

TARCÍSIO LIMA FILHO

**PROPOSIÇÃO DA METODOLOGIA DOS LIMIARES HEDÔNICOS:
LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA E LIMIAR DE REJEIÇÃO**

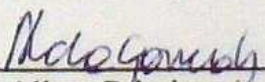
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

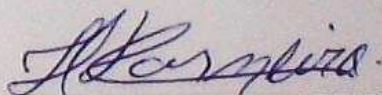
**PROPOSIÇÃO DA METODOLOGIA DOS LIMIARES HEDÔNICOS:
LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA E LIMIAR DE REJEIÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 04 de setembro de 2015.



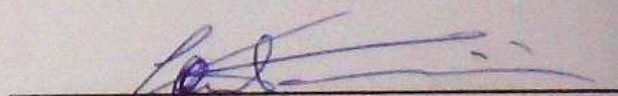
Prof.^a Dr.^a Aline Cristina Arruda Gonçalves



Prof. Dr. Joel Camilo Souza Carneiro



Prof.^a Dr.^a Suzana Maria Della Lucia
(Co-orientadora)



Prof. Dr. Luis Antonio Minim
(Co-orientador)



Prof.^a Dr.^a Valéria Paula Rodrigues Minim
(Orientadora)

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L732p
2015

Lima Filho, Tarcísio, 1988-

Proposição da metodologia dos limiares hedônicos : limiar de aceitação comprometida e limiar de rejeição / Tarcísio Lima Filho. – Viçosa, MG, 2015.

xv, 109f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Valéria Paula Rodrigues Minim.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Alimentos - Avaliação sensorial. 2. Alimentos - Teor de Sódio. 3. Bebida. 4. Sacarose. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. II. Título.

CDD 22. ed. 664.07

Aos meus pais, Tarcísio e Nilcéia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos inúmeros motivos de agradecimento, sendo impossível listar todos nestas duas páginas.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Valéria Paula Rodrigues Minim, pela orientação, conselhos e amizade. Por ter me acolhido muito bem na Universidade Federal de Viçosa e na sua equipe. Por ter acreditado na ideia da metodologia desde o início e pela confiança depositada em mim. Obrigado.

Aos meus co-orientadores, Rita de Cássia dos Santos Navarro da Silva, professora Suzana Maria Della Lucia e professor Luis Antonio Minim, pela grande colaboração em toda a execução desse estudo.

Aos professores Aline Cristina Arruda Gonçalves e Joel Camilo de Souza Carneiro, pela disponibilidade na participação da banca de defesa.

À equipe do laboratório: Rita, Márcia, Kika, Nayara, Andrea, Adriano, Aline e Eyder, pela amizade, ajuda mútua e ótima convivência.

Aos estagiários Vinícius, Douglas, Rêmio, Iago, Taliny, Letícia, Bruna, Luiz Gustavo, Mateus, Clarissa, Nalini, Bianca e Monique, pela fundamental ajuda na execução do experimento. Sem a ajuda de vocês, com certeza eu não teria conseguido defender em dois anos e um mês.

Às centenas de julgadores, pela colaboração, paciência e boa vontade.

Ao meu irmão Rondinelli, companheiro de toda vida, por ser esta pessoa maravilhosa e por sempre se mostrar disposto a me ajudar nos meus experimentos.

À minha namorada Stella, pela compreensão, companheirismo e amor.

Aos meus amados pais Nilcéia e Tarcísio, que além de não medirem esforços para a minha educação, me proporcionaram uma ótima infância e formaram os fundamentos do meu caráter, me dando todo o suporte necessário para que eu chegasse até aqui.

BIOGRAFIA

TARCÍSIO LIMA FILHO, filho de Tarcísio Lima e de Nilcéia Moulin Breda Lima, nasceu em Alegre, Espírito Santo, em 08 de junho de 1988.

Em agosto de 2006, ingressou no Curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Espírito Santo, colando grau em julho de 2011. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal do Espírito Santo e em outubro, concomitante ao curso de mestrado, foi professor substituto do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo. Concluiu o mestrado em julho de 2013.

Em agosto do mesmo ano iniciou o curso de Doutorado no programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa. Após dois anos e um mês, em setembro de 2015, concluiu seu doutorado.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| RESUMO | xii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| CAPÍTULO I | 4 |
| METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE DOIS NOVOS LIMIARES SENSORIAIS: LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA E LIMIAR DE REJEIÇÃO | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 6 |
| 2.1 MATERIAL | 7 |
| 2.2 DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE SACAROSE DOS NÉCTARES DE UVA (TESTES PRELIMINARES) | 7 |
| 2.3 CONSUMIDORES | 8 |
| 2.4 LIMIAR DE REJEIÇÃO PELO CONSUMIDOR | 9 |
| 2.5 LIMIARES HEDÔNICOS | 9 |
| 3. RESULTADOS | 12 |
| 4. DISCUSSÃO | 14 |
| 5. CONCLUSÃO | 19 |
| REFERÊNCIAS | 20 |
| CAPÍTULO II | 23 |
| VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DOS LIMIARES HEDÔNICOS NA DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA | 23 |
| 1. INTRODUÇÃO | 24 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1 MATERIAL | 26 |
| 2.2 CONSUMIDORES | 27 |
| 2.3 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA | 27 |
| 2.4 MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO | 28 |
| 2.4.1 Precisão | 29 |
| 2.4.1.1 Repetibilidade..... | 29 |
| 2.4.1.2 Precisão intermediária | 29 |
| 2.4.1.3 Reprodutibilidade | 30 |
| 2.4.1.4 Critérios para avaliação da precisão | 30 |
| 2.4.2 Exatidão..... | 31 |
| 2.4.3 Robustez | 32 |
| 3. RESULTADOS | 33 |
| 3.1 LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA..... | 33 |
| 3.2 PRECISÃO | 35 |
| 3.3 EXATIDÃO | 38 |
| 3.4 ROBUSTEZ | 39 |
| 4. DISCUSSÃO | 39 |
| 5. CONCLUSÃO | 44 |
| REFERÊNCIAS | 44 |
| CAPÍTULO III..... | 47 |
| 1. INTRODUÇÃO | 48 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 49 |
| 2.1 MATERIAL | 50 |
| 2.2 CONSUMIDORES | 50 |
| 2.3 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE REJEIÇÃO..... | 50 |
| 2.4 MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO | 51 |
| 2.4.1 Precisão | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.1.1 Repetibilidade..... | 52 |
| 2.4.1.2 Precisão intermediária | 52 |
| 2.4.1.3 Reprodutibilidade | 53 |
| 2.4.1.4 Critérios para avaliação da precisão..... | 53 |
| 2.4.2 Exatidão..... | 54 |
| 2.4.3 Robustez | 55 |
| 3. RESULTADOS..... | 55 |
| 3.1 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO E COMPORTAMENTAL DOS CONSUMIDORES | 55 |
| 3.2 LIMIAR DE REJEIÇÃO | 57 |
| 3.3 PRECISÃO | 59 |
| 3.4 EXATIDÃO | 64 |
| 3.5 ROBUSTEZ..... | 64 |
| 4. DISCUSSÃO | 64 |
| 5. CONCLUSÃO | 69 |
| REFERÊNCIAS..... | 70 |
| CAPÍTULO IV | 72 |
| PREOCUPAÇÃO COM A SAÚDE E OS LIMIARES HEDÔNICOS PARA CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE EM NÉCTAR DE UVA..... | 72 |
| 1. INTRODUÇÃO | 73 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 74 |
| 2.1 MATERIAL | 74 |
| 2.2 CONSUMIDORES | 75 |
| 2.3 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS..... | 75 |
| 2.4 SEGMENTAÇÃO DOS CONSUMIDORES | 76 |
| 2.5 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS..... | 76 |
| 3. RESULTADOS..... | 78 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS E COMPORTAMENTAIS DOS CONSUMIDORES DE CADA SEGMENTO. | 78 |
| 3.2 LIMIARES HEDÔNICOS | 79 |
| 4. DISCUSSÃO | 82 |
| 5. CONCLUSÃO | 84 |
| REFERÊNCIAS | 85 |
| CAPÍTULO V | 86 |
| LIMIARES HEDÔNICOS DIRECIONAIS PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO EM HAMBÚRGUER | 86 |
| Limiars hedônicos direcionais para concentração de sódio em hambúrguer | 87 |
| 1. INTRODUÇÃO | 87 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 88 |
| 2.1 PREPARO DO HAMBÚRGUER | 90 |
| 2.2 CONSUMIDORES | 91 |
| 2.3 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS | 92 |
| 3. RESULTADOS | 93 |
| 4. DISCUSSÃO | 96 |
| 5. CONCLUSÃO | 100 |
| REFERÊNCIAS | 101 |
| CONCLUSÃO GERAL | 105 |
| ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO E COMPORTAMENTAL RESPONDIDO PELOS CONSUMIDORES DE NÉCTAR E SUCO DE UVA | 107 |
| ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO <i>HEALTH CONSCIOUSNESS SCALE</i> RESPONDIDO PELOS CONSUMIDORES DE NÉCTAR E SUCO DE UVA | 108 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1.1 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação.... | 13 |
| Tabela 2.1 - Codificação, descrição e critérios de validação avaliados em cada ensaio..... | 26 |
| Tabela 2.2 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação.... | 35 |
| Tabela 2.3 - Resumo da ANOVA, diferença das notas hedônicas médias e Teste de Tukey..... | 36 |
| Tabela 2.4 - Coeficiente de correlação multivariada RV | 38 |
| Tabela 2.5 - Resultados do teste t para notas hedônicas da amostra controle e da amostra LAC | 38 |
| Tabela 2.6 - Porcentagem de subgrupos das equipes reduzidas com quadrado médio do resíduo dentro do intervalo de confiança | 40 |
| Tabela 2.7 - Porcentagem de subgrupos das equipes reduzidas com diferença média dentro do intervalo de confiança | 41 |
| Tabela 3.1 - Codificação, descrição e critérios de validação avaliados em cada ensaio..... | 52 |
| Tabela 3.2 - Perfil sociodemográfico e comportamental dos consumidores..... | 56 |
| Tabela 3.3 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação.... | 59 |
| Tabela 3.4 - Resumo da ANOVA, notas hedônicas médias e Teste de Tukey | 60 |
| Tabela 3.5 - Coeficiente de correlação multivariada RV | 62 |
| Tabela 3.6 - Porcentagem de subgrupos com notas hedônicas médias dentro do intervalo de confiança da equipe original | 65 |
| Tabela 4.1 - Perfil sociodemográfico e comportamental dos consumidores de cada segmento | 79 |
| Tabela 4.2 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação.... | 81 |
| Tabela 5.1 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação.... | 96 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 - Ordem de apresentação das amostras em cada sessão | 10 |
| Figura 1.2 - Proporção de consumidores que preferiram a amostra controle para cada concentração de sacarose em estudo. | 12 |
| Figura 1.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose em estudo. | 13 |
| Figura 2.1 - Valores t calculados em função das concentrações de sacarose da amostra estímulo. | 34 |
| Figura 2.2 - Intervalos de confiança dos parâmetros dos modelos lineares dos ensaios | 35 |
| Figura 2.3 - Gráficos da análise de componentes principais das diferenças das notas hedônicas (controle – estímulo). | 37 |
| Figura 3.1 - Notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose em estudo. | 58 |
| Figura 3.2 - Intervalos de confiança dos parâmetros dos modelos lineares dos ensaios. | 59 |
| Figura 3.3 - Distribuição de frequência das notas hedônicas (escores) dos ensaios envolvidos na avaliação da repetibilidade (a) e da reprodutibilidade (b). | 61 |
| Figura 3.4 - Mapa de preferência interno das notas hedônicas. | 63 |
| Figura 4.1 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com baixa preocupação com a saúde. | 80 |
| Figura 4.2 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com média preocupação com a saúde. | 80 |
| Figura 4.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com alta preocupação com a saúde... .. | 81 |
| Figura 5.1 - Ficha utilizada nos testes de aceitação para determinação do LAC e do LR direcionais. | 89 |
| Figura 5.2 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo aroma..... | 94 |
| Figura 5.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo textura. | 94 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.4 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo sabor..... | 95 |
| Figura 5.5 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para a impressão global. | 95 |

RESUMO

LIMA FILHO, Tarcísio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2015. **Proposição da Metodologia dos Limiars Hedônicos: Limiar de Aceitação Comprometida e Limiar de Rejeição.** Orientadora: Valéria Paula Rodrigues Minim. Coorientadores: Luis Antônio Minim, Rita de Cássia dos Santos Navarro da Silva e Suzana Maria Della Lucia.

As metodologias de determinação de limiars sensoriais existentes geram estimativas pouco confiáveis do ponto a partir do qual a intensidade de um estímulo passa a alterar a aceitação ou resultar em rejeição do produto. Assim, objetivou-se propor e validar uma nova metodologia para determinação de dois limiars hedônicos sensoriais, o limiar de aceitação comprometida (LAC) e o limiar de rejeição (LR). Objetivou-se, também, investigar se os valores dos limiars hedônicos diferem entre segmentos de consumidores com diferentes níveis de preocupação com a saúde. A Metodologia dos Limiars Hedônicos (MLH) foi aplicada na redução de sacarose de néctar de uva e na redução de sódio de hambúrguer, sendo, assim, determinado a partir de quais concentrações de sacarose do néctar de uva e de sódio da carne de hambúrguer ocorre comprometimento da aceitação sensorial (LAC) e rejeição sensorial (LR) do produto. Na MLH, séries crescentes ou decrescentes de intensidade de um estímulo são avaliadas juntamente com um estímulo padrão (amostra controle), por meio de testes de aceitação. A validação da MLH foi realizada avaliando a precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), exatidão e robustez. Por meio do questionário HCS (*Health Consciousness Scale*), preenchido por 406 consumidores de néctar e suco de uva, os indivíduos foram classificados como tendo baixa, média e alta preocupação com a saúde, e foram determinados os limiars hedônicos de cada um desses segmentos. Para determinar os limiars hedônicos direcionais para aroma, textura, sabor e impressão global para concentração de sódio em hambúrguer, 150 consumidores realizaram cinco sessões de testes de aceitação. Na proposta da metodologia, verificou-se que, ao reduzir a concentração de sacarose do néctar de uva de 9,00% (m/v) para 6,87% (m/v), começa a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial do produto (LAC) e que, ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% (m/v) para 3,83% (m/v), passa a ocorrer rejeição sensorial (LR) do produto. A metodologia atendeu todos os critérios pré-estabelecidos para sua validação, quando utilizada para determinar os dois limiars hedônicos (LAC e LR). Constatou-se que o LAC e o LR do grupo de

consumidores com alta preocupação com a saúde foram, respectivamente, 1,46 e 1,44 vezes menores do que os do grupo com baixa preocupação com a saúde. Sendo assim, verificou-se que em mercados heterogêneos é de grande importância, preliminarmente, segmentar o mercado consumidor, para que a tomada de decisão, sobre qual valor de limiar adotar, seja direcionada. Por fim, verificou-se que a redução da concentração de sódio do hambúrguer resultou, respectivamente, na alteração da aceitação sensorial do sabor (LACs = 0,631%), do aroma (LACa = 0,630%), da impressão global (LACig = 0,601%) e da textura (LACt = 0,482%) do produto; posteriormente, ocorreu rejeição sensorial do sabor (LRs = 0,170%) e rejeição global (LRig = 0,014%). A redução de sódio não resultou em rejeição sensorial do aroma e da textura do hambúrguer. Quando comparada às metodologias de determinação dos limiares existentes, a MLH possibilitou calcular, com maior confiabilidade, os pontos em que começam a ocorrer comprometimento da aceitação (LAC) e rejeição sensorial (LR) do produto. A metodologia gerou resultados confiáveis, podendo ser aplicada indubitavelmente para o fim pretendido. Por fim, concluiu-se que a MLH aplicou-se perfeitamente na redução de sacarose de néctar de uva e na redução de sódio do hambúrguer, possuindo, portanto, grande aplicação pelas indústrias de alimentos que pretendem ofertar alimentos com menores teores de sacarose e de sódio, diminuindo os riscos de doenças como diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares. Além dessas, teoricamente, a metodologia proposta possui inúmeras outras aplicações, podendo ser utilizada para facilitar o controle de qualidade, auxiliar na determinação de formulações, aumentar e monitorar a vida de prateleira dos produtos, diminuir os custos de produção e tornar os alimentos mais saudáveis, sem comprometer a aceitação sensorial ou acarretar em rejeição do produto. A MLH não se limita apenas às indústrias de alimentos, podendo ser utilizada, também, pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticas. Entretanto, para consolidar tais aplicações da MLH novos estudos se mostram necessários.

ABSTRACT

LIMA FILHO, Tarcísio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2015. **Proposition of the Hedonic Thresholds Methodology: Committed Acceptance Threshold and Rejection Threshold.** Advisor: Valéria Paula Rodrigues Minim. Co-advisors: Luis Antônio Minim, Rita de Cássia dos Santos Navarro da Silva and Suzana Maria Della Lucia.

The existing methodologies for determining sensory thresholds unreliably estimate the points from which the intensity of a stimulus begins to change the acceptance or lead to the rejection of a product. Therefore, this work aimed to propose and validate a novel methodology for determining two hedonic sensory thresholds: the committed acceptance threshold (CAT) and the rejection threshold (RT). It also set out to investigate whether or not the hedonic threshold values differ among consumer segments with different levels of health concern. The Hedonic Thresholds Methodology (HTM) was applied in both sucrose reduction in grape nectar and sodium reduction in hamburger to determine the sucrose and sodium contents at which compromise of acceptance (CAT) and sensory rejection (RT) of the product begin to occur. In the HTM, increasing or decreasing series of stimulus intensity were evaluated together with a standard stimulus (control sample) by means of acceptance tests. HTM validation was done by evaluating the precision (repeatability, intermediate precision, and reproducibility), accuracy, and robustness. The HCS (Health Consciousness Scale) questionnaire was filled out by 406 grape nectar consumers, who were classified as having low, medium or high level of health concern. The hedonic threshold of each segment was then calculated. To determine the directional hedonic thresholds for aroma, texture, flavor and overall impression as to sodium concentration in hamburger, 150 consumers participated in five acceptance test sessions. In the proposed methodology, it was found that when reducing the sucrose concentration of grape nectar from 9.00% (w/v) to 6.87% there begins to occur impairment of product acceptance (CAT), and when reducing the sucrose concentration from 9.00% to 3.83% there begins to occur sensory rejection (RT) of the product. The methodology matched all of the previously established criteria for its validation when used to determine both hedonic thresholds (CAT and RT). The CAT and RT values of the group of consumers highly concerned with health were 1.46 and 1.44 times higher, respectively, than those of the group of consumers having low health concern. Thus, the preliminary segmentation of uneven

markets was shown to play an important role on the choice of the threshold value that best supports the decision-making. Finally, the reduction of sodium concentration in hamburger affected the sensory acceptance of product's flavor (CAT_f = 0.631%), aroma (CAT_a = 0.630%), overall impression (CAT_{oi} = 0.601%), and texture (CAT_t = 0.482%); thereafter, there was sensory rejection of the flavor (RT_f = 0.170%) and overall impression (RT_{oi} = 0.014%). Sodium reduction did not lead to sensory rejection of hamburger's aroma and texture. When compared to existing threshold determination methodologies, the HTM permitted for calculating, with greater reliability, the points at which compromise of acceptance (CAT) and sensory rejection (RT) of the product begin to occur. This methodology generated reliable results, so it can undoubtedly be applied for the intended purpose. Lastly, it can be concluded that the HTM was properly applied in both sucrose reduction in grape nectar and sodium reduction in hamburger. Therefore, it features a great potential applicability in food industries that intend to produce items with reduced sucrose and sodium contents, in an effort to lessen the risks of illnesses such as diabetes, excessive weight gain and cardiovascular diseases, to mention a few. Besides these applications, the proposed methodology is expected to facilitate quality control, assist formulation optimizations, increase and monitor food shelf life, reduce production costs, as well as make food products healthier without impairing their sensory acceptance or lead to their rejection. The HTM is not limited to food industries and may also be applied in cosmetic and pharmaceutical industries. Nevertheless, further studies are needed in order to consolidate such applications of the HTM.

INTRODUÇÃO GERAL

Uma das primeiras características do sistema sensorial humano mensurada em análise sensorial foi o limiar de detecção (*detection* ou *absolute threshold*). O limiar de detecção é definido como o limite mínimo de um estímulo capaz de produzir uma sensação em um indivíduo; abaixo deste limite, nenhuma sensação é percebida (Meilgaard, Civille & Carr, 2006; Lawless & Heymann, 2010).

Desde os primeiros estudos, realizados por Fechner há mais de 150 anos, a determinação de limiares passou a ser aplicada em diversas áreas com diferentes propósitos. Dentre as áreas de aplicação, destaca-se a sua utilização na análise sensorial de alimentos. A determinação dos limiares é um elemento essencial na análise sensorial e hoje é importante para uma variedade de fins (Meilgaard, Civille & Carr, 2006). Por exemplo, o limiar de substâncias desejáveis (como enriquecimento do alimento com ferro ou ômega 3) é utilizado como ferramenta de pesquisa no desenvolvimento de novos produtos, e empresas de abastecimento de água e indústrias de alimentos utilizam o limiar de detecção no controle de qualidade para determinar o ponto no qual um contaminante conhecido começa a diminuir a aceitação sensorial do produto (Meilgaard, Civille & Carr, 2006; Lawless & Heymann, 2010).

No entanto, as primeiras alterações sensoriais perceptíveis pelo indivíduo (limiar de detecção) podem não acarretar em alteração da aceitação sensorial do produto. Isto demonstra que o limiar de detecção gera uma estimativa pouco confiável da intensidade do estímulo a partir da qual a aceitação do produto é afetada (Prescott et al., 2005). Em muitos casos, somente a partir de uma intensidade superior ao limiar de detecção o produto passa a ter sua aceitação alterada e, posteriormente, é rejeitado.

Nesse contexto foi proposto o primeiro limiar sensorial afetivo, o limiar de rejeição pelo consumidor (*consumer rejection threshold*) (LRC), que representa a intensidade de um estímulo a partir da qual o produto tem sua preferência alterada (Prescott et al., 2005). Para determinação desse limiar, séries crescentes ou decrescentes de intensidade de um estímulo são testadas contra um estímulo padrão (amostra controle), por meio de testes pareados de preferência.

Portanto, para determinar o limiar de rejeição pelo consumidor Prescott et al. (2005) utilizaram testes de preferência em vez de testes de aceitação. Nos casos em

que se deseja investigar o ponto no qual começa a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial ou o ponto de transição entre a aceitação e a rejeição, testes de aceitação mostram-se mais indicados do que testes de preferência, tendo em vista que o fato de uma amostra ser menos preferida em relação à outra não significa, necessariamente, que ela seja rejeitada sensorialmente (Stone, Bleibaum & Thomas, 2012). Sendo assim, existe a demanda por uma nova metodologia para determinação de dois novos limiares sensoriais afetivos, um limiar que representará a intensidade do estímulo em que começa a ocorrer alteração da aceitação sensorial do produto, e outro limiar que indicará a intensidade do estímulo em que começa a ocorrer rejeição sensorial.

A determinação desses novos limiares afetivos é de grande aplicação pela ciência e pela indústria de alimentos, tendo em vista que na indústria de alimentos, em diversas situações, deseja-se alterar ao máximo certo aspecto do alimento sem alterar a sua aceitação sensorial, como por exemplo, aplicar um tratamento térmico mais severo visando a uma maior inativação de micro-organismos ou enzimas; reduzir certo ingrediente mais dispendioso na formulação do alimento ou determinar o limite máximo de “defeitos” que podem estar presentes no alimento. Outra aplicação de grande relevância para esses novos limiares é na redução da concentração de ingredientes prejudiciais à saúde, quando consumidos em excesso, da formulação dos alimentos; sem que tal redução comprometa a aceitação ou resulte em rejeição sensorial do produto.

A sacarose e o cloreto de sódio são exemplos de ingredientes que estão presentes em grandes quantidades na formulação de diversos alimentos processados. Conseqüentemente, mais da metade da população mundial consome sacarose em quantidade superior ao recomendado e o consumo médio de sal é cerca de duas vezes maior (9 g a 12 g) que o recomendado (WHO, 2014; Action on Sugar, 2015). O consumo excessivo desses ingredientes tem levado a inúmeras doenças como, por exemplo, diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares, como o acidente vascular cerebral e o ataque cardíaco. Todo ano milhões de pessoas morrem devido a essas doenças (WHO, 2013; Action on Sugar, 2015).

Mesmo cientes de tais fatos, um dos principais fatores que impede que as indústrias de alimentos reduzam os teores de sacarose e de cloreto de sódio de seus produtos é a provável perda de aceitação sensorial e a conseqüente perda de mercado que tais alterações possivelmente acarretariam; tendo em vista que a sacarose e o sal

são uns dos principais ingredientes responsáveis pela aceitação sensorial de muitos alimentos. O fato de não existir uma metodologia de análise sensorial precisa e exata que indique o quanto se pode reduzir de sacarose e de sódio sem que ocorra comprometimento da aceitação sensorial ou rejeição sensorial do produto, torna as indústrias ainda mais receosas em alterar a formulação de seus produtos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é propor, validar e aplicar a MLH para determinação de dois novos limiares sensoriais: o limiar de aceitação comprometida (LAC), que representa a intensidade do estímulo na qual a aceitação sensorial do produto passa a ser comprometida; e o limiar de rejeição (LR), referente à intensidade do estímulo em que começa a ocorrer rejeição sensorial do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Action on Sugar. (2015). Disponível em: <<http://www.actiononsugar.org/>>. Acessado em: 14 ago. 2015.

Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2ª ed. New York: Springer, 596p.

Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. (2006). *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 448p.

Prescott, J., Norris, L., Kunst, M. & Kim, S. (2005). Estimating a consumer rejection threshold for cork taint in white wine. *Food Quality and Preference*, 16(1), 345-349.

Stone, H., Bleibaum, R. N. & Thomas, H. A. (2012). *Sensory evaluation practices*. 4th ed. New York: Academic Press. 446 p.

World Health Organization – WHO. (2013). *Noncommunicable diseases*. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

World Health Organization – WHO. (2014). *Salt reduction*. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs393/en/>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

CAPÍTULO I

**METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE DOIS NOVOS LIMIARES
SENSORIAIS: LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA E LIMIAR DE
REJEIÇÃO**

Metodologia para determinação de dois novos limiares sensoriais: Limiar de Aceitação Comprometida e Limiar de Rejeição

Artigo publicado: Lima Filho, T., Minim, V. P. R., Silva, R. C. S. N., Della Lucia, S. M., Minim, L. A. (2015). Methodology for determination of two new sensory thresholds: Compromised acceptance threshold and rejection threshold. *Food Research International*, 76(Part 3), 561-566.

1. INTRODUÇÃO

A metodologia do limiar de detecção gera uma estimativa pouco confiável da intensidade do estímulo a partir da qual a aceitação do produto é afetada, uma vez que as primeiras alterações sensoriais perceptíveis pelo indivíduo podem não acarretar em alteração da aceitação sensorial do produto (Prescott et al., 2005). Em muitos casos, somente a partir de uma intensidade superior ao limiar de detecção o produto passa a ser rejeitado. Diante deste contexto, Prescott et al. (2005) propuseram o limiar de rejeição pelo consumidor (*consumer rejection threshold*) (LRC). Esse novo conceito objetivou determinar a intensidade de um estímulo a partir da qual o produto tem sua preferência alterada, baseando-se em avaliar a preferência dos consumidores utilizando-se testes pareados de preferência dentro do método de estímulo constante da metodologia de limiar. Assim, séries crescentes ou decrescentes de intensidade de um estímulo (por exemplo, concentração de uma substância ou temperatura de tratamento) são testadas contra um estímulo padrão (amostra controle), quanto à preferência do consumidor.

A metodologia proposta por Prescott foi aceita pela comunidade científica e tem sido utilizada em diversos estudos (Saliba, Bullock & Hardie, 2009; Campo et al., 2012; Harwood, Ziegler & Hayes, 2012a; Harwood, Ziegler & Hayes, 2012b; Yoo et al., 2012; Lima Filho et al., 2014; Ross et al., 2014). No entanto, para determinar o limiar de rejeição pelo consumidor Prescott et al. (2005) utilizaram testes de preferência em vez de testes de aceitação. Os testes de aceitação com escala hedônica indicam o quanto o consumidor gostou (aceitação sensorial) ou desgostou (rejeição sensorial) de um produto, e os testes de preferência indicam qual a amostra preferida (Stone, Bleibaum & Thomas, 2012). O fato de uma amostra ser menos preferida em relação à outra não significa, necessariamente, que ela seja rejeitada

sensorialmente. Portanto, nos casos em que se deseja investigar o ponto no qual começa a ocorrer alteração significativa da aceitação sensorial ou o ponto em que começa a ocorrer rejeição sensorial do produto, testes de aceitação mostram-se mais indicados do que testes de preferência.

Sendo assim, pretende-se propor a Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH), para determinação de dois novos limiares sensoriais: o limiar de aceitação comprometida (LAC), que indicará a intensidade do estímulo na qual a aceitação sensorial do produto passa a ser significativamente alterada; e o limiar de rejeição (LR), referente ao ponto de transição entre aceitação e rejeição sensorial.

A metodologia proposta foi aplicada como ferramenta para reduzir o teor de sacarose de néctar de uva. O consumo elevado de sacarose é consequência, em partes, do alto teor de açúcares dos alimentos industrializados, podendo acarretar em diversas doenças, incluindo diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares. Estudos têm demonstrado que o néctar de uva é um dos alimentos com maior teor de açúcares totais comercializados no Brasil (PROTESTE, 2012; IDEC, 2014). Assim, além de propor a nova metodologia, objetivou-se determinar o LAC e o LR para concentração de sacarose em néctar de uva, ou seja, verificar o quanto se pode reduzir de sacarose do néctar de uva sem comprometer a aceitação (LAC) e acarretar em rejeição sensorial (LR) do produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil, sob o número de parecer 773.185. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da UFV, em cabines individuais e sob a luz branca.

Os resultados da Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH) foram comparados de forma qualitativa com os resultados da metodologia de determinação do limiar de rejeição pelo consumidor (LRC), proposta por Prescott et al. (2005). Além da análise estatística dos dados, a principal diferença da metodologia do LAC e do LR para a do LRC é que, para determinação dos limiares propostos são realizados testes de aceitação, sendo avaliado diretamente o efeito do estímulo na aceitação do produto; já na metodologia do LRC são realizados testes de preferência.

Os experimentos para determinação do LAC, do LR e do LRC foram conduzidos utilizando uma mesma equipe de consumidores. Assim, pretendeu-se evitar alteração dos resultados devido à utilização de diferentes equipes de consumidores, com padrões diversos de aceitação.

As metodologias foram aplicadas em néctar de uva e o estímulo avaliado foi a concentração de sacarose.

2.1 MATERIAL

Os néctares foram preparados a partir de suco de uva concentrado, sem adição de açúcar, adquirido junto a uma indústria de Minas Gerais, Brasil. No preparo das amostras, o suco de uva concentrado foi diluído em água na proporção de um para um (1:1). Realizada a diluição, o suco foi dividido em seis lotes: um lote para o preparo da amostra controle e cinco lotes para o preparo das amostras a serem comparadas com a amostra controle (amostras estímulo). Em cada lote, foi adicionada quantidade de sacarose referente às concentrações determinadas em testes preliminares. Posteriormente, as amostras foram armazenadas à, aproximadamente, 8 °C até a realização dos testes sensoriais.

2.2 DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE SACAROSE DOS NÉCTARES DE UVA (TESTES PRELIMINARES)

A determinação das concentrações de sacarose das amostras foi realizada com base nos resultados de estudos preliminares (Lima Filho et al., 2015).

