

RAE - CEA - 9605
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
SOBRE O PROJETO: “ESTUDO DO
PERFIL DE TEXTURA DA CARNE
BOVINA COZIDA LIOFILIZADA”

Dalton Francisco de Andrade
Taro Nishimoto
Luiz Masayoshi Kobayashi

São Paulo, junho de 1996

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

TÍTULO: Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: “Estudo do Perfil de Textura da Carne Bovina Cozida Liofilizada”

PESQUISADORA: Ana Maria Irene Bartolomeu Ayrosa

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo Nogueira de M. Pitombo

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP

FINALIDADE: Doutorado

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: Prof. Dr. Dalton Francisco de Andrade

Taro Nishimoto

Luiz Masayoshi Kobayashi

REFERÊNCIAS DESTE TRABALHO:

Andrade, D. F., Nishimoto, T. e Kobayashi, L. K., “*Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: Estudo do Perfil de Textura da Carne Bovina Cozida Liofilizada*”. São Paulo. IME-USP, 1996. (RAE-CEA-9605).

FICHA TÉCNICA

BIBLIOGRAFIA:

- Ayrosa, A. M. I. B. (1994), *Comportamento higroscópico da carne bovina cozida liofilizada*, São Paulo, [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo].
- Ayrosa, A. M. I. B. e Pitombo, R. N. M., *Estudo do Perfil de Textura da Carne Bovina Cozida Liofilizada*, São Paulo, FCF-USP.
- Bussab, W. O. e Morettin, P. A. (1990), *Estatística Básica*, 4^a ed., Editora Atual, São Paulo, SP.
- Conover, W. J. (1980), *Practical Nonparametric Statistics*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.
- Hochberg, Y. and Tamhane, A. C. (1987), *Multiple Comparison Procedures*, John Wiley & Sons, New York.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. (1992), *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 3rd ed., Prentice-Hall.
- Neter, J., Wasserman, W., Nachtsheim, C. J. and Kutner, M. H. (1996), *Applied Linear Statistical Models*, 4th ed., Irwin.
- Noether, G. E. (1983), *Introdução à Estatística: Uma Abordagem Não-paramétrica*, 2^a ed., Editora Guanabara Dois, RJ.
- SAS, Inc. (1987), *SAS/STAT Guide for Personal Computers*, (v 6.0), "The GLM Procedure".

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS: SAS - v 6.0
 MINITAB - v 8.2
 EXCEL for Windows 95 - v 7.0
 WORD for Windows 95 - v 7.0
 POWER POINT for Windows 3.1 - v 4.0

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

[Entre parênteses encontra-se a Classificação “Statistical Theory & Method Abstracts” (ISI)]

Análise Descritiva Unidimensional	(03:010)
Testes de Hipóteses Não Paramétricas	(05:070)
Análise de Variância com Efeitos Fixos	(08:010)
Análise de Variância com Efeitos Fixos (Medidas Repetidas)	(08:010)
Análise de Variância Multivariada	(08:110)
Comparações Múltiplas (Univariada e Multivariada)	(08:090)

ÁREA DE APLICAÇÃO: Aplicações Técnicas e Industriais (14:120)

ÍNDICE

RESUMO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO	9
3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS	12
4. OBJETIVOS DO ESTUDO	13
5. ANÁLISE DESCRITIVA	13
5.1. ESTUDO DAS VARIÁVEIS MECÂNICAS DE TEXTURA DA CARNE	13
5.1.1. Variável <i>Dureza</i>	14
5.1.2. Variável <i>Elasticidade</i>	15
5.1.3. Variável <i>Coesividade</i>	16
5.1.4. Variável <i>Mastigabilidade</i>	17
5.1.5. Variável <i>Gomosidade</i>	18
5.1.6. Variável <i>Adesividade</i>	19
5.2. CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS	20
5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURAS DE LIOFILIZAÇÃO	21
5.4. ANÁLISE DA AVALIAÇÃO SENSORIAL	23
5.5. COMPARAÇÃO DE PERFIS: VARIÁVEL “NOTA” E VARIÁVEIS MECÂNICAS	24
6. ANÁLISE INFERENCIAL	27
6.1. TEXTURA DA CARNE	27
6.2. AVALIAÇÃO SENSORIAL	30
7. RESULTADOS DA ANÁLISE	31
APÊNDICE	Erro! Indicador não definido.

RESUMO

A liofilização é a técnica mais importante de desidratação da carne. As vantagens deste processo são muitas, abrangendo desde a conservação da morfologia, cor e aroma da carne até a economia de energia durante a estocagem e redução do custo de transporte. Uma possível limitação à qualidade da carne liofilizada é a alteração na textura decorrente do processamento. A textura é um dos principais fatores de qualidade que influenciam a aceitação do produto pelo consumidor e é composta por diversas propriedades, dentre as quais as mecânicas são as mais importantes. Neste estudo foi analisado o comportamento de seis propriedades mecânicas de textura quando submetidas a oito tratamentos (definidos pela combinação de quatro temperaturas de liofilização e duas temperaturas de reidratação) com o intuito de identificar o(s) tratamento(s) com mesmo efeito do tratamento CC (Carne Cozida), que é o tratamento *benchmark*. Efetuamos a avaliação sensorial da carne liofilizada e da carne cozida para verificar a aceitação do produto pelo consumidor e por fim analisamos a correspondência entre a variável 'Gosto da Carne' e as seis variáveis mecânicas de textura.

Como resultado da análise temos que os únicos tratamentos com efeitos diferentes do tratamento *benchmark* são os tratamentos 40Q e 60F; na avaliação sensorial não foi detectada diferença significativa entre o gosto da carne liofilizada e o gosto da carne cozida e concluímos que não existe correspondência entre a variável 'Gosto da Carne' e as seis variáveis mecânicas de textura.

1. INTRODUÇÃO

“A liofilização é uma técnica que permite a secagem, em pressão reduzida, de produtos previamente congelados, removendo-se a água por sublimação”, Ayrosa (1994). Recentemente, a carne liofilizada tem encontrado espaço como insumo no preparo de refeições domésticas. Para desidratar a carne, a liofilização é a técnica mais importante, especialmente quando se deseja estocar a carne desidratada à temperatura ambiente e/ou nos casos em que o custo do transporte é alto. Por outro lado, a carne cortada em pedaços não pode ser desidratada com sucesso por nenhuma outra técnica conhecida das que se aplicam aos outros alimentos. A carne é um produto de alto custo unitário e, portanto, o custo da liofilização representa uma pequena parcela do custo final do produto.

As vantagens da liofilização sobre outros métodos de conservação de carne são muitas. Dentre elas destacamos:

1. Armazenamento à temperatura ambiente, desde que a embalagem seja adequada.
2. Simplificação da distribuição.
3. Economia de energia durante a estocagem.
4. Economia considerável no transporte.
5. Facilidade de reconstituição.
6. Alto índice de retenção da morfologia, cor e aroma.

Uma possível limitação à qualidade da carne liofilizada seriam as alterações na textura decorrentes do processamento. A textura é um dos principais fatores de qualidade que influenciam a aceitação do produto pelo consumidor.

A textura possui três elementos essenciais, a saber:

1. É uma qualidade sensorial.
2. É resultante de parâmetros estruturais do alimento (molecular, microscópico ou macroscópico).
3. É composta por diversas propriedades, dentre as quais as mecânicas são provavelmente as mais importantes.

Os objetivos deste projeto são:

- Determinar as condições de liofilização e reidratação que melhor conservam as características originais da carne cozida através da análise de seis propriedades mecânicas da carne: *dureza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, gomosidade e adesividade*.
- Relacionar a avaliação sensorial (*gosto da carne*) com essas seis propriedades mecânicas.

2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

O material utilizado neste estudo é composto de 4 lotes, com 40 cubos cada um, de carne cozida congelada, de aproximadamente 22x22x24 mm, fornecido pela Sadia Oeste S.A.. A carne é de dianteiro bovino, livre de gordura e nervo (apenas carne vermelha). Esses cubos de carne foram entubados com adição de salmoura a 4% em peso, cozidos em água por aproximadamente 3 horas, resfriados por imersão em água a 15°C por 10 minutos até o resfriamento completo. Em seguida, foram retirados dos tubos, drenados e congelados pelo sistema I.Q.F. (Individual Quick Freezing) em nitrogênio líquido.

A liofilização dos cubos de carne realizou-se a temperaturas de placa do liofilizador de 20°, 40°, 60° e 80°C por um período de 24 horas, um lote de carne para cada temperatura de placa, resultando em um produto com umidade abaixo de 3%. O processo foi realizado em quatro dias distintos, uma temperatura de placa por dia. A ordem das temperaturas de liofilização foi a seguinte: 40°, 60°, 20° e 80°C.

