

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Flávia Santos Twardowski Pinto

MÉTODOS PARA SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE
ASSESSORES SENSORIAIS

Porto Alegre

2013

Flávia Santos Twardowski Pinto

Métodos para Seleção e Avaliação de Assessores Sensoriais

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Professor Flávio Sanson Fogliatto,
Ph.D.

Porto Alegre
2013

CIP - Catalogação na Publicação

Santos Twardowski Pinto, Flávia
Métodos para Seleção e Avaliação de Assessores
Sensoriais / Flávia Santos Twardowski Pinto. --
2013.
107 f.

Orientador: Flávio Sanson Fogliatto.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, BR-
RS, 2013.

1. Análise sensorial. 2. Assessor sensorial. 3.
Desempenho. I. Sanson Fogliatto, Flávio, orient. II.
Titulo.

Flávia Santos Twardowski Pinto

Métodos para Seleção e Avaliação de Assessores Sensoriais

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Professor Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*
Orientador PPGEP/UFRGS

Professor José Luis Duarte Ribeiro, Dr.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Linda Lee Ho, Dra. (Dep. Eng. de Produção/USP)

Professora Simone Hickmann Flôres, Dra. (Dep. de Eng. de Alimentos/UFRGS)

Professor Michel José Anzanello, *PhD.* (Dep. de Eng. de Produção/UFRGS)

Dedico esta Tese ao meu marido Eduardo, aos meus piás e aos meus amados pais Diva Beatriz e José Luiz com gratidão pela compreensão ao longo desse percurso.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Flávio Sanson Fogliatto, exemplo de profissional, humano e dotado de excelente senso crítico, pelo conhecimento transmitido e dedicação dispensada.

Aos funcionários do PPGEP pelo suporte nas questões administrativas.

A turma do PPGEP, Alexandre, Celso, Guilherme, João, Maria, Miorando, Patrícia, Pedro e Verinha pelo companheirismo e momentos de descontração. Em especial aos amigos Camila Dutra, Camila Teles, Karina e Gabriel, que foram fundamentais para o “suporte psicológico” e desenvolvimento deste trabalho.

A duas grandes amigas e irmãs, Luciana Piatnick e Michelen Andrighetto, pelo suporte e amizade incondicional.

A todos os amigos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

À minha avó Nelsinda pelo carinho.

Aos meus pais que me ensinaram os princípios morais e éticos para chegar até aqui.

E, finalmente ao grande amor da minha vida, Eduardo,

E a Deus, por tudo.

*“Imagination is more important than knowledge.
Knowledge is limited, imagination encircles the
world.”*

Albert Einstein

PINTO, Flávia Santos Twardowski. *Métodos para Seleção e Avaliação de Assessores Sensoriais*, 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho apresenta proposições de métodos uni e multivariados para a avaliação do desempenho de assessores sensoriais. Desta forma, os objetivos desta tese são: (i) identificar os principais métodos utilizados para a seleção e classificação de assessores de painéis sensoriais; (ii) adaptar e testar métodos utilizados em outras áreas para a seleção e classificação de assessores sensoriais; (iii) propor métodos para a avaliação e desempenho de assessores sensoriais; (iv) validar os métodos propostos utilizando dados reais; e (v) comparar os métodos propostos com os métodos frequentemente utilizados na literatura. Os métodos desenvolvidos foram avaliados através da aplicação de um estudo de caso utilizando dados reais e comparados aos métodos utilizados na literatura. Os métodos propostos apresentam bom desempenho, atingindo os objetivos estabelecidos para o trabalho. Conclui-se que os métodos propostos foram capazes e eficientes na identificação de assessores sensoriais que não estão em consonância com os demais, sendo inovadores e inéditos na área da Sensometria.

Palavras-chaves: Análise sensorial. Assessor sensorial. Desempenho

PINTO, Flávia Santos Twardowski. *Methods for Selection and Evaluation of Sensory Assessors*, 2013. Dissertation (Doctorate in Engineering) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil.

ABSTRACT

This dissertation presents propositions of uni and multivariate methods for evaluating the performance of sensory assessors. There are five objectives: *(i)* identify methods most frequently used for selection and ranking of sensory assessors; *(ii)* adapt and propose methods used in other areas for the selection and ranking of sensory assessors; *(iii)* propose methods for evaluating the performance of sensory assessors; *(iv)* validate the methodological propositions using real life data; and *(v)* compare the proposed methods with those frequently used in literature. The Proposed methods were evaluated through a case study using real life data, and compared to methods available in literature. All propositions in this dissertation presented good performance, attending to the proposed objectives. We conclude that the proposed methods are suitable and allow identifying assessors according to their consensus with the rest of the panel, being innovative in the field of Sensometrics.

Keywords: Sensory assessor. Sensory analysis. Performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida	17
Figura 2.1 Aplicações da ANOVA dentro da Análise Sensorial.....	25
Figura 2.2. Principais efeitos individuais entre os assessors na utilização da escala	31
Figura 3.1. Área de atuação dos entrevistados	47
Figura 3.2. Roteiro de questões para as entrevistas de grupos focais.....	47
Figura 3.3. Codificação dos atributos sensoriais	49
Figura 3.4. Organização dos atributos sensoriais nos subgrupos por cada especialista	51
Figura 3.5. Primeira classificação conjunta dos atributos sensoriais	52
Figura 3.6. Segunda classificação conjunta dos atributos sensoriais	52
Figura 5.1. Definição do cálculo da Distância de Hausdorff.....	84
Figura 5.2. Curvas das notas médias para cada assessor	88
Figura 6.1. <i>Matriz Rv</i>	96
Figura 6.2. Dendograma para os dados originais	100
Figura 6.3. Dendograma para os dados a partir da matriz <i>Rv</i>	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Referências bibliográficas selecionadas, de 1975 até 2012.....	24
Tabela 2.2 Métodos utilizados para a seleção de assessores sensoriais	25
Tabela 3.1. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações utilizando todos os atributos para a 1 ^o classificação	55
Tabela 3.2. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações utilizando todos os atributos para a 2 ^o classificação	55
Tabela 3.3. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações após a eliminação de alguns atributos para a 1 ^o classificação	56
Tabela 3.4. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações após a eliminação de alguns atributos para a 2 ^o classificação	56
Table 4.1. Two-way ANOVA table.....	67
Table 4.2. Sources of variation in the measurement system	67
Table 4.3. Values for the control factors varied to obtain product samples	68
Table 4.4. Sensory attributes evaluated in the experiment.....	68
Table 4.5. $CA\Delta_j$ values for panelists, all attributes considered; CAG value is 0.974.....	69
Table 4.6. CA values for attributes, all panelists considered	70
Table 4.7. Consonance Analysis results – C index values for attributes.....	71
Table 4.8. Repeatability and reproducibility measures for each attribute.....	72
Table 4.9. Comparison of results – ranking of attributes according to investigated methods..	72
Tabela 5.1. Tabela ANOVA	81
Table 5.2. Tabela ANOVA das Distâncias de um fator	86
Tabela 5.3. Tabela comparativa dos métodos utilizados	89
Tabela 6.1. Cargas fatoriais utilizando os dados originais	99
Tabela 6.2. Cargas fatoriais utilizando a matriz Rv como dados de entrada	99
Tabela 6.3. Composição dos Agrupamentos a partir da matriz de dados originais.....	101
Tabela 6.4. Composição dos Agrupamentos a partir da matriz Rv	101

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Tema e Objetivos	15
1.2 Justificativa do tema e dos objetivos.....	15
1.3 Delineamento do Estudo	16
1.4 Delimitações do Estudo	18
1.5 Estrutura da Tese.....	18
1.6 Referências.....	19
2 ARTIGO 1 - MÉTODOS PARA SELEÇÃO DE ASSESSORES SENSORIAIS: ESTADO DA ARTE	20
2.1 Introdução	20
2.2 Método	22
2.3 Métodos para avaliação do desempenho de painéis sensoriais.....	24
2.4 Conclusões	33
2.5 Referências.....	34
3 ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO DA VALIDADE DE CONSTRUTOS APLICADA A ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA	41
3.1 Introdução	41
3.2 Referencial teórico	43
3.3 Procedimentos Metodológicos.....	45
3.4 Estudo aplicado	48
3.5 Conclusões	56
3.6 Referências.....	57
4 ARTIGO 3 - A METHOD FOR PANELISTS' CONSISTENCY ASSESSMENT IN SENSORY EVALUATIONS BASED ON THE CRONBACH'S ALPHA COEFFICIENT	59
4.1 Introduction.....	59

4.2	Background	61
4.3	Methods.....	63
4.4	Case Study.....	67
4.5	Results and Discussion.....	69
4.6	Conclusions.....	73
4.7	References.....	74
5	ARTIGO 4 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ASSESSORES SENSORIAIS UTILIZANDO CONCEITOS DE ANÁLISE FUNCIONAL	76
5.1	Introdução	77
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS	80
5.3	ESTUDO DE CASO	87
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
5.5	CONCLUSÃO	90
5.6	REFERÊNCIAS.....	90
6	ARTIGO 5 - COMPARAÇÃO DE MÉTODOS MULTIVARIADOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ASSESSORES SENSORIAIS	92
6.1	Introdução	92
6.2	MATERIAIS E MÉTODOS	95
6.3	ESTUDO DE CASO	97
6.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
6.5	CONCLUSÃO	102
6.6	REFERÊNCIAS.....	102
6.7	Apêndice	105
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
7.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	107

1 INTRODUÇÃO

A Análise Sensorial é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993). Segundo Lawless e Klein (1991), a análise sensorial compreende um conjunto de técnicas utilizadas para a medição de atributos sensoriais a partir de respostas humanas. As informações obtidas através da avaliação sensorial de um produto são utilizadas por empresas como suporte técnico para a pesquisa e controle de qualidade, bem como para a industrialização e *marketing*. Do ponto de vista do consumidor, a análise sensorial garante que o produto chegue ao mercado satisfazendo suas necessidades e expectativas (DUTCOSKY, 2011; LAWLESS; HEYMANN, 1998).

A avaliação sensorial é realizada de acordo com diferentes testes que dependem da sua finalidade (ANZALDÚA-MORALES, 1994). As medições devem ser precisas, isto é, fornecer a resposta correta em termos de algum critério ou padrão preestabelecido, sem erro sistemático ou ideia preconcebida (PIGGOTT, 1995). Limitações comuns nesses testes referem-se ao número de amostras, quantidade de atributos a serem analisados, número e treinamento de assessores. No que tange a esse último aspecto, Piggott (1995) salienta ser essencial um eficaz treinamento, bem como a verificação e avaliação do mesmo.

A capacidade de detectar diferenças é uma característica essencial para selecionar um assessor, assim como a repetibilidade, a consonância entre os assessores e concordância dos mesmos na utilização de atributos da mesma maneira (DIJKSTERHUIS, 1995). Todos esses fatores afetam o desempenho do painel sensorial, o qual pode ser verificado através de diferentes técnicas.

Desta forma, desenvolver um método simples ou modificar um método já existente a fim de que este se torne menos complexo e mais eficaz em aplicações industriais e acadêmicas tem papel fundamental no incremento do uso de Análise Sensorial.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema de pesquisa desta tese contempla a área de Sistemas de Qualidade, especificamente Sensometria, com foco específico no desenvolvimento e estudos de métodos eficientes para seleção de assessores sensoriais.

O objetivo geral desta tese é desenvolver ou modificar métodos capazes de quantificar o desempenho de assessores de painéis sensoriais. Para que seja possível alcançar o objetivo geral deste trabalho, é necessário atingir cinco objetivos específicos:

- a) Identificar os principais métodos utilizados para a seleção e classificação de assessores de painéis sensoriais;
- b) Adaptar e testar métodos utilizados em outras áreas para a seleção e classificação de assessores sensoriais;
- c) Propor métodos para a avaliação e desempenho de assessores sensoriais;
- d) Validar os métodos propostos utilizando dados reais; e
- e) Comparar os métodos propostos com os métodos frequentemente utilizados na literatura.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA E DOS OBJETIVOS

O tema desta tese é o desenvolvimento ou modificação de métodos para seleção e avaliação de assessores sensoriais visando facilitar a sua aplicação com eficácia.

Na utilização de técnicas uni ou multivariadas no contexto da avaliação sensorial descritiva deve-se dar destaque aos assessores sensoriais, pois são estas pessoas que trarão as informações sobre os produtos avaliados. Um dos objetivos da aplicação de ferramentas estatísticas às notas atribuídas pelos assessores sensoriais é detectar aqueles que não estão em consonância com o painel ou muitas vezes verificar qual atributo pode não ter sido bem compreendido pelos assessores.

Se os assessores sensoriais não estiverem adequadamente e suficientemente treinados, podem ocorrer os seguintes problemas: (i) os assessores podem não diferenciar um produto do outro devido à semelhança entre as amostras ou devido ao treinamento insuficiente ou inadequado; (ii) alguns assessores podem basear suas notas em aspectos sensoriais ou não sensoriais que não estão implícitos nos produtos; e (iii) alguns assessores podem apresentar respostas não confiáveis, mudando seu próprio critério de aceitação durante o teste

(WESTAD, 2003). Para saber se o painel está bem treinado, necessita-se de métodos adequados para sua verificação.

Em relação ao objetivo principal desta tese, que é desenvolver ou modificar métodos capazes de identificar e quantificar o desempenho de assessores de painéis sensoriais, destaca-se a necessidade deste tipo de contribuição para o meio acadêmico e industrial. Isso ocorre porque tanto para a academia, que utiliza frequentemente técnicas de Análise Sensorial, quanto para o meio industrial, que também as utiliza principalmente ao desenvolver novos produtos ou mesmo no Controle de Qualidade, surge a oportunidade de propor métodos alternativos aos já existentes, por vezes de grande complexidade, para identificar os assessores que não estão em consonância com o painel sensorial.

1.3 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Definidos os objetivos da tese e apresentada a justificativa da importância dos mesmos, esta seção estabelece o delineamento do estudo pelo qual esses objetivos serão alcançados, considerando o método de pesquisa e o método de trabalho que serão utilizados.

1.3.1 Método de Pesquisa

O método de pesquisa científica adotado nesta tese, do ponto de vista de sua natureza, segue uma abordagem quantitativa. Considerando-se a abordagem, o pesquisador deve capturar evidências da pesquisa através da mensuração das variáveis, com a menor interferência possível nas variáveis de pesquisa (MIGUEL et al., 2010).

Uma das formas mais clássicas do método científico é a metodologia hipotético-dedutiva a qual parte da percepção de uma lacuna nos conhecimentos acerca do qual se formulam as hipóteses originadas de problemas teórico/ práticos existentes, devendo ser submetidas à verificação com o propósito de serem corroboradas (LAKATOS; MARCONI, 2005).

A pesquisa desta tese é classificada como pesquisa exploratória e aplicada. As pesquisas exploratórias objetivam proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de deixá-lo mais explícito, a construir hipóteses ou ainda ao aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2008). A pesquisa aplicada gera conhecimentos aplicados na prática a fim de solucionar problemas concretos (CERVO; BERVIAN, 2002).

1.3.2 Método de trabalho

O desenvolvimento deste trabalho é realizado a partir de cinco artigos que possuem objetivos específicos que auxiliam a alcançar o objetivo geral da tese. Dependendo do artigo e do objetivo a ser alcançado, utilizam-se diferentes métodos de trabalho. A Figura 1.1 apresenta a estrutura do trabalho, com os artigos, seus objetivos e métodos.

Estudos	Objetivos	Questões de Pesquisa	Revisão Teórica	Método de Pesquisa
Artigo 1	Identificar os métodos utilizados para avaliação do desempenho de painéis sensoriais	Quais são os métodos utilizados para avaliar o desempenho de painéis sensoriais?	1. Métodos utilizados para avaliação e seleção de assessores sensoriais	Pesquisa bibliográfica qualitativa
Artigo 2	1. Analisar a percepção de especialistas de diferentes áreas em relação a classificação de atributos sensoriais 2. Avaliar a homogeneidade entre os assessores	Quais as percepções dos especialistas sensoriais em relação à Análise Sensorial? Existe alguma medida de consistência interna, utilizada em questionários, que pode ser aplicada na avaliação da homogeneidade dos assessores?	1. Grupos Focais 2. Medidas de Consistência Interna	Pesquisa qualitativa e quantitativa: 1. Pesquisa bibliográfica 2. Aplicação dos Grupos Focais e Medidas de Consistência
Artigo 3	Buscar um método eficiente para comparar perfis de avaliação sensorial	A Análise de Consistência Interna, através do cálculo do Alfa de Cronbach, pode ser utilizada para comparar perfis sensoriais?	1. Análise de Consistência Interna – Alfa de Cronbach 2. Análise de Consonância 3. Repetibilidade e Reprodutibilidade	Pesquisa quantitativa: 1. Análise do método proposto 2. Comparação com outros métodos 3. Validação com estudo de caso
Artigo 4	Aplicar o método da Análise de Variância (ANOVA) das distâncias em uma análise descritiva a fim de verificar o desempenho de assessores sensoriais	A ANOVA das distâncias pode ser utilizada para avaliar o desempenho de assessores sensoriais?	1. ANOVA das distâncias 2. Repetibilidade e Reprodutibilidade	Pesquisa quantitativa: 1. Análise do método proposto 2. Comparação com outros métodos 3. Validação com estudo de caso
Artigo 5	Modificar uma etapa dos métodos multivariados Análise Fatorial e Análise de Conglomerados através da inserção da matriz R_v , em uma das etapas destas técnicas, a fim de verificar o desempenho de assessores sensoriais	As técnicas multivariadas de Análise Fatorial e Análise de Conglomerados modificadas fornecem resultados melhores na avaliação do desempenho de assessores sensoriais?	1. Técnicas multivariadas na avaliação do desempenho de assessores sensoriais	Pesquisa quantitativa: 1. Análise do método proposto 2. Comparação com os métodos tradicionais de Análise Fatorial e Análise de Conglomerados 3. Validação com estudo de caso

Figura 1.1 Estrutura das etapas da pesquisa desenvolvida

O Artigo 1 – Métodos para seleção de assessores sensoriais: estado da arte – apresenta o estado da arte da literatura em torno da seleção de assessores sensoriais, mostrando as ferramentas utilizadas para a verificação do seu desempenho.

O Artigo 2 – Avaliação da validade de construtos aplicada à análise sensorial descritiva – analisa a percepção de especialistas de diferentes áreas de atuação em relação à análise sensorial e avalia a homogeneidade entre os assessores de um painel sensorial

mediante a utilização de medidas de consistência interna, tipicamente aplicadas na análise de questionários.

O Artigo 3 – A method for panelists' consistency assessment in sensory evaluations based on the Cronbach's alpha coefficient – busca um método eficiente para comparar perfis de avaliação. Utilizaram-se três métodos: Análise de Consonância, Análise de R&R e Análise de Consistência Interna pelo coeficiente Alfa de Cronbach. A Análise de Consistência Interna se revelou o melhor método, pois permitiu classificar os assessores segundo sua concordância em relação ao grupo, além de ser um índice computacionalmente simples.

O Artigo 4 - Avaliação do desempenho de assessores sensoriais utilizando conceitos de análise funcional – propõe uma adaptação da ANOVA de um fator utilizando conceitos de análise funcional para avaliação do desempenho de uma equipe sensorial. Os resultados obtidos a partir do método proposto foram comparados com a ANOVA de um fator. O método proposto foi eficiente identificando o assessor que apresentou perfil de avaliação de atributos diferente dos demais.

O Artigo 5 - Comparação de métodos multivariados para avaliação do desempenho de assessores sensoriais – modifica a entrada de dados para a realização das análises multivariadas Análise Fatorial e Análise de Conglomerados na avaliação do desempenho de assessores sensoriais. Verificou-se que a modificação proposta foi eficiente, permitindo identificar o assessor sensorial com perfil de avaliação diferente dos demais.

1.4 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este trabalho incide sobre os métodos utilizados para a avaliação do desempenho de assessores sensoriais através de técnicas uni e multivariadas de dados. Os métodos apresentados são focados na aplicação no setor alimentício em Análise Sensorial. A pesquisa concentra-se na análise sensorial descritiva.

Os métodos desenvolvidos e utilizados neste trabalho foram aplicados a um estudo de caso.

O estudo está focado na análise relacionada a produtos e não a processos.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo aborda a introdução do trabalho e os objetivos, justificando a importância desta pesquisa. Este capítulo também

apresenta o método de trabalho, a estrutura e as delimitações do estudo. Os cinco capítulos seguintes apresentam os artigos desenvolvidos, conforme a estrutura apresentada na Figura 1.1. Por último, o capítulo sete aborda as considerações finais, discutindo as principais contribuições da tese e apresenta sugestões de futuras pesquisas a serem desenvolvidas a partir dos resultados obtidos.

1.6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12994**: análise sensorial dos alimentos e bebidas. São Paulo, 1993.

ANZALDÚA-MORALES, A.A. **La evaluación sensorial de los alimentos em La teoria y La práctica**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A, 1994.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**. 5ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002, 242p.

DIJKSTERHUIS, G. Assessing panel consonance. **Food Quality and Preference**, n.1, v.6, p.7-14, 1995.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 3ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ed. São Paulo: Atlas, 2008, 200p.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ed. São Paulo: Atlas, 2005, 315p.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: principles and practices**. New York: Chapman and Hall, 1998.

LAWLESS, H.T.; KLEIN, B.P. **Sensory science theory and applications in foods**. Dekker. New York, 1991.

MIGUEL, P.A.C. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, 226p.

PIGGOTT, J.R. Design questions in sensory and consumer science. **Food Quality and Preference**, n.4, v.6, p.217-220, 1995.

WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P.; MARTENS, H. Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data. **Food and quality preference**, v. 14, p. 463-472, 2003.

2 ARTIGO 1 – Métodos para seleção de assessores sensoriais: estado da arte

Flávia Santos Twardowski Pinto
Flávio Sanson Fogliatto

Resumo

A validade dos resultados de uma análise sensorial baseia-se na sensibilidade e capacidade dos assessores de reproduzirem seus julgamentos. O painel sensorial é capaz de fornecer resultados com acurácia e precisão de acordo com o treinamento ao qual foi exposto bem como suas habilidades natas. Este artigo apresenta o estado da arte da literatura em torno do tema, mostrando as ferramentas utilizadas para a verificação do desempenho dos assessores.

Palavras-chave: Análise sensorial, desempenho, assessor sensorial

Methods for selecting sensory assessors: state of the art

Abstract

The validity of results from a sensory analysis is based on the sensibility and ability of assessors to reproduce their judgments. The sensory panel is able to provide results with accuracy and precision according to the degree of training it was exposed to as well as its assessors' innate abilities. This paper presents the state of the art of the literature on the theme, presenting tools and methods proposed for the verification of assessors' performance.

Keywords: Assessors' performance, sensory analysis, sensory panel

2.1 INTRODUÇÃO

Desde 300 a.C. os gregos já se interessavam pela análise sensorial quando elaboraram um tratado sobre aromas, demonstrando sua preocupação com o tema (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002). Técnicas de avaliação sensorial foram então desenvolvidas partindo-se da necessidade de obtenção de produtos adequados, que fossem aceitos pelos consumidores.

A tarefa atribuída às pessoas que avaliavam os produtos para o consumo não refletia necessariamente a preferência dos consumidores, os quais passaram a ter importante papel no sucesso ou não de novas indústrias. No ano de 1937, realizou-se o simpósio *Flavor in food* para solucionar a necessidade de medir a qualidade sensorial dos produtos alimentícios, bem como para definir métodos que pudessem verificar qual tipo de produto os consumidores desejavam (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002; AMORIM et al., 2010).

A partir disso, surgiram algumas necessidades fundamentais à análise sensorial como, por exemplo, o uso de assessores treinados para avaliar as influências das variáveis de processo nas propriedades sensoriais dos alimentos, independente de preferências pessoais dos assessores, e o uso de laboratórios adequados para a realização da avaliação das amostras (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002). Desde então, a aplicação da avaliação sensorial está em constante crescimento, sendo utilizada em diversas indústrias, tais como as alimentícias e farmacêuticas, com a finalidade de medir a qualidade de seus produtos (FOGLIATTO; ALBIN, 2003; SERFERT; DRUSCH; SCHWARZ, 2010).

A Segunda Guerra Mundial foi outro marco importante na análise sensorial. Foi nesta época que os estudos relacionados à aceitabilidade de alimentos tiveram um grande impulso, o qual pode ser exemplificado pelo estabelecimento de centros de pesquisas com o intuito de esclarecer as causas da não aceitabilidade dos alimentos desenvolvidos para os soldados (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002).

A análise sensorial compreende um conjunto de técnicas utilizadas para a medição de atributos sensoriais a partir de respostas humanas, tais como visão, tato, olfato, gosto e audição. As informações obtidas através da avaliação sensorial de um produto são utilizadas por empresas como suporte técnico para a pesquisa e controle de qualidade, bem como para a industrialização e *marketing*. Do ponto de vista do consumidor, a análise sensorial garante que o produto chegue ao mercado satisfazendo suas necessidades e expectativas (MUÑOZ, 2002; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001; PIGGOT, 1995).

De forma geral, a avaliação sensorial é realizada de maneira científica quando se utiliza um painel sensorial composto por um determinado número de pessoas denominadas assessores sensoriais. Este grupo de pessoas é selecionado para analisar os atributos sensoriais dos alimentos e treinado de acordo com o tipo de avaliação que se deseja fazer e com o tipo de produto que se deseja avaliar (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

As respostas da análise sensorial podem ser utilizadas pela indústria com diferentes objetivos, tais como (DUTCOSKY, 2011): (i) controlar as etapas de desenvolvimento de um produto; (ii) avaliar alterações na matéria-prima ou no produto final; (iii) selecionar um novo insumo; (iv) controlar o efeito da embalagem sobre o produto final; (v) controlar a qualidade do produto e de seu processo de produção; e (vi) verificar a estabilidade do produto durante seu armazenamento.

Lawless e Klein (1991) afirmam que a análise sensorial constitui-se em análises quantitativas onde os dados numéricos são coletados a fim de estabelecer relações válidas e específicas entre as características do produto e as percepções dos assessores. Os assessores

avaliam o produto observando seus atributos na seguinte ordem: aparência, odor, consistência e sabor. Como no processo de percepção estes atributos se sobrepõem e as impressões surgem quase que simultaneamente. Por isso, é necessário o treinamento das pessoas que irão avaliar o produto para que sejam capazes de avaliar cada atributo individualmente (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; VANNIER et al., 1999).

Portanto, uma análise sensorial bem sucedida depende primordialmente da habilidade do assessor em (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999; BARCENAS; ELORTONDO; ALBISU, 2004; ROMANO, 2006; ROMANO et al. 2011):

- Definir precisamente o que se deseja medir;
- Planejar o teste a ser aplicado, de modo que seja minimizada a subjetividade e a quantidade de testes necessários para que o resultado seja satisfatório; e
- Selecionar e treinar os assessores a fim de que estes forneçam uma avaliação reproduzível.

Para que as habilidades do assessor sejam adequadamente mensuradas devem ser levados em consideração alguns fatores adversos como, por exemplo, o humor, a motivação e sensibilidade do assessor, que serão fontes diretas de variação nas respostas. Utilizam-se então métodos estatísticos para avaliar os dados coletados (LAWLESS; KLEIN, 1991; LATREILLE et al., 2006).

Este artigo traz uma revisão do estado da arte da literatura sobre métodos de seleção e avaliação do desempenho de assessores sensoriais. Para tanto, está estruturado da seguinte forma: a seção 2.2 apresenta como foi realizada a busca e classificação de artigos; a seção 2.3 traz os métodos mais utilizados para seleção e ou avaliação do desempenho de assessores sensoriais; a conclusão encerra o artigo na seção 2.4.

2.2 MÉTODO

Esta seção apresenta a sequência e o detalhamento de etapas utilizadas na condução da presente revisão sistemática da literatura. As etapas utilizadas seguem a proposta de Magarey (2001), por sua vez semelhante à proposta de Ensslin et al. (2010).

- **Definição do problema**

A primeira etapa da revisão sistemática é a definição do problema. Considerando o tema de Análise Sensorial de Alimentos, foi estabelecido como objetivo elencar os métodos utilizados na etapa de avaliação, seleção e desempenho de assessores sensoriais.

