



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA
Área Departamental Eng.^a Alimentar

Análise Sensorial

Apontamentos para as aulas teóricas da disciplina de *Análise Sensorial* do Curso de Engenharia Alimentar.

Eduardo Esteves

ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA ALIMENTAR

Prefácio

Estes *Apontamentos* pretendem auxiliar as aulas teóricas da disciplina de Análise Sensorial (actualmente) do 2º Semestre 2º Ano do Curso de Engenharia Alimentar. A compreensão de algumas matérias e o aprofundamento de outras poderão ser muito beneficiadas pela consulta de manuais dedicados à Análise Sensorial, alguns dos quais se apresentam no fim destes *Apontamentos* (vide Bibliografia). O *Guia de trabalhos práticos* complementa estes apontamentos e serve de base à realização das provas sensoriais (i.e. aulas práticas) propriamente ditas.

Após a conclusão, com aproveitamento, desta disciplina, os alunos terão desenvolvido várias competências específicas, designadamente:

- 1 – Aprender a delinear e analisar estatisticamente os resultados dos principais testes utilizados na análise sensorial de alimentos: testes analíticos discriminatórios (ou diferenciais), testes analíticos descritivos e testes afectivos;
- 2 – Aprender a utilizar correctamente uma sala de provas;
- 3 – Ser treinado na preparação de amostras bem como na execução dos testes sensoriais, incluindo o registo correcto dos resultados;
- 4 – Desenvolver as capacidades necessárias para o bom desempenho como provador.

Neste contexto, os apontamentos abordam questões relacionadas com: a evolução temporal do conceito de análise sensorial; os sentidos e os factores pessoais e ambientais que influenciam a análise sensorial; testes (provas) sensoriais e os métodos estatísticos relacionados com a análise dos resultados obtidos.

Nesta versão dos apontamentos acrescentei informação e tentei corrigir as gralhas e incorrecções identificadas durante o ano lectivo anterior. Os comentários e correcções que melhorem o manuscrito serão (muito) bem-vindos.

Eduardo Esteves
Professor Adjunto (Equiparado)

E-mail: eeesteves@ualg.pt; URL: <http://w3.ualg.pt/~eeesteves> ou *site* na *Tutoria Electrónica*.

Índice

1. O QUE É A ANÁLISE SENSORIAL?	4
1.1. EVOLUÇÃO TEMPORAL DO CONCEITO DE ANÁLISE SENSORIAL.....	4
1.2. CONCEITO ACTUAL DA ANÁLISE SENSORIAL	4
1.3. ANÁLISE SENSORIAL <i>VERSUS</i> PROVAS ORGANOLÉPTICAS	4
1.4. IMPORTÂNCIA E APLICAÇÕES	5
1.5. SENTIDOS	5
1.6. OLFAC TO	10
1.7. PALADAR.....	13
1.8. FACTORES QUE INFLUENCIAM A ANÁLISE SENSORIAL	16
2. TESTES SENSORIAIS.....	17
3. TESTES ANALÍTICOS SENSITIVOS	18
3.1. TESTES PARA A DETERMINAÇÃO DE LIMIARES.....	19
4. TESTES ANALÍTICOS DIFERENCIAIS.....	21
4.1. TESTES DE COMPARAÇÃO-PAR – DIFERENCIAÇÃO SIMPLES OU DIFERENCIAÇÃO DIRECCIONAL	21
4.2. TESTES DE DUO-TRIO	24
4.3. TESTES TRIANGULARES	24
4.4. TESTES DE CLASSIFICAÇÃO ORDINAL	25
5. TESTES ANALÍTICOS DESCRITIVOS.....	27
5.1. TESTES DE ESCALAS CATEGORIZADAS	27
5.2. TESTES DE ANÁLISE DESCRITIVA – PERFIS SENSORIAIS	37
6. TESTES AFECTIVOS	38
7. ANÁLISE SEQUENCIAL PARA SELECÇÃO DE PROVADORES	39
8. BIBLIOGRAFIA.....	41
9. EXERCÍCIOS	43
10. SOLUÇÕES DOS EXERCÍCIOS.....	48
ANEXOS	50

1. O que é a Análise Sensorial?

1.1. Evolução temporal do conceito de Análise Sensorial

A “Análise Sensorial” é importante desde a **descoberta do fogo** (e do 1º churrasco de mamute!). Durante o **Paleolítico**, o Nomadismo do “Homem caçador-recolector” sustentava a sobrevivência mas no **Neolítico** o Sedentarismo do “Homem agricultor”, contribuiu para a abundância de alimentos e para o surgimento de preferências alimentares, condicionadas por: a) Clima; b) Local; c) Tribo; d) Classe social; e) Tabus culturais ou religiosos¹.

Os alimentos (condimentos) e os perfumes, e portanto os sentidos do paladar e olfacto, têm influenciado o comportamento da Humanidade, nomeadamente as “civilizações” **Egípcia, Grega, Romana e Persa**, mas também (e sobretudo) na actualidade!

Aliás, a procura de produtos aromáticos orientais para condimentação alimentar e cosmética, também foi uma das motivações dos “**Descobrimientos**”. O conseqüente florescimento do comércio internacional contribuiu para o desenvolvimento “duma” *análise sensorial* mais “apurada” e “formal”².

Como “ciência”, a Análise Sensorial surgiu nos anos **1940's** nos países Escandinavos (*e.g.* Teste triangular, desenvolvido na *Carlsberg Brewery* por Bengtsson e colaboradores) e nos EUA (estudos análogos, embora independentes, realizados por Peryon e Swartz para o *Quatermaster Food and Container Institute* do *US Army*). Na “Europa continental”, só em finais da década de 1950 se começaram a usar testes sensoriais (Jellinek, 1985).

1.2. Conceito actual da Análise Sensorial

“(…) disciplina da Ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reacções às características dos alimentos e materiais tal como são percebidas pelos sentidos da visão, olfacto, paladar, tacto e audição (IFT, 1981).” Observe-se a (Fig. 1) para um esquema simples.

1.3. Análise sensorial versus Provas organolépticas

Sinteticamente, as diferenças entre análise sensorial e provas organolépticas são:

- Método científico ≠ Procedimentos não-científicos;
- “Medir” com os sentidos ≠ Registrar sensações;
- Testes sensoriais (com provadores treinados ou não) ≠
≠ Experiência dos provadores;
- Treino e/ou selecção periódicos de provadores ≠
≠ Confusão entre qualidade e avaliações hedonísticas;
- Análise estatística dos resultados ≠
≠ Sem avaliação da precisão dos resultados.

¹ Muitos destes tabus ainda hoje se mantêm! Julga-se que a indicação do Alcorão para os muçulmanos não comerem carne de porco teve origem em questões económicas: os povos nómadas islâmicos não poderiam criar os animais ao contrário das comunidades sedentárias judaico-cristãs. A proibição do consumo de bebidas alcoólicas pelo Alcorão também poderá estar relacionada com o desejo de se diferenciarem socialmente dos cristãos.

² Alguns esquemas (rituais) de classificação do vinho, chá, café, peixe e carne, por exemplo, mantêm-se até hoje!

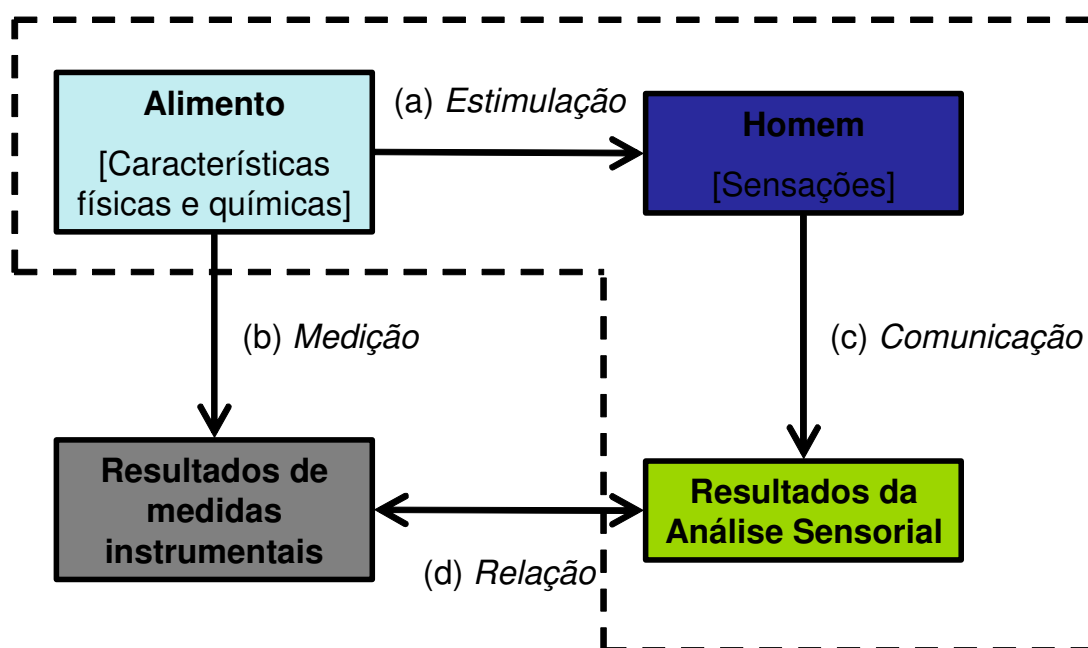


Fig. 1 – Ilustração do conceito actual de Análise Sensorial.

1.4. Importância e aplicações

Apesar da evolução tecnológica, alguns estímulos apenas são percebidos pelos sentidos enquanto outros são demasiado complexos para os instrumentos de análise!

A Análise Sensorial pode aplicar-se na análise e desenvolvimento de (novos) produtos, em testes de tempo de vida útil de produtos, controlo de qualidade da matéria-prima/produto final, em testes de mercado; na investigação em Psicofísica, etc.

1.5. Sentidos

A percepção sensorial dos alimentos está intimamente relacionada com os sentidos (paladar, olfacto, visão, etc.). A relação entre um estímulo físico e a resposta fisiológica é pouco conhecida³! Mas a percepção das características dos alimentos parece ocorrer da seguinte forma: 1º a aparência através da visão; 2º odor, aroma e/ou fragrância percebidos pelo olfacto; 3º a consistência e a textura relacionadas com o tacto; e 4º o sabor ou o "*flavour*" percebidos em conjunto pelo paladar e/ou olfacto (estes últimos são designados pelos autores anglófonos como "*chemical senses*").

1.6. Visão

A Visão é o sentido mais altamente desenvolvido no Homem (Starling & Evans, 1978). O olho é sensível à luz (energia electromagnética dentro dos limites de comprimento de onda compreendidos entre 400 e 700 nm – luz visível). As principais estruturas anatómicas do olho ilustram-se na Fig. 2.

A luz atravessa a córnea (transparente), passando depois por um orifício, a pupila (cuja

³ É um assunto do âmbito da Psicofísica (ramo da Psicologia experimental que procura determinar as relações quantitativas que existem entre os estímulos físicos e a sua percepção).

abertura é controlada pela íris), para atingir o cristalino. A porção do olho anterior ao cristalino, o vítreo, é preenchida por um líquido, humor aquoso. A luz que passa através desse líquido atinge a camada neuronal interna do olho, a retina, que contém os foto-receptores (Fig. 3a). Ao atravessar a retina, a luz estimula esse foto-receptores, que por sua vez activam neurónios, cujos axónios são agrupados no nervo óptico.

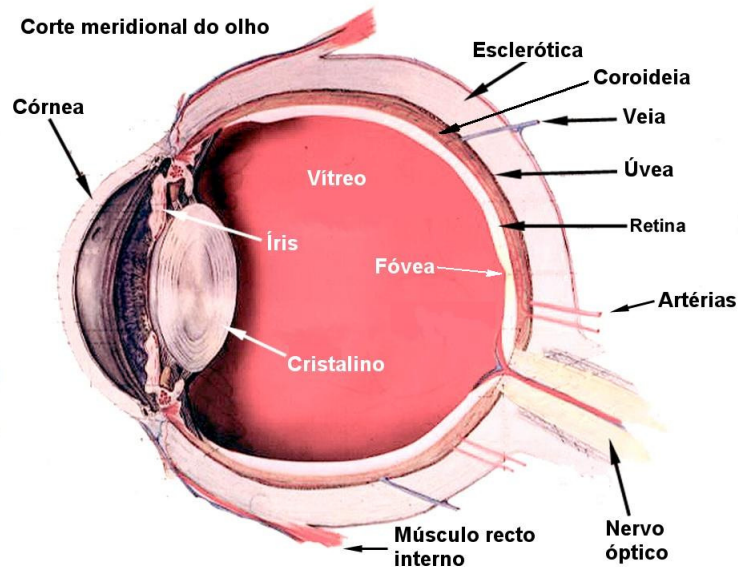


Fig. 2 – Ilustração das principais estruturas anatómicas do olho (adaptado de Caceci, 2001).

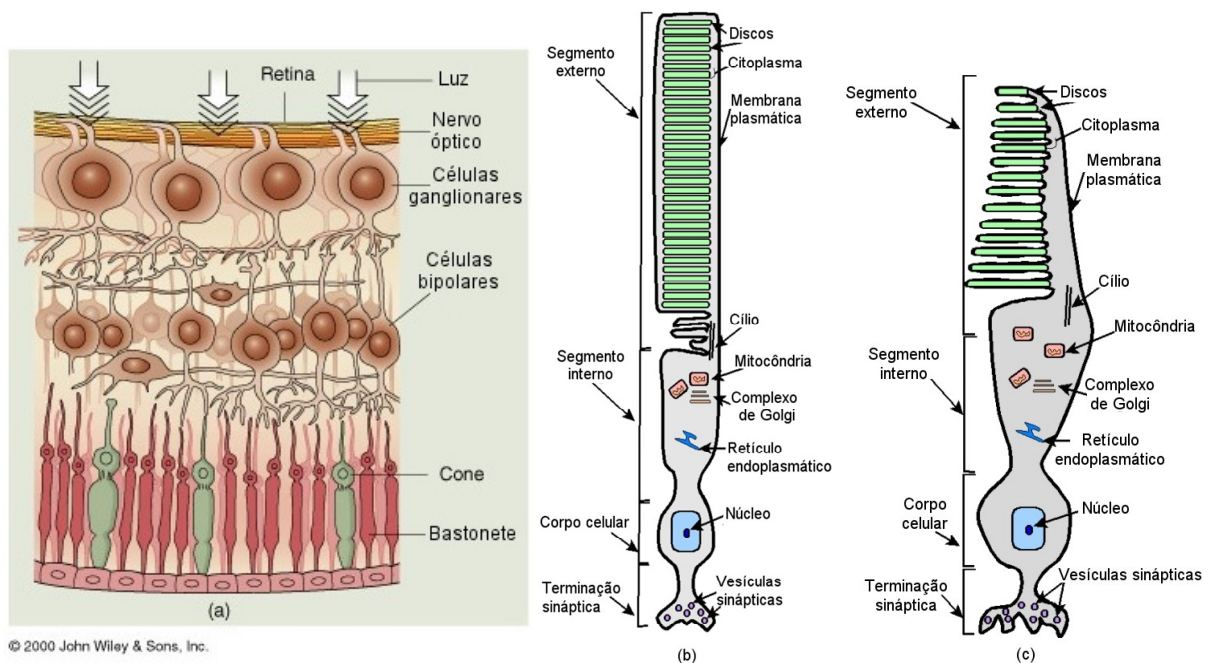


Fig. 3 – Ilustração (a) das principais estruturas presentes nas camadas da retina (adaptado de Pernick, 2006) e das células foto-receptoras, (b) bastonetes e (c) cones (adaptado de Wallis, s.d.).

Existem dois tipos de células foto-receptoras: bastonetes e cones (Fig. 3b,c). Ambos os tipos de células possuem moléculas pigmentares (no caso dos bastonetes, rodopsina, *i.e.* proteína

opsina “ligada” a 11-*cis*-retineno; e outras “variedades” de opsinas ligadas a retineno, no caso dos cones) que se dissociam em resposta a estímulos luminosos (radiação electromagnética). É esta reacção fotoquímica que induz potenciais de acção no nervo óptico (num processo que, ao nível celular, envolve a proteína-G, uma proteína transmembranar, e canais de Na⁺ - ver adiante). As células foto-receptoras não se distribuem uniformemente na retina (Fig. 4). Os bastonetes encontram-se disseminados por toda a retina embora não ocorram numa região relativamente reduzida designada por fóvea (*cf.* Fig. 2). Nesta localização, abundam os cones (praticamente inexistentes na restante retina).

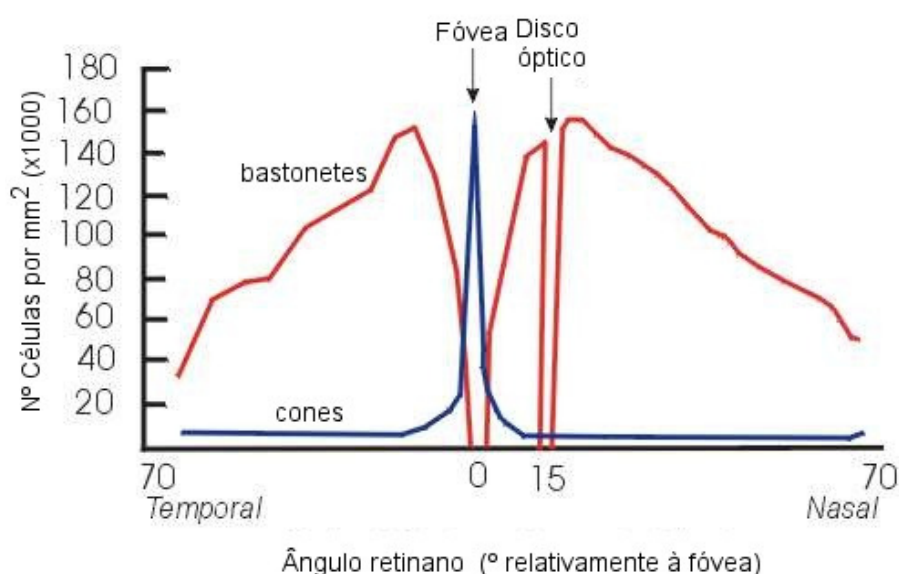


Fig. 4 – Distribuição das células foto-receptoras, bastonetes e cones, na retina (adaptado de Kaiser, 2007).

Os bastonetes estão relacionados com a visão “a preto-e-branco” sob fraca luminosidade. A rodopsina, particularmente sensível a radiação de 510 nm, reage à luz modificando a sua forma (rotação do retineno) e desencadeando uma reacção em cadeia que envolve a proteína-G (ver adiante) e os canais de Na⁺, que culmina com a produção de potenciais de acção (nas células bipolares adjacentes). Os cones permitem a visão “a cores” quando a luminosidade é mais elevada, uma vez que os foto-pigmentos que “albergam” são sensíveis (com maior eficácia) a diferentes comprimentos de onda da luz.

Na retina, as células fotossensíveis, que se descrevem muitas vezes como neurónios, estabelecem um tipo de relação sináptica com neurónios chamados células bipolares que, por sua vez, fazem sinapse com as células ganglionares. Os axónios destas células saem dos olhos através dos nervos ópticos. A maior parte destas células retransmite-se, após cruzamento parcial no quiasma óptico, no corpo geniculado lateral (núcleo talâmico de retransmissão visual). Do corpo geniculado lateral (CGL), seguem novas fibras não só para o córtex occipital do mesmo lado (córtex visual) como também para porções adjacentes da cunha e da circunvalação lingual (Fig. 6). Contudo, cerca de 20 a 30% das fibras nervosas da retina seguem outro percurso, em direcção ao *colliculus* (ou centro supra-segmentar) do mesencéfalo. Axónios com origem nesta estrutura estimulam os músculos extra-oculares, responsáveis pelos movimentos (coordenados) dos olhos, e activam neurónios motores na medula espinal, implicados nos movimentos do corpo (Starling & Evans, 1978).

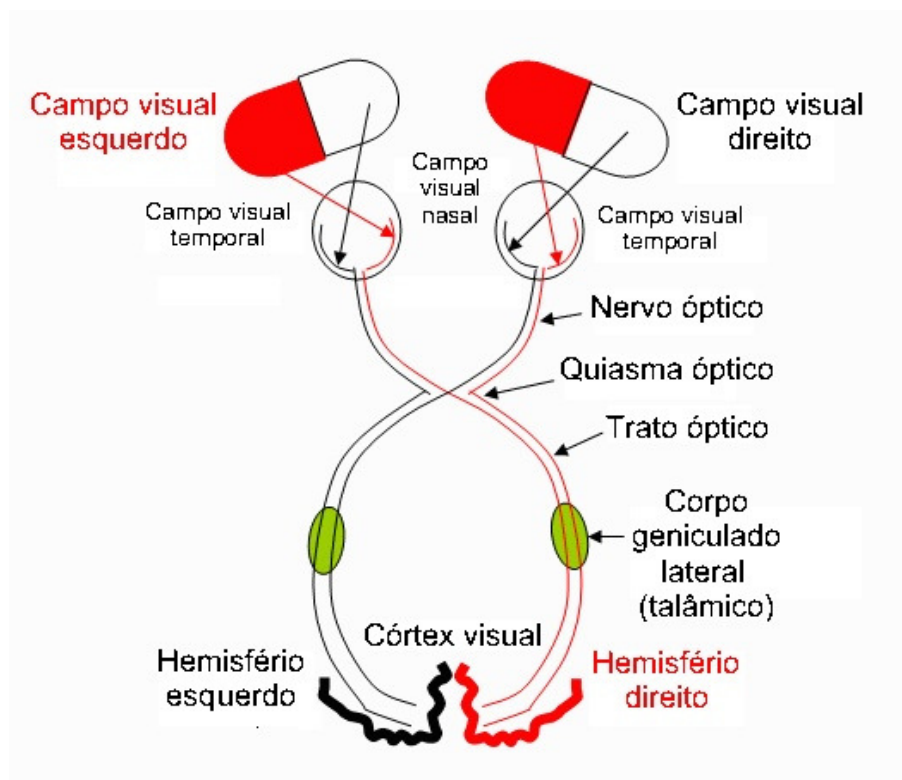


Fig. 5 – Percurso (simplificado) das sensações visuais da retina até ao córtex visual (adaptado de Wallis, s.d).

O padrão dos bastonetes e cones estimulados pelo que se observa (a imagem reproduzida na retina) é transmitido, com *nuanças*, através do percurso acima referido até ao córtex visual. Nesta estrutura, a imagem é “recriada ponto-por-ponto” – representação topográfica (Fig.6). Aquelas *nuanças* têm a ver com a transmissão e simplificação “do sinal” que envolvem as células bipolares e ganglionares (na retina) e o CGL⁴.

De acordo com a **teoria (hipótese) dos três receptores (ou teoria tricromática da visão)**, proposta originalmente por Thomas Young e Hermann von Helmholtz em meados do séc. XIX, a percepção visual (a cores) resulta da estimulação de, apenas, três tipos de cones que contêm retineno associado a diferentes proteínas relacionadas com a opsina. Cada pigmento tem absorvância máxima a determinados comprimentos de onda designadamente 420-440 nm (“azul”, S de *short* ou β), 534-545 nm (“verde”, M de *médium* ou γ) e 564-580 nm (“amarelo-laranja ou vermelho”, L de *long* ou ρ) (Fig. 7). Sendo assim, a percepção visual dos cones deriva do grau relativo de estimulação dum tipo de cone por um dado comprimento de onda (da luz visível).