Posteriormente, procedeu-se à reidratação desses cubos por imersão em água destilada por um período de 30 minutos. Após esse período, os cubos foram postos sobre papel absorvente para remover o excesso de líquido e imediatamente realizaram-se as medições de textura. A reidratação foi realizada em duas temperaturas distintas, a 80°C e à temperatura ambiente, e foram denominadas, respectivamente, *reidratação quente (RQ)* e *reidratação fria (RF)*. Portanto, cada um dos 4 lotes de carne mencionados acima foi dividido em dois sub-lotes, com o intuito de obter as 8 combinações de temperaturas de liofilização e de reidratação (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Combinação de temperaturas de liofilização e de reidratação.

Reidratação	Temperatura de liofilização			
	20°C	40°C	60°C	80°C
Quente	20 cubos	20 cubos	20 cubos	20 cubos
Fria	20 cubos	20 cubos	20 cubos	20 cubos

A medição de textura foi realizada com o Analisador de Textura, modelo TA.XT2, acoplado ao microcomputador com *software* específico para cálculo dos valores das variáveis relacionadas às propriedades mecânicas de textura da carne.

A aleatorização da amostra realizou-se do seguinte modo:

1. Antes de proceder a liofilização, a pesquisadora sorteou um lote de carne. Esse lote continha 1 kg de carne cozida e congelada, com aproximadamente 60 cubos na dimensão especificada anteriormente.
2. Desse lote, a pesquisadora selecionou os 40 cubos mais homogêneos, isto é, aqueles que visualmente tinham dimensão mais uniforme;
3. Os 40 cubos selecionados foram dispostos sobre a bandeja do liofilizador, de modo que os cubos não estivessem em contato entre si, e foram liofilizados;
4. Terminado o processo, os 40 cubos foram divididos em dois sub-lotes de 20 cubos cada, e o sorteio realizou-se do seguinte modo:
 - (4.1) Dois recipientes foram preparados, um para RQ e outro para RF;
 - (4.2) Os 40 cubos foram retirados da bandeja uma a uma, e o primeiro cubo foi colocado no recipiente RQ, o segundo no recipiente RF, e assim sucessivamente até o quadragésimo cubo, formando os dois sub-lotes⁽¹⁾.
5. As etapas (1) a (4) foram repetidas para os 4 dias em que a liofilização foi realizada.

Ao todo temos 8 sub-lotes com 20 cubos cada, totalizando 160 cubos de carne.

¹ Este procedimento corresponde a sortear aleatoriamente os 40 cubos de carne e associar a cada cubo o número da ordem em que foram sorteados. Aos cubos com número par associamos a RF e aos ímpares a RQ.

A avaliação sensorial foi realizada da seguinte forma:

1. Foram escolhidos ao acaso 20 pessoas para degustar a carne.
2. Cada indivíduo experimentou 5 cubos de carne (1 de carne cozida e 4 de carne liofilizada e reidratada a quente) servidos com molho quente.
3. A ordem na qual os 5 cubos foram servidos foi aleatorizada para cada indivíduo.
4. Cada indivíduo deu uma nota de 1 a 9 para cada cubo provado, logo após a degustação. O valor da nota é diretamente proporcional à satisfação do degustador.

3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

As variáveis controladas no estudo foram:

1. *Temperatura de liofilização*: 20°, 40°, 60° e 80°C.
2. *Tempo de liofilização*: 24 horas.
3. *Temperatura de reidratação*: temperatura ambiente e 80°C.
4. *Tempo de reidratação*: 30 minutos.

As variáveis medidas foram as seguintes:

1. *Dureza* (em kg) : definida como a força necessária para produzir uma certa deformação.
2. *Elasticidade*⁽²⁾ : definida como a velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida.
3. *Coesividade*⁽²⁾ : definida como a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura.
4. *Mastigabilidade*⁽²⁾ : definida como a energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição; é o produto *dureza* x *coesividade* x *elasticidade*.
5. *Gomosidade*⁽²⁾ : definida como a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para a deglutição; é o produto de *baixo grau de dureza* x *alto grau de coesividade*.
6. *Adesividade*⁽²⁾ : definida como a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com os quais o alimento está em contato.
7. *Gosto da carne* (variável sensorial, dada em notas) : de 1 a 9, atribuída à carne degustada.

² Na literatura de tecnologia de alimentos não é citada a dimensão desta variável.

Estas sete variáveis foram medidas também para a carne cozida (CC), cujos valores servirão de referência (*benchmark*) para determinarmos as condições do processo que melhor conservam as características da carne cozida.

4. OBJETIVOS DO ESTUDO

Os objetivos do estudo são:

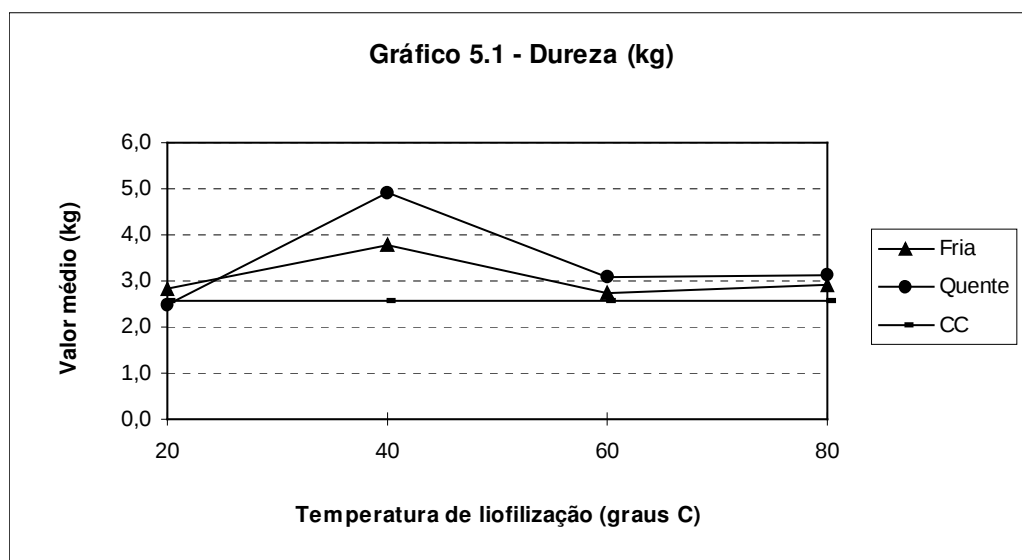
1. Determinar qual a combinação de temperatura de liofilização e temperatura de reidratação em que os valores das variáveis analisadas são os mais próximos dos valores da carne cozida.
2. Avaliação sensorial do gosto da carne com o intuito de verificar as seguintes hipóteses:
 - (a) se a carne liofilizada está sendo rejeitada pelo consumidor;
 - (b) se existe correspondência entre *melhor nota* e *melhor medida instrumental*.

5. ANÁLISE DESCRITIVA

5.1. ESTUDO DAS VARIÁVEIS MECÂNICAS DE TEXTURA DA CARNE

Esta análise permite visualizar a distribuição dos dados, isto é, como eles estão dispersos e onde eles se concentram. Faremos a análise com base nas informações dos gráficos 5.1 a 5.6 e das figuras A1 a A3 (“boxplots”), que foram construídos a partir das informações das Tabelas A1 a A3.

5.1.1. Variável *Dureza*



- Reidratação quente:

Média: É maior que a da carne cozida em todas as temperaturas, exceto em 20°C.

Entre as temperaturas observadas, o maior valor foi a 40°C. O valor mais próximo à dureza da carne cozida foi observado a 20°C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 40° e 60°C à direita.

- Reidratação fria:

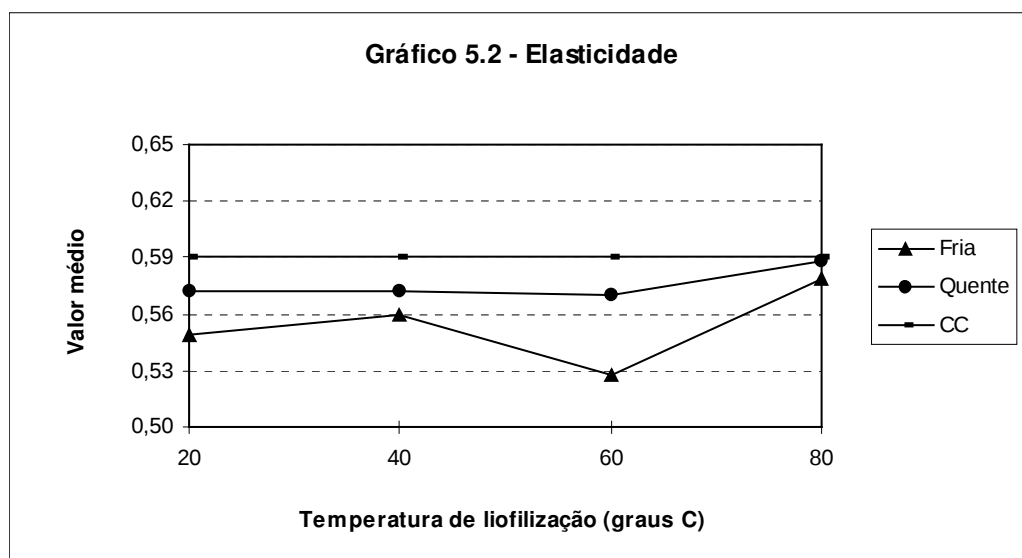
Média: É maior que a da carne cozida em todas as temperaturas, e menor que a da reidratação quente em 40°, 60° e 80°C. Valor mais próximo à dureza da carne cozida a 60°C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Outliers: em 40°C à direita.

