



PUC
RIO

ROLF PREUSS

VARIÁVEIS SUBJETIVAS E A LEI DE STEVENS

TESE DE DOUTORADO

DEPARTAMENTOS DE PSICOLOGIA E EDUCAÇÃO

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

Rio de Janeiro, 14 de abril de 1982

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
CEP 22453-900 Rio de Janeiro RJ Brasil
<http://www.puc-rio.br>

N.Cham. 150 P943v TESE UC
Título Variáveis subjetivas e a lei de Stevens



Ex.1 PUCB

0117137

BC - PUC

DOAÇÃO

ROLF PREUSS

VARIÁVEIS SUBJETIVAS E A LEI DE STEVENS

Tese apresentada aos Departamentos de Educação e Psicologia da PUC/RJ como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Humanas: Psicologia.

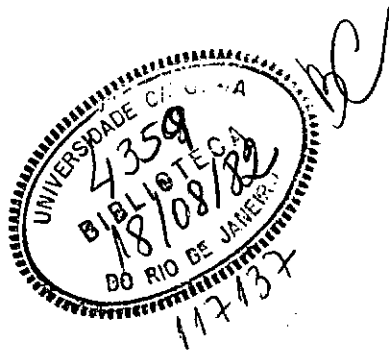
Orientador: Charles Alfred Esbérard

Departamento de Educação
Departamento de Psicologia

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 12 de abril de 1982

79889



150
P943V
TESE ve
FN- 845-5
BC 1

Para
Miriam,
Beth e
Larry

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Aroldo Rodrigues (Fellow, A.P.A.), pela orientação e estímulo que recebeu durante a pós-graduação, inclusive durante os primeiros anos do projeto.

À Profa. Angela Biaggio (UFRS), sua orientadora em uma parte do doutorado.

Aos diversos pesquisadores da área que o auxiliaram com sugestões, esclarecimentos e separatas de seus trabalhos, especialmente Lawrence Marks (Yale), R. Duncan Luce (Harvard), Clairice Veit (Rand Corp.) e Geraldine Stevens.

À Biblioteca da Universidade de Harvard, pelo uso da tese de W.H. Corson.

À Library of Congress, pela reprodução dos resultados de Kamen et al.

Ao Prof. Charles Alfred Esbérard, pela inestimável orientação e apoio na fase mais difícil do trabalho.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo auxílio dado ao Projeto 102136/78.

Aos Departamentos de Educação e Psicologia da PUC/RJ.

Finalmente, a Elisabeth Ritter (NYU), responsável pelo acesso à maior parte do material bibliográfico citado neste trabalho.

R E S U M O

O presente trabalho consiste em uma análise dos conceitos relacionados às técnicas de mensuração desenvolvidas por S.S. Stevens, apresentando modelos explicativos, procedimentos experimentais e processos fisiológicos subjacentes no sentido de justificar a aplicabilidade das mesmas a estímulos subjetivos complexos.

A B S T R A C T

This dissertation is an analysis of concepts related to the measurement techniques pioneered by S.S. Stevens, presenting explanatory models, experimental procedures and implied physiological processes in order to justify their use with complex subjective stimuli.

Números são criações livres da mente humana; eles servem como meio de apreensão mais rápida e mais aguda das diferenças entre as coisas. É apenas através do processo puramente lógico da construção da ciência dos números, e assim adquirindo o domínio do contínuo dos números que estamos preparados para investigar com rigor nossas noções de espaço e de tempo relacionando-as com este domínio dos números criado na nossa mente. Se examinarmos de perto o que é feito ao contarmos um agregado ou número de coisas, somos levados a considerar a habilidade da mente em relacionar coisas a coisas, a fazer uma coisa corresponder a outra, ou a representar uma coisa por outra, uma habilidade sem a qual nenhum pensamento seria possível. Sobre esta única e portanto indispensável base, no meu entender, deve a inteira ciência do número ser estabelecida.

Dedekind, 1872

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	I
LISTA DE FIGURAS	I
INTRODUÇÃO	II
1. Escalas e a alternativa psicofísica	1
2. A estimativa direta de magnitude	8
3. O experimento intermodal	13
4. O uso de números	21
5. O escalonamento do consenso social	28
6. Regressão e amplitude, O modelo algébrico	32
7. Os modelos	36
8. Fisiologia	48
9. A teoria da detecção do sinal	56
10. Mais de uma variável	64
11. Conclusões	73
Anexo I	81
Anexo II	84
Referencias	87
Adendo	105

LISTA DE TABELAS

I- Expoentes representativos da função-potência.....	12
II- Analogia entre diferentes qualidades dos sentidos	19
III- Respostas no experimento de deteção	58