No estudo, 32 mulheres e 29 homens (61 consumidores), com idade entre 18 e 33 anos, realizaram testes de ordenação preferência com amostras de néctar de uva nas concentrações de sacarose de 5% (m/v), 8% (m/v), 9% (m/v), 10% (m/v), 11% (m/v) e 13% (m/v). Ao analisar os resultados, por meio de teste de Christensen (Christensen et al., 2006), foi verificado que os néctares de uva contendo 8%, 9%, 10%, 11% e 13% de sacarose não diferiram entre si quanto à preferência ($p > 0,05$) e foram os preferidos pelos consumidores (Lima Filho et al., 2015). Sendo assim, selecionou-se o néctar contendo 9% de sacarose como a amostra controle, por ter sido uma das mais preferidas pelos consumidores e por ter concentração de sacarose semelhante à de algumas marcas de néctar de uva comercializadas no Brasil.

Para a determinação de limiares sensoriais deve-se utilizar uma faixa de intensidade do estímulo que inclua o limiar a ser determinado (Lawless & Heymann, 2010). Para isso, o néctar de uva contendo 8% de sacarose foi selecionado como a primeira amostra a ser comparada com a controle, isto é, a amostra contendo 8% de sacarose foi o limite inferior da faixa de intensidade do estímulo em estudo. Isto porque, no teste de ordenação, os néctares contendo 9% e 8% de sacarose não diferiram significativamente quanto à preferência ($p > 0,05$). Como será discutida posteriormente, a comparação direta entre preferência e aceitação ou rejeição é errônea, porém, o fato de duas amostras não diferirem entre si quanto à preferência pode ser um indicativo de que elas poderão não diferir entre si quanto à aceitação. Dessa forma, aumentou-se a garantia de que os limiares a serem calculados estivessem acima do limite inferior escolhido, o que foi confirmado com os resultados do presente estudo.

A partir da amostra contendo 8% de sacarose, reduziu-se a concentração das amostras de forma gradual até a concentração de 0% de sacarose. Sendo assim, as concentrações de sacarose selecionadas para a determinação do LRC, do LAC e do LR foram 9% (m/v) (amostra controle), 8% (m/v), 6% (m/v), 4% (m/v), 2% (m/v) e 0% (m/v).

Vale lembrar que, para aplicação industrial da MLH, esse processo de determinação da intensidade do estímulo da amostra controle é simplificado, uma vez que a amostra controle será o produto já fabricado pela indústria.

A fim de facilitar a redação ao longo do artigo, a amostra contendo 9% de sacarose foi denominada “amostra controle” e as demais amostras, cuja concentração de sacarose foi reduzida (8%, 6%, 4%, 2% e 0%), foram chamadas de “amostra estímulo”.

2.3 CONSUMIDORES

Consumidores habituais de néctar e suco de uva foram recrutados entre alunos e funcionários da UFV e moradores da cidade de Viçosa – Minas Gerais, Brasil. O estudo foi realizado por uma equipe de 150 consumidores, composta por 82 mulheres e 68 homens com idade entre 18 e 45 anos. A maioria (81%) possuía idade entre 20 e 29 anos.

Todos os participantes afirmaram gostar de suco de uva, a maioria afirmou consumir suco de uva uma a duas vezes por mês (30,3% dos consumidores) e, a segunda maior parte, uma vez por semana (29,7%). As bebidas derivadas da uva mais consumidas pelos participantes foram néctar de uva (consumido por 54,5% dos participantes) e suco de uva concentrado (38,6%).

2.4 LIMIAR DE REJEIÇÃO PELO CONSUMIDOR

A determinação do LRC seguiu os procedimentos propostos por Prescott et al. (2005). Portanto, para sua determinação, os 150 consumidores realizaram cinco sessões de testes pareados de preferência (Stone, Bleibaum & Thomas, 2012). Dentro de cada sessão, cada par de amostras consistiu de uma amostra de néctar de uva controle (9% de sacarose) e uma amostra estímulo (com concentração de sacarose reduzida, 8%, 6%, 4%, 2% ou 0%). Foi solicitado aos consumidores provar as amostras e indicar, na ficha disponibilizada, a preferida. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos. As amostras, codificadas com três dígitos, foram apresentadas em ordem decrescente de concentrações de sacarose entre as sessões, e a posição da amostra controle, dentro de cada par, foi aleatorizada, conforme recomendação de Prescott et al. (2005).

Os dados coletados foram usados na elaboração de um gráfico das proporções de consumidores que preferiram a amostra controle (eixo y) em função das concentrações de sacarose em estudo (eixo x). O LRC foi calculado por interpolação, sendo a concentração correspondente à proporção de consumidores que preferiram a amostra controle necessária para uma significância estatística ($p = 0,05$), segundo tabela de distribuição binomial para teste pareado de preferência (ISO, 2005; Prescott et al., 2005).

2.5 LIMIARES HEDÔNICOS

A metodologia para determinação do LAC e do LR possui os mesmos procedimentos de análise sensorial e coleta de dados, diferindo apenas na análise dos resultados e determinação dos limiares.

Para determinação do LAC e do LR, os 150 consumidores realizaram cinco sessões de teste de aceitação (Stone, Bleibaum & Thomas, 2012). Em cada sessão de aceitação foram servidas aos consumidores duas amostras, das quais uma foi a amostra controle (9% de sacarose) e a outra foi uma das amostras estímulo, em uma das concentrações determinadas nos testes preliminares. As amostras de néctar de uva para determinação do LAC e do LR foram as mesmas da determinação do LRC.

Entre as sessões, os pares de néctar de uva foram apresentados em ordem decrescente de concentração de sacarose, e a posição da amostra estímulo, dentro de cada par, foi aleatorizada, conforme demonstrado na Figura 1.1.



Figura 1.1 - Ordem de apresentação das amostras em cada sessão

Nas determinações do LAC e do LR os consumidores não são forçados a indicar a amostra de maior intensidade ou a preferida, como ocorre nas metodologias de escolha forçada para determinação do limiar de detecção e do limiar de rejeição pelo consumidor (LRC), respectivamente (ASTM E679, 2004; ASTM E1432, 2004; Prescott et al., 2005). Na metodologia proposta os consumidores avaliaram, em uma mesma sessão, duas amostras (uma controle e uma estímulo) quanto à aceitação. Desta forma, solicitou-se aos consumidores que comparassem as amostras e atribuíssem a nota de aceitação que melhor refletisse sua avaliação, para cada uma das duas amostras. Para tanto, os consumidores provaram as amostras da esquerda para direita e responderam, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”), as respostas que melhor refletiram seus julgamentos. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos.

Para análise estatística dos dados e determinação do LAC, para cada sessão, foi realizado o teste t para amostras pareadas com a nota hedônica da amostra controle (NHAC) e a nota hedônica da amostra estímulo (NHAE) (diferença: NHAC

- NHAE). Com os valores t obtidos, foi elaborado um gráfico do valor t de cada sessão (eixo Y_1) em função da concentração de sacarose da amostra em estudo (eixo X). O ponto de corte, ou seja, a região em que começa a ocorrer diferença significativa entre as amostras quanto à aceitação foi representado no gráfico por uma linha tracejada, referente ao valor t tabelado, ao nível de 5% de significância. Para determinar a concentração de sacarose na qual começa a ocorrer diferença significativa na aceitação entre as amostras, foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais. Para a seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados, foram avaliados a significância dos parâmetros da regressão e o coeficiente de determinação R^2 ($SQ_{regressão}/SQ_{total}$). Os testes t e o ajustamento do modelo foram realizados utilizando o software SAS® (Statistical Analysis System – SAS), versão 9.3, licenciado para a UFV.

Por meio da equação do modelo o LAC foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual o valor t calculado passa a ser igual ao valor t tabelado ($p = 0,05$), ou seja, o ponto a partir do qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

Para determinação do LR, no mesmo gráfico de determinação do LAC, foi inserido um segundo eixo Y (Y_2), referente à nota hedônica média das amostras estímulo. O ponto de corte deste eixo Y_2 foi representado no gráfico por uma linha tracejada, referente à nota hedônica 5 (termo hedônico “indiferente”), indicando o ponto de transição entre aceitação e rejeição sensorial da bebida. A categoria “indiferente” da escala hedônica foi considerada rejeição porque um consumidor indiferente a um produto dificilmente se mostrará disposto a comprá-lo (Della Lucia et al., 2013; Della Lucia et al., 2014).

Para determinar a concentração de sacarose na qual começa a ocorrer rejeição sensorial do néctar de uva, foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais do eixo Y_2 . Os critérios para a seleção do modelo que melhor se ajustasse aos dados foram os mesmos da determinação do LAC.

Por meio da equação do modelo, o LR foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual a nota hedônica média passa a ser igual a 5, ou seja, foi o ponto a partir do qual ocorre rejeição sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

3. RESULTADOS

Na Figura 1.2 estão ilustradas as proporções de consumidores que preferiram a amostra controle à amostra estímulo, para cada concentração em estudo. O LRC foi obtido por meio da interpolação a partir do ponto em que a proporção de consumidores que preferem a amostra controle atingiu o critério de significância, apresentando o valor 6,36% m/v de sacarose, indicando que, com a redução da concentração de sacarose para valores a partir de 6,36% m/v, os consumidores tendem a preferir a amostra controle (9% de sacarose).

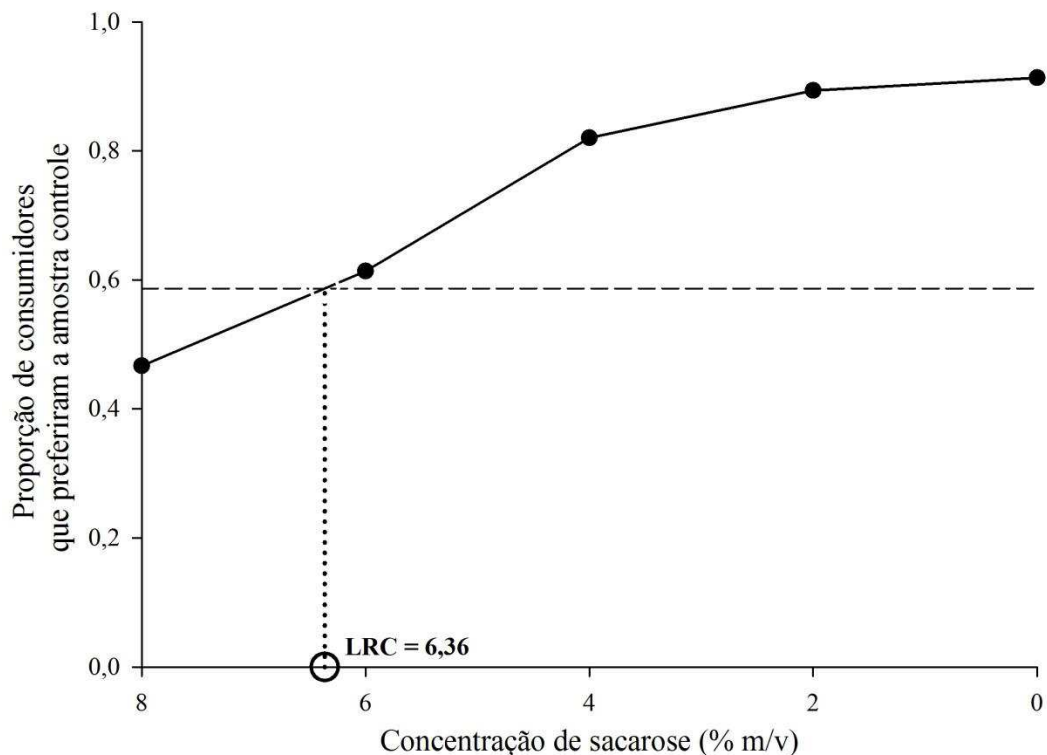


Figura 1.2 - Proporção de consumidores que preferiram a amostra controle para cada concentração de sacarose da amostra estímulo.

A linha tracejada representa a proporção de consumidores necessária para preferência significativa ($p = 0,05$) (proporção de 0,5867) de acordo com a distribuição binomial para testes pareados de preferência.

Na Figura 1.3 encontram-se os valores t calculados (eixo Y_1) e a nota hedônica média (eixo Y_2) em função da concentração de sacarose das amostras estímulo (eixo X). Para os dois conjuntos de dados (valores t calculados e notas hedônicas médias) o modelo que melhor se ajustou foi o linear, possuindo

parâmetros da regressão significativos ($p < 0,05$) e coeficientes de determinação (r^2) superiores a 0,97 (Figura 1.3, Tabela 1.1).

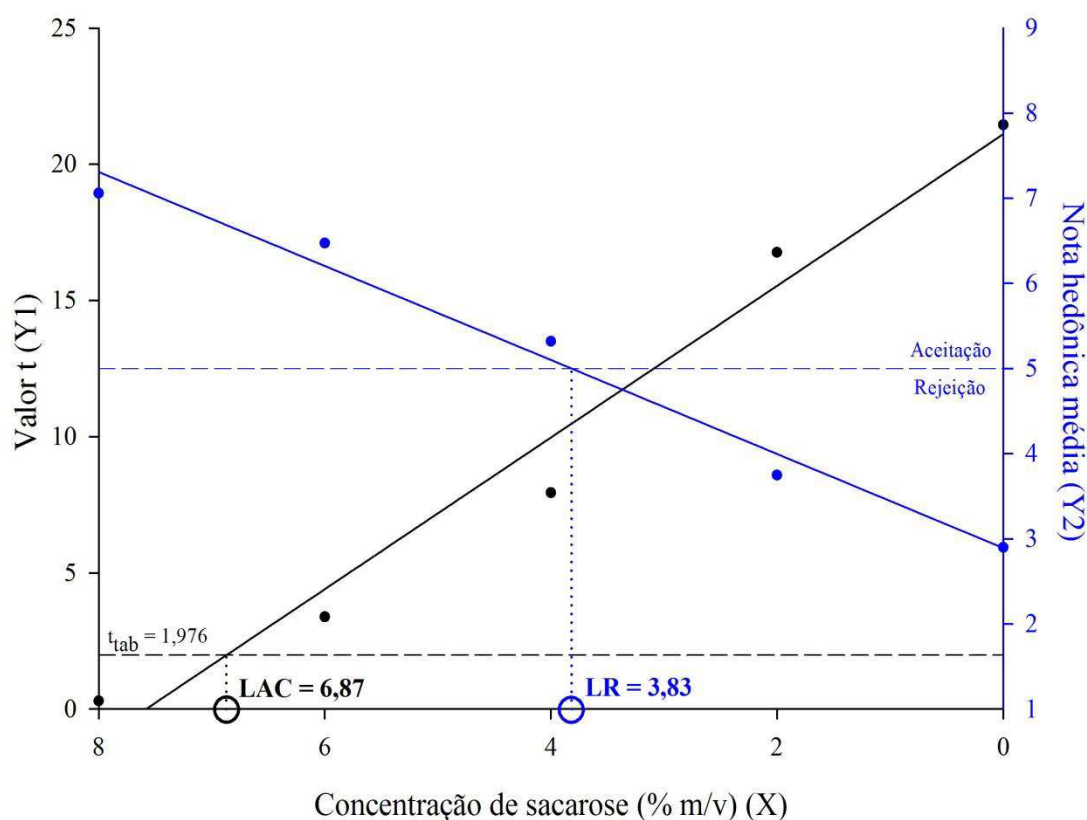


Figura 1.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função das concentrações de sacarose das amostras estímulo.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($p = 0,05$) ($t_{\text{tab}} = 1,976$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

Tabela 1.1 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação

| | Modelo | r^2 |
|-----------|---------------------------|--------|
| Equação 1 | $Y_1 = -2,7902X + 21,153$ | 0,9711 |
| Equação 2 | $Y_2 = 0,5532X + 2,8834$ | 0,9797 |

Y_1 = valor t calculado; Y_2 = nota hedônica média; X = concentração de sacarose (% m/v); r^2 = coeficiente de determinação.

Substituindo, na Equação (1) da reta (Tabela 1.1), o valor de Y_1 por 1,976, encontrou-se o LAC de 6,87%, ou seja, a aceitação sensorial do néctar de uva passa a ser comprometida ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% para 6,87%. Qualquer redução dentro desta faixa não altera a aceitação sensorial do néctar de uva.

Verificou-se que o termo hedônico médio do néctar de uva com concentração de sacarose referente ao LAC (6,87%) encontrou-se entre gostei ligeiramente (nota hedônica 6) e gostei moderadamente (nota hedônica 7) (Figura 1.3, eixo y à direita). Ao analisar conjuntamente o valor do LRC e as informações presentes na Figura 1.3 é possível verificar que, uma amostra contendo concentração de sacarose referente ao LRC (6,36%), também estaria entre os termos hedônicos gostei ligeiramente (nota hedônica 6) e gostei moderadamente (nota hedônica 7). Assim, verificou-se que os néctares de uva nas concentrações do LAC e do LRC possuíram aceitação sensorial.

Para verificar quando começa a ocorrer rejeição sensorial do néctar de uva, substituiu-se na Equação (2) da reta o valor de Y_2 por 5 (Tabela 1.1). Dessa forma, encontrou-se o LR de 3,83%, ou seja, reduzindo a concentração de sacarose, a partir de 3,83% o néctar de uva passa a ser rejeitado pelos consumidores.

4. DISCUSSÃO

Comparando-se com o néctar de uva contendo 9% (m/v) de sacarose (amostra controle), verificou-se que, ao reduzir a concentração de sacarose de 9% para 6,87% (LAC), a bebida passa a ser significativamente menos aceita; a partir de 6,36% (LRC), passa a ser significativamente menos preferida; e a partir de 3,83% (LR) é, então, rejeitada pelos consumidores. Assim, constatou-se que, na concentração do limiar de rejeição pelo consumidor (LRC) (6,36%), o néctar de uva ainda possui aceitação sensorial e que somente a partir da concentração de 3,83% a bebida é rejeitada pelos consumidores.

Prescott et al. (2005) inovaram e expandiram as aplicações dos limiares ao utilizar um teste afetivo (teste pareado de preferência) para determinação de um novo limiar sensorial (LRC). No entanto, a utilização de testes de aceitação na MLH, em vez de testes de preferência da metodologia do LRC, possibilitou maior confiabilidade dos resultados na determinação dos pontos em que começam a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial (LAC) e rejeição sensorial (LR) do produto. Uma metodologia para determinar tais limiares era uma demanda existente, tendo em vista que "o que você prefere" e "o que você rejeita" são duas tarefas cognitivas diferentes, conforme observado por Harwood, Ziegler e Hayes (2012a).

Quanto à análise estatística, na proposição da metodologia do LRC (Prescott et al., 2005), o cálculo do limiar foi realizado por meio de interpolação entre dois

pontos (conforme realizado neste estudo). A utilização de um modelo de regressão bem ajustado aos dados para cálculo do LAC e do LR auxilia na obtenção de limiares menos sensíveis a erros, tornando a análise mais robusta que a utilizada na metodologia do LRC. Recentemente, Harwood, Ziegler e Hayes (2012a) propuseram um modelo sigmoide para calcular o LRC, aumentando a robustez da análise de determinação deste limiar.

Além de determinar o LAC e o LR, a metodologia proposta possibilitou, com o ajuste de um modelo de regressão nas notas hedônicas médias, verificar o perfil de variação da aceitação sensorial do produto em função da variação da intensidade do estímulo em estudo. Nos resultados do presente estudo, por exemplo, foi verificado um coeficiente angular da reta, da Equação 2, de 0,5532, isto é, a redução de uma unidade na concentração de sacarose (X) resulta em uma redução média de 0,5532 na nota hedônica (Y_2) do néctar de uva (Tabela 1.1). Esse coeficiente angular foi considerado alto (reta muito inclinada, Figura 1.3), indicando que a aceitação sensorial do néctar de uva mostrou-se muito sensível à variação do teor de sacarose.

Outra vantagem da MLH é que permite quantificar a magnitude da diferença entre as amostras quanto à aceitação, fornecendo uma informação a mais quando comparada às metodologias de determinação do limiar de detecção e do limiar de rejeição pelo consumidor que, por utilizarem testes de escolha forçada, apenas indicam se as amostras são diferentes ou não (ASTM E679, 2004; ASTM E1432, 2004; Prescott et al., 2005; Lawless & Heymann, 2010).

A MLH também difere das metodologias de determinação do limiar de detecção quanto ao espaçamento entre as intensidades do estímulo em estudo. A capacidade humana de perceber diferenças é relativa e não absoluta; sendo assim, para determinação do limiar de detecção é recomendado que as intensidades do estímulo variem em progressão geométrica, de modo que possuam espaçamentos iguais em uma escala logarítmica (ASTM E679, 2004; ASTM E1432, 2004; Lawless & Heymann, 2010). Prescott et al. (2005) não recomendaram, mas utilizaram intensidades de estímulo em progressão geométrica para determinar o LRC. Entretanto, “detectar diferença sensorial”, “indicar qual preferiu” e “indicar o quanto gostou ou desgostou” são tarefas cognitivas diferentes. Não foram encontrados estudos na literatura investigando se a capacidade humana de indicar sua preferência ou de indicar o quanto gostou ou desgostou de um alimento é relativa ou absoluta. Sendo assim, para a determinação do LAC e do LR, optou-se por utilizar amostras

com concentrações de sacarose em regressão aritmética (8%, 6%, 4%, 2% e 0%). Com os resultados obtidos, constatou-se que essa escolha foi acertada, uma vez que se verificou uma relação linear dos valores t calculados e das notas hedônicas médias com as concentrações de sacarose, ajustando-se adequadamente um modelo linear nos dois conjuntos de dados (Figura 1.3); o que poderia não ter ocorrido caso tivessem sido adotadas concentrações em regressão geométrica. No entanto, maiores estudos investigando o comportamento do valor t calculado e das notas hedônicas médias, quando se utilizam intensidades do estímulo em regressão (ou progressão) geométrica, se tornam necessários.

Prescott et al. (2005) chamaram de “rejeição universal” quando 100% dos avaliadores preferem a amostra controle à alguma das amostras estímulo. No presente estudo, não foi atingida a rejeição universal do néctar de uva, sendo verificado que cerca de 10% dos avaliadores preferiram a amostra sem adição de sacarose à amostra contendo 9% de sacarose (amostra controle) (Figura 1.2). Em seu estudo, Prescott et al. (2005) também não atingiram a rejeição universal; cerca de 10% a 20% de consumidores preferiram o vinho branco contendo alta concentração de 2,4,6-tricloroanisol (TCA, contaminante proveniente da rolha da garrafa) ao vinho sem esse composto. Em seu estudo Saliba, Bullock & Hardie (2009) não atingiram a rejeição universal; cerca de 20% dos consumidores preferiram o vinho tinto contendo 48 ppm de 1,8-cineol (maior concentração em estudo) ao vinho tinto sem essa substância. A rejeição universal foi atingida no estudo de Harwood, Ziegler e Hayes (2012a); 100% dos avaliadores preferiram o leite com chocolate sem adição de octaacetato de sacarose (SOA, composto amargo) ao leite com chocolate com maior concentração de SOA. Aparentemente, o alcance da rejeição universal depende da categoria do estímulo e da maior intensidade do estímulo em estudo.

Em todos os estudos que determinaram o LRC encontrados na literatura, as amostras foram apresentadas em ordem crescente de intensidade do estímulo e foi utilizada uma amostra controle que não possuía intensidade do estímulo em estudo, como vinho branco sem TCA (Prescott et al., 2005), vinho tinto sem 1,8-cineol (responsável por sabor de eucalipto) (Saliba, Bullock & Hardie, 2009), leite com chocolate sem SOA (substância amarga) (Harwood, Ziegler & Hayes, 2012a), chocolate sólido sem SOA (Harwood, Ziegler & Hayes, 2012b) e morango sem ser irradiado (Lima Filho et al., 2014). No presente estudo, no entanto, foi utilizada ordem decrescente de intensidade de estímulo e a amostra controle possuía a maior

intensidade do estímulo (9% de sacarose), o que possibilitou determinar o quanto se pode reduzir de certa substância (no caso, prejudicial à saúde) sem alterar a preferência (LRC), comprometer a aceitação (LAC) e resultar em rejeição (LR) do produto. Assim, foi demonstrada uma nova aplicação para limiares afetivos.

No presente estudo, a MLH permitiu determinar o quanto se pode reduzir de sacarose no néctar de uva sem comprometer a aceitação sensorial do produto final, informação de grande relevância para as indústrias de alimentos. De posse do LAC, as indústrias poderão ofertar alimentos com menor teor de sacarose sem perder mercado devido às alterações sensoriais indesejáveis, responsáveis pela diminuição da aceitação sensorial, ocasionadas por essa redução. Com uma maior oferta de alimentos com boa aceitação sensorial e menor teor de sacarose, o consumo deste açúcar pela população tende a diminuir, resultando numa menor incidência de doenças como diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares.

Em janeiro de 2014, um grupo de cientistas e médicos lançaram a Action on Sugar, campanha que visa enfrentar e reverter as epidemias de obesidade e diabetes no Reino Unido, pressionando o governo e as indústrias a tomarem medidas para reduzir o teor de açúcares dos alimentos industrializados (Action on Sugar, 2014). Os especialistas envolvidos na campanha acreditam que é possível reduzir entre 20% e 30% o teor de açúcares dos alimentos, de forma gradual, em três a cinco anos, sem que as alterações sensoriais sejam notadas pelos consumidores. Os resultados do presente estudo comprovaram que tal redução é possível para o néctar de uva, tendo em vista que foi demonstrado que somente ao reduzir (integralmente) 24% de sacarose começou a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial da bebida, porém, ainda existia aceitação sensorial pelo produto.

O LAC poderá ser utilizado pelas indústrias de alimentos como um parâmetro que indicará a intensidade do estímulo em que começa a ocorrer alteração da aceitação sensorial do produto, o que não significa, necessariamente, que o produto com intensidade de estímulo referente ao LAC ou um pouco além do LAC (*suprathreshold*) não terá boa aceitação sensorial.

Quando a amostra controle em estudo possui alta aceitação sensorial, a amostra com intensidade do estímulo referente ao LAC será significativamente menos aceita que a amostra controle, porém, ainda poderá ter ótima aceitação sensorial. Nestes casos, cabe à indústria decidir se utilizará uma intensidade de estímulo inferior à do LAC, garantindo que seu novo produto não difira

estatisticamente quanto à aceitação do produto anterior (amostra controle); ou uma intensidade de estímulo *suprathreshold* (superior ao limiar), em que, mesmo sabendo que seu novo produto será menos aceito que o produto anterior, é assumida a alteração da intensidade do estímulo até um nível de aceitação visto como satisfatório. O esforço da indústria necessário para realizar a alteração da intensidade do estímulo e o tipo de produto a ser desenvolvido será determinante para qual decisão tomar. Por exemplo, assumir uma intensidade do estímulo além do LAC pode ser mais arriscado para produtos já existentes no mercado do que no desenvolvimento de um novo produto. Para um produto já existente, os consumidores deste produto já possuem uma expectativa formada; assumir intensidades de estímulo além do LAC pode resultar em não atendimento desta expectativa e, conseqüentemente, perda de mercado. Para um novo produto, o qual ainda não possuiu consumidores habituais com expectativas formadas, cabe à indústria utilizar uma intensidade de estímulo até uma aceitação vista como adequada, e nada impede que essa aceitação seja referente à uma intensidade de estímulo além do LAC.

Na verdade, o LAC servirá como um sinal de alerta, indicando o ponto em que a indústria deverá começar a ter preocupação com a redução da aceitação do seu produto. Já o LR servirá como um limite inferior da intensidade do estímulo que a indústria de alimentos pode assumir; abaixo deste limite ocorre rejeição sensorial do produto. Assim, os dois limiares juntos (LAC e LR) indicarão uma faixa de intensidade do estímulo em que ocorre aceitação sensorial pelo produto, porém, essa é menor do que a aceitação pela amostra controle. O cálculo dos dois limiares também possibilita verificar se a amostra contendo intensidade de estímulo referente ao LR difere ou não, quanto à aceitação, da amostra controle. Por exemplo, no presente estudo verificou-se que na concentração de 6,87% de sacarose começa a ocorrer diferença significativa, quanto à aceitação, entre a amostra controle e a amostra estímulo (LAC), o que permitiu constatar, ao obter um LR (3,83%) inferior ao LAC, que a amostra contendo intensidade de estímulo referente ao LR também difere, quanto à aceitação, da amostra controle. Portanto, é de grande aplicação os dois limiares hedônicos serem calculados conjuntamente, o que não demandará grandes esforços, uma vez que a etapa de coleta de dados é a mesma para o cálculo dos dois limiares.

Além do estudo de caso apresentado, a MLH possuirá inúmeras outras aplicações. Na ciência e indústria de alimentos, em diversas situações, deseja-se alterar ao máximo certo aspecto do alimento sem alterar a sua aceitação sensorial, como por exemplo, aplicar um tratamento térmico mais severo visando a uma maior inativação de micro-organismos ou enzimas; reduzir certo ingrediente mais dispendioso na formulação do alimento; reduzir ingredientes que são prejudiciais à saúde quando consumidos em excesso, como sódio e gordura; determinar o limite máximo de “defeitos” que podem estar presentes no alimento; determinar a vida de prateleira do alimento com base na sua aceitação sensorial; entre outros. Portanto, em todos esses casos, uma metodologia que auxilie na determinação da intensidade máxima que se pode alterar certo aspecto do alimento sem comprometer a sua aceitação sensorial e, ou, causar sua rejeição, é de fundamental importância.

A metodologia proposta não se aplica apenas às indústrias de alimentos, podendo ser utilizada também pelas indústrias de cosméticos e pelas indústrias farmacêuticas, por exemplo, como ferramenta para determinar a formulação de xaropes de maior aceitação pelas crianças.

5. CONCLUSÃO

Foi proposta uma nova metodologia para determinação de dois novos limiares sensoriais, o limiar de aceitação comprometida (LAC) e o limiar de rejeição (LR). A comparação dos valores dos novos limiares com o valor do limiar de rejeição pelo consumidor (LRC) permitiu verificar que no LRC o produto ainda possui aceitação sensorial pelo consumidor.

Concluiu-se que, quando comparada com as metodologias de determinação dos limiares existentes, a metodologia proposta possui algumas vantagens, como: (1) determinar, com maior confiabilidade, o ponto a partir do qual a intensidade de um estímulo passa a comprometer a aceitação sensorial do produto (LAC) e o ponto de transição entre aceitação e rejeição (LR); (2) possuir análise estatística mais robusta para determinação dos limiares em comparação à interpolação sugerida para o LRC; (3) permitir verificar o perfil de variação da aceitação sensorial do produto em função da variação da intensidade do estímulo em estudo; (4) quantificar a magnitude das diferenças entre as amostras, em vez de apenas indicar a diferença.

No presente estudo, a MLH possibilitou verificar que, ao reduzir a concentração de sacarose do néctar de uva de 9,00% para 6,87%, começa a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial do produto (LAC) e que, ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% para 3,83%, passa a ocorrer rejeição sensorial (LR) do produto. Para qualquer redução menor do que estas, não ocorrerão comprometimento da aceitação sensorial ou rejeição sensorial da bebida, respectivamente. Tais informações são de grande relevância para indústrias de néctar de uva que pretendem ofertar alimentos com menores teores de sacarose, diminuindo os riscos de doenças tais como diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares.

Além desta, a metodologia proposta possui inúmeras aplicações, como facilitar o controle de qualidade, auxiliar na determinação de formulações, aumentar e monitorar a vida de prateleira dos produtos, diminuir os custos de produção e tornar os alimentos mais saudáveis, sem comprometer a aceitação sensorial ou acarretar em rejeição do produto. A MLH também pode ser utilizada para aumentar a aceitação do produto e não se limita apenas às indústrias de alimentos, podendo ser utilizada, também, pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticas.