5.1.2. Variável *Elasticidade*



- Reidratação quente:

Média: Valores estáveis e próximos da carne cozida, sendo mais perto a 80° C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valor distante da mediana: em 20° C à direita.

- Reidratação fria:

Média: Valores menores que os da carne cozida e reidratação quente. Entre os valores observados, o menor valor ocorre a 60° C.

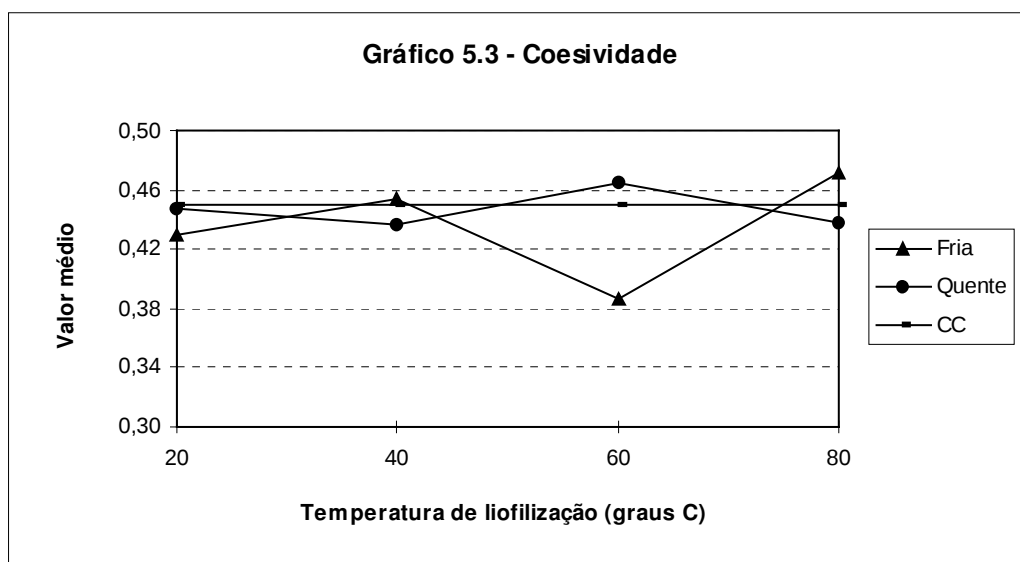
Variância: Parece homogênea.

Distribuição: Parecem simétricas a 20° e 60° C e assimétricas a 40° e 80° C.

Valores distantes da mediana: em 20°, 40° e 60° C à esquerda.

Outlier: em 20° C à esquerda.

5.1.3. Variável Coesividade



- Reidratação quente:

Média: Oscila em torno do valor da carne cozida, apresentando o valor mais próximo a 20º C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 20º e 40º C à direita.

- Reidratação fria:

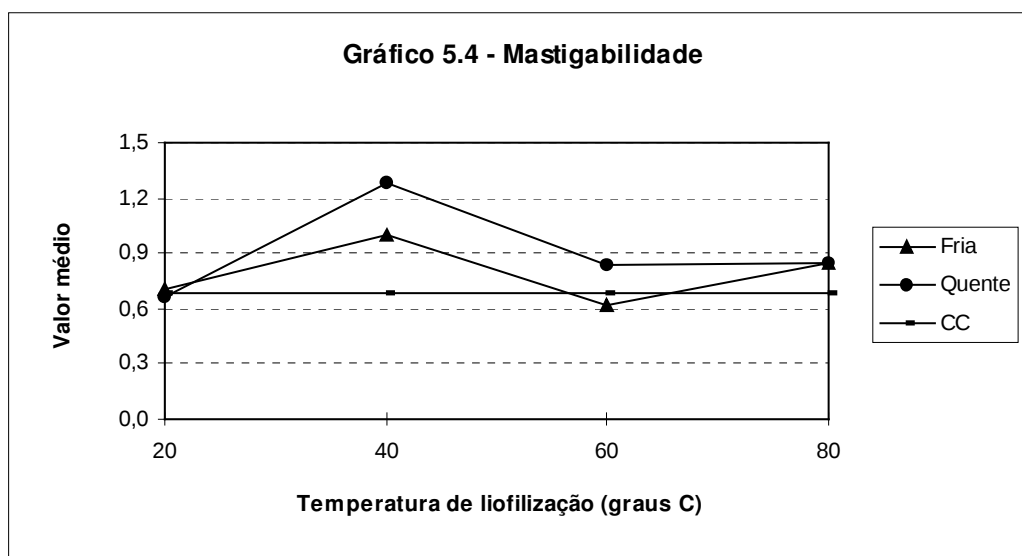
Média: Oscila em torno do valor da carne cozida, porém com maior variabilidade que na reidratação fria. Entre os valores observados, o menor valor ocorre a 60º C. Média mais próxima da carne cozida a 40º C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 20º C à esquerda e em 40º C à direita.

5.1.4. Variável *Mastigabilidade*



- Reidratação quente:

Média: Exceto a 20° C, é maior que a da carne cozida em todas as temperaturas.

Maior valor a 40° C e valor mais próximo da referência a 20° C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição simétrica.

Valores distantes da mediana: em 20°, 40° e 60° C à direita.

- Reidratação fria:

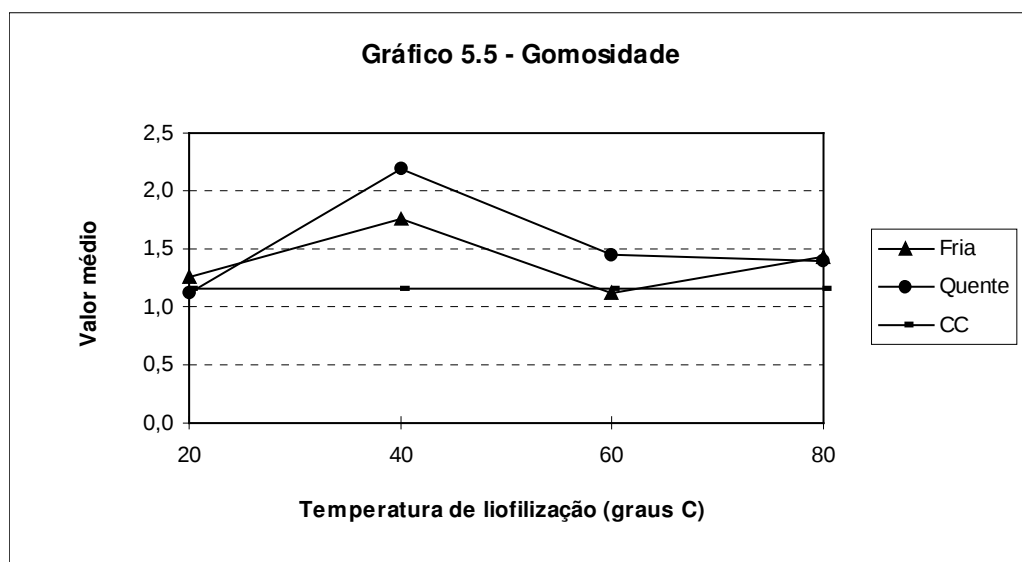
Média: Valores mais próximos da carne cozida que os da reidratação quente.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em todas as temperaturas à direita.

5.1.5. Variável *Gomosidade*



- Reidratação quente:

Média: Comportamento semelhante ao perfil de reidratação quente da variável *Mastigabilidade*. Valor mais próximo da carne cozida a 20º C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 20º, 40º e 60º C à direita.