- **Busca dos estudos**

A busca dos artigos foi realizada nos meses de março de 2012 a agosto de 2012, a partir do Portal de Periódicos da Capes, em busca avançada. As palavras-chave utilizadas na busca foram: *sensory analysis* e *performance*. Não se fixou o período pesquisado; a busca retornou artigos no período de 1990 até o presente. O total de artigos resultantes da busca foi de 75.

- **Seleção dos artigos**

Na etapa de seleção de artigos, a primeira atividade foi a análise do título, observando o problema a ser investigado. Após essa análise, não houve alteração no número de artigos selecionados para a pesquisa.

Na sequência, foi feita a avaliação dos artigos validados na atividade anterior, relacionando os resultados descritos com o objetivo norteador da pesquisa. Os artigos selecionados foram aqueles que apresentaram conteúdo relacionado à avaliação e seleção de assessores sensoriais. Dessa forma, 73 artigos foram selecionados atendendo a esse critério. Além disso, incorporou-se à base de referências artigos ou livros citados nos artigos inicialmente selecionados, o que aumentou o número de bibliografias na base de referências para 80, incluindo referências anteriores a 1990 (a referência mais antiga passou a ser de 1975). A Tabela 2.1 apresenta os periódicos, a base de dados onde o periódico se encontra, a área de conhecimento e o número de artigos selecionados.

Tabela 2.1 Referências bibliográficas selecionadas, de 1975 até 2012

<i>Journal/Conferência</i>	<i>Base de Dados</i>	<i>Área do Conhecimento</i>	<i>Artigos selecionados</i>
1 <i>Aquaculture</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
2 <i>BCEPPA - Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos</i>	<i>Directory of Open Access Journals Free</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
3 <i>Computational Statistics & Data Analysis</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências exatas e da terra</i>	<i>1</i>
4 <i>Food Chemistry</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
5 <i>Food Control</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
6 <i>Food Quality and Preference</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>46</i>
7 <i>Food Research International</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>4</i>
8 <i>Journal of Cereal Science</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
9 <i>Journal of Sensory Studies</i>	<i>Wiley Online Library</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>7</i>
10 <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i>	<i>Wiley Online Library</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
11 <i>LWT - Food Science and Technology</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>2</i>
12 <i>Meat Science</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>2</i>
13 <i>Postharvest Biology and Technology</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
14 <i>Psychometrika</i>	<i>Springer Verlag</i>	<i>Ciências exatas e da terra</i>	<i>2</i>
15 <i>Chemometrics and inteligente laboratory systems</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Ciências Agrárias</i>	<i>1</i>
16 <i>7th Sensometrics Meeting</i>			<i>1</i>
Total			73

2.3 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PAINÉIS SENSORIAIS

Métodos estatísticos utilizados para avaliar o desempenho de um painel sensorial treinado geralmente estão focados nas medidas que são capazes de captar a variação da capacidade dos assessores em reproduzir seus próprios julgamentos, assim como para comparar os indivíduos entre si. Outro objetivo usual destes métodos é testar a capacidade global do painel de discriminar as diferenças sensoriais em um conjunto de produtos.

A Tabela 2.2 apresenta a síntese dos métodos utilizados para a seleção de assessores sensoriais identificados nos artigos selecionados. A numeração das referências na Tabela 2.2 coincide com aquela dos artigos listados na seção de Referências, ao final deste artigo.

Tabela 2.2 Métodos utilizados para a seleção de assessores sensoriais

Método Utilizado	Frequência	Referências
Análise de Variância - ANOVA	36	[4], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [27], [31], [32], [33], [34], [36], [37], [41], [44], [46], [47], [51], [57], [58], [59], [61], [64], [69], [71], [72], [75], [76], [77], [79]
Repetibilidade e Reprodutibilidade	6	[7], [20], [22], [28], [36], [67]
<i>Structuration des Tableaux à Trois Indices de la Statistique</i> - STATIS	5	[39], [42], [46], [52], [53]
Tratamento do efeito de escala	3	[62], [66], [76]
<i>Generalized Procrustes Analysis</i> - GPA	13	[2], [25], [29], [31], [35], [46], [52], [53], [57], [63], [70], [73], [80]
Coefficiente de correlação	8	[1], [30], [43], [48], [49], [54], [68], [76]
Análise de Consonância	4	[6], [7], [18], [33]

Os artigos foram agrupados observando os métodos utilizados para a seleção de assessores sensoriais, sendo também identificada a frequência de ocorrência de cada método na Tabela 2.2. Um mesmo método pode aparecer em diferentes artigos, em comparação com outros métodos, o que geralmente ocorre quando é proposto algum método novo. A outra possibilidade é quando o artigo traz alguma contribuição na área de seleção de atributos e apenas utiliza algum método já conhecido para avaliar o desempenho de assessores sensoriais.

Abaixo seguem os métodos encontrados nos artigos.

2.3.1 Análise de Variância – ANOVA

A Análise de Variância é um teste estatístico que verifica se existe diferença significativa entre as médias e se os fatores analisados exercem influência em alguma variável dependente. Trata-se de um teste amplamente utilizado para a verificação do treinamento de um painel sensorial.

Dentre os artigos pesquisados que utilizaram ANOVA, 59% a utilizaram para verificar o desempenho dos assessores aplicando-a diretamente a seus estudos. A Figura 2.1 apresenta as utilizações diretas da ANOVA encontradas nos artigos pesquisados.

Aplicação	Análise	Referências
Desempenho do painel sensorial	ANOVA de dois fatores – verificação da reprodutibilidade	[6], [8], [13], [15], [16], [17], [26], [36], [37], [44], [46], [47], [51], [57], [59], [64], [71], [79],
	ANOVA de um fator - verificação da repetibilidade	[4], [13], [31], [32], [59], [69]
Discriminação de atributos	ANOVA	[12], [15], [26]

Figura 2.1 Aplicações da ANOVA dentro da Análise Sensorial

Dentro das utilizações estudadas da ANOVA, onde houve alguma proposição no método, salienta-se o trabalho de Tomic et al. (2013). Estes autores utilizaram a ANOVA de um fator para calcular um índice de discriminação que indica como um determinado assessor discrimina um produto comparado aos demais assessores. Este índice é obtido com a divisão do número de atributos que foram significativos a um nível de 5%, obtidos a partir da ANOVA de um fator para cada atributo, para um determinado assessor, pelo número total de atributos multiplicado por 100.

Verificou-se que a ANOVA de um fator realizada para cada assessor e atributo é um ponto de partida para análise do desempenho de assessores sensoriais. Næs e Solheim (1991) sugeriram que a estatística F fosse plotada permitindo a rápida identificação dos assessores e atributos que discriminam os produtos. Tomic et al. (2007) e Lea, Rødbotten e Næs (1995) aplicaram a proposta de Næs e Solheim (1991). Lea, Rødbotten e Næs (1995) propuseram ainda, no seu artigo, plotar os valores p dos assessores relativamente à média quadrada do erro para identificar o desempenho dos assessores relacionados com a discriminação e repetibilidade.

O modelo da ANOVA sugerido por Næs e Solheim (1991) para um assessor e atributo específico pode ser observado na equação (1):

$$S_{ijk}^a = \mu_j^a + \alpha_{ij}^a + \epsilon_{ijk}^a \quad (1)$$

onde S_{ijk}^a é a avaliação dada ao produto i relativamente ao atributo a pelo assessor j na replicação k , μ_j^a é a média do assessor j ao atributo a , α_{ij}^a é o efeito principal do produto i e ϵ_{ijk}^a é o termo do erro randômico, com ϵ_{ijk} independentes. O quadrado médio do erro (MSE) de um modelo é uma estimativa da variância de ϵ e fornece uma medida de quão bem o assessor j consegue repetir suas avaliações. Baixos valores de p - indicam que o assessor em questão pode diferenciar um ou mais produtos dos demais.

Martin et al. (2000), como os demais citados no início do texto, utilizaram a ANOVA para verificar a capacidade do painel sensorial em discriminar as amostras. Porém, esses autores aplicaram também técnicas de análise multivariada como *Generalized Procrustes Analysis* (GPA) e *Structuration des Tableaux à Trois Indices de la Statistique* (STATIS) para determinar e comparar a quantidade e a natureza das dimensões utilizadas por cada assessor em um painel e por cada painel para descrever o produto no espaço. Os autores concluíram que há pequenas diferenças nas análises, mas que são necessários mais estudos.

Brockhoff e Skovgaard (1994) propuseram um modelo paramétrico para assessores sensoriais. O modelo leva em consideração as diferenças de escala entre os assessores e a

repetibilidade obtida a partir da ANOVA. Brockhoff (1998) continuou o trabalho focado na avaliação de assessores e deu ênfase na comparação dos painéis ao invés de comparar assessores dentro de painéis, conforme proposto por Brockhoff e Skovgaard (1994). Dando sequência a este trabalho, Brockhoff (2003) identificou e apresentou graficamente as quatro diferenças básicas utilizadas para um único atributo sensorial pelos assessores quando se utiliza ANOVA, com os efeitos principais sendo assessores e amostras: nível, escala, concordância e variabilidade. Salienta-se que as diferenças são para escalas univariadas. O autor cita que a ANOVA pode ser utilizada para avaliar o nível, a escala e a concordância entre os assessores, conforme já apresentado em Brockhoff e Skovgaard (1994). Propõe então um modelo para avaliar assessores sensoriais utilizando mínimos quadrados, regressões individuais e ANOVAS ponderadas. Smith et al. (2003) aplicou a modificação da ANOVA proposta por Brockhoff (2003) em seu trabalho. Já Kreutzmann, Thybo e Bredie (2007) aplicaram a modificação proposta por Brockhoff e Skovgaard (1994) para verificar a repetibilidade de assessores sensoriais.

King, Hall e Cliff (2011) utilizaram o programa GRAPES para avaliar o desempenho dos assessores detendo-se a comparar se os assessores usam a escala da mesma maneira, se são confiáveis e se discriminam as amostras. A proposta da utilização deste programa foi comparar os resultados do mesmo com as análises realizadas separadamente. Este programa é baseado em Análise de Variância, e em três métodos de análise multivariada: Análise de Conglomerados, Análise de Consonância e Análise de Componentes Principais. Analisando seus resultados, os autores observaram que houve uma melhora na qualidade da avaliação sensorial quando os métodos foram utilizados conjuntamente.

No intuito de levar em consideração o painel sensorial e os assessores, Pineau, Chabanet e Schlich (2007) apresentaram uma metodologia. Os autores basearam sua abordagem em um modelo misto que contém um índice de repetibilidade, chamado REP, o qual verifica a repetibilidade dos assessores e é obtido a partir da ANOVA. Este índice é o desvio padrão ao longo das réplicas. A análise de repetibilidade a partir da ANOVA não traz nenhuma novidade, porém a ideia de trabalhar com o painel e assessores através do modelo foi a contribuição original dos autores.

Já Thybo e Martens (2000) analisaram a confiabilidade e o desempenho dos assessores sensoriais através de ANOVA univariada e a compararam a um procedimento multivariado através do discriminante de regressão por mínimos quadrados parciais (DPLSR – *Discriminant Partial Least Squares Regression*), obtendo resultados semelhantes entre as análises.

2.3.2 Coeficiente de correlação

Coeficientes de correlação podem ser utilizados para avaliar o desempenho de painéis sensoriais bem como de assessores. O coeficiente R_v mede a correlação entre duas matrizes. Ele varia de zero a um. Quando utilizado para avaliar a correlação entre assessores, as notas atribuídas pelos mesmos compõem a matriz de dados. Um coeficiente igual a 0 significa que os valores contidos nas matrizes são totalmente diferentes; um coeficiente igual a 1,0 significa que os valores são absolutamente iguais (ESCOUFIER, 1973 *apud* MONROZIER, DANZART (2001)).

O coeficiente de correlação R_v pode ser observado na equação (2):

$$R_v(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2) = \frac{\text{tr}[\mathbf{X}_1 \mathbf{X}_1^t \mathbf{X}_2 \mathbf{X}_2^t]}{\sqrt{\text{tr}(\mathbf{X}_1 \mathbf{X}_1^t)^2 \text{tr}(\mathbf{X}_2 \mathbf{X}_2^t)^2}} \quad (2)$$

sendo \mathbf{X}_1 e \mathbf{X}_2 as matrizes de dados referente aos assessores 1 e 2, respectivamente e suas transpostas, \mathbf{X}_1^t e \mathbf{X}_2^t .

Monrozier e Danzart (2001) utilizaram o coeficiente R_v para avaliar se um assessor diferiu do resto do painel sensorial.

Tomic et al. (2013) utilizaram índices de desempenho de assessores sensoriais com o intuito de avaliar a repetibilidade dos mesmos através dos coeficientes de correlação R_v ou R_{v2} , os quais são semelhantes aos propostos por Schlich et al. (2004).

Dentro da utilização do coeficiente de correlação, destaca-se o método DISTATIS. Este é uma generalização do escalonamento multidimensional clássico. Este método possui uma etapa interessante que é o uso dos coeficientes de correlação R_v para assessores treinados e não treinados. O coeficiente R_v mede a semelhança entre duas configurações e podem ser interpretados de uma maneira análoga a um coeficiente de determinação quadrada (ABDI et al., 2007; LELIÈVRE et al., 2008).

Além do coeficiente acima citado, há também o coeficiente de correlação de Pearson, equação (3). Este coeficiente mede o grau de associação linear entre duas amostras de observações medidas numa escala de intervalos.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p (x_{1k} - \bar{x}_i)(x_{1j} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{1k} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^p (x_{1k} - \bar{x}_j)^2}} \quad (3)$$

sendo x_{ik} o valor da variável k para a observação i , x_{ij} o valor da variável j para a observação i , \bar{x}_i representando a média de todas as variáveis para o indivíduo i , \bar{x}_j

representando a média de todas as variáveis para o indivíduo j , e p representando o número de variáveis. Este coeficiente pode variar entre -1 e 1, indicando que quando for zero significa que não há associação (FÁVERO et al, 2009).

O coeficiente de correlação de Pearson foi aplicado por McEwan (2003) para realizar a classificação de painéis sensoriais. O trabalho em questão avaliou 14 painéis sensoriais. Foi usado também o teste de Friedman para verificar como os painéis realizavam a discriminação entre as amostras. Os autores selecionaram 4 painéis dos 14. Granitto et al. (2008) também aplicaram o coeficiente de Pearson para calcular a correlação entre as médias do painel e cada assessor.

2.3.3 *Structuration des Tableaux à Trois Indices de la Statistique - STATIS*

O método STATIS é uma técnica exploratória de análise multivariada de dados baseada em álgebra linear e espaços vetoriais euclidianos. Conhecido também como ACT (*Analyse Conjointe de Tableaux*) este método foi concebido sobre a ideia básica da computação de distâncias euclidianas. O método STATIS utiliza o coeficiente R_p (definido em 1973 conforme descrito na seção 2.3.2) o qual mede a correlação entre duas matrizes.

Ledauphin, Hannafi e Qannari (2006) utilizaram um pré-tratamento da matriz de dados nas notas atribuídas pelos assessores sensoriais e após aplicaram o método STATIS (LAVIT et al., 1994) para medir a consistência dos assessores sensoriais. O pré-tratamento utilizou uma Configuração Média Ponderada para calcular um índice para cada assessor. O pré-tratamento dos dados da matriz foi realizado para que os efeitos de localização e dispersão das avaliações dos assessores fossem removidos. A seguir, os autores utilizaram o procedimento analítico do método STATIS (LAVIT et al., 1994) e obtiveram um índice que destaca os assessores que apresentam uma compreensão diferente dos atributos frente à equipe sensorial.

Meyners (2003) comparou alguns métodos multivariados para verificar o desempenho de assessores sensoriais: Análise Generalizada de Procrustes (GPA), STATIS na versão original e o método STATIS com modificações. Dentre as modificações utilizadas destacam-se: (i) utilização das médias aritméticas em vez da média ponderada dos pesos e (ii) utilização de pesos assintóticos. O autor não constatou diferenças nos resultados obtidos.

2.3.4 Análise Generalizada de Procrustes – GPA (*Generalized Procrustes Analysis*)

A Análise Generalizada de Procrustes (GPA – *Generalized Procrustes Analysis*) analisa os perfis de avaliação dos assessores de um painel sensorial com o objetivo de aproximar as configurações de cada assessor a uma configuração de consenso, maximizando as similaridades geométricas. A GPA é uma técnica exploratória multivariada que envolve transformações (translação, rotação, reflexão isotrópica) de matrizes de dados individuais, para cada assessor, a fim de fornecer comparabilidade ideal entre assessores. A média das matrizes individuais é chamada de matriz de consenso. A GPA é uma ferramenta útil para o controle dos dados de um perfil sensorial, principalmente porque mostra como os assessores se comportam espacialmente. Essa técnica, na análise sensorial, é muito utilizada para identificar diferenças entre produtos, concordância entre assessores e repetibilidade do assessor (XIONG et al., 2008). Na literatura pesquisada observou-se que Jahan, Paterson e Piggott (2005), Ferreira et al. (2008), Albert et al. (2011), Sinesio e Moneta (1997) e Soriano et al. (2007) aplicaram a GPA para avaliar o desempenho do painel sensorial.

NÆS (1990) usou ANOVA e GPA para verificar o desempenho dos assessores. Já outros pesquisadores propuseram alterações na análise. Por exemplo, Kunert e Qannari (1999) propuseram uma alternativa simples para o uso do GPA, que envolve um pré-tratamento estatístico simples, a fim de determinar fatores de escala isotrópicos associados aos assessores. Em uma segunda etapa, utiliza-se Análise de Componentes Principais (ACP) com os dados obtidos no pré-tratamento. A ACP permite representações gráficas dos produtos e a interpretação dos componentes principais é realizada considerando suas correlações com os atributos dos assessores.

Através da comparação da utilização da GPA com o método STATIS, Meyners, Kunert e Qannari (2000) propuseram uma abordagem combinada, que integra os métodos obtendo resultados melhores nas simulações. Os autores propuseram uma combinação do algoritmo da GPA com os pesos calculados através do coeficiente R_p (LELIÈVRE et al., 2008). Dos resultados obtidos observou-se que a GPA modificada foi significativamente melhor que o STATIS em mais de 50% das simulações e que a GPA modificada também foi superior a GPA tradicional em mais da metade das simulações.

McEwan et al. (2002) utilizaram GPA para a avaliação entre os painéis sensoriais testados. Eles compararam com o coeficiente R_p entre os assessores e entre os painéis para avaliar a consonância entre os mesmos.

Qannari, Wakeling e MacFie (1995) propuseram uma hierarquia de níveis como alternativa ao uso da GPA, obtendo melhores resultados para suas análises. Os modelos propostos utilizaram matrizes de associação, efeitos de escala isotrópicos e utilização de etapas do método STATIS.

2.3.5 Tratamento do efeito de escala

Alguns artigos salientam a importância de considerar o efeito de escala, apesar de se saber que um treinamento adequado dos assessores é capaz de reduzir alguns destes efeitos. Por isso, alguns pesquisadores propõem alternativas para tratar o efeito de escala. O efeito de escala, bem como outros podem ser visualizados na Figura 2.2.

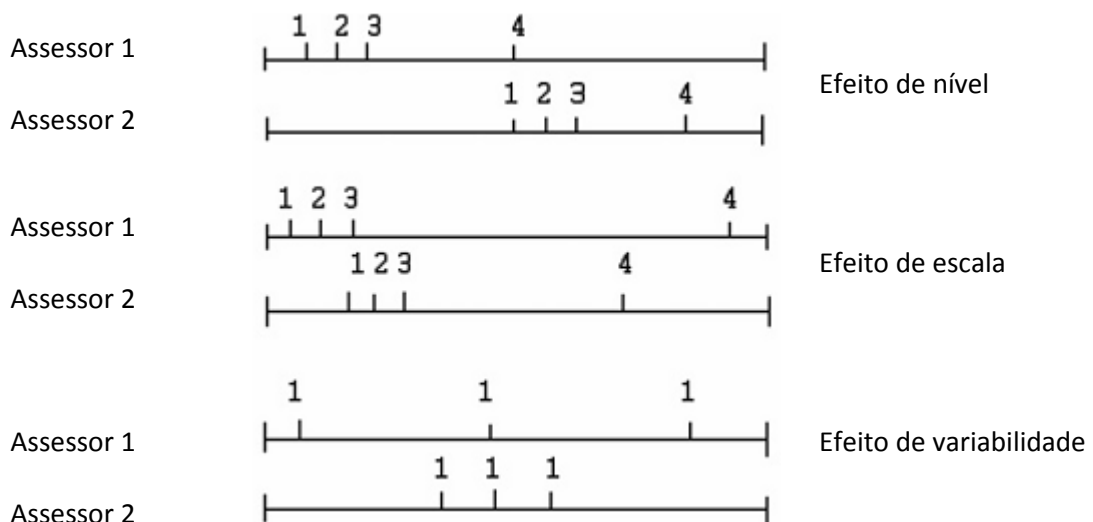


Figura 2.2. Principais efeitos individuais entre os assessores na utilização da escala

Fonte: Adaptado de Romano et al. (2008)

Três abordagens diferentes para lidar com os efeitos de escala foram comparadas por Romano et al. (2008): (i) padronização dos valores para cada atributo sensorial; (ii) método para minimizar as diferenças entre cada combinação de dois assessores (TEN BERG, 1977); e (iii) uso do modelo proposto por Brockhoff e Skovgaard (1994), mencionado na seção 2.3.1. A vantagem dos dois primeiros métodos é sua simplicidade. A primeira abordagem padroniza as notas atribuídas pelos assessores, resultando então na não diferença de nível e de escala após o procedimento. No segundo caso, deve-se obter a maior semelhança possível entre as pontuações individuais de pares de assessores.

Qannari, McFie e Courcoux (1999) estudaram um índice de desempenho geral para todo o painel sensorial. Este índice pode ser útil para melhorar o desempenho do painel, indicando se o treinamento contínuo é necessário para todo o painel ou para alguns assessores

em particular. Uma vez que os fatores de escala isotrópicos são determinados, é possível obter uma configuração média de grupo utilizando um dos algoritmos propostos na literatura, por meio de rotações. Para tanto, os autores discutiram um novo algoritmo, o qual fornece um índice global de desempenho do painel e determina os fatores de escala isotrópicos.

2.3.6 Repetibilidade e Reprodutibilidade

Segundo Rossi (2001), repetibilidade é a habilidade do assessor em pontuar o mesmo produto de forma consistente para um dado atributo, sendo avaliada pela medição da variação presente nas medidas repetidas obtidas de um único assessor e reprodutibilidade é a habilidade do assessor pontuar os produtos da mesma forma que os demais assessores, sendo avaliada através da variação das médias obtidas de diferentes assessores. O autor utilizou as medidas de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) para avaliar o desempenho dos assessores de um painel sensorial. Seguindo sua proposição, Elortondo et al. (2007), François et al. (2006), Kuti, Hegyi e Kemény (2004) e Etaio et al. (2010) aplicaram o método proposto.

A repetibilidade, h_{ij} e a reprodutibilidade, K_{ij} , podem ser observadas nas equações (4) e (5), respectivamente (ROSSI, 2001):

$$h_{ij} = \frac{s_{ij}}{S_j} \quad (4)$$

$$K_{ij} = \frac{y_{ij} - x_j}{S_{yj}} \quad (5)$$

Sendo:

i o assessor;

j a amostra;

s_{ij} o desvio padrão das medidas para cada assessor em cada amostra;

S_j o desvio padrão de todos os assessores para cada amostra;

y_{ij} a média das medidas de cada assessor para cada amostra;

x_j a média das médias de cada assessor para cada amostra;

S_{yj} o desvio padrão das médias dos assessores para cada amostra.

2.3.7 Análise de Consonância

A Análise de Consonância (DIJKSTERHUIS, 1995) utiliza uma estatística baseada em Análise de Componentes Principais (ACP) para avaliar a consonância entre assessores de um painel sensorial. A ideia é aplicar a ACP nas matrizes individuais dos atributos de

dimensões $(PR \times J)$, sendo $J(j = 1, \dots, J)$ assessores, $P(p = 1, \dots, P)$ produtos e $R(r = 1, \dots, r)$ repetições.

A consonância da equipe é medida através da estatística C , utilizando-se os autovalores obtidos na ACP, de acordo com a equação (6):

$$C = \frac{\gamma_1^2}{\sum_{j=2}^J \gamma_j^2} \quad (6)$$

onde γ_j é o autovalor associado ao provador j .

Barcenas, Elortondo e Albisu (2000) utilizaram ANOVA e Análise de Consonância a fim de verificar o desempenho dos assessores sensoriais. Já Boumaza et al. (2010) aplicaram o método de Rossi (2001) de repetibilidade e reprodutibilidade para o desempenho global do painel e o método de Análise de Consonância para verificar a consonância do painel.

2.4 CONCLUSÕES

A capacidade de detectar diferenças é uma característica essencial para selecionar um assessor sensorial, assim como a sua repetibilidade, consonância com os demais assessores e sua concordância na utilização de atributos da mesma maneira (DIJKSTERHUIS, 1995). Todos esses fatores afetam o desempenho do painel sensorial, o qual pode ser verificado através de diferentes métodos.

A escolha de um método estatístico para verificar e avaliar o desempenho de um painel é de suma importância na Análise Sensorial. A revisão sistemática da literatura apresentada neste artigo revelou que existem diversos métodos utilizados para verificar e avaliar este desempenho.

Foram selecionados 73 artigos num período de 1975 a 2012, podendo-se ter uma visão ampla dos métodos utilizados. Portanto, a leitura destes artigos mostrou quais são os métodos utilizados pelos pesquisadores para a verificação e avaliação do desempenho de assessores de um painel sensorial.

Pode-se observar que alguns métodos utilizados demandam estatística complexa, como a Análise Generalizada de Procrustes, mais de uma técnica multivariada ou mesmo programação computacional. Por outro lado, observa-se que a Análise de Variância é o método mais utilizado, sendo aplicado como único método ou como comparação com outros métodos na avaliação do desempenho de assessores. Portanto, observa-se a oportunidade de introduzir um índice estatístico que seja capaz de verificar se o painel sensorial está adequadamente treinado. Além disso, poderia ser realizada a comparação dos métodos

propostos por Meyners (2003), como GPA, STATIS e STATIS modificado com outros métodos utilizados para verificar a consonância entre os assessores. E, podem-se introduzir estudos no contexto de análise de dados funcionais na área de análise sensorial, método ainda não utilizado.

2.5 REFERÊNCIAS

- (1) ABDI, H.; VALENTIN, D; CHOLLET, S.; CHREA, C. Analyzing assessors and products in sorting tasks: DISTATIS, theory and applications. **Food Quality and Preference**, n.4, v. 18, p. 627-640, 2007.
- (2) ALBERT, A.; VARELA, P., SALVADOR, A., HOUGH, G., FISZMAN, S. Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. **Food Quality and Preference**, v.22, p. 463-473, 2011.
- (3) AMORIM, I.S.; FERREIRA, E.B.; LIMA, R.R.; PEREIRA, R.G.F.A. Monte Carlo based test for inferring about the unidimensionality of a Brazilian coffee sensory panel. **Food Quality and Preference**, n.3, v. 21, p. 319-323, 2010.
- (4) ARES, G.; BARREIRO, C.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. **Journal of Sensory Studies**, v.25, p. 67-86, 2010.
- (5) BARCENAS, P.; ELORTONDO, F.J.P.; ALBISU, M. Projective mapping in sensory analysis of ewes milk cheeses: A study on consumers and trained panel performance. **Food Research International**, n. 7, v.37, p.723-729, 2004.
- (6) BARCENAS, P.; ELORTONDO, F.J.P.; ALBISU, M. Selection and screening of a descriptive panel for ewes milk cheese sensory profiling. **Journal of Sensory Studies**, v.15, p.79-99, 2000.
- (7) BOUMAZA, R.; HUCHÉ-THÉLIER, L.; DEMOTES-MAINARD, S.; COZ, E.; LEDUC, N.; PELLESCI-TRAVIER, S.; QANNARI, E.M.; SAKR, S.; SANTAGOSTINI, P.; SYMONEAUX, R.; GUÉRIN, V. Sensory profiles and preference analysis in ornamental horticulture: the case of the rosebush. **Food Quality and Preference**, n.8, v. 21, p.987-997, 2010.
- (8) BRAGHIERI, A.; Piazzolla, N.; Carlucci, A.; Monteleone, E.; Girolami, A.; Napolitano, F. Development and validation of a quantitative frame of reference for meat sensory evaluation. **Food Quality and Preference**, n.1, v. 25, p.63-68, 2012.
- (9) BROCKHOFF, P.B. Assessor modeling. **Food Quality and Preference**, n.3, v.9, p.87-89, 1998.
- (10) BROCKHOFF, P.B. Statistical testing of individual differences in sensory profiling.