REFERÊNCIAS

- Action on Sugar. (2014). Disponível em: < <http://www.actiononsugar.org/> >. Acessado em: 20 fev. 2015.
- ASTM E1432. (2004). Standard practice for defining and calculating individual and group sensory thresholds from forced-choice data sets of intermediate size. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 8p.
- ASTM E679. (2004). Standard practice for determination of odour and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series Method of Limits. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 7p.
- Campo, E., Saenz-Navajas, M. P., Cacho, J., & Ferreira, V. (2012). Consumer rejection threshold of ethyl phenylacetate and phenylacetic acid, compounds responsible for the sweet-like off odour in wines made from sour rotten grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 280-286.
- Christensen, Z. T., Ogden, L. V., Dunn, M. L., & Eggett, D. L. (2006). Multiple Comparison Procedures for Analysis of Ranked Data. *Journal of Food Science*, 71(2), S132-143.

- Della Lucia, S. M., Minim, V. P. R., Silva, C. H. O., Minim, L. A., & Cipriano, P. A. (2013). Ordered probit regression analysis of the effect of brand name on beer acceptance by consumers. *Food Science and Technology*, 33(3), 586-591.
- Della Lucia, S. M., Minim, V. P. R., Silva, C. H. O., Minim, L. A., & Cipriano, P. A. (2014). Use of relative risk test to evaluate the influence of the brand on beer acceptability. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 267-276.
- Harwood M. L., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2012a). Rejection thresholds in chocolate milk: Evidence for segmentation. *Food Quality and Preference*, 26(1), 128-133.
- Harwood M. L., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2012b). Rejection thresholds in solid chocolate-flavored compound coating. *Journal of Food Science*, 77(10), S390-393.
- Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC). (2014). Fruta de menos. *Revista do IDEC*, fevereiro, p. 14-18. Disponível em: <http://www.idec.org.br/uploads/revistas_materias/pdfs/184-capa-suco1.pdf>. Acessado em: 25 out. 2014.
- International Organization for Standardization (ISO). (2005). *Standard 5495: Sensory analysis - Methodology - Paired comparison test*. Third edition.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2ª ed. New York: Springer, 596p.
- Lima Filho, T., Della Lucia, S. M., Scolforo, C. Z., Lima, R. M., Carneiro, J. C. S., Pinheiro, C. J. G., Passamai Junior, J. L., & Minim, V. P. R. (2014). Consumer rejection threshold for strawberry radiation doses. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23, 194-198.
- Lima Filho, T., Minim, V. P. R., Silva, R. C. S. N., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2015). Preferência de consumidores por néctares de uva com diferentes concentrações de sacarose. *Higiene Alimentar*, 29(242/243), 1234-1237.
- Prescott, J., Norris, L., Kunst, M., & Kim, S. (2005). Estimating a consumer rejection threshold for cork taint in white wine. *Food Quality and Preference*, 16(1), 345-349.
- PROTESTE. (2012). *Açúcar nos alimentos industrializados*. PROTESTES - Associação de consumidores. Disponível em: <ecos-rednutri.bvs.br/tiki-download_file.php?fileId=340>. Acessado em: 5 mar. 2014.
- Ross, C. F., Zwink, A. C., Castro, L., & Harrison, R. (2014). Odour detection threshold and consumer rejection of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene in 1-year-old Riesling wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 335-339.
- Saliba, A. J., Bullock, J., & Hardie, W. J. (2009). Consumer rejection threshold for 1,8-cineole (eucalyptol) in Australian red wine. *Food Quality and Preference*, 20(7), 500-504.
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2012). *Sensory evaluation practices*. 4th ed. New York: Academic Press. 446 p.
- Yoo, Y. J., Saliba, A. J., Prenzler, P. D., & Ryan, D. (2012). Total phenolic content, antioxidant activity, and cross-cultural consumer rejection threshold in white and red

wines functionally enhanced with catechin-rich extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 388-393.

CAPÍTULO II

**VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DOS LIMIARES HEDÔNICOS NA
DETERMINAÇÃO DO LIMAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA**

Validação da Metodologia dos Limiares Hedônicos na determinação do Limiar de Aceitação Comprometida

1. INTRODUÇÃO

Com a proposta do limiar de rejeição pelo consumidor (LRC) (*Consumer Rejection Threshold*), realizada por Prescott e colaboradores em 2005, ocorreu uma ampliação das aplicações dos limiares sensoriais, os quais até então não eram utilizados para mensurar respostas afetivas. Nessa metodologia, por meio de testes pareados-preferência, é determinada a intensidade do estímulo a partir da qual o produto tem sua preferência alterada (Prescott et al., 2005).

No entanto, nos casos em que se deseja investigar o ponto no qual começa a ocorrer comprometimento da aceitação sensorial e o ponto de transição entre aceitação e rejeição sensorial do alimento, testes de aceitação mostram-se mais indicados do que testes de preferência. Neste contexto, foi proposta uma nova metodologia (Metodologia dos Limiares Hedônicos – MLH) para determinação de dois novos limiares sensoriais afetivos: o limiar de aceitação comprometida (LAC) e o limiar de rejeição (LR). Nesta nova metodologia, testes de aceitação são realizados a fim de determinar a intensidade de um estímulo a partir da qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial (LAC) e a intensidade do estímulo em que começa a ocorrer rejeição sensorial (LR) do alimento (Capítulo 1).

A necessidade de mostrar a qualidade de medições sensoriais está sendo cada vez mais reconhecida e exigida para que uma nova metodologia seja aceita na comunidade científica, uma vez que dados analíticos não confiáveis podem conduzir a decisões desastrosas e a prejuízos financeiros irreparáveis. A fim de garantir que uma nova metodologia analítica gere informações confiáveis e interpretáveis do material avaliado, ela deve sofrer uma avaliação denominada como “validação” (Ribani et al., 2004).

“Validação” é definida como a avaliação sistemática de um procedimento analítico para demonstrar que esse está sob as condições nas quais deve ser aplicado (WHO, 1992). Diferentemente dos métodos analíticos químicos, para métodos sensoriais afetivos não existe um protocolo de validação, sendo encontrados na

literatura estudos que apenas avaliaram alguns índices analíticos específicos (Léon et al., 1999; Boutrolle et al., 2005). Os índices analíticos mais estudados na validação de metodologias sensoriais são a precisão, exatidão e robustez (Léon et al., 1999; Boutrolle et al., 2005; Louw et al., 2013; Silva et al., 2014a).

Portanto, existe a necessidade de avaliar os índices de desempenho analítico supracitados e validar a Metodologia dos Limiares Hedônicos, verificando a confiabilidade dos resultados gerados por essa nova metodologia. No presente estudo, objetivou-se investigar a confiabilidade dos resultados do limiar de aceitação comprometida (LAC), determinado por meio da Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH). Para tanto, os índices de desempenho analítico de precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), exatidão e robustez, dos resultados da MLH para o cálculo do LAC (MLH/LAC), foram mensurados e avaliados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob o número de parecer 773.185, e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sob o número de parecer 804.070. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV e do Centro de Ciências Agrárias da UFES, em cabines individuais e sob a luz branca.

A Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH) permite determinar dois novos limiares afetivos: o limiar de aceitação comprometida e o limiar de rejeição. A fim de facilitar a apresentação e a discussão dos resultados, no presente estudo foi validada a MLH quando utilizada para determinar o limiar de aceitação comprometida (MLH/LAC). Em estudos futuros, pretende-se validar a MLH quando utilizada para determinar o limiar de rejeição.

Para investigar os diferentes índices de desempenho analítico da MLH/LAC foram realizados seis ensaios, e esses foram codificados (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Codificação, descrição e critérios de validação avaliados em cada ensaio

| Código/ensaio | Descrição | Crítérios de validação avaliados |
|---------------|---|--|
| UFV-t0 | Ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0 | Repetibilidade, precisão intermediária, reprodutibilidade e robustez |
| UFV-t1 | Ensaio realizado na UFV um dia após o UFV-t0 | Repetibilidade |
| UFV-t2 | Ensaio realizado na UFV dois dias após o UFV-t0 | Repetibilidade |
| UFV-t90 | Ensaio realizado na UFV 90 dias após o UFV-t0 | Precisão intermediária |
| UFES | Ensaio realizado na UFES (Alegre) | Reprodutibilidade |
| Exat | Ensaio realizado para avaliar a exatidão | Exatidão |

Para avaliar a precisão da MLH/LAC foram realizados cinco ensaios, nos quais foi determinado, em cinco repetições, o LAC para concentração de sacarose em néctar de uva. Destes, quatro ensaios (UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2 e UFV-t90) foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da UFV, Viçosa – MG, e um ensaio (UFES) foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Agrárias da UFES, Alegre – ES, em cabines individuais e sob luz branca. O sexto ensaio (Exat) foi realizado para investigar a exatidão da MLH/LAC. A robustez foi avaliada utilizando os resultados do ensaio UFV-t0.

2.1 MATERIAL

A matriz alimentar utilizada foi o néctar de uva e o estímulo foi a concentração de sacarose.

Ao analisar os índices analíticos na validação de uma metodologia é necessário controlar todas as variáveis cujos efeitos não estarão sendo investigados. Por exemplo, a falta de padronização de uma amostra poderia alterar os resultados obtidos por meio da metodologia, e essa alteração ser, erroneamente, considerada como baixa precisão da metodologia. O preparo das amostras deste estudo foi realizado com total controle e padronização para evitar a interferência de efeitos indesejáveis e não investigados nos resultados.

No preparo das amostras, o suco de uva concentrado sem adição de sacarose, adquirido junto a uma indústria de Minas Gerais – Brasil, foi diluído em água na

proporção de um para um (1:1). Realizada a diluição, o suco foi dividido em seis lotes para adição de sacarose nas concentrações de 9% m/v, 8% (m/v), 6% (m/v), 4% (m/v), 2% (m/v) e sem adição de sacarose (0% m/v), conforme os resultados de testes preliminares (Lima Filho et al., 2015). Posteriormente, as amostras foram armazenadas à, aproximadamente, 8 °C até a realização dos testes sensoriais.

A amostra contendo 9% de sacarose foi denominada como “amostra controle” e as demais amostras, cuja concentração de sacarose foi reduzida (8%, 6%, 4%, 2% e 0%), foram denominadas “amostras estímulo”.

2.2 CONSUMIDORES

Em todos os seis ensaios, 150 consumidores habituais de suco e néctar de uva foram recrutados entre alunos e funcionários da UFV ou UFES e moradores da cidade de Viçosa - MG ou Alegre - ES, Brasil.

Os ensaios UFV-t0, UFV-t1 e UFV-t2 foram realizados pela mesma equipe de consumidores, a qual foi composta por 87 mulheres e 63 homens com idade entre 18 e 52 anos. A maioria (69%) possuía idade entre 20 e 29 anos.

A equipe de consumidores do ensaio UFV-t90 foi composta por 82 mulheres e 68 homens com idade entre 18 e 45 anos. A maior parte dos consumidores (81%) possuía idade entre 20 e 29 anos.

A equipe de consumidores do ensaio UFES, realizado em Alegre, foi composta por 88 mulheres e 62 homens, com idade entre 18 e 43 anos. A maioria (66%) possuía idade entre 20 e 29 anos.

Para avaliar a exatidão da MLH/LAC, 83 mulheres e 67 homens, com idade entre 18 e 52 anos, realizaram o ensaio Exat. A maioria (53%) possuía idade entre 20 e 29 anos.

2.3 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA

As determinações dos LAC, nos ensaios UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2, UFV-t90 e UFES, foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no Capítulo 1. Assim, 150 consumidores realizaram cinco sessões de teste de aceitação do néctar de uva. Em cada sessão foram servidas aos consumidores duas amostras: uma amostra controle (9% de sacarose) e uma amostra estímulo (8%, 6%, 4%, 2% ou sem

sacarose). Os pares de amostras foram apresentados em ordem decrescente de concentração de sacarose entre as sessões, e a posição da amostra estímulo, dentro de cada par, foi aleatorizada.

Foi solicitado que os consumidores provassem as amostras da esquerda para direita e respondessem, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”), as respostas que melhor refletissem seus julgamentos. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos.

Para análise estatística dos dados e determinação do LAC, para cada sessão, foi realizado o teste t para amostras pareadas comparando as notas hedônicas da amostra controle (NHAC) com as notas hedônicas da amostra estímulo (NHAE) (diferença: NHAC - NHAE). Com os valores t obtidos, foi elaborado um gráfico do valor t de cada sessão (eixo y) em função da concentração de sacarose das amostras estímulo (eixo x). A região em que começa a ocorrer diferença significativa entre as amostras quanto à aceitação foi representada no gráfico por uma linha tracejada, referente ao valor t tabelado, ao nível de 5% de significância. Para determinar o LAC, foi ajustado um modelo de regressão. A seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados foi realizada avaliando a significância dos parâmetros da regressão e o coeficiente de determinação R^2 ($SQ_{regressão}/SQ_{total}$).

Por meio da equação do modelo o LAC foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual o valor t calculado passou a ser igual ao valor t tabelado ($p = 0,05$), ou seja, foi o ponto a partir do qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

Os testes estatísticos foram realizados utilizando o software SAS® (Statistical Analysis System – SAS), versão 9.3, licenciado para a UFV.

2.4 MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO

Os índices utilizados para avaliar o desempenho analítico e validar a MLH/LAC foram precisão, exatidão e robustez.

2.4.1 Precisão

A precisão representa a dispersão de resultados entre ensaios independentes repetidos de uma mesma amostra ou amostras semelhantes, sob condições definidas. A precisão em validação de métodos é considerada em três níveis diferentes: repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade (ICH, 1995; ISO, 2002; INMETRO, 2010).

2.4.1.1 Repetibilidade

A repetibilidade é a concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo método, efetuadas sob as mesmas condições de medição. Para mensurar a repetibilidade de um método as medições devem ser realizadas sob as mesmas condições, no mesmo laboratório, com o mesmo procedimento, pelo mesmo pesquisador, com os mesmos avaliadores e as repetições devem ser realizadas em um curto intervalo de tempo (ICH, 1995; ISO, 2002; INMETRO, 2010; Ribani et al., 2004).

Para investigar a repetibilidade, a mesma equipe de 150 consumidores realizaram três repetições das avaliações (UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2), com intervalo de tempo de um dia (t0, t1 e t2). Os ensaios foram realizados no mesmo laboratório da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa – MG, com os mesmos analistas, consumidores e amostras.

2.4.1.2 Precisão intermediária

A precisão intermediária é referente ao efeito de variações dentro do laboratório, devido aos eventos como diferentes intervalos de tempo entre as medições, pesquisadores, instrumento de medida (avaliadores) ou uma combinação destes fatores (ISO, 1994).

Para avaliar a precisão intermediária da MLH/LAC, compararam-se os resultados do ensaio UFV-t0 com os resultados de um novo ensaio realizado em Viçosa – MG após 90 dias (UFV-t90). Os dois ensaios diferiram quanto ao período de tempo em que foram realizados (90 dias de diferença – t90), à equipe de consumidores e ao lote da amostra de suco de uva.

2.4.1.3 Reprodutibilidade

A reprodutibilidade representa o grau de concordância entre os resultados das medições de uma mesma amostra em condições externas variadas, como diferentes laboratórios e avaliadores, ou seja, a reprodutibilidade indica a precisão interlaboratorial (ICH, 1995; ISO, 2002; INMETRO, 2010). A fim de avaliar a reprodutibilidade da MLH/LAC compararam-se os resultados do ensaio UFV-t0 com os do ensaio UFES. No ensaio UFES, uma nova equipe de consumidores realizou os testes em Alegre – ES, no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santos (UFES).

2.4.1.4 Critérios para avaliação da precisão

Para avaliar a repetibilidade, a precisão intermediária e a reprodutibilidade da MLH/LAC foram realizadas as seguintes análises:

(i) *Semelhança dos modelos de regressão*: foi verificada pela sobreposição dos intervalos de confiança dos parâmetros da regressão dos modelos ajustados aos valores t calculados nos diferentes ensaios, considerando o nível de 95% de confiança (Schenker e Gentleman, 2001; Van Belle, 2008; Silva et al., 2014b).

(ii) *Significância na ANOVA*: para cada sessão, foi realizada análise de variância (ANOVA) para verificar se ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$), entre as avaliações dos consumidores (efeito das repetições), nas diferenças entre as notas hedônicas das amostras (NHAC - NHAE). O modelo matemático que representa a análise está apresentado na Eq. (2.1). A hipótese de nulidade de variabilidade zero foi testada entre as repetições das avaliações ($H_0: \sigma_R^2 = 0$).

$$Y_{ij} = m + R_i + C_j + e_{ij} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

Y_{ij} – diferença entre notas hedônicas da repetição i atribuída pelo consumidor j;

m - constante inerente ao modelo ou à média geral;

R_i – efeito aleatório da repetição i;

C_j – efeito aleatório do consumidor j;

e_{ij} – erro aleatório, pressuposto NID ($0, \sigma^2$).

Quando necessário foi realizado teste de Tukey a 5% de significância. Uma vez verificada igualdade estatística ($p > 0,05$) nas análises, o método foi considerado preciso.

(iii) *Semelhança na configuração espacial*: para cada ensaio foi obtida uma configuração espacial das diferenças entre as notas hedônicas das amostras de cada sessão, por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). A semelhança das configurações espaciais foi avaliada por meio da Análise de Procrustes Generalizada (APG), obtendo-se o coeficiente de correlação multivariada RV (Robert e Escoufier, 1976). Esse coeficiente mede a concordância entre duas ou mais configurações espaciais e varia de 0 (discordância total entre as configurações) a 1 (concordância perfeita). A metodologia foi considerada precisa ao verificar coeficientes RV superiores a 0,90 (Silva et al., 2014a).

2.4.2 Exatidão

A exatidão mede o grau de concordância entre o resultado do teste e o valor de referência, tido como real (ISO, 2002).

Na MLH/LAC foi calculada a concentração de sacarose em que começa a ocorrer diferença significativa, quanto à aceitação, entre o néctar de uva com redução de sacarose e o néctar de uva controle, ao nível de 5% de significância. Desta forma, idealmente, ao comparar estatisticamente a nota hedônica do néctar de uva com concentração de sacarose referente ao LAC (amostra LAC) com a nota hedônica do néctar de uva controle, o nível de significância (p-valor) desta comparação deve ser igual a 0,05 (valor α assumido no teste estatístico). Uma forma de mensurar a exatidão da metodologia seria verificar o quão próximo o nível de significância (p-valor) obtido ao realizar essa comparação encontra-se do valor alfa (0,05 ou 5%).

Para tanto, realizou-se o ensaio Exat (Tabela 2.1), no qual 150 consumidores avaliaram a aceitação da amostra controle e de uma amostra de néctar de uva com a concentração de sacarose referente ao LAC (amostra LAC) calculado no ensaio UFV-t0. As amostras foram apresentadas simultaneamente e em posição balanceada. Os consumidores indicaram na escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”) as respostas que melhor refletiram seus julgamentos.

Por meio do p-valor obtido na comparação estatística das amostras, pretendeu-se verificar se ocorreu diferença significativa, quanto à aceitação, entre a amostra controle e a amostra LAC. Quanto mais próximo o p-valor estivesse de 0,05, maior a exatidão da metodologia.

2.4.3 Robustez

A robustez de um método mede a capacidade dos resultados em permanecerem inalterados mesmo quando esse é submetido a pequenas variações (meio ambiente, protocolo, laboratório, equipamento, pessoal, entre outros) (ISO/IEC, 1999). Para avaliação da robustez da MLH/LAC foi utilizado o método “Leave Consumers Out” utilizado por Boutrolle et al. (2005) e por Silva et al. (2014a). Neste método, a variação da metodologia é a remoção aleatória de avaliadores a partir do conjunto de dados original.

Inicialmente, o LAC foi determinado para concentração de sacarose em néctar de uva, utilizando uma equipe com 150 consumidores (UFV-t0). A avaliação do efeito do tamanho da equipe de consumidores na variabilidade experimental obtida na MLH/LAC foi realizada por meio de simulação. Para tanto, foram simulados 10.000 subgrupos para cada remoção de k número de consumidores, por meio da reamostragem com reposição, k = 10, 20,..., 140 de 10 em 10 consumidores. As simulações foram realizadas por meio de programações desenvolvidas no software R (R Core Team, 2005).

Para cada sessão de aceitação, a variabilidade do erro experimental e a diferença observada nas notas hedônicas (NHAC – NHAE) obtidas pelas equipes reduzidas foram comparadas com as da equipe original, a fim de avaliar a robustez do método.

A estimativa da variabilidade aleatória experimental ($\hat{\sigma}_e^2$) foi obtida por meio da estimativa do erro experimental (QMR - Quadrado Médio do Resíduo) na ANOVA, considerando duas fontes de variação (amostra e consumidor). Para cada sessão, com os resultados do QMR da equipe original foi calculado um intervalo de confiança com 90% de confiança (IC_{90%}). O intervalo de confiança foi obtido considerando a distribuição qui-quadrado (χ^2), como recomendado para componentes de variância. Foi avaliada a estabilidade do QMR dos 10.000 subgrupos das equipes reduzidas dentro do IC_{90%}. O critério de avaliação utilizado foi que no mínimo 90% dos subgrupos deveriam ter QMR dentro do IC_{90%}. Assim, pretendeu-se verificar se a

variabilidade dos resultados permanece inalterada ao reduzir o número de consumidores da equipe original.

O mesmo foi realizado para a diferença média observada entre as notas hedônicas de cada sessão (NHAC – NHAE), visando verificar se as diferenças permaneciam inalteradas com a redução do número de consumidores da equipe. O número de consumidores que foi possível reduzir da equipe original atendendo o critério de avaliação deu um indicativo da robustez da metodologia, isto é, quanto menor o tamanho da equipe de consumidores atendendo o critério, maior a robustez da MLH/LAC.

3. RESULTADOS

3.1 LIMIAR DE ACEITAÇÃO COMPROMETIDA

Na Figura 2.1 estão apresentados os valores t calculados para cada sessão (eixo y) em função da concentração de sacarose das amostras estímulo (eixo x), considerando os cinco ensaios (UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2, UFV-t90 e UFES). Para o número de 150 consumidores e nível de significância de 5%, o critério de significância, ou seja, o valor t tabelado é igual a 1,9760. Esse valor está representado pela linha tracejada nos gráficos. Valores t calculados iguais ou superiores a esse tabelado demonstram que as amostras avaliadas possuem diferença significativa quanto à aceitação.

Em todos os ensaios, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear, possuindo parâmetros da regressão significativos ($p < 0,05$) e coeficientes de determinação superiores a 0,97 (Tabela 2.2).

Substituindo, na equação da reta do ensaio UFV-t0 (Tabela 2.2), o valor de y por 1,976, encontrou-se o LAC de 6,91%, ou seja, a aceitação sensorial do néctar de uva passa a ser comprometida ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% para 6,91%. De forma similar foram calculados os LAC's dos demais experimentos. Os limiares de aceitação comprometida calculados possuíram valores próximos, variando de 6,87% (UFES) a 7,19% (UFV-t1).

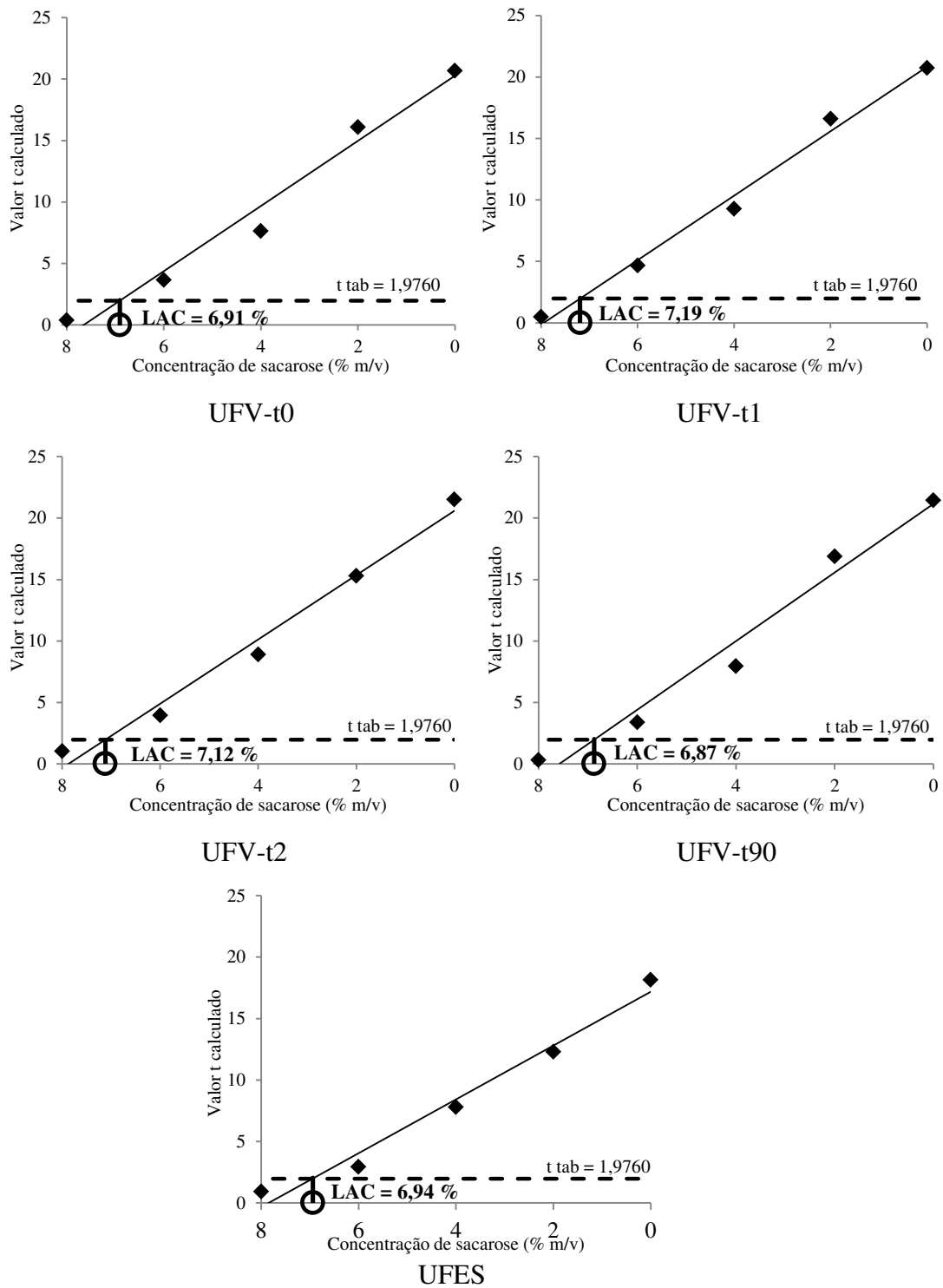


Figura 2.1 - Valores t calculados em função das concentrações de sacarose das amostras estímulo.

A linha tracejada representa o valor t tabelado a 5% de significância para 149 graus de liberdade ($t = 1,976$). UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Tabela 2.2 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação

| Ensaio | Modelo | r ² |
|---------|-------------------------|----------------|
| UFV-t0 | $Y = -2,6516X + 20,291$ | 0,9732 |
| UFV-t1 | $Y = -2,6233X + 20,844$ | 0,9900 |
| UFV-t2 | $Y = -2,6167X + 20,603$ | 0,9815 |
| UFV-t90 | $Y = -2,7902X + 21,153$ | 0,9711 |
| UFES | $Y = -2,1899X + 17,175$ | 0,9775 |

Y = valor t calculado; X = concentração de sacarose (% m/v); r² = coeficiente de determinação; UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

3.2 PRECISÃO

A precisão da MLH/LAC foi avaliada por meio de análise da sobreposição dos IC dos parâmetros da regressão dos modelos ajustados aos valores t calculados, de análise de variância (ANOVA) e do coeficiente RV.

Ocorreu sobreposição dos IC dos parâmetros da regressão, com 95% de confiança, nos cinco ensaios, demonstrando a elevada proximidade entre os modelos lineares dos ensaios utilizados para determinar o LAC (Figura 2.2).

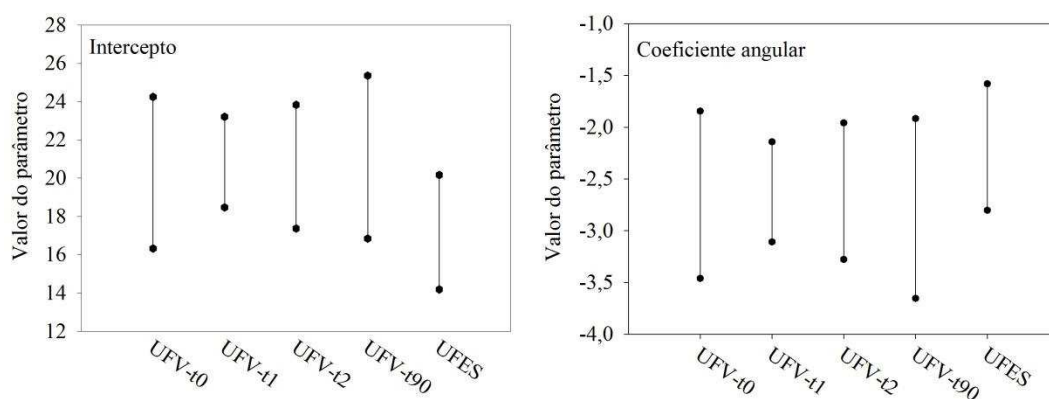


Figura 2.2 - Intervalos de confiança dos parâmetros dos modelos lineares dos ensaios.

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Na ANOVA, Tabela 2.3, realizada considerando as diferenças entre as notas hedônicas das amostras de cada sessão (NHAC – NHAE), verificou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da repetição apenas na sessão 5 (comparação entre amostra

controle e amostra estímulo sem adição de sacarose), quando avaliada a repetibilidade (UFV-t0, UFV-t1 e UFV-t2). Por meio de teste de Tukey, verificou-se diferença estatística nas diferenças dos ensaios UFV-t0 e UFV-t2 ($p < 0,05$).

Já na avaliação da reprodutibilidade (UFV-t0/UFES), verificou-se efeito significativo da repetição ($p < 0,05$) quando comparadas as diferenças das notas hedônicas (NHAC-NHAE) da sessão 4, na qual se avaliou a amostra controle e a amostra contendo 2% de sacarose.

Tabela 2.3 - Resumo da ANOVA, diferença das notas hedônicas médias e Teste de Tukey

| Sessão | QMrep ^A | QMres ^B | p-valor | Diferença das notas hedônicas médias | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------------------------|----------|--------|---------|--------|
| | | | | UFV-t0 | UFV-t1 | UFV-t2 | UFV-t90 | UFES |
| Repetibilidade | | | | | | | | |
| 1 ^a (9% - 8%) | 0,19 | 2,19 | 0,9183 | 0,05 a ^C | 0,06 a | 0,11 a | | |
| 2 ^a (9% - 6%) | 0,72 | 2,51 | 0,7506 | 0,49 a | 0,61 a | 0,61 a | | |
| 3 ^a (9% - 4%) | 9,31 | 3,21 | 0,0564 | 1,27 a | 1,77 a | 1,58 a | | |
| 4 ^a (9% - 2%) | 4,93 | 2,53 | 0,1448 | 2,86 a | 3,21 a | 3,11 a | | |
| 5 ^a (9% - 0%) | 8,76 | 2,44 | 0,0289 | 3,93 a | 3,98 a b | 4,37 b | | |
| Precisão intermediária | | | | | | | | |
| 1 ^a (9% - 8%) | 0,01 | 1,96 | 0,9390 | 0,05 a | | | 0,03 a | |
| 2 ^a (9% - 6%) | 0,08 | 2,07 | 0,8412 | 0,49 a | | | 0,46 a | |
| 3 ^a (9% - 4%) | 0,03 | 3,75 | 0,9288 | 1,27 a | | | 1,29 a | |
| 4 ^a (9% - 2%) | 1,75 | 5,12 | 0,7026 | 2,86 a | | | 2,96 a | |
| 5 ^a (9% - 0%) | 0,12 | 5,67 | 0,8845 | 3,93 a | | | 3,89 a | |
| Reprodutibilidade | | | | | | | | |
| 1 ^a (9% - 8%) | 0,40 | 2,36 | 0,6797 | 0,05 a | | | | 0,12 a |
| 2 ^a (9% - 6%) | 1,08 | 2,45 | 0,5077 | 0,49 a | | | | 0,37 a |
| 3 ^a (9% - 4%) | 0,33 | 3,83 | 0,7688 | 1,27 a | | | | 1,21 a |
| 4 ^a (9% - 2%) | 20,80 | 4,94 | 0,0419 | 2,86 a | | | | 2,33 b |
| 5 ^a (9% - 0%) | 14,96 | 5,71 | 0,1076 | 3,93 a | | | | 3,49 a |

^A Quadrado médio da repetição; ^B Quadrado médio do resíduo; ^C Pares de médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo Teste de Tukey; UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Por meio da ACP, verificou-se que as configurações espaciais das diferenças entre notas hedônicas geradas nos cinco ensaios apresentaram elevada proximidade (Figura 2.3).