- Reidratação fria:

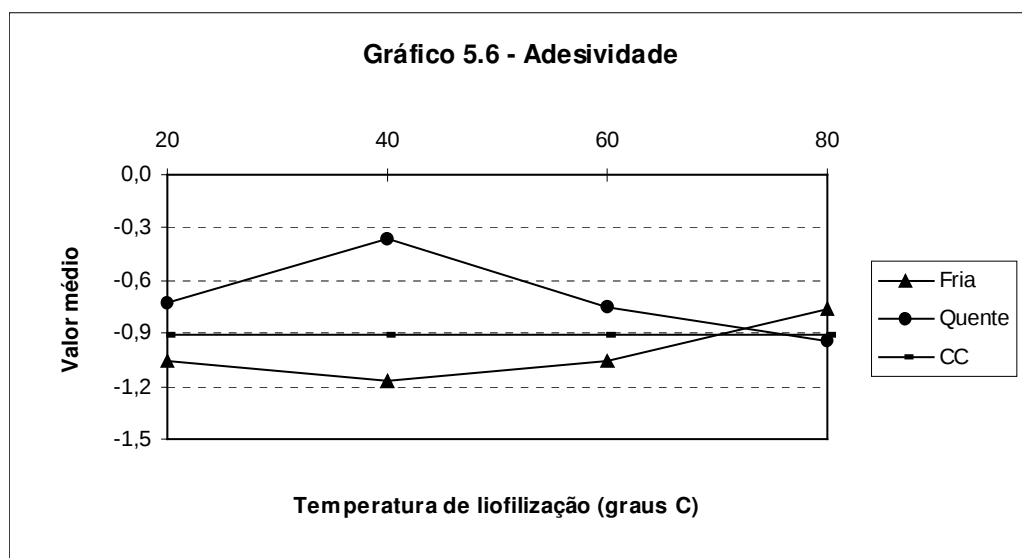
Média: Comportamento semelhante ao perfil da reidratação fria da variável *Mastigabilidade*. Valor mais próximo da carne cozida a 60º C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 20º e 60º C à direita.

5.1.6. Variável *Adesividade*



- Reidratação quente:

Média: Exceto a 80° C, valores maiores que os da reidratação fria e da carne cozida.

Entre as temperaturas observadas, o maior valor ocorre a 40° C e o mais próximo da carne cozida a 80° C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Valores distantes da mediana: em 20°, 40° e 60° C à esquerda.

- Reidratação fria:

Média: Valores menores que os da carne cozida, exceto a 80° C. Entre as temperaturas observadas, o menor valor ocorre a 40° C.

Variância: Parece homogênea.

Tem distribuição assimétrica.

Outlier: em 80° C à esquerda.

5.2. CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

A correlação é uma medida da intensidade de dependência entre duas variáveis. O coeficiente de correlação de Pearson é uma forma de medir a dependência linear, e as Tabelas 5.1 e 5.2 apresentam as estimativas para as variáveis mecânicas:

Tabela 5.1 - Coeficiente de Pearson - Reidratação quente.

	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade	Gomosidade	Adesividade
Dureza	1					
Elasticidade	0.197	1				
Coesividade	0.132	0.535	1			
Mastigabilidade	0.927	0.429	0.423	1		
Gomosidade	0.961	0.310	0.368	0.988	1	
Adesividade	0.014	0.243	0.387	0.108	0.100	1

Tabela 5.2 - Coeficiente de Pearson - Reidratação fria.

	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade	Gomosidade	Adesividade
Dureza	1					
Elasticidade	0.260	1				
Coesividade	0.321	0.651	1			
Mastigabilidade	0.938	0.454	0.535	1		
Gomosidade	0.967	0.361	0.510	0.987	1	
Adesividade	-0.067	0.294	0.418	0.103	0.060	1

Analisando as Tabelas 5.1 e 5.2, notamos que as variáveis (*Dureza* e *Mastigabilidade*), (*Dureza* e *Gomosidade*) e (*Mastigabilidade* e *Gomosidade*) são altamente correlacionadas. Isto se deve a dois fatores:

- 1) *Mastigabilidade* é o produto de *Dureza* x *Elasticidade* x *Coesividade* ;
- 2) *Gomosidade* é o produto de *Dureza* x *Coesividade*.

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURAS DE LIOFILIZAÇÃO

Para visualizarmos a temperatura de liofilização que nos fornece os valores das variáveis mais próximos dos valores do *benchmark*, classificamos as 4 temperaturas de liofilização (em 1, 2, 3 ou 4) de acordo com a proximidade do valor da variável em relação ao *benchmark* (Tabela 5.3).

Neste estudo, a medida de proximidade de uma variável é dada pela sua distância ao *benchmark*, definida como sendo o módulo da diferença entre o *valor da média da variável* e o *valor da média da referência*. Por exemplo, veja a distância e o *rank* - posto ou classificação numérica - das 6 variáveis na Tabela A4 do Apêndice.

Tabela 5.3 - *Rank* de proximidade da variável mecânica com o *benchmark*.

Reidratação	Variável	Rank para temperatura de liofilização			
		1	2	3	4
QUENTE	Dureza	20	60	80	40
	Elasticidade	80	40	20	60
	Coesividade	20	60	80	40
	Mastigabilidade	20	60	80	40
	Gomosidade	20	80	60	40
	Adesividade	80	60	20	40
FRIA	Dureza	60	20	80	40
	Elasticidade	80	40	20	60
	Coesividade	40	80	20	60
	Mastigabilidade	20	60	80	40
	Gomosidade	60	20	80	40
	Adesividade	80	60	20	40

A frequência dos *ranks* e a classificação das temperaturas de liofilização, para cada temperatura de reidratação, são mostrados na Tabela 5.4. Exemplificando, na reidratação quente, considerando o conjunto das 6 variáveis mecânicas, a temperatura 20°C foi classificada 4 vezes no *rank* 1 e 2 vezes no *rank* 3.

Tabela 5.4 - Freqüência dos *ranks* e classificação das temperaturas de liofilização quanto à proximidade com o *benchmark*.

Reidratação	Temp. Liof. (°C)	Rank				Classificação
		1	2	3	4	
QUENTE	20	4	0	2	0	1 ^o
	40	0	1	0	5	4 ^o
	60	0	4	1	1	3 ^o
	80	2	1	3	0	2 ^o
FRIA	20	1	2	3	0	3 ^o
	40	1	1	0	4	4 ^o
	60	2	2	0	2	1 ^o
	80	2	1	3	0	2 ^o

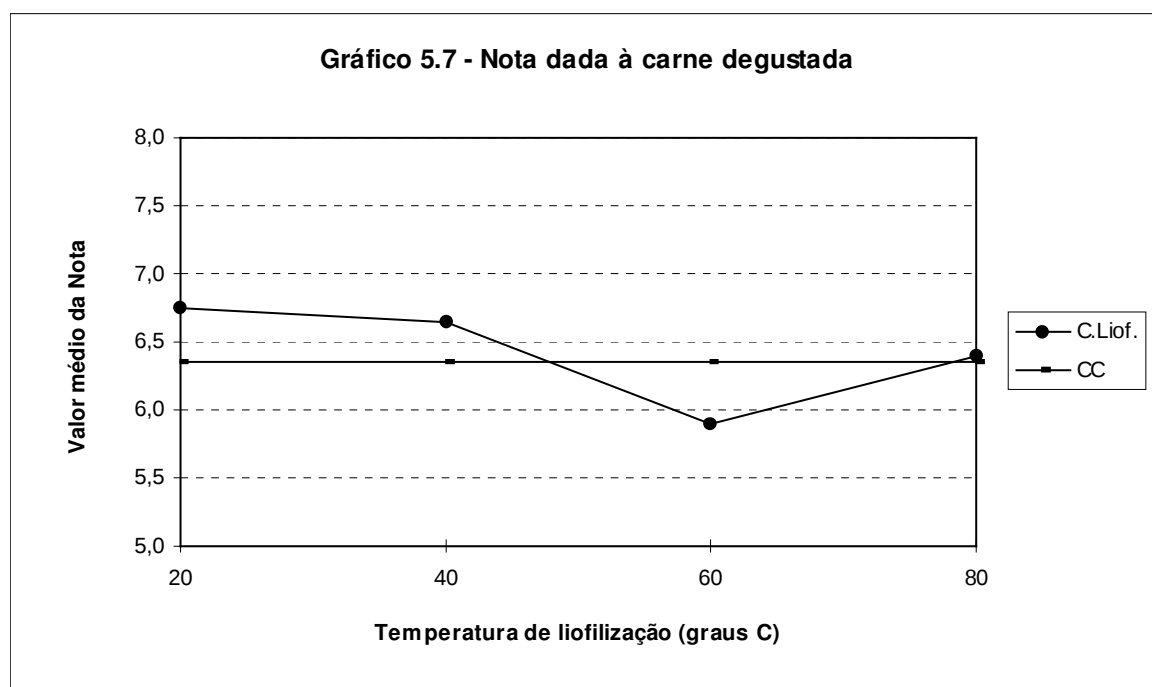
Podemos verificar que, dentre as 4 temperaturas de liofilização analisadas, considerando o conjunto das 6 variáveis mecânicas, a temperatura que fornece os valores médios das variáveis mecânicas mais próximos dos valores médios da carne cozida é a de 20°C na reidratação quente e 60°C na reidratação fria; e a temperatura que fornece os valores médios das variáveis mais distantes do *benchmark* é a de 40°C, tanto para reidratação quente como para fria. A literatura de tecnologia de alimentos diz que as maiores alterações na textura da carne ocorrem a 40°C, a melhor temperatura de liofilização é 60°C e a partir de 80°C o processo não produz bons resultados. Quanto à temperatura de 20°C não há nenhuma referência.

5.4. ANÁLISE DA AVALIAÇÃO SENSORIAL

A média e o desvio padrão (DP) das notas dadas à carne degustada por 20 provadores leigos estão na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Média e DP da nota dada à carne degustada por 20 provadores.