Contudo, Ewald Hering (em finais do séc. XIX) observou que em algumas situações a teoria dos três receptores não “se aplica”: certos pares de cores não são “visíveis” simultaneamente (*e.g.* vermelho e verde, amarelo e azul); e existem “padrões residuais” de cor após exposição prolongada a outras cores (por exemplo, se após olhar fixamente para uma marca única vermelha durante um minuto se desviar o olhar e fixar uma região branca, observar-se-á uma marca esverdeada). Neste contexto, propôs que no Homem a interpretação da informação

⁴ O “capítulo” intitulado *Consciousness Studies/The Neurophysiology Of Sensation And Perception* da colectânea Wikibooks, the open-content textbooks collection (disponível on-line em http://en.wikibooks.org/w/index.php?title=Consciousness_Studies/The_Neurophysiology_Of_Sensation_And_Perception&oldid=1051725, consultado em 24/01/2008) é um bom complemento a este texto e, também, um proveitoso “ponto de partida” para explorar (mais) sobre este tópico.

relativa às cores (a um nível superior, ou mais complexo da visão) se faz processando os sinais dos cones e bastonetes de forma antagonista, através de três “canais de cores opostas”, verde vs. vermelho, azul vs. amarelo e preto vs. branco – **opponent color theory (ou teoria do processo opoente)**⁵. Actualmente, julga-se que as duas teorias explicam, em conjunto, a percepção visual num **modelo com duas fases** (Fig. 8).

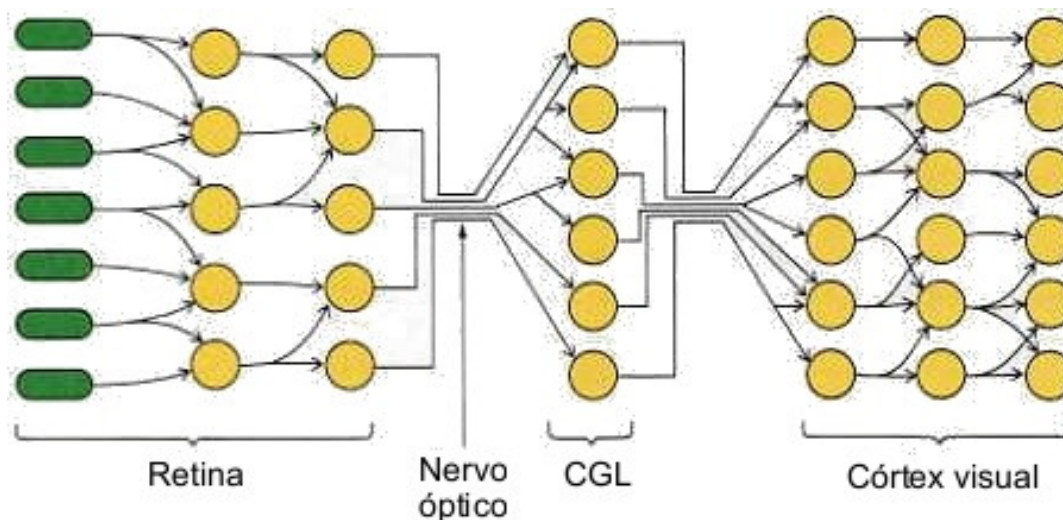


Fig. 6 – Ilustração da transmissão das sensações visuais desde a retina até ao córtex visual (adaptado de Hubel, 1995).

No entanto, os dados empíricos sugerem que a tomada de consciência daquilo que se observa não pode ser considerado (apenas) como o produto final do percurso visual, hierárquico e em estados sucessivos, descrito acima. Pelo contrário, não só envolve as estruturas e as fases descritas assim como áreas do cérebro relacionadas com o processamento cognitivo complexo, e.g. região fronto-parietal (Logothetis, 2006).

⁵ No início do séc. XIX, Johann Wolfgang von Goethe estudou os efeitos fisiológicos das cores “opostas” (vd. *Theory of Colours*, 1810). Ewald Hering (em 1872) propôs a *Opponent Colors Theory* (cf. texto principal) que Leo Hurvich e Dorothea Jameson, dos laboratórios da *Eastman Kodak*, “confirmaram” (em 1957) com dados quantitativos. Na década de 1970, Richard Solomon, da University of Pennsylvania, estendeu a teoria de Hering a outros processos/comportamentos fisiológicos/neurológicos (e.g. emoções, toxicodependência, etc.) (Kaiser, 2007; Gouras, s.d.). Os mecanismos conhecidos de percepção fisiológica da cor estão na base da medição instrumental, analítica de uma “experiência visual”. Os “descritores” usados para descrever a relação que existe entre a percepção das cores pelo cérebro e os estímulos físicos (luz visível) são: (1) luminosidade (ou valor – grau de clareza); (2) matiz (*hue* – refere-se à cor espectral dominante) e (3) croma (ou saturação – intensidade de pigmentação) (propostos originalmente por Hermann Grassmann e Hermann von Helmholtz na década de 1850). Actualmente, existem várias escalas (ou modelos) de cores que utilizam, de diferentes formas e em diferentes áreas de aplicação, aqueles descritores. Destacam-se aqui duas escalas, muito semelhantes e de uso generalizado em engenharia alimentar, L,a,b de Hunter (Hunter Associates Lab.) e L*,a*,b* de CIE 1976 (*Commission Internationale d'Eclairage, CIE*). Ambas se baseiam na *opponent colors theory* (cf. texto principal). Os valores de L, a e b resultam, portanto, dos canais de cor claro-escuro (i.e. luminosidade), vermelho-verde e amarelo-azul, respectivamente. A combinação desses valores descreve a cor do produto/objecto.

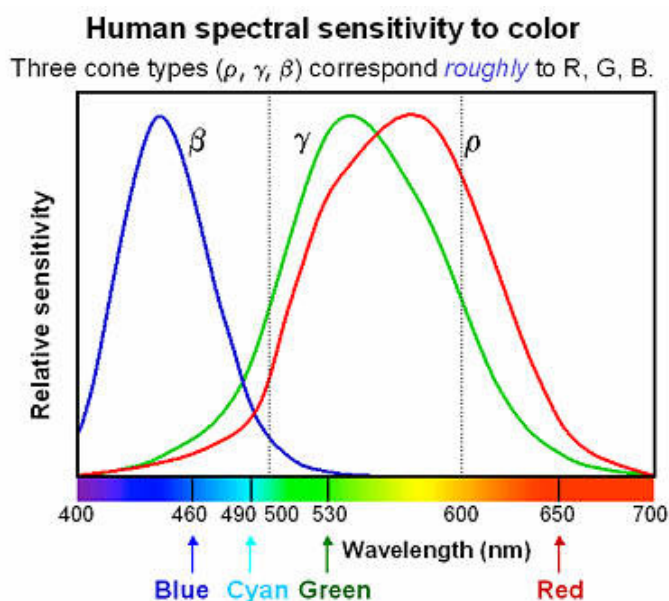


Fig. 7 – Curvas de “sensibilidade” relativa das células fotoreceptoras presentes na retina à radiação electromagnética de diferentes comprimentos de onda (luz visível) (Koren, 2002-2004).

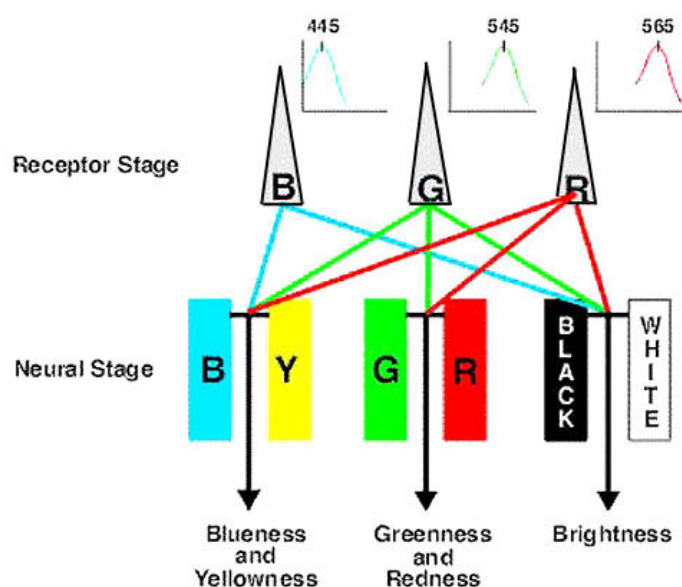


Fig. 8 – Modelo da percepção visual com duas fases: teoria tricromática da visão ao nível dos receptores (na retina); e *opponent colors theory* nas estruturas neuronais mais complexas (e.g. corpo geniculado lateral) (Kalloniatis & Luu, s.d.).

1.6. Olfacto

O **sentido do olfacto** é bastante complexo em termos anatómicos e fisiológicos mas "sinteticamente" é a **habilidade de detectar moléculas** químicas **vaporizadas** (geralmente de reduzida massa molecular). **Com o olfacto estamos continuamente a monitorizar o ambiente**, evitando (*sempre que possível!*) locais ou situações com "mau cheiro" ou tentando perceber quando ficará pronto o jantar! Por outro lado, todos nós temos um "cheiro" particular (*uns mais agradáveis do que outros!*) e inatamente somos capazes de reconhecer determinado(s) odor(es) (e.g. recém-nascidos com um dia de vida reagem, através de

expressões faciais, aos odores a peixe e ovo podre). Julga-se que os mamíferos são capazes de distinguir cerca de 10.000 odores (Axel, 2006).

Os odores são percebidos por células receptoras olfativas (Fig. 9) distribuídas no **epitélio olfativo** (presente no topo da cavidade nasal; Fig. 10). Parece que um conjunto de genes (ca. 350 no Homem) codifica as proteínas associadas aos cerca de 1.300 tipos de receptores de odores específicos (ver mais adiante). Infelizmente, algumas pessoas sofrem de **anosmia**, *i.e.* de "cegueira olfativa" ou incapacidade de detectar cheiros!

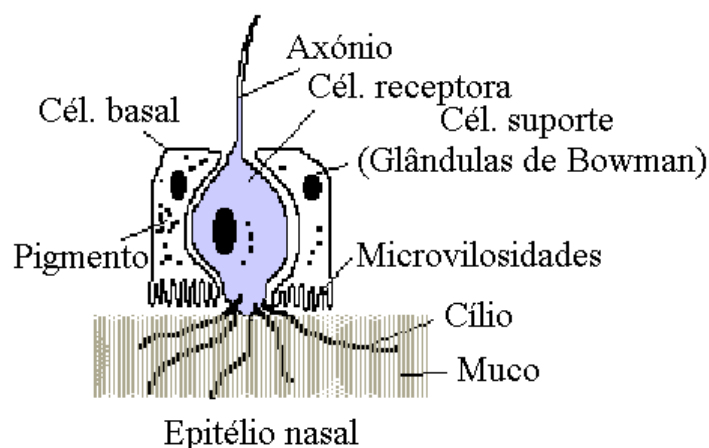


Fig. 9 – Ilustração das principais estruturas numa célula receptora olfativa (adaptado de Jacob, 2001a).

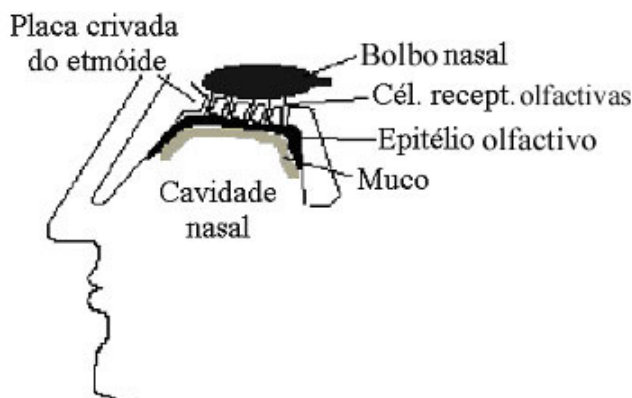


Fig. 10 – Ilustração (corte transversal) das estruturas principais da cavidade nasal (adaptado de Jacob, 2001a).

De forma (muito) simplificada, o **sistema olfativo** parece funcionar como se descreve na Fig. 11. Na Fig. 12 apresentam-se os mecanismos conhecidos de “percepção celular” dos odores. A alteração da diferença de potencial membranar, que resulta dos movimentos iónicos, induz potenciais de acção (“sinais eléctricos”) que são transmitidos ao cérebro.

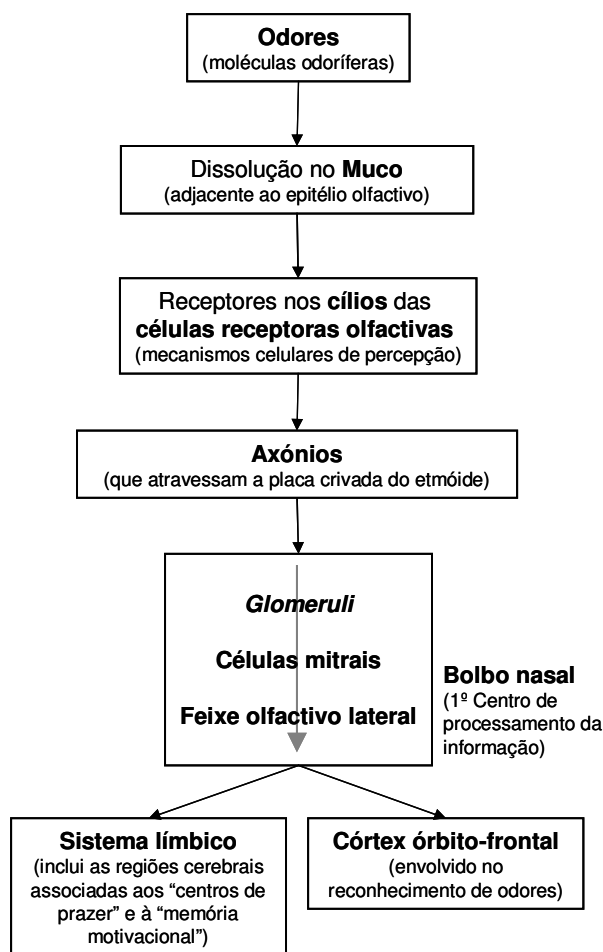


Fig. 11 – Esquema simplificado do sistema olfativo. As moléculas odoríferas são, basicamente, moléculas vaporizadas com peso molecular inferior a 400 (adaptado de Jacob, *op. cit.*).

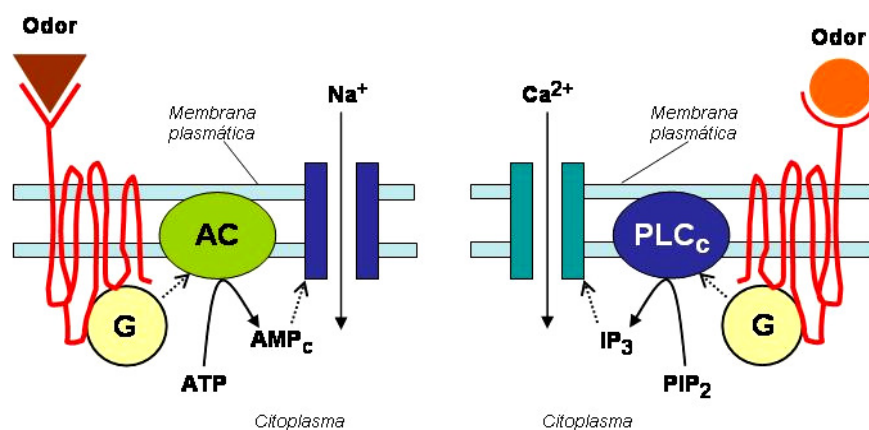


Fig. 12 – Ilustração dos mecanismos conhecidos de percepção celular dos odores (adaptado de Laing & Jinks, 1996). Legenda: Odor – molécula odorífera, G – proteína-G (*proteína transmembranar*), PLCc – fosfolipase cíclica, AC – adenilciclase, ATP – adenosina trifosfato, AMPc – adenosina monofosfato cíclica, PIP₂ – fosfotidil inositol difosfato, IP₃ – inositol trifosfato.

Existem várias teorias acerca do mecanismo de reconhecimento do(s) odor(es)! Contudo, evidências genéticas e fisiológicas indicam que o processamento neuronal da informação acerca de determinado odor se faz através da elaboração de "mapas" no bulbo nasal e noutras

estruturas cerebrais⁶. Um determinado odor induz potenciais de acção em células receptoras olfactivas específicas. Esses potenciais originam um "mapa espacial" do padrão de células activadas, que é característico desse odor (Fig. 13). A transposição desse "mapa" para estruturas olfactivas no cérebro (incluindo a memória) desencadeia a(s) resposta(s) a esse odor (Axel, 2006).

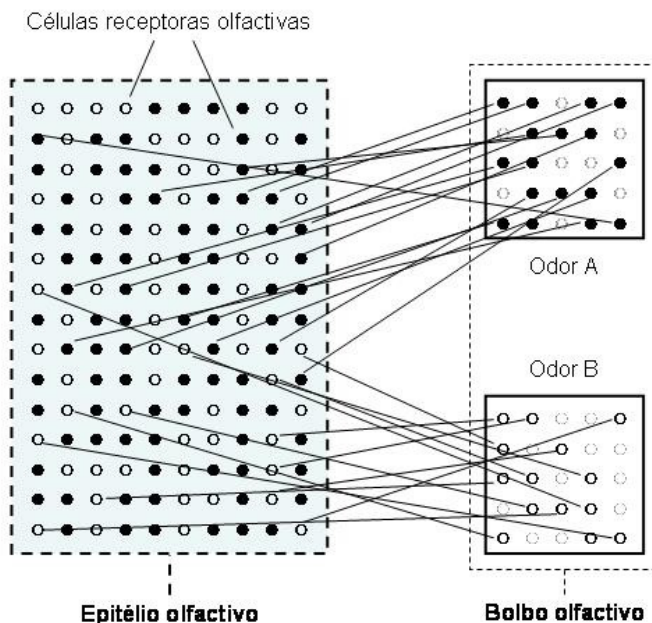


Fig. 13 – Ilustração dum “mapa espacial” no epitélio olfactivo (adaptado de Laing & Jinks, 1996).

Diferentes odores dão origem a "mapas espaciais" distintos de actividade neuronal no bulbo olfactivo! O número de células activadas parece depender da intensidade do odor, ou seja da concentração das moléculas vaporizadas na cavidade nasal. Mas como é o córtex olfactivo, descodifica o “mapa” produzido no bulbo olfactivo? Esta é uma das questões centrais e mais esquivas em neurobiologia (Axel, 2006).

1.7. Paladar

O paladar é menos complexo do que o olfacto e menos importante para o comportamento! Este sentido está associado a "receptores do gosto" situados principalmente na língua (Fig. 14). As sensações do gosto são semelhantes às sensações da cor (cores primárias⁷, etc.).

Actualmente, consideram-se os seguintes **gostos básicos**:

- **Doce** ~ sacarose (e.g. açúcar), outros hidratos de carbono, α -aminoácidos;
- **Ácido** (ou Azedo) ~ H^+ (e.g. limão);

⁶ Alguns autores propõem que os padrões de actividade neuronal podem ser “codificados” no tempo (i.e. uma “certa e determinada” sequência de “sinais” – potenciais de acção – em múltiplos neurónios corresponde a um dado odor). Outros ainda, afirmam que o processo de “identificação” dos odores resulta dum processo de representação neuronal “misto”, espaço-temporal.

⁷ As cores primárias, complementares, etc. não são uma característica intrínseca da luz. O tema “Teoria da cor”, obviamente importante para a pintura, as artes gráficas ou a fotografia/vídeo, etc. pode ser investigado a partir, por exemplo, de *Color theory* (2007) In *Wikipedia, The Free Encyclopedia* http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Color_theory&oldid=179960360 (consultado em 2/1/2008).

- **Amargo** ~ compostos de diversas famílias químicas (e.g. quinino)
- **Salgado** ~ Na⁺, Cl⁻ (e.g. sal);
- **Umami** ~ glutamato monossódico, alguns aminoácidos (e.g. molho de soja)

Classicamente, admite-se que estes gostos básicos ou primários são percebidos em certas regiões da língua (segregação espacial da sensibilidade), mas verificou-se não ser bem assim, e alguns autores nem sequer admitem os gostos básicos!⁸

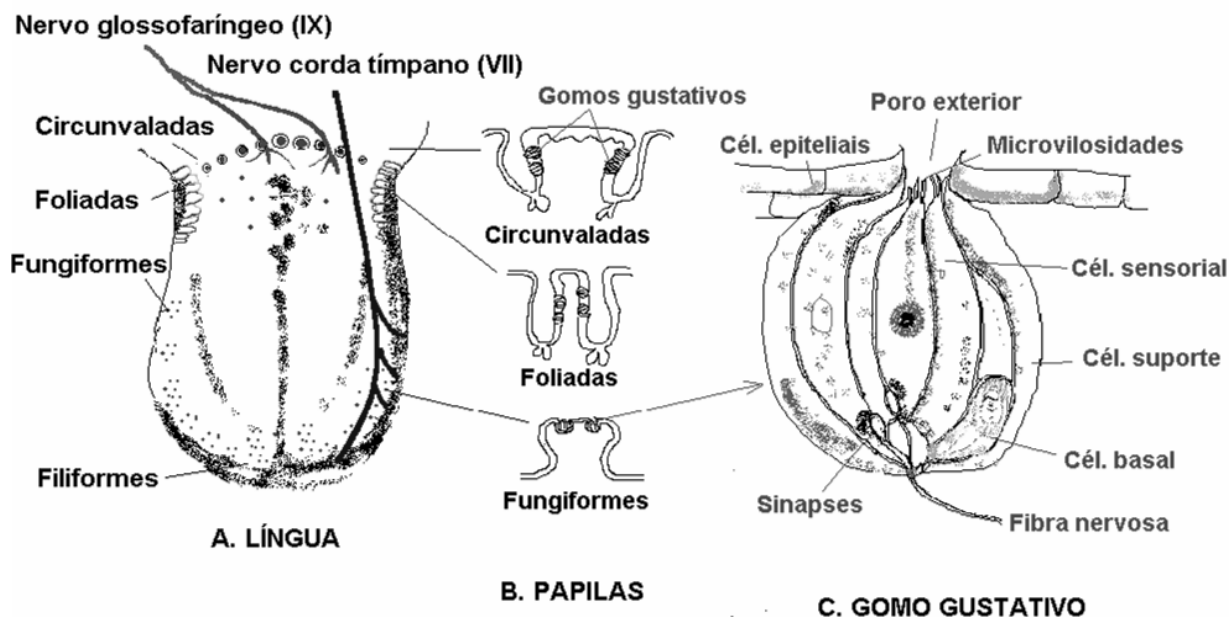


Fig. 14 – Ilustração das principais estruturas da (A) língua, das (B) papilas gustativas e dos (C) gomos gustativos (adaptado de Jacob, 2001b, recorrendo a Starling & Evans, 1978). As papilas filiformes não possuem gomos gustativos mas são importantes do ponto de vista táctil.

Na Fig. 15 esquematiza-se a fisiologia do paladar e na Fig. 16 ilustra-se os mecanismos conhecidos de "percepção celular" dos gostos. As diferentes moléculas sápeis interagem com proteínas transmembranares ou com canais iónicos dando origem a potenciais de acção transmitidos por via nervosa até ao cérebro. Apesar dos receptores serem relativamente específicos, a **sensação** de um **gosto** particular parece **resultar do padrão de activação** dos receptores do gosto (de acordo com uma das teorias aceites actualmente; Fig. 17).

Existem actualmente duas teorias principais para explicar o processo de "tratamento da informação" relacionada com o paladar (Laing & Jinks, 1996) (Fig. 17): **teoria do padrão** (*pattern theory* ou *across-fibre theory*, década de 1940); e **teoria da "linha legendada"** (*labelled line theory*, 1970-1980). Provavelmente, as duas teorias "funcionam" em simultâneo! **Pattern theory** (Fig. 17a): As células receptoras do gosto respondem distintamente (com diferentes sensibilidades e taxas de activação) aos cinco gostos básicos. O padrão de células activadas ("resposta fisiológica") é único numa população de células receptoras. Daí, as "respostas" características de cada gosto/sabor. Este será um processo semelhante àquele descrito para o olfacto! **Labelled line theory** (Fig. 17b): Os cinco gostos básicos são "percebidos" por cinco tipos diferentes de células receptoras do gosto que, por sua vez,

⁸ Os "mapas da língua" parecem resultar da propagação histórica dum erro de tradução do trabalho original do fisiólogo alemão D.P. Hanig de 1901. Nesse trabalho, Hanig mostrou que nenhuma área da língua era especialmente sensível a um dado gosto (Kalumuck, 2006).

activam "centros nervosos do gosto" distintos no cérebro através de "canais de comunicação" diferentes. Este processo é semelhante àquele proposto para a visão – *opponent colors theory* (Smith & Margolskee, 2006).