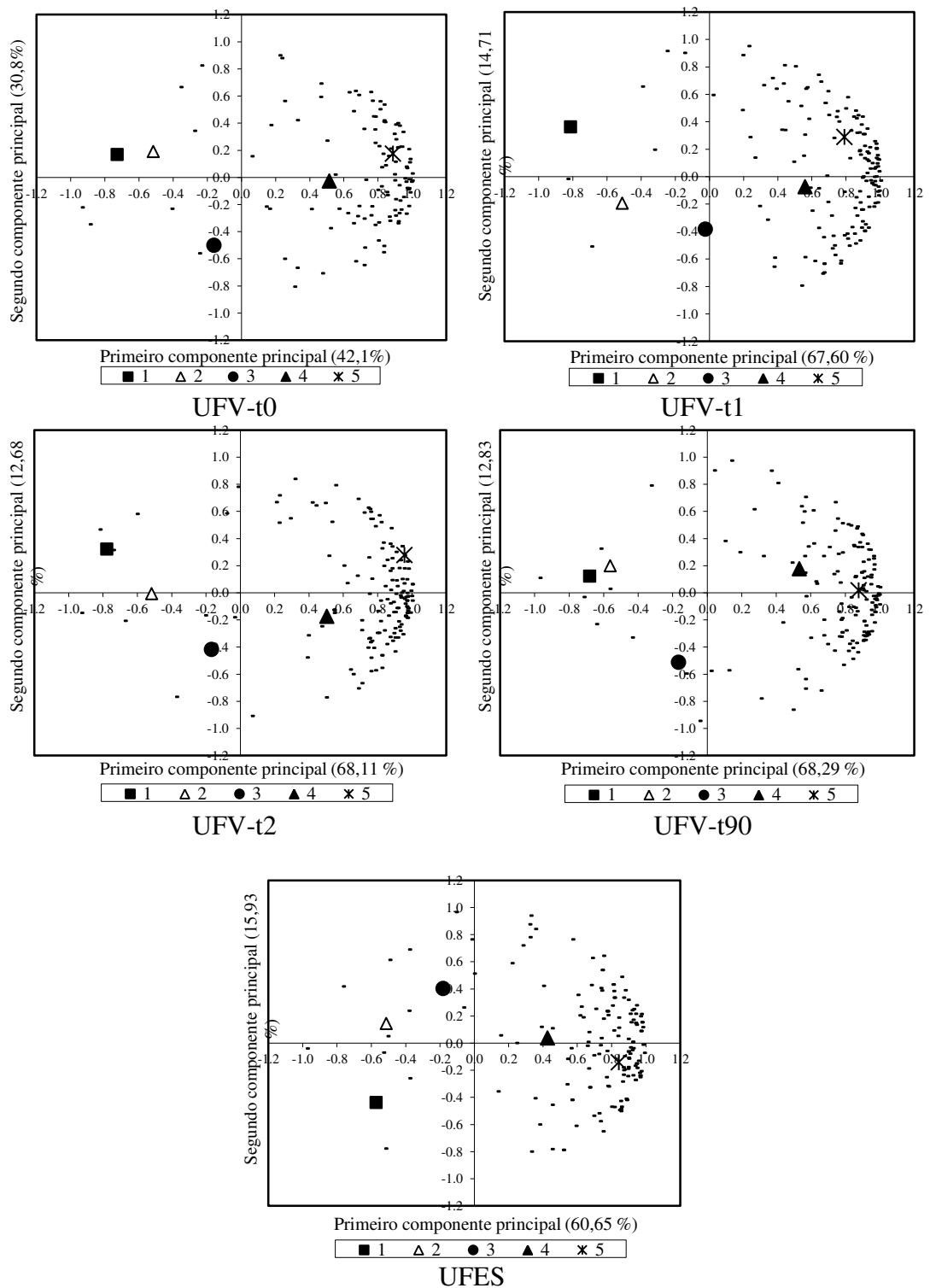


Figura 2.3 – Representação gráfica da análise de componentes principais das diferenças das notas hedônicas (controle – estímulo).

1 = 1ª sessão (9% - 8%); 2 = 2ª sessão (9% - 6%); 3 = 3ª sessão (9% - 4%); 4 = 4ª sessão (9% - 2%); 5 = 5ª sessão (9% - 0%); UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Em todos os ensaios o primeiro e o segundo componentes principais explicaram mais de 72% da variação dos resultados, possibilitando a avaliação em apenas duas dimensões (Figura 2.3).

Na configuração espacial das diferenças entre as notas hedônicas, a maior concentração de pontos próximos de uma sessão indica que ocorreu maior diferença entre notas hedônicas da amostra controle e da amostra estímulo desta sessão. Os resultados sugerem que na 5ª sessão (9% - 0%) ocorreu maior diferença entre notas hedônicas, e na 1ª sessão (9% - 8%) ocorreu menor diferença entre as notas hedônicas. Esta ordem foi semelhante em todos os ensaios (Figura 2.3).

Os coeficientes RV obtidos nas comparações pareadas dos cinco ensaios foram superiores a 0,98, o que evidencia as elevadas repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade das medições dos Limiares de Aceitação Comprometida (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Coeficiente de correlação multivariada RV

| Comparação | Índice analítico | Coeficiente RV ^A |
|----------------|------------------------|-----------------------------|
| UFV-t0/UFV-t1 | Repetibilidade | 0,9846 |
| UFV-t0/UFV-t2 | Repetibilidade | 0,9983 |
| UFV-t1/UFV-t2 | Repetibilidade | 0,9835 |
| UFV-t0/UFV-t90 | Precisão intermediária | 0,9858 |
| UFV-t0/UFES | Reprodutibilidade | 0,9975 |

^ACoeficientes RV da diferença entre as notas hedônicas de cada sessão; Ufv-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; Ufv-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; Ufv-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; Ufv-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

3.3 EXATIDÃO

Ao comparar as notas hedônicas da amostra controle (9% de sacarose) com as da amostra LAC (6,91% de sacarose), verificou-se um p-valor igual a 0,0881 (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Resultados do teste t para notas hedônicas da amostra controle e da amostra LAC

| Concentração de sacarose | Nota hedônica média | Variância | p-valor |
|--------------------------|---------------------|-----------|---------|
| 9% (m/v) | 7,35 | 1,40 | 0,0881 |
| 6,91% (m/v) | 7,13 | 1,82 | |

3.4 ROBUSTEZ

Para todas as sessões de teste de aceitação, mesmo ao reduzir 70 consumidores da equipe original, mais de 90% dos subgrupos das equipes reduzidas ainda possuíam diferença das notas hedônicas médias e quadrado médio do resíduo dentro do IC_{90%} da equipe original (Tabelas 2.6 e 2.7).

4. DISCUSSÃO

Os critérios de validação precisão, exatidão e robustez da MLH/LAC foram avaliados, sendo atendidos os requisitos pré-estabelecidos.

Na avaliação da precisão, verificou-se que os LAC dos cinco ensaios encontraram-se bem próximos numericamente, variando de 6,87% a 7,19%. Verificou-se também que ocorreu sobreposição dos IC dos parâmetros da regressão. Por outro lado, por meio da ANOVA, constatou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da repetição apenas em uma sessão, quando consideradas as três avaliações consecutivas em um mesmo laboratório (repetibilidade) e as avaliações realizadas em laboratórios diferentes (reprodutibilidade), Tabela 2.3.

Considerando a avaliação da repetibilidade, verificou-se maior diferença entre notas hedônicas (NHAC – NHAEC) no ensaio UFV-t2 do que no ensaio UFV-t0, demonstrando que os consumidores se tornaram mais rigorosos na terceira repetição, atribuindo uma maior amplitude entre as notas hedônicas da amostra controle e da amostra sem adição de sacarose, em comparação à primeira repetição.

Uma explicação para esse maior rigor dos consumidores no ensaio UFV-t2 pode ser a experiência prévia adquirida ao realizar o ensaio UFV-t0. Realizando a primeira repetição, os consumidores passaram a conhecer as amostras e a identificar o estímulo que está tendo sua intensidade variada, ou seja, passaram a reconhecer que está sendo reduzido o teor de sacarose das amostras entre as sessões. Assim, os consumidores podem ter ficado mais atentos e rigorosos quanto à redução de sacarose, resultando em notas hedônicas mais baixas para as amostras com menores concentrações de sacarose e, conseqüentemente, na maior diferença entre notas hedônicas no ensaio UFV-t2 do que no ensaio UFV-t0, como verificado no teste de Tukey realizado para as notas obtidas na sessão 5. O efeito da experiência prévia dos

Tabela 2.6 - Porcentagem de subgrupos das equipes reduzidas com quadrado médio do resíduo dentro do intervalo de confiança

| | Limites do IC ^a | | k número de consumidores | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----------|--------------------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Superior | Inferior | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| | Sessão 1 (9% - 8%) | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) ^b | 1,993 | 1,360 | 32,0 | 48,2 | 60,4 | 69,8 | 77,3 | 83,9 | 88,8 | 93,2 | 96,1 | 97,6 | 99,1 | 99,5 | 99,9 | 100,0 |
| Sessão 2 (9% - 6%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3,202 | 2,185 | 29,7 | 43,8 | 56,1 | 64,2 | 73,6 | 80,5 | 86,1 | 90,7 | 94,8 | 96,9 | 98,5 | 99,3 | 99,8 | 100,0 |
| Sessão 3 (9% - 4%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3,805 | 2,596 | 39,1 | 58,6 | 70,0 | 80,3 | 86,9 | 91,8 | 95,0 | 97,2 | 98,6 | 99,4 | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 4 (9% - 2%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3,573 | 2,438 | 43,0 | 61,4 | 73,4 | 82,5 | 89,0 | 92,9 | 96,3 | 98,2 | 99,0 | 99,7 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 5 (9% - 0%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3,698 | 2,524 | 42,3 | 60,6 | 73,5 | 82,5 | 88,7 | 92,9 | 95,8 | 98,1 | 98,9 | 99,7 | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |

^a Limites do intervalo de confiança (IC) da diferença média da equipe original; ^b Porcentagem de subgrupos com diferenças médias dentro do intervalo de confiança. Valores em negrito indicam que a equipe reduzida atendeu o critério de avaliação da robustez para a determinada sessão.

Tabela 2.7 - Porcentagem de subgrupos das equipes reduzidas com diferença média dentro do intervalo de confiança

| | Limites do IC ^a | | k número de consumidores | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Superior | Inferior | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Sessão 1 (9% - 8%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) ^b | 0.256 | -0.163 | 32,7 | 51,8 | 56,0 | 68,7 | 75,7 | 82,5 | 87,3 | 92,9 | 95,9 | 98,0 | 99,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 2 (9% - 6%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 0.716 | 0.270 | 36,9 | 49,1 | 57,6 | 68,5 | 74,6 | 80,9 | 88,6 | 92,5 | 96,0 | 97,9 | 99,5 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 3 (9% - 4%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 1.549 | 0.997 | 37,1 | 47,9 | 61,7 | 68,0 | 76,7 | 81,7 | 88,3 | 92,2 | 96,3 | 98,3 | 99,5 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 4 (9% - 2%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3.154 | 2.566 | 35,4 | 49,2 | 60,7 | 68,2 | 75,5 | 83,1 | 88,0 | 92,8 | 95,8 | 98,5 | 99,4 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Sessão 5 (9% - 0%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 4.248 | 3.618 | 32,5 | 46,1 | 59,6 | 67,8 | 76,2 | 82,6 | 87,7 | 91,8 | 95,8 | 98,3 | 99,4 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |

^a Limites do intervalo de confiança (IC) da diferença média da equipe original; ^b Porcentagem de subgrupos com diferenças médias dentro do intervalo de confiança. Valores em negrito indicam que a equipe reduzida atendeu o critério de avaliação da robustez para a determinada sessão.

avaliadores nos resultados de análises sensoriais já foi documentado por alguns autores (Colyar et al., 2009; Silva et al., 2013).

A proximidade das configurações espaciais das diferenças entre notas hedônicas, geradas nos cinco ensaios realizados para mensurar a precisão, e os coeficientes RV superiores a 0,98 demonstram que, por meio da MLH/LAC, os consumidores avaliaram as amostras de forma semelhante nas diferentes repetições das avaliações e nos diferentes laboratórios, evidenciando, assim, a elevada repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade das medições dos LAC.

Dessa forma, na avaliação da precisão da MLH/LAC, em seus três níveis (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), constatou-se nível de precisão bastante satisfatório.

Silva et al. (2014a) constataram que a metodologia Perfil Descritivo Otimizado (PDO) também possuiu níveis de precisão satisfatórios, ao verificar efeito da repetição nos resultados de apenas alguns atributos sensoriais e coeficientes RV elevados (superiores a 0,99).

Os coeficientes RV obtidos aos avaliar a repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade da MLH/LAC foram semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2014a) e superiores aos coeficientes RV encontrados por Blancher et al. (2007), Dehlholm et al. (2012) e Lown et al. (2013), ao avaliar a precisão de diferentes metodologias sensoriais.

Para determinar o LAC foi utilizado o nível de significância de 5%. Dessa forma, ao comparar a nota hedônica da amostra controle com a nota hedônica da amostra LAC, determinado no ensaio UFV-t0, quanto mais próximo o p-valor obtido estivesse de 0,05, maior seria a exatidão da metodologia. Ao realizar esta comparação na avaliação da exatidão da MLH/LAC, encontrou-se o p-valor de 0,0881, evidenciando o grau de exatidão desta metodologia.

Um fator que pode ter contribuído para esse resultado é a ocorrência do erro de expectativa. O erro de expectativa ocorre em análises com protocolo de apresentação das amostras em ordem crescente ou decrescente de intensidade do estímulo, como nos métodos de determinação de limiares (Meilgaard, Civille & Carr, 2006). Com a apresentação das amostras em ordem decrescente de concentração de sacarose no protocolo da MLH, no ensaio UFV-t0, os consumidores passaram a reconhecer o estímulo que estava tendo sua intensidade variada e se tornaram mais críticos na avaliação das amostras subsequentes, atribuindo menores notas hedônicas

para as amostras com menor concentração de sacarose. No ensaio realizado para mensurar a exatidão (ensaio “Exat”) foram apresentadas apenas duas amostras. Dessa forma, não ocorreu efeito do erro de expectativa e a avaliação dos consumidores tendeu a ser menos rigorosa. Assim, a obtenção de um p-valor superior a 0,05 no ensaio “Exat” era esperada.

Uma forma de minimizar o efeito do erro de expectativa seria, em vez de utilizar o protocolo de apresentação das amostras em ordem crescente ou decrescente de intensidade de estímulo, servir as amostras de forma casualizada. No entanto, esse protocolo descaracterizaria vários métodos de determinação de limiares (ASTM E679, 2004; ASTM E1432, 2004; Prescott et al., 2005; Lawless & Heymann, 2010). Além disso, o maior rigor da avaliação dos consumidores devido ao erro de expectativa pode ser desejável, tendo em vista que a obtenção de uma estimativa um pouco conservadora, como a observada, serviria como uma faixa de segurança para as indústrias ao determinar a redução de sacarose aplicada.

Assim como o observado para o LAC no presente estudo, Prescott et al. (2005) também constatou que o LRC é uma estimativa um pouco conservadora.

Ao avaliar a robustez da MLH/LAC foi verificado que, mesmo ao reduzir a equipe original de 150 consumidores para uma equipe de 80 consumidores, mais de 90% dos subgrupos da equipe reduzida ainda possuíam, para todas as sessões, diferença média das notas hedônicas dentro do IC_{90%} da equipe original. Além disso, foi verificado que a variabilidade dos resultados, estimada pelo Quadrado Médio do Resíduo (QMR) na ANOVA, foi pouco alterada com a redução do painel para 80 consumidores, uma vez que 90% dos subgrupos da equipe reduzida ainda possuíam, para todas as sessões, QMR dentro do IC_{90%} da equipe original. Assim, constatou-se que a MLH/LAC foi capaz de gerar resultados pouco alterados, mesmo quando submetida a grandes variações no número de consumidores do painel, sendo, portanto, robusta.

O grande diferencial entre a validação de métodos sensoriais e a validação de métodos analíticos instrumentais é o instrumento de medida. Enquanto nos métodos instrumentais geralmente se utilizam equipamentos que fornecem resultados precisos sem interferência de fatores muito complexos, nos métodos sensoriais afetivos o instrumento de medida são seres humanos, consumidores que possuem diferentes perfis de aceitação e cujas avaliações são influenciadas por fatores psicológicos,

fisiológicos, sociais, culturais, dentre outros. Apesar desses fatores, os resultados da MLH/LAC atenderam com respaldo os critérios dos índices analíticos avaliados.

5. CONCLUSÃO

Foi verificado que os resultados obtidos com a MLH/LAC atenderam todos os critérios dos índices analíticos avaliados. Dessa forma, conclui-se que a MLH/LAC possui níveis de precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), exatidão e robustez bastante satisfatórios, fornecendo, portanto, resultados confiáveis. Sendo assim, esta metodologia pode ser aplicada indubitavelmente para o fim pretendido.

REFERÊNCIAS

ASTM E1432. (2004). Standard practice for defining and calculating individual and group sensory thresholds from forced-choice data sets of intermediate size. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 8p.

ASTM E679. (2004). Standard practice for determination of odour and taste thresholds by a forced-choice ascending concentration series Method of Limits. *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 7p.

Blancher, G., Chollet, S., Kesteloot, R., Nguyen Hoang, D., Cuvelier, G., & Sieffermann, J. M. (2007). French and Vietnamese: How do they describe texture characteristics of the same food? A case study with jellies. *Food Quality and Preference*, 18, 560–575.

Boutrolle, I., Arranz, D., Rogeaux, M., & Delarue, J. (2005). Comparing central location test and home use test results: Application of a new criterion. *Food Quality and Preference*, 16(8), 704–713.

Colyar, J. M., Eggett, D. L., Steele, F. M., Dunn, M. L., & Ogden L. V. (2009). Sensitivity comparison of sequential monadic and side-by-side presentation protocols in affective consumer testing. *Journal of Food Science*, 74(7), 322-327.

Dehlholm, C., Brockhoff, P.B., Meinert, L., Aaslyng, M.D., & Bredie, W.L.P. (2012). Rapid descriptive sensory methods — Comparison of free multiple sorting, partial napping, napping, flash profiling and conventional profiling. *Food Quality and Preference*, 26, 267–277

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). (2010). *Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos*. DOQ-CGCRE-008, revisão 3.

International Conference on Harmonisation (ICH). (1995). *Validation of analytical procedures: Methodology*. Q2B (CPMP/ICH/281/95).

- International Organization for Standardization (ISO). (1994). *ISO 5725-3: Accuracy (trueness and precision) of Measurement Methods and Results - Part 3: Intermediate Measures of Precision of a Standard Measurement Method*, p. 25.
- International Organization for Standardization (ISO). (2002). *ISO/DTS 21748: Guide for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation*. ISO/TC 69/SC 6, p. 25.
- International Standard Organization. (1999). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. ISO/IEC 17025, 1999.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2^a ed. New York: Springer, 596p.
- Léon, F., Couronne, T., Marcuz, M.C., & Koster, E.P. (1999). Measuring food liking in children: a comparison of non verbal methods. *Food Quality and Preference*, 10(2), 93-100.
- Lima Filho, T., Minim, V. P. R., Silva, R. C. S. N., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2015). Preferência de consumidores por néctares de uva com diferentes concentrações de sacarose. *Higiene Alimentar*, 29(242/243), 1234-1237.
- Louw, L., Malherbe, S., Naes, T., Lambrechts, M., Van Rensburg, P., & Nieuwoudt, H. (2013). Validation of two Napping® techniques as rapid sensory screening tools for high alcohol products. *Food Quality and Preference*, 30, 192–201.
- McBride. R. L. (1986). Hedonic rating of food: single or side-by-side sample presentation? *Journal of Food Technology*, 21(3), 55–63.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2006). *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 448p.
- Prescott, J., Norris, L., Kunst, M., & Kim, S. (2005). Estimating a consumer rejection threshold for cork taint in white wine. *Food Quality and Preference*, 16(1), 345-349.
- R Development Core Team (2005). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acessado em: 5 mar. 2014.
- Ribani, M., Bottoli, C. B. G., Collins, C. H., Jardim, I. C. S. F., & Melo, L. F. C. (2004). Validação de métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, 27(5), 771-780.
- Robert, P., & Escoufier, Y. (1976). A unifying tool for linear multivariate statistical methods: The ‘RV’ coefficient. *Applied Statistics*, 25(3), 257–265.
- Schenker, N., & Gentleman, J. F. (2001). On judging the significance of differences by examining overlap between confidence intervals. *The American Statistician*, 55, 182–186.
- Silva, A. N., Silva, R. C. S. N., Ferreira, M. A. M., Minim, V. P. R., Costa, T. M. T., & Perez, R. (2013). Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. *Food Quality and Preference*, 30(1), 9-21.
- Silva, R. C. S. N., Minim, V. P. R. M., Silva, A. N., Gonçalves, A. C. A., Carneiro, J. D. S., Gomide, A. I., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2014a). Validation of

Optimized Descriptive Profile (ODP) technique: Accuracy, precision and robustness. *Food Research International*, 66, 445-453.

Silva, R. C. S. N., Minim, V. P. R., Silva, A. N., Simiqueli, A. A., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2014b). Balanced incomplete block design: an alternative for data collection in the optimized descriptive profile. *Food Research International*, 64, 289-297.

Van Belle, G. (2008). *Statistical rules of thumb*. 2th ed. John Wiley and Sons, New York, NY, 304 p.

World Health Organization Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations; Thirty-second report, WHO Technical Report Series, No.823, Geneva, 1992.

CAPÍTULO III

VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DOS LIMIARES HEDÔNICOS NA DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE REJEIÇÃO

Validação da Metodologia dos Limiars Hedônicos na determinação do Limiar de Rejeição

1. INTRODUÇÃO

A Metodologia dos Limiars Hedônicos (MLH) permite determinar dois novos limiars sensoriais: o limiar de aceitação comprometida (LAC) e o limiar de rejeição (LR). O LAC representa a intensidade de um estímulo a partir da qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial do produto e o LR refere-se à intensidade do estímulo em que começa a ocorrer rejeição sensorial do produto. Por ser uma metodologia proposta recentemente, para sua aceitação pela comunidade científica, é necessário demonstrar a sua capacidade de produzir informações confiáveis e interpretáveis para uma determinada aplicação (ISO/IEC, 1999). Para tanto, a metodologia deve passar por uma avaliação denominada validação.

Validação é definida como a confirmação por testes e apresentação de evidências objetivas de que determinados requisitos são preenchidos para um dado uso intencional (ISO/IEC, 1999). Porém, não existe um protocolo específico para validação de metodologias de determinação de limiars sensoriais. Estudos encontrados na literatura, visando à validação de metodologias sensoriais, apenas avaliaram critérios de validação específicos, tais como precisão, exatidão e robustez (Léon et al., 1999; Boutrolle et al., 2005; Louw et al., 2013; Silva et al., 2014a).

No Capítulo 2 foi validada a Metodologia dos Limiars Hedônicos quando utilizada para determinar o limiar de aceitação comprometida (MLH/LAC). No presente estudo pretendeu-se investigar a confiabilidade dos resultados do limiar de rejeição, objetivando-se validar a Metodologia dos Limiars Hedônicos quando utilizada para determinar o limiar de rejeição (MLH/LR). Para tanto, avaliaram-se e mensuraram-se os índices de desempenho analítico de precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), exatidão e robustez.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob o número de parecer 773.185, e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sob o número de parecer 804.070. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Análise Sensorial da UFV e do Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA-UFES), em cabines individuais e sob a luz branca.

Os índices utilizados para avaliar o desempenho analítico e validar a MLH/LR foram: (i) precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), (ii) exatidão e (iii) robustez. As definições destes índices analíticos das normas de validação de métodos químicos (ISO, 1994; ICH, 1995; ISO, 2002) foram adaptadas para métodos sensoriais da seguinte forma:

- i) *Precisão*: é o grau de concordância entre resultados de ensaios independentes, realizados sob condições definidas e utilizando uma mesma amostra ou amostras semelhantes. As três formas mais comuns de expressar a precisão é por meio da repetibilidade, precisão intermediária e da reprodutibilidade.
Repetibilidade: é a proximidade entre os resultados de medições realizadas na mesma amostra, com os mesmos avaliadores, sob as mesmas condições de medição e num curto intervalo de tempo.
Precisão intermediária: é o grau de concordância entre resultados de medições realizadas no mesmo laboratório e sob alguns efeitos de variações, como longo período entre medições, diferentes analistas, diferentes avaliadores ou uma combinação destes fatores.
Reprodutibilidade: é o grau de concordância entre os resultados de medições realizadas em laboratórios diferentes e variando a equipe de avaliadores, isto é, a reprodutibilidade indica a precisão inter-laboratorial.
- ii) *Exatidão*: mede o grau de concordância entre o resultado do teste e o valor de referência, tido como real.
- iii) *Robustez*: mede a capacidade do método em gerar resultados inalterados quando são submetidas pequenas variações nas condições do método, como meio ambiente, protocolo, laboratório, avaliadores, entre outros.

2.1 MATERIAL

A MLH/LR foi aplicada em néctar de uva e o estímulo avaliado foi a concentração de sacarose.

Para o preparo das amostras, suco de uva concentrado sem adição de sacarose, adquirido junto a uma indústria de Minas Gerais – Brasil, foi diluído em água na proporção de um para um. Depois de diluído, o suco foi dividido em seis lotes para adição de sacarose nas concentrações determinadas em estudos anteriores (Capítulo 1) e, posteriormente, armazenado a 8 °C até a análise sensorial.

As concentrações de sacarose selecionadas para a determinação do LR foram: 9% m/v (amostra controle), 8% m/v, 6% m/v, 4% m/v, 2% m/v e 0%. Para melhor redação ao longo do artigo a amostra contendo 9% de sacarose foi denominada “amostra controle” e as demais amostras, cuja concentração de sacarose foi reduzida (8%, 6%, 4%, 2% e 0%), foram denominadas “amostras estímulo”.

2.2 CONSUMIDORES

Todos os testes foram realizados por 150 consumidores habituais de suco e néctar de uva, recrutados entre alunos e funcionários das universidades em que foram realizadas as análises e moradores da cidade na qual se localiza a universidade.

2.3 DETERMINAÇÃO DO LIMIAR DE REJEIÇÃO

A determinação do LR foi realizada de acordo com o procedimento analítico descrito no capítulo 1, o qual é descrito resumidamente a seguir.

Os 150 consumidores realizaram cinco sessões de testes de aceitação. Em cada sessão foram apresentadas, simultaneamente, duas amostras de néctar de uva, uma amostra controle (9% de sacarose) e uma amostra estímulo (8%, 6%, 4%, 2% ou 0%). Os pares de amostras foram apresentados em ordem decrescente de concentração de sacarose entre as sessões, e a posição da amostra estímulo, dentro de cada par, foi aleatorizada.

Os consumidores foram orientados a provar as amostras da esquerda para a direita e responder, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”), as respostas que melhor

refletissem seus julgamentos. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos.

Para determinação do LR, foi elaborado um gráfico das notas hedônicas médias (Y) em função da concentração de sacarose das amostras estímulo (X). A região em que começa a ocorrer rejeição sensorial do produto foi representada no gráfico por uma linha referente à nota hedônica 5 (termo hedônico “indiferente”).

Para determinar a concentração de sacarose na qual começa a ocorrer rejeição sensorial do néctar de uva, foi ajustado um modelo de regressão. Para a seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados, foram avaliados a significância dos parâmetros da regressão e o coeficiente de determinação R^2 ($SQ_{regressão}/SQ_{total}$). Os testes estatísticos foram realizados utilizando o software SAS® (Statistical Analysis System – SAS), versão 9.3, licenciado para a UFV.

Por meio da equação do modelo, o LR foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual a nota hedônica média passa a ser igual a 5, ou seja, foi o ponto a partir do qual ocorre rejeição sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

Após a realização dos testes de aceitação os consumidores responderam a um questionário sociodemográfico e comportamental visando caracterizar as equipes de consumidores (Anexo 1).

2.4 MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO

Para validação da MLH/LR foram realizados sete ensaios, e esses foram codificados (Tabela 3.1). Os ensaios UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2, UFV-t90 e UFES foram realizados para mensurar a precisão, os ensaios Exat1 e Exat2 foram realizados para mensurar a exatidão e a robustez foi avaliada por meio dos resultados do ensaio UFV-t0.

Tabela 3.1 - Codificação, descrição e critérios de validação avaliados em cada ensaio

| Código/Ensaio | Descrição | Critérios de validação avaliados |
|---------------|---|--|
| UFV-t0 | Ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0 | Repetibilidade, precisão intermediária, reprodutibilidade e robustez |
| UFV-t1 | Ensaio realizado na UFV um dia após o UFV-t0 | Repetibilidade |
| UFV-t2 | Ensaio realizado na UFV dois dias após o UFV-t0 | Repetibilidade |
| UFV-t90 | Ensaio realizado na UFV 90 dias após o UFV-t0 | Precisão intermediária |
| UFES | Ensaio realizado na UFES (Alegre) | Reprodutibilidade |
| Exat1 | Ensaio 1 realizado para avaliar a exatidão | Exatidão |
| Exat2 | Ensaio 2 realizado para avaliar a exatidão | Exatidão |

2.4.1 Precisão

A precisão foi avaliada em três níveis: repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade. Os critérios de precisão mensurados com os resultados de cada ensaio estão descritos na Tabela 3.1. Em todos os cinco ensaios para mensurar a precisão foram realizados os procedimentos para determinar o LR, sendo determinados, portanto, cinco valores de LR. As particularidades de cada um desses ensaios estão descritas a seguir.

2.4.1.1 Repetibilidade

Para mensurar a repetibilidade, uma mesma equipe de 150 consumidores realizou três repetições de avaliações das amostras para determinação do LR (UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2), sendo, portanto, calculados três valores de LR. Os ensaios (repetições) foram realizados em intervalo de tempo de um dia (t0, t1 e t2), no Laboratório de Análise Sensorial da UFV, em Viçosa – MG, sob as mesmas condições, com os mesmos analistas, avaliadores e amostras.

2.4.1.2 Precisão intermediária

A precisão intermediária foi mensurada comparando os resultados de um dos ensaios realizados anteriormente UFV-t0 com os resultados de um novo ensaio (UFV-t90), também realizado em Viçosa (UFV). As condições que variaram entre

tais ensaios foram as equipes de consumidores, o período de tempo em que foram realizados (90 dias de diferença – t90) e o lote da amostra de suco de uva concentrado.

2.4.1.3 Reprodutibilidade

A reprodutibilidade foi mensurada comparando os resultados do ensaio UFV-t0 com os resultados de um novo ensaio realizado no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre – ES, e com uma equipe diferente de consumidores (UFES).

2.4.1.4 Critérios para avaliação da precisão

Os graus de repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade dos resultados da MLH/LR foram avaliados por meio da análise dos seguintes critérios:

Overlapping dos IC's - A semelhança dos modelos de regressão ajustados às notas hedônicas médias das amostras estímulo nos diferentes ensaios foi verificada pela sobreposição dos intervalos de confiança dos parâmetros da regressão, com 95% de confiança (Schenker e Gentleman, 2001; Van Belle, 2008; Silva et al., 2014b).