	Carne Cozida	Liofilizada a 20° C	Liofilizada a 40° C	Liofilizada a 60° C	Liofilizada a 80° C
Média	6.35	6.75	6.65	5.90	6.40
DP	1.53	1.25	1.42	1.84	1.23
Classificação em relação ao <i>benchmark</i>	<i>benchmark</i>	3 ^o	2 ^o	4 ^o	1 ^o



O Gráfico 5.7 mostra que, na opinião dos provadores, o gosto da carne liofilizada não é muito diferente do gosto da carne cozida, indicando a aceitação pelo consumidor da carne liofilizada.

A partir dos resultados das seções 5.2 e 5.3, era de se esperar que a nota média da *carne cozida* estivesse próxima da *liofilizada a 20°C*, e que a *liofilizada a 40°C* estivesse distante da *liofilizada a 20°C* e da *carne cozida*. Entretanto, o Gráfico 5.7 mostra que a *liofilizada a 20°C* está próxima da *liofilizada a 40°C*, a *carne cozida* está distante da *liofilizada a 20°C* e que a *liofilizada a 80°C* está bem próxima da *carne cozida*. Este fato indica, a princípio, que não há correspondência entre *melhor nota* e *melhor medida instrumental*. Uma análise de perfis pode ilustrar melhor esta indicação.

5.5. COMPARAÇÃO DE PERFIS: VARIÁVEL “NOTA” E VARIÁVEIS MECÂNICAS

Nesta seção vamos comparar o perfil da “nota” com o perfil de cada uma das seis variáveis estudadas. Esta comparação tem por objetivo identificar uma possível correspondência entre o comportamento da “nota” e o comportamento de uma determinada propriedade mecânica em função da temperatura de liofilização. Essa correspondência pode ser verificada se os perfis do gráfico apresentarem as seguintes características:

- 1) *Paralelismo dos perfis* : significa relação diretamente proporcional, ou seja, quanto maior (ou menor) o valor da variável medida, maior (menor) será a nota.
- 2) *Simetria dos perfis cruzados em relação a um eixo horizontal* : significa relação inversamente proporcional, ou seja, quanto menor (ou maior) o valor a variável medida, maior (menor) será a nota.

Foram construídos seis gráficos de escala dupla, nos quais a escala da esquerda corresponde ao valor da variável mecânica e a escala da direita corresponde ao valor da “nota”, gráficos A1 a A6 do Apêndice.

Pela análise dos seis gráficos, notamos que:

- 1) nenhum deles apresentam as características de correspondência citadas anteriormente;
- 2) o Gráfico A3, perfis de *Coesividade* e *Nota*, indica uma correspondência inversamente proporcional entre as duas variáveis nas temperaturas 40°, 60° e 80°C, porém a 20°C isto não se verifica.

Pelas análises desta seção e da anterior, há indícios de não existir correspondência entre *nota* e *medida instrumental*.

6. ANÁLISE INFERENCIAL

6.1. TEXTURA DA CARNE

Neste estudo temos ao todo 9 tratamentos: 8 tratamentos (20Q, 40Q, 60Q, 80Q, 20F, 40F, 60F e 80F) definidos pela combinação de 4 temperaturas de liofilização e 2 temperaturas de reidratação, e o tratamento CC (referência do estudo). Para cada tratamento foram observadas 6 variáveis mecânicas de textura.

Considerando que o melhor tratamento é aquele que tem o mesmo efeito do tratamento CC, vamos identificar este(s) tratamentos(s). Utilizaremos a técnica de *Análise de Variância Multivariada (MANOVA)* para verificar se os 9 tratamentos têm o mesmo efeito, ou se pelo menos um deles tem efeito diferente dos demais. Em seguida, caso os tratamentos apresentem efeitos diferentes, iremos identificar, pela técnica de *Comparações Múltiplas de Bonferroni*, os tratamentos que diferem do tratamento CC, (*Johnson & Wichern (1992)*).

Para cada teste será fornecido o nível descritivo p que é a probabilidade de observarmos valores mais extremos do que o observado pela amostra do estudo, sob a hipótese nula H_0 de que os efeitos dos tratamentos são todos iguais. Portanto, se $p < \alpha$ rejeitamos H_0 , isto é, ao nível de significância α concluímos que pelo menos um tratamento tem efeito diferente. O nível de significância global adotado para este trabalho será $\alpha = 0,05$.

- Analisando os 9 tratamentos, para o conjunto das 6 variáveis mecânicas de textura da carne, concluímos que existe diferença significativa entre eles ($p=0.0036$).
- Os resultados das *Comparações Múltiplas de Bonferroni* dos 8 tratamentos com o tratamento CC estão na Tabela 6.1, de onde concluímos que os únicos tratamentos significativamente diferentes do tratamento CC são **40Q** e **60F**.

Tabela 6.1 - Comparação entre tratamentos, nível descritivo e interpretação.

Contraste	Nível descritivo	Interpretação ($\alpha^* = 0.05/8 = 0.00625$)
20Q - CC	0.9679	não são diferentes
40Q - CC	0.0004	40Q é diferente do CC
60Q - CC	0.5209	não são diferentes
80Q - CC	0.7968	não são diferentes
20F - CC	0.3184	não são diferentes
40F - CC	0.0311	não são diferentes
60F - CC	0.0094	indicação de diferença
80F - CC	0.6268	não são diferentes

α^* : nível de significância para cada uma das 8 comparações de modo a manter o nível α global de 5%.

- **Observação:**

A análise descritiva revelou que os melhores tratamentos são 20Q e 60F, isto é, seriam os mais próximos da carne cozida, entretanto a análise inferencial indica que o tratamento 60F é diferente do tratamento CC.

Identificados os tratamentos diferentes do CC, o próximo passo consiste em identificar as variáveis responsáveis pelas diferenças. Isto será feito analisando individualmente cada uma das variáveis mecânicas. As técnicas de *Análise de Variância Univariada (ANOVA)*, (Neter et al. (1996)), e *Teste de Dunnett para Comparações com um controle*, (Hochberg & Tamhane (1987)), foram empregadas nesse estudo.

- Analisando os 9 tratamentos para cada uma das variáveis mecânicas através da ANOVA, temos o resultado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Variável, nível descritivo e interpretação das análises univariadas.

Variável	Nível descritivo	Interpretação ($\alpha = 0.05$)
Dureza	0.0002	os tratamentos são diferentes
Elasticidade	0.0607	indicação de diferença
Coesividade	0.0213	os tratamentos são diferentes
Mastigabilidade	0.0051	os tratamentos são diferentes
Gomosidade	0.0015	os tratamentos são diferentes
Adesividade	0.5358	os tratamentos não são diferentes

Comparando os 8 tratamentos com o tratamento CC, através da técnica de contrastes de *Dunnett*, identificamos os tratamentos nos quais as variáveis apresentam médias diferentes do CC, Tabela 6.3:

Tabela 6.3 - Relação de tratamentos estatisticamente diferentes do tratamento CC, variáveis mecânicas e estimativas.

Tratamento	Variável	Estimativa da diferença (Tratamento - CC) entre as médias e erro padrão
40Q	Dureza	2.382 ± 0.540
	Mastigabilidade	0.582 ± 0.172
	Gomosidade	1.030 ± 0.271
60F	Elasticidade	-0.063 ± 0.020
	Coesividade	-0.067 ± 0.023

Na Tabela 6.4 temos as estimativas e os respectivos erros padrão dos valores médios das variáveis mecânicas para o tratamento CC, e para os tratamentos 40Q e 60F, que são significativamente diferentes do tratamento CC.

Tabela 6.4 - Estimativas do valor médio e respectivo erro padrão para variáveis mecânicas de textura da carne nos tratamentos CC, 40Q e 60F.

Tratamento	Variável	Estimativa $\pm$ Erro padrão
CC	Dureza	2.5512 $\pm$ 0.2801
	Elasticidade	0.5904 $\pm$ 0.0137
	Coesividade	0.4541 $\pm$ 0.0189
	Mastigabilidade	0.6948 $\pm$ 0.0801
	Gomosidade	1.1579 $\pm$ 0.1235
	Adesividade	-0.9076 $\pm$ 0.2147
40Q	Dureza	4.9329 $\pm$ 0.5057
	Mastigabilidade	1.2772 $\pm$ 0.1753
	Gomosidade	2.1874 $\pm$ 0.2637
60F	Elasticidade	0.5274 $\pm$ 0.0175
	Coesividade	0.3868 $\pm$ 0.0182

6.2. AVALIAÇÃO SENSORIAL

Os tratamentos envolvidos neste estudo são: 20Q, 40Q, 60Q, 80Q e CC.

Queremos verificar se as notas médias dos 5 tratamentos são significativamente diferentes. Nesta análise utilizamos duas técnicas estatísticas diferentes: *Teste de Friedman para "Rank"*, (Conover (1980)), e *Análise de Variância com Medidas Repetidas*, (Neter et al. (1996)), que forneceram resultados análogos.

