

Múltiplos fatores em análise de tabela de contingência: Uma aplicação na análise sensorial da qualidade de cafés especiais

Paulo Cesar Ossani¹
Marcelo Angelo Cirillo²
Flávio Meira Borém³
Diego Egídio Ribeiro⁴
Ricardo Miguel Cortez⁵

1 Introdução

A atual realidade dos mercados nacional e internacional de café aponta para a crescente demanda por cafés especiais, de sabor e aroma excepcionais e com características marcantes na doçura, acidez e corpo, e por produtos cujas qualidades ou características estejam intimamente relacionadas ao meio geográfico. Nesse cenário, o setor produtivo e o mercado estabelecem uma relação comercial transparente pautada na livre escolha por parte do consumidor e na agregação de valores e diferenciação de preços em função da qualidade do produto.

Neste cenário promissor em relação aos valores que os cafés especiais tendem a agregar no mercado, necessariamente, a qualidade dos cafés avaliada por meio da análise sensorial, considerando provadores treinados ou consumidores. A questão é que na situação em que envolve provadores treinados com a habilidade de discriminar pequenas diferenças entre as amostras, dada a homogeneidade entre os resultados, proporcionados pelas avaliações dos treinadores, os resultados obtidos por meio de uma metodologia estatística são precisos e coerentes.

Com o propósito de avaliar a concordância entre as respostas de diferentes grupos de consumidores com diferentes habilidade sensoriais, um experimento relacionado à análise sensorial de cafés especiais foi planejado consubstanciado pelo CEP. Em função dos resultados obtidos, como alternativa utilizou-se o método MFACT - Multiple Factor Analysis for Contingency Tables na avaliação da qualidade sensorial de cafés, sendo estes definidos por (A) Bourbon Amarelo, cultivado a altitudes maiores do que 1200 m.; (D)

¹ Mestrando em Est. Exp. Agrop., Depto Ciências Exatas, UFLA, e-mail: ossanipc@hotmail.com

² Prof. Adjunto IV, Depto Ciências Exatas, UFLA, e-mail: macufla@dex.ufla.br

³ Prof. Associado IV, Depto de Engenharia Agrícola, UFLA, e-mail: flavioborem@deg.ufla.br

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, UFLA, e-mail: diegoagro10@hotmail.com

⁵ Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA, e-mail: ricardomcortez@hotmail.com

Agradecimento a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Ídem a (A) diferenciando apenas no preparo das amostras; (B) Acáia cultivados a altitude menores do que 1.100m; (C) Ídem ao (B) porém diferenciando o preparo das amostras.

2 Material e métodos

Para os propósitos de nosso estudo foram formados quatro grupos contendo respectivamente 52, 47, 32 e 43 indivíduos, sendo que o Grupo 1 foi formado por consumidores que receberam um treinamento sensorial; Grupo 2 e 3 por consumidores com diferentes níveis de experiência em análise sensorial de café e o Grupo 4 foi formado por profissionais na área de qualidade, produtividade e sensorial na pesquisa cafeeira. Para todos os indivíduos de cada grupo foram apresentados uma planilha, para que os mesmo dessem uma nota de 0 (zero) à 10 (dez), para as características: Nota Geral, Corpo, Acidez e Doçura para os cafés Bourbon Amarelo e Acáia com as características apresentadas na introdução.

Análise de Múltiplos Fatores para Tabelas de Contingências (MFACT - Multiple Factor Analysis for Contingency Tables) é uma técnica multivariada que compara as estruturas de várias tabelas de contingências com a mesma linha e colunas diferentes (ou vice-versa), geralmente construídas de diferentes amostras ou populações. Uma apresentação teórica detalhada da metodologia pode ser encontrada em Bécue-Bertaut e Pagès (2004).

Por estrutura de uma tabela, queremos dizer a relação entre linhas e colunas conforme expresso na análise de correspondência (AC) através de interfaces gráficas. As comparações têm de lidar com ambas as linhas e colunas, isto é, a estrutura induzida pelas linhas ao longo dos diferentes conjuntos de colunas, e também a estrutura induzida sobre as linhas pelos diferentes conjuntos de colunas, veja (BÉCUE-BEnTAUT; PAGÈS, 2008).