Food Quality and Preference, n. 5-6, v.14, p.425-434, 2003.

- (11) BROCKHOFF, P.M.; SKOVGAARD, L.B.M. Modelling individual differences between assessors in sensory evaluation. **Food Quality and Preference**, p.215-224, 1994.
- (12) BROOKFIELD, P.L.; NICOLL, S.; GUNSON, F.A.; HARKER, F.R.; WOHLERS, M. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture. **Postharvest Biology and Technology**, v.59, p.179-186, 2011.
- (13) CARBONELL, L.; IZQUIERDO, L.; CARBONELL, I. Sensory analysis of Spanish mandarin juices: selection of attributes and panel performance. **Food Quality and Preference**, n.2, v.18, p.329-341, 2007.
- (14) CARLUCCI, A.; NAPOLITANO, F.; GIROLAMI, A.; MONTELEONE, E. Methodological approach to evaluate the effects of age at slaughter and storage temperature and time on sensory profile of lamb meat. **Meat Science**, n.4, v.52, p.391-395, 1999.
- (15) CARLUCCI, A.; MONTELEONE, E. Statistical validation of sensory data: a study on wine. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n.8, v.81, p.751-758, 2001.
- (16) CHOLLET, S.; VALENTIN, D.; ABDI, H. Do trained assessors generalize their knowledge to new stimuli? **Food Quality and Preference**, n.1, v.16, p.13-23, 2005.
- (17) COURONNE, T. A study of assessors' performance using graphical method. **Food Quality and Preference**, n.5-6, v.8, p.359-365, 1997.
- (18) DIJKSTERHUIS, G. Assessing panel consonance. **Food Quality and Preference**, n.1, v.6, p.7-14, 1995.
- (19) DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. Curitiba: Champagnat, 2011.
- (20) ELORTONDO, F.J.P.; OJEDA, M.; ALBISU, M.; SALMERÓN, J.; ETAYO, I.; MOLINA, M. Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods. **Food Quality and Preference**, n.2, v. 18, p.425-439, 2007.
- (21) ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; LACERDA, R.T.O.; TASCA, J.E. **ProKnow-C**, Knowledge Development Process - Constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.
- (22) ETAIO, I.; ALBISU, M.; OJEDA, M.; GIL, P.F.; SALMERÓN, J.; PÉREZ ELORTONDO, F.J. Sensory quality control for food certification: a case study on wine. panel training and qualification, method validation and monitoring. **Food Control**, n.4, v.21, p.542-548, 2010.
- (23) FARIA, E.V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: ITAL, 2002. 116p.
- (24) FÁVERO, L.P. et al. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de

decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 544p.

- (25) FERREIRA, E.B.; OLIVEIRA, M.S.; FERREIRA, D.F.; MAGALHAES, F.A.R. Sensory profile of gorgonzola via generalized procrustes analysis using R. **BCEPPA**, n.1, v.26, p.151-159, 2008.
- (26) FOGLIATTO, F.S., ALBIN, S.L., TEPPER B.J. A hierarchical approach to optimizing descriptive analysis multiresponse experiments. **Journal of Sensory Studies**, n.4, v.14, p.443-465, 1999.
- (27) FORDE, C.G.; DELAHUNTY, C.M. Understanding the role cross-modal sensory interactions play in food acceptability in younger and older consumers. **Food Quality and Preference**, n.7-8, v.15, p.715-727, 2004.
- (28) FRANÇOIS, N.; GUYOT-DECLERCK, C.; HUG, B.; CALLEMIEN, D.; GOVAERTS, B.; COLLIN, S. Beer astringency assessed by time–intensity and quantitative descriptive analysis: influence of pH and accelerated aging. **Food Quality and Preference**, v.17, p.445–452, 2006.
- (29) GOWER, J.C. Generalized Procrustes Analysis. **Psychometrika**, n.1, v.40, p.33-51, 1975.
- (30) GRANITTO, P.M.; BIASIOLI, F.; ENDRIZZI, I.; GASPERI, F. Discriminant models based on sensory evaluations: single assessors versus panel average. **Food Quality and Preference**, n.6, v.19, p.589-595, 2008.
- (31) JAHAN, K.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J.R. Sensory quality in retailed organic, free range and corn-fed chicken breast. **Food Research International**, n.5, v.38, p.495-503, 2005.
- (32) KIHMBERGA, I.; OSTROM, A.; JOHANSSON, L.; RISVIK, E. Sensory qualities of plain white pan bread: influence of farming system, year of harvest and baking technique. **Journal of Cereal Science**, n.1, v.43, p.15-30, 2006.
- (33) KING, M.C.; HALL, J.; CLIFF, M.A. A comparison of methods for evaluating the performance of a trained sensory panel. **Journal of Sensory Studies**, v.16, p.567-581, 2001.
- (34) KREUTZMANN, S.; THYBO, A.K.; BREDIE, W.L.P. Training of a sensory panel and profiling of winter hardy and coloured carrot genotypes. **Food Quality and Preference**, n.3, v.18, p.482-489, 2007.
- (35) KUNERT, J.; QANNARI, E.M. A simple alternative to Generalized Procrustes Analysis: application to sensory profiling data. **Journal of Sensory Studies**, v. 14, p.197-208, 1999.
- (36) KUTI, T.; HEGYI, A.; KEMÉNY, S. Analysis of sensory data of different food products by ANOVA. **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, n.2, v.72, p.253-257, 2004.

- (37) LABBE, D.; RYTZ, A.; HUGI, A. Training is a critical step to obtain reliable product profiles in a real food industry context. **Food Quality and Preference**, n.4, v.15, p.341-348, 2004.
- (38) LATREILLE, J.; MAUGER, E.; AMBROISINE, L.; TENENHAUS, M.; VINCENT, M.; NAVARRO, S.; GUINOT, C. Measurement of the reliability of sensory panel performances. **Food Quality and Preference**, n.5, v.17, p. 369-375, 2006.
- (39) LAVIT, C.; ESCOUFIER, Y.; SABATIER, R.; TRAISSAC, P. The ACT (STATIS method). **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 18, p.97-119, 1994.
- (40) LAWLESS, H.T.; KLEIN, B.P. **Sensory science theory and applications in foods**. Dekker. New York, 1991.
- (41) LEA, P. RØDBOTTEN, M.; NÆS, T. Measuring validity in sensory analysis. **Food Quality and Preference**, n.4, v.6, p.321-326, 1995.
- (42) LEDAUPHIN, S.; HANAFI, M.; QANNARI, E.M. Assessment of the agreement among the subjects in fixed vocabulary profiling. **Food quality and preference**, v. 17, p. 277-280, 2006.
- (43) LELIÈVRE, M.; CHOLLET, S.; ABDI, H.; VALENTIN, D. What is the validity of the sorting task for describing beers? A study using trained and untrained assessors. **Food Quality and Preference**, n.8, v.19, p.697-703, 2008.
- (44) LUCIANO, G.; NÆS, T. Interpreting sensory data by combining principal component analysis and analysis of variance. **Food Quality and Preference**, v.20, p.165-175, 2009.
- (45) MAGAREY, J.M. Elements of a systematic review. **International Journal of Nursing Practice**, vol. 7, p.376-382, 2001.
- (46) MARTIN, N.; MOLIMARD, P.; SPINLER, H.E.; SCHLICH, P. Comparison of odour sensory profiles performed by two independent trained panels following the same descriptive analysis procedures. **Food Quality and Preference**, n.6, v.11, p.487-495, 2000.
- (47) MARTINEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S.M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT - Food Science and Technology**, n.3, v.44, p.729-736, 2011.
- (48) MCEWAN, J.A.; HEINIO, R.; HUNTER, E.A.; LEA, P. Proficiency testing for sensory ranking panels: measuring panel performance. **Food Quality and Preference**, v.14, p.247-256, 2003.
- (49) MCEWAN, J.A.; HUNTER, E.A.; GEMERT, L.J.; LEA, P. Proficiency testing for sensory profile panels: measuring panel performance. **Food Quality and Preference**, n.3, v.13, p.181-190, 2002.
- (50) MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3 ed. Boca Raton, CRC Press, 1999.

- (51) MELO, L.L.M.M.; BOLINI, H.M.A.; EFRAIM, P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**, v.20, p.138-143, 2009.
- (52) MEYNER, M. Methods to analyse sensory profiling data: a comparison. **Food Quality and Preference**, n.5-6, v.14, p.507-514, 2003.
- (53) MEYNER, M.; KUNERT, J.; QANNARI, E.M. Comparing Generalized Procrustes Analysis and STATIS. **Food Quality and Preference**, v.11, p.77-83, 2000.
- (54) MONROZIER, R.; DANZART, M.A. A quality measurement for sensory profile analysis: the contribution of extended cross-validation and resampling techniques. **Food Quality and Preference**, n.5-7, v.12, p.393-406, 2001.
- (55) MUÑOZ, A.M. Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. **Food Quality and Preference**, v.13, p.329-339, 2002.
- (56) MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M.; BAXTER, I.A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, n.6, v.34, p.461-471, 2001.
- (57) NÆS, T. Handling individual differences between assessors in sensory profiling. **Food Quality and Preference**, n.3, v.2, p.187-199, 1990.
- (58) NÆS, T.; SOLHEIM, R. Detection and interpretation of variation within and between assessors in sensory profiling. **Journal of sensory studies**, v.6, p.159-77, 1991.
- (59) PÉREZ-CACHO, M.P.R.; GALÁN-SOLDEVILLA, H.; GARCÍA, J.C.; MONTES, A.H. Sensory characterization of nopalitos (*Opuntia* spp.). **Food Research International**, v.39, p.285-293, 2006.
- (60) PIGGOTT, J.R. Design questions in sensory and consumer science. **Food Quality and Preference**, n.4, v.6, p.217-220, 1995.
- (61) PINEAU, N.; CHABANET, C.; SCHLICH, P. Modeling the evolution of the performance of a sensory panel: a mixed-model and control chart approach. **Journal of Sensory Studies**, v.22, p.212-241, 2007.
- (62) QANNARI, E.M.; MACFIE, H.J.H.; COURCOUX, P. Performance indices and isotropic scaling factors in sensory profiling. **Food Quality and Preference**, n.1, v.10, p.17-21, 1999.
- (63) QANNARI, E.M.; WAKELING, I.; MACFIE, H.J.H. A hierarchy of models for analysing sensory data. **Food Quality and Preference**, v.6, p.309-314, 1995.
- (64) RAMOS, A.; BANDARRA, N.M.; REMA, P.; VAZ-PIRES, P.; NUNES, M.L.; ANDRADE, A.M.; CORDEIRO, A.R.; VALENTE, L.M.P. Time course deposition of conjugated linoleic acid in market size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. **Aquaculture**, v.274, p.366-374, 2008.
- (65) ROMANO, R. 2006. **Fuzzy Regression and PLS Path Modeling**: a combined two-stage

approach for multi-block analysis. Thesis - Università degli Studi di Napoli, Federico II, Napoli, 2006.

- (66) ROMANO, R.; BROCKHOFF, P.B.; HERSLETH, M.; TOMIC, O.; NÆS, T. Correcting for different use of the scale and the need for further analysis of individual differences in sensory analysis. **Food Quality and Preference**, v.19, p.197-209, 2008.
- (67) ROSSI, F. Assessing sensory panelist performance using repeatability and reproducibility measures. **Food Quality and Preference**, v.12, p.467-479, 2001.
- (68) SCHLICH, P.; Pineau, N.; Brajon, D.; Quannari, E.M. **Multivariate control of assessor performances**. In proceedings: 7th Sensometrics Meeting, Davis, California, US, 2004.
- (69) SERFERT, Y.; DRUSCH, S.; SCHWARZ, K. Sensory odour profiling and lipid oxidation status of fish oil and microencapsulated fish oil. **Food Chemistry**, n.4, v.123, p.968-975, 2010.
- (70) SINESIO, F.; MONETA, E. Sensory evaluation of walnutfruit. **Food Quality and Preference**, n.1, v.8, p.35-43, 1997.
- (71) SINESIO, F.; MONETA, E.; SABA, A. Comparison of Multivariate Methods of Analysis to evaluate panellists' performance. **Food Quality and Preference**, n.4, v.3, p.201-208, 1991-1992.
- (72) SMITH, A.; Cullis, B.; Brockhoff, P.; Thompson, R. Multiplicative mixed models for the analysis of sensory evaluation data. **Food Quality and Preference**, n.5-6, v.14, p. 387-395, 2003.
- (73) SORIANO, A.; RUIZ, A.G.; GÓMEZ, E.; PARDO, R.; GALÁN, F.A.; VIÑAS, M.A.G. Lipolysis, proteolysis, physicochemical and sensory characteristics of different types of Spanish ostrich salchichon. **Meat Science**, n.4, v.75, p.661-668, 2007.
- (74) TENBERG, J. Orthogonal procrustes rotation to maximal agreement for two or more matrices. **Psychometrika**, n.2, v.42, p.267-276, 1977.
- (75) THYBO, A.K.; MARTENS, M. Analysis of sensory assessors in texture profiling of potatoes by multivariate modeling. **Food Quality and Preference**, n.4, v.11, p.283-288, 2000.
- (76) TOMIC, O.; FORDE, C.; DELAHUNTY, C.; NÆS, T. Performance indices in descriptive sensory analysis: a complimentary screening tool for assessor and panel performance. **Food Quality and Preference**, v.28, p.122-133, 2013.
- (77) TOMIC, O.; NILSEN, A.; MARTENS, M.; NÆS, T. Visualization of sensory profiling data for performance monitoring. **LWT - Food Science and Technology**, n.2, v.40, p.262-269, 2007.
- (78) VANNIER, A.; BRUN, O.X.; FEINBERG, M.H. Application of sensory analysis to champagne wine characterisation and discrimination. **Food Quality and Preference**, n.2, v.10, p.101-107, 1999.

- (79) VILLANUEVA, N.D.M.; PETENATE, A.J.; SILVA, M.A.A.P. Performance of three affective methods and diagnosis of the ANOVA model. **Food Quality and Preference**, n.5, v.11, p.363-370, 2000.
- (80) XIONG, R.; BLOT, K.; MEULLENET, J.F.; DESSIRIER, J.M. Permutation tests for Generalized Procrustes Analysis. **Food Quality and Preference**, v.19, p.146-155, 2008.

3 ARTIGO 2 - Avaliação da validade de construtos aplicada à análise sensorial descritiva

Flávia Santos Twardowski Pinto

Flávio Sanson Fogliatto

Resumo

Este trabalho tem como objetivos: *(i)* analisar a percepção de especialistas de diferentes áreas de atuação em relação à análise sensorial, e *(ii)* avaliar a homogeneidade entre os assessores de um painel sensorial mediante a utilização de medidas de consistência interna, tipicamente aplicadas na análise de questionários. Para tanto, foram utilizadas abordagens qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa constituiu-se da realização de grupo focal com especialistas em análise sensorial. A abordagem quantitativa utilizou as respostas desses especialistas para analisar os subgrupos gerados na abordagem qualitativa, utilizando uma medida de consistência interna denominada Alfa de Cronbach. As abordagens foram testadas utilizando informações de um painel sensorial que analisou um produto cárneo. De 24 atributos sensoriais, obtiveram-se duas classificações: uma com cinco e outra com seis subgrupos. Através da análise de consistência interna foi possível reduzir este número de subgrupos para três: Aparência, Textura e Aroma. Além da redução do número de subgrupos ocorreu a redução do número de atributos para caracterização do produto cárneo o que para testes futuros acarreta a diminuição na fadiga imposta aos assessores, bem como no tempo e custo da análise.

Palavras-chave: análise sensorial, consistência interna, grupo focal

3.1 INTRODUÇÃO

A qualidade vista pela Ciência de Alimentos é composta pelas características que diferenciam unidades individuais de um produto, sendo importante a determinação do grau de aceitabilidade pelo consumidor. O conceito de qualidade de um produto se refere àqueles atributos que o consumidor, consciente ou inconscientemente, estima que o produto deva possuir. Dessa forma, são considerados os atributos físicos, sensoriais e a composição centesimal conjuntamente, gerando melhor entendimento das transformações que afetam a percepção de qualidade referente ao produto (FERREIRA; FREITAS; BASSLER, 2003). No entanto, esse conceito de qualidade deve ser estendido não só ao consumidor, mas a todos que participam da cadeia produtiva: da matéria-prima ao comprador. Aos produtores competem os cuidados com a matéria-prima; à indústria a produção com qualidade para manter os atributos sensoriais no produto final; aos distribuidores propiciar eficiente armazenamento; finalmente, aos consumidores determinar a qualidade do produto através de atributos sensoriais.

Uma das formas de analisar a qualidade de um produto através de seus atributos é utilizando métodos de análise sensorial. A avaliação sensorial é realizada de maneira científica, utilizando-se um painel sensorial composto por um grupo de pessoas especialmente selecionadas para analisar as diferentes características organolépticas dos alimentos.

Desta forma, os painéis sensoriais são compostos por um grupo de pessoas treinadas - os assessores - para detectar diferenças entre alimentos, determinar o perfil, medir a aceitação, identificar o atributo mais positivo e/ ou negativo de um alimento, ou mesmo verificar se o produto encontra-se dentro dos limites de qualidade especificados pela indústria que o produz (DUTCOSKY, 2011). Para uma eficaz avaliação sensorial é necessário que os resultados fornecidos pelos assessores sejam confiáveis (LATREILLE et al., 2006).

A validade dos resultados na análise sensorial baseia-se na sensibilidade e capacidade dos assessores de reproduzirem seus julgamentos. Os resultados de um perfil descritivo são tão bons quanto o desempenho do painel (King et al., 2001; CASTURA et al., 2005). Um bom painel sensorial fornece resultados com acurácia, discriminação e precisão. Isso é de suma importância, uma vez que testes de análise sensorial descritivos geralmente caracterizam-se por possuírem um elevado número de atributos, alto custo, além de os assessores poderem apresentar aleatoriedade em suas respostas mesmo após exaustivo treinamento.

Para avaliar a eficácia do treinamento dos assessores é necessária a utilização de índices apropriados capazes de mensurar o desempenho dos mesmos. A Análise de Variância é uma das técnicas utilizadas na avaliação do desempenho de um painel sensorial. Outras análises que podem ser utilizadas são as medidas de consistência interna. A consistência interna descreve estimativas de confiabilidade baseadas na média da correlação entre itens dentro de um teste, podendo ser compreendida como o grau de uniformidade ou de coerência existente entre as respostas para cada um dos itens de um teste. Entre os medidores de confiabilidade mais utilizados para medir a consistência interna tem-se: (i) Alfa de Cronbach; (ii) Split-half; (iii) Formas paralelas; (iv) Teste-reteste.

Com o intuito de organizar os atributos que os assessores devem avaliar é interessante que estes sejam agrupados em subgrupos. O agrupamento de dados denota a organização dos dados observados em estruturas que façam sentido, ou no desenvolvimento de taxonomias capazes de classificar dados observados em diferentes classes. Técnicas de agrupamentos têm sido aplicadas em diversas áreas, como na medicina, biologia e arqueologia. Os atributos sensoriais podem ser agrupados em características globais para que eles identifiquem o subgrupo ao qual eles fazem parte, como por exemplo: aparência, odor e

aroma, sabor e textura. A característica de aparência exerce uma grande influência no julgamento do alimento, uma vez que este quesito é o primeiro que o consumidor avaliará em relação a um produto, observando a cor, forma, tamanho e brilho. A característica de odor é um dos indicadores de avaliação da qualidade sanitária do alimento e tem influência direta na aceitação ou recusa do mesmo. Já a característica de sabor é uma sensação mista incluindo sensações de gosto, olfativas e bucais. E, finalmente a característica de textura é uma característica física, perceptível pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos.

Ao degustar um alimento as sensações são múltiplas. O olfato aliado à sensação do gosto contribui para dar o sabor que as pessoas sentem ao ingerir um produto. Por isso, é importante que os atributos estejam agrupados em características globais a fim de facilitar a avaliação pela equipe de assessores que compõem um painel sensorial.

Dessa forma, os objetivos desse trabalho são analisar a percepção de especialistas de diferentes áreas de atuação em relação à análise sensorial, e avaliar a homogeneidade entre os assessores de um painel sensorial mediante a utilização de medidas de consistência interna, tipicamente aplicadas na análise de questionários. Paralelamente esses objetivos oferecem duas contribuições. A primeira contribuição deste trabalho é a utilização da ferramenta de grupos focais na orientação da formação de subgrupos de atributos sensoriais, com o auxílio de especialistas em avaliação sensorial. A outra contribuição está relacionada a utilização do Alfa de Cronbach, medida de consistência interna para avaliar a homogeneidade entre os assessores de um painel sensorial, utilizando respostas obtidas em uma pré-coleta de dados.

Este artigo está dividido em 5 seções. Além da introdução apresentada na seção 3.1, a seção 3.2 aborda o referencial teórico. A seção 3.3 aborda a metodologia. Já a seção 3.4 apresenta o estudo aplicado, dividido em descrição, análise e interpretação e verificação da consistência interna. Finalmente a seção 3.5 apresenta as conclusões.

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Grupos Focais

O método de grupos focais, nos últimos anos, tem-se tornado uma ferramenta muito útil na coleta primária de dados e em avaliações de pesquisa. Segundo Beyea e Nicoll (2000), grupos focais podem ser definidos como fóruns de um pequeno grupo de indivíduos que se reúnem para discutir sobre algum assunto de interesse. Esses grupos são compostos, geralmente, de 5 a 10 pessoas, onde um moderador conduz a reunião através de roteiros semi

estruturados. Os dados obtidos são transcritos e acrescidos de anotações e reflexões do moderador (BEYEA; NICOLL, 2000). Atualmente, os grupos focais são muito utilizados nas áreas de *marketing*, saúde e sistemas de informação (KIDD; PARSHALL, 2000).

De acordo com Churchill e Nielsen (s.d.), os grupos focais são frequentemente utilizados em pesquisas de *marketing*, mostrando-se efetivos para: (i) gerar hipóteses que mais adiante poderão ser testadas; (ii) gerar informações úteis na estruturação de questionários a consumidores; (iii) promover um fundo geral de informações sobre uma categoria de produtos; e (iv) proteger informações em conceitos de novos produtos.

Medidas de Consistência Interna

A consistência interna corresponde ao grau de congruência que um item tem com os outros itens do instrumento de medida que está sendo avaliado. A medida de consistência interna pode ser medida através dos seguintes medidores de confiabilidade: Alfa de Cronbach, *Split-half*, Formas Paralelas e Teste Reteste.

O coeficiente Alfa de Cronbach mede a homogeneidade dos componentes da escala, ou seja, a consistência interna dos itens. Ele calcula a variância de cada item e a variância do conjunto de itens, variando de infinito negativo a +1, embora apenas valores positivos tenham significado. O valor do Alfa de Cronbach aumenta quando a correlação entre os itens aumenta (GARSON, 2009). A equação (1) mostra a fórmula do Alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{S_t^2} \right) \quad (1)$$

onde:

n é o número de itens do questionário;

S_i são as variâncias de cada item e

S_t é a variância total, onde é considerada a covariância entre os itens.

Segundo Hoyt (1941) o coeficiente α pode ser expresso como uma função simples dos quadrados médios dos sujeitos, S , (QM_S) e dos quadrados médios dos itens \times sujeitos, $S \times I$, ($QM_{S \times I}$) obtidos a partir de uma ANOVA em blocos casualizados. De forma que quando a razão dos quadrados médios apresenta distribuição F -Snedecor, o coeficiente α tem o mesmo comportamento (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006). A equação (2) mostra a estimativa para o coeficiente α :

$$\alpha = \frac{QM_S - QM_{S \times I}}{QM_S} \quad (2)$$

Outra forma de medir a consistência interna é utilizando o método *Split-half*. Esse método requer a divisão dos itens (atributos) em duas metades equivalentes. Os dois resultados são correlacionados, gerando o coeficiente de consistência, o qual fornecerá o

índice de fidedignidade do teste (GARSON, 2009; MARTINS, 2006). Para cada metade equivalente é calculada através do coeficiente de correlação de Pearson.

Já o método de formas paralelas consiste em avaliar um mesmo objeto através de dois instrumentos diferentes, porém equivalentes. Os instrumentos devem possuir o mesmo grau de dificuldade, o mesmo conteúdo dos itens e o mesmo poder discriminatório. A aplicação dos dois instrumentos a um mesmo grupo originará escores distintos que serão correlacionados fornecendo o coeficiente de equivalência, calculado pelo coeficiente de correlação de Pearson. A dificuldade deste método é obter dois instrumentos distintos e equivalentes. O instrumento de medida é considerado confiável quando a correlação entre os resultados das duas aplicações for fortemente positiva, ou seja, os padrões de resposta devem variar pouco entre as aplicações (GARSON, 2009).

Quando se mede a consistência interna através da técnica de Teste Reteste, o instrumento de medida é aplicado duas vezes a um mesmo grupo de pessoas, deixando-se um intervalo de tempo entre as aplicações. Se a correlação entre os resultados das duas aplicações for positivo o instrumento de medição pode ser considerado confiável. O fator que deve ser levado em consideração neste teste é o tempo entre as medições, pois períodos longos são suscetíveis a mudanças, as quais podem comprometer a interpretação do coeficiente de confiabilidade. Assim como, curtos intervalos de tempo podem conduzir à lembrança das respostas que foram dadas no primeiro teste (MARTINS, 2006).

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na presente pesquisa foram utilizados os resultados de uma análise sensorial descritiva quantitativa (realizada em um estudo prévio) em um grupo focal. O produto analisado pelo painel sensorial foi uma carne em cubos, pronta para o consumo, destinada ao exército americano. As formulações deste produto alimentício basearam-se em especificações militares. Foram testadas diferentes formulações, onde se variou a temperatura do processo, o tempo de processamento e diferentes tipos de carne.

Os assessores sensoriais foram selecionados através de duas etapas. A primeira etapa consistiu de uma entrevista telefônica, com o objetivo de identificar a disponibilidade do candidato e sua familiaridade com testes sensoriais. Os candidatos considerados aptos foram convidados a realizar uma bateria completa de testes, nos quais atributos relacionados a sabor, odor, textura e aparência foram investigados. De aproximadamente 25 candidatos, 8 foram selecionados ao término da fase preliminar de treinamento a qual teve duração de três meses.

A segunda fase consistiu de duas sessões de treinamento semanais, de duração aproximada de 1,5 horas, durante 3 meses. Ao final deste período os assessores foram considerados treinados.

Os oito assessores analisaram 26 atributos de 8 formulações do produto em questão. Cada avaliação foi realizada em quadruplicata. O painel foi realizado em 1994, no Nabisco Food Center da Rutgers University (EUA), como parte de um projeto de pesquisa para o exército norte-americano.

Neste trabalho, para o levantamento das impressões e sugestões dos especialistas em análise sensorial optou-se por adotar um procedimento qualitativo na coleta e tratamento dos dados. Dentro da abordagem qualitativa, selecionou-se a técnica de entrevistas em grupos focais. As entrevistas em grupos focais são utilizadas para gerar ideias e percepções de um grupo de pessoas sobre um assunto, pois propiciam riqueza e flexibilidade na coleta de dados e favorecem a espontaneidade através da interação entre os participantes (RIBEIRO, 2003).

A metodologia dos grupos focais utilizada neste estudo foi dividida em planejamento e condução das entrevistas. Na etapa de planejamento foram identificados o objetivo do estudo, a definição dos participantes, o local e as questões. Na condução das entrevistas foi definida a forma de armazenamento dos dados coletados e planejado o roteiro da sessão. O objetivo principal do estudo em grupos focais foi a organização de atributos sensoriais em subgrupos para que estes representassem características globais de qualidade do produto estudado com vistas a verificar posteriormente a consistência interna dos assessores dentro destes subgrupos.

O número de participantes foi de seis especialistas na área de análise sensorial, número este suficiente para todos terem a oportunidade de opinar em relação ao assunto e também para fornecer diversidade de ideias (RIBEIRO, 2003). Os especialistas pertenciam a diferentes áreas de atuação conforme pode ser observado na Figura 3.1. As entrevistas seguiram um roteiro semi-estruturado, com questões abertas induzindo à participação dos entrevistados. A estrutura do roteiro de questões está apresentada na Figura 3.2.