- Na análise inferencial realizada não foi detectada diferença significativa entre os 5 tratamentos, ao nível de significância de 5%.

As evidências mostram que as 20 pessoas que provaram as amostras de carne atribuíram notas médias estatisticamente iguais para todos os 5 tratamentos.

- Análise da correspondência entre ‘nota’ e ‘medida instrumental’.

Considerando os resultados vistos anteriormente, podemos concluir que não existe correspondência entre ‘nota’ e ‘medida instrumental’, pois considerando os 5 tratamentos (20Q, 40Q, 60Q, 80Q e CC) as ‘notas’ são iguais enquanto o tratamento 40Q é diferente do tratamento CC, quando o objeto da análise são as variáveis mecânicas.

7. RESULTADOS DA ANÁLISE

Os únicos tratamentos diferentes do tratamento CC são o **40Q** e **60F**. Os demais tratamentos têm efeitos estatisticamente iguais ao tratamento CC.

No tratamento **40Q**, as variáveis que apresentam valores médios diferentes dos valores médios do CC são *dureza*, *mastigabilidade* e *gomosidade*, enquanto no tratamento **60F**, essas variáveis são *elasticidade* e *coesividade*, Tabela 6.4.

Na avaliação sensorial, não foi detectada diferença estatística entre as notas médias dos tratamentos 20Q, 40Q, 60Q, 80Q e CC.

Não existe correspondência entre a variável sensorial ‘*Gosto da Carne*’ e as 6 variáveis mecânicas de textura da carne (*dureza*, *elasticidade*, *coesividade*, *mastigabilidade*, *gomosidade* e *adesividade*).

APÊNDICE

Tabela A1 - Carne liofilizada: estatísticas das seis variáveis medidas - Reidratação quente.

Variável	Temperatura de liofilização (°C)	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV ⁽¹⁾ (%)	Mínimo	Máximo
Dureza	20	2.4960	2.19	1.06	42.4	0.95	4.73
	40	4.9329	4.84	2.26	45.8	1.56	10.29
	60	3.1009	2.82	1.03	33.2	1.40	6.04
	80	3.1476	2.78	1.84	58.4	0.84	7.11
Elasticidade	20	0.5724	0.56	0.05	8.8	0.51	0.70
	40	0.5725	0.58	0.05	8.8	0.45	0.67
	60	0.5703	0.58	0.08	14.0	0.40	0.68
	80	0.5878	0.60	0.06	10.2	0.47	0.68
Coesividade	20	0.4479	0.43	0.06	13.3	0.37	0.61
	40	0.4359	0.43	0.05	11.4	0.35	0.56
	60	0.4650	0.48	0.07	15.2	0.31	0.57
	80	0.4382	0.44	0.07	15.9	0.31	0.56
Mastigabilidade	20	0.6580	0.52	0.36	54.5	0.24	1.67
	40	1.2772	1.06	0.78	60.9	0.37	3.84
	60	0.8396	0.75	0.37	44.0	0.27	1.82
	80	0.8444	0.73	0.57	67.9	0.19	2.03
Gomosidade	20	1.1279	0.97	0.55	48.7	0.43	2.67
	40	2.1875	1.89	1.18	53.9	0.63	5.75
	60	1.4537	1.35	0.58	40.0	0.65	3.19
	80	1.4007	1.30	0.88	62.9	0.33	3.14
Adesividade	20	-0.7252	-0.64	0.61	-83.6	-1.74	-0.04
	40	-0.3655	-0.26	0.47	-127.0	-1.48	0.03
	60	-0.7489	-0.52	0.82	-109.3	-3.02	-0.01
	80	-0.9483	-0.60	0.89	-93.7	-3.35	-0.15

Tabela A2 - Carne cozida: estatísticas das seis variáveis medidas.

Variável	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV ⁽³⁾ (%)	Mínimo	Máximo
Dureza	2.5512	2.30	1.25	49.0	0.85	6.03
Elasticidade	0.5904	0.59	0.06	10.2	0.49	0.70
Coesividade	0.4541	0.44	0.08	17.8	0.33	0.64
Mastigabilidade	0.6948	0.66	0.36	52.2	0.16	1.52
Gomosidade	1.1579	1.15	0.55	47.7	0.29	2.39
Adesividade	-0.9076	-0.71	0.89	-97.8	-3.01	0

¹ Coeficiente de Variação.

Tabela A3 - Carne liofilizada: estatísticas das seis variáveis medidas - Reidratação fria.

Variável	Temperatura de liofilização (°C)	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV ⁽²⁾ (%)	Mínimo	Máximo
Dureza	20	2.8279	2.42	1.40	49.5	1.38	5.95
	40	3.7969	3.14	2.43	63.9	1.60	9.36
	60	2.7276	2.35	1.67	61.2	0.94	6.43
	80	2.9274	2.50	1.82	62.1	0.61	6.74
Elasticidade	20	0.5492	0.57	0.07	12.7	0.29	0.62
	40	0.5594	0.57	0.06	10.7	0.43	0.66
	60	0.5274	0.53	0.08	12.1	0.34	0.65
	80	0.5790	0.60	0.06	10.3	0.45	0.68
Coesividade	20	0.4297	0.45	0.09	20.9	0.14	0.57
	40	0.4541	0.44	0.07	15.6	0.39	0.69
	60	0.3869	0.40	0.08	20.5	0.22	0.54
	80	0.4714	0.49	0.07	14.9	0.32	0.56
Mastigabilidade	20	0.7033	0.61	0.43	61.4	0.06	1.84
	40	0.9990	0.79	0.72	72.0	0.38	2.75
	60	0.6152	0.51	0.48	77.4	0.07	1.85
	80	0.8493	0.67	0.63	74.1	0.09	2.56
Gomosidade	20	1.2501	1.08	0.73	58.4	0.20	3.13
	40	1.7560	1.40	1.17	66.5	0.67	4.43
	60	1.1198	0.86	0.83	74.1	0.21	3.49
	80	1.4238	1.20	0.97	68.3	0.20	3.75
Adesividade	20	-1.0579	-1.06	0.68	-64.2	-2.35	-0.10
	40	-1.1674	-0.74	1.16	-99.1	-3.38	-0.03
	60	-1.0530	-0.81	1.02	-97.1	-3.55	-0.04
	80	-0.7652	-0.45	1.20	-155.8	-5.56	-0.04

Tabela A4 - Distância das 6 variáveis ao *benchmark* e seu respectivo *rank*.

Variável	Temperatura de reidratação	Temperatura de liofilização (°C)	Valor médio da variável	Benchmark	Distância ao benchmark	Rank
Dureza	QUENTE	20	2.4960	2.5512	0.0552	1
		40	4.9329		2.3817	4
		60	3.1009		0.5497	2
		80	3.1476		0.5964	3
	FRIA	20	2.8279	2.5512	0.2767	2
		40	3.7969		1.2457	4
		60	2.7276		0.1764	1
		80	2.9274		0.3761	3

² Coeficiente de Variação.

Tabela A4 - Distância das 6 variáveis ao *benchmark* e seu respectivo *rank* (continuação).

Variável	Temperatura de reidratação	Temperatura de liofilização (°C)	Valor médio da variável	Benchmark	Distância ao benchmark	Rank
Elasticidade	QUENTE	20	0.5724	0.5904	0.0180	3
		40	0.5725		0.0178	2
		60	0.5703		0.0201	4
		80	0.5878		0.0026	1
	FRIA	20	0.5492	0.5904	0.0412	3
		40	0.5594		0.0310	2
		60	0.5274		0.0630	4
		80	0.5790		0.0114	1
Coesividade	QUENTE	20	0.4479	0.4541	0.0062	1
		40	0.4359		0.0181	4
		60	0.4650		0.0109	2
		80	0.4382		0.0159	3
	FRIA	20	0.4297	0.4541	0.0244	3
		40	0.4541		0.0000	1
		60	0.3869		0.0672	4
		80	0.4714		0.0173	2
Mastigabilidade	QUENTE	20	0.6580	0.6948	0.0368	1
		40	1.2772		0.5824	4
		60	0.8396		0.1448	2
		80	0.8444		0.1496	3
	FRIA	20	0.7033	0.6948	0.0085	1
		40	0.9990		0.3042	4
		60	0.6152		0.0797	2
		80	0.8493		0.1545	3
Gomosidade	QUENTE	20	1.1279	1.1579	0.0300	1
		40	2.1875		1.0296	4
		60	1.4537		0.2958	3
		80	1.4007		0.2428	2
	FRIA	20	1.2501	1.1579	0.0922	2
		40	1.7560		0.5981	4
		60	1.1198		0.0381	1
		80	1.4238		0.2659	3
Adesividade	QUENTE	20	-0.7252	-0.9076	0.1824	3
		40	-0.3655		0.5421	4
		60	-0.7489		0.1586	2
		80	-0.9483		0.0407	1
	FRIA	20	-1.0579	-0.9076	0.1504	3
		40	-1.1674		0.2598	4
		60	-1.0530		0.1454	2
		80	-0.7652		0.1424	1

Figura A1 - “Boxplot” das seis variáveis da *carne cozida*.