O método consiste em tomar uma matriz Z , constituída da concatenação das subtabelas X_i balanceadas, em seguida fazendo; $Q = \text{diag}(\sqrt{M}) \times Z \times \text{diag}(\sqrt{W})$, e usando a Decomposição Valor Singular Generalizada sabemos que $Q = \hat{U}\Delta\hat{V}^T$ (ABDI, 2007) com $\tilde{U}^T M \tilde{U} = \tilde{V}^T W \tilde{V} = I$, onde U e V são as matrizes de autovetores e Δ é a matriz de valores singulares, lembrando que M e W são as restrições das linhas e colunas respectivamente. Com isso obtemos os escores dos fatores globais que são dados por

$F = \hat{U}\Delta$. Ainda temos que os autovalores são dados por Δ^2 . Com tudo isso, podemos calcular os escores dos i grupos de variáveis, pela equação; $F_i = T \times X_i \times \text{diag}(W_i) \times V_i$, onde T é número de subtabelas. Segue também que as inércias entre os grupos são dadas por $G = V \times \text{diag}(\sqrt{\Delta})e$ $H = (G_{ij})^2 \times \text{diag}\left(\frac{1}{\Delta}\right)$. Finalmente a equação $P = w_i \times H_i$ nos leva às inércias procuradas, onde $\lambda_{j,k} \times P_{j,k}$ nos proporciona as inércias de cada Grupo, sendo k o número de variáveis de cada grupo e $\lambda_{j,s} = 1, \dots, n$, são os valores singulares de Q .

3 Resultados e discussões

Projetando o conjunto de dados de cada Grupo sobre a análise global das faixas dos indivíduos (Figura 1), teremos uma interpretação de como cada Grupo “interpreta” o espaço das faixas dos indivíduos. Note que na Figura 1 a posição de cada faixa de indivíduos na análise global é o baricentro (isto é, centroide) de suas posições para os Grupos. Para facilitar a interpretação, puxamos linhas que unem os Grupos de variáveis com a posição global das faixas dos indivíduos.

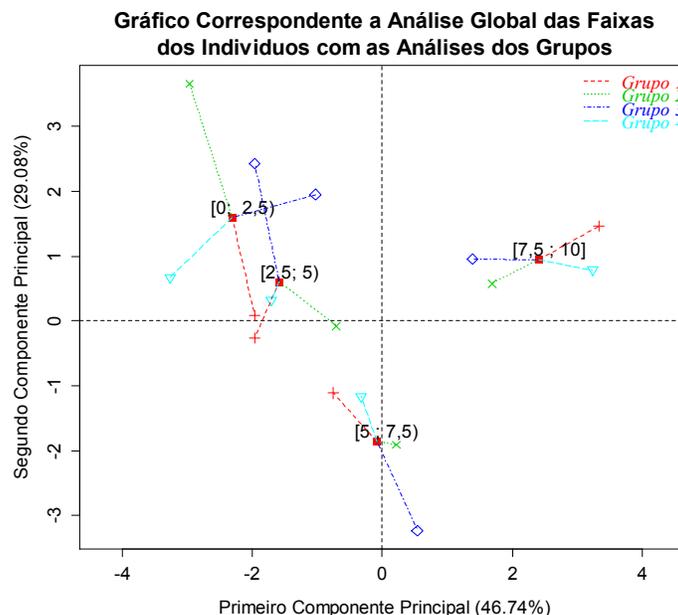


Figura 1- Dados de cada Grupo sobre a análise global

Para fins de exemplificação tomemos a faixa de indivíduos $[5; 7,5]$, para análise é fácil ver que como estamos trabalhando com um centroide, podemos interpretar que os Grupos 1 e 4 possuem a quase que a mesma orbita na faixa citada e que os Grupos 2 e 3

possuem orbitas distintas, observe que este padrão se repetem para a maioria das outras faixas. Isto sugere que o Grupo 2 e 3 estão particularmente em discrepância com os Grupos 1 e 4.