LISTA DE FIGURAS

1. Tipos de escalas em função das transformações admissíveis	2
2. Funções psicofísicas para tres contínuos	15
3. As mesmas funções em coordenadas lineares	16
4. O modelo de MacKay	42
5. O modelo de Von Holst	42
6. Duas unidades TOTE conectadas	45
7. Plano hierárquico	45
8. Gráfico de respostas subjetivas e neurais	55
9. Funções de densidade de probabilidade	59
10. Distribuição teórica de frequencias	59
11. Critério do observador	60
12. Variação do critério do observador	61
13. Família de curvas COR	62
14. Escala de Guttman e estimativa direta de magnitudes.....	71

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo justificar o uso de métodos psicofísicos na elaboração de escalas que envolvem variáveis sem métrica física. Procurou-se, em diferentes áreas de investigação, a fundamentação para um modelo capaz de explicar porque é possível a medida dessas variáveis a partir dos métodos psicofísicos desenvolvidos por S.S. Stevens.

O modelo proposto foi sugerido inicialmente por Attneave para a percepção, não havendo sido, até agora, empregado com esta finalidade específica.

A proposta do uso de técnicas originadas nos laboratórios de psicofísica justifica-se pela situação de crise em que se encontra a psicometria tradicional, cujas limitações são sumariamente abordadas no 1º capítulo.

Em seguida, são introduzidos os métodos de estimativa direta de magnitudes e suas origens históricas, demonstrando-se como tais métodos são empregados nos experimentos intermodais. Além de constituírem uma forma de validação da Lei de Stevens, apresentam importantes consequências para a formulação da "Teoria da Unidade dos Sentidos" de Marks.

O uso de números como padrão de referencia, segundo Stevens, e a Teoria do Correlato Físico de Warren são tratados a seguir, bem como as críticas a tais abordagens. São expostas algumas aplicações da Lei no escalonamento de fatores de natureza social realizado nos últimos 20 anos.

Discutem-se, a seguir, os principais argumentos contrários à nova psicofísica, e os modelos fisiológicos e perceptuais que conduzem necessariamente, na opinião do autor, à formulação da função-potencia. Dos

modelos fisiológicos, apresentam-se os procedimentos de quantificação envolvidos nos mesmos, mencionando-se a inadequação da Lei de Fechner, como demonstrada matematicamente por Luce e Edwards, e fisiologicamente por Borg e Mountcastle.

A Teoria da Detecção do Sinal é exposta em virtude de um de seus postulados ser fundamental para a tese proposta no último capítulo.

Segue-se uma discussão em torno dos processos multivariados na perspectiva da nova psicofísica, originados na abordagem proposta originalmente por Helmholtz, apresentando-se um exemplo didático que permite a comparação das vantagens de uma escala baseada na Lei de Stevens com uma escala de Guttman.

Nas conclusões são sumariados os argumentos desenvolvidos no corpo do trabalho, sendo finalmente exposta a tese de que:

- 1 - Os métodos de estimativa direta permitem a construção de escalas porque o mecanismo que permite tais estimativas é explicado pelo segundo estágio do modelo de Attneave/Birnbaum para o processo perceptivo.
- 2 - Os postulados necessários para a operação desse modelo sobre um esquema neural são os propostos em Psicologia Matemática por Luce.

Sugere-se o desenvolvimento dessa linha de investigação através do emprego da Análise da Multidimensional com a decomposição do modelo e o conseqüente estabelecimento de um catálogo de funções, regras de comparação, julgamento e resposta.

A very great deal more truth can
become known than can be proved.

1. Escalas e a alternativa psicofísica

R. P. Feynman

Nos últimos anos, tem havido grande desenvolvimento na área da medida psicológica não só em virtude do progresso da psicofísica moderna, praticada tanto nos laboratórios de psicologia experimental quanto pela fisiologia contemporânea, mas por representar essa contribuição uma alternativa aos procedimentos usualmente empregados pela medida psicométrica.

Cronbach (1957) já identificava as razões históricas do divórcio entre as abordagens experimentais e correlacionais em psicologia, mostrando como o progresso na área da medida dependeria de uma integração entre as "duas disciplinas da psicologia científica".

Baird e Noma (1978) relacionam como técnicas mais citadas na literatura contemporânea a análise de conglomerados, o escalonamento multidimensional, o Thurstoniano, o Fechneriano generalizado, a Teoria da Detecção do Sinal, as funções de Fechner, de Weber, a Teoria da Informação e as funções de Stevens.

O estudo da natureza das escalas de medida teve, evidentemente, implicações no ulterior desenvolvimento da obra de Stevens. Mas a sua classificação dos quatro tipos principais, razão, intervalo, ordinal e nominal está hoje incluída na literatura estatística de forma generalizada. A esses quatro tipos, acrescentaram-se posteriormente mais cinco - as escalas hiperordinais, log-intervalo, potência, diferença e absoluta. Um tratamento adequado do

assunto é o de Suppes & Zinnes(1963).