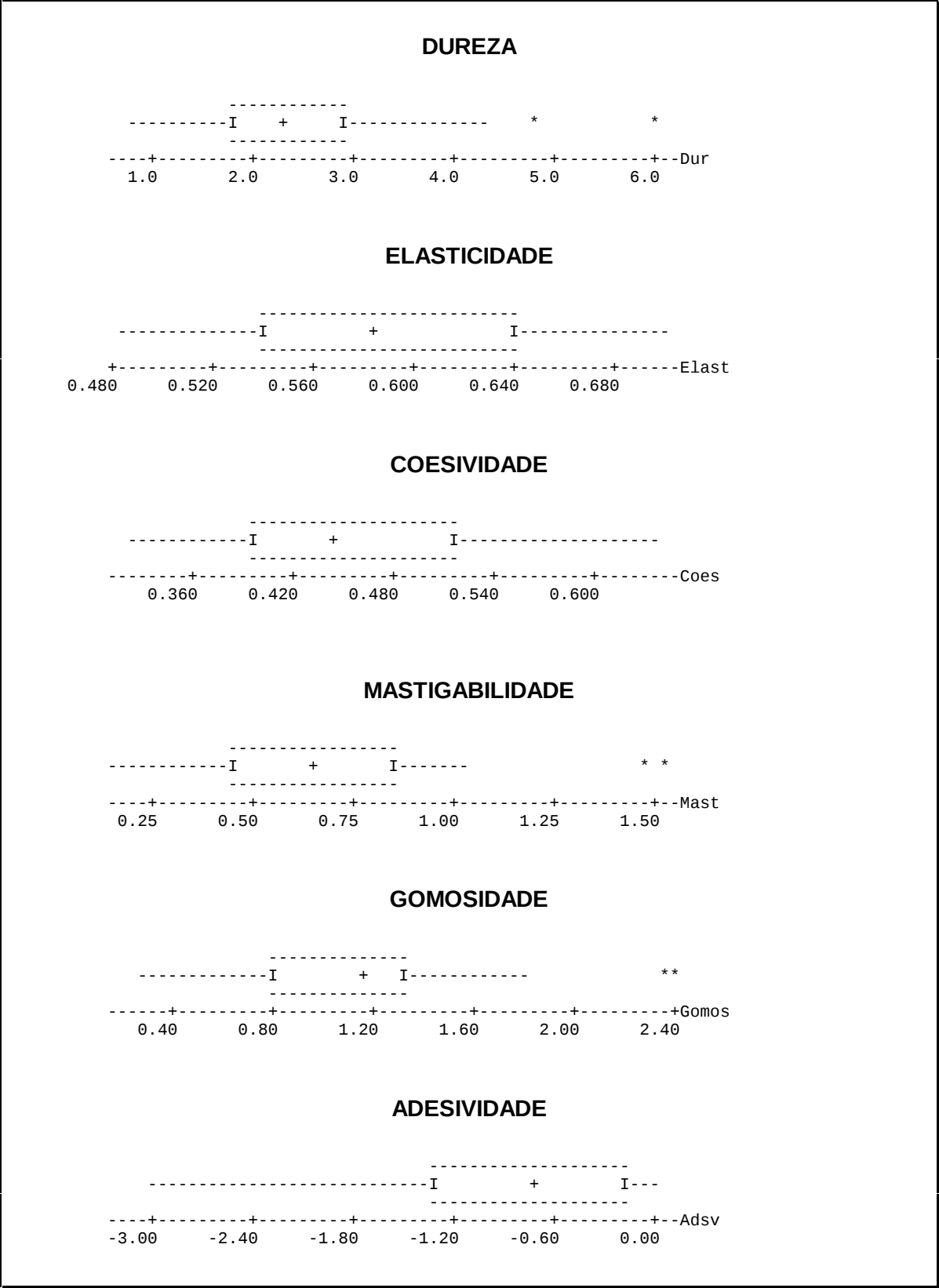


Figura A2 - “Boxplot” das seis variáveis da carne liofilizada e reidratação quente.

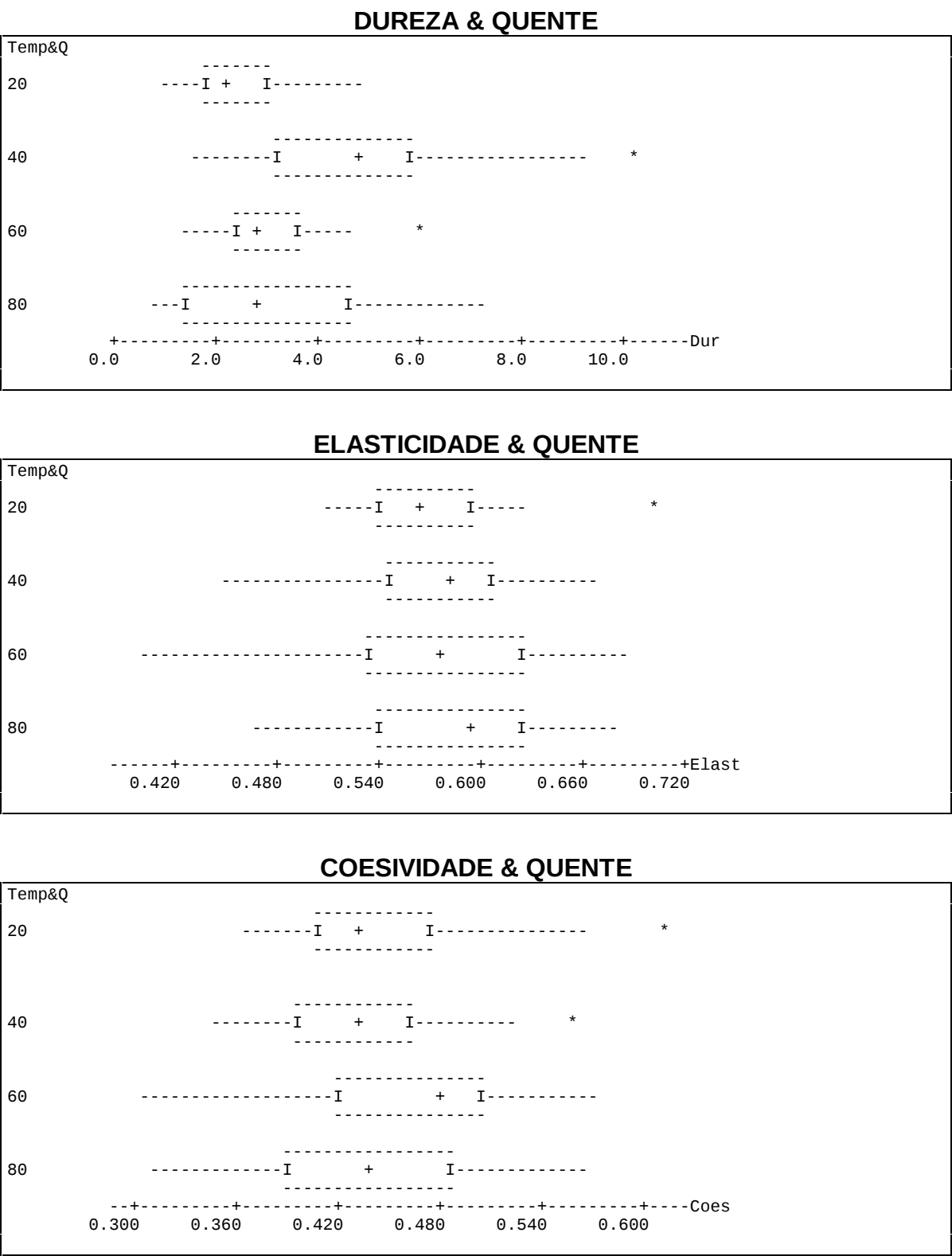


Figura A2 - “Boxplot” das seis variáveis da *carne liofilizada e reidratação quente*.
(continuação)