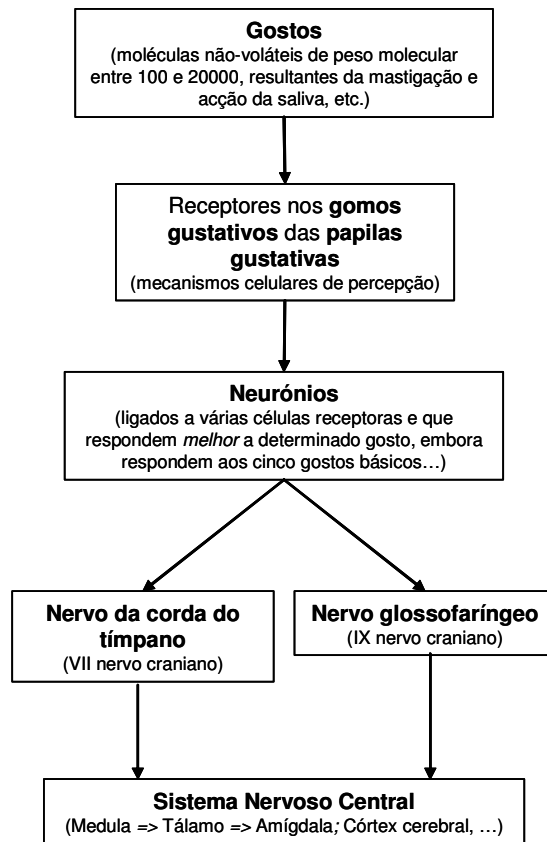


Fig. 15 – Esquema simplificado da “fisiologia do paladar”.

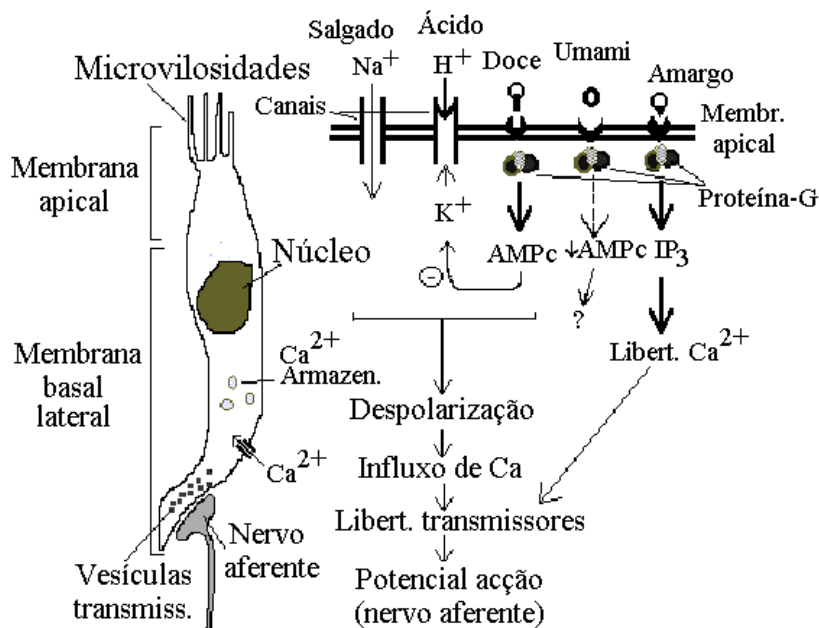


Fig. 16 – Ilustração duma célula receptora do gosto (esq.) e dos mecanismos conhecidos de percepção dos gostos a nível celular (adaptado de Jacob, 2001b, e Linden, 1993).

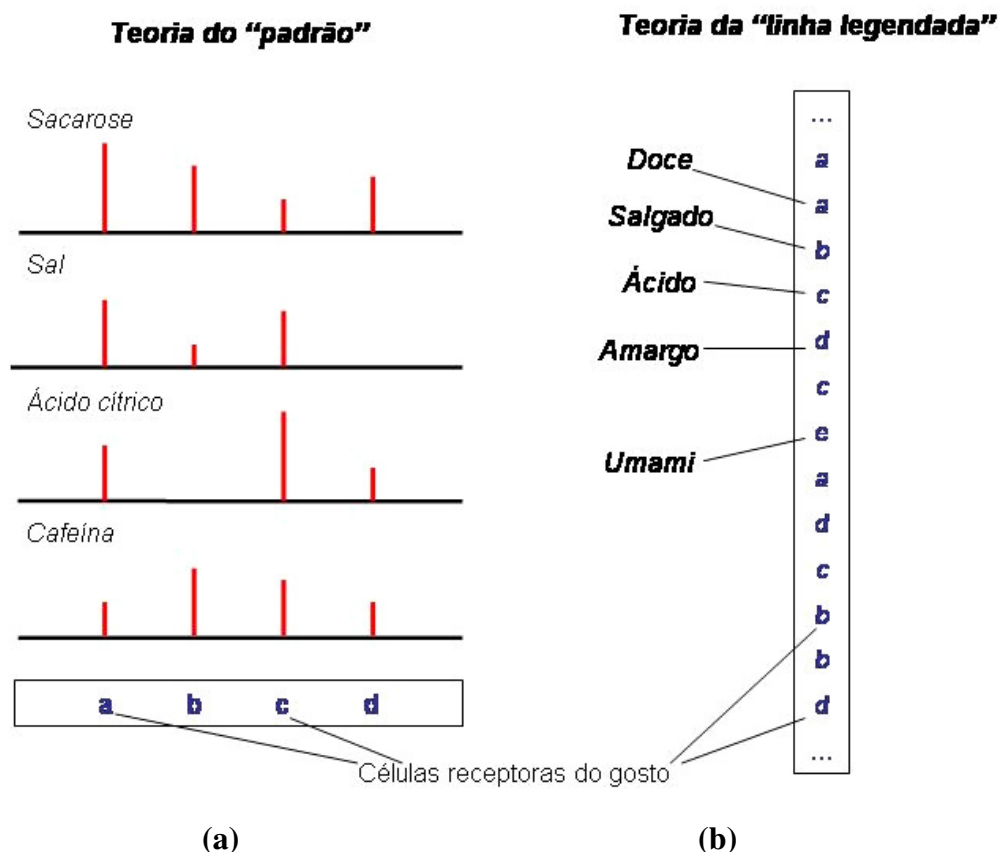


Fig. 17 – Ilustração das teorias actuais para explicar o mecanismo para percepção dos gostos. No caso da *pattern theory* (a), os diferentes padrões de intensidade das respostas provocadas pelos distintos gostos nas células receptoras (que são em número limitado, a – d) são responsáveis pelo seu reconhecimento. A dimensão de cada barra é proporcional à actividade eléctrica gerada pelos distintos gostos. A *labelled line theory* (b) propõe outra explicação: cada uma das células receptoras (que são em número limitado, a – e) é responsável pelo reconhecimento de determinado gosto. A sequência das células activadas (dos gostos percebidos) dá origem ao sabor: por exemplo, azeite virgem extra ou vinho tinto reserva (adaptado de Laing & Jinks, 1996).

Para a Análise Sensorial, "gosto", "aroma", "sabor", "*flavour*" ou "*flaveur*" não são sinónimos. As sensações relacionadas simplesmente com o paladar (por exemplo, "ao apertar o nariz enquanto se prova determinado alimento") designam-se **gostos**. Os compostos voláteis dos alimentos percebidos pelo nariz, por via retrorrenal, determinam o **aroma**. As sensações mais complexas, que associam a estimulação dos gomos gustativos e células receptoras olfactivas, e dos elementos tácteis e térmicos⁹ da língua e cavidade oral¹⁰ constituem o **sabor**. O conceito de Análise Sensorial que engloba, pelo menos, dois fenómenos, o gosto e o aroma, é denominado "**flavour**" ou "**flaveur**".

1.8. Factores que influenciam a Análise Sensorial

Podem dividir-se os factores que influenciam a análise sensorial de produtos alimentares em dois grupos: uns dependentes do indivíduo; e outros relacionados com o ambiente.

⁹ Respostas do sistema químico-sensitivo (temperatura e dor).

¹⁰ Os elementos tácteis e térmicos são estimulados por compostos, ou substâncias, que os autores anglófonos designam "*irritants*"!

Factores dependentes do indivíduo

Podem subdividir-se em capacidades “inatas” e adquiridas. As capacidades inatas são, por exemplo, a *atitude* (relacionada com a personalidade), a *motivação* (com raízes fisiológicas mas também relacionada com o interesse pessoal), a *capacidade de adaptação*, os “*erros psicológicos*” (de habituação, de expectativa, de estímulo, de lógica, de tendência central, de contraste, de proximidade e de associação) e *outras* (como por exemplo, a memória, a experiência, a concentração, a atenção, etc.). As capacidades adquiridas estão relacionadas com instruções específicas da análise sensorial e o treino.

Os **providores** são um grupo de pessoas cujo número, características e funcionamento devem contribuir para validade dos resultados da análise sensorial. A **selecção e o treino** dos provedores **são temas controversos!** Contudo, deve ter-se em atenção que treino é diferente de experiência. O **número de provedores** que integram um painel de provas **é variável** (entre 3 e 10 provedores treinados; de 8 a 15 semi-treinados e >80 não-treinados). A **capacidade sensorial** dos provedores deve ser **normal** e os provedores devem gozar de **boa saúde** (por exemplo, uma gripe pode influenciar paladar e olfacto). A **idade e o sexo são irrelevantes**, contudo devem ser **equilibrados** num painel de provedores. Do ponto de vista sensorial, os **fumadores têm capacidades similares aos não-fumadores**. No entanto, é de **evitar fumar 30 minutos antes** da prova. Os **horários das provas** são outro **tema controverso**. Vários autores aconselham o meio da manhã ou da tarde, embora o que se pretende é que os provedores estejam *com apetite!* O **interesse, a motivação, a capacidade de adaptação e a memória** dos provedores **são muito importantes**. Por fim, os **provedores devem**: evitar mascar pastilhas elásticas ou tomar café e usar cosméticos de forte odor; dar atenção à higiene pessoal (lavar as mãos!); evitar chegar às provas apressado(a) ou atrasado(a); e, ainda, manter a calma e a concentração durante a prova.

Factores dependentes do ambiente (do local destinado à análise sensorial)

Em Análise Sensorial, a normalização das características individuais dos provedores e das condições ambientais dos locais destinados à análise sensorial de produtos alimentares é fundamental (Norma Portuguesa NP 4258: 1993 que se baseia/está relacionada com a norma internacional ISO 8589: 2007), por isso a **sala de provas**, contígua (mas separada) do **local de preparação**, deve, no mínimo: ser um local agradável e de fácil acesso; em que a temperatura ambiente deve ser 20 ± 2 °C e a humidade relativa rondar os 60 – 70%; com iluminação adequada – recomenda-se a utilização de lâmpadas com temperatura de cor aproximada de 6500 K; com disponibilidade de material e do equipamento necessário; e, embora, de dimensão e distribuição variável, na qual as **cabinas dos provedores**, individualizadas, devem ser: uniformes e com espaço suficiente (para amostras, folha de registo, etc.), sendo que as dimensões mínimas são 0,90 m de largura, 0,75 m de altura e 0,60 m de profundidade; insonorizadas e inodoras; construídas de materiais laváveis em cores claras; iluminadas adequadamente (pode ser prevista uma iluminação especial com fim de dissimular as diferenças de cor ou outras características que influenciem a apreciação); e equipadas com cadeiras confortáveis e água potável corrente (devem ser tomadas medidas para assegurar a higiene e evitar odores).

2. Testes sensoriais

De acordo com IFT (1981), os testes sensoriais classificam-se em:

1. Analíticos

1.1. Discriminatórios

1.1.1. Sensitivos

- Teste do Limiar [5 – 15 amostras] ¹¹
- Teste de Diluição [5 – 15 amostras]
- 1.1.2. Diferenciais
 - Teste de Comparação-par [2 amostras]
 - Teste Duo-trio [3 amostras, 2 iguais e 1 diferente]
 - Teste Triangular [3 amostras, *idem*]
 - Teste de Classificação (ordinal) [2 – 7 amostras]
 - Teste da Diferença Escalar [1 – 18 amostras] *idem*
- 1.2. Descritivos
 - 1.2.1. Classificação de características
 - Teste de Escalas categorizadas [1 – 18 amostras] *idem*
 - Teste de Escalas proporcionais [1 – 18 amostras] *idem*
 - 1.2.2. Análise descritiva
 - Perfis sensoriais (de "Flavour", Textura) [1, 1 – 5 amostras]
 - Análise Descritiva Quantitativa, QDA. [1 – 5 amostras]
- 2. **Afectivos** (Preferência/Aceitação)
 - Teste de Comparação-par [2 amostras]
 - Teste de Classificação [3 – 7 amostras]
 - Teste da Diferença Escalar [1 – 18 amostras] *idem*

3. Análise sequencial para selecção de provadores.

Nestes apontamentos, abordaremos os testes sensoriais sublinhados na classificação anterior pela seguinte ordem: testes para determinação de limiares; testes de comparação-par (simples e direccionais); testes duo-trio; testes triangulares; testes de classificação ordinal; testes de escalas categorizadas; perfis sensoriais; e análise sequencial para a selecção de provadores.

3. Testes Analíticos Sensitivos

O significado vulgar em Psicologia de **limiar** é intensidade mínima de um estímulo capaz de provocar uma excitação. Doutra modo, limiar é o valor (mínimo ou máximo) de determinado estímulo a partir do qual se obtém uma sensação.

Pretende-se, com este tipo de testes sensoriais, determinar a intensidade dum estímulo detectável/reconhecível pelos provadores. Por exemplo, as testes permitem determinar a concentração dum composto químico, adicionado a uma bebida, que é detectável pelos consumidores. Os limiares individuais, para cada provador, podem também ser usados para seleccionar aqueles que integrarão um painel de provas (ver mais à frente nestes apontamentos). A determinação de limiares é criticada por alguns autores mas tem sido utilizada extensivamente. As principais críticas são que os resultados são derivações estatísticas sem existência "real" e dependem muito do método usado.

Em Análise Sensorial pode-se falar em: **limiar de detecção** (ou *limiar absoluto*) – "concentração ou quantidade de mínima composto/produto que origina uma sensação diferente dum padrão (e.g. «água mineral»)"; **limiar de reconhecimento** – "concentração ou quantidade mínima de composto/produto que, além de originar uma sensação diferente dum padrão, permite reconhecer o estímulo específico em causa"; e **limiar terminal** – "intensidade dum dado estímulo a partir da qual não existe alteração da intensidade da sensação percebida" (geralmente, acima deste nível de estimulação a sensação é de dor). Em virtude da

¹¹ Será necessário um número mais elevado de amostras se a característica for "suave".

variabilidade individual e entre pessoas no mecanismo estímulo-resposta, convencionou-se que **limiar (empírico) de detecção/reconhecimento** é a concentração de produto que o sujeito detecta/reconhece em 50% das provas.

Podem calcular-se os limiares individuais (para cada provador) e médios dum grupo (ou painel) de provadores através de vários métodos. Na Fig. 18 e na Fig. 19, ilustram-se os conceitos de limiar individual (“ideal” e “real”) e de grupo, respectivamente.

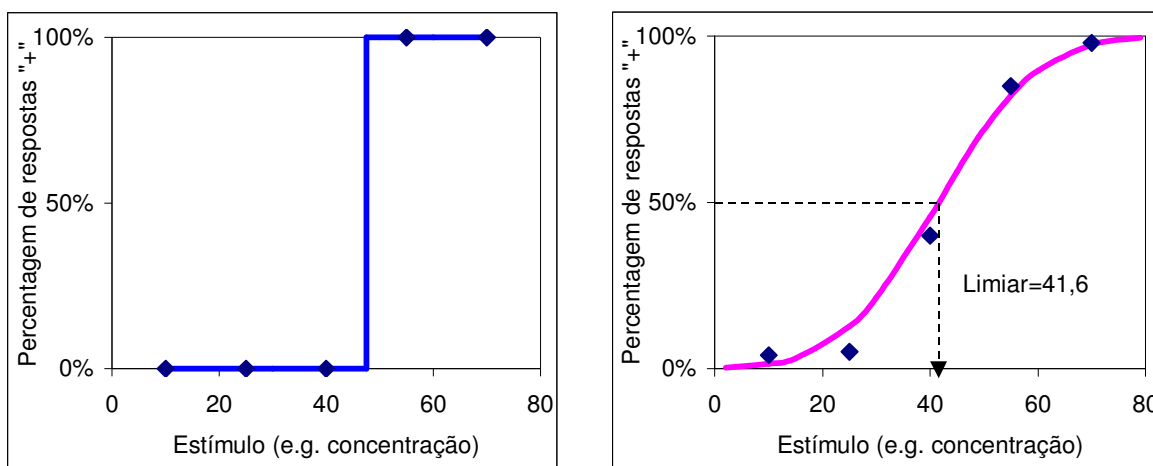


Fig. 18 – Ilustração das relações "ideal" (esquerda) e "real" (direita) entre a percentagem de respostas positivas a determinado estímulo e a intensidade desse estímulo.

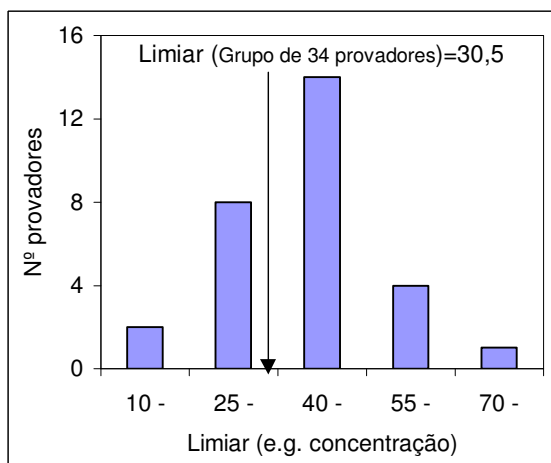


Fig. 19 – Número de provadores por categoria do limiar (10-24, 25-39, etc.) dum grupo de provadores.

3.1. Testes para a Determinação de Limiares

Podem determinar-se os limiares sensoriais através de diversos métodos psicofísicos. De entre os vários métodos destacam-se aqui o método “rápido” e o método “intermédio” da American Society for Testing and Materials, ASTM, (equivalentes ao método estabelecido na norma ISO 13301: 2002), ambos baseados no “método dos limites” (existem outros métodos, e.g. estímulo constante, dos ajustes).

Método “rápido”

Com este método (ASTM E679: 1991) obtêm-se valores "práticos", embora aproximados, dos limiares com um menor número de provadores e um menor número de provas sensoriais.

Cada provador completa uma série de seis testes sensoriais do tipo 3-AFC (*i.e.* 3-Alternative Forced-Choice), nos quais as amostras têm intensidade crescente da característica em estudo e, por isso, induzem estímulos crescentes (*e.g.* amostras com concentração crescente de cafeína). Em cada teste 3-AFC, o provador recebe três amostras (uma delas contém a substância em teste numa determinada concentração e as restantes duas são controlos) e deve identificar (*i.e.* detectar ou reconhecer) a amostra diferente.

Considerando que C_0 é a concentração mais elevada não detectada (ou não reconhecida) e que C_+ é a menor concentração detectada (ou reconhecida) pelo provador i , então...

- Para o provador i o limiar individual L_i é dado por $L_i = 10^{A_i}$, sendo que

$$A_i = \log(L_i) = [\log(C_0) + \log(C_+)]/2$$

- Para um grupo de n provadores calcula-se a média geométrica dos valores de L_i para obter o limiar de grupo L_g , isto é, $L_g = 10^B$, em que $B = (1/n) \sum_{i=1}^n \log(L_i)$.

Pretendeu-se determinar os limiares individuais e de um painel de 25 provadores relativamente a uma dada substância. Recorreu-se ao “método rápido” (ASTM E679) e apresenta-se na tabela seguinte um excerto dos resultados obtidos.

Provador	Concentrações (ppb)							Li (ppb)	log (Li)
	0,27	0,80	2,41	7,28	21,7	65,2	195		
1	0	0	0	+	+	+	+	4,19	0,622
2	0	+	+	+	+	+	+	0,46	-0,337
3	0	0	+	+	+	+	+	1,39	0,143
(...)									
25	0	0	0	+	+	+	+	4,19	0,622
								Σ	9,299

O limiar do grupo é $L_g = 10^{0,372} = 2,36$ ppb, uma vez que $\sum \log(L_i) = 9,299$.

Método “intermédio”

Com este procedimento (ASTM E1432: 1991) obtêm-se valores "mais correctos" dos limiares. O procedimento é em tudo semelhante ao descrito anteriormente, embora exija repetições das provas 3-AFC pelo mesmo provador (para permitir ajustar as equações).

- Para o provador i :

Ajustar (pelo método dos mínimos quadrados, por exemplo), à relação entre a *proporção de respostas correctas/positivas* e a intensidade do *estímulo* (Fig. 20) o modelo logístico:

$$P_i = \left(\frac{1}{3} + e^{B(T_i - \log x)} \right) / \left(1 + e^{B(T_i - \log x)} \right)$$

em que P_i é a proporção de respostas correctas/positivas (aqui assinaladas com “+”) do provador i , $\log x$ é o logaritmo do valor do estímulo x (por exemplo, a concentração dum soluto), B é o “declive” e T_i é limiar para o provador i (em $\log x$)¹², logo o limiar individual L_i é dado por $L_i = 10^{T_i}$.

¹² Os parâmetros B e T_i na equação apresentada são estimados no ajuste do modelo logístico aos pares de valores ($P(x)$, $\log(x)$).

• Para um grupo de n provadores, é possível obter o limiar médio L_g através de dois métodos: **Procedimento 1)** Ajustar (e.g. método dos mínimos quadrados) à relação entre o índice F_i e o limiar individual T_i (ver Fig. 20), o modelo linear $F_i = a + b \cdot T_i + \varepsilon$, em que $F_i = 100k/(n+1)$ se obtém a partir da ordem k do valor T_i entre todos os n valores de T , a é a intercepção, b é o declive, T_i é limiar para o provador i (em $\log x$) e ε é o erro. Assim, o limiar para o grupo de provadores L_g (i.e. para $F=50$) é dado por $L_g = 10^{T_g}$, em que $T_g = (50 - a)/b$; ou **Procedimento 2)**, considerando que $T_g = (1/n) \sum_{i=1}^n T_i$, obter o limiar de grupo L_g através de $L_g = 10^{T_g}$.