Formação do entrevistado	Área de atuação
Veterinário	Professor de nutrição
Engenheiro Químico	Professor de Análise Sensorial
Engenheiro de Alimentos 1	Supervisor de indústria de embutidos
Engenheiro de Alimentos 2	Consultor nas áreas de carnes, massas e doces
Engenheiro de Alimentos 3	Doutoranda em Engenharia de Produção
Aluno de Biomedicina	Saúde humana

Figura 3.1. Área de atuação dos entrevistados

Itens	Questões
Utilização de análise sensorial pelos especialistas	Como a análise sensorial é utilizada por você? Quais ferramentas de análise sensorial para o tratamento dos dados vocês utilizam?
Organização dos 24 atributos sensoriais em subgrupos	A partir destes 24 atributos sensoriais, é possível organizá-los em subgrupos? Quais e quantos subgrupos podem ser formados com estes 24 atributos? Pode-se formar apenas uma classificação?

Figura 3.2. Roteiro de questões para as entrevistas de grupos focais

A entrevista foi conduzida em uma sala do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, local adequado ao acesso dos participantes, que possui a estrutura física apropriada para dispor em círculo os entrevistados, forma esta de facilitar a comunicação entre os mesmos. A sessão teve duração de uma hora e quinze minutos, tempo suficiente para o levantamento dos dados e participação de todo o grupo.

A gravação em áudio foi o procedimento utilizado para o armazenamento de dados, bem como as anotações realizadas durante a condução do grupo focal. Foi realizada na sequência a transcrição das entrevistas, levando-se em consideração as opiniões individuais, os pontos convergentes e divergentes entre os participantes do grupo. A descrição dos dados é apresentada na Seção 3.4.1.

Os dados foram analisados através de observação das respostas obtidas, da ordenação por consenso, identificando os pontos de consenso e divergência entre os especialistas e ordenação por importância, identificando os elementos que os especialistas acharam mais relevantes. A etapa de interpretação dos dados foi realizada na sequência. As etapas de análise e interpretação são apresentadas juntamente na Seção 3.4.2.

Para a verificação da consistência interna entre os assessores utilizou-se o medidor de confiabilidade Alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951). A avaliação dos assessores foi realizada de acordo com os subgrupos de atributos estabelecidos através do grupo focal. Estabeleceu-se previamente que se o valor do coeficiente Alfa de Cronbach fosse inferior a 0,55 realizar-se-ia uma nova avaliação nos subgrupos a fim de verificar se algum atributo poderia pertencer a outro subgrupo. A medição do coeficiente de Alfa de Cronbach foi

realizada no *software* SPSS (*Statistical Package For Social Sciences*), versão 16,0 para *Windows*. Esta etapa de verificação da consistência dos atributos é apresentada na Seção 3.4.3.

3.4 ESTUDO APLICADO

3.4.1 Descrição

Nesta seção é apresentada a descrição dos dados do grupo focal, dividida de acordo com as perguntas utilizadas.

Como a análise sensorial é utilizada por você?

O Veterinário e o Engenheiro Químico, ambos professores, relataram que ministram a disciplina de análise sensorial para diferentes faculdades, entre elas Engenharia de Alimentos e Nutrição. O Engenheiro Químico ministra aulas para os cursos de graduação e pós-graduação e disse que segue todas as normas regulamentadas. Além das aulas, eles também a utilizam para pesquisa, como por exemplo, para o desenvolvimento de novos produtos, bem como para o aprimoramento dos mesmos. Ambos relataram utilizar testes do tipo discriminativos e descritivos.

Os Engenheiros de Alimentos, consultor e supervisor de uma empresa de alimentos, relataram utilizar a análise sensorial para o desenvolvimento de novos produtos e modificação de formulações de produtos já existentes em suas plantas. Disseram também que utilizam a análise sensorial para testar insumos de diferentes fornecedores em seus produtos. O Engenheiro de Alimentos 2 disse que habitualmente aplica testes de aceitação, do tipo Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e preferência. Já o Engenheiro de Alimentos 1 utiliza frequentemente escala hedônica.

O Engenheiro de Alimentos 3, que faz doutorado em Engenharia de Produção, utiliza a análise sensorial em sua tese de doutorado. Sua última experiência prática com análise sensorial foi para determinar a melhor formulação no desenvolvimento de um produto. Em trabalhos recentes ele utilizou ADQ, grupo focal e ordenação de preferência. O aluno de biomedicina, formando do curso de biomedicina, faz estágio curricular na área de desenvolvimento de novos produtos. Relatou também que participa de diferentes tipos de painéis sensoriais, sendo constantemente treinado para a realização desta atividade.

Quais ferramentas de análise sensorial para o tratamento dos dados vocês utilizam?

Todos os entrevistados disseram que utilizam Análise de Variância (ANOVA) para o tratamento dos dados obtidos a partir da análise sensorial.

O professor, Engenheiro Químico, disse que, além da ANOVA, utiliza tabelas estatísticas para os testes discriminativos, superfície de resposta e análise de componentes principais. Relatou já ter lido trabalhos com análise de Conglomerados, porém nunca utilizou. O Engenheiro de Alimentos 3, doutorando em Engenharia de Produção, disse conhecer ferramentas relacionadas a análise multivariada de dados.

A partir destes 24 atributos sensoriais, é possível organizá-los em subgrupos?

Os participantes do grupo focal receberam os 24 atributos sensoriais (Figura 3.3) em tiras de papel sem numeração, para que eles não fossem influenciados. Pediu-se que os especialistas organizassem os atributos dentro de subgrupos (características sensoriais globais) que os mesmos achassem pertinentes. Foi explicado a eles que estes atributos sensoriais se referem a atributos de uma carne em cubos, embalada em sachê, destinada aos soldados do exército americano.

Eles disseram que era possível organizar os atributos sensoriais em subgrupos e ordenaram de acordo com seus conhecimentos.

Código	Atributo sensorial	Código	Atributo sensorial
A1	Quantidade de molho de carne	A13	Sabor metálico
A2	Espessura visual do molho	A14	Sensação quente
A3	Uniformidade de tamanho e forma da carne	A15	Viscosidade do molho
A4	Aroma de carne cozida	A16	Elasticidade da carne
A5	Aroma de caldo de carne	A17	Densidade da carne
A6	Sabor de rim/ fígado	A18	Coabilidade inicial da carne
A7	Aroma de proteína vegetal hidrolisada	A19	Firmeza da carne
A8	Aroma de sangue de carne coagulado	A20	Mastigabilidade da carne
A9	Aroma de papelão	A21	Fibrosidade da carne
A10	Aroma de queimado, tostado	A22	Descamação/ estratificação da carne
A11	Aroma de gordura	A23	Secura/ umidade
A12	Sabor/ teor de sal	A24	Filme oleoso

Figura 3.3. Codificação dos atributos sensoriais

Quais e quantos subgrupos podem ser formados com estes 24 atributos?

Após observar que os especialistas já haviam organizado os atributos sensoriais em subgrupos, questionou-se como havia ficado cada distribuição.

Foram organizados cinco subgrupos por quatro especialistas e seis subgrupos por dois especialistas. Os subgrupos gerados a partir dos 24 atributos sensoriais foram: aroma ou odor, sabor, sabor residual, aparência ou visão, textura, formulação e preparo e tato. Neste trabalho optou-se chamar o subgrupo de Aroma ou Odor de Aroma e o subgrupo de Aparência ou Visão de Aparência.

A divisão dos subgrupos organizados por cada um dos especialistas pode ser observada na Figura 3.4.

Pode-se formar apenas uma classificação?

Quando foi questionado se poderia ser organizado apenas uma classificação dos atributos sensoriais, de forma que houvesse consenso, os especialistas mostraram-se surpresos ao verificar que havia diferentes opiniões quanto à organização dos mesmos. Obtiveram-se duas classificações conforme pode ser observado nas Figuras 3.5 e 3.6.

Os atributos Sabor metálico, Sensação quente, Viscosidade do molho, Secura/umidade, Filme oleoso geraram discussão na hora da classificação em grupo, gerando discussão.

Aluno de Biomedicina	Engenheiro de Alimentos 1	Engenheiro de Alimentos 3	Veterinário	Engenheiro de Alimentos 2	Engenheiro Químico
Aroma	Aroma	Aroma	Aroma	Aroma	Aroma
A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11	A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11 A6	A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11	A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11	A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11	A4 A5 A7 A8 A9 A10 A11
Sabor	Formulação e preparo	Sabor	Sabor	Sabor	Sabor
A6 A12 A24	A1 A12 A15 A23	A6 A12	A6 A12	A6 A12 A13 A14	A6 A12 A13
Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência	Aparência
A1 A2 A15	A2 A3 A24 A22	A1 A2 A3 A15 A24	A1 A2 A3 A24 A22	A1 A2 A3 A15 A24 A23	A1 A2 A3 A24 A22
Aluno de Biomedicina	Engenheiro de Alimentos 1	Engenheiro de Alimentos 3	Veterinário	Engenheiro de Alimentos 2	Engenheiro Químico
Textura	Textura	Textura	Textura	Textura	Textura
A3 A16 A17 A18 A19 A20 A21 A22 A23	A16 A17 A18 A19 A20 A21	A16 A17 A18 A19 A20 A21 A22 A23	A17 A16 A17 A18 A19 A20 A21	A16 A17 A18 A19 A20 A21 A22	A15 A16 A17 A18 A19 A20 A21 A14 A23
Sensação	Sensação	Sensação	Tato		
A13 A14	A13 A14	A13 A14	A14 A23		
		Sabor Residual	Sabor Residual		
		A24	A13		

Figura 3.4. Organização dos atributos sensoriais nos subgrupos por cada especialista

O atributo Filme oleoso, o qual havia sido classificado no subgrupo de aparência na classificação individual, apareceu nesta etapa nos subgrupos de Aparência e Sabor residual, respectivamente.

Apesar do atributo Viscosidade do molho ter sido classificado pela metade dos especialistas no subgrupo de Aparência, na formação de apenas uma classificação este atributo ficou no subgrupo de Textura.

O atributo Sensação quente gerou alguma discussão entre os especialistas, aparecendo nos subgrupos de Sabor e Sabor residual.

O atributo Sabor metálico havia sido colocado pela metade dos especialistas no subgrupo Sensação, mas quando foi necessário convergir para uma classificação, este atributo ficou no subgrupo de Sabor residual.

1º Classificação				
Odor	Sabor	Sabor Residual	Aparência	Textura
A4	A6	A13	A1	A16
A5	A12	A23	A2	A17
A7	A14		A3	A18
A8			A15	A19
A9			A22	A20
A10			A24	A21
A11				

Figura 3.5. Primeira classificação conjunta dos atributos sensoriais

2º Classificação				
Odor	Sabor	Sabor Residual	Aparência	Textura
A4	A6	A13	A1	A15
A5	A12	A14	A2	A16
A7		A23	A3	A17
A8		A24	A22	A18
A9				A19
A10				A20
A11				A21

Figura 3.6. Segunda classificação conjunta dos atributos sensoriais

3.4.2 *Análise e Interpretação*

Nesta seção é realizada a análise e interpretação dos dados.

Em um primeiro momento, os dados foram analisados através de observação, verificando onde cada especialista alocou os atributos sensoriais. Notou-se que os subgrupos de aroma, textura e aparência agruparam a maioria dos atributos sensoriais do produto alimentício estudado. No subgrupo de Aroma os especialistas convergiram em suas respostas, com exceção do Engenheiro de Alimentos 1, que alocou um atributo a mais que os demais. Porém, este especialista não sustentou sua opção, retirando este atributo do subgrupo de Aroma quando foi realizada a tarefa de classificação dos atributos com todos os especialistas.

Dois subgrupos, o de Formulação e preparo e o de Tato, foram formados apenas pelo Engenheiro de Alimentos 1 e Veterinário, respectivamente. Na literatura consultada, verificou-se que não há referência para a característica sensorial Formulação e preparo, sendo estas as etapas da elaboração de um produto. Em relação ao subgrupo Tato, verificou-se que este é relacionado a toda sensibilidade cutânea humana e é o reconhecimento da forma e estado dos corpos através do contato direto com a pele. É uma das maneiras pela qual se

identifica os atributos sensoriais da característica de Textura (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Este subgrupo foi eliminado na classificação em conjunto.

O atributo de Secura/ umidade, que havia sido classificado por 50% dos especialistas no subgrupo de textura, foi classificado conjuntamente nos subgrupos de tato, por influência do Veterinário e sabor residual devido ao Engenheiro de Alimentos 1. O Veterinário, explicou que este atributo pode ser percebido antes da ingestão do alimento pelo toque no mesmo. Os demais especialistas não concordaram, e por consenso concluíram que este atributo deveria ser alocado no subgrupo de Sabor residual por deixar a sensação na boca de seca ou umidade após a ingestão do produto.

Apesar do atributo Viscosidade do molho ter sido classificado por 50 % dos especialistas no subgrupo de Aparência, os professores – Veterinário e Engenheiro Químico – argumentaram o porquê este atributo deveria ficar no subgrupo de Textura, salientando que o atributo em questão deve ser avaliado após a degustação. Porém, o Engenheiro de Alimentos 1, o qual havia primeiramente colocado este atributo no subgrupo de Formulação e preparo, admitiu que este atributo poderia ficar no subgrupo de Aparência e não no de Textura.

O atributo Sensação quente gerou alguma discussão entre os especialistas, pois os Engenheiros de Alimentos 1, 2 e 3 relacionaram este atributo a temperatura ao qual é oferecido o alimento, classificando este atributo no subgrupo de sabor. Já os demais concordaram que este atributo deveria ser localizado no subgrupo de Sabor residual, referindo-se ao teor de pimenta que o produto apresenta. Segundo Meilgaard, Civille e Carr (1999), o atributo Sensação quente pode ser alocado tanto na característica de Sabor quanto na característica de aroma sendo, portanto, de suma importância a classificação deste pelos especialistas.

O atributo Sabor metálico havia sido colocado por 50% dos especialistas no subgrupo Sensação, significando a sensação que este atributo sensorial causa ao ingerir o alimento. Porém, o Veterinário explicou que o sabor metálico é um Sabor residual relacionado às sensações bucais percebidas pela pessoa ao ingerir o alimento. Os demais especialistas concordaram com as explicações do Veterinário.

3.4.3 Verificação da consistência interna

Após a classificação conjunta, realizada pelos especialistas, dos atributos sensoriais procedeu-se à análise de confiabilidade utilizando o coeficiente de Alfa de Cronbach. O objetivo foi verificar como os atributos estão inter-relacionados. Valores de Alfa de Cronbach de 0,55 ou maiores indicam boa consistência interna (MITCHELL; JOLLEY, 1996). Os

resultados da primeira e segunda classificações, para o coeficiente Alfa de Cronbach, podem ser observados nas Tabelas 3.1 e 3.2. Já as Tabelas 3.3 e 3.4 trazem os resultados da primeira e segunda classificações, após a eliminação de alguns atributos.

De acordo com a classificação conjunta dos atributos em subgrupos, realizada pelos especialistas, observou-se que o coeficiente Alfa de Cronbach convergiu para valores maiores que 0,55 apenas para as formulações 2, 4 e 5, da primeira classificação, Tabela 3.1, para os subgrupos de aparência e textura, sabor residual e textura, respectivamente. Já para a segunda classificação, os valores apresentaram resultados maiores que 0,55 para as formulações 2 e 5, Tabela 3.2, ambas para os subgrupos de textura. Para as demais formulações somente foram obtidos valores superiores a 0,55 quando se eliminou um ou mais atributos dos subgrupos. A eliminação dos atributos foi realizada de acordo com o indicado no programa SPSS, atributo por atributo. O atributo eliminado era sempre o que fornecia um valor melhor para o coeficiente Alfa de Cronbach. A análise era realizada sem o atributo em questão e assim sucessivamente.

Na primeira etapa, foi realizada a verificação da consistência interna para a primeira classificação. Para o subgrupo de Odor todas as formulações apresentaram valores de alfa superiores a 0,55 após a eliminação de alguns atributos, Tabela 3.3, salientando-se que o atributo de número 7 foi o mais eliminado (75% dos casos). Já para a característica sensorial de Aparência apenas a formulação 2 apresentou valor de alfa superior a 0,55. Em relação às formulações 2, 3, 4 e 5 observa-se que, para obter valores de Alfa superior a 0,55, é necessária a retirada do atributo 22. E, para as formulações 6, 7 e 8 não há como obter bons valores de alfa mesmo através da eliminação dos atributos, indicando, portanto não haver consistência interna entre os atributos. No subgrupo de textura apenas a formulação 8 não atingiu o valor de 0,55 após a eliminação de alguns atributos. O subgrupo de Sabor residual apresentou todos os valores de alfa inferiores a 0,55 mostrando falta de consistência interna.

Para os dados da segunda classificação, verificou-se que, para o subgrupo de Odor, foi possível obter valores de alfa superior a 0,55 em todas as formulações após a eliminação de alguns atributos, Tabela 3.4, estando o atributo 7 presente em 75 % dos casos, conforme foi observado na primeira classificação. O subgrupo de Sabor apresentou todos os valores de alfa inferiores a 0,55 mostrando falta de consistência interna entre seus itens. O subgrupo de Sabor residual apresentou valores de alfa superiores a 0,55, exceto para as formulações 2 e 5, após a retirada dos atributos 23 e 24. Já para o subgrupo de aparência, apenas as formulações 1 e 2 apresentaram valores de alfa igual ou superior a 0,55 após a retirada do atributo de

número 20. E, para o subgrupo de textura, todos os valores de alfa foram superiores ao esperado após a retirada de nenhum ou alguns atributos.

A falta de consistência interna entre os atributos de um mesmo subgrupo pode estar relacionada a diversos fatores, como por exemplo: (i) alguns assessores podem basear seus escores em fatores sensoriais ou não sensoriais que não estão implícitos nos produtos; (ii) alguns assessores podem apresentar respostas não confiáveis mudando seu próprio critério de aceitação durante o teste (WESTAD, 2003).

Porém, através da verificação da consistência interna, observou-se que houve uma importante redução dos atributos sensoriais dentro dos subgrupos. Observa-se que nas Tabelas 3.3 e 3.4, onde os atributos foram eliminados a fim de obter um alfa de Cronbach com valores superiores a 0,55, que os atributos A9, A8, A3 e A21 aparecem em 75% das formulações e os atributos A16 e A20 em 87,5%, mostrando que os assessores concordaram entre si. Segundo Fogliatto, Albin e Tepper (1999) os atributos A16, A20 e A21 foram utilizados para uma otimização multiresposta, concordando com os resultados encontrados neste estudo.

Tabela 3.1. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações utilizando todos os atributos para a 1ª classificação

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Odor							
-4,282	-0,846	-1,88	-0,16	-5,038	-1,499	-0,072	0,086
Sabor							
0,538	0,402	-0,419	-0,125	0,412	-0,835	-2,117	-0,418
Sabor Residual							
0,011	0,092	-0,308	0,363	-0,801	0,384	-0,273	-0,941
Aparência							
-0,51	0,567	-1,498	0,064	-0,278	-0,389	-0,456	-3,204
Textura							
-0,543	0,657	0,223	-0,125	0,685	0,395	-0,412	-0,694

F=formulação

Tabela 3.2. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações utilizando todos os atributos para a 2ª classificação

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Odor							
-4,282	-0,846	-1,88	-0,16	-5,038	-1,499	-0,072	0,086
Sabor							
0,46	0,441	0,058	-1,476	0,298	0,282	0,194	0,054
Sabor Residual							
0,234	-0,752	0,135	0,675	-0,252	0,471	0,442	-0,538
Aparência							
-0,235	0,52	-0,496	-0,321	-0,445	-0,238	0,171	-0,132
Textura							
-0,884	0,615	-0,199	-0,369	0,615	0,11	-1,058	-0,554

F=formulação

Tabela 3.3. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações após a eliminação de alguns atributos para a 1ª classificação

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Odor - Sem o(s) atributo(s)							
4, 5, 7, 8	5, 7, 10	4, 7, 10, 11	4, 5, 11	5, 7, 9, 10	4, 5, 7, 9, 10	4, 8, 10, 11	7, 5
0,6	0,619	0,641	0,625	0,556	0,761	0,603	0,568
Sabor - Sem o(s) atributo(s)							
6	12	14	6	6	14		
0,719	0,447	0,058	0,607	0,648	0,282	-2,117	-0,418
Sabor Residual - não se pode retirar nenhum atributo							
-	-	-	-	-	-	-	-
0,234	-0,752	0,135	0,675	-0,252	0,471	0,442	-0,538
Aparência - sem o(s) atributo(s)							
22	-	2, 3, 15, 22	1, 22	1, 3, 22, 24	1, 2, 15, 24	1, 2, 15, 24	2, 15, 22, 24
0,621	0,567	0,731	0,55	0,607	0,336	0,46	0,295
Textura - Sem o(s) atributo(s)							
18, 21	-	17	16, 18, 19, 21	-	17	17,19	17, 20
0,55	0,657	0,59	0,796	0,685	0,678	0,599	-0,694

F=formulação

Tabela 3.4. Resultados do alfa de Cronbach para as formulações após a eliminação de alguns atributos para a 2ª classificação

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Odor - Sem o(s) atributo(s)							
4, 5, 7, 8	5, 7, 10	4, 7, 10, 11	4, 5, 11	5, 7, 9, 10	4, 5, 7, 9, 10	4, 8, 10, 11	7, 9
0,6	0,619	0,641	0,625	0,556	0,761	0,603	0,568
Sabor - não se pode retirar nenhum atributo							
0,46	0,441	0,058	-1,476	0,298	0,282	0,194	0,054
Sabor Residual - Sem o(s) atributo(s)							
23	24, 13	23	24	13, 14	14, 23	23	23, 24
0,682	0,468	0,744	0,702	0,454	0,632	0,748	0,804
Aparência - sem o(s) atributo(s)							
22	22	1, 2	1, 22	3, 22	1, 2	1, 2	3, 22
0,55	0,667	0,284	0,28	0,256	0,336	0,46	0,295
Textura - Sem o(s) atributo(s)							
15, 18, 21	-	15, 17	16, 18, 21	-	15, 17	15, 17, 19	15, 17, 20
0,55	0,615	0,59	0,624	0,615	0,678	0,599	0,587

F=formulação

3.5 CONCLUSÕES

Este trabalho analisou as percepções de especialistas em análise sensorial com o intuito de agrupar atributos sensoriais de um produto cárneo em subgrupos. Utilizaram-se técnicas qualitativas e quantitativas. Na abordagem qualitativa utilizou-se grupo focal formado por especialistas em avaliação sensorial. Já na abordagem quantitativa foram utilizadas as respostas dos especialistas, obtidas na pesquisa qualitativa, a fim de verificar a consistência interna entre os atributos de um subgrupo.

Em um primeiro momento, foi realizado um estudo qualitativo envolvendo entrevista do tipo grupo focal, onde foram investigadas quais são as ferramentas que os especialistas utilizam para o tratamento dos resultados de análise sensorial. Os pesquisadores, na sua maioria, utilizam a ANOVA para o tratamento dos seus dados em análise sensorial.

Ainda no estudo qualitativo, solicitou-se que os especialistas agrupassem, em quantos subgrupos julgassem pertinentes, os 24 atributos sensoriais. Com estes atributos subagrupados, realizou-se a análise de consistência interna utilizando o medidor de confiabilidade Alfa de Cronbach. Através deste coeficiente foi possível testar a consistência interna dos subgrupos indicados pelos especialistas.

Os atributos Secura/ umidade, Viscosidade do molho, Sensação quente e Sabor metálico foram mais difíceis de serem alocados em um subgrupo onde houvesse uma concordância entre os especialistas maior que 50%, conforme já esperado. Estes são atributos são percebidos pelos sentidos de gosto e olfato, sendo também influenciados pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e/ou cinestésicos. Além disso, a avaliação de atributos em alimentos sólidos é mais complexa, podendo causar fadiga dos assessores (DUTCOSKY, 2011; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Desta forma, devido a esta falta de consenso, formaram-se duas classificações. Através da análise de confiabilidade, observou-se que, para ser obtido um coeficiente robusto (valores de alfa maiores que 0,55), devem ser eliminados alguns atributos sensoriais dos subgrupos. Isso pode ser atribuído ao fato de alguns atributos não pertencerem a um determinado subgrupo ou que os assessores não tenham compreendido como deveria ter sido realizada a avaliação de um atributo sensorial específico. Nesta análise observou-se que houve uma importante redução dos atributos sensoriais, permanecendo apenas 6 atributos, identificando concordância dos assessores nestes. Os atributos foram A3, A8, A9, A16, A20 e A21. Como consequência, em análises sensoriais futuras, isso conduzirá a diminuição da fadiga dos assessores sensoriais e tempo de análise, implicando em redução de custos de coleta de dados. Além disso, o coeficiente Alfa de Cronbach é computacionalmente simples de ser implementado. Salienta-se ainda, que ao considerar a covariância existente entre pares de assessores, o coeficiente indica que perfis próximos, que sinalizam concordância nas avaliações entre assessores, resultam em valores próximos a 1,0.

Para trabalhos futuros serão realizadas outras análises quantitativas baseadas nos subgrupos organizados pelos especialistas. Será verificado se os subgrupos Aparência, Textura e Aroma, com seus respectivos atributos são suficientes, robustos e eficazes na caracterização das características sensoriais de outros produtos.

3.6 REFERÊNCIAS

BEYEA, S., NICOLL, L.H. Learn more using focus group. **Association of Operating Room Nurses Journal**, Denver, n.4, v.71, p.897-890, 2000.

- CASTURA, J.C.; FINDLAY, C.J.; LESSCHAEVE, I. Monitoring calibration for descriptive sensory panels using distance from target measurements. **Food Quality and Preference**, v.16, 682-690, 2005.
- CHURCHILL Jr, G.A.; NIELSEN Jr., A.C. s/d. **Marketing Research, Methodological Foundations**. 6 ed. The Dryden Press, s.d. Cap.4, p.153 - 161: Research Design.
- CRONBACH, L.J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v.16, p. 297 – 334, 1951.
- DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 3ed. Curitiba: Champagnat, 2011.
- FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S.; BASSLER, T.C. Terminologia descritiva para análise sensorial de tomate de mesa. **Visão acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 07-12, 2003.
- FOGLIATTO, F.S., ALBIN, S.L., TEPPER B.J. A hierarchical approach to optimizing descriptive analysis multiresponse experiments. **Journal of Sensory Studies**, n.4, v.14, p.443-465, 1999.
- GARSON, G.D. (2009). **Reliability analysis**: Statnotes from North Carolina University, Public Administration Program. Disponível em: <<http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/reliab.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2009.
- HOYT, C. Test reliability estimated by analysis of variance. **Psychometrika**, v.6, p.153-160, 1941.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KIDD, P.S.; PARSHALL, M.B. Getting the focus and the group: Enhancing analytical rigor in focus group research. **Qualitative Health Research**, n.3, v.10, p.293-308, 2000.
- KING, M.C.; HALL, J.; CLIFF, M.A. A comparison of methods for evaluating the performance of a trained sensory panel. **Journal of Sensory Studies**, v.16, p.567-581, 2001.
- LATREILLE, J.; MAUGER, E.; AMBROISINE, L.; TENENHAUS, M.; VINCENT, M.; NAVARRO, S.; GUINOT, C. Measurement of the reliability of sensory panel performances. **Food Quality and Preference**, n.5, v.17, p. 369-375, 2006.
- MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a finalidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? **Laboratório de psicologia**, n.1, v.4, p.65-90, 2006.
- MARTINS, G.A. Sobre confiabilidade e validade. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, n.20, v.8, p.1-12, 2006.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation technique**, 3.ed, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1999. 387 p.
- MITCHELL, M.L.; JOLLEY, J.M. **Research design explained**. New York: HB1 College, 1996.
- RIBEIRO, J.L.D. **Grupos Focados: teoria e aplicações**. Editor José Luis Duarte Ribeiro. Porto Alegre, RS: FEENG/UFRGS, PPGE/UFRGS, 2003. 93p.
- WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P.; MARTENS, H. Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data. **Food and quality preference**, v. 14, p. 463-472, 2003.

4 ARTIGO 3 – A method for panelists' consistency assessment in sensory evaluations based on the Cronbach's Alpha coefficient

Flávia Santos Twardowski Pinto

El Mostafa Qannari

Flávio Sanson Fogliatto

Artigo submetido para publicação na revista Food Quality and Preference sob a segunda revisão.