ANOVA/Tukey – Para cada amostra estímulo em estudo foi realizada uma análise de variância (ANOVA) das notas hedônicas. Assim, foi possível verificar se ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$) entre as avaliações dos consumidores (efeito das repetições). O modelo matemático que representa a análise está apresentado na Eq. (3.1). A hipótese de nulidade de variabilidade zero foi testada entre as repetições das avaliações ($H_0: \sigma_R^2 = 0$).

$$Y_{ij} = m + R_i + C_j + e_{ij} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Y_{ij} – nota hedônica da repetição i atribuída pelo consumidor j ;

m - constante inerente ao modelo ou à média geral;

R_i – efeito aleatório da repetição i ;

C_j – efeito aleatório do consumidor j ;

e_{ij} – erro aleatório, pressuposto NID ($0, \sigma^2$).

Quando necessário foi realizado teste de Tukey a 5% de significância. Uma vez verificada igualdade estatística ($p > 0,05$) nas análises, o método foi considerado preciso. Nos casos em que ocorreu efeito da repetição, a fim de melhor elucidar esse

efeito, foram elaborados gráficos de distribuição de frequência das amostras estímulo.

Coefficiente RV - Foi avaliada a proximidade dos mapas de preferência internos dos ensaios. Para tanto, foi obtida uma configuração espacial das amostras por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) para cada ensaio, considerando as notas hedônicas das amostras estímulo. A semelhança das configurações espaciais foi avaliada por meio da Análise de Procrustes Generalizada (APG), obtendo-se o coeficiente de correlação multivariada RV (Robert e Escoufier, 1976). A MLH/LR foi considerada precisa ao obter coeficientes RV superiores a 0,90 (Silva et al., 2014a).

2.4.2 Exatidão

O LR representa a intensidade do estímulo em que a amostra passa a ter nota hedônica média igual a 5 (indiferente, início da rejeição sensorial). Dessa forma, quanto mais próximo a nota hedônica média do néctar de uva, com concentração de sacarose referente ao LR, estiver de 5, mais exata é a MLH/LR. A exatidão foi avaliada de duas formas, descritas a seguir:

No primeiro ensaio (Exat1) foi avaliada a exatidão simulando o protocolo de apresentação das amostras da MLH (amostra servida aos pares). Para tanto, 150 consumidores avaliaram a aceitação da amostra controle e de uma amostra contendo concentração de sacarose referente ao LR determinado anteriormente no ensaio UFV-t0 (esta amostra foi denominada “amostra LR”). As amostras foram apresentadas ao mesmo tempo e em posição aleatória. Os consumidores foram orientados a provarem as amostras da esquerda para a direita e responderem, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”), as respostas que melhor refletiram seus julgamentos.

Para comparação dos dados, outro ensaio foi realizado (Exat2) simulando o processo real de consumo dos produtos pelos consumidores (forma monádica), isto é, os consumidores avaliaram apenas a aceitação da amostra LR.

Nos dois ensaios (Exat1 e Exat2), a mensuração da exatidão foi realizada ao verificar o quão próximo a nota hedônica média do néctar de uva com concentração de sacarose referente ao LR esteve da nota hedônica 5. Os resultados obtidos nos ensaios foram analisados qualitativamente e discutidos.

2.4.3 Robustez

A variação na MLH/LR utilizada para avaliar sua robustez foi a remoção aleatória de consumidores a partir da equipe de consumidores original. A remoção de consumidores foi realizada de acordo com o método “Leave Consumers Out”, utilizado por Boutrolle et al. (2005) e Silva et al. (2014a).

Para avaliação da robustez foram utilizados os dados obtidos no ensaio realizado na UFV (Viçosa) e no tempo 0 (UFV-t0, em que uma equipe de 150 consumidores realizou as sessões de teste de aceitação para determinação do LR. Posteriormente, por meio de simulação, foi avaliado o efeito do tamanho da equipe de consumidores nos resultados da MLH/LR. Para tanto, foram simulados 10.000 subgrupos para cada remoção de k número de consumidores, por meio da reamostragem com reposição (k = 10, 20,..., 140; de 10 em 10 consumidores). As simulações foram realizadas por meio de programações desenvolvidas no software R (R Core Team, 2005).

A fim de avaliar a robustez para cada amostra estímulo em estudo, as notas hedônicas médias das equipes reduzidas foram comparadas com as notas hedônicas médias da equipe original (150 consumidores). Para tanto, na nota hedônica média da equipe original foi calculado um intervalo de confiança com 90% de confiança (IC_{90%}) e foi avaliada a estabilidade das notas hedônicas médias dos 10.000 subgrupos das equipes reduzidas dentro do IC_{90%}. O critério de avaliação utilizado foi que no mínimo 90% dos subgrupos deveriam ter nota hedônica média dentro do IC_{90%}. O número de consumidores que foi possível reduzir da equipe original atendendo o critério de avaliação deu um indicativo da robustez da MLH/LR, isto é, quanto menor o tamanho da equipe de consumidores atendendo o critério, maior a robustez desta metodologia.

3. RESULTADOS

3.1 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO E COMPORTAMENTAL DOS CONSUMIDORES

Na maioria dos ensaios, a maior parte dos consumidores possuía idade entre 20 e 29 anos, curso superior incompleto e consumiam suco de uva uma vez por semana. Os consumidores do ensaio realizado em Alegre (UFES) foram os que se

mostraram mais preocupados com a quantidade de açúcar que estão ingerindo e mais propensos a consumir menos açúcar (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Perfil sociodemográfico e comportamental dos consumidores

| Perfil dos consumidores (n = 150) | Ensaio (% de consumidores) | | | | |
|---|----------------------------|---------|------|-------|-------|
| | UFV-t0, UFV-t1, UFV-t2 | UFV-t90 | UFES | Exat1 | Exat2 |
| Sexo | | | | | |
| Feminino | 58% | 55% | 59% | 49% | 41% |
| Masculino | 42% | 45% | 41% | 51% | 59% |
| Idade | | | | | |
| 18 -19 | 26% | 15% | 31% | 40% | 33% |
| 20 – 29 | 69% | 81% | 66% | 47% | 64% |
| 30 – 39 | 4% | 4% | 1% | 7% | 1% |
| 40 – 49 | 1% | < 1% | 2% | 1% | 1% |
| 50 – 59 | < 1% | 0% | 0% | 5% | 1% |
| Grau de instrução | | | | | |
| 1° grau incompleto | 0% | 1% | 0% | 10% | 3% |
| 1° grau completo | 1% | 0% | 0% | 2% | 1% |
| 2° grau incompleto | 10% | 3% | 0% | 16% | 15% |
| 2° grau completo | 5% | 5% | 6% | 5% | 13% |
| Superior incompleto | 59% | 77% | 86% | 43% | 57% |
| Superior completo | 4% | 4% | 4% | 3% | 1% |
| Pós-graduação incompleta | 16% | 8% | 3% | 9% | 9% |
| Pós-graduação completa | 5% | 3% | 1% | 11% | 1% |
| Com que frequência você consome suco de uva? | | | | | |
| Diariamente | 1% | 2% | 1% | 9% | 4% |
| 2 a 3 vezes por semana | 19% | 16% | 11% | 20% | 18% |
| 1 vez por semana | 33% | 30% | 25% | 30% | 32% |
| 1 a 2 vezes por mês | 32% | 30% | 23% | 27% | 21% |
| Ocasionalmente (menos de 1 vez por mês) | 16% | 22% | 40% | 14% | 26% |
| Você se preocupa com a quantidade de açúcar que consome? | | | | | |
| Sim | 42% | 45% | 55% | 46% | 47% |
| Às vezes | 44% | 44% | 35% | 38% | 41% |
| Não | 14% | 11% | 10% | 16% | 12% |
| Você pretende consumir menos açúcar? | | | | | |
| Sim | 64% | 66% | 79% | 66% | 76% |
| Não | 36% | 34% | 21% | 34% | 24% |
| Você procura comprar alimentos com menor teor de açúcar? | | | | | |
| Sim | 47% | 47% | 52% | 37% | 53% |
| Não | 53% | 53% | 48% | 63% | 47% |

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre); Exat1 = ensaio 1 realizado para avaliar a exatidão; Exat2 = ensaio 2 realizado para avaliar a exatidão.

3.2 LIMIAR DE REJEIÇÃO

Na Figura 3.1 encontram-se as notas hedônicas médias das amostras estímulo em função da concentração de sacarose (% m/v) e os LRs calculados em cada ensaio. A linha tracejada representa a nota hedônica 5, referente ao termo hedônico “indiferente”, representando o início da rejeição sensorial.

Em todos os ensaios, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados, possuindo parâmetros da regressão significativos ($p < 0,05$) e coeficientes de determinação (r^2) maiores do que 0,97 (Tabela 3.3).

Substituindo na equação da reta do ensaio UFV-t0 (Tabela 3.3) o valor de Y por 5, encontrou-se o LR de 3,78%, ou seja, começa a ocorrer rejeição sensorial do néctar de uva ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% para 3,78%. Os LRs dos demais ensaios foram calculados de forma similar.

No geral, os valores de LR calculados foram semelhantes entre os ensaios. O LR que possuiu menor valor e maior discrepância dos demais foi o do ensaio realizado em laboratório e cidade diferentes (UFES) (Figura 3.1).

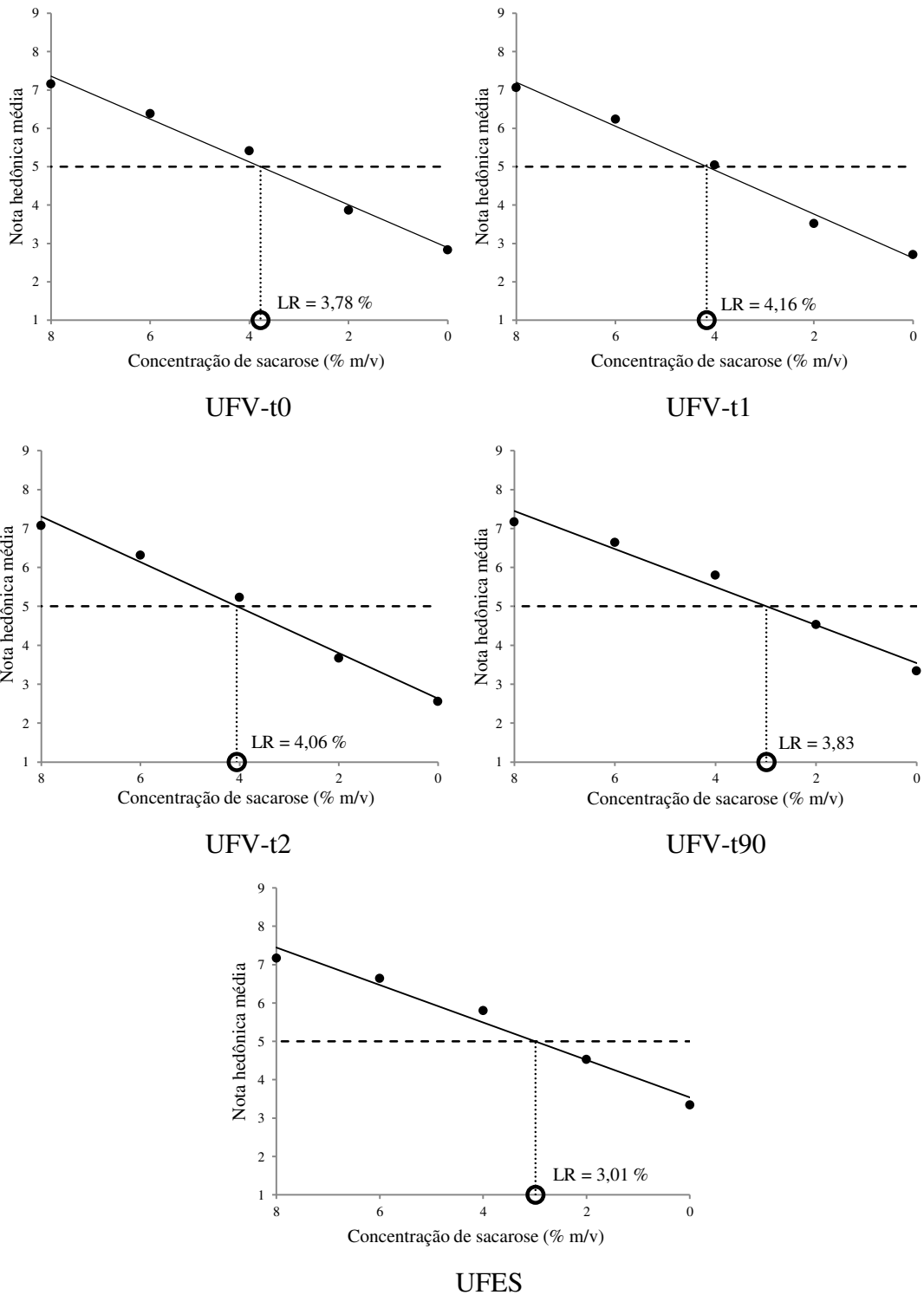


Figura 3.1 - Notas hedônicas médias em função das concentrações de sacarose das amostras estímulo.

A linha tracejada representa a nota hedônica 5, referente ao termo hedônico “indiferente”, representando o início da rejeição sensorial. UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Tabela 3.3 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação

| Ensaio | Modelo | r ² |
|---------|------------------------|----------------|
| UFV-t0 | $Y = 0,5587X + 2,8907$ | 0,9868 |
| UFV-t1 | $Y = 0,5720X + 2,6213$ | 0,9896 |
| UFV-t2 | $Y = 0,5843X + 2,6293$ | 0,9873 |
| UFV-t90 | $Y = 0,5532X + 2,8834$ | 0,9797 |
| UFES | $Y = 0,4883X + 3,5423$ | 0,9753 |

Y = nota hedônica média; X = concentração de sacarose (% m/v); r² = coeficiente de determinação; UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

3.3 PRECISÃO

Ocorreu sobreposição dos IC dos parâmetros da regressão, com 95% de confiança, em todos os ensaios (Figura 3.2), demonstrando a grande proximidade entre os modelos lineares dos ensaios utilizados para determinar o LR.

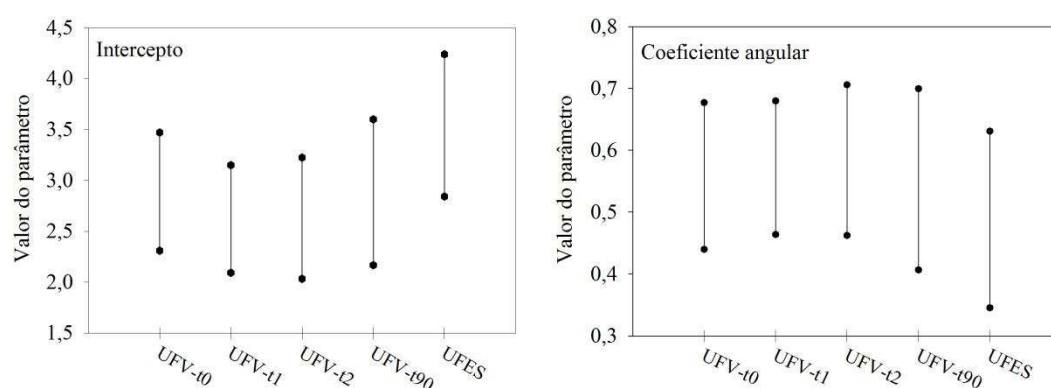


Figura 3.2 - Intervalos de confiança dos parâmetros dos modelos lineares de cada ensaio.

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Verificou-se efeito significativo das repetições ($p < 0,05$), na ANOVA (Tabela 3.4), apenas nas notas hedônicas das amostras contendo 2% de sacarose, na avaliação da repetibilidade (UFV-t0 / UFV-t1 / UFV-t2), e nas amostras contendo 2% e 0% de sacarose na avaliação da reprodutibilidade (UFV-t0 / UFES).

Por meio do teste de Tukey pode-se verificar que, na avaliação da repetibilidade, apenas ocorreu diferença entre a média do ensaio UFV-t0 com a média do ensaio UFV-t1 (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Resumo da ANOVA, notas hedônicas médias e Teste de Tukey

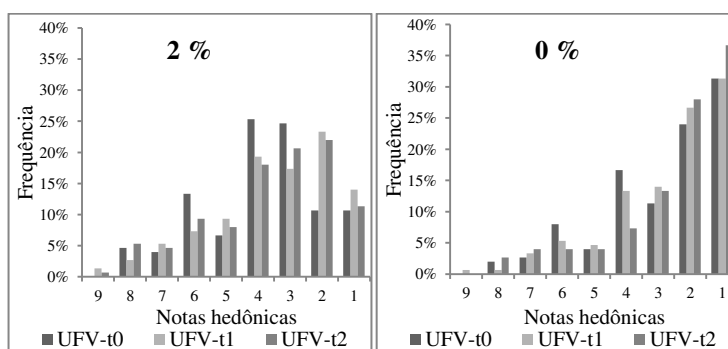
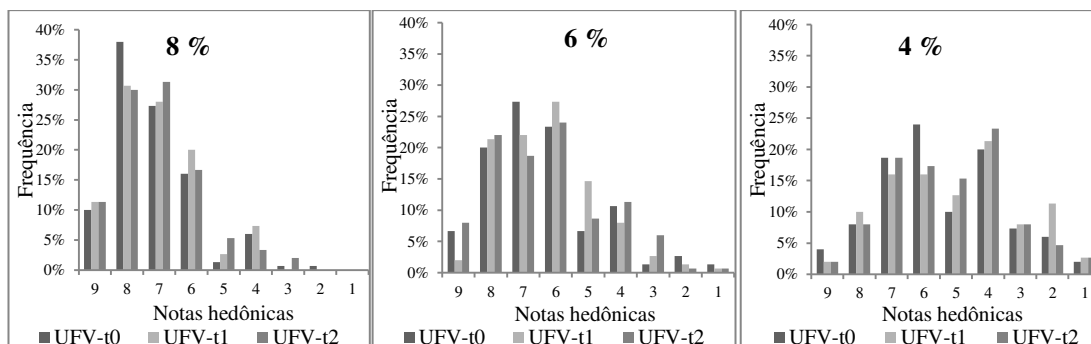
| Concentração de sacarose | QMrep ^A | QMres ^B | p-valor | Nota hedônica média ^C | | | | |
|--------------------------|--------------------|--------------------|---------|----------------------------------|--------|----------|---------|--------|
| | | | | UFV-t0 | UFV-t1 | UFV-t2 | UFV-t90 | UFES |
| Repetibilidade | | | | | | | | |
| 8% | 0,38 | 1,36 | 0,7559 | 7,15 a | 7,06 a | 7,07 a | - | - |
| 6% | 0,81 | 1,91 | 0,6551 | 6,38 a | 6,23 a | 6,31 a | - | - |
| 4% | 5,04 | 1,83 | 0,0650 | 5,41 a | 5,04 a | 5,23 a | - | - |
| 2% | 4,53 | 1,44 | 0,0443 | 3,86 a | 3,51 b | 3,67 a b | - | - |
| 0% | 2,81 | 0,94 | 0,0518 | 2,83 a | 2,70 a | 2,55 a | - | - |
| Precisão intermediária | | | | | | | | |
| 8% | 0,65 | 1,81 | 0,5486 | 7,15 a | - | - | 7,06 a | - |
| 6% | 0,65 | 2,09 | 0,5769 | 6,38 a | - | - | 6,47 a | - |
| 4% | 0,56 | 3,11 | 0,6709 | 5,41 a | - | - | 5,32 a | - |
| 2% | 0,40 | 3,29 | 0,7267 | 3,86 a | - | - | 3,73 a | - |
| 0% | 0,40 | 3,17 | 0,7220 | 2,83 a | - | - | 2,90 a | - |
| Reprodutibilidade | | | | | | | | |
| 8% | 0,01 | 1,82 | 0,9319 | 7,15 a | - | - | - | 7,17 a |
| 6% | 5,07 | 2,59 | 0,1641 | 6,38 a | - | - | - | 6,64 a |
| 4% | 11,60 | 2,98 | 0,0503 | 5,41 a | - | - | - | 5,80 a |
| 2% | 30,08 | 3,47 | 0,0037 | 3,86 a | - | - | - | 4,49 b |
| 0% | 18,75 | 3,66 | 0,0251 | 2,83 a | - | - | - | 3,33 b |

^A Quadrado médio da repetição; ^B Quadrado médio do resíduo; ^C Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey; UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

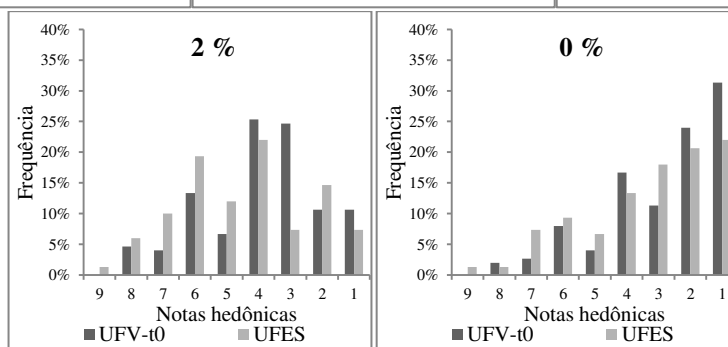
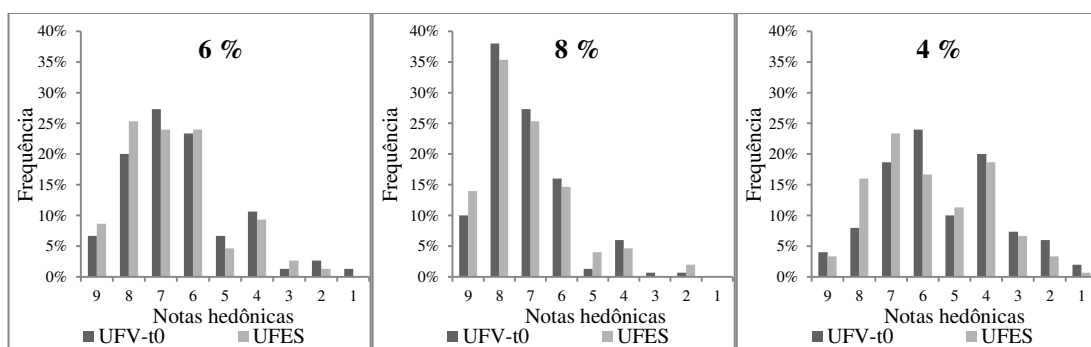
Nos ensaios em que foi verificado efeito significativo da repetição ($p < 0,05$) na ANOVA (Tabela 3.4), foram elaborados gráficos de distribuição de frequência das notas hedônicas das amostras em estudo (Figura 3.3). Desta forma, o ensaio UFV-t90 não foi considerado nesta análise, uma vez que para todas as amostras estímulos não foi verificado efeito significativo da repetição ($p > 0,05$).

Na avaliação da repetibilidade, verificou-se certa coerência na distribuição das notas hedônicas das três repetições realizadas consecutivamente (UFV-t0, UFV-t1 e UFV-t2). Entretanto, as amostras com menor concentração de sacarose possuíram maior frequência de notas hedônicas menores nos ensaios UFV-t1 e UFV-t2, quando comparadas ao ensaio UFV-t0, ou seja, os consumidores tenderam a ser mais rigorosos nas repetições 2 e 3 (Figura 3.3a).

Ao comparar as frequências das notas hedônicas do ensaio UFV-t0 com as do ensaio UFES (avaliação da reprodutibilidade), constatou-se que os consumidores do ensaio UFES, realizado em Alegre – ES, atribuíram notas de maior aceitação para as amostras com menor concentração de sacarose, ou seja, esses consumidores foram menos rigorosos (Figura 3.3b). Tal comportamento pode ter resultado no menor LR encontrado neste ensaio (UFES).



(a)



(b)

Figura 3.3 - Distribuição de frequência das notas hedônicas (escores) dos ensaios envolvidos na avaliação da repetibilidade (a) e da reprodutibilidade (b).

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

Por meio da ACP, obteve-se o mapa de preferência interno das notas hedônicas das amostras estímulo. Verificou-se elevada proximidade entre as configurações espaciais geradas nos cinco ensaios (Figura 3.4). Além disso, os mapas de preferência internos possibilitaram verificar a aceitação dos néctares de uva em estudo. Os resultados sugerem que o néctar com maior concentração (8%) obteve maior aceitação, e o néctar com menor concentração (0%), foi o menos aceito. Esta ordem foi semelhante em todos os ensaios (Tabela 3.4; Figura 3.4).

Em todos os ensaios o primeiro componente principal explicou mais de 75% da variação dos resultados, o segundo componente principal explicou mais de 7% da variação dos resultados e os dois juntos explicaram mais de 82% da variação dos resultados, possibilitando a avaliação em apenas duas dimensões (Figura 3.4).

Os coeficientes RV obtidos nas comparações pareadas dos cinco ensaios foram superiores a 0,98, o que evidencia as elevadas repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade das medições dos LR (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Coeficiente de correlação multivariada RV

| Comparação | Critério de validação | Coeficiente RV |
|------------------|------------------------|----------------|
| UFV-t0/ UFV-t1 | Repetibilidade | 0,9885 |
| UFV-t0/ UFV-t2 | Repetibilidade | 0,9992 |
| UFV-t1/ UFV-t2 | Repetibilidade | 0,9923 |
| UFV-t0 / UFV-t90 | Precisão intermediária | 0,9964 |
| UFV-t0/ UFES | Reprodutibilidade | 0,9947 |

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

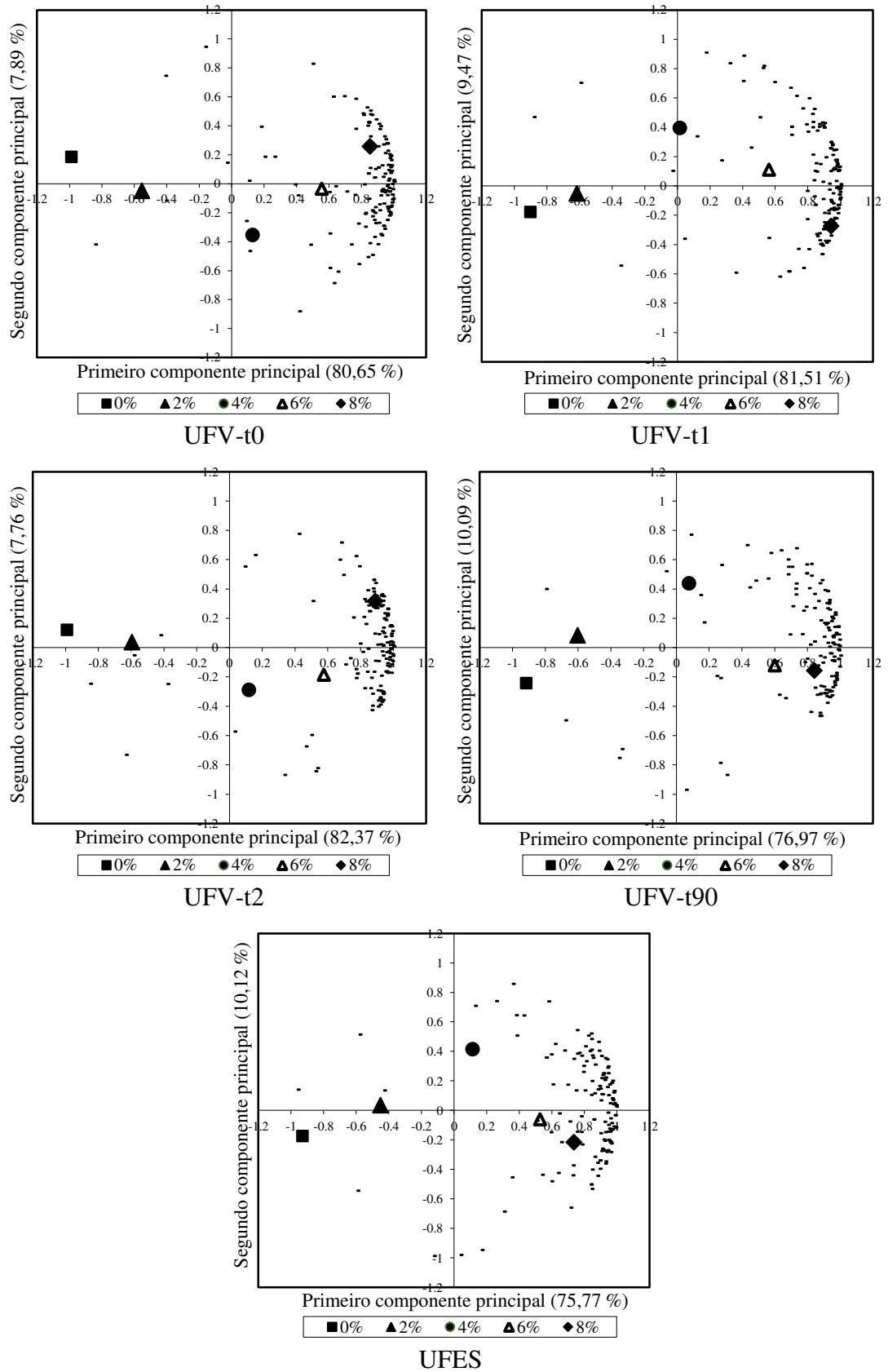


Figura 3.4 - Mapa de preferência interno das notas hedônicas.

UFV-t0 = ensaio realizado na UFV (Viçosa) no tempo 0; UFV-t1 = ensaio realizado na UFV no tempo 1; UFV-t2 = ensaio realizado na UFV no tempo 2; UFV-t90 = ensaio realizado na UFV no tempo 90; UFES = ensaio realizado na UFES (Alegre).

3.4 EXATIDÃO

Quando foi avaliada a exatidão simulando o protocolo de apresentação das amostras da MLH/LR, apresentando aos consumidores a amostra controle e a amostra LR, esta última teve nota hedônica média igual a 5,9. Avaliada a exatidão simulando o processo real de avaliação de alimentos pelo consumidor, quando os consumidores avaliaram apenas a amostra LR, sua nota hedônica média foi 6,3.

3.5 ROBUSTEZ

Para todas as amostras estímulo, mesmo ao reduzir 70 consumidores da equipe original, mais de 90% dos subgrupos das equipes reduzidas ainda possuíam notas hedônicas médias dentro do IC_{90%} da equipe original (Tabela 3.6).

4. DISCUSSÃO

Ao avaliar a precisão da MLH/LR, verificou-se alta repetibilidade dos ensaios realizados com a mesma equipe de consumidores e em dias consecutivos, UFV-t0, UFV-t1 e UFV-t2, com sobreposição dos ICs dos parâmetros da regressão, com configurações espaciais dos mapas de preferência internos semelhantes e com elevados coeficientes de correlação multivariada RV. O único critério de repetibilidade não atendido pela MLH/LR foi o efeito significativo da repetição nas notas hedônicas da amostra contendo 2% de sacarose ($p < 0,05$).

Somente ocorreu efeito significativo da repetição ($p < 0,05$) nas notas hedônicas do ensaio UFV-t0 com as do ensaio UFV-t1. Avaliando os resultados do teste de Tukey juntamente com os histogramas de frequência das notas hedônicas, verificou-se que o efeito da repetição ocorreu porque os consumidores atribuíram notas hedônicas menores para as amostras contendo 2% de sacarose nos ensaios UFV-t1 e UFV-t2, quando comparados ao ensaio UFV-t0, isto é, os consumidores tenderam a ser mais rigorosos nas segunda e terceira repetições.