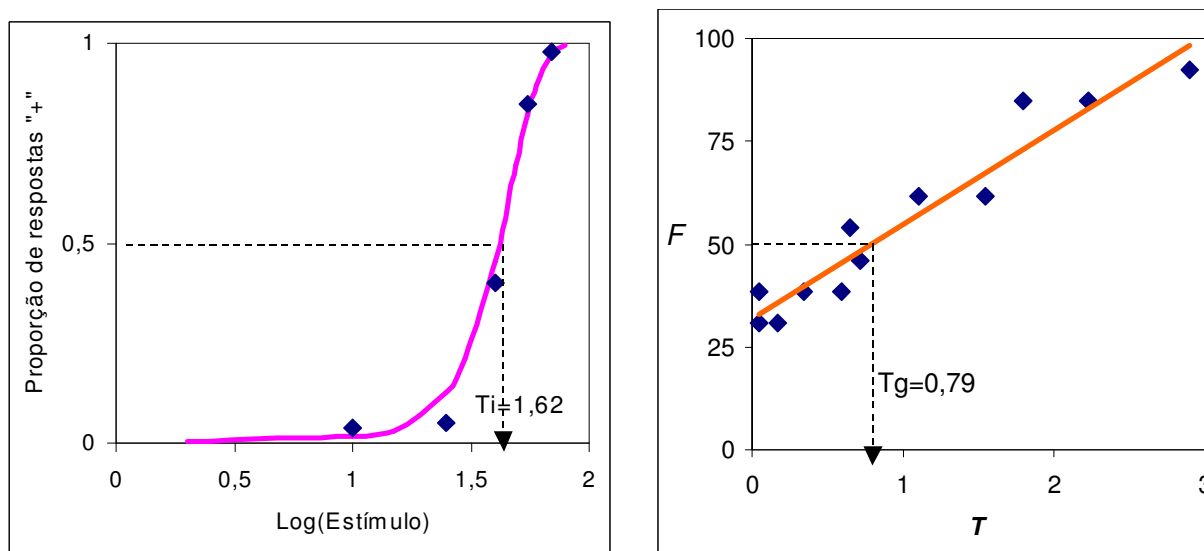


Fig. 20 – Relação entre (esq.) a proporção de respostas correctas/positivas *versus* log(estímulo) e curva do modelo logístico ajustado. Assinala-se nessa curva o logaritmo do limiar para o provador i , $T_i=1,62$. O limiar individual será, portanto, $L_i=10^{1,62}=41,69$; e (dir.) entre a ordem de T_i (F) e T_i (logaritmo do limiar do provador i). Representa-se a recta dos mínimos quadrados de equação $F_i=a+b \cdot T_i$, em que $a=31,25$ e $b=23,73$. Desta equação obtém-se que, para $F=50$, $T_g=0,79$. Donde, $L_g=6,17$.

4. Testes Analíticos Diferenciais¹³

Do ponto de vista da análise dos resultados, (a maioria dos) testes sensoriais são como os testes de hipóteses.

De entre as distribuições de probabilidades, com interesse para a Análise Sensorial, nomeadamente para as provas sensoriais de comparação-par, duo-trio e triangular, é necessário apresentar a distribuição de qui-quadrado, χ^2 (Fig. 21, página seguinte).

4.1. Testes de Comparação-Par – Diferenciação simples ou diferenciação direccional

Os testes de comparação-par (ISO 5495: 2005), bastante simples, utilizam-se para determinar se existem diferenças entre duas amostras (de produtos). Enquanto nos testes de diferenciação simples o objectivo é determinar se existem diferenças entre dois produtos (por exemplo, se o produto A é diferente do B), no caso de diferenciação direccional pretende-se

¹³ Será útil rever os conceitos elementares de probabilidades e estatística (e.g. Parâmetros, Amostragem, Distribuições de Probabilidades, Testes de hipóteses e Erros de inferência).

saber se é detectável a diferença entre duas amostras que diferem numa característica específica (e.g., se o produto C é mais doce do que o produto D).

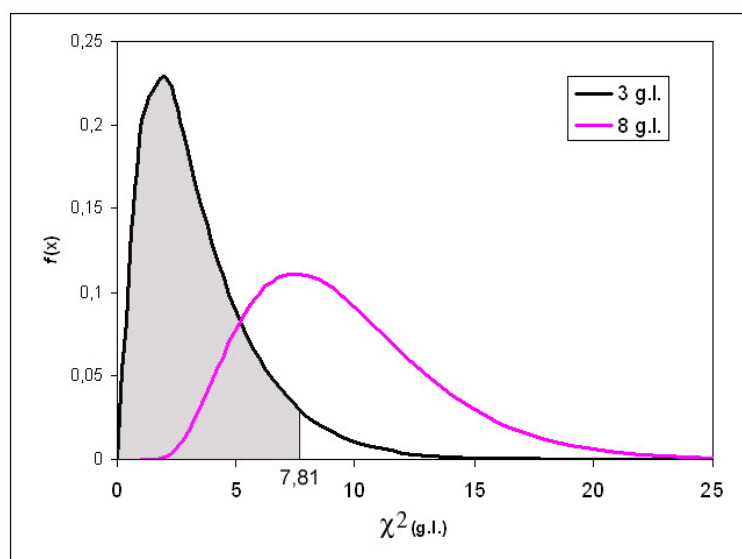


Fig. 21 – Ilustração das funções densidade de probabilidade de qui-quadrado (χ^2) para 3 e 8 graus de liberdade (g.l. ou df ou v). A área sombreada corresponde a 95% da área total da curva desenhada a negro (para $v=3$ g.l.), i.e. equivale à probabilidade (ou confiança) de 95% de que o valor de χ^2 é menor ou igual ao valor crítico $\chi^2=7,81$ (ou seja, corresponde a uma “área de aceitação”).

Por **princípio**, apresentam-se duas amostras codificadas e o provador: 1) indica se encontra diferenças entre as duas amostras (diferenciação simples); ou 2) escolhe a amostra do par que recebeu pela maior qualidade numa característica específica (diferenciação direccional).

No fim das provas, pretende-se comparar o número de respostas "correctas" e "incorrectas" para o “efeito do tratamento” (A/B e B/A) relativamente ao “efeito placebo” (A/A e B/B). Os resultados são, por isso, **variáveis categóricas ou nominais**. Portanto, é intenção testar as hipóteses nulas e alternativas:

$$\begin{array}{ccc}
 H_0: A = B & & \\
 \text{[não existe(m) diferença(s) entre os produtos]} & & \\
 \text{vs.} & & \\
 \begin{array}{cc}
 H_1: A \neq B & H_1: A < B \text{ ou } A > B \\
 \text{[existe(m) diferença(s)]} & \text{[existe(m) diferença(s)]} \\
 \text{[Diferenciação Simples]} & \text{[Diferenciação Direccional]}
 \end{array}
 \end{array}$$

Para testar estas hipóteses (e, assim, analisar os resultados numa prova sensorial de comparação-par) é possível utilizar três *estatísticas de teste* (baseadas na distribuição de probabilidades de χ^2), designadamente: 1) qui-quadrado ajustado; 2) qui-quadrado corrigido; ou 3) número de respostas correctas. Ilustra-se na Fig. 22 (página 24) a relação entre os valores críticos utilizados nos testes de hipóteses apresentados e a função densidade de probabilidades de qui-quadrado.

1) Uma vez que os testes sensoriais de comparação-par envolvem apenas duas categorias (tipos) de resposta, "correctas" e "incorrectas" logo $k=2$. É, por isso, necessário "ajustar" a estatística de teste χ^2 em virtude de $g.l. = k - 1 = 1$. Sendo assim, o "**qui-quadrado ajustado**" é dado por

$$\chi_{aj}^2 = \sum_{i=1}^2 \frac{(F_{obs(i)} - F_{esp(i)} - 0,5)^2}{F_{esp(i)}}$$

em que, de acordo com H_0 , $F_{esp(correctas)} = F_{esp(incorrectas)} = n/2$ (onde n é o número provas) porque $p = 1/2$ (sendo que p é a probabilidade de, numa prova, o sujeito responder, correcta ou incorrectamente, ao acaso!).

- Para $H_1: A \neq B$ (**diferenciação simples**), se $\chi_{aj}^2 > \chi^2[\alpha;1]$ rejeita-se H_0 (i.e. com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$, existe diferença entre produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 . O valor $\chi^2[\alpha;1]$ obtém-se da Tab. I (anexa).
- Para $H_1: A < B$ ou $A > B$ (**diferenciação direccional**), se $\chi_{aj}^2 > \chi^2[2\alpha;1]$ ¹⁴ rejeita-se H_0 (i.e. com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

2) Para as hipóteses consideradas anteriormente, usar a estatística de teste de qui-quadrado corrigido:

$$\chi_{corr}^2 = \frac{(|X_1 - X_2| - 1)^2}{n}$$

em que X_1 é o número de respostas "correctas" (ou favoráveis ao produto A), X_2 é o número de respostas "incorrectas" (ou favoráveis ao produto B) e n é o número de provas (ou provadores, se cada um tiver realizado apenas uma prova).

- Para $H_1: A \neq B$, se $\chi_{corr}^2 > \chi^2[\alpha;1]$ rejeita-se H_0 (i.e. com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .
- Para $H_1: A < B$ ou $A > B$, se $\chi_{corr}^2 > \chi^2[2\alpha;1]$ rejeita-se H_0 (i.e. com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

3) Para testar as hipóteses anteriores recorrendo a tabelas simplificadas, que providenciam o número mínimo de respostas correctas (ou favoráveis) para um determinado número de provas tendo em consideração certo nível de significância, ou seja a partir da Tab. II (anexa) obter o $n_{mínimo}$.

- Para $H_1: A \neq B$, se $n_{correctas} \geq n_{mínimobilateral}$ rejeita-se H_0 (i.e. com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .
- Para $H_1: A < B$ ou $A > B$, se $n_{correctas} \geq n_{mínimolunilateral}$ rejeita-se H_0 (i.e. com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

Num teste sensorial para verificar se a mudança da marca do queijo usada para o recheio duma *pizza*, de A para B, é detectável pelos consumidores, realizou-se um teste de comparação-par a 60 consumidores. Quarenta e cinco deles detectaram (correctamente) a diferença. Com 95% de confiança, a que conclusão se pode chegar relativamente à mudança das marcas de queijo?

¹⁴ No caso de $H_1: A > B$ ou $A < B$, é "necessário" obter da Tab. I o valor de χ^2 para 2α e 1 g.l. (ver Fig. 22) porque a tabela foi elaborada para hipóteses bilaterais!

Uma vez que $n=60$ e $F_{obs(correctas)} = 45$, então $F_{obs(incorrectas)} = 15$ e $F_{esp(correctas)} = F_{esp(incorrectas)} = 30$. Obtém-se $\chi^2_{aj} = 14,02$ e $\chi^2[\alpha;1] = 3,84$, logo rejeita-se H_0 , *i.e.* com 95% de confiança os consumidores detectam a diferença entre as marcas de queijo usadas.

4.2. Testes de Duo-Trio

O teste de duo-trio (ISO 10399: 2004) aplica-se em situações semelhantes às dos testes de comparação-par (ver antes) e triangular (ver a seguir), para a comparação entre duas amostras, e é um teste sensorial simples e bastante fácil de aprender. Em relação aos testes de comparação-par tem a vantagem de permitir a **utilização duma amostra-padrão**.

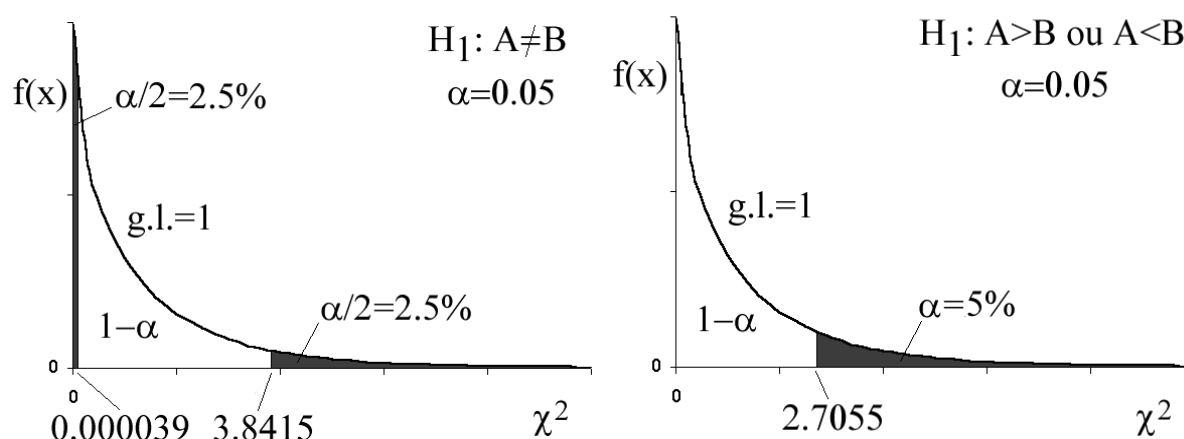


Fig. 22 – Relação das “áreas de rejeição” na função de probabilidade de χ^2 com as hipóteses alternativas em apreciação ($H_1: A \neq B$, à esquerda, vs. $H_1: A > B$ ou $A < B$, à direita). Quando $H_1: A \neq B$ consultar a Tab. I (em anexo) o valor de χ^2 para α e 1 g.l. No caso de $H_1: A > B$ ou $A < B$, obter da Tab. I o valor de χ^2 para 2α e 1 g.l. porque a tabela foi elaborada para hipóteses bilaterais!

A prova sensorial inicia-se com a apresentação ao provador da amostra-padrão. Segue-se a apresentação de duas amostras codificadas, das quais uma é idêntica à amostra-padrão e deverá ser identificada pelo provador.

Aparte os procedimentos práticos na realização das provas sensoriais, os conceitos fundamentais e a análise de resultados de testes de duo-trio são semelhantes às apresentadas anteriormente para os testes de comparação-par simples!

A probabilidade de se obter um resultado correcto simplesmente por acaso continua a ser $p=1/2$. A análise estatística dos resultados deste tipo de teste sensorial é similar aos procedimentos apresentados para os testes de comparação-par simples (incluindo as tabelas com os valores "críticos").

4.3. Testes Triangulares

O teste triangular (ISO 4120: 2004) utiliza-se para determinar se existem diferenças entre duas amostras sempre que os produtos provoquem estímulos pouco intensos e simples. É o teste sensorial "estatisticamente mais robusto" dos testes discriminatórios apresentados até aqui.

Este teste sensorial consiste na apresentação simultânea de três amostras codificadas, duas

iguais e uma diferente, nenhuma delas identificada como amostra-padrão. Pretende-se que o provador identifique a amostra diferente.

A probabilidade de se escolher, por acaso, a amostra diferente de entre as três apresentadas ("resposta correcta") é $p=1/3$ (logo a probabilidade de "responder incorrectamente" é $1-p=2/3$).

1) É possível usar a estatística do χ^2 **ajustado**, e portanto

$$\chi_{aj}^2 = \sum_{i=1}^2 \frac{(F_{obs(i)} - F_{esp(i)} - 0,5)^2}{F_{esp(i)}}$$

em que, de acordo com $H_0: A = B$, se obtém que a $F_{esp_{correctas}}=n/3$ e a $F_{esp_{incorrectas}}=2n/3$ e n é o número de provas sensoriais.

- Para $H_1: A \neq B$, se $\chi_{aj}^2 > \chi^2[\alpha;1]$ rejeita-se H_0 (i.e. com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

2) Para as hipóteses consideradas, usar a estatística χ^2 **corrigido**:

$$\chi_c^2 = \frac{(4X_1 - 2X_2 - 3)^2}{8n}$$

em que X_1 é o número de respostas "correctas", X_2 é o número de respostas "incorrectas" e n é o número de provas.

- Para $H_1: A \neq B$, se $\chi_c^2 > \chi^2[\alpha;1]$ rejeita-se H_0 (i.e. com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$, existe diferença entre os produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

3) Também é possível **testar as hipóteses anteriores recorrendo a tabelas simplificadas** (Tab. III, em anexo), que providenciam o número mínimo de respostas correctas (ou favoráveis) para um determinado conjunto de provas tendo em consideração o nível de significância, i.e. obter $n_{\text{mínimo}}$.

- Assim, para $H_1: A \neq B$, se $n_{\text{correctas}} \geq n_{\text{mínimo}}$ rejeita-se H_0 (i.e. com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança, existe diferença entre produtos); caso contrário, não se rejeita H_0 .

4.4. Testes de Classificação Ordinal

E quando se pretendem comparar mais do que duas amostras? Por vezes, é solicitado aos provadores, preferencialmente treinados, que "ordenem por mérito", por intensidade da sensação, por preferência, etc., várias amostras (entre 3 e 7) de diferentes produtos relativamente a determinada característica ou atributo – Testes de Classificação Ordinal.

Neste teste sensorial, a cada provador são apresentadas aleatoriamente todas as amostras e pretende-se que o provador as ordene de acordo com a intensidade dum característica específica.

Os resultados já não são "resposta correcta" ou "incorrecta" (variável categórica ou nominal) como nos testes anteriores, para serem dados referidos pela ordem, ou números de ordem – "ranks" (**variável ordinal**)¹⁵.

¹⁵ Os números de ordem (os "ranks" ou "postos") não têm significado *per se* nem constituem medida da intensidade do estímulo!

Por exemplo, para 4 produtos (A a D) e 25 provadores os resultados poderiam ser como os indicados na tabela seguinte. Neste caso, solicitou-se aos provadores que ordenassem as amostras da "menos intensa" (número de ordem=1) para a "mais intensa" (número de ordem=4) e calculou-se a soma dos *ranks* para cada amostra (p. ex. soma dos *ranks* de A = 42).

Provador (i)	Produtos (j)			
	A	B	C	D
1	1	3	2	4
2	2	3	1	4
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
25	2	1	4	3
"Soma dos Ranks" (R_j)	42	58	49	92

Em princípio, a maior soma corresponde à amostra/produto considerado como tendo maior intensidade do estímulo!

Utiliza-se o Teste de Friedman¹⁶ para analisar os resultados de provas sensoriais de classificação ordinal (ISO 8587: 2006). O procedimento tem duas "fases".

1º Para facilitar vamos designar as somas de "ranks" por R_j , isto é, a "soma dos ranks" atribuídos à amostra A será R_1 , a "soma dos ranks" da amostra B será R_2 , etc. Assim, para um conjunto de $j=1, 2, \dots, t$ amostras, se $H_0: R_1 = R_2 = \dots = R_t$ (os produtos são iguais), a estatística de teste T de Friedman será:

$$T = \left[\left(\frac{12}{bt(t+1)} \right) \sum_{j=1}^t R_j^2 \right]$$

em que b é o número de provas (ou provadores), t é o número de amostras (ou produtos) em comparação, $\sum R_j^2$ é o somatório dos quadrados da soma dos "ranks" por amostra, R_j^2 , e T segue uma distribuição de χ^2 com $v = t - 1$ g.l.

• Para $H_1: \exists R_i \neq R_j, r \neq j$ ¹⁷, se $T > \chi^2_{[\alpha; t-1]}$ rejeita-se H_0 (i.e. decide-se em favor da H_1 com uma confiança de $(1 - \alpha)100\%$); caso contrário, não se rejeita H_0 . Obtém-se $\chi^2_{[\alpha; t-1]}$ da Tab. I anexa.

2º No caso de se rejeitar a H_0 anterior, permanece a dúvida relativamente à(s) amostra(s) diferentes. Para isso, pode-se usar um procedimento de comparação múltipla para "ranks" baseado na "**Least Significant Difference**" ou **Diferença Mínima Significativa** – LSD_{rank} :

$$LSD_{rank} = z_{[1-\alpha/2]} \sqrt{\frac{b \cdot t(t+1)}{6}}$$

em que $z_{[1-\alpha/2]}$ se obtém da Tab. IV.

• Assim, comparando todas as amostras, duas a duas, quaisquer duas amostras são consideradas diferentes para um nível de significância α , se as respectivas somas dos "ranks" por amostra x_j diferem mais do que o valor LSD_{rank} !

Do exemplo anterior, como $T=8,83$, $\chi^2 = 7,81$ e $T > \chi^2$, logo existe(m) diferença(s) entre amostras, mas qual é ou quais são os

¹⁶ A utilização do Teste de Friedman justifica-se uma vez que as observações (avaliações) por cada um dos provadores para os diferentes grupos (produtos) estão relacionadas entre si!

¹⁷ "Pelo menos um produto diferente dos restantes".

produtos diferentes? Uma vez que $LSD_{rank}=17,89$, e comparando as amostras em pares, obtém-se que:

$$\begin{aligned} |R_A - R_B| &= 16 < LSD_{rank} & |R_B - R_C| &= 9 < LSD_{rank} \\ |R_A - R_C| &= 7 < LSD_{rank} & |R_B - R_D| &= 34 > LSD_{rank} \\ |R_A - R_D| &= 50 > LSD_{rank} & |R_C - R_D| &= 43 > LSD_{rank} \end{aligned}$$

Apenas nos casos A vs. D, B vs. D e C vs. D se verificou que o módulo da diferença de $R_j > LSD_{rank}$ para $\alpha=0,05$, e por isso se podem considerar as amostras A, B e C diferentes da amostra D. Graficamente: A C B D.

5. Testes Analíticos Descritivos

O objectivo geral dos testes sensoriais analíticos descritivos é a identificação ("qualificação") e/ou a quantificação de características sensoriais em vários produtos: *testes com escalas categorizadas* e de *análise descritiva*.

São provas sensoriais úteis para: definir propriedades sensoriais para novo produto; definir especificações para o controlo de qualidade; documentar atributos com interesse para estudos de mercado; e monitorizar alterações no produto, como sejam o tempo de armazenagem, etc.

Exigem a utilização de **provadores treinados** (ou, pelo menos, experientes com a(s) característica(s) em estudo) e de **escalas** para a quantificação da intensidade da sensação. **Supõe-se que a categoria de classificação (ou o valor numérico correspondente) da escala é proporcional à intensidade da sensação provocada pelo estímulo em estudo!**

Nestes apontamentos, de entre os vários tipos de testes sensoriais incluídos nesta categoria, abordaremos os Testes de Classificação de Características com Escalas Categorizadas (que recorrem aos testes estatísticos de F , t e à Análise de Variância para a comparação dos resultados entre produtos) e os Perfis Sensoriais de "flavour" (que, graficamente, permitem descrever e comparar as características sensoriais dos produtos em apreciação).

5.1. Testes de Escalas Categorizadas

Neste tipo de testes sensoriais, as amostras e as **escalas, para a "classificação" ou "avaliação" da intensidade da sensação** provocada pelo(s) atributo(s) em estudo, são fornecidos simultaneamente aos provadores. As escalas¹⁸ utilizadas podem ser de vários tipos (ver ISO 4121: 2003):

Escalas não-estruturadas – o provador "classifica" a intensidade da sensação seleccionando determinada categoria (que equivale a um dado valor numérico). Apenas as "categorias-limite" estão "definidas".

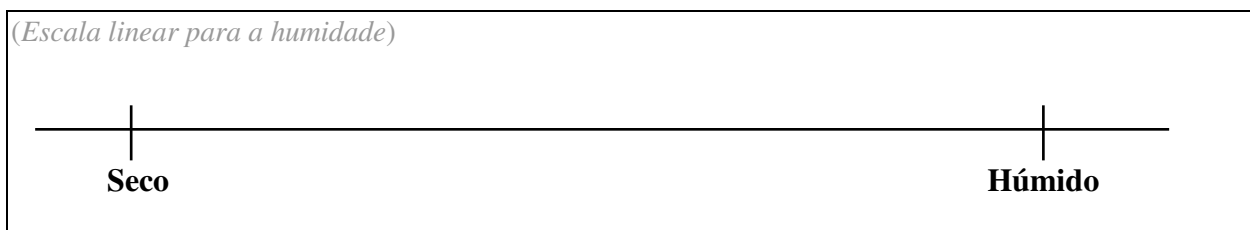
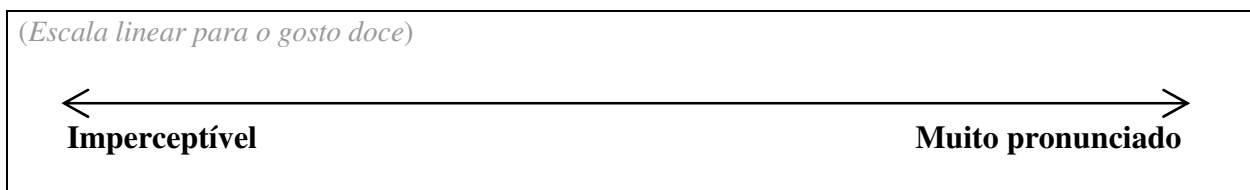
(*Escala da tenrura da carne*)

Mais dura								Mais tenra
1	2	3	4	5	6	7	8	

Escalas lineares, "line scales" (caso particular de escalas não-estruturadas) – o provador avalia a intensidade da sensação desenhando uma marca numa linha horizontal com 15 cm

¹⁸ As escalas podem ser preparadas especificamente para o estudo ou não (ver com atenção, entre outros, Amerine *et al.* [1965] e Meilgaard *et al.* [1993]).