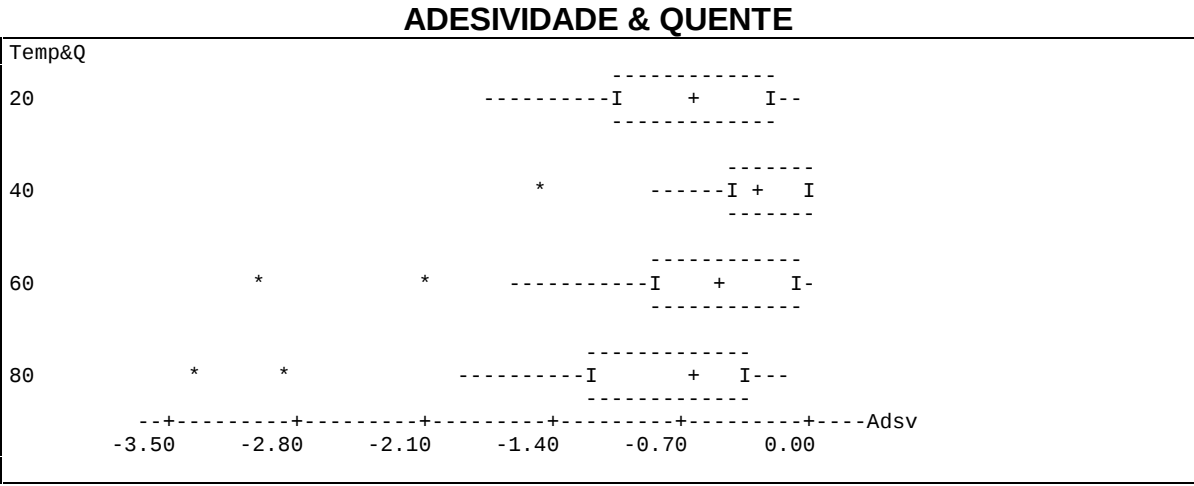
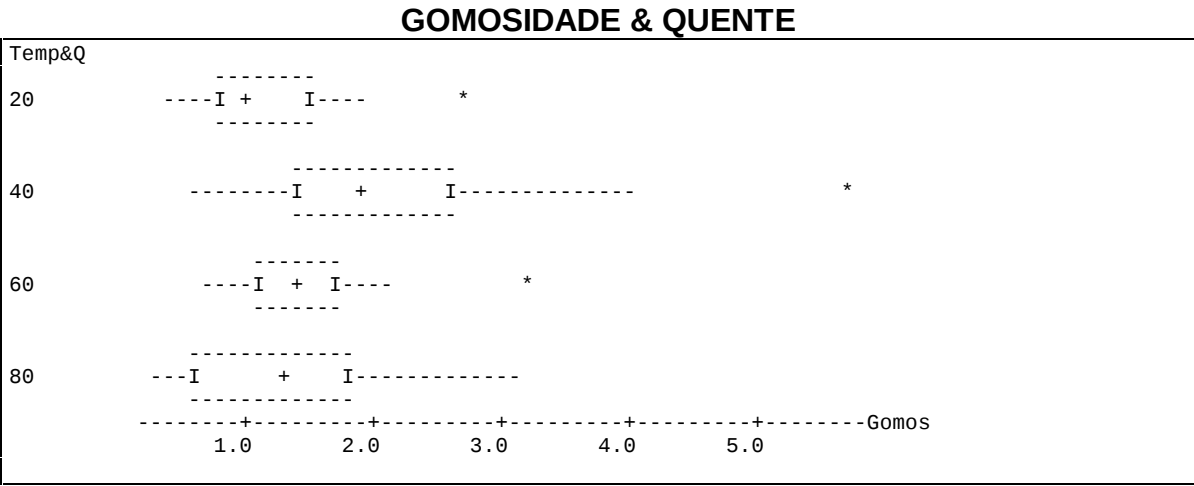
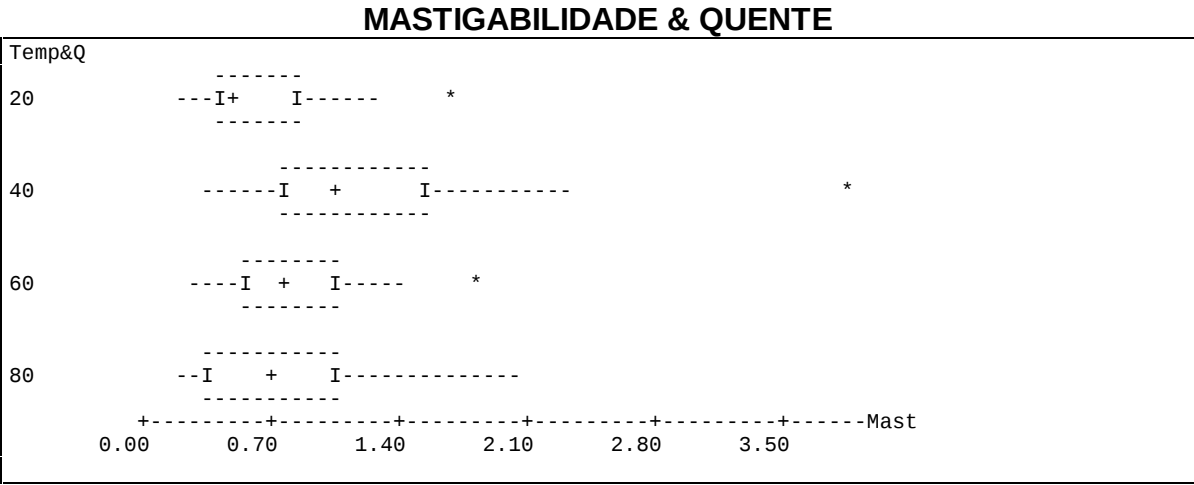


Figura A3 - “Boxplot” das seis variáveis da carne liofilizada e reidratação fria.

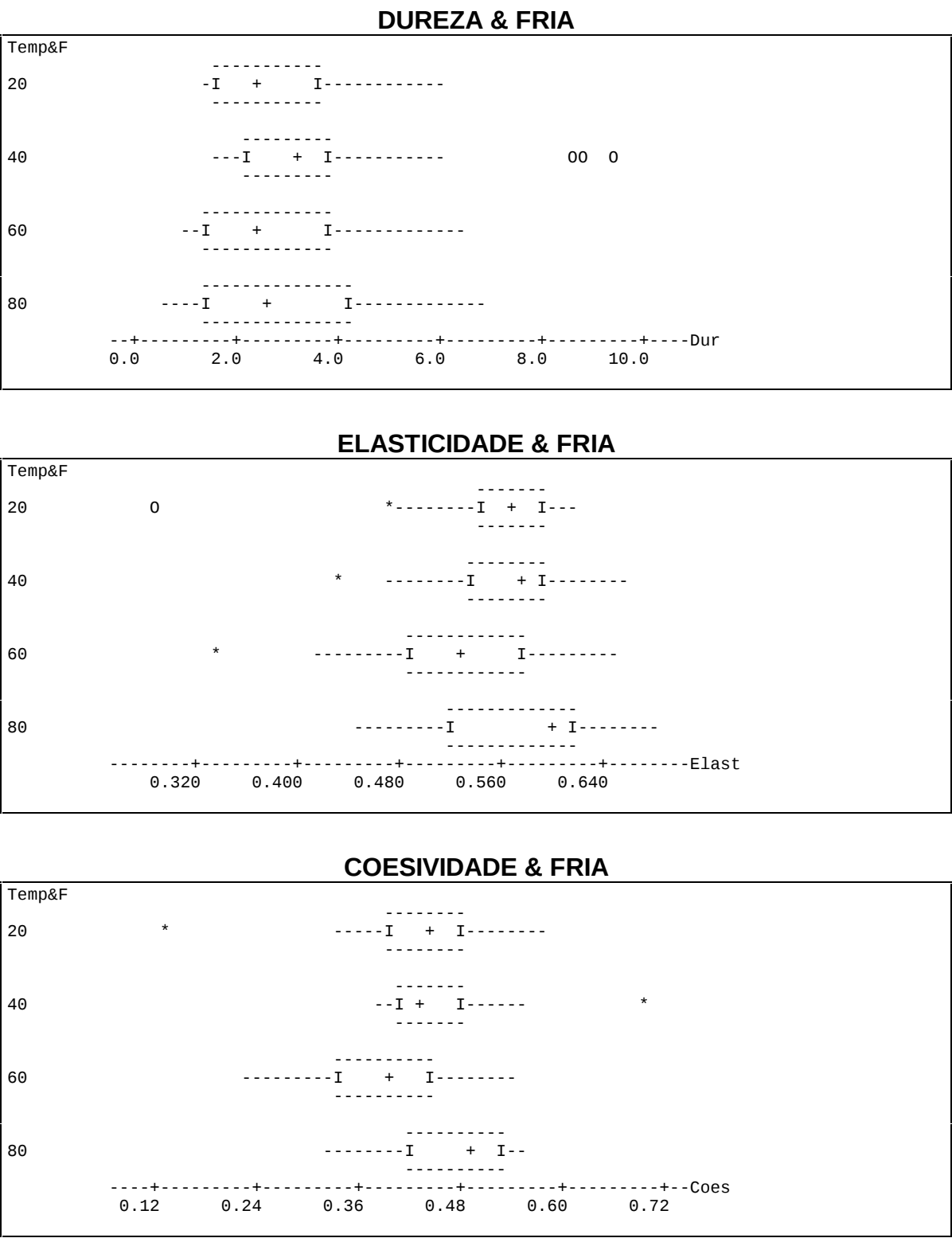


Figura A3 - “Boxplot” das seis variáveis da carne liofilizada e reidratação fria.
(continuação)