Abstract

In Sensory Analysis attributes are measured on samples based on human judgment. The ability to detect differences is essential when selecting a panelist, as well as the repeatability in assessments and the agreement among panelists (or reproducibility), which is our definition of panel consistency. Our goal in this paper is to identify an efficient method to compare evaluation profiles from panelists measuring a given sensory attribute on different samples, assessing the panel's consistency. For that we investigate two methods available in the literature – Consonance analysis (Dijksterhuis, 1995), and repeatability and reproducibility analysis (Rossi, 2001) – and propose a new method, based on the internal consistency test and the calculation of the Cronbach's alpha coefficient (Cronbach, 1951). We tested our proposition using a dataset from a case study in which beef cubes in stew, used as combat ration by the American Army, are characterized by a sensory panel using the Spectrum protocol. Different product formulations based on military specifications yielded eight samples evaluated by nine panelists in quadruplicate. Twenty-four sensory attributes were assessed by the panelists. Results pointed to the Cronbach's alpha as best among the methods tested, which is justified threefold: (i) it allows identifying attributes better understood by panelists, (ii) it gives a ranking of panelists according to their consensus with the rest of the panel, and (iii) it is analytically simpler in comparison with other methods.

Keywords: Cronbach's alpha, Consonance analysis, Repeatability and reproducibility, Spectrum method, Panel consistency assessment

4.1 INTRODUCTION

Lawless & Klein (1991) define Sensory Evaluation (SE) as a group of techniques used to measure sensory attributes from human responses. Information obtained from the sensory evaluation of products may be used by companies to support product development activities, quality control, and product marketing, among others. From a consumer's viewpoint, SE practices increase the chance that products reach the market in accordance to their needs and expectations (Dutcosky, 2011; Lawless & Heymann, 2010).

SE is performed following procedures that vary according to the intended goal. Measurements must be precise, providing the correct response according to a predefined

criterion or standard, and in the absence of systematic error or preconceived judgment (Anzaldúa-Morales, 1994). Common limitations in sensory tests are related to the number of products and attributes considered, the number of panelists used, and the training they are exposed to. In order to provide reliable responses panelists must be properly trained, and training effectiveness should be audited.

A good sensory evaluation entails collecting precise and accurate data that reflect some intrinsic and true values associated with the products (Piggot, 1995). The discrimination ability which reflects the panelists' capacity to detect sensory differences among products is key when selecting a panelist. Also of paramount importance are the repeatability (that measures the panelist's performance when compared to herself), the consonance with other panelists, and agreement in attributes' interpretation (Dijksterhuis, 1995). All these factors that affect the sensory panel's performance may be verified using different methods.

In this paper we present a comparative analysis of three methods for sensory panel evaluation, using data obtained from a case study using the Spectrum protocol. Methods compared are (i) Consonance analysis (Dijksterhuis, 1995), (ii) reproducibility and repeatability analysis (Rossi, 2001), and (iii) internal consistency test based on the Cronbach's Alpha (CA) coefficient (Cronbach, 1951).

Commonly used in Psychometric studies (Huang, 2006), the use of CA in Sensometrics is an original proposition of this paper. However, we should acknowledge that in a recent paper by Bi & Kuesten (2012), a unified framework for monitoring and assessing the performance of sensory panels and panelists was set up. The strategy of analysis is based on an index denoted as interclass correlation coefficient. When applied to data from sensory profiling, such coefficient bears high similarities with CA (Bi, 2003). Compared to this general approach, our strategy of analysis is exclusively concerned with data from sensory profiling and is more descriptive and straightforward.

CA measures the similarity between evaluation profiles from different panelists pointing at those whose evaluations are inconsistent (i.e. in disagreement) with the rest of the group. An evaluation profile is a vector with entries corresponding to assessments made by a panelist on a given attribute, over all products. CA measures the similarity between profiles taking into account the evaluations' total variance and the average covariance between evaluations obtained from the panel.

CA may be calculated pooling together all attributes or individually. In the first case, two performance indices may be obtained: a consistency score for the entire panel, and consistency scores for each individual panelist. In the second case the same two scores may

be obtained, this time reflecting panel judgments on a single attribute. In both cases, CA values allow evaluating the effectiveness of panel training procedures, and identifying panelists whose evaluations should be disregarded from the dataset.

In the comparisons performed CA appeared as the best method for sensory panel consistency assessment, for at least two reasons. First, it is computationally friendly, requiring simple calculations which are usually available in popular statistical packages, such as SPSS. Second, it is grounded on relations of variance and covariance between panelists giving thus a proximity measure between evaluation profiles.

The rest of this paper is organized in five sections. Section 4.2 presents a literature review on panel performance assessment. In section 4.3 the methods used in our comparison are described. Section 4.4 presents the case data, and section 4.5 presents the results of applying the selected techniques to the case data. Conclusions are presented in section 4.6.

4.2 BACKGROUND

Sensory profiling is designed such that all sensory attributes of a product (e.g. appearance, smell, taste and texture) are evaluated by a trained panel. It provides a complete description of a product's sensory properties, being widely used in the characterization of important attributes. Sensory profiling procedures include Quantitative Descriptive Analysis, Spectrum, and taste profile, among others (Lawless & Heymann, 2010).

The Spectrum method described in Meilgaard et al. (1999) explores the sensory characteristics of samples, covering the complete spectrum of attributes in a product. For that reason it gives information on attributes as perceived by panelists as well as their intensities, which are evaluated on a scale such that comparison of the relative intensity of attributes is possible. In order to obtain satisfactory results it is necessary to adequately select and describe the attributes to be assessed, in addition to exhaustively training the panel (Murray et al., 2001; Faria & Yotsuyangi, 2002).

Validity of results from a sensory analysis is dependent on panelists' sensibility and their ability to reproduce judgments. Results from a descriptive profiling are as good as the panel's performance (Castura et al., 2005). King et al. (2001) state that a good sensory panel provides results that are accurate, discriminating and precise. Those are fundamental properties since descriptive tests typically involve a large number of attributes and are costly, in addition to the fact that panelists may produce random results even after exhaustive training.

Panel training efficiency may be assessed through indices able to measure the performance of panelists. A number of such indices and methods are available in the literature, being described next.

The Analysis of Variance (ANOVA) is a statistical test to check for significant differences between means of continuous random variables. It is widely used to audit the training of sensory panelists, as reported by Pérez-Cacho et al. (2006), Luciano & Næs (2009), Latreille et al. (2006), Guinard et al. (1999), Næs (1998), and Noronha et al. (1995).

Among the examples of ANOVA applications, the one due to Pérez-Cacho et al. (2006) is noteworthy. The ability of sensory panelists was verified measuring the proportion of correct decisions that would be obtained if attributes were indefinitely tested in a simple triangular test. Panelists with proportions equal or larger to the p -value threshold of 0.67 were deemed excellent. Next, panelists were evaluated regarding their repeatability and reproducibility (that measures the panelist's performance in comparison to the rest of the panel) using a two-way ANOVA. Upon significance of any variation source, Scheffé tests were applied.

Guinard et al. (1999) used ANOVA to determine if a panel of brew masters presented consistency and reproducibility when evaluating the quality of beer samples. The panelists' ability to discriminate different beer samples was verified checking the significance of the *beer* effect in the ANOVA. Panel's repeatability was verified through the significance of the *replicates* effect as well as the interaction between *panelists* and *replicates*. Finally, the significance of the interaction between *panelists* and *beers* was used to check the panel's reproducibility. It is noteworthy that using the significance of the replicates and panelist by replicate interaction to assess repeatability relies on the failure to reject the null hypothesis, which is often ambiguous and therefore a poor choice of rationale.

Rossi (2001) explicitly proposed a Repeatability and Reproducibility (R&R) study on sensory panel data. Descriptive statistics such as means and their standard deviations are the basis for the R&R calculations. Such statistics allow assessing the panel's overall performance which may be decomposed in two indices: the repeatability and the reproducibility. The calculation of these indices, presented in section 4.3.3, is such that small values of repeatability and reproducibility are desirable.

Kuti et al. (2004) used ANOVA and a standard R&R study to measure the performance and reliability of panelists in a sensory benchmarking panel. In their experiment frozen peas were analyzed with respect to color.

A second family of approaches to analyze sensory panel performance is based on multivariate statistical methods. Among such methods, Principal Component Analysis (PCA) is widely used not only to summarize the sensory space of a set of products, but to represent the individual performance of panelists and determine whether they were adequately trained (Calviño et al., 2005).

Carbonell et al. (2007) provide a good overview of the use of multivariate techniques for panel performance assessment. They used both ANOVA and multivariate techniques such as PCA, GPA (generalized prucrustes analysis), cluster analysis and PLS (partial least squares) regression to evaluate panel performance in a test where mandarin juice was the product under analysis.

The PCA-based consonance analysis proposed by Dijksterhuis (1995) allows evaluation of the efficiency of panel training; the analysis is detailed in section 4.3.2. Authors such as King et al. (2001) and Carbonel et al. (2007) report applications of the analysis.

In this paper we search for an efficient method to compare evaluation profiles. More specifically, considering a given sensory attribute and several samples, we want to determine whether the relations between intensities perceived in different samples by a panelist is similar to those perceived by other panelists. For that, three methods are compared: the internal consistency analysis using Cronbach's alpha, consonance analysis, and R&R study. Such methods are detailed in the next section.

4.3 METHODS

In this section we detail the analytical methods to be implemented in section 4.5. Three methods are covered: internal consistency analysis based on the Cronbach's alpha coefficient, consonance analysis based on the C index, and Repeatability and Reproducibility (R&R) study. The use of Cronbach's alpha in the analysis of sensory panel data is the main proposition and contribution in this paper.

In the sections to follow we will use the following notation: J ($j = 1, \dots, J$) panelists evaluate P ($p = 1, \dots, P$) products regarding A ($a = 1, \dots, A$) attributes, with evaluations repeated R ($r = 1, \dots, R$) times.

4.3.1 Internal consistency analysis – Cronbach's alpha

The Cronbach's alpha (CA; Cronbach, 1951) measures the similarity in panelists' evaluation profiles, indicating those whose assessments are inconsistent with the rest of the panel. CA is widely used to evaluate the consistency of questionnaire respondents (Mitchell & Jolley, 2009). In this paper we propose using CA to verify panel training efficiency. Calculation of the index is available in statistical analysis packages such as SPSS.

There are $[P \times R]$ values for each panelist, corresponding to evaluations performed on all products regarding a given attribute. The covariance (or alternatively, the correlation) between scores given by two panelists reflects the extent to which they agree in their evaluations regarding the attribute under consideration. The CA output gives a consistency value for the panel: the closer to 1.0 the more consistent is the panel. Eqn. (1) gives the calculation of CA.

$$\alpha = \frac{J\bar{c}}{\bar{v} + (J-1)\bar{c}} \quad (1)$$

where J is the number of panelists, \bar{c} is the average covariance across the evaluations from all pairs of panelists, and \bar{v} is the average variance of evaluations from all panelists.

If data from each panelist are standardized so that their variance is equal to 1, then eqn. (1) is rewritten as follows:

$$\alpha = \frac{J\bar{c}}{1 + (J-1)\bar{c}}$$

Now, \bar{c} is the average correlation between evaluations from pairs of panelists. In the numerical analysis in section 4.5 we do not standardize the data, following Borgognone et al. (2001)'s recommendations.

We propose using CA in two different ways: (i) to obtain an overall panel performance assessment considering all products and attributes simultaneously; and (ii) to assess panel performance considering each attribute individually.

To perform the analysis in (i) we consider a data matrix \mathbf{X} comprised of $(P \times A \times R)$ rows and J columns; i.e. panelists are positioned in the matrix columns, and attributes, products and replicates of the evaluations performed are positioned in the matrix rows such that \mathbf{X} contains data from all evaluations performed by the panelists (alternatively, replicates may be averaged when setting up the \mathbf{X} matrix). In this situation eqn. (1) gives an alpha value CA_G for the entire group of panelists. To obtain an individual alpha reading for panelist j (CA_j), the $j - th$ column of \mathbf{X} must be excluded and eqn. (1) applied again to the resulting data matrix. Performing such operation when panelists are consistent will yield a lower

overall alpha value, which may be deemed counterintuitive. To overcome that we calculate the CA gradient $CA_{\Delta j}$ for panelist j , given by:

$$CA_{\Delta j} = \left(\frac{CA_G - CA_j}{CA_G} \right) \times 100. \quad (2)$$

Eqn. (2) will give the percentage increase or decrease in CA_G resulting from excluding panelist j 's evaluations from matrix \mathbf{X} . Thus, a positive $CA_{\Delta j}$ indicates a consistent panelist since her exclusion from the panel decreases the overall index CA_G ; by opposition, a negative $CA_{\Delta j}$ indicates a less consistent panelist.

The analysis in (ii) is performed on A matrices with $(P \times R)$ rows and J columns; i.e. panelists are positioned in the matrix columns and evaluations performed on products in the matrix rows. To obtain an individual alpha reading for a given panelist, proceed as in (i).

4.3.2 Consonance analysis

The consonance analysis (Dijksterhuis, 1995) is a method to evaluate the consonance between panelists in a sensory panel based on the results of a statistic derived from PCA (Principal Component Analysis) results run on the panel data. The idea is to run a PCA on data matrices of dimension $(PR \times J)$ obtained from evaluations performed on individual attributes. Panel consonance is measured through the C index, which uses the eigenvalues from the PCA as follows:

$$C = \frac{\gamma_1^2}{\sum_{j=2}^J \gamma_j^2} \quad (3)$$

where γ_j is the variance of the j -th principal component (i.e. j -th eigenvalue of the covariance matrix). Basically, the C index highlights the relative importance of the first principal component (term in the numerator) with respect to the remaining principal components (term in the denominator).

Despite its conceptual simplicity the C index presents two drawbacks. First, negative correlations between columns (i.e. panelists) of the data matrix under analysis inflate the magnitude of the largest eigenvector γ_1 , having a direct impact on the C value. The index may thus indicate a situation of consonance between panelists regardless of the fact that some of them may be using the scale completely different from others. Second, a consonance evaluation based strictly on the first eigenvalue will not signalize situations in which clusters of panelists, but not the entire panel, evaluate attributes similarly; in such cases more than one variability direction would be present in the data.

4.3.3 Repeatability and Reproducibility

The training of a sensory panel should be such that panelists display good results in their evaluations. One way to verify that uses repeatability and reproducibility (R&R) measurements, which are defined by Rossi (2001) as follows. Repeatability is the panelist's ability to consistently score the same product regarding an attribute when repeated evaluations of that product are performed; it is thus assessed measuring the variance in evaluations obtained from a given panelist on the same product and attribute. Reproducibility is the panelist's ability to score products similarly to the rest of the panel; it is thus assessed taking into account the variance in the averages of evaluations obtained from different panelists. The repeatability index evaluates a panelist with respect to herself, and her capacity of repeating evaluations on a given attribute when exposed to the same product. The reproducibility index evaluates a panelist with respect to the rest of the panel, and her capacity of scoring products similarly to other panelists.

The R&R analysis was performed on each attribute following the prescription in the Reference Manual developed by the Automotive Industry Action Group (AIAG), which recommends using a two-way ANOVA when performing evaluations (AIAG, 2010). The model in this case is given in eqn. (4); factors are panelists and products.

$$x_{jpr} = \mu + \alpha_j + \gamma_p + (\alpha\gamma)_{jp} + \varepsilon_{jpr} \begin{cases} j = 1, 2, \dots, J \\ p = 1, 2, \dots, P \\ r = 1, 2, \dots, R \end{cases} \quad (4)$$

In eqn. (4) μ is the overall mean, α_j is the effect of the j -th panelist, γ_p is the effect of the p -th product, $(\alpha\gamma)_{jp}$ is the effect of the interaction between panelist j and product p , and ε_{jpr} is the random error assumed to be normally distributed with mean 0 and standard deviation σ_ε . The error term is given by eqn. (5), in which \bar{x}_{jp} denotes the expected value.

$$\varepsilon_{jpr} = x_{jpr} - \bar{x}_{jp}. \quad (5)$$

The ANOVA table for the model in eqn. (4) is given in Table 4.1. Details on the hypothesis tests proposed in that table, which determine if panelist, product and interaction effects are significant, may be found in Montgomery and Runger (2003), among others.

Table 4.1. Two-way ANOVA table

Source	Sum of squares	DF	Mean squares	F_{CAL}	F_{TAB}
Panelist	$SSJ = PR \sum_{j=1}^J (\bar{x}_{j..} - \bar{x}_{...})^2$	$(J - 1)$	$MSJ = \frac{PR \sum_{j=1}^J (\bar{x}_{j..} - \bar{x}_{...})^2}{(J - 1)}$	$\frac{MSJ}{MSE}$	$F_{\alpha, (J-1), JP(R-1)}$
Product	$SSP = JR \sum_{p=1}^P (\bar{x}_{.p.} - \bar{x}_{...})^2$	$(P - 1)$	$MSP = \frac{JR \sum_{p=1}^P (\bar{x}_{.p.} - \bar{x}_{...})^2}{(P - 1)}$	$\frac{MSP}{MSE}$	$F_{\alpha, (J-1), JP(R-1)}$
Panelist \times Product	$SSJP = R \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P (\bar{x}_{j.p.} - \bar{x}_{j..} - \bar{x}_{.p.} + \bar{x}_{...})^2$	$(J - 1)(P - 1)$	$MSJP = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P (\bar{x}_{j.p.} - \bar{x}_{j..} - \bar{x}_{.p.} + \bar{x}_{...})^2}{(J - 1)(P - 1)}$	$\frac{MSJP}{MSE}$	$F_{\alpha, (J-1), JP(R-1)}$
Error	$SSE = \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R (x_{jpr} - \bar{x}_{j.p.})^2$	$JP(R - 1)$	$MSE = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R (x_{jpr} - \bar{x}_{j.p.})^2}{JP(R - 1)}$		
Total	$SST = \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R (x_{jpr} - \bar{x}_{...})^2$	$(JPR - 1)$			

Sources of variation in the measurement system considered in this paper are given in Table 4.2. Repeatability is denoted by VE , and reproducibility by VJ . The variation due to the interaction between products and panelists is denoted by VJP , and variation due to product is denoted by VP . The variation in the measurement system is given by the R&R calculation, and the total variation is denoted by VT .

Table 4.2. Sources of variation in the measurement system

Source	Standard deviation	% of total variation
Repeatability	$VE = \sqrt{MSE}$	$\%VE = 100 \times \frac{VE}{VT}$
Reproducibility	$VJ = \sqrt{\frac{MSJ - MSJP}{JR}}$	$\%VJ = 100 \times \frac{VJ}{VT}$
Product \times Panelist	$VJP = \sqrt{\frac{MSJP - MSE}{R}}$	$\%VJP = 100 \times \frac{VJP}{VT}$
Product	$VP = \sqrt{\frac{MSP - MSJP}{PR}}$	$\%VP = 100 \times \frac{VP}{VT}$
R&R	$R\&R = \sqrt{(VE)^2 + (VJ)^2 + (VJP)^2}$	$\%R\&R = 100 \times \frac{R\&R}{VT}$
Total	$VT = \sqrt{(R\&R)^2 + (VP)^2}$	

4.4 CASE STUDY

In this section we apply the methods in section 4.3 to a dataset obtained in a sensory evaluation panel. Eight products were evaluated by 9 panelists regarding 26 attributes. Products were prepared through the Combat Ration Advanced Manufacturing Technology Development Program at the Food Manufacturing Technology Facility in Piscataway, NJ, in

1994. Product formulations were based on military specifications for beef stew in meal-ready-to-eat pouches. Evaluations were performed following the Spectrum protocol.

The beef stew samples were conditioned inside thermostable pouches and processed in a retort. An experiment was set up to test the effect of different processing conditions and types of beef on the product's sensory characteristics. Control factors were: (i) processing temperature – tested at 220, 225, 250, 265°F; (ii) processing time – tested at 25 and 45 min; and (iii) type of beef – types tested: diced natural beef and restructured beef. Restructured beef is a lower cost beef, mechanically ground, mixed with binders, stuffed into casings, cooked, and diced. The data was obtained from production runs and the treatments, summarized in Table 4.3, do not conform to an experimental design.

Attribute descriptions are given in Table 4.4. Attributes are appearance, flavor and texture-related. Evaluations were performed in quadruplicate. Responses from attributes 4 and 5 were incomplete, and thus removed from the dataset; these attributes are indicated with *.

Table 4.3. Values for the control factors varied to obtain product samples

	Type of Beef					
	Beef Cubes			Restructured Beef		
Time↓ / Temperature →	220°F	225°F	250°F	220°F	250°F	265°F
25 min	Pr. 5	Pr. 1	Pr. 8		Pr. 7	Pr. 3
45 min	Pr. 2			Pr. 6	Pr. 4	

Pr. = product

Table 4.4. Sensory attributes evaluated in the experiment

Appearance Attributes	Flavor Attributes	Texture Attributes
(A1) Ratio of gravy to meat	(A4) Cooked lean beef	(A15) Viscosity of the gravy
(A2) Visual thickness of sauce	(A5) Beef broth	(A16) Springiness of the meat
(A3) Uniformity of size and shape of the beef	(A6) Organy	(A17) Initial cohesiveness of the meat
(*) Hue/value/chroma of the gravy	(A7) Hydrolyzed vegetable protein	(A18) Denseness of the meat
(*) Hue/value/chroma of the beef	(A8) Coagulated beef blood	(A19) Firmness of the meat
	(A9) Cardboardy	(A20) Chewiness of the meat
	(A10) Brownd	(A21) Fibrousness of the meat
	(A11) Beef fat	(A22) Flaking of the meat
	(A12) Salty	(A23) Dryness of the bolus
	(A13) Metallic feeling flavor	(A24) Oily film
	(A14) Heat	

Panel candidates were initially screened through phone interviews in which availability to undergo training and familiarity with sensory evaluations were inquired. Selected candidates were invited to perform a complete set of tests investigating their ability to assess attributes related to appearance, flavor, and texture. Eight panelists were chosen out

of 25 at the end of the preliminary training phase, which lasted for approximately 3 months. The second phase of training took another 3 months during which panelists gathered twice a week for training sessions of 1.5 hours in average.

In addition to the sensory data from the 8 trained panelists, a ninth untrained panelist was simulated and added to the dataset analyzed in this paper, randomly drawing values from a uniformly distributed variable in the interval $[0, 15]$.

Two-way ANOVAs, considering panelists and products as factors and the interaction term, were performed on data from the attributes. For the subsequent study only those attributes with significant product effect were considered (attributes 7, 10, 13, and 14 were disregarded).

4.5 RESULTS AND DISCUSSION

We analyze the dataset in section 4.4 using the three methods in section 4.3, in the order they are presented in that section.

Results from the internal consistency test based on the CA coefficient run for the entire dataset (in this case, there is one CA value per panelist) and for each attribute individually (in this case, there is one CA value per attribute for the entire panel) are given in Tables 4.5 and 4.6, respectively. According to Mitchell and Jolley (2009), alpha values larger than 0.55 are considered satisfactory, indicating panelists presenting similar evaluation profiles; since $CA_G = 0.974$, panel results are considered satisfactory. When calculating the CA coefficients the four replicates from each panelist were averaged.

Table 4.5. $CA_{\Delta j}$ values for panelists, all attributes considered; CA_G value is 0.974

Panelist (j)	$CA_{\Delta j}$
9	-1.79
7	0.51
6	0.62
8	0.62
3	0.66
2	0.67
1	0.68
5	0.69
4	0.71

Table 4.6. CA values for attributes, all panelists considered

Attribute	CA	Attribute	CA
A5	-0.184	A9	0.699
A4	0.473	A23	0.729
A3	0.507	A12	0.783
A8	0.511	A1	0.835
A15	0.571	A16	0.879
A6	0.632	A20	0.908
A17	0.645	A19	0.928
A2	0.662	A18	0.968
A11	0.683	A22	0.970
		A21	0.975

Recall that we presented two ways to calculate the CA in section 4.3.1; results in Table 4.5 refer to the first one. There is one CA value for each panelist j , obtained by simulating the exclusion of panelist j 's data from the dataset. As informed in Table 4.5's heading the CA value for the entire panel (CA_G) is 0.974. Whenever the exclusion of a panelist results in a positive $CA_{\Delta j}$ her evaluations are aligned with the rest of the panel and should be maintained; otherwise, evaluations from the panelist under consideration differ from the rest of the panel. From Table 4.5 we see that panelist 9 ($j = 9$) is the least consistent: excluding her data improves CA_G in 1.79%, from 0.974 to 0.991. That was expected since panelist 9 is the untrained (simulated) panelist we included in the dataset. The impact of deleting evaluations from panelists 1 to 8 is relatively even, with positive $CA_{\Delta j}$ values; the conclusion is that those panelists are consistent with each other.

The second way of calculating CA described in section 4.3.1 leads to the results in Table 4.6. The consistency assessment is made using evaluations from panelists on each attribute individually, and Table 4.6 gives the CA values for the attribute, considering all panelists jointly. The panel did not present minimum consistency when evaluating attributes 5, 4, 3, and 8 (CA values lower than 0.55), meaning that attribute descriptions were not homogeneously understood by panelists, pointing to poor training. Panelists present adequate CA values on all remaining attributes.

We now present the results from performing the Consonance Analysis on the sensory panel data. Table 4.7 gives C index values obtained for each attribute, in ascending order. When calculating the C index the four replicates from each panelist were averaged. The C value for attribute A9 could not be computed since one of the panelists provided evaluations equal to zero on all products.

Note that most attributes present low C values, which may indicate inadequate panel training. There is no threshold value for the C index in the literature; results in Table 4.7 only allow the ranking of attributes regarding panel consonance in the evaluations. In opposition to the CA test, the C index does not provide an efficiency measure for panelists individually.

To illustrate the first drawback in the C index mentioned in section 4.3.2, we inverted evaluations from panelist 4 (the most consistent panelist according to results in Table 4.5) on attribute 21 (the one with highest C value according to results in Table 4.7). That corresponds to inverting the signal of correlations between panelist 4 and all other panelists, such that she becomes a panelist in strong disagreement with the rest of the panel.

Table 4.7. Consonance Analysis results – C index values for attributes

Attribute	C value	Attribute	C value
A9	–		
A15	0.69	A3	3.16
A2	1.21	A4	5.50
A8	1.30	A17	8.17
A12	1.88	A20	9.51
A5	1.96	A19	17.71
A23	1.99	A1	19.29
A6	2.63	A22	42.95
A11	2.53	A18	62.96
A16	1.96	A21	89.93

As expected, after performing the change in panelist 4's evaluations the C index value for attribute 21 remains unaltered (89.93). The C index is thus insensitive to evaluations coming from a panelist in agreement or not with the rest of the panel, giving the same result in both cases. The CA value, in opposition, decreases from 0.975 (see Table 4.6) to 0.798 signaling the presence of a panelist in disagreement with the rest of the panel.

The sensory dataset obtained from the case study was finally analyzed using the repeatability and reproducibility (R&R) analysis. As shown in Table 4.8, R&R measurements were obtained for each attribute, being comparable to results in Tables 4.5 and 4.6. All replicates obtained from panelists were used when calculating the R&R values; no averaging was performed.

According to AIAG (2010), a measurement system may be classified as follows based on R&R results: (i) acceptable, when $R\&R \leq 10\%$; (ii) acceptable, when R&R is in the interval between 10% and 30%, but only in cases in which the analyzed measurement presents relaxed specifications (i.e. typical variations in the analyzed measurement position it far from

the product's specifications); and (iii) unacceptable, when R&R > 10%. Given the nature of the measurements performed in a sensory panel we established R&R values lower or equal to 30% as acceptable. Applying that threshold in Table 4.8, only attributes A22 and A21 would be deemed properly evaluated by the panel.

Table 4.8. Repeatability and reproducibility measures for each attribute

Source of variation	% of variation									
	A11	A8	A9	A5	A6	A17	A12	A4	A23	A15
Repeatability	20.1	21.1	20.0	20.1	19.0	15.0	13.9	18.6	19.5	15.4
Reproducibility	58.7	57.2	52.6	51.3	50.7	49.9	49.8	45.6	45.1	44.0
R&R	75.1	74.8	69.0	69.1	66.0	84.2	87.0	70.5	75.2	79.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Source of variation	% of variation									
	A20	A2	A19	A1	A16	A3	A18	A21	A22	
Repeatability	15.4	9.9	14.6	6.9	10.9	7.7	8.0	7.9	6.8	
Reproducibility	33.9	31.1	29.2	24.9	21.1	21.0	17.9	11.5	9.2	
R&R	64.4	87.6	64.5	80.6	47.5	86.6	36.8	28.8	27.8	
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

Analyzing repeatability and reproducibility values individually we note that repeatability results are under 20% or near this threshold for all attributes, indicating that panelists were able to repeat their assessments regarding each attribute. Reproducibility results are under 30% for only 7 of the 19 attributes; although being able to repeat evaluations, for the most part panelists do not seem to use the scale in the same way.