(ou 10 cm) de comprimento e com limites definidos nas extremidades (ou a 1,25 cm).



Escalas estruturadas, "category scaling" – o provador "classifica" a intensidade da sensação seleccionando determinada categoria (que equivale a um dado valor numérico). As categorias descrevem a intensidade da sensação recorrendo a palavra(s)-chave.

(Escala da dureza)

Extremam/ Dura	Muito Dura	Moderadam/ Dura	Levem/ Dura	Levem/ Tenra	Moderadam/ Tenra	Muito Tenra	Extremam/ Tenra
1	2	3	4	5	6	7	8

Escala de referência (caso particular de escalas estruturadas) – o provador avalia a intensidade da sensação seleccionando determinada categoria (que equivale a um dado valor numérico). As categorias descrevem a intensidade da sensação por referência a outros produtos.

(Escala de referência da dureza; concebida e desenvolvida na ADEA – EST)

Valor	Produto	Comentários
0	Pudim de caramelo	Yoplait, refrigerado em gelo
1	Queijo tipo-Philadelphia	Kraft, <i>idem</i>
2	Queijo gordo (triângulos)	Caserio, <i>idem</i>
3,5	Clara de ovo (10 min. cozedura após fervura)	---, <i>idem</i>
6	Salsichas tipo-Frankfurter (crua)	Ramazzotti, temp ^a amb.
8	Amendoim torrado	Galvão, <i>idem</i>
9	Amêndoa torrada com pele	Superm. Horta, <i>idem</i>
12	Rebuçado de fruta	Cristal/Trefin, <i>idem</i>

Geralmente, os **resultados** deste tipo de testes sensoriais são **variáveis intervalares**! Se as categorias de classificação (ou os valores numéricos equivalentes) da escala estão separados por intervalos de intensidade constantes, então é possível analisar estatisticamente os resultados usando estatística paramétrica. É, portanto, possível descrever o(s) produto(s), através da média e do desvio-padrão das classificações atribuídas, mas também comparar (as classificações dos) vários produtos usando testes de hipóteses.

Como? Antes de mais, será necessário rever alguns conceitos relacionados com uma distribuição de probabilidades importante... a **Distribuição Normal!** Para uma dada variável X com distribuição normal, $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, a função densidade de probabilidades da distribuição normal $f(x)$, de parâmetros μ (a média) e σ (o desvio-padrão) define uma curva, como a apresentada na Fig. 23a, que está “centrada” na média μ e cuja “forma” se deve ao desvio-padrão σ . Como em todas as distribuições de probabilidades de variáveis contínuas a área total sob a curva é igual a 1 e uma dada área corresponde à probabilidade (ou à confiança, na perspectiva dos testes de hipóteses) da variável X tomar valores num determinado intervalo de resultados $[x_1; x_2]$ (Fig. 23a). Esta distribuição de probabilidades descreve bastante bem vários fenómenos e aplica-se em muitos campos da ciência e tecnologia.

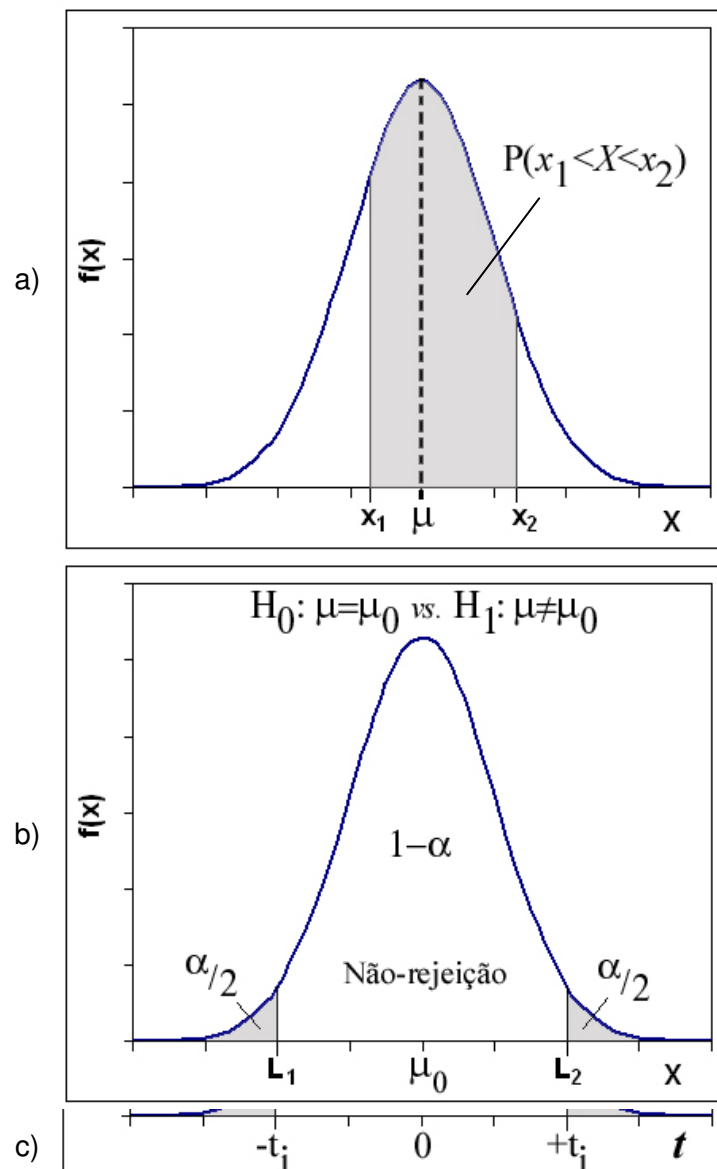


Fig. 23 – a) Ilustração da função densidade de probabilidades da distribuição da variável X em que se representa a probabilidade dessa variável tomar valores entre x_1 e x_2 (área sombreada); b) e c) Ilustração do “funcionamento” dum teste de hipóteses relativo à media. Num teste de hipóteses, os “valores críticos” $-t_i$ e $+t_i$ (derivados dos limites L_1 e L_2) definem uma área (ou seja, uma probabilidade) de não-rejeição da H_0 igual a $1 - \alpha$.

Ora bem, vamos abordar a análise estatística dos resultados de provas sensoriais que envolvem escalas categorizadas: 1) no caso de um atributo sensorial e dois produtos (amostras

independentes e emparelhadas); e 2) quando um único atributo sensorial é testado em mais de duas amostras.

Comparação de um atributo sensorial entre dois produtos

Vulgarmente desconhecem-se os "verdadeiros valores" de μ e σ , no entanto é, ainda assim, possível analisar estatisticamente os problemas (que envolvem a distribuição normal) mas recorrendo a transformações dos resultados da variável X . Por exemplo, através de $t = (X - \bar{x})/s$ com média, \bar{x} , e desvio-padrão, s , da amostra obtém-se a distribuição t de Student, que depende dum único parâmetro (relacionado com o tamanho da amostra n): os graus-de-liberdade (g.l.= $n-1$). É, assim, possível definir "áreas de rejeição e de aceitação" num teste de hipóteses com base em "valores críticos" de t (Fig. 23b,c)!

Os resultados da utilização duma escala linear de 120 mm para avaliar a dureza de duas marcas de esparguete (A e B) num teste sensorial com um painel de provadores treinados foram: 8,1, 7,4, 6,8, 7,9 e 8,5 mm (A); e 4,4, 5,4, 5,3 e 4,1 mm (B). O que se pode concluir acerca da dureza das duas marcas de pasta?

Neste caso, é possível usar um teste estatístico derivado da distribuição t de Student (**Teste de t**) para comparação de duas médias (de avaliações sensoriais usando escalas)...

...a) de **amostras independentes**.

Para as observações x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n seleccionadas aleatoriamente de duas populações, X e Y , normais (de médias \bar{x} e \bar{y} , respectivamente), *independentes*¹⁹ e com variâncias iguais²⁰, então no caso de $H_0: \mu_x = \mu_y$ a estatística de teste:

$$t^* = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_{\bar{x}-\bar{y}}}$$

segue distribuição t de Student com $(n_x + n_y - 2)$ g.l., sendo que o erro-padrão da diferença entre as médias é $S_{\bar{x}-\bar{y}} = \sqrt{(s^2/n_x) + (s^2/n_y)}$ no qual a "variância combinada" das amostras é

$$s^2 = \left(\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_x + n_y - 2} \right).$$

• Para $H_1: \mu_x \neq \mu_y$ ²¹, se $|t^*| > t_{[1-\alpha/2; n_x + n_y - 2]}$ ²² rejeita-se H_0 , i.e. $\mu_x \neq \mu_y$ com $(1 - \alpha)100\%$ confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

• Para $H_1: \mu_x > \mu_y$ ou $\mu_x < \mu_y$, se $t^* > t_{[1-\alpha; n_x + n_y - 2]}$ ou então $t^* < -t_{[1-\alpha; n_x + n_y - 2]}$ rejeita-se H_0 com $(1 - \alpha)100\%$ confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

¹⁹ No caso da Análise Sensorial, os resultados são independentes se, por exemplo, os produtos são avaliados em sessões de prova diferentes por um dado painel de provadores ou quando as classificações dos produtos se devem a mais de um painel de provadores.

²⁰ Se não for possível assumir a igualdade das variâncias é necessário testar essa hipótese, usando o teste de F (ver página seguinte).

²¹ "As classificações médias dos produtos são diferentes".

²² O valor crítico de t pode obter-se da Tab. V em anexo.

Para testar se as variâncias são iguais (**Teste de F**), considere-se $H_0: \sigma_x^2 = \sigma_y^2$ e então a estatística de teste:

$$F^* = \frac{s_x^2}{s_y^2} \quad \text{se } s_x^2 > s_y^2$$

em que $s_x^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n_x-1)}$ e $s_y^2 = \frac{\sum(y-\bar{y})^2}{(n_y-1)}$, segue distribuição de F de Snedecor com $(n_x - 1, n_y - 1)$ g.l. O quociente F^* é calculado com o maior valor de s^2 no numerador e o menor valor de s^2 no denominador (isto implica, também, a ordem dos g.l. para se obter o valor teórico de F a partir da Tab. VI ou da Tab. VII, anexas).

• Para $H_1: \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$, se $F^* > F_{[1-\alpha, n_x-1, n_y-1]}$ rejeita-se H_0 , i.e. $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$ com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 . O valor crítico $F_{[1-\alpha, n_x-1, n_y-1]}$ obtém-se da Tab. VI ou da Tab. VII (em anexo).

Se, porventura, se conclui que $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$ então será necessário usar o **Teste t de Welch** para testar a diferença entre os produtos (ou seja, $H_0: \mu_x = \mu_y$ vs. $H_0: \mu_x \neq \mu_y$).

Neste caso, obter **t' de Welch** a partir de

$$t' = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(s_x^2/n_x) + (s_y^2/n_y)}}$$

e comparar esta estatística de teste com o valor crítico de t de Student para v' graus de liberdade:

$$v' = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x}\right)^2}{n_x - 3} + \frac{\left(\frac{s_y^2}{n_y}\right)^2}{n_y - 3}}$$

Geralmente v' não é inteiro, por isso, deve-se usar o menor inteiro maior do que v' .

• Para $H_1: \mu_x \neq \mu_y$ ²³, se $|t'| > t_{[1-\alpha/2; v']}$ ²⁴ rejeita-se H_0 , i.e. $\mu_x \neq \mu_y$ com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

(Continuação) Sabendo que $s_A^2 = 0,433$ e $s_B^2 = 0,420$, então $F^* = 1,02$. Uma vez que $F^* \ll F_{[0,95; 4; 3]} = 9,12$ não se rejeita H_0 (variâncias iguais) e portanto é possível usar um teste t

²³ “As classificações médias dos produtos são diferentes”.

²⁴ O valor crítico de t pode obter-se da Tab. V em anexo.

“simples” para amostras independentes. Sabendo que $\bar{x}_A = 7,74$, $\bar{x}_B = 4,80$ e $S_{\bar{x}-\bar{y}} = 0,427$, logo $t^* = 6,878$.

Como $|t^*| > t_{[0,975;7]} = 2,365$, rejeita-se H_0 , pelo que, com 95% confiança, a dureza das duas marcas de *pasta* é diferente.

... **b)** e de **amostras emparelhadas**²⁵.

Com n pares de valores (x_i, y_i) seleccionados de duas populações, X e Y , normais (de médias \bar{x} e \bar{y} , respectivamente) e com as diferenças $d_i = x_i - y_i$ para cada par, então se $H_0: \mu_x = \mu_y$ a estatística de teste

$$t_d = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

em que $S_{\bar{d}} = S/\sqrt{n}$ e $S = \sqrt{\left(\sum(d_i - \bar{d})^2\right)/(n-1)} = \sqrt{\left(n\sum d_i^2 - (\sum d_i)^2\right)/n(n-1)}$ segue distribuição t de Student com $(n-1)$ g.l.

- Para $H_1: \mu_x \neq \mu_y$, se $|t_d| > t_{[1-\alpha/2; n-1]}$ rejeita-se H_0 , i.e. $\mu_x \neq \mu_y$ com $(1-\alpha)100\%$ confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .
- Para $H_1: \mu_x > \mu_y$ ou $\mu_x < \mu_y$, se $t_d > t_{[1-\alpha; n-1]}$ ou então $t_d < -t_{[1-\alpha; n-1]}$ rejeita-se H_0 , i.e. $\mu_x > \mu_y$, ou vice-versa, com $(1-\alpha)100\%$ confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

Comparação de um atributo sensorial entre mais de dois produtos

Neste caso, é possível estudar os resultados das provas sensoriais utilizando a **análise de variância**, vulgarmente designada por **ANOVA**. Segundo alguns, a ANOVA é uma generalização do teste de t , e de acordo com outros, o teste de t é um caso particular da ANOVA. Simplisticamente, em Análise Sensorial a ANOVA pretende comparar médias, confrontando a variância "entre produtos" com a variância "dentro de cada produto"!

A **ANOVA baseia-se em dois princípios**: subdividir a variabilidade total "medida" pela SQ_{total} e respectivos graus de liberdade; e estimar σ^2 por dois (ou mais) métodos e comparar essas estimativas. Por outro lado, a ANOVA "**exige**" **três condições**: 1) a independência dos resultados (que é "garantida" se se realizarem aleatoriamente as provas sensoriais); 2) a distribuição normal dos resultados; e 3) a homogeneidade das variâncias.²⁶

Geralmente, as provas sensoriais envolvem **três componentes**, as amostras/produtos, os provadores e os resultados das provas, às quais correspondem as "designações técnicas" na nomenclatura da ANOVA de *tratamentos*, *blocos* e *unidades experimentais*, respectivamente. Estas componentes **ajudam a definir planos experimentais** diferentes consoante a situação

²⁵ Neste caso, os valores x_i e y_i referem-se, por exemplo, às observações (às classificações, às "medições") sobre o "mesmo produto" efectuadas antes e depois de determinado "tratamento" ou período de tempo; ou então quando, na mesma sessão de provas, um determinado provador classifica os dois produtos X e Y consecutivamente.

²⁶ Contudo, a ANOVA é bastante robusta a "desvios" (ligeiros) aos pressupostos anteriores!

em estudo. Por **plano (ou delineamento) experimental** pode entender-se o esquema de organização duma experiência (neste caso de uma prova sensorial). Existem vários tipos de planos experimentais. Nesta disciplina vamos falar, apenas, dos seguintes: A) experiências inteiramente casualizadas; e B) experiências com blocos casualizados.

A) Experiências Inteiramente Casualizadas²⁷

Neste tipo de experiências (*i.e.* de provas sensoriais) muito simples, não se consideram as possíveis diferenças entre os provadores, ou seja, não se consideram os *blocos* na ANOVA. Os resultados-tipo duma experiência deste género são como os que se apresentam no exemplo seguinte.

Numa prova sensorial, para testar k produtos, solicitou-se a um painel de p provadores que provassem as diversas amostras de acordo com o protocolo mais adequado e que classificassem cada amostra utilizando uma escala fornecida simultaneamente com as amostras. As classificações dos vários provadores $x_{11}, x_{22}, \dots, x_{pk}$ compõem o corpo da tabela seguinte.

Provadores ($i=1, 2, \dots, p$)	Amostras/Produtos ($j=1, 2, \dots, k$)			
	1	2	...	k
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1k}
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2k}
...	\vdots	\vdots		\vdots
p	x_{p1}	x_{p2}	...	x_{pk}
Total T_j	T_1	T_2	...	T_k
Média \bar{x}_j	\bar{x}_1	\bar{x}_2	...	\bar{x}_k

Para cada produto j , obtém-se a soma das classificações T_j e a classificação média \bar{x}_j . Calculam-se, ainda, o número total de resultados $N = \sum n_j$, soma de todas as classificações $T = \sum T_j = \sum \sum x_{ij}$ e a média "geral" \bar{x} .

Pretendendo-se comparar os produtos j ($j = 1, 2, \dots, k$) através das classificações atribuídas por p provadores, isso é o mesmo que testar as hipóteses, $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ [os produtos são iguais] *versus* $H_1: \mu_r = \mu_j$ para algum par (r, j) com $r \neq j$ [pelo menos um dos produtos é diferente].

Para analisar resultados de experiências como as descritas anteriormente, a "lógica" da ANOVA, pode simplificar-se da seguinte forma: 1^o para comparar (as médias das classificações) dos produtos, \bar{x}_j , obtém-se a soma dos quadrados dos desvios entre médias das classificações dos produtos ponderadas pelo número de observações para cada produto, a SQ_{Entre} :

$$SQ_{Entre} = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = \left(\frac{\sum_{j=1}^k T_j^2}{\sum_{j=1}^k n_j} \right) - \frac{T^2}{N}$$

(em que \bar{x} é média «geral»); 2^o para "medir" o grau de variabilidade (aleatória) "natural", ou seja, o "erro" intrínseco das observações, calcula-se a soma dos quadrados das diferenças das classificações, x_{ij} , "dentro" dos produtos, a SQ_{Dentro} :

²⁷ Do inglês *Completely Randomized Designs*.

$$SQ_{Dentro} = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right) = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^p x_{ij}^2 - \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j}$$

3º Estas quantidades são as "duas componentes" da variabilidade do "problema" e podem ser somadas (a "Identidade da ANOVA"), obtendo-se a SQ_{Total} :

$$SQ_{Entre} + SQ_{Dentro} = SQ_{Total}$$

ou então, calcula-se a SQ_{Total} através de:

$$SQ_{Total} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 = \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^p x_{ij}^2 \right) - \frac{T^2}{N}$$

4º Podemos "refinar" estas medidas da variabilidade, de modo a obtermos duas estimativas, separadas, da variância (da variabilidade) da população. Sabendo que

$$gl_{Entre} + gl_{Dentro} = gl_{Total}$$

sendo que $(k - 1) + (N - k) = (N - 1)$, então é possível calcular as médias quadráticas:

$$MQ_{Entre} = \frac{SQ_{Entre}}{k - 1} \quad \text{e} \quad MQ_{Dentro} = \frac{SQ_{Dentro}}{N - k}$$

que "estimam", de forma independente, a variância da população! Se H_0 for verdadeira, então $MQ_{Entre} \leq MQ_{Dentro}$; caso contrário, $MQ_{Entre} > MQ_{Dentro}$! Como testar estas afirmações?

5º É possível testar as afirmações anteriores, calculando uma estatística de teste conhecida e que utiliza a informação das variâncias! Se $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ for verdadeira, então a estatística de teste

$$F_0 = \frac{MQ_{Entre}}{MQ_{Dentro}}$$

segue distribuição de F com $(k - 1; N - k)$ g.l. (na terminologia da ANOVA, o numerador é geralmente designado por MQ_{Efeito} e o denominador por MQ_{Erro}).

• Para H_1 : *Pelo menos uma das médias é diferente das restantes*²⁸, se $F_0 > F_{[1-\alpha, k-1, N-k]}$ rejeita-se H_0 com $(1 - \alpha)100\%$ confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 . O valor crítico $F_{[1-\alpha, k-1, N-k]}$ obtém-se da Tab. VI ou da Tab. VII (em anexo).

A informação da ANOVA pode e deve ser resumida numa Tabela de ANOVA:

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F_0
Entre	SQ_{Entre}	$K - 1$	MQ_{Entre}	MQ_{Entre}/MQ_{Dentro}
Dentro	SQ_{Dentro}	$N - k$	MQ_{Dentro}	
Total	SQ_{Total}	$N - 1$		

6º Se F_0 é significativo, *i.e.* se se concluir que pelo menos um dos produtos é diferente, então será necessário recorrer a testes para comparações múltiplas para distinguir qual (ou quais) da(s) média(s) dos produto(s) é diferente!

Para comparações específicas entre as médias, duas-a-duas, é possível usar a **Diferença Mínima Significativa** ou **LSD** de Fisher²⁹:

²⁸ Formalmente, representa-se como $MQ_{Entre} > MQ_{Dentro}$.

²⁹ Rever tópico relacionado com o Teste de Friedman e LSD_{rank} .

$$LSD = t_{[1-\alpha/2; gl_{Dentro}]} \sqrt{\frac{2 \cdot MQ_{Dentro}}{n}}$$

se $n_1 = n_2 = \dots = n_k$ e em que n é o número de observações por produto, ou então

$$LSD = t_{[1-\alpha/2; gl_{Dentro}]} \sqrt{MQ_{Dentro} \cdot \left(\frac{1}{n_a} + \frac{1}{n_b} \right)}$$

se $n_1 \neq n_2 \neq \dots \neq n_k$ e em que n_a e n_b são o número de observações nos dois produtos em comparação (A e B, por exemplo). Consultar a Tab. V para obter o valor crítico de t .

Assim, comparando todas as amostras, duas a duas, quaisquer duas amostras são consideradas diferentes para um nível de significância α , se as respectivas médias diferem (em módulo) mais do que o valor de **LSD**!

O resultado das comparações múltiplas pode ser apresentado graficamente. Por exemplo, para hipotéticos produtos A a D ordenados de acordo com as respectivas classificações médias:

A
B
D
C

B) Experiências com Blocos Casualizados³⁰

Os planos experimentais inteiramente casualizados mencionados acima são pouco utilizados em Análise Sensorial. Geralmente, quando se pretende analisar os resultados de provas sensoriais, são de admitir diferenças entre os provadores na classificação de determinado atributo (contudo os provadores devem ser "consistentes" nas suas provas!) e, por isso, é necessário considerar algumas alterações à metodologia apresentada anteriormente!!!

Neste tipo de experiências (ou provas sensoriais) pretendem-se testar dois conjuntos de hipóteses:

a) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ versus $H_1: \text{Pelo menos uma das médias é diferente das restantes!}$

b) $H_0: B_1 = B_2 = \dots = B_p$ versus. $H_1: \text{Pelo menos um dos provadores "é diferente" dos restantes a classificar o atributo!}$

Os resultados-tipo duma experiência (prova sensorial) deste género podem ser resumidos como no exemplo seguinte.

Retomem-se os resultados apresentados no caso anterior e apresentados na tabela seguinte. Para além das várias quantidades (úteis para a ANOVA) que se podem obter da tabela, calculam-se a soma das classificações atribuídas por cada provador B_i bem como a soma de todas essas quantidades B ($=\Sigma B_i$).

³⁰ Do inglês *Randomized (Complete) Block Designs*.