Tabela 3.6 - Porcentagem de subgrupos com notas hedônicas médias dentro do intervalo de confiança da equipe original

| | Limites do IC ^a | | k número de consumidores | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Superior | Inferior | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Amostra 8% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) ^b | 7,334 | 6,972 | 37,0 | 46,7 | 59,5 | 70,0 | 75,0 | 83,0 | 87,0 | 92,6 | 95,8 | 98,2 | 99,5 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Amostra 6% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 6,611 | 6,149 | 36,2 | 51,3 | 60,4 | 68,9 | 75,6 | 82,8 | 87,7 | 92,5 | 95,3 | 98,3 | 99,4 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Amostra 4% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 5,662 | 5,152 | 34,3 | 47,0 | 57,5 | 67,0 | 76,4 | 81,3 | 88,1 | 92,0 | 96,1 | 98,2 | 99,4 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Amostra 2% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 4,107 | 3,613 | 33,8 | 48,1 | 60,3 | 68,8 | 76,7 | 82,8 | 88,5 | 91,7 | 95,4 | 97,9 | 99,5 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Amostra 0% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % Atende (IC90%) | 3,078 | 2,575 | 33,4 | 47,8 | 59,6 | 67,4 | 74,8 | 82,0 | 87,5 | 92,1 | 95,9 | 97,9 | 99,5 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |

^a Limites do intervalo de confiança (IC) da nota hedônica média da equipe original; ^b Porcentagem de subgrupos com notas hedônicas médias dentro do intervalo de confiança; Valores em negrito indicam que a equipe reduzida atendeu o critério de avaliação da robustez para a determinada amostra.

Os fatores que podem ter contribuído para esse comportamento é a experiência prévia adquirida pelos consumidores ao realizar o ensaio UFV-t0 e, conseqüentemente, a ocorrência do erro de expectativa ao realizarem os ensaios UFV-t1 e UFV-t2. O erro de expectativa é um efeito psicológico que ocorre quando o avaliador possui informações acerca do experimento em andamento, levando-o a dar respostas baseadas em sua preconcepção sobre as amostras (Meilgaard, Civille & Carr, 2006). Ao realizar o ensaio UFV-t0, os consumidores passaram a reconhecer que estava sendo reduzida a intensidade do gosto doce dos néctares de uva. Assim, ao realizar os ensaios UFV-t1 e UFV-t2, os consumidores tenderam a dispensar maior atenção e a serem mais rigorosos quanto à alteração do gosto doce, atribuindo menores notas hedônicas para as amostras com menor teor de sacarose, conforme verificado na Tabela 3.4 e na Figura 3.3a. O efeito da experiência prévia dos avaliadores nos resultados de avaliações sensoriais é documentado na literatura (Colyar et al., 2009; Silva et al., 2013). Portanto, o efeito da repetição observado pode ter ocorrido devido a tais fatores e não à falta de repetibilidade dos dados do LR obtidos com a metodologia utilizada.

A MLH/LR possuiu elevada precisão intermediária, atendendo todos os critérios de avaliação da precisão utilizados, quando comparados dois ensaios realizados com equipes de consumidores diferentes, diferentes lotes de suco e com intervalo de 90 dias (UFV-t0 e UFV-t90).

Quando comparada à repetibilidade e à precisão intermediária, menor precisão foi encontrada ao avaliar a reprodutibilidade, ou seja, ao comparar os resultados do ensaio UFV-t0 (realizado em Viçosa – MG) com os do ensaio UFES (realizado em Alegre – ES). Apesar de o coeficiente RV ter sido superior a 0,99 e ter ocorrido sobreposição dos IC dos parâmetros da regressão dos ensaios, ocorreu efeito significativo da repetição ($p < 0,05$) na ANOVA, considerando as notas hedônicas das amostras contendo 2% e 0% de sacarose. Adicionalmente, vale ressaltar que o valor do LR do ensaio UFES foi o mais discrepante entre os ensaios.

As notas hedônicas médias e os gráficos de distribuição de frequência de notas hedônicas permitiram verificar que os consumidores do ensaio UFES atribuíram maiores notas hedônicas às amostras com menor concentração de sacarose do que os consumidores do ensaio UFV-t0, o que pode ter resultado no menor valor de LR encontrado no ensaio UFES (LR = 3,01%) quando comparado ao encontrado no ensaio UFV-t0 (LR = 3,78%).

Um fator responsável pela variação dos resultados em análise sensorial é o instrumento de medida, ou seja, a equipe de avaliadores. Nos testes afetivos, a utilização de diferentes equipes de consumidores, com padrões diversos de preferência, pode resultar em alterações nos resultados do teste, principalmente quando existe um mercado segmentado. Como na MLH realizam-se testes de aceitação, esta influência também ocorre.

Analisando os resultados do questionário verificou-se que os consumidores que realizaram o ensaio UFES possuíam maior preocupação quanto à quantidade de açúcar que estão ingerindo, maior pretensão de diminuir o consumo de açúcar e procuravam comprar mais alimentos com menor teor de açúcar do que os consumidores dos demais ensaios, inclusive os do ensaio UFV-t0 (Tabela 3.2). Consumidores que consomem alimentos com menor teor de açúcar tendem a ter maior aceitação por esses produtos, comportamento que também pode ter resultado no menor LR encontrado no ensaio UFES.

As diferenças nos perfis dos consumidores que realizaram o ensaio UFV-t0 e o ensaio UFES pode indicar que as equipes de consumidores dos dois ensaios foram compostas por diferentes segmentos de consumidores, com diferentes perfis de aceitação. Portanto, a discrepância dos resultados, quando avaliada a reprodutibilidade da MLH/LR, pode ser devido a esta segmentação, e não pela falta de precisão da MLH/LR. Entretanto, novos estudos se tornam necessários a fim de comprovar a segmentação desses consumidores e seus possíveis diferentes valores de LR.

Na mensuração da exatidão, com os ensaios Exat1 e Exat2, a obtenção de notas hedônicas médias superiores a 5 para a amostra LR eram esperadas, porque, assim como observado por Prescott et al. (2005) para a estimativa do LRC, o LR também é uma estimativa um pouco conservadora. O protocolo de apresentação das amostras das metodologias de determinação dos limiares possibilita a ocorrência do erro de expectativa e do efeito de contraste, sendo esses os responsáveis por uma estimativa mais conservadora.

O erro de expectativa, além de poder ocorrer quando os mesmos avaliadores realizam as análises em mais de uma repetição, também pode ocorrer ao longo das avaliações sensoriais de metodologias que possuem protocolo de apresentação das amostras em ordem crescente ou decrescente de intensidade do estímulo, conforme ocorre nos métodos de determinação de limiares (Meilgaard, Civille & Carr, 2006).

Na MLH não é diferente: com a apresentação das amostras em ordem crescente ou decrescente de intensidade do estímulo, os consumidores podem passar a reconhecer o estímulo que está tendo sua intensidade variada e se tornar mais críticos na avaliação das amostras subsequentes, atribuindo menores notas hedônicas para as amostras com maior intensidade do estímulo (ordem crescente de apresentação das amostras) ou menor intensidade do estímulo (ordem decrescente, como no presente estudo).

O efeito de contraste ocorre quando uma amostra de aceitação superior é servida anteriormente a uma amostra de aceitação inferior, levando o avaliador a dar uma nota hedônica mais baixa à segunda amostra, em relação à nota que ela receberia se fosse servida ao avaliador de maneira monádica. O contrário também se aplica (Meilgaard, Civille & Carr, 2006).

As consequências da ocorrência de tais efeitos na MLH/LR são as atribuições, pelos consumidores, de maiores notas hedônicas para a amostra controle e menores notas hedônicas para as amostras estímulo quando comparadas às notas que tais amostras receberiam se fossem servidas de forma monádica, tornando, portanto, a avaliação dos consumidores mais rigorosa e resultando em menores limiares sensoriais (estimativa mais conservadora).

As notas hedônicas médias da amostra LR dos ensaios Exat 1 e Exat 2 evidenciam o maior rigor na avaliação dos consumidores resultante do erro de expectativa e do efeito de contraste. No ensaio Exat 2 foi avaliada apenas a amostra LR, não ocorrendo erro de expectativa e nem efeito de contraste, resultando na nota hedônica média 6,3. No ensaio Exat 1, com a avaliação de duas amostras (amostras controle e estímulo LR) ocorreu efeito de contraste, porém, não ocorreu erro de expectativa, resultando numa nota hedônica média de 5,9. Já na MLH/LR, no ensaio UFV-t0, ocorreu erro de expectativa e efeito de contraste; assim, para os consumidores deste ensaio, a nota hedônica média da amostra LR seria 5.

É importante ressaltar que erros de expectativa e efeitos de contrastes não ocorrem exclusivamente na MLH; tais efeitos ocorrem em diversos métodos de análise sensorial, inclusive nos de determinação de limiares (Meilgaard, Civille & Carr, 2006). Para minimizar tais efeitos, as amostras teriam que ser servidas de forma monádica, aleatória e casualizada, o que descaracterizaria os métodos de determinação de limiares e impossibilitaria o cálculo dos limiares (Prescott et al., 2005; Lawless & Heymann, 2010).

Além disso, o maior rigor na avaliação dos avaliadores, ocasionado pela ocorrência do erro de expectativa e do efeito de contraste, pode ser desejável. No processo real de consumo de um alimento já existente no mercado o consumidor avalia apenas um produto e verifica, inconscientemente, se suas características sensoriais atendem a expectativa formada por experiências de consumo anteriores. A expectativa formada torna o consumidor mais criterioso em sua avaliação, porque pequenas alterações sensoriais no alimento podem acarretar no não atendimento da expectativa do consumidor e resultar em menor aceitação ou até rejeição sensorial do produto (Cardello et al., 1985; Cardello & Sawyer, 1992). Em muitos testes de análise sensorial, em laboratório e com consumidores, é extremamente difícil simular esse maior rigor dos avaliadores devido ao efeito da expectativa formada. Entretanto, com o protocolo de apresentação das amostras da MLH esse problema é minimizado. A apresentação das amostras em pares e em ordem crescente ou decrescente de intensidade de estímulo resulta na ocorrência do erro de expectativa e do efeito de contraste. Tais efeitos fazem com que os consumidores avaliem as amostras com maior rigor, simulando a expectativa formada pelo consumidor e tornando o rigor da avaliação das amostras, pela MLH, mais próximo do real do processo de consumo.

Ao avaliar a robustez da MLH/LR foi verificado que, mesmo ao reduzir 70 consumidores da equipe original, mais de 90% dos subgrupos das equipes reduzidas ainda possuíam nota hedônica média das amostras estímulos dentro do IC_{90%} da equipe original. Assim, a MLH/LR foi capaz de gerar resultados inalterados quando submetida a grandes variações no número de consumidores do painel, sendo, portanto, robusta.

5. CONCLUSÃO

A MLH/LR apresentou elevadas repetibilidade, precisão intermediária e robustez e satisfatória reprodutibilidade e exatidão. Os efeitos que podem ter impedido uma maior reprodutibilidade e exatidão não são exclusivos da MLH/LR, ocorrendo também em diversas metodologias de análise sensorial, inclusive nas metodologias de determinação dos limiares clássicos. Entretanto, esses efeitos podem ser desejáveis na MLH. O erro de expectativa e o efeito do contraste tornam os consumidores mais rigorosos, simulando a expectativa que existiria para um produto

já existente no mercado; além disso, servem como margem de segurança para a tomada de decisão da indústria.

Assim, concluiu-se que a MLH/LR atendeu satisfatoriamente todos os critérios de desempenho analítico avaliados, gerando, portanto, resultados confiáveis.

REFERÊNCIAS

- Boutrolle, I., Arranz, D., Rogeaux, M., & Delarue, J. (2005). Comparing central location test and home use test results: Application of a new criterion. *Food Quality and Preference*, 16(8), 704–713.
- Campo, E., Saenz-Navajas, M. P., Cacho, J., & Ferreira, V. (2012). Consumer rejection threshold of ethyl phenylacetate and phenylacetic acid, compounds responsible for the sweet-like off odour in wines made from sour rotten grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18, 280-286.
- Cardello, A. V., & Sawyer, F. M. (1992). Effects of disconfirmed consumer expectations on food acceptability. *Journal of Sensory Studies*, 7, 253–277.
- Cardello, A. V., Maller, O., Masor, H. B., DuBose, C. L., & Edelman, B. (1985). Role of consumer expectancies in the acceptance of novel foods. *Journal of Food Science*, 50, 1707–1714.
- Colyar, J. M., Eggett, D. L., Steele, F. M., Dunn, M. L., & Ogden, L. V. (2009). Sensitivity comparison of sequential monadic and side-by-side presentation protocols in affective consumer testing. *Journal of Food Science*, 74(7), 322-327.
- Harwood M. L., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2012a). Rejection thresholds in chocolate milk: Evidence for segmentation. *Food Quality and Preference*, 26(1), 128-133.
- Harwood M. L., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2012b). Rejection thresholds in solid chocolate-flavored compound coating. *Journal of Food Science*, 77(10), S390-393.
- International Conference on Harmonisation (ICH). (1995). *Validation of analytical procedures: Methodology*. Q2B (CPMP/ICH/281/95).
- International Organization for Standardization (ISO). (1994). *ISO 5725-3: Accuracy (trueness and precision) of Measurement Methods and Results - Part 3: Intermediate Measures of Precision of a Standard Measurement Method*, p. 25.
- International Organization for Standardization (ISO). (2002). *ISO/DTS 21748: Guide to the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation*. ISO/TC 69/SC 6, p. 25.
- International Standard Organization. (1999). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. ISO/IEC 17025, 1999.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. 2^a ed. New York: Springer, 596p.
- Léon, F., Couronne, T., Marcuz, M.C., & Koster, E.P. (1999). Measuring food liking in children: a comparison of non verbal methods. *Food Quality and Preference*, 10(2), 93-100.

- Lima Filho, T., Della Lucia, S. M., Scolforo, C. Z., Lima, R. M., Carneiro, J. C. S., Pinheiro, C. J. G., Passamai Junior, J. L., & Minim, V. P. R. (2014). Consumer rejection threshold for strawberry radiation doses. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23, 194-198.
- Louw, L., Malherbe, S., Naes, T., Lambrechts, M., Rensburg, P., & Nieuwoudt, H. (2013). Validation of two Napping techniques as rapid sensory screening tools for high alcohol products. *Food Quality and Preference*, 30(2), 192-201.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2006). *Sensory evaluation techniques*. 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 448p.
- Prescott, J., Norris, L., Kunst, M., & Kim, S. (2005). Estimating a consumer rejection threshold for cork taint in white wine. *Food Quality and Preference*, 16(1), 345-349.
- R Development Core Team (2005). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acessado em: 5 mar. 2014.
- Robert, P., & Escoufier, Y. (1976). A unifying tool for linear multivariate statistical methods: The 'RV' coefficient. *Applied Statistics*, 25(3), 257-265.
- Ross, C. F., Zwink, A. C., Castro, L., & Harrison, R. (2014). Odour detection threshold and consumer rejection of 1,1,6-trimethyl-1,2-dihydronaphthalene in 1-year-old Riesling wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 20, 335-339.
- Saliba, A. J., Bullock, J., & Hardie, W. J. (2009). Consumer rejection threshold for 1,8-cineole (eucalyptol) in Australian red wine. *Food Quality and Preference*, 20(7), 500-504.
- Schenker, N., & Gentleman, J. F. (2001). On judging the significance of differences by examining overlap between confidence intervals. *The American Statistician*, 55, 182-186.
- Silva, A. N., Silva, R. C. S. N., Ferreira, M. A. M., Minim, V. P. R., Costa, T. M. T., & Perez, R. (2013). Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. *Food Quality and Preference*, 30(1), 9-21.
- Silva, R. C. S. N., Minim, V. P. R. M., Silva, A. N., Gonçalves, A. C. A., Carneiro, J. D. S., Gomide, A. I., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2014a). Validation of Optimized Descriptive Profile (ODP) technique: Accuracy, precision and robustness. *Food Research International*, 66, 445-453.
- Silva, R. C. S. N., Minim, V. P. R., Silva, A. N., Simiqueli, A. A., Della Lucia, S. M., & Minim, L. A. (2014b). Balanced incomplete block design: an alternative for data collection in the optimized descriptive profile. *Food Research International*, 64, 289-297.
- Van Belle, G. (2008). *Statistical rules of thumb*. 2th ed. John Wiley and Sons, New York, NY, 304 p.
- Yoo, Y. J., Saliba, A. J., Prenzler, P. D., & Ryan, D. (2012). Total phenolic content, antioxidant activity, and cross-cultural consumer rejection threshold in white and red wines functionally enhanced with catechin-rich extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 388-393.

CAPÍTULO IV

**PREOCUPAÇÃO COM A SAÚDE E OS LIMIARES HEDÔNICOS PARA
CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE EM NÉCTAR DE UVA**

Preocupação com a saúde e os limiares hedônicos para concentração de sacarose em néctar de uva

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a exigência dos consumidores por produtos e serviços de qualidade tem aumentado (Ventura, 2010). Entre as exigências incluem-se alimentos mais saudáveis, de maior praticidade, com maior estabilidade microbiológica e, principalmente, com melhores características sensoriais. Dentre outros fatores, os teores de sacarose, sódio e gordura nos alimentos são determinantes para garantir características sensoriais desejáveis pelo consumidor. Entretanto, o consumo elevado de tais constituintes pode acarretar em diversos problemas de saúde, tornando-se um desafio para as indústrias de alimentos ofertarem alimentos saudáveis e com boa aceitação sensorial.

A Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH) pode auxiliar as indústrias de alimentos na solução desse problema. O limiar de aceitação comprometida (LAC) indica o ponto a partir do qual ocorre alteração da aceitação sensorial do alimento e o limiar de rejeição (LR) representa o ponto a partir do qual ocorre rejeição sensorial do produto. Para quaisquer reduções menores do que o LAC e o LR não ocorreriam comprometimento da aceitação sensorial ou rejeição sensorial do alimento, respectivamente.

Certas características de grupos de consumidores podem influenciar o valor dos limiares sensoriais, principalmente os afetivos (Harwood, Ziegler & Hayes, 2012). Ao realizar a validação da MLH, quando utilizada para determinar o LR, verificou-se uma possível segmentação do mercado consumidor de néctar de uva, em consumidores que se preocupam com o teor de açúcares que ingerem e os que não se preocupam (Capítulo 3).

De forma geral, o mercado consumidor é constituído por grupos de pessoas, os quais apresentam características distintas. A tomada de decisão avaliando a população total de consumidores pode resultar no não atendimento das exigências de segmentos importantes da população. Por meio da segmentação de mercado é possível identificar, num mercado heterogêneo, um determinado grupo de indivíduos

com respostas e preferências semelhantes por produtos. Dessa forma, a tomada de decisão pode ser direcionada para cada segmento, facilitando o atendimento das exigências dos consumidores de cada grupo e satisfazendo um maior número de consumidores, em comparação ao que seria possível se fosse avaliado o mercado total.

Neste contexto, objetivou-se realizar a segmentação do mercado consumidor de néctar e suco de uva, quanto à preocupação com a saúde, e investigar se esses diferentes segmentos de consumidores possuem diferentes limiares de aceitação comprometida e limiares de rejeição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob o número de parecer 773.185, e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sob o número de parecer 804.070. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Análise Sensorial da UFV e do Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA-UFES), em cabines individuais e sob a luz branca.

A MLH foi aplicada em néctar de uva e o estímulo avaliado foi a concentração de sacarose. A fim de verificar se segmentos de consumidores, com diferentes níveis de preocupação com a saúde, possuem diferentes limiares hedônicos (LAC e LR) para concentração de sacarose em néctar de uva, após a avaliação sensorial para determinação dos limiares hedônicos, os consumidores responderam ao questionário HCS (*Health Consciousness Scale*) (Schifferstein & Oude Ophuis, 1998). Dessa forma, realizou-se a classificação dos consumidores quanto à baixa, média e alta preocupação com a saúde. Os limiares hedônicos de cada um desses diferentes segmentos foram calculados e comparados qualitativamente.

2.1 MATERIAL

Os néctares foram preparados a partir de suco de uva concentrado, sem adição de açúcar, adquirido junto a uma indústria de Minas Gerais, Brasil. No preparo das amostras, o suco de uva concentrado foi diluído em água na proporção de um para um (1:1). Realizada a diluição, o suco foi dividido em seis lotes: um lote para o

preparo da amostra controle e cinco lotes para o preparo das amostras a serem comparadas com a amostra controle (amostras estímulo). Em cada lote, foi adicionada quantidade de sacarose referente a cada concentração. Posteriormente, as amostras foram armazenadas à, aproximadamente, 8 °C até a realização dos testes sensoriais.

As concentrações de sacarose selecionadas para a determinação dos limiares hedônicos (LAC e LR) foram as mesmas dos estudos anteriores (Capítulos 1, 2 e 3), ou seja, 9% m/v (amostra controle), 8% m/v, 6% m/v, 4% m/v, 2% m/v e 0%. A amostra contendo 9% de sacarose foi denominada “amostra controle” e as demais amostras, cuja concentração de sacarose foi reduzida (8%, 6%, 4%, 2% e 0%), foram denominadas “amostras estímulo”.

2.2 CONSUMIDORES

Consumidores habituais de néctar e suco de uva foram recrutados entre alunos e funcionários da UFV e do CCA-UFES e moradores das cidades de Viçosa - Minas Gerais e Alegre – Espírito Santo, Brasil. O estudo foi realizado por uma equipe de 406 consumidores, composta por 253 mulheres e 153 homens com idade entre 18 e 52 anos. A maioria possuía idade entre 20 e 29 anos (70,7%) e tomava néctar ou suco de uva no mínimo uma vez ao mês (74,4%).

2.3 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS

A metodologia para determinação do LAC e do LR (MLH) possui os mesmos procedimentos de análise e coleta de dados, diferindo apenas na análise dos resultados e determinação dos limiares. Os limiares hedônicos foram determinados de acordo com os procedimentos propostos no Capítulo 1, os quais serão resumidamente descritos a seguir.

Para determinação dos limiares hedônicos, os consumidores realizaram cinco sessões de teste de aceitação. Em cada sessão de aceitação foram servidas aos consumidores duas amostras, das quais uma foi a amostra controle (9% de sacarose) e a outra foi uma das amostras estímulo. Entre as sessões, os pares de néctar de uva foram apresentados em ordem decrescente de concentração de sacarose, e a posição da amostra estímulo, dentro de cada par, foi aleatorizada.

Os consumidores provaram as amostras da esquerda para direita e responderam, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”), as respostas que melhor refletiram seus julgamentos. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos.

2.4 SEGMENTAÇÃO DOS CONSUMIDORES

Após a realização dos testes sensoriais, os consumidores responderam a um questionário com questões referentes aos dados sociodemográficos e comportamentais (Anexo 1) e a um questionário *Health Consciousness Scale* (HCS) (Schifferstein & Oude Ophuis, 1998), traduzido e validado para o português por Dantas, Minim & Deliza (2003) (Questionário Consciência em Relação à Saúde) (Anexo 2), com afirmações relacionadas à preocupação com a saúde e ao quanto as pessoas estão preparadas e dispostas a fazer algo pela sua saúde. Os 11 itens do questionário HCS foram avaliados em escala de nove centímetros variando de 0 = "discordo totalmente" a 9 = "concordo totalmente".

Inicialmente, para segmentação dos consumidores quanto à preocupação com a saúde, foi calculada a soma dos valores individuais de cada item do questionário HCS, variando de 0 a 99. Para que valores mais altos correspondessem à maior preocupação com a saúde, as pontuações das questões 7, 8, 9 e 10, do questionário HCS, foram revertidas (9 subtraído pela nota dada pelo participante). Os consumidores foram divididos em três segmentos, representando baixa (0 a 40,38), média (40,39 a 71,27) e alta (71,28 a 99) preocupação com a saúde. A faixa correspondente a cada segmento foi definida a partir da média da soma dos valores de todas as questões (55,82) mais ou menos um desvio padrão (15,44). Esse tipo de classificação é muito utilizada em estudos com escala de neofobia (Tuorila et al., 2001; Olabi et al., 2009; Choe & Cho, 2011; Vidigal et al., 2015) e foi considerada como sendo um método corroborativo.

2.5 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS

Com os resultados dos testes sensoriais de cada segmento de consumidores foram realizados os cálculos para determinação dos limiares hedônicos.

Para determinação do LAC, em cada sessão, foi realizado o teste t para amostras pareadas com a nota hedônica da amostra controle (NHAC) e a nota hedônica da amostra estímulo (NHAE) (diferença: NHAC - NHAE). Com os valores t obtidos, foi elaborado um gráfico do valor t de cada sessão (eixo Y_1) em função da concentração de sacarose da amostra em estudo (eixo X). O ponto de corte, ou seja, a região em que começa a ocorrer diferença significativa entre as amostras quanto à aceitação, foi representado no gráfico por uma linha tracejada, referente ao valor t tabelado, ao nível de 5% de significância. Foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais. Para a seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados, foram avaliados a significância dos parâmetros da regressão e o coeficiente de determinação R^2 ($SQ_{regressão}/SQ_{total}$). Os testes t e o ajustamento do modelo foram realizados utilizando o software SAS® (Statistical Analysis System – SAS), versão 9.3, licenciado para a UFV.

Por meio da equação do modelo, o LAC foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual o valor t calculado passa a ser igual ao valor t tabelado ($p = 0,05$), isto é, o ponto a partir do qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

Para determinação do LR, no mesmo gráfico de determinação do LAC, foi inserido um segundo eixo Y (Y_2), referente à nota hedônica média das amostras estímulo. O ponto de corte deste eixo Y_2 foi representado no gráfico por uma linha tracejada, referente à nota hedônica 5 (termo hedônico “indiferente”), indicando o ponto de transição entre aceitação e rejeição sensorial da bebida. Também foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais do eixo Y_2 . Os critérios para a seleção do modelo que melhor se ajustasse aos dados foram os mesmos da determinação do LAC.

Por meio da equação do modelo, o LR foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual a nota hedônica média passa a ser igual a 5, ou seja, foi o ponto a partir do qual ocorre rejeição sensorial do néctar de uva em razão da diminuição do seu teor de sacarose.

Os valores dos limiares hedônicos dos três segmentos de consumidores (baixa, média e alta preocupação com a saúde) foram comparados qualitativamente.

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS E COMPORTAMENTAIS DOS CONSUMIDORES DE CADA SEGMENTO

O segmento de consumidores com baixa preocupação com a saúde foi constituído por 64 consumidores, o segmento com média preocupação com a saúde foi composto por 281 consumidores e 61 consumidores demonstraram ter alta preocupação com a saúde.

Em todos os segmentos, a maioria dos consumidores era do sexo feminino, possuía idade entre 20 e 29 anos e consumia suco de uva uma vez por semana ou uma a duas vezes por mês (Tabela 4.1).

Como era de se esperar, os consumidores do segmento com alta preocupação com a saúde foram os que se mostraram mais preocupados com a quantidade de açúcares que estão ingerindo (84% deles), mais propensos a consumir menos açúcar (82% deles) e com maior hábito de comprar alimentos com menor teor de açúcares (74% deles), quando comparados aos consumidores dos demais segmentos (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Perfil sociodemográfico e comportamental dos consumidores de cada segmento

| Perfil dos consumidores (n = 406) | Segmento (preocupação com a saúde) | | |
|---|------------------------------------|--------------------|------------------|
| | Baixa (n = 64) | Média (n = 281) | Alta (n = 61) |
| Sexo | | | |
| Feminino | 56% | 65% | 57% |
| Masculino | 44% | 35% | 43% |
| Idade | | | |
| 18 -19 | 33% | 23% | 25% |
| 20 – 29 | 67% | 73% | 66% |
| 30 – 39 | 0% | 2% | 8% |
| 40 – 49 | 0% | 1% | 1% |
| 50 – 59 | 0% | <1% | 0% |
| Com que frequência você consome suco de uva? | | | |
| Diariamente | 0% | 2% | 0% |
| 2 a 3 vezes por semana | 13% | 16% | 18% |
| 1 vez por semana | 33% | 27% | 33% |
| 1 a 2 vezes por mês | 28% | 30% | 23% |
| Ocasionalmente (menos de 1 vez por mês) | 26% | 25% | 26% |
| Você se preocupa com a quantidade de açúcar que consome? | | | |
| Sim | 9% | 50% | 84% |
| Às vezes | 52% | 43% | 11% |
| Não | 39% | 7% | 5% |
| Você pretende consumir menos açúcar? | | | |
| Sim | 37% | 76% | 82% |
| Não | 63% | 24% | 18% |
| Você procura comprar alimentos com menor teor de açúcar? | | | |
| Sim | 14% | 54% | 74% |
| Não | 86% | 46% | 26% |

3.2 LIMIARES HEDÔNICOS

Nas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 podem-se verificar os valores t calculados (eixo Y_1) e as notas hedônicas médias (eixo Y_2) em função da concentração de sacarose das amostras estímulo (eixo X), para os segmentos de consumidores com baixa, média e alta preocupação com a saúde, respectivamente.

Para os três segmentos de consumidores e os dois conjuntos de dados (valor t e nota hedônica média), o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear, possuindo parâmetros da regressão significativos ($p < 0,05$) e coeficientes de determinação superiores a 0,92 (Tabela 4.2).