Table 4.9 sums up results from applying the three methods above in the case study dataset. Results obtained converge for the most part, since attributes A1, A18, A19, A21, and A22 were ranked in the first seven positions, independent of the method chosen. Such results indicate that although based on different groundings all methods consistently indicate attributes best evaluated by panelists.

Table 4.9. Comparison of results – ranking of attributes according to investigated methods

α	R&R	C
A21	A22	A21
A22	A21	A18
A18	A18	A22
A19	A3	A1
A20	A16	A19
A16	A1	A20
A1	A19	A17

Considering the case study dataset, the internal consistency test based on the CA coefficient was the best choice of method to verify sensory panel consistency. There are some reasons backing this choice: (i) it is a method easily implementable and computationally undemanding; (ii) its calculations are grounded on relationships between variances and covariances, yielding a proximity measure between evaluation profiles from different panelists; (iii) it allows identifying attributes better understood by panelists, and (iv) it gives a ranking of panelists according to their consensus with the rest of the panel.

4.6 CONCLUSIONS

In this article we presented a comparative analysis of methods for assessing the efficiency of training given to sensory panelists; they are: Consonance analysis, Reproducibility and Repeatability analysis, and the Internal consistency test based on the Cronbach's Alpha (CA) coefficient. When applied to sensory data the three methods were deemed adequate, since they allowed identifying attributes regarding which there is agreement in the sensory panel. However, the Consonance and R&R analyses were not able to identify panelists who are in disagreement with the rest of the panel. In order to do so, Dijksterhuis (1995) recommends inspection of the panelist-plots in addition to the consonance index, whereas Rossi (2001) recommends graphing the repeatability and reproducibility measures in order to better understand individual panelist performance.

The Internal consistency test based on the Cronbach's Alpha coefficient may be considered the best of the three methods tested, since it gives a ranking of panelists according to their agreement with the rest of the panel, in addition to being computationally unchallenging. By considering the covariance between pairs of panelists the Cronbach alpha performs an *ad hoc* calculation of the distance between evaluation profiles such that profiles close to each other, which signalize agreement in panelists' evaluations, yield alpha values close to 1.0. In opposition to the other approaches compared in this paper, the alpha coefficient presents a threshold value that allows classifying evaluations as consistent or inconsistent. Applying the Internal consistency test based on the Cronbach's Alpha coefficient to sensory panel data is an original contribution in this paper.

We envision several possible future developments for the work presented here:

- The proposition of a multivariate Cronbach's alpha coefficient, comparable with multivariate panel performance evaluation methods available in the literature.

- The proposition of a method combining the CA and cluster analysis, aimed at identifying clusters of panelists that perform evaluations similarly preserving the internal consistency of the group to which they belong. That would address one of the deficiencies identified in the Consonance analysis.
- A thorough comparison with the approach advocated by Bi & Kuesten (2012).
- Investigation of the properties of CA such as the impact of the number of products, the number of replicates, and the panelists' scale usage on the coefficient.

4.7 REFERENCES

- AIAG - Automotive Industry Action Group (2010). *Measurement Systems Analysis-MSA. Reference Manual*. (4th ed.). Michigan: Southfield.
- Anzaldúa-Morales, A. A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos em La teoria y La práctica*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Bi, J. & Kuesten, C. (2012). Intraclass correlation coefficient (ICC): a framework for monitoring and assessing performance of trained sensory panels and panelists. *Journal of Sensory Studies*, 27, 352–364.
- Bi, J. (2003). Agreement and reliability assessments for performance of sensory descriptive panel. *Journal of Sensory Studies*, 18, 61-76.
- Borgognone, M. G., Bussi, J., & Hough, G. (2001). Principal component analysis in sensory analysis: covariance or correlation matrix? *Food Quality and Preference*, 12, 323–326.
- Calviño, A., Garrido, D., Drunday, F., & Tamasi, O. (2005). A comparison of methods for monitoring individual performances in taste selection testes. *Journal of sensory studies*, 20, 301-312.
- Carbonell, L., Izquierdo, L., & Carbonell, I. (2007). Sensory analysis of Spanish mandarin juices. Selection of attributes and panel performance. *Food Quality and Preference*, 18, 329–341.
- Castura, J. C., Findlay, C. J., & Lesschaeve, I. (2005). Monitoring calibration for descriptive sensory panels using distance from target measurements. *Food Quality and Preference*, 16, 682-690.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Dijksterhuis, G. (1995). Assessing panel consonance. *Food Quality and Preference*, 6, 7–14.
- Dutcosky, S. D (2011). *Sensory evaluation of foods*. (3th ed.). Curitiba: Champagnat.
- Faria, E. V., & Yotsuyanagi, K. (2002). *Sensory evaluation techniques*. Campinas: ITAL, 2002.
- Guinard, J.X, Yip, D., Cubero, E., & Mazzucchelli, R. (1999). Quality ratings by experts, and relation with descriptive analysis rating: a case study with beer. *Food quality and preference*, 10, 59-67.

- Huang, T. (2006). Geriatric fear of falling measure: Development and psychometric testing. *International Journal of Nursing Studies*, 43, 357–365.
- King, M. C., Hall, J., & Cliff, M. A. (2001). A comparison of methods for evaluation the performance of a trained sensory panel. *Journal of sensory studies*, 16, 567-581.
- Kuti, T., Hegyi, A., & Kemény, S. (2004). Analysis of sensory data of different food products by ANOVA. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 72, 253-257.
- Latreille, J., Mauger, E., Ambroisine, L., Tenenhaus, M., Vincent, M., Navarro, S., & Guinot, C. (2006). Measurement of the reliability of sensory panel performance. *Food quality and preference*, 17, 369-375.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: principles and practices*. (2th Ed.) New York: Springer.
- Lawless, H. T., & Klein, B. P. (1991). *Sensory science theory and applications in foods*. New York: Dekker.
- Luciano, G., & Næs, T. (2009). Interpreting sensory data by combining principal component analysis and analysis of variance. *Food Quality and Preference*, 20, 167–175.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*. (3th Ed) Boca Raton: CRC Press.
- Mitchell, M. L., & Jolley, J. M. (1996). *Research design explained*. New York: HB1 College.
- Montgomery, D. C., & Ruger, G. C. (2003). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. (3th Ed). New York: John Wiley.
- Murray, J. M., Delahunty, C. M., & Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food research international*, 34, 461-471.
- Naes, T (1998). Detecing individual differences among assessors and differences among replicates in sensory profiling. *Food quality and preference*, 9, 107-110.
- Noronha, R. L., Damásio, M. H., Pivatto, M. M., & Negrillo, B. G. (1995). Development of the attributes and panel screening for texture descriptive analysis of milk gels aided by multivariate statistical procedures. *Food quality and preference*, 6, 49-54.
- Pérez-Cacho, M. P. R., Gálan-Soldevilla, H., García, J. C., & Montes, A. H. (2006). Sensory characterization of nopalitos (*Opuntia spp.*). *Food research international*, 39, 285-293.
- Piggott, J.R. (1995). Design questions in sensory and consumer science. *Food quality and preference*, 6, 217-220.
- Rossi, F. (2001). Assessing sensory panelist performance using repeatability and reproducibility measures. *Food quality and preference*, 12, 467-479.

5 ARTIGO 4 – Avaliação do desempenho de assessores sensoriais utilizando conceitos de análise funcional

Flávia Santos Twardowski Pinto

Alexandre Homsí Pedott

Flávio Sanson Fogliatto

Resumo

A avaliação sensorial é constituída de análises quantitativas onde são coletados dados numéricos a fim de estabelecer relações válidas e específicas entre as características de um produto e as percepções dos assessores. Os assessores avaliam um determinado produto observando seus atributos e atribuindo valores. Como no processo de percepção estes atributos se sobrepõem e as impressões a cerca dos atributos surgem quase que simultaneamente. Este trabalho propõe uma adaptação da ANOVA de um fator utilizando conceitos de dados funcionais para avaliação do desempenho de uma equipe sensorial. Na análise de dados funcionais foi utilizada uma distância euclidiana, a distância de Hausdorff, como medida de proximidade entre as curvas dos perfis dos assessores. A comparação dos resultados foi realizada com a ANOVA de um fator. O método proposto foi eficiente e inovador, identificando o assessor que apresentou perfil de avaliação de atributos diferente dos demais.

Palavras-chaves: Análise de dados funcionais; assessores sensoriais; análise sensorial; ANOVA funcional.

Abstract

Sensory evaluation is a quantitative analysis in which numerical data are collected to establish relations between valid and specific features of a product and the perceptions of assessors. Assessors evaluate a particular product regarding a number of attributes assigning values according to their perceptions. This paper proposes an adaptation of one-way ANOVA (Analysis of Variance) using concepts of functional analysis to evaluate the performance of a sensory panel. The method is grounded on the use of the Hausdorff distance to measure the proximity between curves comprised of assessors' evaluation profiles. Results were compared with those obtained applying the traditional ANOVA pointwise to the curves. The method was efficient and innovative, identifying assessors who presented profiles different from the rest of the group.

Key words: Functional data analysis; assessor performance; sensory analysis; ANOVA; functional ANOVA

5.1 INTRODUÇÃO

A análise sensorial compreende um conjunto de métodos utilizados para a medição de atributos sensoriais a partir de respostas humanas. As informações obtidas através da avaliação sensorial de um produto são utilizadas por empresas como suporte técnico para a pesquisa e controle de qualidade, bem como para a industrialização e *marketing* (LAWLESS; HEYMANN, 1998; DUTCOSKY, 2011).

A avaliação sensorial é única na utilização de seres humanos como instrumento de medição. Os resultados obtidos a partir de um painel sensorial são traduzidos nas percepções dos assessores, e podem ser considerados mais complexos quando se deseja relacioná-los com valores químicos ou físicos. Por exemplo, na análise química, mede-se geralmente uma quantidade (concentração) da substância analisada, enquanto que na análise sensorial é a resposta a um estímulo químico ou físico que é medido. O instrumento humano tende a realizar a análise sensorial de um modo comparativo, resultando em respostas sensoriais relativas. Em análise química, a quantidade da substância a ser analisada é normalmente medida e fornecida como um valor numérico, enquanto que os resultados sensoriais podem ser expressos de diferentes formas, de acordo com o método utilizado (MCEWAN, 2003).

Um painel sensorial é formado por uma equipe de assessores com habilidades apropriadas à análise. A capacidade de detectar diferenças é uma característica essencial para selecionar um assessor, assim como a sua repetibilidade, consonância com os demais assessores e sua concordância na utilização de atributos da mesma maneira (DIJKSTERHUIS, 1995). Todos esses fatores afetam o desempenho da equipe sensorial, o qual pode ser verificado através de diferentes métodos.

Melo, Bolini e Efraim (2009), Jahan, Paterson e Piggott (2005) e Carbonell, Izquierdo e Carbonell (2007) utilizaram ANOVA a fim de verificar o desempenho dos assessores sensoriais, bem como sua repetibilidade e reprodutibilidade. Em todas as Análises Sensoriais onde é utilizada uma equipe sensorial composta de assessores sensoriais, pode-se inferir que a equipe é um sistema de medição.

A análise do desempenho de um sistema de medição (SM) deve considerar os diferentes tipos de características de qualidade. Existem situações em que as características são dadas por uma coleção de dados que formam um perfil ou uma curva. Essas respostas são denominadas dados funcionais. Os valores discretos medidos são pontos de uma função dependente de outra variável, denominada indexadora. A função que representa o conjunto de dados pode ser obtida através de um processo de interpolação, utilizando técnicas de

suavização. Um dado funcional pode ser exemplificado pelo conjunto de temperaturas médias mensais medidas por uma estação climatológica, em uma determinada região. A temperatura média varia de acordo com o período do ano (RAMSAY; SILVERMAN, 2005).

As pesquisas sobre análise de dados funcionais (ADF) se dividem entre a modelagem e representação dos dados, e análise de variância de dados funcionais. Os trabalhos relacionados ao controle de qualidade estão concentrados no segundo grupo. A ADF aplicada ao controle de qualidade envolve métodos para a otimização e o monitoramento de produtos, processos de fabricação e sistemas de medição. Os métodos de otimização aplicam adaptações da análise de variância (ANOVA – *analysis of variance*) para dados funcionais. Os métodos de monitoramento estão relacionados ao controle estatístico da qualidade de dados funcionais. O controle estatístico da qualidade de dados funcionais é denominado monitoramento de perfil (MP). O MP é um campo de pesquisa relativamente novo, mas que cresce rapidamente. O MP é usado para avaliar a estabilidade das curvas ao longo do tempo. Entre as principais demandas estão a capacidade de detectar qualquer alteração na forma da função e a simplicidade do modelo do perfil (RAMSAY; SILVERMAN, 2005; WOODALL, 2007).

Um método para otimização de produtos através de projetos de experimentos (DOE) é obtido a partir da adaptação da ANOVA para valores únicos. A maioria das adaptações propostas para a ANOVA enfoca o estudo de propriedades matemáticas, sem compromisso com a aplicação em ferramentas da Engenharia da Qualidade (EQ). A Análise de Variância para dados funcionais (FANOVA – *Functional analysis of variance*) é operacionalizada através da aplicação de uma ANOVA para cada valor individual da variável funcional. Com isso, pode-se determinar, por exemplo, uma função dos efeitos, dos níveis em relação aos atributos. A FANOVA foi aplicada a um estudo climatológico no Canadá para avaliar o efeito das temperaturas médias mensais em diferentes regiões geográficas e períodos do ano (RAMSAY; SILVERMAN, 2005).

Em muitos casos, a otimização e monitoramento de produtos e processos requerem o estudo de mais de uma característica de qualidade. Fogliatto (2008) apresentou um método que combina o uso da função de utilidade com variáveis de resposta funcionais. A função de utilidade foi usada para transformar diferentes respostas individuais de um experimento multivariado em medidas de desempenho. O desempenho de um dado funcional foi obtido com a comparação das curvas observadas com uma curva alvo. A medida de proximidade das curvas foi baseada na Distância de Hausdorff (DH). O estudo relata a necessidade de avaliar a solubilidade de um edulcorante dietético a uma dada temperatura através do seu perfil em relação ao tempo. O resultado obtido demonstrou que o método permite incorporar de

maneira eficiente respostas funcionais e não-funcionais na otimização de experimentos multirespostas.

O estudo de Repetitividade & Reprodutibilidade (R&R) é uma ferramenta da EQ usada na análise de SMs. Nos estudos de R&R, o instrumento de medição é usado para medir repetidas vezes as amostras de um produto. A repetitividade se refere à variabilidade característica do instrumento de medição, e decorre da sua capacidade de fornecer leituras repetidas muito próximas, sob as mesmas condições. A reprodutibilidade se refere à capacidade de um SM apresentar os mesmos resultados a partir da alteração nas condições de medição, tais como mudanças de assessores, diferentes turnos de trabalho, ou alterações de processo. O objetivo do estudo de R&R é determinar se a variabilidade do SM é relativamente menor que a variabilidade do processo monitorado (VIM, 2008; BURDICK; BORROR; MONTGOMERY, 2003; AIAG, 2002).

Pedott (2012) apresenta uma adaptação da ANOVA para aplicação direta em problemas de EQ. O método, denominado de ANOVA das Distâncias, combina os fundamentos matemáticos da ANOVA com o conceito de similaridade entre curvas proposto por Fogliatto (2008). Em uma ANOVA, a medida de similaridade das curvas está para o nível de variação de um sistema de medição assim como a medida de dispersão está para uma variável simples. A ANOVA das Distâncias foi aplicada a um estudo de repetitividade e reprodutibilidade (R&R) para analisar a capacidade e o desempenho de sistemas de medição, no contexto da ADF. O método apresenta apenas um resultado final, no qual estão considerados todos os pontos da curva.

O presente artigo traz uma contribuição inédita para a área da Sensometria: a utilização da ANOVA das distâncias, proposta por Pedott (2012), aplicada a problemas de análise sensorial. Para dar suporte a análise dessa proposição, utilizou-se a ANOVA convencional seguida do teste de Tukey, com a finalidade de comparação. Identifica-se, através de um estudo de caso, o método mais adequado e eficaz para avaliar assessores de uma equipe sensorial. A adaptação da ANOVA com a utilização da DH permite uma conclusão global sobre o desempenho dos assessores sensoriais, identificando o assessor em desacordo com os demais..

Este artigo está dividido em 5 seções. Além da introdução apresentada na seção 5.1, a seção 5.2 aborda os Materiais e Métodos. A seção 5.3 apresenta o estudo aplicado. A seção 5.4 mostra os Resultados e Discussões. Finalmente, a seção 5.5 apresenta as conclusões.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados neste trabalho são a ANOVA de um fator e ANOVA das distâncias. O método da ANOVA das distâncias foi desenvolvido a partir da ANOVA de um fator, sendo o conjunto das notas dos assessores o dado funcional a ser analisado. Nas próximas seções podem ser observadas as descrições dos métodos.

5.2.1 ANOVA de Um Fator

A ANOVA tem o objetivo de testar se a hipótese de igualdade das médias dos níveis de um fator controlado não diferem entre si. O resultado de uma observação pode ser representado pelo modelo estatístico $X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, onde μ é a média geral de todas as observações, τ_i é o efeito do nível i , ε_{ij} é o erro aleatório, $i = 1, \dots, I$ corresponde ao número de grupos ou níveis e $j = 1, \dots, J$ corresponde ao número de observações de cada grupo. As variâncias são calculadas a partir das somas dos quadrados dos resíduos. A Soma dos Quadrados Totais (SQT) é dada por $SQT = \sum_{ij}(X_{ij} - \bar{X}_{..})^2$, sendo $\bar{X}_{..}$ a média geral correspondente a todas as observações. A Soma dos Quadrados dos grupos (SQG) é dada por $SQG = \sum_i n_i(\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2$, sendo \bar{X}_i a média das observações do grupo i . A SQG está associada ao desvio da média do grupo i em relação à média geral. A Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) é dada por $SQR = \sum(X_{ij} - \bar{X}_i)^2$. A SQR está associada ao desvio da observação individual em relação a média do grupo. A SQR pode ser obtida a partir da equação identidade $SQT = SQG + SQR$ (MONTGOMERY, 2008).

A estimativa das variâncias é obtida através da divisão das somas quadráticas pelos respectivos graus de liberdade. A ANOVA pressupõe que a distribuição dos resíduos seja aproximadamente normal e que sua variância seja idêntica e independentemente distribuída. Se não houver efeito entre os grupos, as estimativas das variâncias dos grupos e dos resíduos devem ser aproximadamente iguais. Para avaliar a hipótese de igualdade, utiliza-se o teste F . A Tabela 5.1 fornece as equações para cálculo das variâncias (MONTGOMERY, 2008).

Tabela 5.1. Tabela ANOVA

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados (SQ)	GDL*	Média Quadrática	F_{CAL}	F_{TAB}
Entre Grupos	SQG	$J - 1$	$MQG = \frac{SQG}{J - 1}$	$\frac{MQG}{MQR}$	$F_{\alpha, J-1, N-J}$
Dentro do Grupo	SQR	$N - J$	$MQR = \frac{SQR}{N - J}$		
Total	SQT	$N - 1$			

*GDL=graus de liberdade; N =número total de observações; α é o nível de significância

5.2.2 ANOVA das distâncias

Uma abordagem apropriada para avaliar assessores de um painel sensorial deve considerar no resultado final a influência de todos os atributos medidos. Isto é, a metodologia deve considerar o conjunto das notas de cada atributo como uma variável de resposta. O problema consiste em avaliar o desempenho de um grupo de assessores cuja característica de qualidade medida é uma variável funcional. A avaliação do SM é feita a partir da influência de diferentes assessores. Neste caso, a avaliação de interesse aborda o estudo da reprodutibilidade. Um SM possui reprodutibilidade se não houver diferença significativa entre as medidas feitas por diferentes assessores. A estatística de teste para a hipótese de igualdade será baseada na Distância de Hausdorff (DH). Quanto menor a distância entre dois conjuntos, maior a semelhança entre os eles.

Considere um painel sensorial que fornece respostas para um determinado conjunto de atributos, sendo as respostas tratadas como realização de uma variável funcional. O painel sensorial é usado por diferentes assessores para medir repetidas vezes uma determinada formulação. Cada assessor gera um grupo de curvas. Deve-se determinar se existe diferença significativa entre os diferentes grupos de curvas, obtidos a partir da leitura dos diferentes assessores.

O método para determinar a existência de diferença entre grupos de curvas se baseia no cálculo de três medidas: (i) a distância entre as curvas observadas e a curva média geral de todos assessores; (ii) a distância entre a curva média de um dado assessor e a curva média geral; e (iii) a distância entre uma curva observada de um dado assessor e a curva média do respectivo assessor. O teste estatístico para determinar se há diferença significativa entre os diferentes grupos é o teste F clássico da ANOVA de um fator.

Sejam i grupos de curvas obtidos de i assessores diferentes. Cada grupo contém k curvas, que são repetições das avaliações feitas sobre os atributos. Cada curva é composta por

n pontos, correspondentes a n atributos, representado por a . As observações da k -ésima repetição obtidas do i -ésimo assessor estão organizadas no vetor \mathbf{x}_{ik} da equação (1).

$$\mathbf{x}_{ik} = [(x_{ik1}, a_1), \dots, (x_{ikN}, a_N)] \quad (1)$$

onde $i = 1, \dots, I$, $k = 1, \dots, K$ e $n = 1, \dots, N$ são inteiros e positivos, e a é um número real não negativo, correspondente ao número de atributos. O objetivo do método é determinar se há diferença significativa entre os i grupos.

Seja $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ o vetor de média geral, obtido a partir de todas as observações, dado pela equação (2).

$$\bar{\mathbf{x}}_{..} = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ik1}}{IK}, a_1 \right), \dots, \left(\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ikn}}{IK}, a_n \right) \right] \quad (2)$$

Seja $\bar{\mathbf{x}}_i$ o vetor de média do i -ésimo grupo, dado pela equação (3):

$$\bar{\mathbf{x}}_i = \left[\left(\frac{\sum_{k=1}^K x_{ik1}}{K}, a_1 \right), \dots, \left(\frac{\sum_{k=1}^K x_{ikn}}{K}, a_n \right) \right] \quad (3)$$

A DH entre cada curva observada \mathbf{x}_{ik} em um determinado grupo e a curva da média geral $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ é dada pela equação (4).

$$d_{\mathbf{x}_{ik}}(\bar{\mathbf{x}}_{..}) = \text{mediana}_{x_{..n} \in \bar{\mathbf{x}}_{..}} d(x_{..n}, \mathbf{x}_{ik}) \quad (4)$$

A distância $d(x_{..n}, \mathbf{x}_{ik})$ é definida como a menor das distâncias entre um ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ e cada ponto do vetor \mathbf{x}_{ik} , isto é:

$$d(x_{..n}, \mathbf{x}_{ik}) = \min_{x_{ik} \in \mathbf{x}_{ik}} d(x_{..n}, x_{ik}) \quad (5)$$

onde $d(x_{..n}, x_{ik})$ corresponde à distância Euclidiana entre um ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ e um ponto do vetor \mathbf{x}_{ik} ; considerando-se os pontos $\bar{x}_{..1}$ e x_{11} , essa distância seria dada por:

$$d(x_{..1}, x_{11}) = \sqrt{(x_{..1} - x_{11})^2 + (a_{x_{..1}} - a_{x_{11}})^2} \quad (6)$$

A equação (6) mostra que a DH é uma distância euclidiana. Para não perder a informação da posição da curva em relação a curva esperada no teste estatístico deve-se atribuir um sinal para cada DH calculada. O sinal será positivo se o valor da resposta do ponto que coincide com a DH for maior que valor da grande média, no mesmo atributo a , definido como o número total de atributos, e negativo se menor que o valor da grande média.

A DH entre os vetores $\bar{\mathbf{x}}_i$ e $\bar{\mathbf{x}}_{..}$, denotada por $d_{\bar{\mathbf{x}}_i}(\bar{\mathbf{x}}_{..})$, corresponde à mediana do conjunto das distâncias entre cada ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ e os pontos do vetor $\bar{\mathbf{x}}_i$, isto é:

$$d_{\bar{\mathbf{x}}_i}(\bar{\mathbf{x}}_{..}) = \text{mediana}_{x_{..n} \in \bar{\mathbf{x}}_{..}} d(x_{..n}, \bar{\mathbf{x}}_i) \quad (7)$$

A distância $d(x_{..n}, \bar{\mathbf{x}}_i)$ é definida como a menor das distâncias entre um ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_{..}$ e cada ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_i$, isto é:

$$d(x_{..n}, \bar{\mathbf{x}}_i) = \min_{\bar{\mathbf{x}}_i \in \bar{\mathbf{x}}_i} d(x_{..n}, \bar{\mathbf{x}}_i) \quad (8)$$

A DH entre os vetores \mathbf{x}_{ik} e $\bar{\mathbf{x}}_i$, denotada por $d_{\mathbf{x}_{ik}}(\bar{\mathbf{x}}_i)$, corresponde à mediana do conjunto das distâncias entre cada ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_i$ e os pontos do vetor \mathbf{x}_{ik} , isto é:

$$d_{\mathbf{x}_{ik}}(\bar{\mathbf{x}}_i) = \text{mediana}_{x_{i,n} \in \bar{\mathbf{x}}_i} d(x_{i,n}, \mathbf{x}_{ik}) \quad (9)$$

A distância $d(x_{i,n}, \mathbf{x}_{ik})$ é definida como a menor das distâncias entre um ponto do vetor $\bar{\mathbf{x}}_i$ e cada ponto do vetor \mathbf{x}_{ik} , isto é:

$$d(x_{i,n}, \mathbf{x}_{ik}) = \min_{\bar{\mathbf{x}}_i \in \mathbf{x}_{ik}} d(x_{i,n}, \bar{\mathbf{x}}_i) \quad (10)$$

A distância das curvas observadas com relação à curva média do grupo está associada à variabilidade característica do painel sensorial (erro aleatório). A distância das curvas médias dos grupos à curva da grande média está associada à variabilidade entre assessores.

A Figura 5.1 apresenta um desenho esquemático das distâncias definidas pelas Equações (4) e (5). As retas tracejadas em azul representam as distâncias entre um ponto da curva média geral e cada ponto da curva média de um assessor; a menor distância foi representada pela linha sólida. Um valor mínimo de distância foi associado a cada ponto da

curva média geral. Esses dados formam o conjunto de N distâncias usadas no cálculo da mediana.

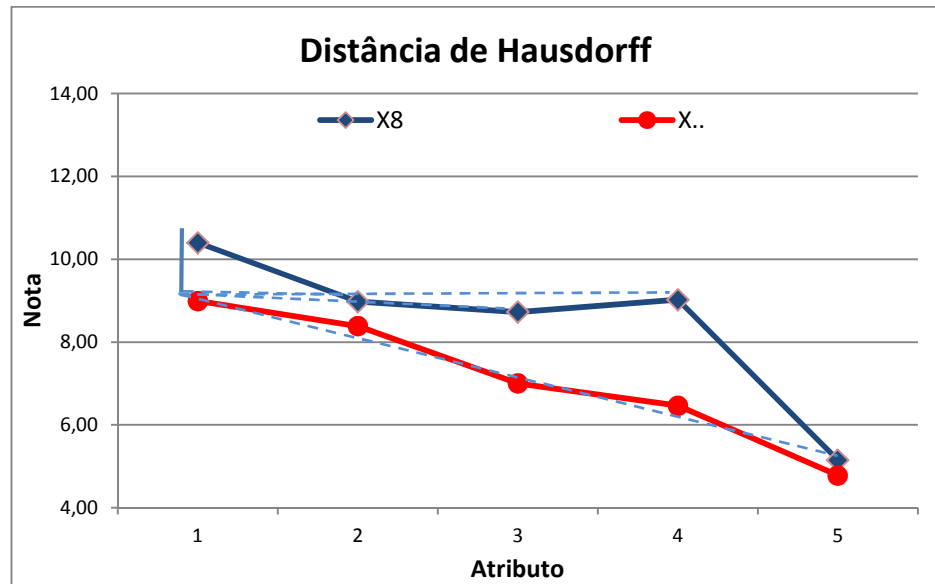


Figura 5.1. Definição do cálculo da Distância de Hausdorff

Um procedimento apropriado para comparar as respostas funcionais de I assessores é a ANOVA de um fator.