	Amostras/Produtos (j=1,2,..., k)				
Provedores (i=1, 2,..., p)	1	2	...	k	Total B _i
1	x ₁₁	x ₁₂	...	x _{1k}	B ₁
2	x ₂₁	x ₂₂	...	x _{2k}	B ₂
...	⋮	⋮		⋮	
p	x _{p1}	x _{p2}	...	x _{pk}	B _p
Total T_j	T ₁	T ₂	...	T _k	
Média \bar{x}_j	\bar{x}_1	\bar{x}_2	...	\bar{x}_k	

Neste caso, é necessário "estimar" a variabilidade associada às diferenças entre provedores, uma vez que do "erro" intrínseco (medido pela SQ_{Dentro} no plano experimental anterior), uma parte será devida àquelas diferenças e o restante "permanece por explicar". Assim, para cada provedor calcular a soma das classificações que atribuiu aos vários produtos, B_i (a última coluna à direita na tabela anterior):

$$B_i = \sum_{j=1}^k x_{ij}$$

e obter a SQ_{Blocos} para o conjunto dos p provedores através de:

$$SQ_{Blocos} = \left(\frac{\sum_{i=1}^p B_i^2}{k} \right) - \frac{T^2}{N}$$

As fórmulas de cálculo da SQ_{Entre} e da SQ_{Total} mantêm-se! No entanto, SQ_{Dentro} obtém-se de:

$$SQ_{Total} = SQ_{Entre} + SQ_{Blocos} + SQ_{Dentro}$$

Sabendo que $gl_{Entre} + gl_{Blocos} + gl_{Dentro} = gl_{Total}$, isto é, que $(k - 1) + (p - 1) + (k - 1)(p - 1) = (N - 1)$ então é possível calcular as médias quadráticas:

$$MQ_{Entre} = \frac{SQ_{Entre}}{k-1}, \quad MQ_{Blocos} = \frac{SQ_{Blocos}}{p-1}, \quad MQ_{Dentro} = \frac{SQ_{Dentro}}{(k-1)(p-1)}$$

que "estimam", de forma independente, a variância da população!

No caso de **a)**, como anteriormente, se $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ for verdadeira, então a estatística de teste

$$F_0^1 = \frac{MQ_{Entre}}{MQ_{Dentro}}$$

segue distribuição de F com $[k - 1; (k - 1)(p - 1)]$ g.l.

- Para H_1 : *Pelo menos uma média é diferente das restantes*, se $F_0^1 > F_{[1-\alpha, k-1, (k-1)(p-1)]}$ rejeita-se H_0 com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

Rejeitando H_0 , é necessário utilizar testes de comparações múltiplas (por exemplo, *LSD* como anteriormente) para distinguir qual, ou quais são as médias diferentes!

No caso de **b)**, se $H_0: B_1 = B_2 = \dots = B_n$ for verdadeira, então a estatística de teste

$$F_0^2 = \frac{MQ_{Blocos}}{MQ_{Dentro}}$$

segue distribuição de F com $[p - 1; (k - 1)(n - 1)]$ g.l.

- Para H_1 : *Pelo menos um provador é diferente dos restantes*, se $F_0^2 > F_{[1-\alpha, p-1, (k-1)(p-1)]}$ rejeita-se H_0 com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança; caso contrário, não se rejeita H_0 .

Se se rejeitar esta H_0 , será necessário considerar as diferenças entre provadores em futuras provas sensoriais em que intervenha este painel³¹. A principal vantagem deste tipo de planos experimentais, é tomar em consideração as possíveis (prováveis) diferenças entre provadores, de forma a providenciar uma estimativa “mais correcta” do erro experimental e “melhor julgar” as diferenças entre produtos.

Novamente, a informação da ANOVA pode **e deve** ser apresentada sob a forma duma tabela (da ANOVA) que facilita a interpretação dos resultados.

5.2. Testes de Análise Descritiva – Perfis Sensoriais

Estes testes sensoriais permitem descrever, simultaneamente, várias características num ou mais produtos. Como nos testes de escalas categorizadas, discutidos anteriormente, aos provadores são fornecidas escalas para avaliarem a intensidade das sensações provocadas pelos atributos e/ou para "apreciarem", avaliarem hedonisticamente, o(s) produto(s).

Os resultados podem ser analisados através de:

- | | |
|-------------------|--|
| + <i>simples</i> | i) Elaboração de perfis sensoriais (ver ISO 13299: 2003); |
| ↓ | ii) Análise univariada (comparações, atributo a atributo, recorrendo a testes de F e t quando são dois produtos ou à ANOVA quando são mais produtos); |
| + <i>complexo</i> | iii) Análise multivariada (estudo de todos os atributos em todos os produtos simultaneamente). |

Os perfis sensoriais são representações gráficas, em sistema de coordenadas polares, das médias das classificações atribuídas a cada atributo do(s) produto(s) em estudo (Fig. 24).

Graficamente (qualitativamente), é possível comparar a forma dos polígonos dos produtos em questão e, desse modo, comparar os produtos. É também possível comparar quantitativamente, atributo a atributo, os produtos em questão usando testes de t (no caso de dois produtos) ou ANOVA (no caso de mais produtos).

³¹ Identificar o(s) provador(es) diferente(s) e, eventualmente, excluí-los do painel não será economicamente razoável!!!

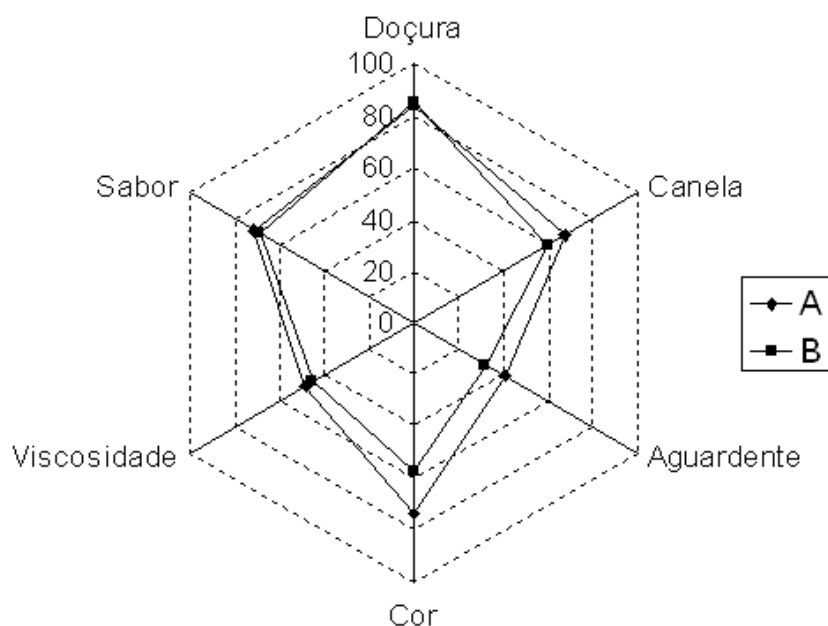


Fig. 24 – Perfis sensoriais (em coordenadas polares) de dois produtos A e B (doces de abóbora).

6. Testes Afectivos

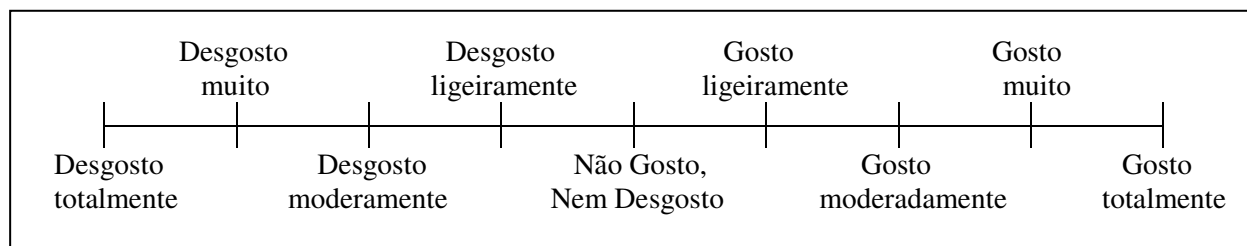
Os testes afectivos são provas sensoriais usadas para a valorização (ou classificação) da preferência e/ou aceitação dos produtos por provadores sem treino prévio, seleccionados de entre consumidores de acordo com critérios que variam com o objectivo do teste (área geográfica, tipo de ocupação, nível social e económico, etc.).

A avaliação (a "medição") da preferência pode incluir:

- Escolha entre duas amostras através do **Teste de Preferência-Par** (em tudo similar ao Teste de Comparação-Par e no qual se usa o Teste de χ^2 para analisar os resultados);
- Classificação por ordem de "gosto" ou agrado pelo **Teste de Classificação Afectiva** (uma "adaptação" do Teste de Classificação ordinal no qual se emprega o Teste Friedman para analisar os resultados das provas);
- Expressão da opinião numa escala hedonística através de **Testes Afectivos com Escalas Hedonísticas**, que são semelhantes aos Testes Descritivos (em que se utilizam os Testes de t ou a ANOVA para analisar os resultados).

As **escalas de classificação hedonística** (EH) são usadas para avaliar o nível de agrado – preferência ou aceitação – pelo produto manifestado por uma amostra da população-alvo do produto (organizada num painel de provadores). Tradicionalmente, as EH compreendem 9 pontos ou palavras que traduzem outros tantos níveis de agrado e/ou desagrado, como por exemplo³²:

³² Para analisar os resultados é comum fazer corresponder a cada categoria um valor numérico (nesta escala, por exemplo, fizeram corresponder-se os valores 1 a 9 para os extremos "Desgosto totalmente" e "Gosto totalmente", respectivamente).



Actualmente, utilizam-se também variações das EH: com 5 categorias apenas; com omissão da categoria neutra; com substituição das categorias verbais por categorias faciais (mais usada com crianças, Fig. 25); ou sem estruturação, à excepção de expressões indicando agrado e desgosto nas extremidades da escala (Fig. 26).



Fig. 25 – Escala hedonística para utilização com crianças.

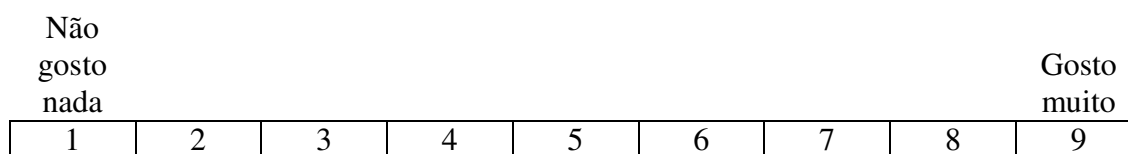


Fig. 26 – Escala não-estruturada para avaliação hedonística.

7. Análise sequencial para selecção de provadores³³

O **método tradicional para seleccionar provadores** consiste em: 1º inquirir várias pessoas (cerca do dobro do número de provadores pretendidos no painel) acerca de aspectos relevantes para as provas sensoriais a realizar pelo painel (por exemplo, características pessoais, hábitos alimentares e tabágicos, experiência com provas sensoriais, disponibilidade, etc.); e 2º cada candidato a provador repetir as provas sensoriais, e se o candidato tiver "sucesso num grande número de provas" será seleccionado!

No entanto, *o que é um número grande de provas? Que número de insucessos se pode admitir ao provador?*

Uma vez que se tratam de "sucessos" (e "insucessos") em provas repetidas utilizam-se **provas sensoriais "simples" com resultados do tipo "correcto" e "incorrecto"**, *i.e.* testes sensoriais de comparação-par, duo-trio ou triangular.

De facto, a **análise sequencial permite**, por um lado, seleccionar candidatos a provadores **"economizando tempo e dinheiro"** e **diminuindo os erros "estatísticos"** (de inferência, dos tipos I e II) de provas repetidas e, por outro, tomar qualquer uma das seguintes decisões em qualquer momento da prova sensorial: 1) **aceitar** o candidato a provador; 2) **rejeitar** o candidato; ou 3) **continuar** a experiência, realizando mais uma prova.

³³ Ver NP ISO 8586-1/2: 2001 sobre o procedimento normalizado de selecção e treino de provadores.

Como conceber e executar uma experiência com provas sequenciais? Em primeiro lugar, definir *a priori* os valores de α , β , p_0 e p_1 (em que $p_0 < p_1$), em que α é o risco de rejeitar um "bom provador", β é o risco de aceitar um "mau provador", p_0 é a proporção mínima de respostas correctas (ou seja, se número respostas correctas $< p_0 \cdot 3n$, rejeitar candidato!) e p_1 é a proporção de respostas correctas para aceitar provador (isto é, se número respostas correctas $\geq p_1 \cdot 3n$, aceitar o candidato!). A definição destes parâmetros deve corresponder às características do painel de provadores que se pretende constituir. No entanto, anotem-se algumas considerações³⁴ para a escolha dos parâmetros α , β , p_0 e p_1 : se p_0 se aproximar de p_1 então aumentará n !; e se existirem muitos candidatos, então pode-se aumentar α e β .

Com base nestes parâmetros podemos definir duas linhas L_0 e L_1 através das equações

$$L_0: d_0 = a_0 + b \cdot n \quad L_1: d_1 = a_1 + b \cdot n$$

em que d_0 e d_1 são número acumulado de respostas correctas, a_0 e a_1 são as ordenadas na origem, b é o declive (igual para as duas linhas – paralelas) e n é o número de provas. Estas duas linhas (paralelas) dividem "o plano" (eixo de coordenadas cartesianas) em três regiões (conforme se ilustra na Fig. 27a para $\alpha=\beta=0,10$, $p_0=0,65$ e $p_1=0,80$).

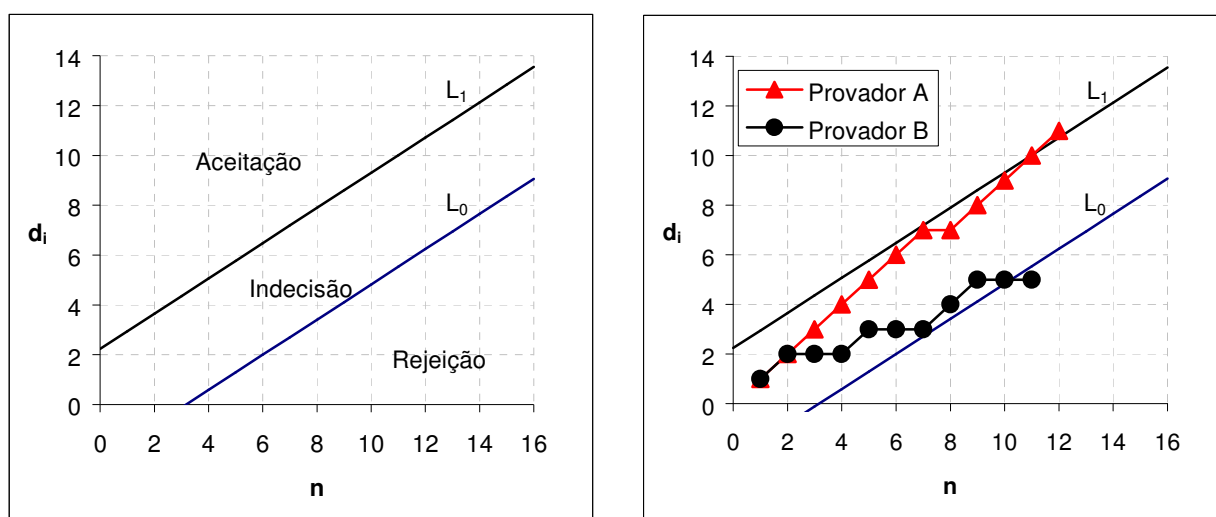


Fig. 27 – Representação gráfica das linhas L_1 e L_0 , que definem as áreas de aceitação, indecisão e rejeição num processo de selecção sequencial de provadores (ver texto para mais pormenores) (esquerda) e resultados da análise sequencial para a selecção de dois hipotéticos provadores (A e B). O provador A foi aceite pois à 12ª prova o número acumulado de repostas correctas d_A ultrapassou a linha L_1 . Pelo contrário, o provador B foi rejeitado após 11 provas porque o número acumulado de resultados correctos d_B ficou aquém da linha L_0 (direita).

Mas como se obtêm os parâmetros das equações que definem as linhas L_0 e L_1 ? Através das equações

³⁴ Antes de se decidirem os valores dos parâmetros α , β , p_0 e p_1 , a utilizar numa série de provas, é desejável estimar o n° médio de provas sensoriais \bar{n} que serão necessárias para decidir sobre os candidatos a provadores nessa série. Esse \bar{n} é determinado para casos particulares:
 Se $p=0$ (candidato sem habilidade) logo, $\bar{n}_0 = e_1/k_2$; Se $p=p_0$ (habilidade máxima inaceitável) então, $\bar{n}(p_0) = ((1-\alpha) \cdot e_1 + \alpha \cdot e_2) / (p_0 \cdot k_1 + (1-p_0) \cdot k_2)$; Se $p=p_1$ (habilidade mínima aceitável) logo, $\bar{n}(p_1) = (\beta \cdot e_1 + (1-\beta) \cdot e_2) / (p_1 \cdot k_1 + (1-p_1) \cdot k_2)$; Se $p=1$ (candidato infalível) então, $\bar{n}_1 = e_2/k_1$.

$$a_0 = \frac{e_1}{k_1 - k_2} \quad a_1 = \frac{e_2}{k_1 - k_2} \quad b = -\frac{k_2}{k_1 - k_2}$$

em que $k_1 = \log(p_1) - \log(p_0)$, $k_2 = \log(1 - p_1) - \log(1 - p_0)$, $e_1 = \log(\beta) - \log(1 - \alpha)$ e $e_2 = \log(1 - \beta) - \log(\alpha)$.

Após cada (repetição da) prova, o responsável assinala no gráfico o resultado obtido pelo candidato:

- Por cada **resposta correcta** → um incremento em xx (no eixo de n) e um incremento em yy (no eixo de d).
- Por cada **resposta incorrecta** → um incremento em xx (em n) e nenhum incremento em yy (em d).

As provas terminam quando um ponto (um resultado numa prova) ultrapassar uma das linhas e dessa forma se puder tomar uma decisão (Fig. 27b)!

A aplicação das técnicas apresentadas nestes apontamentos e estudadas no âmbito da disciplina não dispensam a consulta de outros manuais ou artigos técnico-científicos dedicados aos assuntos (ver Bibliografia) e da legislação e normas aplicáveis ao produto e/ou atributo em análise.

8. Bibliografia³⁵

- Amerine M.A., Pangborn R.M. & E.B. Roessler (1965) Principles of sensory evaluation of food. Academic Press Inc., London, 435 pp.
- Anzaldúa-Morales A. (1994) La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ediciones Acríbia SA, Zaragoza, 198pp.
- Axel, R. (2006) The molecular logic of smell. *Scientific American*, 16(3): 69-75.ND
- Caceci T. (2001) Anatomy and physiology of the eye. Version 2.0, Virginia/Maryland Regional College of Veterinary Medicine, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg, Virginia USA (consultado em 10/2006, disponível on-line em <http://education.vetmed.vt.edu/Curriculum/VM8054/EYE/EYEDEMO.HTM>).
- Gouras, P. (s.d.) Part VII. Color vision. In Kolb H., Fernandez E. & R. Nelson (eds.) WebVision. The organization of the retina and the visual system. John Moran Eye Center, University of Utah (disponível on-line em <http://webvision.med.utah.edu/Color.html#The%20Hering%20Theory%20of%20Color%20Vision>, consultado em 20/2/2008).
- Hubel, D. (1995) Eye, Brain and Vision. Harvard Medical School, USA (consultado em 10/2006, <http://neuro.med.harvard.edu/site/dh/index.html>).
- Ibañez, F.C. & Y. Barcina (2001) Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. Springer-Verlag Ibérica, barcelona, 180 pp.
- IFT (1981) Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. Sensory Evaluation Division, Institute of Food Technologists. *Food Technology* 35(11): 50-59.ND
- Jacob, T. (2001a) Olfaction. School of Biosciences, Cardiff University, UK (disponível em <http://www.cf.ac.uk/biosi/staff/jacob/sensory/olfaction.html> consultado em 19/06/2001).

³⁵ Disponível na biblioteca da EST (Campus da Penha) excepto referências indicadas por **ND** ou na Internet.

- Jacob, T. (2001b) Taste. School of Biosciences, Cardiff University, UK (disponível em <http://www.cf.ac.uk/biosi/staff/jacob/sensory/taste.html> consultado em 19/06/2001).
- Jellinek, G. (1985) Sensory evaluation of food. Theory and Practice. Ellis Horwood Ltd England and VCH mbH Germany.
- Kaiser, P.K. (2007) Distribution of cones and rods across the retina In: The joy of visual perception. A web book. (disponível em <http://www.yorku.ca/eye>, consultado em 24/01/2008).
- Kalloniatis M. & C. Luu (s.d.) Part IX. Psychophysics of Vision. In Kolb H., Fernandez E. & R. Nelson (eds.) WebVision. The organization of the retina and the visual system. John Moran Eye Center, University of Utah (disponível on-line em <http://webvision.med.utah.edu/KallColor.html>, consultado em 27/2/2008).
- Kalumuck, K. (2006) The Myth of the Tongue Map and other ways to explore our individual tastes (disponível on-line em http://www.exploratorium.edu/ti/conf/nsta_2006/karen_kalumuck_session/Tonge%20Map%20Myths.pdf, consultado em 20/2/2008).
- Koren, N. (2002-2004) Color management and color science: Introduction (disponível on-line em http://www.normankoren.com/color_management.html, consultado em 26/2/2008).
- Laing, D.G & A. Jinks (1996) Flavour perception mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*, 7: 387-389.ND
- Linden, R.W. (1993) *Taste*. British Dental Journal 175: 243-253.ND
- Logothetis, N.K. (2006) Vision: a window into consciousness. *Scientific American*, 16(3): 5-11.ND
- Martins C. (1990) Avaliação sensorial dos alimentos. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro, Vila Real, 38 pp.
- Meilgaard M., Civille C.V. & B.T. Carr (1993) Sensory evaluation techniques. 3rd Edition, CRC Press Inc., Florida, 281 pp.
- Pernick, N. (2006) Eye. PathologyOutlines.com Inc., Bingham Farms, MI, (consultado em 10/2006, disponível on-line em <http://pathologyoutlines.com/eye.html>).
- Smith D. & R. Margolskee (2006) Making sense of taste. *Scientific American*, 16(3): 84-92.ND
- Starling E. & C.L. Evans (1978) Princípios de fisiologia humana. II Volume. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Stone H. & J. Sidel (1985) Sensory evaluation. Academic Press Inc., London.
- Taylor, A.J. & D.D. Roberts (2004) Flavour perception. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 283 pp.
- Wallis, C.S. (s.d.) Eye Functioning Lab. California State University, Long Beach, CA (disponível on-line em <http://www.csulb.edu/~cwallis/482/visualsystem/eye.html>, consultado em 10/2006).