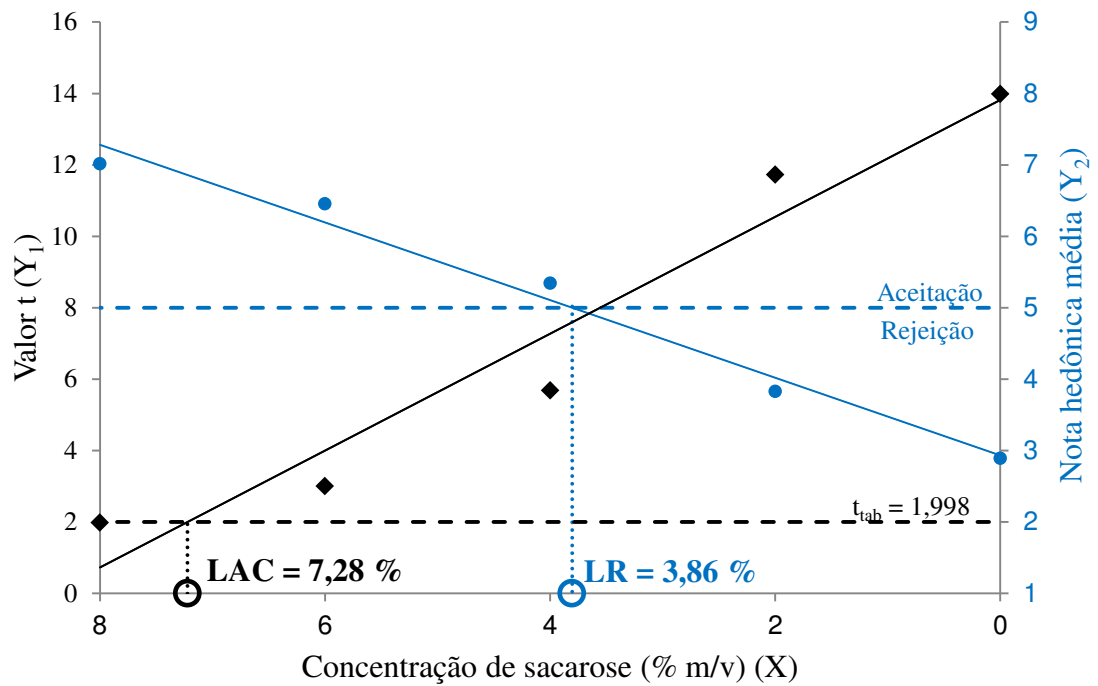


Figura 4.1 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com baixa preocupação com a saúde.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 64$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,998$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

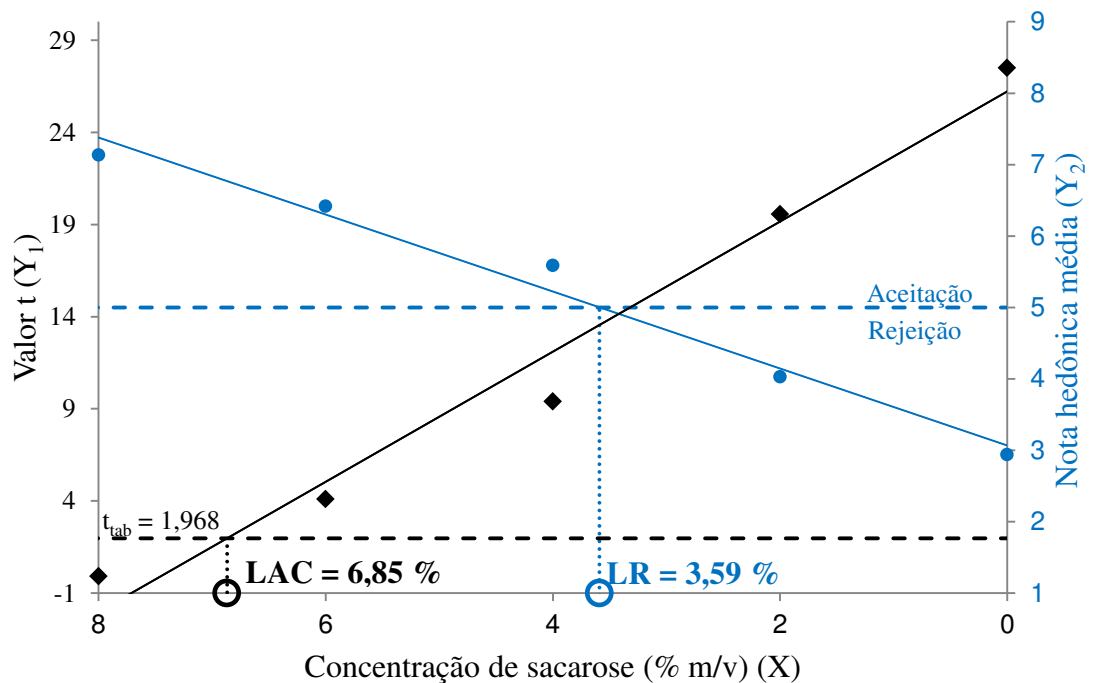


Figura 4.2 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com média preocupação com a saúde.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 281$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,968$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

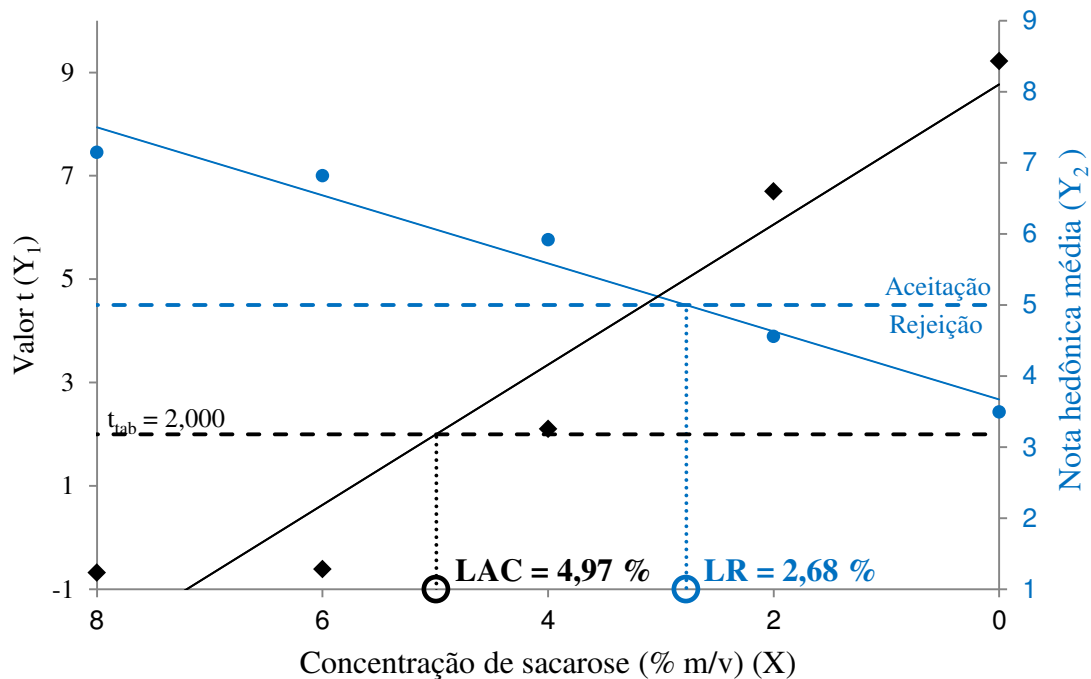


Figura 4.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sacarose, para consumidores com alta preocupação com a saúde.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 61$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 2,000$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

Tabela 4.2 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação

| Segmento (preocupação com a saúde) | Equação 1 - LAC | | Equação 2 – LR | |
|--|----------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | Modelo | r^2 | Modelo | r^2 |
| Baixa | $Y_1 = -1,6364x + 13,8170$ | 0,9426 | $Y_2 = 0,5438x + 2,9313$ | 0,9807 |
| Média | $Y_1 = -3,5310x + 26,2210$ | 0,9733 | $Y_2 = 0,5390x + 3,0655$ | 0,9802 |
| Alta | $Y_1 = -1,3553x + 8,7653$ | 0,9284 | $Y_2 = 0,4787x + 3,6721$ | 0,9634 |

Equação 1 = equação utilizada para determinar o limiar de aceitação comprometida; Equação 2 = equação utilizada para determinar o limiar de rejeição; Y_1 = valor t calculado; Y_2 = nota hedônica média; X = concentração de sacarose (% m/v); r^2 = coeficiente de determinação.

Para o segmento de consumidores com baixa preocupação com a saúde, substituindo na Equação (1) da reta o valor de Y_1 por 1,998 (Tabela 4.2), encontrou-se o LAC de 7,28%. Sendo assim, para esses consumidores, a aceitação sensorial do néctar de uva passa a ser comprometida ao reduzir a concentração de sacarose de 9,00% para 7,28%. De forma similar foram calculados os LAC dos demais segmentos. Verificou-se maior valor de LAC (7,28%) no segmento com menor preocupação com a saúde e menor valor de LAC (4,97%) no segmento com maior preocupação com a saúde.

Substituindo, na Equação (2) da reta dos dados referentes ao segmento de consumidores com baixa preocupação com a saúde, o valor de Y_2 por 5 (Tabela 4.2), encontrou-se o LR de 3,86. Isso indica que, para esse segmento de consumidores, ao reduzir a concentração de sacarose a partir de uma concentração de 3,86% o néctar de uva passa a ser rejeitado pelos consumidores. Os LR dos demais segmentos de consumidores foram calculados de forma similar. Semelhantemente ao que ocorreu com os valores do LAC, verificou-se maior valor de LR (3,86%) no segmento com menor preocupação com a saúde e menor valor de LR (2,68%) no segmento com maior preocupação com a saúde.

4. DISCUSSÃO

O segmento de consumidores com baixa preocupação com a saúde apresentou maiores valores de LAC (7,28%) e LR (3,86%), o segmento de consumidores com média preocupação com a saúde possuiu valores de LAC (6,85%) e LR (3,59%) intermediários e os consumidores com alta preocupação com a saúde possuíram menores valores de LAC (4,97%) e LR (2,68%). Dessa forma, verificou-se que diferentes segmentos de consumidores de suco e néctar de uva, diferindo quanto à preocupação com a saúde e a disposição em fazer algo por sua saúde, possuem diferentes limiars hedônicos.

O ajuste de um modelo de regressão às notas hedônicas médias possibilitou verificar o perfil de variação da aceitação sensorial do néctar de uva em função da redução de sacarose, para cada segmento de consumidores (Figuras 4.1, 4.2 e 4.3). Comparando os três segmentos de consumidores, verificou-se que as notas hedônicas médias, dos consumidores com baixa preocupação com a saúde, resultaram em um coeficiente angular da Equação 2 numericamente maior (Tabela 4.2). Já a Equação (2) da reta do segmento de consumidores com alta preocupação com a saúde foi a que possuiu, numericamente, menor coeficiente angular. Portanto, constata-se que a aceitação (notas hedônicas) dos consumidores com alta preocupação com a saúde é menos sensível à redução de sacarose do néctar de uva do que os demais segmentos de consumidores.

Uma justificativa para tais resultados seria que, os consumidores de néctar e suco de uva que possuem maior preocupação com a saúde e maior disposição em fazer algo por sua saúde, também seriam consumidores de produtos *light* e *diet*, com

menores teores de sacarose que os produtos convencionais. Dessa forma, o hábito de consumir alimentos com baixo teor de sacarose resultou em maior aceitação por esses produtos e, conseqüentemente, em menores limiares hedônicos (LAC e LR), quando comparados aos consumidores com baixa preocupação com a saúde e, provavelmente, que não estão acostumados a consumir alimentos com baixo teor de sacarose.

Harwood, Ziegler e Hayes (2012) segmentaram o mercado de chocolate entre consumidores que preferem chocolate ao leite e os que preferem chocolate mais amargo e verificaram que esses dois segmentos possuíam diferentes limiares de rejeição pelo consumidor (LRC) para concentração de octaacetato de sacarose (composto amargo) em chocolate sólido. O LRC dos consumidores que preferem chocolate escuro foi aproximadamente 2,58 vezes maior do que o limiar do segmento que prefere chocolate ao leite; portanto, os consumidores que preferem chocolate escuro são muito mais tolerantes à intensidade de gosto amargo em chocolates. Diante de tais resultados, os autores defendem que o método de determinação do LRC pode ser utilizado para examinar as preferências de segmentos específicos do mercado de chocolate.

O mesmo foi realizado utilizando a MLH, porém, examinando as aceitações de segmentos específicos do mercado consumidor de néctar e suco de uva. Com os resultados do presente estudo, foi comprovado que diferentes segmentos do mercado consumidor podem possuir diferentes limiares hedônicos.

No Capítulo 1, em que não foi realizada a segmentação dos consumidores de suco e néctar de uva, foi verificado que, para uma equipe de 150 consumidores, o LAC e o LR para concentração de sacarose em néctar de uva foi, respectivamente, 6,87% e 3,83%. O presente estudo demonstrou que, para consumidores com baixa preocupação com a saúde, em concentrações de sacarose superiores ao LAC e ao LR encontrados no Capítulo 1, já ocorre alteração da aceitação sensorial e rejeição sensorial do néctar de uva, respectivamente. Por outro lado, para o grupo segmento de consumidores com alta preocupação com a saúde é possível reduzir ainda mais o teor de sacarose sem comprometer a aceitação sensorial ou resultar em rejeição sensorial do néctar de uva.

É importante ressaltar que esses grupos de consumidores com baixa preocupação com a saúde (n = 64) e com alta preocupação com a saúde (n = 61) foram compostos por uma pequena parcela dos consumidores, com valores de

limiares hedônicos extremos. A grande maioria dos consumidores (n = 281) possuía média preocupação com a saúde, com valores de limiares hedônicos mais próximos aos encontrados no Capítulo 1. Dessa forma, constatou-se que a determinação dos limiares hedônicos globais, conforme realizado no Capítulo 1, pode levar a resultados adequados para a maioria dos consumidores, porém, grupos minoritários de consumidores, com comportamentos extremos, podem não ter suas necessidades e desejos atendidos.

Para garantir uma maior exatidão dos valores dos limiares hedônicos em mercados consumidores heterogêneos, é de grande importância, inicialmente, investigar a existência de características dos consumidores que possam influenciar os valores desses limiares. Essas características irão depender da categoria do estímulo que está tendo sua intensidade alterada no alimento. No presente estudo, por exemplo, verificou-se relação entre a característica “preocupação com a saúde”, dos consumidores, e a redução de sacarose (variação do estímulo) do néctar de uva. Posteriormente, deve-se realizar a segmentação dos consumidores, agrupando os consumidores com características semelhantes, e, por fim, determinar os limiares hedônicos para cada segmento. Dessa forma, direciona-se a tomada de decisão, sobre quais valores de limiar adota, e atendem-se as exigências de um maior número de consumidores.

5. CONCLUSÃO

O nível de preocupação com a saúde dos consumidores de néctar e suco de uva influencia os valores dos limiares sensoriais hedônicos para concentração de sacarose em néctar de uva. O LAC e o LR do segmento com alta preocupação com a saúde foram, respectivamente, 1,46 e 1,44 vezes menor do que os do segmento com baixa preocupação com a saúde.

A determinação de limiares hedônicos (LAC e LR) globais, em um mercado consumidor heterogêneo, pode levar a resultados adequados para a maioria dos consumidores, porém, inadequados para grupos minoritários de consumidores com comportamentos extremos. Em mercados muito heterogêneos é de grande importância, preliminarmente, identificar características dos consumidores que possam influenciar os limiares hedônicos, formar grupos de consumidores com características semelhantes, para que, assim, a tomada de decisão sobre qual valor de

limiar adotar seja direcionada. Dessa forma, garante-se uma maior exatidão dos limiares hedônicos e se atendem as exigências de um maior número de consumidores.

REFERÊNCIAS

- Choe, J. Y., & Cho, M. S. (2011). Food neophobia and willingness to try nontraditional foods for Koreans. *Food Quality and Preference*, 22(7), 671-677.
- Dantas, M. I. S., Minim, V. P. R., & Deliza, R. (2003). Tradução e validação para a língua portuguesa do questionário Health Consciousness utilizado em estudos de consumidor. *Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 37(2), 103-105.
- Harwood M. L., Ziegler, G. R., & Hayes, J. E. (2012). Rejection thresholds in solid chocolate-flavored compound coating. *Journal of Food Science*, 77(10), S390-3.
- Olabi, A., Najm, N. E. O., Baghdadi, O. K., & Morton, J. M. (2009). Food neophobia levels of Lebanese and American college students. *Food Quality and Preference*, 20(5), 353-362.
- Schifferstein, H. N. J., & Oude Ophuis, P. A. M. (1998). Health-related determinants of organic food consumption in The Netherlands. *Food Quality and Preference*, 9(3), 119-133.
- Tuorila, H., Lahteenmaki, L., Pohjalainen, L., & Lotti, L. (2001). Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. *Food Quality and Preference*, 12(1), 29-37.
- Ventura, R. (2010). *Mudanças no perfil do consumo no Brasil: Principais tendências nos próximos 20 anos*. Macroplan - Prospectiva, Estratégia e Gestão. Disponível em: <<http://macroplan.com.br/documentos/artigomacroplan2010817182941.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2015.
- Vidigal, M. C. T. R., Minim, V. P. R., Simiqueli, A. A., Souza, P. H. P., Balbino, D. F., & Minim, L. A. (2015). Food technology neophobia and consumer attitudes toward foods produced by new and conventional technologies: A case study in Brazil. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 832-840.

CAPÍTULO V

LIMIARES HEDÔNICOS DIRECIONAIS PARA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO EM HAMBÚRGUER

Limiares hedônicos direcionais para concentração de sódio em hambúrguer

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se um aumento na prevalência de doenças crônicas não-transmissíveis em todo o mundo. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (World Health Organization – WHO, 2013a), essas enfermidades matam mais de 36 milhões de pessoas a cada ano, ou seja, são responsáveis por mais de 65% das mortes notificadas no mundo. Quase metade de todas essas mortes é atribuída às doenças cardiovasculares. O consumo excessivo de sódio é um dos responsáveis por essas doenças.

O sal de cozinha (cloreto de sódio) é a fonte primária de sódio na alimentação (aproximadamente 39% de sódio) e o consumo excessivo de sódio acarreta em aumento da pressão arterial, resultando em maiores riscos de doenças cardiovasculares, como acidente vascular cerebral e ataque cardíaco (Alburto et al., 2013; Mozaffarian et al., 2014; WHO, 2014). Estima-se que 1,65 milhões de mortes causadas por doenças cardiovasculares em 2010 foram devido ao consumo excessivo de sódio; 61,9% destas mortes ocorreram em homens e 38,1% ocorreram em mulheres (Mozaffarian et al., 2014).

A WHO recomenda que a ingestão diária de sódio não ultrapasse 2 g para indivíduos adultos, ou seja, 5 g de sal (WHO, 2013b). Entretanto, o consumo de sal pela população é cerca de duas vezes maior que o recomendado (9 g a 12 g). Diante deste contexto, países membros da WHO concordaram em reduzir, até 2025, 30% da ingestão de sal pela população global, com o objetivo de alcançar uma meta de ingestão menor que 5 g de sal por dia. Estima-se que 2,5 milhões de mortes podem ser evitadas todos os anos se o consumo global de sal for reduzido para o nível recomendado (WHO, 2014).

O consumo elevado de sódio está relacionado ao consumo de alimentos processados como pizza, carnes processadas, biscoitos e pratos prontos para consumo (WHO, 2014; Zandstra, Lion & Newson, 2015). O hambúrguer, por exemplo, possui elevada concentração de sódio e é um dos alimentos mais

consumidos no mundo, devido a sua praticidade e sabor, resultando no aumento do consumo de sódio pela população (Brasil, 2012a; Safefood, 2012; CASH, 2015, NPD, 2015; FAO, 2015). Portanto, com a redução da concentração de sódio desses alimentos, o consumo de sódio pela população diminuiria e, conseqüentemente, menor seria a incidência de doenças cardiovasculares, como acidente vascular cerebral e ataque cardíaco. Mesmo cientes de tais fatos, um dos principais fatores que impede que as indústrias de alimentos reduzam os teores de sódio de seus produtos é a provável perda de aceitação sensorial e a conseqüente perda de mercado que tais alterações possivelmente acarretariam; tendo em vista que o sal é um dos principais ingredientes responsáveis pela aceitação sensorial de muitos alimentos.

O fato de, até 2015, não existir uma metodologia de análise sensorial precisa e exata que indique o quanto se pode reduzir de sódio sem que ocorra comprometimento da aceitação sensorial ou rejeição sensorial do produto, torna as indústrias ainda mais receosas em alterar a formulação de seus produtos. Entretanto, a metodologia de determinação do Limiar de Aceitação Comprometida (LAC) e do Limiar de Rejeição (LR) (Metodologia dos Limiares Hedônicos – MLH) pode ser utilizada como ferramenta para solução desse problema, facilitando a oferta de alimentos mais saudáveis.

Por meio do LAC e do LR é possível verificar o quanto se pode reduzir de sódio sem comprometer a aceitação sensorial (LAC) ou resultar em rejeição sensorial (LR) do produto. Nesse contexto, objetivou-se determinar o LAC e o LR para concentração de sódio em hambúrguer. Além disso, propôs-se a determinação desses limiares hedônicos direcionando os atributos sensoriais (Metodologia dos Limiares Hedônicos Direcionais – MLHD). Assim, objetivou-se determinar o quanto se pode reduzir de sódio sem comprometer a aceitação sensorial (LAC) ou resultar em rejeição sensorial (LR) do aroma, da textura, do sabor e da impressão global do hambúrguer.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sob o número de parecer 773.185, e da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sob o número de parecer 804.070. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Análise Sensorial

da UFV e do Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA-UFES), em cabines individuais e sob a luz branca.

Nos capítulos anteriores, a metodologia de determinação dos limiares hedônicos (MLH) foi aplicada na redução de sacarose em néctar de uva. No presente estudo, além de aplicar a MLH em uma matriz mais complexa (hambúrguer), pretendeu-se propor e determinar os limiares hedônicos direcionais para atributos sensoriais (Metodologia dos Limiares Hedônicos Direcionais - MLHD).

A única diferença entre o protocolo da MLHD e o da MLH (proposta no Capítulo 1) é que, no protocolo da MLH, os consumidores avaliam apenas a aceitação global do produto; já no MLHD os consumidores avaliam a aceitação global (impressão global) e a aceitação pelos atributos sensoriais. No presente estudo, por exemplo, os consumidores avaliaram a aceitação global e a aceitação pelo aroma, textura e sabor das amostras de hambúrguer, utilizando ficha de aceitação direcional para atributos, conforme demonstrado na Figura 5.1.

| | | | |
|---|--|-------------------------|--------------|
| Nome: _____ | | Sexo: _____ | Idade: _____ |
| Por favor, anote o código da amostra, prove-a e indique o quanto você gostou ou desgostou do aroma, da textura, do sabor e da impressão global da carne de hambúrguer. Anote nos espaços em branco os números referentes às respostas que melhor reflitam seus julgamentos. | | | |
| Código da amostra: _____ | | Aroma: _____ | |
| | | Textura: _____ | |
| | | Sabor: _____ | |
| | | Impressão global: _____ | |
| 9 – Gostei extremamente | | | |
| 8 – Gostei muito | | | |
| 7 – Gostei moderadamente | | | |
| 6 – Gostei ligeiramente | | | |
| 5 – Indiferente | | | |
| 4 – Desgostei ligeiramente | | | |
| 3 – Desgostei moderadamente | | | |
| 2 – Desgostei muito | | | |
| 1 – Desgostei extremamente | | | |
| Comentários: _____ | | | |

Figura 5.1 - Ficha utilizada nos testes de aceitação para determinação do LAC e do LR direcionais.

Dessa forma, pretendeu-se verificar a partir de qual concentração a redução de sódio do hambúrguer resulta em comprometimento da aceitação sensorial (LAC) e rejeição sensorial (LR) do aroma, da textura, do sabor e da impressão global do produto, verificando, assim, quais atributos são mais sensíveis à redução da concentração de sódio.

O hambúrguer foi escolhido para este estudo por ser um alimento com alto teor de sódio (Brasil, 2012a; Safefood, 2012; CASH, 2015) e por ser muito consumido no mundo (NPD, 2015; FAO, 2015).

2.1 PREPARO DO HAMBÚRGUER

A formulação do hambúrguer e o seu preparo foram realizados atendendo a legislação brasileira (Brasil, 2000) e de acordo com informações da literatura (Passos & Kuaye, 2002; Velioglu et al., 2010). Além disso, pretendeu-se preparar o hambúrguer com formulação semelhante às utilizadas pelas indústrias de alimentos. Para tanto, a massa base para o preparo do hambúrguer foi constituída de 71% de acém bovino, 15% de gordura, 4% de proteína texturizada de soja (PTS) e 10% de água. O único ingrediente que variou entre as formulações das amostras foi a concentração de sódio. Na massa base foi adicionada quantidade de sódio correspondente à concentração de cada amostra em estudo.

O acém e a gordura foram moídos conjuntamente, em moedor de carne da marca C.A.F e modelo CAF 98D/S, equipado com uma placa de moagem de 4 mm. A PTS (50% de proteína), da marca Natural Life, foi previamente hidratada na proporção de 2:1 (água : PTS), por imersão em água a 60 °C, durante 20 min (Passos & Kuaye, 2002). A água utilizada para hidratar a PTS foi uma parte dos 10% de água da formulação. Posteriormente, adicionou-se a PTS hidratada na carne e na gordura e se misturou até homogeneizar os ingredientes. Por fim, adicionou-se o restante da água gelada e se realizou uma nova mistura até perfeita homogeneização.

A massa base foi dividida em seis lotes: um lote para o preparo da amostra controle e cinco lotes para o preparo das amostras a serem comparadas com a amostra controle (amostras estímulo). Em cada lote foi adicionada quantidade de sal (cloreto de sódio, contendo 39% de sódio, conforme informado no rótulo do produto) correspondente ao teor de sódio de cada amostra.

Visando a uma maior representação da realidade, desejou-se que a amostra controle do estudo tivesse concentração de sódio similar às dos hambúrgueres comercializados no mercado. Para tanto, foi analisado o teor de sódio informado na tabela nutricional do rótulo de dez marcas de hambúrguer de carne bovina comercializadas no Brasil. A média aritmética desses valores foi a concentração de sódio da amostra controle deste estudo (0,827% m/m).

Para determinação da concentração de sódio das amostras estímulos, testes preliminares foram realizados pelos próprios pesquisadores deste estudo, a fim de verificar a alteração das características sensoriais do hambúrguer com a redução da concentração de sal. Verificou-se que a amostra contendo 0,780% de sódio possuía características sensoriais semelhantes à amostra controle (0,827%). Dessa forma, a amostra contendo 0,780% foi escolhida para ser a primeira a ser comparada com a amostra controle e, a partir dessa concentração, reduziu-se o teor de sódio das demais amostras de forma gradual até a concentração de 0% de sódio. Sendo assim, as concentrações de sódio selecionadas para a determinação do LAC e do LR direcionais foram 0,827% (m/m) (amostra controle), 0,780% (m/m), 0,585% (m/m), 0,390% (m/m), 0,195% (m/m) e 0% (m/m).

Para cada amostra, após a adição de sal na massa base e mistura até completa homogeneização, prepararam-se os hambúrgueres de aproximadamente 60 g, 9 cm de diâmetro e 0,8 cm de altura, utilizando molde manual para hambúrguer. Os hambúrgueres foram armazenados a, aproximadamente, -18 °C até realização dos testes sensoriais.

Momentos antes da análise, os hambúrgueres foram fritos em chapa bifeteira a gás, pré-aquecida, da marca Metalcubas (Modelo CBG800L) e de aço inoxidável. O processo de fritura durou 3 min, para cada lado do hambúrguer, de modo a atingir a temperatura no ponto central interna da carne de, aproximadamente, 72 °C (medida com termômetro digital). O hambúrguer foi dividido em quatro pedaços iguais, sendo servido aos consumidores aproximadamente 15 g de carne de hambúrguer por pedaço.

A amostra contendo 0,827% de sódio foi denominada “amostra controle” e as demais amostras, cuja concentração de sódio foi reduzida (0,780%, 0,585%, 0,390%, 0,195% e 0%), foram chamadas de “amostra estímulo”.

2.2 CONSUMIDORES

Consumidores habituais de hambúrguer foram recrutados entre alunos e funcionários do CCA-UFES e moradores da cidade de Alegre – Espírito Santo, Brasil. O estudo foi realizado por uma equipe de 150 consumidores, composta por 81 mulheres e 69 homens com idade entre 18 e 59 anos. A maioria possuía idade entre 18 e 29 anos (90%).

2.3 DETERMINAÇÃO DOS LIMIARES HEDÔNICOS

Para determinação dos limiares hedônicos (LAC e LR), os consumidores realizaram cinco sessões de teste de aceitação. Em cada sessão de aceitação foram servidas aos consumidores duas amostras, das quais uma foi a amostra controle (0,827% de sódio) e a outra foi uma das amostras estímulo. Entre as sessões, os pares de hambúrgueres foram apresentados em ordem decrescente de concentração de sódio, e a posição da amostra estímulo, dentro de cada par, foi aleatorizada.

Os consumidores provaram as amostras da esquerda para direita e responderam, em ficha com escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”) (Figura 5.1), o quanto gostaram ou desgostaram do aroma, da textura, do sabor e da impressão global dos hambúrgueres. Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam um novo par de amostras a cada 5 minutos.

Foi determinado o LAC para o aroma (LACa), para a textura (LACt), para o sabor (LACs) e para a impressão global (LACig) do hambúrguer. Para determinação do LAC de cada atributo, as notas hedônicas da amostra controle (NHAC) e da amostra estímulo (NHAE) (diferença: NHAC – NHAE), de cada sessão, foram comparadas por meio do teste t para amostras pareadas. Com os valores t obtidos, foi elaborado um gráfico do valor t de cada sessão (eixo Y_1) em função da concentração de sódio da amostra estímulo (eixo X). A região em que começa a ocorrer diferença significativa entre as amostras quanto à aceitação foi representada no gráfico por uma linha tracejada, referente ao valor t tabelado, ao nível de 5% de significância. Foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais. Para a seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados, foram avaliados a significância dos parâmetros da regressão e o coeficiente de determinação R^2 ($SQ_{regressão}/SQ_{total}$). Os testes t e o ajuste do modelo foram realizados utilizando o software SAS® (Statistical Analysis System – SAS), versão 9.3, licenciado para a UFV.

Por meio da equação do modelo, o LAC foi calculado para cada atributo, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual o valor t calculado passa a ser igual ao valor t tabelado ($p = 0,05$), isto é, o ponto a partir do qual ocorre alteração significativa da aceitação sensorial do aroma, da textura, do sabor ou da impressão global do hambúrguer, em razão da diminuição do seu teor de sódio.

Para determinação do LR de cada atributo (aroma - LRa, textura - LRt, sabor - LRs e impressão global - LRig), no mesmo gráfico de determinação do LAC, foi inserido um segundo eixo Y (Y_2), referente à nota hedônica média das amostras estímulo. O ponto de corte deste eixo foi representado no gráfico por uma linha tracejada, referente à nota hedônica 5 (termo hedônico “indiferente”), indicando o ponto de transição entre aceitação e rejeição sensorial do produto. Também foi ajustado um modelo de regressão aos dados experimentais do eixo Y_2 . Os critérios para a seleção do modelo que melhor se ajustou aos dados foram os mesmos da determinação do LAC.

Por meio da equação do modelo, o LR de cada atributo foi calculado, sendo a concentração correspondente ao ponto no qual a nota hedônica média passa a ser igual a 5, ou seja, foi o ponto a partir do qual ocorre rejeição sensorial do aroma, da textura, do sabor e da impressão global do hambúrguer, em razão da diminuição do seu teor de sódio.

3. RESULTADOS

Nas Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 podem-se verificar os valores t calculados (eixo Y_1) e as notas hedônicas médias (eixo Y_2) em função da concentração de sódio das amostras estímulo (eixo X), para os atributos aroma, textura, sabor e impressão global, respectivamente.

Para os quatro atributos e os dois conjuntos de dados (valor t e nota hedônica média), o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear, possuindo parâmetros da regressão significativos ($p < 0,05$) e coeficientes de determinação superiores a 0,90 (Tabela 5.1).