Agora temos que as relações entre os Grupos e a solução global são analisadas calculando a inércia parcial de cada Grupo por cada dimensão da análise global, o que segue na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores referentes à inércia computadas nos três primeiros componentes principais para cada grupo de consumidores.

Grupos de consumidores					
<i>Componentes principais</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>Inércia total</i>
<i>1</i>	<i>0,9251</i>	<i>0,5943</i>	<i>0,4986</i>	<i>0,9852</i>	<i>3,0032</i>
<i>2</i>	<i>0,2734</i>	<i>0,5397</i>	<i>0,7693</i>	<i>0,2861</i>	<i>1,8685</i>
<i>3</i>	<i>0,1967</i>	<i>0,6720</i>	<i>0,4397</i>	<i>0,2459</i>	<i>1,5543</i>

Grupo 1: Consumidores que receberam um treinamento sensorial; Grupo 2-3: Consumidores com diferentes níveis de experiência em análise sensorial de café e Grupo 4: Formado por profissionais na área de qualidade, produtividade e sensorial na pesquisa cafeeira.

A partir dos resultados descritos na Tabela 1, o gráfico das inércias (Figura 2) é gerado, em síntese, interpretado como a confirmação de uma concordância maior entre os Grupos 1 e 4, com uma inércia alta (veja Tabela 1), e os Grupos 2 e 3 diferem desses.

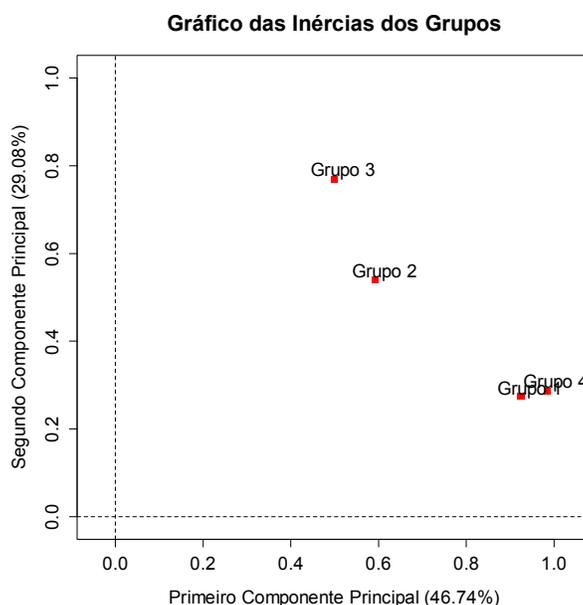


Figura 2 – Inércias dos Grupos

4 Conclusões

Conclui-se que o método MFACT foi adequado na diferenciação das avaliações sensoriais realizadas por grupos distintos, de modo que, os resultados mais promissores foram observados nas similaridades dos Grupos 1 e 4. Sugerindo que o treinamento aplicado ao Grupo 1 fez com que suas análises sensoriais de café fossem bem próximas ao do Grupo 4 formado por profissionais.

5 Bibliografia

- [1] ABDI, H; Singular Value Decomposition (SVD) and Generalized Singular Value Decomposition (GSVD). In: Salkind NJ, ed. Encyclopedia of Measurement and Statistics. Thousand Oaks, CA: Sage; 2007.
- [2] BÉCUE-BEN TAUT, M.; PAGÈS, J.; A principal axes method for comparing contingency tables: MFACT. *Computational Statistics & Data Analysis*, v. 45, p. 481-503, 2004.
- [3] BÉCUE-BEN TAUT, M.; PAGÈS, J.; Multiple factor analysis and clustering of a mixture of quantitative, categorical and frequency data. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 52, p. 3255-3268, 2008.
- [4] ESCOFIEN, B.; Analyse factorielle en référence à un modèle: application à l'analyse d'un tableau d'échanges. *Revue de Statistique Appliquée*, vol. 32, n° 4, p. 25--36, 1984.
- [5] GNÉENACNE, M.; BLASIUS, J.; Multiple Correspondence Analysis and Related Methods. 1th. ed. New York: Taylor and Francis Group, 2006. 607 p.