9. Exercícios

Teste do Qui-quadrado e Testes de Comparação-Par, Duo-Trio e Triangular

1. A um provador é fornecida uma amostra de molho de tomate e uma amostra do mesmo molho ao qual foi adicionado uma quantidade detectável de sal. Em 36 provas independentes, o provador identificou correctamente 22 delas. Verifique se este provador seria um bom juiz para detectar a diferença na quantidade de sal no molho de tomate?
2. Numa receita de recheio de *pizza* pretende-se substituir um queijo da marca A por uma queijo da marca B. Para verificar se a mudança de queijo é detectável pelos consumidores, realizou-se um teste de comparação-par a 60 consumidores. Quarenta e cinco deles detectaram (correctamente) a diferença com 95% de confiança. Que conclusão se obtém acerca da mudança daquelas marcas de queijo na referida receita de *pizza*?
3. Pretende-se reduzir a quantidade de açúcar numa compota de morango. Elaboraram-se duas receitas da mesma compota, uma com mais açúcar e outra com menos açúcar. Para verificar se a diminuição na quantidade de açúcar é detectável pelos consumidores, realizou-se um teste de comparação-par a 80 consumidores. Cinquenta consumidores detectaram a diferença e indicaram correctamente a amostra com menos açúcar. Que conclusão se pode tirar?
4. Duas marcas de iogurte variam na acidez. Pretende-se verificar se os consumidores conseguem detectar a diferença entre as duas marcas de iogurte. Com esse objectivo, realizou-se um teste de comparação-par a 45 consumidores. Trinta responderam correctamente. Que conclusão pode tirar?
5. Duas marcas de iogurte variam na acidez. Pretende-se verificar se os consumidores conseguem detectar a diferença entre as duas marcas de iogurte. Com esse objectivo, realizou-se um teste duo-trio a 40 consumidores. Vinte e dois detectaram (correctamente) a diferença. Que conclusão pode tirar?
6. Para testar se dois procedimentos de produção de caixas de lenços de papel com perfume produzem uma fragrância que resista após três meses de armazenagem, o departamento de produção de determinada fábrica decidiu realizar um teste duo-trio a 90 consumidores treinados. Cinquenta e nove dos consumidores responderam correctamente. Qual a conclusão do teste?
7. Numa receita de recheio de *pizza* pretende-se substituir um molho de tomate da marca A por um molho de tomate da marca B. Para verificar se a mudança de marca é detectável pelos consumidores, realizou-se um teste triangular a 15 consumidores. Oito deles detectaram (correctamente) a diferença. Que conclusão se obtém acerca da mudança daquelas marcas de molho de tomate no recheio da *pizza*?
8. Num teste triangular envolvendo 25 provas, é solicitado que um provador identifique a amostra diferente das três apresentadas em cada prova. O provador escolheu correctamente em 18 das provas. O que se pode dizer acerca da capacidade do provador para distinguir os produtos em teste?
9. Uma "cerveja-experimental" é produzida usando um novo lote de malte, e o chefe de produção pretende saber se a diferença no malte relativamente a uma "cerveja-controlo" é detectável pelos consumidores. Para isso, recorreu a um painel de 12 provadores treinados que avaliaram todas as combinações possíveis através de um teste triangular. Oito dos provadores identificaram correctamente as amostras diferentes. Com um risco de 5%, o que se pode concluir?
10. Uma indústria alimentar, receando que possa resultar uma alteração na qualidade dos seus produtos ao substituir a embalagem até então usada, decidiu organizar provas sensoriais para verificar se a modificação do tipo de embalagem produz um efeito detectável pelos

consumidores. Tendo conseguido a adesão de seis potenciais consumidores, que se admite representarem razoavelmente o conjunto dos eventuais consumidores, procedeu a provas triangulares em que a cada sujeito eram apresentadas três pratos, sendo dois com o produto embalado com o material tradicional e um com o novo material. A cada provador pediu-se que identificasse o produto diferente. Os pratos estavam identificados por letras, ocupando o produto diferente um prato sorteado de que só o organizador sabia a posição. Cada provador repetiu a prova seis vezes e os resultados foram os seguintes:

Provador	A	B	C	D	E	F
"Acertos"	5	2	4	1	5	3

- a) Estude a hipótese do novo material não induzir alteração da qualidade para que possa ser detectada diferença entre os produtos (para um nível de significância de 5%)?
- b) Se o resultado desta prova fosse de 15 respostas correctas, que conclusão se pode tirar quanto ao efeito da nova embalagem sobre o produto?

Análise de Friedman e Testes de Classificação Ordinal

11. Um laboratório pretende fazer um estudo sobre a persistência do gosto de quatro adoçantes artificiais A, B, C e D. Decidiu-se utilizar um painel constituído por um grande número de provadores (48), uma vez que se prevê existir uma grande variação de pessoa para pessoa. Realizou-se um teste de classificação, por ser mais fácil de executar. Cada provador recebeu as quatro amostras codificadas com números de três dígitos e servidas aleatoriamente. Analise os resultados incluídos na tabela seguinte (resume-se a informação, uma vez que já se calcularam as somas das ordens).

Provador número	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra D
1	3	1	4	2
2	3	2	4	1
3	3	1	2	4
4	3	1	4	2
5	1	3	2	4
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
44	4	2	3	1
45	3	1	4	2
46	3	4	1	2
47	4	1	2	3
48	4	2	3	1
Soma das ordens	135	103	137	105

- a) Que conclusão se pode tirar sobre a semelhança entre os quatro adoçantes quanto ao atributo "persistência do gosto"?
- b) Determine que amostras diferem significativamente, através do cálculo do valor LSD_{rank} .

12. O responsável pelo controlo da qualidade em determinada fábrica de cerveja pretende saber se a marca de cerveja aí produzida (A) possui um gosto amargo mais intenso que outras três marcas da concorrência (B a D). Com esse objectivo, realizou-se um teste de classificação ordinal em que doze provadores analisaram amostras das quatro marcas de cervejas e classificaram com 1 "a menos amarga" e 4 "a mais amarga". Os resultados obtidos encontram-se resumidos na tabela seguinte. Que conclusão pode retirar aquele responsável?

Provador número	Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra D
1	1	2	3	4
2	2	1	4	3
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
12	2	1	3	4
Soma das ordens	22	22	36	40

Testes de t e de F para comparação de médias e de variâncias e os Testes Descritivos

1º Caso: comparação de médias de observações independentes

[Atenção: utilize o teste de t apresentado na aula apenas quando as variâncias são (aproximadamente) iguais]

13. Pretende-se determinar a diferença no consumo de manteiga entre populações de consumidores urbanos e rurais. Com este objectivo, realizou-se um inquérito a 14 consumidores urbanos e 12 consumidores rurais. Na tabela seguinte estão incluídos os valores de consumo *per capita* de manteiga nas duas populações:

População	Consumo per capita (em kg)								
Urbana	8,3	9,2	9,3	11,1	10,7	4,6	9,9		
	7,9	9,8	7,9	8,5	9,1	9,7	6,2		
Rural	12,1	6,8	9,1	11,1	11,4	13,3	9,8		
	11,3	9,4	10,2	11,3	9,8				

a) Verifique, utilizando o teste de F , se existe diferença significativa entre as variâncias dos valores obtidos para as duas populações.

b) Verifique, utilizando o teste de t , se existe diferença significativa entre a quantidade média de manteiga consumida *per capita* pelas duas populações.

14. A dureza de duas marcas de esparguete após 8 minutos de cozedura, foi avaliada por um painel de provadores experientes utilizado uma escala de referência de 0 a 12. Os resultados das avaliações estão resumidos na tabela seguinte. O que se pode concluir acerca da dureza das duas marcas de "pasta"?

A	B
8,1	4,4
7,4	5,4
6,8	5,3
7,9	4,1
8,5	

15. Um painel de provadores testou a intensidade do gosto doce em duas marcas comerciais de misturas de leite com cacau. As classificações atribuídas durante as provas sensoriais, com base numa escala estruturada, encontram-se na tabela seguinte. Verifique se existe diferença na intensidade do gosto doce entre as duas marcas.

A	6	4	6	8	1	5	5	2	3	3	9	
B	7	8	3	5	4	9	3	3	2	5	8	2

2º Caso: Comparação de médias de observações emparelhadas

16. Dez provadores testaram se duas composições de ingredientes dum dada marca de cerveja são igualmente "amargas". Para este teste sensorial, cada provador utilizou uma escala de 0 a 12 para o gosto amargo. Verifique se existe diferença entre as duas marcas de cerveja relativamente àquela característica. Na tabela seguinte estão incluídos os resultados obtidos:

Provador	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Composição X	10	6	5	7	10	6	7	8	6	5
Composição Y	7	3	6	7	7	4	5	6	3	2

17. Um painel de nove "provadores" treinados foi consultado para saber se a modificação da disposição dos menus e ícones de um dado "software" (versão 1.2 Beta) alterava a facilidade de utilização da "versão original" (versão 1.0). Cada "provador" resolveu um exercício-tipo utilizando cada uma das versões e classificou a "facilidade de utilização" numa escala linear. Os resultados estão incluídos na tabela seguinte. Verifique se existe diferença na "facilidade de utilização" entre as duas versões do "software".

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Versão 1.0	52	74	68	85	54	81	73	69	85
Versão 1.2 Beta	44	54	51	41	47	53	55	50	42

18. Para comparar a persistência de sabor duma marca de aguardente velha quando envelhecida em "barrica" de madeira ou em cuba de metal, realizou-se uma prova sensorial em que cada provador avaliou a intensidade da sensação, percebida por via retro-nasal, que persiste após a prova. Os provadores utilizaram uma escala estruturada de 0 a 9 para a prova. Os resultados estão incluídos na tabela seguinte. O que se pode concluir acerca da diferença de persistência de sabor das marcas testadas?

Provador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
"Barrica"	2	4	3	4	5	8	7	6	8	7	3	4
"Cuba"	2	3	3	2	4	5	5	5	4	5	3	2

Análise de variância e Testes de Escalas Categorizadas

1º Caso: Experiências inteiramente casualizadas e número igual de repetições por tratamento.

19. Na tabela seguinte estão incluídas quatro classificações para cinco diferentes produtos. Teste se existem diferenças significativas entre as classificações dos produtos testados. Se se justificar, utilize testes de comparações múltiplas para as médias (por exemplo, LSD).

Produtos	Classificações			
A	10	8	9	9
B	8	7	9	8
C	5	7	6	5
D	8	7	7	5
E	7	6	5	7

2º Caso: Experiências inteiramente casualizadas e número desigual de repetições por tratamento.

20. Noutro conjunto de provas, quatro produtos foram classificados por um painel de provadores. Os resultados apresentam-se na tabela seguinte. Teste se existem diferenças significativas entre as classificações dos produtos testados. Se se justificar, utilize testes de comparações múltiplas para as médias.

Produtos	Classificações											
A	16	12	11	13	11	15	14	15	11	13	14	13
B	17	14	12	17	15	14	17	16	15	17		
C	15	11	13	12	13	15	13	10	16			
D	14	12	17	15	14	13	15					

21. Os mesmos quatro produtos foram avaliados por outro painel de provadores. Os resultados apresentam-se na tabela seguinte. Teste se existem diferenças significativas entre as classificações dos produtos testados. Se se justificar, utilize testes de comparações múltiplas para as médias.

Produtos	Classificações					
A	9	12	16	15		
B	10	7	6	12	7	
C	10	8	8	12		
D	11	10	7	7	9	14

3º Caso: Experiências com blocos casualizadas.

22. Pretende-se estudar a qualidade do vinho branco proveniente de três regiões vitivinícolas diferentes. Para o efeito realizou-se uma prova sensorial com cinco provadores experimentados (a – e), cujas classificações estão incluídas na tabelas seguinte:

Produtos	Provadores				
	a	b	c	d	e
X	79	74	77	80	80
Y	83	79	81	88	82
Z	76	73	76	79	81

- a) Analise se existem diferenças entre os três vinhos. Se se justificar, utilize testes de comparações múltiplas para as médias (por exemplo, LSD) para as médias.
- b) Verifique se existiu justificação em considerar cada provador como um bloco, ou seja, se existem diferenças significativas entre as avaliações dos cinco provadores?

Perfis Sensoriais

23. Pretende-se caracterizar dois lotes de salpicão. Os atributos escolhidos para a definição dos perfis sensoriais foram os seguintes: sabor, cheiro, salga e marmoreado. Foi realizada uma prova sensorial com oito provadores treinados, sendo a intensidade dos atributos sabor, cheiro e salga avaliada com escalas não-estruturadas de dez termos, em que o termo zero correspondia a "imperceptível" e o termo dez a "muito forte". O atributo marmoreado foi avaliado com uma escala não-estruturada de dez termos, em que o termo zero correspondia a "nulo" e o termo dez a "abundante". Na tabela seguinte estão resumidos os resultados da avaliação dos dois lotes de salpicão em relação a cada um dos atributos escolhidos:

Provador	Sabor		Cheiro		Salga		Marmoreado	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
1	8	7	5	3	8	8	3	5
2	9	7	6	3	9	7	4	6
3	8	8	5	4	8	7	3	6
4	8	6	5	3	8	6	3	4
5	7	6	6	4	9	6	4	6
6	7	7	4	4	9	6	5	5
7	9	7	6	5	7	7	5	4
8	9	7	5	2	8	8	3	5

- a) Construa os perfis sensoriais dos dois lotes de salpicão, utilizando um sistema de coordenadas polares (sobreponha os perfis no mesmo sistema de eixos).
- b) Com 95% de confiança, verifique se existem diferenças entre os dois lotes, em relação ao atributo cheiro.

Análise sensorial sequencial e Selecção de provadores

24. Pretende-se escolher de entre dois candidatos a provadores utilizando a análise sequencial. Para esse efeito utilizaram-se testes de comparação-par. Considerou-se que 80% de respostas correctas é suficiente para que um provador seja aceite e que um provador deve ser rejeitado se menos de 60% das respostas forem correctas. As respostas dos provadores A e B estão incluídas na tabela seguinte.

- a) Obtenha as rectas L_0 e L_1 (considere $\alpha = \beta = 0,10$).
- b) Represente graficamente as rectas obtidas na alínea anterior e, com base nos resultados da prova sensorial (*vide* tabela na página seguinte), represente graficamente as respostas correctas acumuladas dos provadores A e B.

Provador A		Provador B	
1	C	1	C
2	C	2	C
3	C	3	I
4	C	4	I
5	C	5	C
6	C	6	I
7	C	7	I
8	I	8	C
9	C	9	C
10	C	10	I
11	C	11	I
12	C	12	I
13	C	13	C
14	C	14	I
15	C	15	I

C – resposta correcta, I – resposta incorrecta.

c) Em relação ao provador A indique em que prova devia ter sido suspensa a análise e a que conclusão teria chegado.

d) E relativamente ao provador B?

10. Soluções dos Exercícios

Teste do Qui-quadrado e Testes de Comparação-Par, Duo-Trio e Triangular

- $\chi^2=1,36$; Não se rejeita H_0 ($\alpha=0,05$)
- $\chi^2=14,02$; Rejeita-se H_0
- $\chi^2=4,51$; Rejeita-se H_0 para $\alpha=0,05$ e não se rejeita para $\alpha=0,01$
- $\chi^2=4,36$; Rejeita-se H_0 para $\alpha=0,05$ e não se rejeita para $\alpha=0,01$
- $\chi^2=0,23$; Não se rejeita H_0 para $\alpha=0,05$ nem para $\alpha=0,01$
- $\chi^2=8,10$; Rejeita-se H_0
- $\chi^2=1,88$; Não se rejeita H_0
- $\chi^2=10,24$; Rejeita-se H_0
- $\chi^2=4,59$; Rejeita-se H_0
- a) $\chi^2=7,03$; Rejeita-se H_0 ,

Análise de Friedman e Testes de Classificação Ordinal

- a) $T=12,85$; rejeita-se H_0 ; b) $LSD_{rank}=24,8$ logo $(C=A) \neq (D=B)$
- $T=13,2$ rejeita-se H_0 ; $LSD_{rank}=12,4$ logo $(A=B) \neq (C=D)$

Testes t e F e os Testes Descritivos

- a) $F=1,07$, não se rejeita H_0 ; b) $|t|=2,6$, rejeita-se H_0

14. $F=1,03$ não se rejeita H_0 ; $|t|=6,70$, rejeita-se H_0
15. $F=1,04$ não se rejeita H_0 ; $|t|=0,18$, não se rejeita H_0
16. $t=4,47$, rejeita-se H_0
17. $t=5,08$, rejeita-se H_0
18. $t=4,18$, rejeita-se H_0

Análise de variância e Testes de Escalas Categorizadas

19. $F=7,45$, rejeita-se H_0 ; $LSD=2,03$
20. $F=3,86$, rejeita-se H_0 ; $1,53 < LSD < 1,79$ ou $r_0=9,39$
21. $F=2,49$, não se rejeita H_0
22. a) $F_{Entre}=17,15$, rejeita-se H_0 ; $LSD=2,35$; b) $F_{Blocos}=8,5$, rejeita-se H_0 ,

Perfis Sensoriais

23. b) $t=4,78$, rejeita-se H_0 ,

Análise Sensorial Sequencial e Selecção de provadores

24. a) $L_0 = -2,24 + 0,71 \cdot n$, $L_1 = +2,24 + 0,71 \cdot n$

Anexos

Tab. I – Valores de χ^2 para g.l. e probabilidades p da distribuição Qui-quadrado.

χ^2 g.l.	p											
	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100	0,900	0,950	0,975	0,980	0,990	0,995	0,999
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	2,71	3,84	5,02	5,41	6,63	7,88	10,83
2	0,01	0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	7,82	9,21	10,60	13,82
3	0,07	0,11	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	9,84	11,34	12,84	16,27
4	0,21	0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	11,67	13,28	14,86	18,47
5	0,41	0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	13,39	15,09	16,75	20,51
6	0,68	0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	15,03	16,81	18,55	22,46
7	0,99	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	16,62	18,48	20,28	24,32
8	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	18,17	20,09	21,95	26,12
9	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	19,68	21,67	23,59	27,88
10	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	21,16	23,21	25,19	29,59
11	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	22,62	24,73	26,76	31,26
12	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	24,05	26,22	28,30	32,91
13	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	25,47	27,69	29,82	34,53
14	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	26,87	29,14	31,32	36,12
15	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	28,26	30,58	32,80	37,70
16	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	29,63	32,00	34,27	39,25
17	5,70	6,41	7,56	8,67	10,09	24,77	27,59	30,19	31,00	33,41	35,72	40,79
18	6,26	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	32,35	34,81	37,16	42,31
19	6,84	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	33,69	36,19	38,58	43,82
20	7,43	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	35,02	37,57	40,00	45,31
21	8,03	8,90	10,28	11,59	13,24	29,62	32,67	35,48	36,34	38,93	41,40	46,80
22	8,64	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	37,66	40,29	42,80	48,27
23	9,26	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	38,97	41,64	44,18	49,73
24	9,89	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	40,27	42,98	45,56	51,18
25	10,52	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	41,57	44,31	46,93	52,62
26	11,16	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,89	41,92	42,86	45,64	48,29	54,05
27	11,81	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	44,14	46,96	49,65	55,48
28	12,46	13,56	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	45,42	48,28	50,99	56,89
29	13,12	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	46,69	49,59	52,34	58,30
30	13,79	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	47,96	50,89	53,67	59,70
31	14,46	15,66	17,54	19,28	21,43	41,42	44,99	48,23	49,23	52,19	55,00	61,10
32	15,13	16,36	18,29	20,07	22,27	42,58	46,19	49,48	50,49	53,49	56,33	62,49
33	15,82	17,07	19,05	20,87	23,11	43,75	47,40	50,73	51,74	54,78	57,65	63,87
34	16,50	17,79	19,81	21,66	23,95	44,90	48,60	51,97	53,00	56,06	58,96	65,25
35	17,19	18,51	20,57	22,47	24,80	46,06	49,80	53,20	54,24	57,34	60,27	66,62
40	20,71	22,16	24,43	26,51	29,05	51,81	55,76	59,34	60,44	63,69	66,77	73,40
45	24,31	25,90	28,37	30,61	33,35	57,51	61,66	65,41	66,56	69,96	73,17	80,08
50	27,99	29,71	32,36	34,76	37,69	63,17	67,50	71,42	72,61	76,15	79,49	86,66
55	31,73	33,57	36,40	38,96	42,06	68,80	73,31	77,38	78,62	82,29	85,75	93,17
60	35,53	37,48	40,48	43,19	46,46	74,40	79,08	83,30	84,58	88,38	91,95	99,61
65	39,38	41,44	44,60	47,45	50,88	79,97	84,82	89,18	90,50	94,42	98,10	105,99
70	43,28	45,44	48,76	51,74	55,33	85,53	90,53	95,02	96,39	100,43	104,21	112,32
75	47,21	49,48	52,94	56,05	59,79	91,06	96,22	100,84	102,24	106,39	110,29	118,60
80	51,17	53,54	57,15	60,39	64,28	96,58	101,88	106,63	108,07	112,33	116,32	124,84
85	55,17	57,63	61,39	64,75	68,78	102,08	107,52	112,39	113,87	118,24	122,32	131,04
90	59,20	61,75	65,65	69,13	73,29	107,57	113,15	118,14	119,65	124,12	128,30	137,21
95	63,25	65,90	69,92	73,52	77,82	113,04	118,75	123,86	125,40	129,97	134,25	143,34
100	67,33	70,06	74,22	77,93	82,36	118,50	124,34	129,56	131,14	135,81	140,17	149,45

Tab. II – Número mínimo de respostas correctas/ favoráveis para provas sensoriais em que $p=1/2$ (adaptado de Amerine *et al.*, 1965).

Nº de provas	(hipóteses unilaterais)			α	(hipóteses bilaterais)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
7	7	7	---		7	---	---
8	7	8	---		8	8	---
9	8	9	---		8	9	---
10	9	10	10		9	10	---
11	9	10	11		10	11	11
12	10	11	12		10	11	12
13	10	12	13		11	12	13
14	11	12	13		12	13	14
15	12	13	14		12	13	14
16	12	14	15		13	14	15
17	13	14	16		13	15	16
18	13	15	16		14	15	17
19	14	15	17		15	16	17
20	15	16	18		15	17	18
21	15	17	18		16	17	19
22	16	17	19		17	18	19
23	16	18	20		17	19	20
24	17	19	20		18	19	21
25	18	19	21		18	20	21
30	20	22	24		21	23	25
35	23	25	27		24	26	28
40	26	28	31		27	29	31
45	29	31	34		30	31	34
50	32	34	37		33	35	37
60	37	40	43		39	41	44
70	43	46	49		44	47	50
80	48	51	55		50	52	56
90	54	57	61		55	58	61
100	59	63	66		61	64	67

Tab. III – Número mínimo de respostas correctas/ favoráveis para provas sensoriais em que $p=1/3$ (adaptado de Amerine *et al.*, 1965).

Nº de provas	α			Nº de provas	α		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
5	4	5	5	35	17	19	21
6	5	6	6	36	18	20	22
7	5	6	7	37	18	20	22
8	6	7	8	38	18	20	23
9	6	7	8	39	19	21	23
10	7	8	9	40	19	21	24
11	7	8	10	41	20	22	24
12	8	9	10	42	20	22	25
13	8	9	11	43	20	23	25
14	9	10	11	44	21	23	25
15	9	10	12	45	21	23	26
16	9	11	12	46	22	24	26
17	10	11	13	47	22	24	27
18	10	12	13	48	22	25	27
19	11	12	14	49	23	25	28
20	11	13	14	50	23	25	28
21	12	13	15	55	25	27	30
22	12	14	15	60	27	30	32
23	12	14	16	65	29	32	34
24	13	14	16	70	31	34	37
25	13	15	17	75	33	36	39
26	14	15	17	80	35	38	41
27	14	16	18	85	36	39	43
28	14	16	18	90	38	41	45
29	15	17	19	95	40	43	47
30	15	17	19	100	42	45	49
31	16	17	20	200	79	83	88
32	16	18	20	300	114	120	126
33	16	18	21	500	185	192	200
34	17	19	21	1000	359	369	381
(...)	(...)	(...)	(...)	2000	702	717	733

Tab. IV – Probabilidades p associadas à distribuição normal padronizada Z .

Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998	0,4998
3,6	0,4998	0,4998	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,7	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,8	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999	0,4999
3,9	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

Tab. V – Valores de t para os g.l. e as probabilidades p da distribuição t de Student.

t g.l.	p							
	0,55	0,75	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,142	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,137	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,134	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,132	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,131	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,130	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,130	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,129	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,129	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,129	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,128	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,128	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,128	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,128	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,128	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,128	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,127	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,127	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,127	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,127	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,127	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,127	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,127	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,127	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,127	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,127	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,127	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,127	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,127	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
35	0,127	0,682	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724	3,591
40	0,126	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
45	0,126	0,680	1,301	1,679	2,014	2,412	2,690	3,520
50	0,126	0,679	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	3,496
55	0,126	0,679	1,297	1,673	2,004	2,396	2,668	3,476
60	0,126	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
65	0,126	0,678	1,295	1,669	1,997	2,385	2,654	3,447
70	0,126	0,678	1,294	1,667	1,994	2,381	2,648	3,435
75	0,126	0,678	1,293	1,665	1,992	2,377	2,643	3,425
80	0,126	0,678	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,416
85	0,126	0,677	1,292	1,663	1,988	2,371	2,635	3,409
90	0,126	0,677	1,291	1,662	1,987	2,368	2,632	3,402
95	0,126	0,677	1,291	1,661	1,985	2,366	2,629	3,396
100	0,126	0,677	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	3,390
120	0,126	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,126	0,675	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576	3,291

Tab. VI – Percentis da Distribuição de Probabilidades F de Snedecor, $F[\alpha;g_1;g_2]$, para $\alpha=0,05$.

g_2	g_1														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	241,9	243,0	243,9	244,7	245,4	245,9
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,24	2,20	2,18	2,15	2,13
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,17	2,13	2,10	2,08	2,06
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,08	2,05	2,03
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49	2,37	2,29	2,22	2,16	2,11	2,07	2,04	2,01	1,99	1,96
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,97	1,95	1,92
45	4,06	3,20	2,81	2,58	2,42	2,31	2,22	2,15	2,10	2,05	2,01	1,97	1,94	1,92	1,89
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,99	1,95	1,92	1,89	1,87
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,89	1,86	1,84
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,02	1,97	1,93	1,89	1,86	1,84	1,81
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,91	1,88	1,84	1,82	1,79
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,11	2,04	1,99	1,94	1,90	1,86	1,83	1,80	1,78
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,97	1,93	1,89	1,85	1,82	1,79	1,77
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,75	1,72	1,69	1,67

(continua)

(continuação)

gl ₂	99999														
	16	17	18	19	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100	∞
1	246,5	246,9	247,3	247,7	248,0	249,3	250,1	250,7	251,1	251,8	252,2	252,5	252,7	253,0	254,3
2	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,63	8,62	8,60	8,59	8,58	8,57	8,57	8,56	8,55	8,5
4	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,77	5,75	5,73	5,72	5,70	5,69	5,68	5,67	5,66	5,6
5	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,52	4,50	4,48	4,46	4,44	4,43	4,42	4,41	4,41	4,4
6	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,83	3,81	3,79	3,77	3,75	3,74	3,73	3,72	3,71	3,7
7	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,40	3,38	3,36	3,34	3,32	3,30	3,29	3,29	3,27	3,2
8	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,11	3,08	3,06	3,04	3,02	3,01	2,99	2,99	2,97	2,9
9	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,89	2,86	2,84	2,83	2,80	2,79	2,78	2,77	2,76	2,7
10	2,83	2,81	2,80	2,79	2,77	2,73	2,70	2,68	2,66	2,64	2,62	2,61	2,60	2,59	2,5
11	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,60	2,57	2,55	2,53	2,51	2,49	2,48	2,47	2,46	2,4
12	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,50	2,47	2,44	2,43	2,40	2,38	2,37	2,36	2,35	2,3
13	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,41	2,38	2,36	2,34	2,31	2,30	2,28	2,27	2,26	2,2
14	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,34	2,31	2,28	2,27	2,24	2,22	2,21	2,20	2,19	2,1
15	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,16	2,15	2,14	2,12	2,1
16	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,23	2,19	2,17	2,15	2,12	2,11	2,09	2,08	2,07	2,0
17	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,18	2,15	2,12	2,10	2,08	2,06	2,05	2,03	2,02	2,0
18	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,14	2,11	2,08	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,98	1,9
19	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,11	2,07	2,05	2,03	2,00	1,98	1,97	1,96	1,94	1,9
20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,07	2,04	2,01	1,99	1,97	1,95	1,93	1,92	1,91	1,8
21	2,16	2,14	2,12	2,11	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,94	1,92	1,90	1,89	1,88	1,8
22	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,02	1,98	1,96	1,94	1,91	1,89	1,88	1,86	1,85	1,8
23	2,11	2,09	2,08	2,06	2,05	2,00	1,96	1,93	1,91	1,88	1,86	1,85	1,84	1,82	1,8
24	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	1,97	1,94	1,91	1,89	1,86	1,84	1,83	1,82	1,80	1,7
25	2,07	2,05	2,04	2,02	2,01	1,96	1,92	1,89	1,87	1,84	1,82	1,81	1,80	1,78	1,7
26	2,05	2,03	2,02	2,00	1,99	1,94	1,90	1,87	1,85	1,82	1,80	1,79	1,78	1,76	1,7
27	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,92	1,88	1,86	1,84	1,81	1,79	1,77	1,76	1,74	1,7
28	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,91	1,87	1,84	1,82	1,79	1,77	1,75	1,74	1,73	1,7
29	2,01	1,99	1,97	1,96	1,94	1,89	1,85	1,83	1,81	1,77	1,75	1,74	1,73	1,71	1,6
30	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,88	1,84	1,81	1,79	1,76	1,74	1,72	1,71	1,70	1,6
35	1,94	1,92	1,91	1,89	1,88	1,82	1,79	1,76	1,74	1,70	1,68	1,66	1,65	1,63	1,6
40	1,90	1,89	1,87	1,85	1,84	1,78	1,74	1,72	1,69	1,66	1,64	1,62	1,61	1,59	1,5
45	1,87	1,86	1,84	1,82	1,81	1,75	1,71	1,68	1,66	1,63	1,60	1,59	1,57	1,55	1,5
50	1,85	1,83	1,81	1,80	1,78	1,73	1,69	1,66	1,63	1,60	1,58	1,56	1,54	1,52	1,4
60	1,82	1,80	1,78	1,76	1,75	1,69	1,65	1,62	1,59	1,56	1,53	1,52	1,50	1,48	1,4
70	1,79	1,77	1,75	1,74	1,72	1,66	1,62	1,59	1,57	1,53	1,50	1,49	1,47	1,45	1,4
80	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,64	1,60	1,57	1,54	1,51	1,48	1,46	1,45	1,43	1,3
90	1,76	1,74	1,72	1,70	1,69	1,63	1,59	1,55	1,53	1,49	1,46	1,44	1,43	1,41	1,3
100	1,75	1,73	1,71	1,69	1,68	1,62	1,57	1,54	1,52	1,48	1,45	1,43	1,41	1,39	1,3
∞	1,64	1,62	1,60	1,59	1,57	1,51	1,46	1,42	1,39	1,35	1,32	1,29	1,27	1,24	1,01

Tab. VII – Percentis da Distribuição de Probabilidades F de Snedecor, $F[\alpha; g_1; g_2]$, para $\alpha=0,01$.

$g_2 \backslash g_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4052	4999	5404	5624	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6083	6107	6126	6143	6157
2	98,5	99,0	99,2	99,3	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4
3	34,1	30,8	29,5	28,7	28,2	27,9	27,7	27,5	27,3	27,2	27,1	27,1	27,0	26,9	26,9
4	21,2	18,0	16,7	16,0	15,5	15,2	15,0	14,8	14,7	14,5	14,5	14,4	14,3	14,2	14,2
5	16,3	13,3	12,1	11,4	11,0	10,7	10,5	10,3	10,2	10,1	10,0	9,9	9,8	9,8	9,7
6	13,7	10,9	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,79	7,72	7,66	7,60	7,56
7	12,2	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,54	6,47	6,41	6,36	6,31
8	11,3	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,73	5,67	5,61	5,56	5,52
9	10,6	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,18	5,11	5,05	5,01	4,96
10	10,0	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,77	4,71	4,65	4,60	4,56
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54	4,46	4,40	4,34	4,29	4,25
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30	4,22	4,16	4,10	4,05	4,01
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	4,02	3,96	3,91	3,86	3,82
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,86	3,80	3,75	3,70	3,66
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,73	3,67	3,61	3,56	3,52
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,62	3,55	3,50	3,45	3,41
17	8,40	6,11	5,19	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,52	3,46	3,40	3,35	3,31
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60	3,51	3,43	3,37	3,32	3,27	3,23
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,36	3,30	3,24	3,19	3,15
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,09
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40	3,31	3,24	3,17	3,12	3,07	3,03
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,18	3,12	3,07	3,02	2,98
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,14	3,07	3,02	2,97	2,93
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26	3,17	3,09	3,03	2,98	2,93	2,89
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13	3,06	2,99	2,94	2,89	2,85
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18	3,09	3,02	2,96	2,90	2,86	2,81
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15	3,06	2,99	2,93	2,87	2,82	2,78
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12	3,03	2,96	2,90	2,84	2,79	2,75
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09	3,00	2,93	2,87	2,81	2,77	2,73
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,91	2,84	2,79	2,74	2,70
35	7,42	5,27	4,40	3,91	3,59	3,37	3,20	3,07	2,96	2,88	2,80	2,74	2,69	2,64	2,60
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80	2,73	2,66	2,61	2,56	2,52
45	7,23	5,11	4,25	3,77	3,45	3,23	3,07	2,94	2,83	2,74	2,67	2,61	2,55	2,51	2,46
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,19	3,02	2,89	2,78	2,70	2,63	2,56	2,51	2,46	2,42
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,56	2,50	2,44	2,39	2,35
70	7,01	4,92	4,07	3,60	3,29	3,07	2,91	2,78	2,67	2,59	2,51	2,45	2,40	2,35	2,31
80	6,96	4,88	4,04	3,56	3,26	3,04	2,87	2,74	2,64	2,55	2,48	2,42	2,36	2,31	2,27
90	6,93	4,85	4,01	3,53	3,23	3,01	2,84	2,72	2,61	2,52	2,45	2,39	2,33	2,29	2,24
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,21	2,99	2,82	2,69	2,59	2,50	2,43	2,37	2,31	2,27	2,22
∞	6,64	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,25	2,18	2,13	2,08	2,04

(continua)

(continuação)

gl ₂	16	17	18	19	20	25	30	35	40	50	60	70	80	100	99999 ∞
1	6170	6181	6191	6201	6209	6240	6260	6275	6286	6302	6313	6321	6326	6334	6366
2	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
3	26,8	26,8	26,8	26,7	26,7	26,6	26,5	26,5	26,4	26,4	26,3	26,3	26,3	26,2	26,1
4	14,2	14,1	14,1	14,0	14,0	13,9	13,8	13,8	13,7	13,7	13,7	13,6	13,6	13,6	13,5
5	9,68	9,64	9,61	9,58	9,55	9,45	9,38	9,33	9,29	9,24	9,20	9,18	9,16	9,13	9,02
6	7,52	7,48	7,45	7,42	7,40	7,30	7,23	7,18	7,14	7,09	7,06	7,03	7,01	6,99	6,88
7	6,28	6,24	6,21	6,18	6,16	6,06	5,99	5,94	5,91	5,86	5,82	5,80	5,78	5,75	5,65
8	5,48	5,44	5,41	5,38	5,36	5,26	5,20	5,15	5,12	5,07	5,03	5,01	4,99	4,96	4,86
9	4,92	4,89	4,86	4,83	4,81	4,71	4,65	4,60	4,57	4,52	4,48	4,46	4,44	4,41	4,31
10	4,52	4,49	4,46	4,43	4,41	4,31	4,25	4,20	4,17	4,12	4,08	4,06	4,04	4,01	3,91
11	4,21	4,18	4,15	4,12	4,10	4,01	3,94	3,89	3,86	3,81	3,78	3,75	3,73	3,71	3,60
12	3,97	3,94	3,91	3,88	3,86	3,76	3,70	3,65	3,62	3,57	3,54	3,51	3,49	3,47	3,36
13	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,57	3,51	3,46	3,43	3,38	3,34	3,32	3,30	3,27	3,17
14	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,41	3,35	3,30	3,27	3,22	3,18	3,16	3,14	3,11	3,00
15	3,49	3,45	3,42	3,40	3,37	3,28	3,21	3,17	3,13	3,08	3,05	3,02	3,00	2,98	2,87
16	3,37	3,34	3,31	3,28	3,26	3,16	3,10	3,05	3,02	2,97	2,93	2,91	2,89	2,86	2,75
17	3,27	3,24	3,21	3,19	3,16	3,07	3,00	2,96	2,92	2,87	2,83	2,81	2,79	2,76	2,65
18	3,19	3,16	3,13	3,10	3,08	2,98	2,92	2,87	2,84	2,78	2,75	2,72	2,70	2,68	2,57
19	3,12	3,08	3,05	3,03	3,00	2,91	2,84	2,80	2,76	2,71	2,67	2,65	2,63	2,60	2,49
20	3,05	3,02	2,99	2,96	2,94	2,84	2,78	2,73	2,69	2,64	2,61	2,58	2,56	2,54	2,42
21	2,99	2,96	2,93	2,90	2,88	2,79	2,72	2,67	2,64	2,58	2,55	2,52	2,50	2,48	2,36
22	2,94	2,91	2,88	2,85	2,83	2,73	2,67	2,62	2,58	2,53	2,50	2,47	2,45	2,42	2,31
23	2,89	2,86	2,83	2,80	2,78	2,69	2,62	2,57	2,54	2,48	2,45	2,42	2,40	2,37	2,26
24	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,64	2,58	2,53	2,49	2,44	2,40	2,38	2,36	2,33	2,21
25	2,81	2,78	2,75	2,72	2,70	2,60	2,54	2,49	2,45	2,40	2,36	2,34	2,32	2,29	2,17
26	2,78	2,75	2,72	2,69	2,66	2,57	2,50	2,45	2,42	2,36	2,33	2,30	2,28	2,25	2,13
27	2,75	2,71	2,68	2,66	2,63	2,54	2,47	2,42	2,38	2,33	2,29	2,27	2,25	2,22	2,10
28	2,72	2,68	2,65	2,63	2,60	2,51	2,44	2,39	2,35	2,30	2,26	2,24	2,22	2,19	2,06
29	2,69	2,66	2,63	2,60	2,57	2,48	2,41	2,36	2,33	2,27	2,23	2,21	2,19	2,16	2,03
30	2,66	2,63	2,60	2,57	2,55	2,45	2,39	2,34	2,30	2,25	2,21	2,18	2,16	2,13	2,01
35	2,56	2,53	2,50	2,47	2,44	2,35	2,28	2,23	2,19	2,14	2,10	2,07	2,05	2,02	1,89
40	2,48	2,45	2,42	2,39	2,37	2,27	2,20	2,15	2,11	2,06	2,02	1,99	1,97	1,94	1,80
45	2,43	2,39	2,36	2,34	2,31	2,21	2,14	2,09	2,05	2,00	1,96	1,93	1,91	1,88	1,74
50	2,38	2,35	2,32	2,29	2,27	2,17	2,10	2,05	2,01	1,95	1,91	1,88	1,86	1,82	1,68
60	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,10	2,03	1,98	1,94	1,88	1,84	1,81	1,78	1,75	1,60
70	2,27	2,23	2,20	2,18	2,15	2,05	1,98	1,93	1,89	1,83	1,78	1,75	1,73	1,70	1,54
80	2,23	2,20	2,17	2,14	2,12	2,01	1,94	1,89	1,85	1,79	1,75	1,71	1,69	1,65	1,49
90	2,21	2,17	2,14	2,11	2,09	1,99	1,92	1,86	1,82	1,76	1,72	1,68	1,66	1,62	1,46
100	2,19	2,15	2,12	2,09	2,07	1,97	1,89	1,84	1,80	1,74	1,69	1,66	1,63	1,60	1,43
∞	2,00	1,97	1,93	1,90	1,88	1,77	1,70	1,64	1,59	1,52	1,47	1,43	1,40	1,36	1,01

Tab. VIII – Tabela de números aleatórios.

Linha	Coluna							
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	25-30	31-35	
1	1 8 8 7 2	0 8 6 1 7	5 6 7 9 3	5 5 1 6 5	7 2 3 2 3	0 8 3 6 7	3 5 9 0 5	
2	3 7 6 2 9	8 0 2 3 3	4 1 3 3 4	8 1 7 4 9	9 8 5 7 7	9 5 2 3 7	7 2 0 8 6	
3	8 9 0 8 6	5 3 9 4 5	0 2 4 2 1	4 7 2 0 0	9 4 5 0 7	4 4 1 1 5	1 0 1 1 7	
4	2 2 8 5 6	6 7 7 2 4	0 5 4 4 7	2 5 0 2 0	0 7 5 0 5	8 3 9 5 8	2 9 7 0 9	
5	0 4 5 5 1	5 4 4 9 5	9 8 3 5 7	4 3 3 3 8	3 5 8 7 3	6 8 5 2 0	0 4 5 7 7	
6	3 4 7 9 1	5 8 1 3 1	2 0 6 4 5	1 6 3 2 6	6 0 5 9 2	9 6 6 4 1	9 6 4 8 6	
7	3 5 8 9 4	1 6 9 3 3	8 8 7 7 2	7 6 2 4 6	0 4 6 9 9	1 6 1 9 3	9 3 2 3 1	
8	4 0 4 1 7	5 3 5 6 7	5 2 1 8 6	1 8 8 5 1	1 1 8 1 4	6 0 7 6 3	9 1 6 2 4	
9	0 8 3 5 0	0 8 4 1 7	1 7 8 0 8	7 2 7 1 7	9 2 0 6 8	9 3 8 0 1	2 1 0 6 8	
10	9 1 9 7 4	2 5 0 5 3	3 7 8 9 1	8 5 4 0 9	0 6 9 1 8	5 4 5 0 4	1 9 6 0 8	
11	5 9 0 4 2	9 7 7 3 4	3 7 5 2 0	1 7 3 6 4	1 4 1 4 7	8 2 0 6 5	3 7 5 2 0	
12	0 1 7 6 4	6 6 6 2 9	9 7 8 6 4	0 8 2 2 1	2 6 6 9 0	8 5 0 1 1	0 4 2 3 3	
13	7 3 8 5 3	2 0 4 3 9	0 1 5 0 0	2 9 6 5 9	2 2 5 7 4	3 4 7 7 5	4 1 7 1 9	
14	8 8 3 1 2	7 4 3 8 7	9 4 5 1 4	3 4 1 1 8	0 7 1 4 3	2 1 6 1 2	6 9 6 5 3	
15	0 6 5 4 7	0 9 7 2 4	2 2 1 6 4	4 4 0 9 4	9 7 6 6 6	1 6 3 2 9	2 7 8 1 9	
16	7 5 0 4 6	8 4 0 1 2	7 1 2 3 7	1 0 0 7 5	5 6 8 1 5	8 8 9 1 8	1 5 0 7 0	
17	8 3 0 8 6	7 3 7 5 5	6 5 7 0 9	0 5 2 5 6	4 2 4 6 7	9 1 6 3 7	9 3 2 0 2	
18	0 3 8 9 1	5 6 8 5 8	9 3 5 8 4	6 2 9 6 9	6 8 1 2 9	2 0 7 9 0	1 3 2 9 9	
19	2 4 3 6 3	8 9 5 2 3	9 2 5 5 4	1 4 6 0 7	1 5 9 6 7	5 4 3 7 1	4 6 8 8 6	
20	8 7 6 1 4	5 0 6 9 7	4 6 9 3 5	8 3 0 4 9	9 9 8 5 9	1 1 0 3 5	7 9 6 2 0	
21	9 3 3 2 2	0 7 5 8 2	4 7 3 3 4	9 2 2 8 3	0 4 2 8 0	3 8 2 0 0	3 8 1 2 6	
22	5 9 2 9 9	2 3 0 3 1	6 2 0 8 5	3 9 7 3 7	9 2 0 3 6	4 1 0 8 7	4 3 5 3 7	
23	2 1 7 7 0	2 4 1 4 2	8 6 4 3 6	0 8 6 8 8	4 6 4 2 8	9 3 5 6 4	4 2 0 9 2	
24	6 2 3 2 9	8 7 1 5 6	8 6 4 8 2	4 3 0 5 1	8 3 0 5 3	5 3 3 8 8	9 2 2 7 6	
25	3 0 6 0 7	9 2 2 2 8	5 4 4 9 1	2 3 8 5 9	5 2 7 7 6	7 7 1 3 3	1 3 2 7 5	
26	2 3 7 5 1	1 6 8 5 2	4 7 3 1 9	6 9 1 9 6	9 8 7 7 4	9 1 1 5 1	3 6 2 5 7	
27	1 1 6 8 4	1 2 4 5 7	3 0 9 4 1	5 4 5 5 7	5 7 9 8 8	2 4 1 9 5	6 8 2 2 5	
28	4 2 4 0 9	9 8 9 6 1	1 0 7 4 5	6 3 8 4 0	0 0 5 8 9	4 9 7 3 3	4 4 2 8 1	
29	9 4 2 1 0	7 7 4 1 1	7 7 2 6 1	2 1 0 1 7	9 3 4 5 9	0 6 2 2 5	7 7 4 0 9	
30	0 8 0 1 9	1 3 2 0 8	1 2 6 1 7	3 0 8 0 2	8 1 6 9 5	3 3 1 3 1	9 3 4 2 8	
31	2 8 4 9 2	6 0 8 8 4	0 3 4 6 4	4 8 6 3 1	5 9 2 9 9	0 2 1 7 1	5 2 9 0 9	
32	2 8 3 7 1	6 4 7 2 7	3 7 9 7 2	3 9 7 0 2	1 4 6 5 1	3 2 4 0 3	8 3 6 3 7	
33	7 4 8 4 7	9 3 2 7 6	0 4 1 1 8	8 1 3 5 5	6 6 2 4 3	7 1 0 8 1	5 2 0 8 8	
34	6 3 6 0 4	5 6 5 3 3	5 2 5 8 2	6 7 8 2 9	3 5 3 9 3	3 9 2 3 1	2 1 1 6 4	
35	0 2 8 7 2	9 8 1 2 7	6 8 8 5 9	5 7 6 4 1	6 7 4 9 7	1 0 3 6 7	1 0 6 8 0	
36	7 4 3 3 0	0 5 4 6 0	7 6 2 6 4	4 4 2 8 6	6 3 9 3 0	1 0 4 4 9	7 0 0 8 3	
37	3 9 9 0 1	4 8 9 4 5	9 7 4 9 3	4 8 4 5 6	8 7 2 1 8	9 0 2 3 6	8 7 0 7 8	
38	4 4 9 0 2	6 6 9 0 0	2 5 7 0 1	9 8 5 0 4	4 9 7 9 0	3 1 9 6 9	6 3 6 6 0	
39	4 5 2 1 3	8 3 9 9 2	0 0 6 4 9	1 0 6 2 1	3 3 6 4 5	7 3 2 5 8	4 0 4 8 9	
40	2 0 2 9 2	8 5 6 6 9	3 8 9 6 5	2 6 0 8 5	4 8 5 4 4	5 3 1 3 0	5 6 4 2 5	
41	3 0 0 3 5	0 7 1 4 6	5 4 9 0 6	1 5 2 3 6	0 1 5 9 8	6 2 3 9 4	6 1 9 0 1	
42	0 2 8 4 3	9 0 2 1 9	5 0 0 5 8	9 3 6 9 6	5 3 5 2 5	9 2 3 4 3	2 0 5 3 7	
43	3 8 9 4 8	5 7 4 8 1	9 7 8 8 2	1 8 7 5 2	3 1 4 1 2	7 2 5 1 4	4 0 5 9 4	
44	2 3 9 7 4	3 1 6 5 3	9 6 7 9 0	0 3 4 1 9	3 4 5 2 5	9 7 1 9 0	5 4 1 1 6	
45	2 9 8 3 0	9 3 6 2 4	1 0 1 0 6	2 7 9 2 5	4 6 9 0 3	5 3 4 8 7	3 2 9 0 0	
46	6 2 5 3 5	4 1 0 6 1	2 1 3 5 4	1 1 0 6 7	0 6 5 2 1	7 4 0 6 5	4 5 4 6 4	
47	5 8 1 9 3	6 6 3 6 9	1 2 9 9 9	7 3 1 0 2	7 5 7 7 9	8 8 6 7 6	7 3 4 6 3	
48	5 0 6 3 2	5 6 1 4 4	4 4 4 8 9	3 0 9 8 6	5 5 3 9 6	0 3 1 7 5	0 2 0 3 9	
49	6 0 4 6 5	9 1 4 7 2	9 7 9 1 4	8 3 3 3 4	5 1 2 2 2	7 2 2 4 4	1 5 3 9 9	
50	2 7 4 8 5	6 4 3 1 7	9 7 8 2 7	2 6 2 3 0	3 9 5 3 2	5 4 2 1 7	3 2 1 7 5	

Nota₁: Os números desta tabela podem ser escolhidos de qualquer modo, desde que o procedimento seja sistemático e determinado *a priori*.

Nota₂: De facto estes números são pseudo-aleatórios em virtude do *software* usado para os gerar (Microsoft Excel), o que não nos parece (demasiado) incorrecto uma vez que o propósito desta tabela é aprender a utilizar uma tabela de números aleatórios.