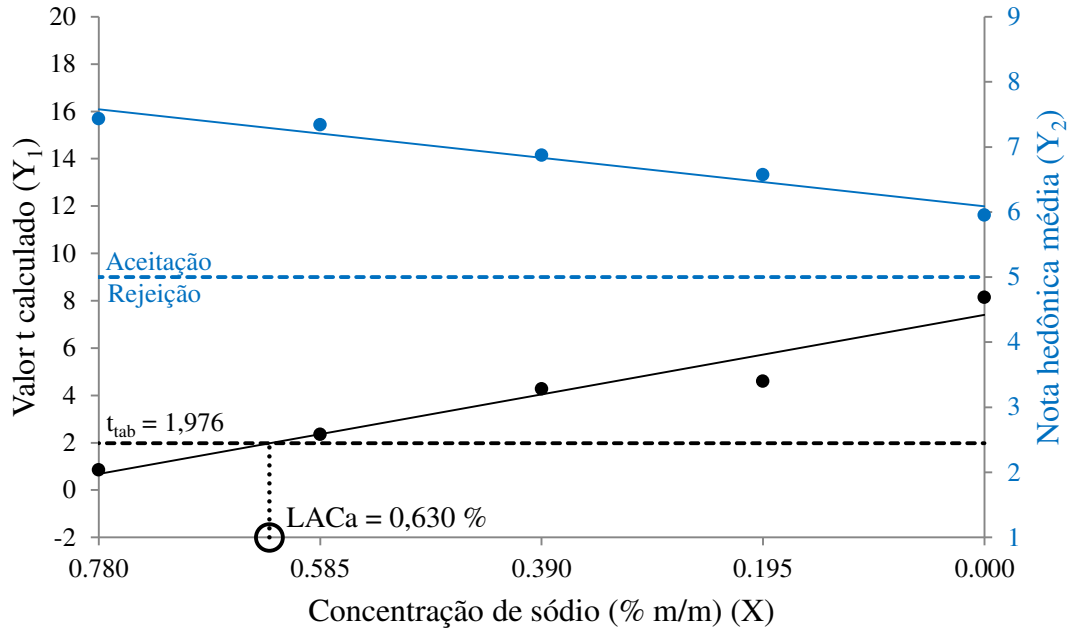


Figura 5.2 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo aroma.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 150$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,976$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

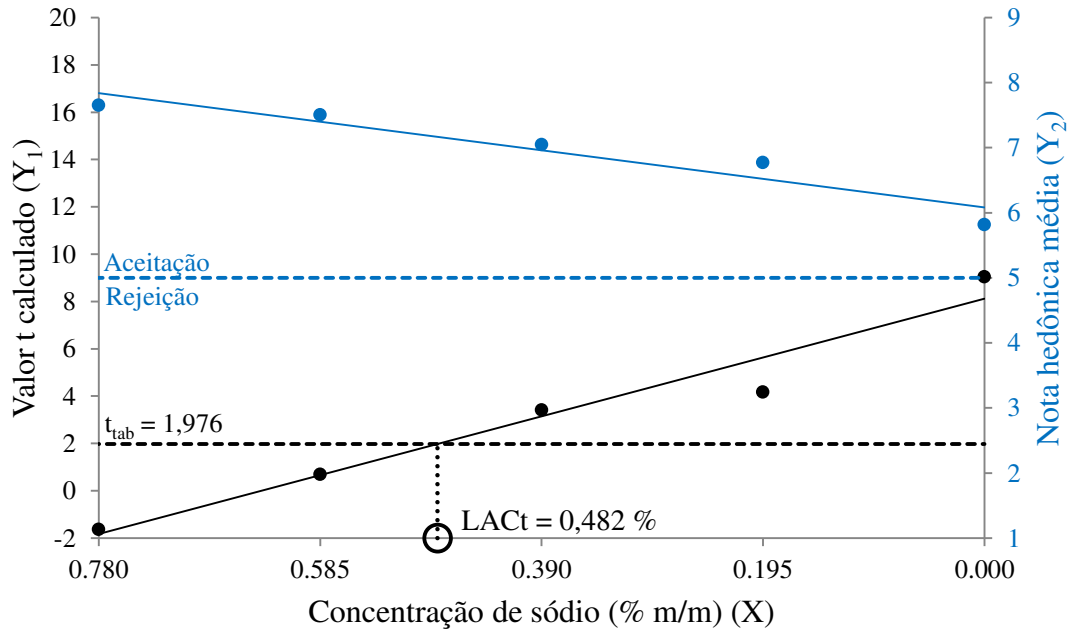


Figura 5.3 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo textura.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 150$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,976$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

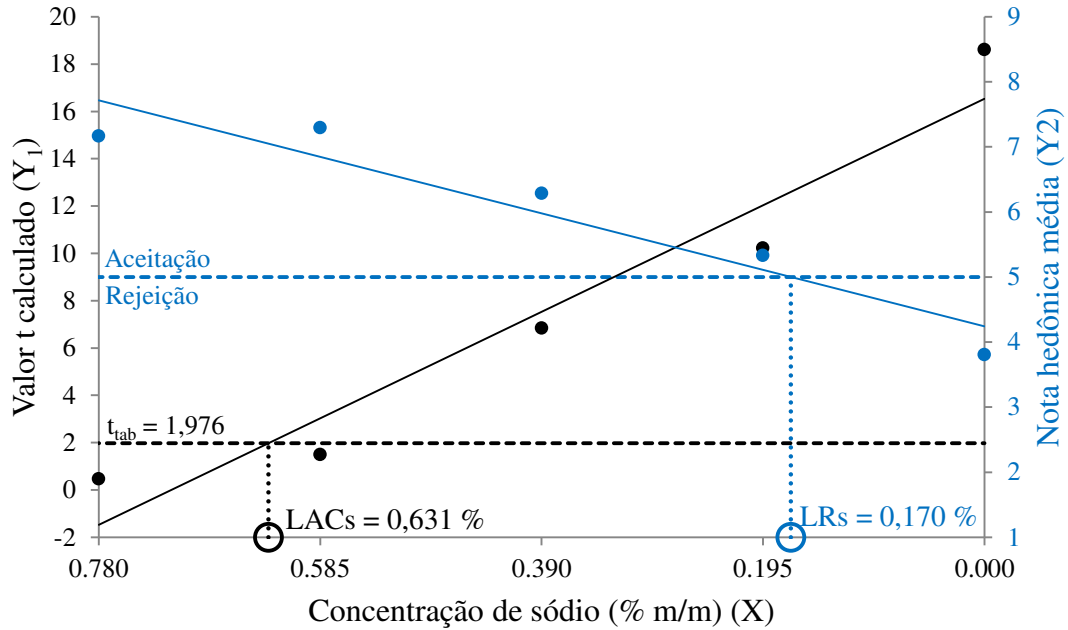


Figura 5.4 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para o atributo sabor.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 150$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,976$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

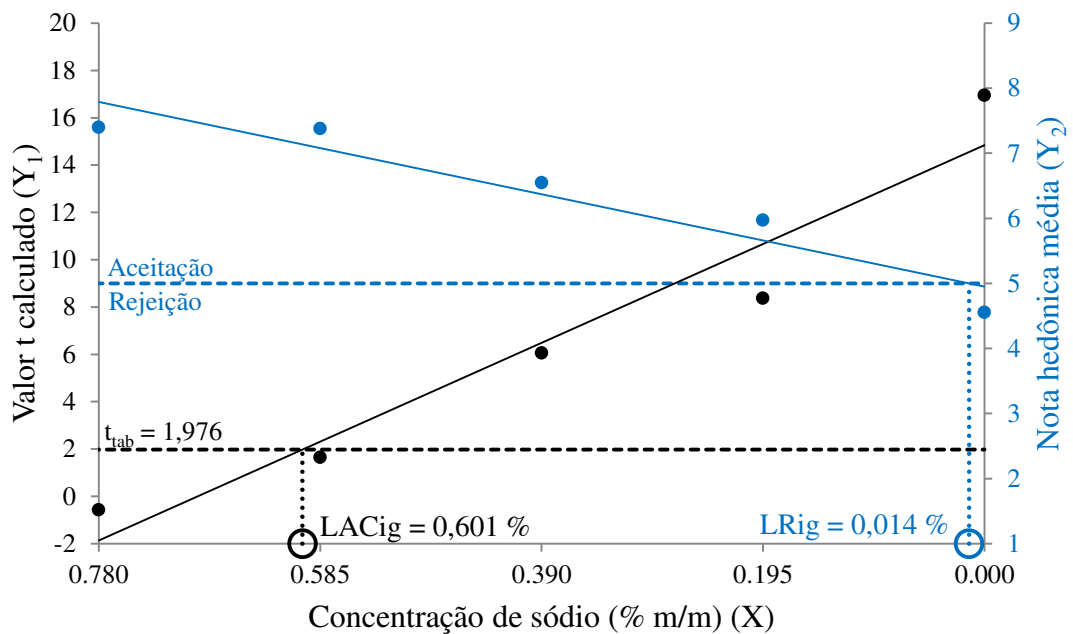


Figura 5.5 - Valores t calculados e notas hedônicas médias em função da concentração de sódio em estudo, para a impressão global.

A linha tracejada preta representa o valor t tabelado para diferença significativa quanto à aceitação ($n = 150$ e $p = 0,05$) ($t_{tab} = 1,976$). A linha tracejada azul representa a nota hedônica média 5, referente ao termo hedônico “indiferente” (início da rejeição sensorial).

Tabela 5.1 - Modelos ajustados e seus respectivos coeficientes de determinação

| Atributo | Equação 1 | | Equação 2 | |
|------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| | Modelo | r ² | Modelo | r ² |
| Aroma | $Y_1 = -8,6285X + 7,4099$ | 0,9371 | $Y_2 = 1,9111X + 6,0893$ | 0,9510 |
| Textura | $Y_1 = -12,7430X + 8,1128$ | 0,9524 | $Y_2 = 2,2564X + 6,0800$ | 0,9126 |
| Sabor | $Y_1 = -23,0810X + 16,5310$ | 0,9346 | $Y_2 = 4,4513X + 4,2413$ | 0,9003 |
| Impressão global | $Y_1 = -21,4300X + 14,8460$ | 0,9358 | $Y_2 = 3,641X + 4,9507$ | 0,9051 |

Equação 1 = equação utilizada para determinar o limiar de aceitação comprometida; Equação 2 = equação utilizada para determinar o limiar de rejeição; Y_1 = valor t calculado; Y_2 = nota hedônica média; X = concentração de sódio (% m/m); r^2 = coeficiente de determinação.

Para a determinação do LACa (LAC para o atributo aroma), substituiu-se na Equação (1) da reta o valor de Y_1 por 1,976 (Tabela 5.1), encontrando-se o valor de 0,630%. Sendo assim, a aceitação sensorial do aroma do hambúrguer passa a ser comprometida a partir da redução da concentração de sódio de 0,827% para 0,630% (Figura 5.2). De forma similar foram calculados os LAC dos demais atributos (Figuras 5.3, 5.4 e 5.5). Verificou-se maior valor do LAC para o atributo sabor (LACs = 0,631%) e menor valor do LAC para o atributo textura (LACt = 0,482%).

Para determinação do LRs (LR para o atributo sabor), substituiu-se na Equação (2) da reta o valor de Y_2 por 5 (Tabela 5.1), encontrando-se o LRs de 0,170%. Isso indica que, ao reduzir a concentração de sódio, a partir da concentração de 0,170% o sabor do hambúrguer passa a ser rejeitado pelos consumidores (Figura 5.4). O LR para impressão global (LRig = 0,014%) foi calculado de forma similar (Figura 5.5). A redução da concentração de sódio não acarretou em rejeição sensorial do aroma e da textura do hambúrguer, não havendo LR para esses atributos (Figuras 5.2 e 5.3). O maior valor de LR foi o do atributo sabor (LRs = 0,170%).

4. DISCUSSÃO

Comparando-se com o hambúrguer contendo 0,827% (m/m) de sódio (amostra controle), verificou-se que, ao reduzir a concentração de sódio de 0,827% para 0,631% (LACs), o sabor do hambúrguer passa a ser significativamente menos aceito; a partir de 0,630% (LACa), o aroma passa a ser significativamente menos aceito; a partir de 0,601 (LACig), a aceitação global do hambúrguer é alterada significativamente; e a partir de 0,482% (LACt), ocorre alteração significativa da aceitação sensorial da textura do hambúrguer. Portanto, a redução de sódio resulta, inicialmente, em alteração da aceitação sensorial do sabor do hambúrguer e,

posteriormente, do aroma, da impressão global e da textura do produto, respectivamente.

Constatou-se, também, que ao reduzir a concentração de sódio de 0,827% para 0,170% (LRs), o sabor do hambúrguer passa a ser rejeitado pelos consumidores e, de 0,827% para 0,014% (LRig), passa a ocorrer rejeição sensorial global do produto. A redução de sódio não resultou em rejeição sensorial do aroma e da textura do hambúrguer.

Conforme observado nos resultados, a redução de sal (cloreto de sódio, sal fonte de sódio utilizado neste estudo) exerce efeito sobre a aceitação do aroma, da textura, do sabor e, conseqüentemente, da aceitação global do hambúrguer.

Verificou-se que a redução de sódio não resultou em rejeição sensorial do aroma do hambúrguer; porém, acarretou em menor aceitação sensorial do aroma do produto (Figura 5.2). O efeito primário da redução da concentração de sódio no alimento é a diminuição da intensidade de gosto salgado percebido. Uma redução do gosto salgado palatável também pode resultar numa diminuição da percepção de aromas palatáveis associados a ele (Hutton, 2002; Liem, Miremadí & Keast, 2011), o que pode ter acarretado na diminuição da aceitação sensorial do aroma das amostras de hambúrguer com menores concentrações de sódio.

No hambúrguer, são adicionadas concentrações de cloreto de sódio (sal fonte de sódio utilizado neste estudo) inferiores a 4%; nessas concentrações e na presença de água, o cloreto de sódio dissocia-se e seus íons cloro (Cl⁻) ligam-se às cargas positivas das proteínas, aumentando a disponibilidade de cargas negativas para se ligarem às moléculas de água e, assim, aumentando a capacidade de retenção de água da carne (Sebranek, 2009). O aumento da capacidade de retenção de água resulta em maior rendimento no processo de cozimento e maior suculência e maciez da carne (Sebranek, 2009). Durante a fritura dos hambúrgueres observou-se maior perda de água nas amostras com menores concentrações de sódio, o que pode ter alterado a textura do produto. Apesar de não ter resultado em rejeição sensorial, tais alterações podem ter acarretado na menor aceitação sensorial da textura das amostras com menores concentrações de sal (Figura 5.3).

Enquanto os íons de cloro desempenham um papel importante na textura da carne, os íons de sódio (Na⁺) são responsáveis pelo gosto salgado (Sebranek, 2009). O cloreto de sódio é a substância química que caracteriza o gosto salgado e é o principal ingrediente utilizado como agente de sabor na formulação de diversos

alimentos (Liem, Miremadi & Keast, 2011). Em geral, a redução de sódio em alimentos não só reduz a percepção do gosto salgado, mas também está associada a uma vasta gama de interações gustativas complexas, o que pode ter um impacto negativo na aceitação sensorial dos alimentos. Como exemplo, o sódio é um inibidor eficaz do amargor; com a redução da concentração de sódio ocorre diminuição da intensidade do gosto salgado (efeito primário) e aumento do amargor, que, por sua vez, diminui a intensidade do gosto doce percebido (Breslin & Beauchamp, 1997; Liem, Miremadi & Keast, 2011). No geral, os gostos salgado e doce são considerados palatáveis, enquanto o gosto amargo é desagradável (Breslin & Beauchamp, 1997). O cloreto de sódio é considerado uma substância que mascara gostos e sabores desagradáveis (Breslin & Beauchamp, 1997; Henney, Taylor & Boon, 2010). Além disso, as alterações do aroma e da textura, comentadas anteriormente, também comprometem a aceitação do sabor do produto. Portanto, com a redução da concentração de sódio, conseqüentemente, ocorre redução da aceitação do sabor do produto, conforme observado no presente estudo (Figura 5.4).

Com diminuição da aceitação do aroma, da textura e do sabor do hambúrguer, devido à redução da concentração de sódio, conseqüentemente, ocorreu redução da aceitação global do produto (Figura 5.5).

Além de possibilitar determinar o LAC e o LR direcionais, com o ajuste de um modelo de regressão nas notas hedônicas médias, foi possível verificar também o perfil de variação da aceitação sensorial de cada atributo em função da redução de sódio do hambúrguer. Por exemplo, para o atributo sabor foi verificado um coeficiente angular da reta, da Equação 2, de 4,4513, isto é, a redução de uma unidade na concentração de sódio (X) resulta em uma redução média de 4,4513 na nota hedônica média (Y_2) do sabor do hambúrguer (Tabela 5.1). Esse coeficiente angular foi considerado alto (reta muito inclinada, Figura 5.4), indicando que a aceitação sensorial do sabor do hambúrguer mostrou-se muito sensível à redução do teor de sódio. Os atributos que possuíram maiores valores de coeficiente angular, ou seja, maior sensibilidade à redução da concentração de sódio, foram o sabor, a impressão global, a textura e o aroma, respectivamente.

Portanto, apesar de o LAC para o aroma ter tido um dos maiores valores numéricos ($LAC_a = 0,630\%$), a aceitação sensorial do aroma do hambúrguer foi a menos sensível à redução da concentração de sódio. Além disso, a redução de sódio não resultou em rejeição sensorial do aroma do hambúrguer. Tais resultados

demonstram a importância de se determinar o LAC e o LR conjuntamente, o que não demandou grandes esforços, uma vez que a etapa de coleta de dados foi a mesma para o cálculo dos dois limiares hedônicos.

Diante de tais resultados, verifica-se que a MLH, até então aplicada apenas na redução de sacarose em néctar de uva (Capítulos 1, 2, 3 e 4), aplicou-se perfeitamente no estudo da redução de sódio em uma matriz mais complexa, como o hambúrguer. Além disso, verificou-se que a determinação do LAC e do LR direcionais (MLHD) possibilitou a obtenção de um maior número de informações, indicando a aceitação e a rejeição de quais atributos (aroma, textura, sabor e impressão global) são as mais afetadas pela redução de sódio do hambúrguer.

Conforme comentado anteriormente, os atributos que possuíram maiores valores de LAC foram o sabor (LACs = 0,631%), o aroma (LACa = 0,630%) e a impressão global (LACig = 0,601%). Avaliando conjuntamente as concentrações de sódio referentes a esses limiares e as notas hedônicas médias das Figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 (eixo Y₂, à direita), verifica-se que, apesar de as amostras de hambúrguer, com concentrações de sódio referentes a esses LAC, serem significativamente menos aceitas que a amostra controle, ainda possuem ótima aceitação sensorial, com nota hedônica média para todos os atributos avaliados superior a 7 (termo hedônico “gostei moderadamente”). Conforme comentado no Capítulo 1, nesses casos, cabe à indústria decidir se utilizará uma intensidade de estímulo (concentração de sódio) anterior ao valor do LAC, garantindo que seu novo produto não difira estatisticamente quanto à aceitação da amostra controle; ou uma intensidade de estímulo *suprathreshold* (valor além do limiar), em que, mesmo sabendo que seu novo produto será menos aceito que a amostra controle, é assumida a alteração da intensidade do estímulo até um nível de aceitação visto como satisfatório.

Os valores dos limiares hedônicos informados no presente estudo são de grande utilidade para as indústrias de alimentos. De posse do LAC, as indústrias de hambúrguer poderão ofertar alimentos mais saudáveis sem precisar ter receio de perder mercado devido às alterações provocadas pela redução do teor de sódio de seus produtos, uma vez que poderão ofertar hambúrguer, com menor teor de sódio, sem que seu produto perca aceitação sensorial.

Os valores dos limiares hedônicos se tornam ainda mais úteis quando programas governamentais recomendam ou exigem que as indústrias de alimentos reduzam o teor de sódio de seus produtos. No Brasil, a partir de abril de 2011, o

Ministério da Saúde assinou uma série de termos de compromisso com associações, sindicatos e indústrias do setor de alimentos, estabelecendo metas para redução de sódio de diversos alimentos industrializados (Brasil, 2011a, 2011b, 2012b e 2013). Dentre os alimentos com meta de redução de sódio está o hambúrguer. De acordo com as metas estabelecidas, até este ano (2015), os hambúrgueres comercializados no Brasil devem ter no máximo 0,78% (m/m) de sódio e, até 2017, os hambúrgueres devem ter no máximo 0,74% (m/m) de sódio (Brasil, 2013). O presente estudo demonstrou que é possível reduzir o teor de sódio do hambúrguer até valores menores (0,631% m/m) do que as metas estabelecidas pelo governo brasileiro, sem comprometer a aceitação sensorial do produto pelo consumidor.

É importante ressaltar que o único tempero utilizado na formulação dos hambúrgueres deste estudo foi o sal. Possivelmente, a adição de outros temperos, como por exemplo, alho em pó, cebola em pó e pimenta, permitiria reduzir ainda mais o teor de sódio do hambúrguer sem comprometer a aceitação sensorial do produto. Entretanto, novos estudos se tornam necessários para comprovar essa hipótese.

No presente estudo, a metodologia de determinação dos limiares hedônicos (LAC e LR) foi aplicada na redução de sódio em carne de hambúrguer, entretanto, nada impede que também seja aplicada na redução de sódio de outros alimentos. Assim, com uma maior oferta de alimentos com menor teor de sódio e boa aceitação sensorial, o consumo de sódio pela população tende a diminuir, resultando numa menor incidência de mortes devido a doenças cardiovasculares, como o acidente vascular cerebral e o ataque cardíaco.

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a redução da concentração de sódio resulta, inicialmente, no comprometimento da aceitação sensorial do sabor do hambúrguer (LACs = 0,631%); posteriormente, ocorre comprometimento da aceitação do aroma (LACa = 0,630), da aceitação global (LACig = 0,601) e da aceitação da textura (LACt = 0,482) do produto. A redução da concentração de sódio não resultou em rejeição sensorial do aroma e da textura do hambúrguer; porém, a partir da concentração de sódio de 0,170% e de 0,014% ocorreu rejeição sensorial do sabor e rejeição sensorial global do produto, respectivamente.

A metodologia de determinação dos limiares hedônicos (LAC e LR) aplicou-se perfeitamente na redução de sódio de uma matriz complexa, como o hambúrguer. Além disso, a determinação do LAC e do LR direcionais possibilita a obtenção de um maior número de informações de grande utilidade pelas indústrias de alimentos, indicando a aceitação e a rejeição de quais atributos (aroma, textura, sabor e impressão global) são as mais afetadas pela variação do estímulo (redução de sódio).

Por fim, concluiu-se que as informações fornecidas neste estudo podem auxiliar na redução de sódio de alimentos processados sem que esses produtos percam sua aceitação sensorial pelo consumidor. Assim, com uma maior oferta de alimentos com menor teor de sódio e boa aceitação sensorial, menor será o consumo de sódio pela população e, conseqüentemente, menor será o número de mortes devido a doenças cardiovasculares, como o acidente vascular cerebral e o ataque cardíaco.

REFERÊNCIAS

Alburto, N. J., Ziolkovska, A., Hooper, L., Elliot, P., Cappuccio, F. P., & Meerpohl, J. J. (2013). Effect of lower sodium intake on health: Systematic review and metaanalyses. *BMJ*, *346*, f1326.

Brasil. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. (2012a). *Teor de sódio dos alimentos processados*. Informe Técnico N. 50/2012. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/856c37804d19e24d9d7aff4031a95fac/INFORME+T%C3%89CNICO+2012-+OUTUBRO.pdf?MOD=AJPERES>>.

Acessado em: 15 fev. 2013.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2000). Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hamburger, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. *Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 1 ago. 2000. Seção 1, p. 3-31.

Brasil. Ministério da Saúde (2011a). Termo de compromisso nº 004/2011, de 7 de abril de 2011. *Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 8 abr. 2011. Disponível em:

<http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/termo_abia_abip_abima_abirigo_2011.pdf>. Acessado em 15 fev. 2014.

Brasil. Ministério da Saúde (2011b). Termo de compromisso nº 34 e nº 35, de 13 de novembro de 2011. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 26 dez. 2011. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/termo_5_dez_2011.pdf>. Acessado em 15 fev. 2014.

Brasil. Ministério da Saúde. (2012b). *Termo de compromisso de 6 de agosto de 2012*. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/termo_6_ago_2012.pdf>. Acessado em 15 fev. 2014.

Brasil. Ministério da Saúde. (2013). Termo de compromisso de 5 de novembro de 2013. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF. 13 dez. 2013. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/termo_nov_2013.pdf>. Acessado em 15 fev. 2014.

Breslin P., & Beauchamp G. (1997). Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature*, 387,563.

Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., Jeong, J.-Y., & Kim, C.-J. (2011). Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system. *Meat Science*, 88, 59-66.

Consensus Action on Salt & Health - CASH. (2015). *New survey names and shames UK's 'saltiest' family-friendly eateries and warns of a new generation of 'salt addicts'*. Disponível em: <<http://www.actiononsalt.org.uk/news/surveys/2015/Children's%20Out%20of%20Home%20Survey/150107.html>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. 2015. *Methods of processing and preservation of meat*. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t0562e/t0562e03.htm>>. Acessado em: 2 ago. 2015.

Henney, J. E., Taylor, C. L., & Boon, C. S. (2010). *Strategies to reduce sodium intake in the United States*. Washington (DC): National Academies Press (US), 2010. 493 p.

Hutton T. (2002). Sodium: Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *British Food Journal*, 104(2), 126–152.

Liem, D. G., Miremadi, F., & Keast, R. S. J. (2011). Reducing sodium in foods: The effect on flavor. *Nutrients*, 3(6), 694-711.

López-López, I., Confrades, S., Caneque, V., Díaz, M. T., López, O., & Jiménez-Colmenero, F. (2011). Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Science*, 89, p.27-34.

Mozaffarian, D., Fahimi, S., Singh, G. M., Micha, R., Khatibzadeh, S., Engell, R. E., Lim, S., Danaei, G., Ezzati, M., & Powles, J. Global burden of diseases nutrition and chronic diseases expert group. (2014). Global sodium consumption and death from cardiovascular causes. *The New England Journal of Medicine*, 371(7), 624–634.

Passos, M. H. C. R., & Kuaye, A. Y. 2002. Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburgers on the destruction of *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 13, 33-40.

Safefood. (2012). *What's in that bun?* Nutrition takeout series. Disponível em: <<https://www.safefood.eu/SafeFood/media/SafeFoodLibrary/Documents/Publications/Research%20Reports/FINAL-BURGER-FOR-PUBLICATION-110712.pdf>>.

Acessado em: 02 ago. 2015.

Sebranek, J. G. Basic curing ingredients. In: Tarté, R. (Ed.). (2009). *Ingredients in meat products: Properties, functionality and applications*. New York: Springer. Chapter 1, 1-24.

The NPD Group. (2015). *Restaurant Burgers Had A Banner Year in 2014, Reports NPD*. Disponível em: <<https://www.npd.com/wps/portal/npd/us/news/press-releases/2015/restaurant-burgers-had-a-banner-year-in-2014/>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

Veioğlu, H. M., Velioglu, S. D., Boyaci, I. H., Yilmaz, I., & Kurultay, S. (2010). Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. *Meat Science*, 84, 447-483.

World Health Organization – WHO. (2013a). *Noncommunicable diseases*. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

World Health Organization – WHO. (2013b). *WHO issues new guidance on dietary salt and potassium*. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/salt_potassium_20130131/en/>. Acessado em: 02 ago. 2015.

World Health Organization – WHO. (2014). *Salt reduction*. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs393/en/>>. Acessado em: 02 ago. 2015.

Zandstra, E. H., Lion, R., & Newson, R. S. (2015). Salt reduction: Moving from consumer awareness to action. *Food Quality and Preference*, In Press. Doi: 10.1016/j.foodqual.2015.03.005.

CONCLUSÃO GERAL

A Metodologia dos Limiares Hedônicos (MLH) possibilitou determinar as intensidades do estímulo em que começa a ocorrer alteração significativa da aceitação sensorial (limiar de aceitação comprometida - LAC) e em que começa a ocorrer rejeição sensorial (limiar de rejeição - LR) do produto. A MLH também permitiu verificar o perfil de variação da aceitação sensorial do produto em função da variação da intensidade do estímulo em estudo e quantificar a magnitude das diferenças entre a aceitação das amostras. Além disso, a determinação dos limiares hedônicos direcionais possibilitou a obtenção de um maior número de informações, indicando a aceitação e a rejeição de quais atributos (aroma, textura, sabor e impressão global) são as mais afetadas pela variação do estímulo em estudo.

A confiabilidade dos resultados dos limiares hedônicos foi confirmada ao ser realizada a validação da MLH, sendo verificados elevados níveis de precisão (repetibilidade, precisão intermediária e reprodutibilidade), exatidão e robustez. Sendo assim, a metodologia pode ser aplicada indubitavelmente para o fim pretendido.

Um fator que pode aumentar a exatidão dos resultados obtidos com a MLH é a segmentação de consumidores com características semelhantes. Foi constatado que consumidores com diferentes níveis de preocupação com a saúde possuem diferentes valores de LAC e de LR.

A determinação de limiares hedônicos (LAC e LR) globais, em um mercado consumidor heterogêneo, pode levar a resultados adequados para a maioria dos consumidores, porém, inadequados para grupos minoritários de consumidores com comportamentos extremos. Em mercados muito heterogêneos é de grande importância, preliminarmente, identificar características dos consumidores que possam influenciar os limiares hedônicos, formar grupos de consumidores com características semelhantes, para que, assim, a tomada de decisão sobre qual valor de limiar adotar seja direcionada. Dessa forma, garante-se uma maior exatidão dos limiares hedônicos e se atendem as exigências de um maior número de consumidores.

A MLH aplicou-se perfeitamente para a redução de sacarose em néctar de uva e para a redução de sódio em hambúrguer. Dessa forma, foi determinada a partir de

qual concentração a redução de sacarose altera a aceitação sensorial (LAC) e resulta em rejeição sensorial (LR) do néctar de uva, e a partir de qual concentração a redução de sódio resulta em alteração da aceitação sensorial (LAC) e rejeição sensorial (LR) do hambúrguer. Para quaisquer reduções inferiores a esses limiares, não ocorrerão comprometimento da aceitação sensorial ou rejeição sensorial do produto, respectivamente.

Estas informações são de grande relevância para indústrias de alimentos. De posse dos limiares hedônicos, as indústrias poderão reduzir o teor de sacarose e de sódio de seus produtos com maior segurança, sem o receio de que tais reduções possam trazer perda de mercado devido às alterações na aceitação sensorial do produto. Dessa forma, com uma maior oferta de alimentos com boa aceitação sensorial e menor teor de sacarose e de sódio, o consumo destes elementos pela população tende a diminuir, resultando numa menor incidência de doenças como diabetes, ganho excessivo de peso e doenças cardiovasculares.

A metodologia MLH possui inúmeras outras aplicações, podendo ser utilizada para facilitar o controle de qualidade, auxiliar na determinação de formulações, aumentar e monitorar a vida de prateleira dos produtos, diminuir os custos de produção e tornar os alimentos mais saudáveis, sem comprometer a aceitação sensorial ou acarretar em rejeição sensorial do produto. A MLH não se limita apenas às indústrias de alimentos, podendo ser utilizada, também, pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticas. Entretanto, para consolidar tais aplicações da MLH, novos estudos se mostram necessários.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO E COMPORTAMENTAL RESPONDIDO PELOS CONSUMIDORES DE NÉCTAR E SUCO DE UVA

- 1) Nome: _____
- 2) Sexo: () masculino () feminino 3) Idade: _____
- 4) Grau de instrução:
- | | |
|------------------------|------------------------------|
| () 1º grau incompleto | () Superior incompleto |
| () 1º grau completo | () Superior completo |
| () 2º grau incompleto | () Pós graduação incompleto |
| () 2º grau completo | () Pós graduação completo |
| | () Outro: _____ |
- 5) Atividade profissional:
- | | |
|-----------------------------|------------------|
| () Estudante | () Autônomo |
| () Func. público municipal | () Dona de casa |
| () Func. público estadual | () Empresário |
| () Func. público federal | () Aposentado |
| () Desempregado | () Outro: _____ |
- 6) Você gosta de suco de uva?
- () Sim () Não
- 7) Com que frequência você consome suco de uva?
- | | |
|----------------------------|---|
| () Diariamente | () Ocasionalmente (menos de 1 vez por mês, na média) |
| () 2 a 3 vezes por semana | |
| () 1 vez por semana | () Nunca |
| () 1 a 2 vezes por mês | |
- 8) Quais destes produtos você consome? (pode ser marcada mais de uma opção)
- | | |
|---|----------------------------|
| () Néctar de uva | () Polpa de uva congelada |
| () Suco de uva concentrado industrializado | () Suco de uva em pó |
| () Suco de uva integral industrializado | () Suco de uva natural |
- 9) Como você costuma consumir suco de uva?
- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| () Com açúcar | () Industrializado, com açúcar. |
| () Com adoçante | () Industrializado, light. |
| () Sem açúcar ou adoçante | |
- 10) Você se preocupa com a quantidade de açúcar que você está ingerindo?
- () Sim () Às vezes () Não
- 11) Você pretende diminuir o seu consumo de açúcar?
- () Sim () Não
- 12) No supermercado, você procura comprar alimentos com menor teor de açúcar?
- () Sim () Não

**ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO *HEALTH CONSCIOUSNESS SCALE*
RESPONDIDO PELOS CONSUMIDORES DE NÉCTAR E SUCO DE UVA**

Por favor, dê sua opinião em relação às seguintes afirmações, marcando com um traço vertical ao longo das escalas abaixo.

1. Tenho a impressão de que me sacrifico muito pela minha saúde.

Discordo totalmente Concordo totalmente

2. Eu me considero muito consciente em relação à saúde.

Discordo totalmente Concordo totalmente

3. Estou preparado(a) para viver muito. Comer o mais saudável possível.

Discordo totalmente Concordo totalmente

4. Acho que eu levo muito em consideração a saúde em minha vida.

Discordo totalmente Concordo totalmente

5. Acho importante saber como comer de forma saudável.

Discordo totalmente Concordo totalmente

6. Minha saúde é tão importante para mim, que estou preparado(a) para sacrificar muitas coisas por ela.

Discordo totalmente Concordo totalmente

7. Tenho a impressão de que as outras pessoas dão mais atenção à saúde delas do que eu.

Discordo totalmente Concordo totalmente