Os níveis do fator assessor correspondem aos diferentes assessores. O modelo estatístico para a ANOVA, neste caso, será:

$$x_{ik} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ik} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, I \\ k = 1, 2, \dots, K \end{cases} \quad (11)$$

onde μ é a média geral e τ_i é o efeito do i -ésimo assessor. A soma $\mu_i = \mu + \tau_i$ representa a média da variável de resposta no i -ésimo nível do fator assessor.

O objetivo é testar a hipótese de igualdade dos efeitos dos diferentes níveis; isto é:

$$\begin{cases} H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_I = 0 \\ H_1: \tau_i \neq 0 \end{cases} \quad (12)$$

O cálculo das variâncias parte das somas quadradas dos resíduos. Os resíduos devem ser determinados a partir das distâncias calculadas pelas equações (4), (7) e (9). A distância entre curvas é uma medida de similaridade entre elas. O uso das distâncias permite aplicar a ANOVA tradicional ao caso funcional. Tal adaptação elimina a necessidade de aplicar

métodos multivariados e de redução dimensional no conjunto de dados funcionais. Da mesma forma que a ANOVA tradicional, pressupõe-se que as observações são normalmente e independentemente distribuídas e com idêntica variância para os diferentes fatores e níveis.

A Soma Quadrática Total (SQT) corresponde à soma quadrática das distâncias calculadas pela Equação (4), sendo dada por:

$$SQT = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (x_{ik} - \bar{x}_{..})^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{..})]^2 \quad (13)$$

A Soma Quadrática dos Grupos (SQG) corresponde à soma das distâncias calculadas pela Equação (7), sendo dada por:

$$SQG = K \sum_{i=1}^I (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})^2 = K \sum_{i=1}^I [d_{\bar{x}_{i.}}(\bar{x}_{..})]^2 \quad (14)$$

A Soma Quadrática dos Resíduos (SQR) corresponde à soma das distâncias calculadas pela Equação (9), sendo dada por:

$$SQR = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (x_{ik} - \bar{x}_{i.})^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{i.})]^2 \quad (15)$$

A equação de identidade para as somas quadráticas, dada na eq. (16)

$$SQT = SQG + SQR = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{..})]^2 = K \sum_{i=1}^I [d_{\bar{x}_{i.}}(\bar{x}_{..})]^2 + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{i.})]^2 \quad (16)$$

A *SQR* pode ser obtida por: (i) cálculo direto, a partir da Equação (15), ou (ii) cálculo indireto, a partir da Equação (16). As duas alternativas de cálculo de *SQR* podem levar a resultados diferentes. A diferença ocorre porque o valor médio usado na eq. (15) pode variar de curva para curva. Por exemplo, se a DH da observação x_{111} estiver associada ao atributo $a = a_1$ ($n = 1$) da curva média $\bar{x}_{11.}$ e a DH da observação x_{122} estiver associada ao atributo $a = a_2$ ($n = 2$) da curva média $\bar{x}_{11.}$, os valores esperados de $\bar{x}_{1.n}$ usados no cálculo da eq. (10) poderão ser diferentes; isto é, $\bar{x}_{1.1} \neq \bar{x}_{1.2}$. Essa diferença depende da variação entre os atributos.

A escolha da primeira alternativa (i) pode aumentar o risco do erro tipo I. A escolha da segunda alternativa (ii) pode aumentar o risco do erro do tipo II. A escolha da fórmula de cálculo do método deve levar em consideração o impacto nos erros tipo I e II do teste

estatístico. Os graus de liberdade associados aos termos da Equação (16) são: $(IK - 1) = (I - 1) + I(K - 1)$

As somas quadráticas médias são dadas por:

$$MQG = \frac{K \sum_{i=1}^I [d_{\bar{x}_i}(\bar{x}_{..})]^2}{(I-1)} \quad (17)$$

$$MQR = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{i.})]^2}{I(K-1)} \quad (18)$$

Se não há diferença significativa entre os grupos, os valores esperados para MQG e MQR devem ser iguais, isto é: $E(MQG) = E(MQR)$.

O formulário da ANOVA para o modelo da Equação (11) é apresentado na Tabela 5.2. Assim como na ANOVA clássica, o teste F determina se a hipótese nula deve ser rejeitada. Se o valor calculado da estatística F (F_{CAL}) for maior que o valor tabelado de F (F_{TAB}), deve-se rejeitar a hipótese nula; isto é, existe diferença significativa entre os grupos analisados. O valor de F tabelado é obtido a partir da distribuição F (MONTGOMERY, 2008).

Table 5.2. Tabela ANOVA das Distâncias de um fator

Fonte de Variação	Soma dos Quadrados	GDL	Média Quadrática	F_{CAL}	F_{TAB}
Entre Grupos	$K \sum_{i=1}^I [d_{\bar{x}_i}(\bar{x}_{..})]^2$	$(I - 1)$	$\frac{K \sum_{i=1}^I [d_{\bar{x}_i}(\bar{x}_{..})]^2}{(I - 1)}$	$\frac{MQG}{MQR}$	$F_{\alpha, (I-1), I(K-1)}$
Dentro do Grupo	$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{i.})]^2$	$I(K - 1)$	$\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{i.})]^2}{I(K - 1)}$		
Total	$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K [d_{x_{ik}}(\bar{x}_{..})]^2$	$(IK - 1)$			

*GDL=graus de liberdade; α é o nível de significância

A distância dada pela mediana pode não identificar valores extremos em pontos específicos das curvas, o que pode levar a uma interpretação equivocada dos resultados em alguns casos. Uma alternativa é substituir o operador de mediana usado nas equações (4), (7),

(9) pelo operador de média. Para diferenciar as distâncias calculadas nas duas abordagens, denota-se a distância calculada através da média por $d_{x_{ij}}^a(\bar{x}_{..})$. O cálculo das somas quadráticas segue o mesmo procedimento da abordagem da mediana. Com isso, a tabela ANOVA para essa abordagem é similar àquela apresentada na Tabela 5.2.

5.2.3 Comparação Múltipla de Médias

Se houver diferença significativa entre os assessores analisados, é possível identificar um ou mais assessores que possuem médias atípicas. O primeiro passo é calcular um limite de decisão (L_d) baseado no desvio padrão das médias dos assessores – $L_d = 3 \times \sqrt{MQR/n_c}$, onde $n_c = (n_1 + n_2 + \dots + n_l)/l$. O segundo passo é ordenar os assessores em ordem crescente ou decrescente dos valores médios e compará-los dois a dois. A diferença entre as médias será considerada significativa se o valor for maior que L_d .

5.3 ESTUDO DE CASO

Nesta seção, aplicam-se os métodos de avaliação da eficácia do treinamento dos assessores, descritos na seção 2, a um conjunto de dados obtidos em uma avaliação sensorial utilizando o método *Spectrum*. Para compor a equipe sensorial, os assessores foram selecionados em duas etapas.

A primeira etapa foi constituída de uma entrevista telefônica, com o objetivo de identificar a disponibilidade do candidato e sua familiaridade com testes sensoriais. Os candidatos considerados aptos foram convidados a realizar uma bateria completa de testes, onde atributos relacionados a sabor, textura e aparência foram investigados. De aproximadamente 25 candidatos, 8 foram selecionados ao término da fase preliminar de treinamento, a qual durou 3 meses.

A segunda etapa ocorreu durante aproximadamente 3 meses nos quais os assessores reuniram-se para treinamentos em duas sessões semanais com duração aproximada de 1,5 horas. O objetivo da equipe sensorial era caracterizar uma ração militar norte-americana constituída de cubos de carne ao molho embaladas em pacotes termoestáveis. Além dos 8 assessores treinados utilizou-se um nono assessor não treinado; a equipe analisou 23 atributos sensoriais em 8 produtos. Cada avaliação foi realizada em quadruplicata.

Dos 23 atributos, utilizaram-se cinco atributos sensoriais nas análises aqui propostas. A análise foi realizada para cada produto individualmente. Esses cinco atributos identificados em um estudo realizado por Fogliatto, Albin e Tepper (1999), geraram modelos de regressão significativos quando utilizados em um método de otimização multiresposta. O objetivo da análise é identificar assessores que não receberam treinamento suficiente.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados da aplicação dos métodos propostos.

As curvas plotadas na Figura 5.2 são as notas médias atribuídas por cada assessor para cada atributo sensorial. A variável funcional considerada é representada pelo conjunto das notas atribuídas por um determinado assessor.

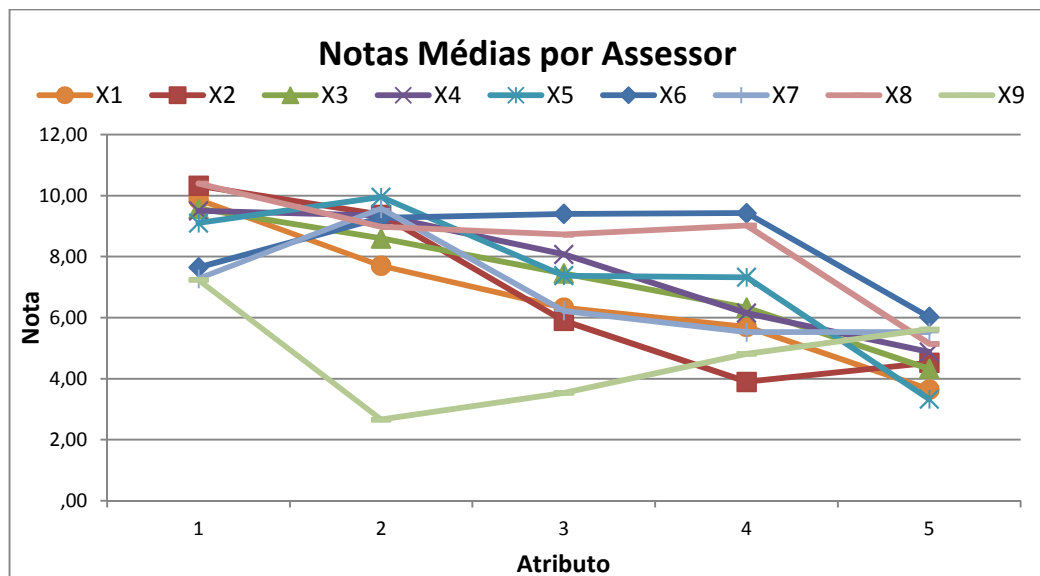


Figura 5.2. Curvas das notas médias para cada assessor

O assessor não treinado corresponde ao perfil X9. Analisando visualmente a Figura 5.2 fica claro que X9 apresenta um perfil diferente dos demais assessores.

A partir das curvas representadas na Figura 5.2 são realizados os cálculos das distâncias. Para tanto, calcula-se primeiramente uma curva média geral entre todos os assessores. A seguir, de acordo com as Equações 4 e 5, são calculadas as DH dadas pela menor distância euclidiana da curva média do assessor à curva média geral.

A Tabela 5.3 apresenta os resultados dos testes de hipóteses da ANOVA das distâncias utilizando a abordagem das medianas e das médias, e da ANOVA ponto a ponto, conforme apresentado na seção 5.3. Os resultados para a ANOVA das distâncias e ANOVA

ponto a ponto foram distintos. Para a ANOVA das distâncias, considerando a abordagem das médias e medianas, os resultados foram similares, mostrando que o assessor 9 difere dos demais.

Tabela 5.3. Tabela comparativa dos métodos utilizados

		ANOVA			Comparação Múltipla de Médias	
ANOVA das Distâncias		F_{cal}	F_{tab}	H_0	L_d	Assessor que Difere
Mediana		4,93	2,31	REJEITA	1,420399557	9
Média		4,43	2,31	REJEITA	1,637341246	9
ANOVA						
Ponto a Ponto	At.1	4,96	2,31	REJEITA	1,715173267	7 e 9
	At.2	12,13	2,31	REJEITA	1,930758406	9
	At.3	2,75	2,31	REJEITA	3,162540308	9
	At.4	2,10	2,31	Não há diferença entre os assessores		
	At.5	1,87	2,31	Não há diferença entre os assessores		

At. = atributo

Em relação à ANOVA ponto a ponto, o teste F mostra que há efeito significativo para os atributos 1, 2 e 3. Para o atributo 1 houve dois assessores que divergiram dos resultados, os assessores 7 e 9. Já para os atributos 2 e 3 apenas o assessor 9 mostrou-se diferente através do teste de Comparação Múltipla de Médias. No entanto, para os atributos 4 e 5 não houve diferença significativa, mostrando que os assessores pertencem ao mesmo grupo.

A ANOVA das distâncias, juntamente com o teste de Comparação Múltipla de Médias, contribui de forma positiva para a análise de assessores enquanto membros de uma equipe, auxiliando na identificação do assessor que não está em acordo com os demais na atribuição de notas aos atributos sensoriais. A adaptação da ANOVA utilizando a DH, proposta neste artigo, permite a obtenção de um único resultado final, o qual permite uma conclusão global sobre o desempenho da equipe sensorial. As notas atribuídas por cada um dos assessores são analisadas sob a ótica da ADF para a obtenção da DH. No estudo de caso apresentado neste trabalho, verifica-se que o assessor 9 não está em acordo com os demais assessores, o que era de se esperar, uma vez que o mesmo não foi treinado.

Se a ANOVA ponto a ponto apresentasse o mesmo resultado da ANOVA das distâncias nada poderia ser concluído sobre a existência ou não de diferença significativa entre as curvas apresentadas no método da ANOVA das distâncias. Além disso, com a utilização da ANOVA ponto a ponto o pesquisador obtém resultados apenas relacionados a

um determinado atributo, o que não permite uma avaliação do desempenho global da equipe sensorial.

5.5 CONCLUSÃO

A utilização de análise de dados funcionais na avaliação do desempenho de assessores sensoriais é uma alternativa inovadora aos métodos disponíveis na literatura. Para a obtenção de dados funcionais é necessário que haja uma observação da variável de resposta de interesse não representada por um valor individual e sim por uma coleção de dados, os quais irão formar um perfil ou uma curva. Produtos e processos que são caracterizados por variáveis funcionais devem ser analisados por métodos que considerem conjuntamente todos os pontos observados na curva ou perfil.

O método proposto neste artigo, intitulado ANOVA das distâncias, é uma adaptação da ANOVA de um fator para o tratamento e análise de dados funcionais. A distância de Hausdorff (DH) foi utilizada como medida de proximidade entre as curvas.

O método apresenta apenas um resultado final onde foram considerados todos os atributos. Os resultados obtidos utilizando a ANOVA das distâncias tanto para a abordagem das médias quanto das medianas apresentaram o mesmo resultado. O que permite realizar uma avaliação global de desempenho. Já o resultado da ANOVA ponto a ponto não foi conclusivo. A semelhança de desempenho dos diferentes assessores depende do atributo avaliado. O método da ANOVA ponto a ponto exige a escolha de qual atributo é o mais apropriado para avaliar o desempenho dos assessores. Salienta-se que este método pode ser utilizado em planilhas eletrônicas comuns, sem a necessidade de programas computacionais complexos.

Algumas questões relevantes que surgiram no decorrer dessa pesquisa podem ser apontadas como sugestões relacionadas ao desdobramento dos métodos apresentados: *(i)* a generalização da ANOVA das Distâncias para projetos experimentais incluindo variáveis funcionais com dois fatores e *(ii)* a investigação da influência do número de pontos usados na análise das curvas sobre o cálculo das somas quadráticas da ANOVA.

5.6 REFERÊNCIAS

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP – AIAG. **Measurement Systems Analysis**. 3rd ed. Detroit: Chrysler Corporation; Ford Motor Company and General Motors Corporation, 2002.

- BURDICK, R.K.; BORROR, C.M.; MONTGOMERY, D.C. A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. **Journal of Quality Technology**, v. 35, p. 342-354, 2003.
- CARBONELL, L.; IZQUIERDO, L.; CARBONELL, I. Sensory analysis of Spanish mandarin juices: selection of attributes and panel performance. **Food Quality and Preference**, n.2, v.18, p.329-341, 2007.
- DIJKSTERHUIS, G. Assessing panel consonance. **Food Quality and Preference**, n.1, v.6, p.7-14, 1995.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**.3ed. Curitiba: Champagnat, 2011.
- FOGLIATTO F.S. Multiresponse optimization of products with functional quality characteristics. **Quality and Reliability Engineering International**,n.8, v. 24, p.927-939, 2008.
- JAHAN, K.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J.R. Sensory quality in retailed organic, free range and corn-fed chicken breast. **Food Research International**, n.5, v.38, p.495-503, 2005.
- LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: principles and practices**. New York: Chapman and Hall, 1998.
- MCEWAN, J.A. *et al.* Proficiency testing for sensory ranking panels: measuring panel performance. **Food Quality and Preference**, v.14, p. 247–256, 2003.
- MELO, L.L.M.M.; BOLINI, H.M.A.; EFRAIM, P. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. **Food Quality and Preference**, v.20, p.138-143, 2009.
- MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley and Sons, 2008.
- PEDOTT, A. H.; FOGLIATTO, F. S. Estudos de repetitividade e reprodutividade para dados funcionais. **Produção. ahead of print**, pp. 0-0. Epub 09-Nov-2012.
- RAMSAY, J.O.; SILVERMAN, B.W. **Functional data analysis**, 2.Ed., Springer: New York, 2005.
- VIM. **International vocabulary of metrology** – Basic and general concepts and associated terms (3rd ed.). Joint Committee for Guides in Metrology: 2008.
- WOODALL, W. H. Current research on profile monitoring. **Produção**, v.17, p.420-425, 2007.

6 ARTIGO 5 – Comparação de Métodos Multivariados para Avaliação do Desempenho de Assessores Sensoriais

Flávia Santos Twardowski Pinto

Flávio Sanson Fogliatto

Resumo

A avaliação sensorial é composta por um conjunto de técnicas utilizadas para medir atributos sensoriais a partir de julgamentos feitos por assessores sensoriais. A capacidade para detectar diferenças é essencial na seleção desses assessores. Neste trabalho, foram realizadas análises multivariadas objetivando identificar assessores que não estivessem em consonância com os demais. Propõe-se a utilização de uma matriz de distâncias, formada pelos coeficientes de correlação R_v , como dados de entrada em duas técnicas de análise multivariada: Análise Fatorial e Análise de Conglomerados. Os resultados foram comparados entre si e entre as análises realizadas com dados de entrada tradicionais. A modificação proposta foi eficiente, já que permitiu identificar o assessor sensorial com perfil de avaliação diferente dos demais.

Palavras-chaves: Análise de conglomerados; análise fatorial; assessores sensoriais; análise sensorial; coeficiente de correlação R_v .

6.1 INTRODUÇÃO

A Análise Sensorial Descritiva (ASD) é um instrumento utilizado amplamente na ciência sensorial. A partir do final do século 20 e início do século 21 a ASD tem apresentado evolução constante. A ASD compreende um conjunto de métodos utilizados para a medição de reações aos estímulos sensoriais obtidos a partir do consumo de um determinado produto, proporcionando uma descrição dos aspectos qualitativos e quantitativos das percepções humanas (MOUSSAOUI; VARELA, 2010; MURRAY; DELAHUNTY; BAXTER, 2001).

A utilização de informações obtidas através da descrição das características sensoriais de um produto tem sido uma prática comum na indústria de alimentos e bebidas, podendo: (i) auxiliar no desenvolvimento de produtos; (ii) aproximar determinadas características de um produto a características de referência; (iii) verificar o efeito da adição ou retirada de ingredientes; (iv) verificar o efeito de alterações no processo; (v) auxiliar no controle de qualidade; (vi) acompanhar as mudanças do produto ao longo do tempo em um controle de vida de prateleira; e (vii) estabelecer relações com medições instrumentais (DUTCOSKY, 2011; MOUSSAOUI; VARELA, 2010). Na pesquisa acadêmica, tais informações constituem-se em recurso valioso, permitindo estabelecer relações com medições

analíticas a fim de auxiliar a explicar, por exemplo, como mudanças na textura, sabor ou aroma determinam diferentes atributos sensoriais, contribuindo, portanto, para uma melhor compreensão dos mecanismos subjacentes às percepções sensoriais (MOUSSAOUI; VARELA, 2010; VARELA; ARES, 2012).

Para coletar impressões sobre um determinado produto em ASD deve-se dispor de uma equipe sensorial treinada, a qual é formada por assessores com habilidades apropriadas à análise sensorial. Os assessores sensoriais podem ser vistos como um instrumento de medição, uma vez que medem os atributos sensoriais de um produto. A capacidade de detectar diferenças é uma característica essencial para selecionar um assessor, assim como a sua repetibilidade, consonância com os demais assessores e sua concordância na utilização de atributos (DIJKSTERHUIS, 1995). Todos esses fatores afetam o desempenho da equipe sensorial. Devido a isso, é necessário que seja medido o grau de confiabilidade nas avaliações realizadas pelos assessores sensoriais (BARCENAS; ELORTONDO; ALBISU, 2004; MCEWAN et al., 2002). Para tanto, deve-se avaliar a eficácia do treinamento dos assessores através das notas por estes atribuídas a cada um dos atributos sensoriais.

A Análise Multivariada (AM) refere-se a todos os métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto sob investigação. Muitas técnicas multivariadas são extensões da análise univariada e da análise bivariada. De uma maneira geral, em alguns casos as técnicas multivariadas são um meio de executar em uma única análise o que antes era realizado através de múltiplas análises utilizando técnicas univariadas (HAIR et al., 2005).

Na avaliação do desempenho de um painel sensorial são utilizados diferentes métodos. Dentre os métodos multivariados destacam-se a Análise de Componentes Principais (ACP) (LASSOUED et al., 2008; LUCIANO; NÆS, 2009; LEDAUPHIN; HAFINI; QANNARI, 2006; DIJKSTERHUIS; PIGGOTT, 2001; PRIPP et al., 2005; SAHMER; QANNARI, 2008), a Análise de Consonância (DIJKSTERHUIS, 1995; BARCENAS; ELORTONDO; ALBISU, 2000; BOUMAZA et al., 2010), a Análise de Conglomerados (SVEINSDÓTTIR et al., 2009; LIM; LAWLESS, 2005; HEENAN et al., 2008) e a Análise Generalizada de Procrustes (GPA) (XIONG et al., 2008; JAHAN; PATERSON; PIGGOTT, 2005; FERREIRA et al., 2008; ALBERT et al., 2011; SINESIO; MONETA, 1997 e SORIANO et al., 2007).

A ACP é muito utilizada em análise quantitativa descritiva aplicada, sendo uma de suas aplicações a redução do número de atributos sensoriais (SAHMER; QANNARI, 2008). Além dessa aplicação, a ACP pode ser utilizada para obtenção dos autovalores, os quais serão

diretamente utilizados na Análise de Consonância com a finalidade de avaliar a consonância entre assessores sensoriais (DIJKSTERHUIS, 1995).

A Análise de Conglomerados, conhecida também como *Cluster Analysis*, é uma técnica utilizada para identificar subgrupos significativos de indivíduos ou objetos. Nesta técnica, o objetivo é classificar uma amostra de indivíduos ou objetos em um pequeno número de grupos mutuamente excludentes, baseando-se nas similaridades entre os indivíduos ou objetos (HAIR et al., 2005). A análise é realizada nas seguintes etapas: (i) analisam-se as variáveis e os objetos a serem agrupados; (ii) seleciona-se a medida de distância ou semelhança entre cada par de objetos; (iii) seleciona-se o método: hierárquico ou não-hierárquico; (iv) escolhe-se a quantidade de agrupamentos; e (v) realiza-se a interpretação e validação dos agrupamentos (FÁVERO et al., 2009). Como exemplo, cita-se a Análise de Conglomerados aplicada para identificar grupos de consumidores através de análise descritiva quantitativa, utilizando como amostras o bacalhau processado de diferentes formas (SVEINSDÓTTIR et al., 2009). Na literatura, verificou-se também que a Análise de Conglomerados pode ser utilizada para testar consumidores. Nesta linha, Veinand et al. (2011) propuseram um método para detectar consumidores com desempenho diferente dos demais, através da Análise Hierárquica de Conglomerados.

Outro método multivariado é a GPA, que é uma técnica exploratória a qual envolve transformações (translação, rotação, reflexão isotrópica) de matrizes de dados individuais, para cada assessor, a fim de obter uma comparabilidade ideal entre assessores. Uma das aplicações da GPA é mostrar espacialmente, através de gráficos, como os assessores sensoriais se comportam. Essa técnica, na análise sensorial, é muito utilizada para identificar diferenças entre produtos, concordância entre assessores e repetibilidade do assessor (XIONG et al., 2008).

A análise fatorial (AF), que segundo Fávero et al. (2009) inclui a análise de componentes principais e análise dos fatores comuns, é utilizada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns. O objetivo é permitir a simplificação ou redução de um determinado número de variáveis através da determinação das dimensões latentes comuns, os fatores. Na AF o pesquisador pode primeiro identificar as dimensões separadas da estrutura e então determinar o grau em que cada variável é explicada por cada dimensão. A partir deste ponto, a redução de dados pode ser obtida.

Além desses métodos multivariados, o coeficiente R_v vem sendo utilizado em Análise Sensorial a fim de avaliar o treinamento de painéis sensoriais e o desempenho de assessores (ABDI et al., 2007; BLANCHER, et al., 2008; DRAKE et al., 2007; FINDLAY et al., 2006; MCEWAN, 2002, TOMIC et al., 2013). Esse coeficiente está presente no método STATIS (LAVIT et al., 1994), com o objetivo de medir a correlação entre pares de matrizes de dados.

A busca por métodos que permitam avaliar e selecionar assessores para compor uma equipe sensorial tem impulsionado os pesquisadores da área da Análise Sensorial. O presente artigo traz uma alternativa para a área da Sensometria: a utilização de uma matriz formada pelos coeficientes de correlação R_v como dados de entrada na Análise Fatorial e na Análise de Conglomerados. O método proposto, descrito na seção 6.2, foi aplicado a um estudo de caso.

Este artigo está dividido em 5 seções. Além da introdução apresentada na seção 6.1, a seção 6.2 aborda os Materiais e Métodos. A seção 6.3 apresenta o estudo aplicado. A seção 6.4 mostra os Resultados e Discussões. Finalmente, a seção 6.5 apresenta as conclusões.

6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, apresentam-se os métodos analíticos a serem implementados na seção 6.4. Serão investigadas a Análise Fatorial e a Análise de Conglomerados. A utilização da matriz dos coeficientes R_v como dados de entrada aos métodos acima citados é a proposição original deste artigo.

Nas demais seções será utilizada a notação a seguir. Consideram-se J ($j = 1, \dots, J$) assessores avaliando P ($p = 1, \dots, P$) produtos relativamente a A ($a = 1, \dots, A$) atributos, sendo as avaliações repetidas R ($r = 1, \dots, R$) vezes.

6.2.1 Cálculo da matriz composta pelos coeficientes R_v

Para avaliar o desempenho de painéis sensoriais bem como o desempenho de assessores pode ser utilizado o coeficiente de correlação R_v . Este mede a correlação entre pares de matrizes de dados, variando de zero a um. Quando utilizado para avaliar a correlação entre assessores, as notas atribuídas pelos mesmos relativamente aos atributos sensoriais compõem as matrizes de dados. Um coeficiente $R_v = 0$ indica que os valores contidos nas matrizes de dados dos dois assessores são totalmente diferentes; um coeficiente igual a 1,0 indica o oposto, isto é, valores absolutamente iguais (ESCOUFIER, 1973).

Dessa forma, o coeficiente R_v mede quão similares são as informações entre duas matrizes de dados \mathbf{X}_1 e \mathbf{X}_2 . O coeficiente de correlação R_v pode ser observado na equação 1:

$$R_v(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2) = \frac{\text{tr}[\mathbf{X}_1 \mathbf{X}_1^t \mathbf{X}_2 \mathbf{X}_2^t]}{\sqrt{\text{tr}(\mathbf{X}_1 \mathbf{X}_1^t)^2 \text{tr}(\mathbf{X}_2 \mathbf{X}_2^t)^2}} \quad (1)$$

sendo \mathbf{X}_1 e \mathbf{X}_2 as matrizes de dados referente aos assessores 1 e 2, respectivamente e suas transpostas, \mathbf{X}_1^t e \mathbf{X}_2^t .

