR	39,5	0,6	3,8	0,2	4,1	0,2
sem EE x SR	41,7	0,3	3,1	0,1	5,7	0,3

N = 10 amostras de peito/tratamento com duas replicações

EP = Erro-padrão

CR = com resfriamento

SR = sem resfriamento