Para o cálculo da matriz de correlação composta pelos coeficientes R_v (denominada matriz \mathbf{R}_v) foram utilizadas as matrizes de dados de cada assessor, \mathbf{X}_j . Considerou-se a matriz de dados sensoriais \mathbf{X}_j composta de $(P \times J \times R)$ linhas e A colunas, com elemento x_{pjra} . A matriz \mathbf{R}_v foi calculada no MatLab R2011a, conforme apresentado no Apêndice, e foi utilizada como dados de entrada de dados para os cálculos da AF e Análise de Conglomerados.

6.2.2 Análise Fatorial

O objetivo da AF é reduzir o número de variáveis originais em um conjunto mais significativo de variáveis compostas, designadas por fatores. Essa técnica permite identificar quais variáveis pertencem a quais fatores, indicando o quanto cada variável é responsável pela variabilidade contida em cada fator (FÁVERO et al., 2009).

Na Análise Fatorial utilizada neste artigo realizou a extração dos fatores através da Análise de Componentes Principais; a técnica foi implementada no programa *Statistical Package for the Social Sciences*, SPSS 18.0 para *Windows*. A AF foi realizada de duas formas: a partir da matriz de dados originais e a partir da matriz dos coeficientes R_v . A matriz de dados originais utilizada nesta análise é composta por $(P \times R \times A)$ e J colunas, com elemento x_{praj} . A matriz \mathbf{R}_v , a qual pode ser observada na Figura 6.1, é composta pelas distâncias entre cada par de assessores, conforme descrito na seção 6.2.1.

$$\text{Matriz } \mathbf{R}_v = \begin{bmatrix} R_v(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_1) & \dots & R_v(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_9) \\ \vdots & & \vdots \\ R_v(\mathbf{X}_9, \mathbf{X}_1) & \dots & R_v(\mathbf{X}_9, \mathbf{X}_9) \end{bmatrix}$$

Figura 6.1. *Matriz* \mathbf{R}_v

6.2.3 Análise de Conglomerados

A Análise de Conglomerados objetiva alocar indivíduos caracterizados por um mesmo conjunto de variáveis em grupos similares (FÁVERO et al., 2009).

Nesse artigo, a Análise de Conglomerados foi realizada de duas formas: a partir da matriz de dados originais e a partir da matriz dos coeficientes R_v através do programa SPSS 18.0 para *Windows*. A matriz de dados originais utilizada nesta análise é composta por J linhas e $(P \times R \times A)$ colunas, com elemento x_{jpra} . A matriz \mathbf{R}_v , é composta pelas distâncias entre cada par de assessores, conforme Figura 6.1.

6.3 ESTUDO DE CASO

Nesta seção, aplicam-se os métodos de avaliação da eficácia do treinamento dos assessores, descritas na seção 6.2, a um conjunto de dados obtidos em uma avaliação sensorial utilizando o método *Spectrum*. Para compor a equipe sensorial, os assessores foram selecionados em duas etapas.

A primeira etapa foi constituída de uma entrevista telefônica, com o objetivo de identificar a disponibilidade do candidato e sua familiaridade com testes sensoriais. Os candidatos considerados aptos foram convidados a realizar uma bateria completa de testes, onde atributos relacionados a sabor, textura, odor e aparência foram investigados. De aproximadamente 25 candidatos, 8 foram selecionados ao término da fase preliminar de treinamento, a qual durou 3 meses.

A segunda etapa ocorreu durante aproximadamente 3 meses, nos quais os assessores reuniram-se para treinamentos em duas sessões semanais com duração aproximada de 1,5 horas. O objetivo da equipe sensorial era caracterizar uma ração militar norte-americana constituída de cubos de carne ao molho embaladas em pacotes termoestáveis. Além dos 8 assessores treinados utilizou-se um nono assessor não treinado; a equipe analisou 23 atributos sensoriais em 8 produtos. Cada avaliação foi realizada em quadruplicata.

O objetivo das análises multivariadas é identificar qual o assessor não está treinado. As técnicas de análise selecionadas se justificam, já que o interesse deste estudo é verificar como os assessores se relacionam, ou seja, o quanto eles são semelhantes de acordo com as notas atribuídas pelos mesmos na classificação dos produtos. Para tanto, utilizou-se a Análise de Conglomerados e a Análise Fatorial com Análise de Componentes Principais.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados da aplicação dos métodos propostos.

As análises foram realizadas com os dados originais e com a matriz dos coeficientes R_v a fim de verificar o que ocorre em ambas as análises multivariadas: Análise Fatorial e Análise de Conglomerados. Optou-se pela utilização do coeficiente R_v , pois este pode ser considerado de natureza multivariada. O coeficiente R_v mede a similaridade entre pares de matrizes de dados e não entre pares de variáveis como o coeficiente univariado de Pearson (KHERIF et al., 2003)

6.4.1 Análise Fatorial

A AF deste estudo iniciou com a verificação da existência de correlação entre as variáveis, pressuposto para que a mesma seja realizada. A correlação foi calculada através dos coeficientes de Pearson e R_v , mostrando que os assessores apresentam multicolinearidade. Além disso, ambas as matrizes de correlação apresentaram, na sua maioria, coeficientes acima de 0,30 (FÁVERO et al., 2009).

Calculou-se também a estatística KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) e o teste de esfericidade de Barlett. A estatística KMO, que varia entre 0 e 1, compara as correlações simples com as parciais observadas entre as variáveis. Valores próximos a zero indicam que a AF pode não ser adequada, já que explicita a existência de uma fraca correlação entre as variáveis. No entanto, quanto mais próximo de 1 melhor será a aderência dos dados ao modelo fatorial. O KMO obtido neste estudo foi de 0,971 o que torna adequada a utilização da AF. O nível de significância do teste de esfericidade de Barlett ($p\text{-value} = 0,000$) conduz a rejeição da hipótese de que a matriz de correlações corresponda a uma matriz identidade, provando desta forma que há correlações entre as variáveis. Portanto, as estatísticas descritivas corroboram a utilização da AF (FÁVERO et al., 2009).

O critério da raiz latente, critério de Kaiser, foi o utilizado neste trabalho. A raiz latente, autovalores, é a medida da quantidade de variância que um determinado fator representa. Os autovalores mostram a variância explicada por cada fator e devem ser maiores que 1.

A Tabela 6.1 apresenta as cargas que correlacionam as variáveis com os fatores, permitindo identificar qual fator melhor explica cada uma das variáveis. Esta AF foi realizada a partir da matriz de dados originais. Neste caso específico, apenas há um fator. Observa-se que a variável 9 possui valor muito baixo. Esta variável representa o assessor 9. O fator retido apresenta um autovalor de 7,25 correspondendo a 80,6% da variância total.

Tabela 6.1. Cargas fatoriais utilizando os dados originais

Matriz de Componentes	
	Componente 1
Assessor 1	0,957
Assessor 2	0,952
Assessor 3	0,954
Assessor 4	0,962
Assessor 5	0,958
Assessor 6	0,945
Assessor 7	0,933
Assessor 8	0,955
Assessor 9	0,087

Resultado semelhante pode ser observado na Tabela 6.2 para a AF com a matriz \mathbf{R}_v . A diferença é o valor da carga atribuída ao assessor 9: o valor negativo indica que o assessor está em desacordo com os demais, cujas cargas são todas positivas. O fator retido representa um autovalor correspondente a 5,051, representando 56,1% da variância total.

Tabela 6.2. Cargas fatoriais utilizando a matriz \mathbf{R}_v como dados de entrada

Matriz de Componentes	
	Componente 1
Assessor 1	0,799
Assessor 2	0,836
Assessor 3	0,629
Assessor 4	0,863
Assessor 5	0,551
Assessor 6	0,414
Assessor 7	0,618
Assessor 8	0,873
Assessor 9	-0,976

6.4.2 Análise de Conglomerados

Na Análise de Conglomerados cabe ao pesquisador determinar se as variáveis são relevantes ou não para o estudo. Neste estudo as variáveis são os atributos sensoriais.

Esta técnica estatística permite agrupar as variáveis em grupos homogêneos em função do grau de similaridade entre os indivíduos. Desta forma, a técnica em questão é de muita utilidade para o estudo, uma vez que é esperado que os assessores, os indivíduos, com comportamentos similares fiquem em um mesmo grupo.

Foi realizada, inicialmente, a Análise de Conglomerados Hierárquica. Utilizou-se a medida de Distância Quadrática Euclidiana e o método da Ligação Média para computar a

distância entre dois agrupamentos, tanto ao utilizarem-se os dados originais ou a matriz \mathbf{R}_v como dados de entrada.

A Figura 6.2 mostra o Dendograma realizado a partir da matriz de dados originais, composta por J linhas e $(P \times R \times A)$ colunas, com elemento x_{jpra} . Pelo Dendograma observa-se que há a formação de dois agrupamentos, sendo que os assessores 1 a 8 ficam em um mesmo grupo e o assessor 9 em um grupo distinto.

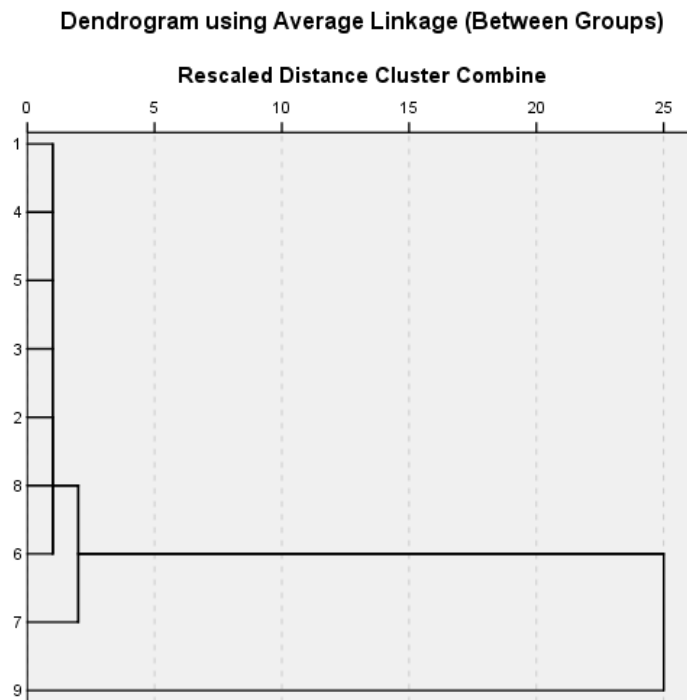


Figura 6.2. Dendograma para os dados originais

A Figura 6.3 apresenta o Dendograma formado a partir da matriz \mathbf{R}_v . Pelo Dendograma se for realizado um corte vertical na altura 6 observa-se que há a formação de dois agrupamentos, sendo que os assessores 1 a 8 ficam em um mesmo grupo e o assessor 9 em um grupo distinto.

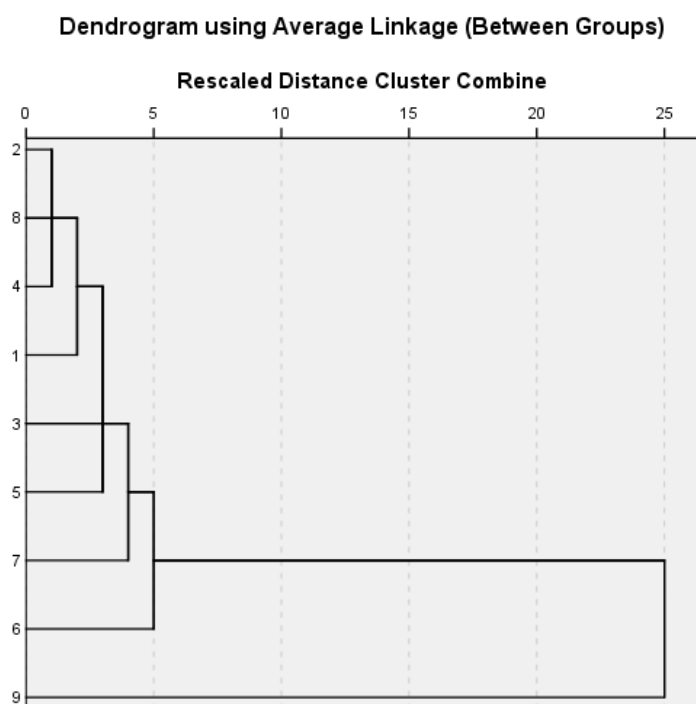


Figura 6.3. Dendrograma para os dados a partir da matriz R_v

Foi realizada também a análise de Conglomerados não Hierárquicos, onde foi obtido resultado semelhante com o assessor 9 em um agrupamento separado dos demais. As Tabelas 6.3 e 6.4 mostram os assessores em seus respectivos agrupamentos para a matriz de dados originais e para a matriz R_v , respectivamente.

Tabela 6.3. Composição dos Agrupamentos a partir da matriz de dados originais

Assessores	Agrupamentos	Distância
1	2	37,926
2	2	0,000
3	2	40,358
4	2	36,353
5	2	39,922
6	2	43,349
7	2	42,113
8	2	41,569
9	1	0,000

Tabela 6.4. Composição dos Agrupamentos a partir da matriz R_v

Assessores	Agrupamentos	Distância
1	2	0,351
2	2	0,323
3	2	0,411
4	2	0,314
5	2	0,423
6	2	0,516
7	2	0,437
8	2	0,335
9	1	0,000

6.5 CONCLUSÃO

A utilização das Análises Multivariadas, AF e Análise de Conglomerados, na avaliação do desempenho de assessores sensoriais foram utilizadas neste trabalho de forma exploratória, sendo uma alternativa aos métodos univariados.

A proposição do uso de uma matriz composta pelos coeficientes R_v ao invés do usual coeficiente de Pearson foi a proposta original deste artigo.

Ambas as Análises Multivariadas apresentaram resultados similares quando comparadas entre si. Apresentaram também resultados similares dentro da mesma análise ao utilizar a matriz R_v . Os métodos podem ser utilizados como passo inicial na análise dos dados de um painel sensorial, necessitando de investigações adicionais para explorar a capacidade de detectar assessores diferentes.

Algumas questões relevantes que surgiram no decorrer dessa pesquisa podem ser apontadas como sugestões para os próximos estudos: (i) utilização da Análise Generalizada de Procrustes em combinação com as técnicas multivariadas utilizadas neste trabalho; (ii) comparação dos métodos propostos com a utilização da distância Procruste.

6.6 REFERÊNCIAS

- ABDI, H.; VALENTIN, D; CHOLLET, S.; CHREA, C. Analyzing assessors and products in sorting tasks: DISTATIS, theory and applications. **Food Quality and Preference**, v.18, p.627 – 640, 2007.
- ALBERT, A.; VARELA, P., SALVADOR, A., HOUGH, G., FISZMAN, S. Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture. Application of QDA, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. **Food Quality and Preference**, v.22, p. 463-473, 2011.
- BARCENAS, P.; ELORTONDO, F.J.P.; ALBISU, M. Selection and screening of a descriptive panel for ewes milk cheese sensory profiling. **Journal of Sensory Studies**, v.15, p.79-99, 2000.
- BARCENAS, P.; ELORTONDO, F.J.P.; ALBISU, M. Projective mapping in sensory analysis of ewes milk cheeses: A study on consumers and trained panel performance. **Food Research International**, n. 7, v.37, p.723-729, 2004.
- BLANCHER, G.; LÊ, S.; SIEFFERMANN, J.-M.; CHOLLET, S. Comparison of visual appearance and texture profiles of jellies in France and Vietnam and validations of attribute transfer between the two countries. **Food Quality and Preference**, 19, p.185–196, 2008.
- BOUMAZA, R.; HUCHÉ-THÉLIER, L.; DEMOTES-MAINARD, S.; COZ, E.; LEDUC, N.; PELLESCI-TRAVIER, S.; QANNARI, E.M.; SAKR, S.; SANTAGOSTINI, P.; SYMONEAUX, R.; GUÉRIN, V. Sensory profiles and preference analysis in ornamental

- horticulture: the case of the rosebush. **Food Quality and Preference**, n.8, v. 21, p.987-997, 2010.
- DIJKSTERHUIS, G. Assessing panel consonance. **Food Quality and Preference**, n.1, v.6, p.7-14, 1995.
- DIJKSTERHUIS, G. B.; PIGGOTT, J. R. Dynamic methods of sensory analysis. **Food science & technology**, v. 11, p. 284-290, 2001.
- DRAKE, M.A.; JONES, V.S.; RUSSELL, T.; HARDING, R.; GERARD, P.D. Comparison of lexicons for descriptive analysis of whey and soy proteins in New Zealand and the USA. **Journal of Sensory Studies**, 22, p.433-452, 2007.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**.3ed. Curitiba: Champagnat, 2011.
- ESCOUFIER, Y. Le traitement des variables vectorielles. **Biometrics**, v.29, p.751-760, 1973.
- FÁVERO, L.P. et al. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 544p.
- FERREIRA, E.B.; OLIVEIRA, M.S.; FERREIRA, D.F.; MAGALHAES, F.A.R. Sensory profile of gorgonzola via generalized procrustes analysis using R. **BCEPPA**, n.1, v.26, p.151-159, 2008.
- FINDLAY, C.J.; CASTURA, J.C.; SCHLICH, P.; LESSCHAEVE, I. Use of feedback calibration to reduce the training time for wine panels. **Food Quality and Preference**, v.17, p.266 – 276, 2006.
- HAIR, Jr. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HEENAN, S. P; DUFOUR, J-P.; HAMID, N.; HARVEY, W.; DELAHUNTY, C. M. The sensory quality of fresh bread: descriptive attributes and consumer perceptions. **Food research international**, v. 41, p. 989-997, 2008.
- JAHAN, K.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J.R. Sensory quality in retailed organic, free range and corn-fed chicken breast. **Food Research International**, n.5, v.38, p.495-503, 2005.
- KHERIF, F; POLINE, J.B.; MÉRIAUX, S.; BENALI, H.; FLANDIN, G.; BRETT, M. Group analysis in functional neuroimaging: selecting subjects using similarity measures. **NeuroImage**, v.20, p.2197-2208, 2003.
- LASSOUED, N.; DELARUE, J.; LAUNAY, B.; MICHON, C. Baked product texture: correlations between instrumental and sensory characterization using flash profile. **Journal of Cereal Science**, n.1, v.48, p.133-143, 2008.
- LAVIT, C.; ESCOUFIER, Y.; SABATIER, R.; TRAISSAC, P. The ACT (STATIS method). **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 18, p.97-119, 1994.
- LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: principles and practices**. New York: Chapman and Hall, 1998.
- LEDAUPHIN, S.; HANAFI, M.; QANNARI, E.M. Assessment of the agreement among the subjects in fixed vocabulary profiling. **Food quality and preference**, v. 17, p. 277-280, 2006.
- LIM, J.; LAWLESS, H. T.. Qualitative differences of divalent salts: multidimensional scaling and cluster analysis. **Chemical senses**, v. 30, p. 719-726, 2005.
- LUCIANO, G.; NÆS, T. Interpreting sensory data by combining principal component analysis and analysis of variance. **Food Quality and Preference**, v.20, p.165-175, 2009.

- MCEWAN, J. A. Proficiency testing for sensory profile panels: Measuring panel performance. **Food Quality and Preference**, 13, p.181–190, 2002.
- MOUSSAOUI, K. A.; VARELA, P. Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. **Food Quality and Preference**, 21, 1088–1099, 2010.
- MURRAY, J. M.; DELAHUNTY, C. M.; BAXTER, I. A. Descriptive sensory analysis: Past, present and future. **Food Research International**, 34, 461–471, 2001.
- PRIPP, A. H.; SKEIE, S.; ISAKSSON, T.; BORGE, G. I.; SØRHAUG, T. Multivariate modelling of relationships between proteolysis and sensory quality of Präst cheese. **International dairy journal**, v. 16, p. 225-235, 2005.
- SAHMER, K.; QANNARI, E. M. Procedures for the selection of a subset of attributes in sensory profiling. **Food quality and preference**, v. 19, p. 141-145, 2008.
- SINESIO, F.; MONETA, E. Sensory evaluation of walnutfruit. **Food Quality and Preference**, n.1, v.8, p.35-43, 1997.
- SORIANO, A.; RUIZ, A.G.; GÓMEZ, E.; PARDO, R.; GALÁN, F.A.; VIÑAS, M.A.G. Lipolysis, proteolysis, physicochemical and sensory characteristics of different types of Spanish ostrich salchichon. **Meat Science**, n.4, v.75, p.661-668, 2007.
- SVEINSDÓTTIR, K.; MARTINSDÓTTIR, E.; GREEN-PETERSEN, D.; HYLDIG, G.; SCHELVIS, R.; DELAHUNTY, C. Sensory characteristics of different cod products related to consumer preferences and attitudes. **Food quality and preference**, v. 20, p. 120-132, 2009.
- TOMIC, O.; FORDE, C.; DELAHUNTY, C.; NÆS, T. Performance indices in descriptive sensory analysis: a complimentary screening tool for assessor and panel performance. **Food Quality and Preference**, v.28, p.122–133, 2013.
- VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, 48, p.893–908, 2012.
- VEINAND, B. Et al. Highlight of important product characteristics for consumers. Comparison of three sensory descriptive methods performed by consumers. **Food Quality and Preference**, 22, 474–485, 2011.
- XIONG, R.; BLOT, K.; MEULLENET, J.F.; DESSIRIER, J.M. Permutation tests for Generalized Procrustes Analysis. **Food Quality and Preference**, v.19, p.146-155, 2008.

6.7 APÊNDICE

MATLAB CODES FOR R_v

```

function Rv = Rv_M(str1,N)
% 'str1' é a string que contém o nome do arquivo onde estão os dados
% formato .xlsx
% 'N' é o número de divisões.

str2 = [str1 '.xlsx'];
data = xlsread(str2);
Njulg = size(data,1)/N;
X4Statis = cell(N,1);

for n=1:N
    N1 = 1+((n-1)*Njulg);
    N2 = N1+Njulg-1;
    X4Statis{n,1}.Yt = data(N1:N2, :);
end

rawData_STATIS = STATIS_Rv(X4Statis);
Rv = rawData_STATIS{N+1,1}.RvMat;
disp('fim')

function rawdata=STATIS_Rv(rawdata)

pt = max(size(rawdata));
nI = size(rawdata{1}.Yt,1);

for t=1:pt;
    rawdata{t}.Xt = zscore(rawdata{t}.Yt);
    St = rawdata{t}.Xt*rawdata{t}.Xt';
    normS = (sum(sum(St.^2))).^(1/4);
    rawdata{t}.Zt = rawdata{t}.Xt./normS;
end

newdatamat = zeros(nI*nI,pt);

for t=1:pt;
    rawdata{t}.St = (rawdata{t}.Zt)*(rawdata{t}.Zt)';
    newdatamat(:,t) = rawdata{t}.St(:);
end

ndm_norm = normaliz(newdatamat);
Snorm_study = ndm_norm'*ndm_norm;
rawdata{pt+1}.RvMat = Snorm_study;

function [f]=normaliz(F)
[~,nj] = size(F);
v=ones(1,nj)./sqrt(sum(F.^2));
f=F*diag(v);

```

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões da tese, além de sugestões para trabalhos futuros.

O objetivo geral desta tese foi **desenvolver ou modificar métodos capazes de quantificar o desempenho de assessores de painéis sensoriais**. Para tanto, foram desenvolvidos cinco artigos ao longo do doutorado.

O primeiro objetivo específico, **identificar os principais métodos utilizados para a seleção e classificação de assessores de painéis sensoriais**, está descrito no Artigo 1.

Em relação aos objetivos específicos, **adaptar e testar métodos utilizados em outras áreas para a seleção e classificação de assessores sensoriais, propor métodos para a avaliação e desempenho de assessores sensoriais, validar os métodos propostos utilizando dados reais, comparar os métodos propostos com os métodos frequentemente utilizados na literatura**, os artigos 2, 3, 4 e 5 propõem a utilização de diferentes métodos, de forma a atingi-los.

No Artigo 1 foram identificados os principais métodos utilizados para a seleção e classificação de assessores sensoriais. Constatou-se que os métodos estatísticos utilizados na avaliação do desempenho de assessores, geralmente, objetivam mensurar a variação da capacidade dos assessores em reproduzir seus próprios julgamentos, bem como compará-los.

No Artigo 2, através de uma análise qualitativa de grupo focal, foi possível verificar a percepção de especialistas de diferentes áreas de atuação em relação à análise sensorial. Neste artigo foi iniciado o estudo de medidas de consistência interna para verificar o desempenho de assessores.

No Artigo 3 foi proposto e validado um método alternativo para avaliar o desempenho dos assessores sensoriais, a Análise de Consistência Interna através do coeficiente Alfa de Cronbach. O método foi comparado aos utilizados na literatura, envolvendo análises uni e multivariadas. O método proposto teve melhor desempenho quando comparado aos demais, pois: *(i)* identifica os atributos sensoriais melhor compreendidos pelos assessores sensoriais, *(ii)* permite a classificação dos assessores sensoriais relativamente ao seu desempenho, e *(iii)* é computacionalmente mais simples do que os demais métodos testados.

No Artigo 4 foi realizada uma adaptação da ANOVA de um fator utilizando conceitos de dados funcionais a fim de avaliar o desempenho de uma equipe sensorial. Para

tanto, utilizou-se uma distância euclidiana, a distância de Hausdorff, como medida de proximidade entre as curvas dos perfis dos assessores. Os resultados obtidos foram comparados com a ANOVA de um fator, seguida do teste de Tukey. O método proposto mostrou-se eficiente e inovador, satisfazendo os objetivos propostos.

No Artigo 5 foram realizadas análises multivariadas para identificar assessores sensoriais que não estivessem em consonância com os demais. As análises utilizadas foram Análise Fatorial e Análise de Conglomerados. No artigo, foi proposta a utilização de uma matriz de distâncias, formada pelos coeficientes de correlação R_p , como dados de entrada nas técnicas multivariadas. As Análises Multivariadas apresentaram resultados similares quando comparadas entre si e quando comparadas dentro da mesma análise de forma tradicional e ao utilizar a matriz R_p . A modificação proposta foi eficiente, permitindo identificar o assessor sensorial não treinado.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da oportunidade que motivou o desenvolvimento desta tese, pode-se afirmar que os objetivos propostos foram atingidos. Os métodos propostos foram capazes e eficientes na identificação de assessores sensoriais que não estão em consonância com os demais, trazendo alternativas simples e complexas para a avaliação da equipe sensorial tanto no meio acadêmico quanto no industrial.

Os métodos inovadores utilizados neste trabalho, uni e multivariados, na identificação de assessores foram (i) Análise de Consistência Interna através do coeficiente Alfa de Cronbach, (ii) ANOVA das distâncias e (iii) utilização da matriz R_p como dados de entrada para a Análise de Conglomerados e Análise Fatorial. Algumas questões relevantes que surgiram no decorrer dessa pesquisa podem ser apontadas como sugestões para pesquisas futuras.

A partir do desenvolvimento do Artigo 3, onde estudou-se o coeficiente Alfa de Cronbach na avaliação do desempenho de assessores sensoriais, verificou-se a possibilidade de desdobrar os estudos através da investigação das propriedades deste coeficiente, como, por exemplo, seu comportamento se o número de produtos analisados aumentasse. Nesta mesma direção, poderia ser estudado também o impacto do coeficiente sobre o número de repetições e o uso da escala pelos assessores.

Ainda dentro das possibilidades de pesquisa surgidas no Artigo 3, há a perspectiva de proposição de um método que combine o Alfa de Cronbach e a Análise de Conglomerados, bem como a proposição de um coeficiente Alfa de Cronbach multivariado.

A partir do estudo realizado no Artigo 4, onde conceitos de dados funcionais foram utilizados juntamente com a ANOVA, verificou-se a oportunidade de novos desdobramentos como a generalização da ANOVA das Distâncias para projetos experimentais com variáveis de resposta funcionais incluindo dois fatores e a investigação da influência do número de pontos usados na análise das curvas sobre o cálculo das somas quadráticas da ANOVA.

Finalmente, o Artigo 5 possibilita que sejam realizados estudos que combinem a distância *Procrustes* e as Análises de Conglomerados e Fatorial. Neste aspecto, pode-se incluir as sugestões feitas a partir do Artigo 3, com o uso de um coeficiente Alfa de Cronbach multivariado.