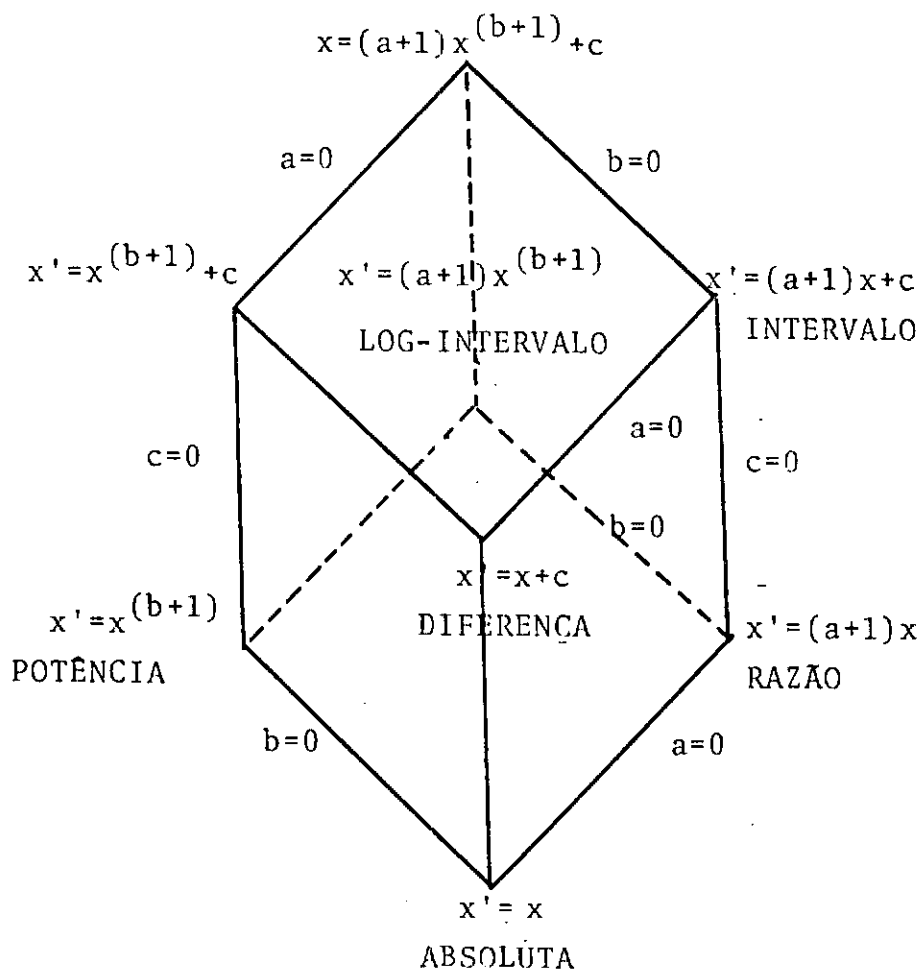


Fig. 1 - Tipos de escalas em função das transformações admissíveis. A transformação mais geral permite a adição de uma constante, e a exponenciação a uma constante. Se a adição não é permitida ($c=0$), torna-se uma escala de intervalo logarítmico; se a exponenciação não é permitida ($b=0$), torna-se uma escala de intervalo; se a adição e a exponenciação não são permitidas ($c=0, b=0$) ela se torna uma escala de razão; se a adição e a multiplicação não são permitidas ($c=0, a=0$) ela se torna uma escala de potência; se a multiplicação e a exponenciação não são permitidas ($a=0, b=0$), torna-se uma escala de diferença; se a adição, exponenciação e multiplicação não são permitidas ($c=0, b=0, a=0$) ela torna-se uma escala absoluta. (Marks, 1974)

A utilização das funções de Stevens recebeu grande impulso após Luce (1959) haver demonstrado que uma lei psicofísica relacionando uma escala de razão a uma escala psicológica somente poderia ter a forma de uma função-potência.

O trabalho sobre a natureza das escalas também afetou esse desenvolvimento. A classificação das mesmas, no esquema de Stevens (1951, 1957) visava substituir a proposição de Campbell (1920). Enquanto a colocação de Campbell baseava-se nas operações empíricas permissíveis no processo de medição, Stevens sugeriu uma classificação baseada nas transformações matemáticas possíveis sem perturbação das relações empíricas iniciais.

Coombs (1952) e Torgerson (1958) aperfeiçoaram o esquema inicial de Campbell, que atualmente vem sendo superado pela Teoria da Medida Conjugada (Luce e Tukey, 1964). Trata-se de uma abordagem axiomática, dedutiva. Entretanto, alguns autores consideram relativa a importância do nível da medida para análise estatística, julgando mais importantes as características dos dados amostrais (Marascuilo e McSweeney, 1977).

Este ponto de vista é ilustrado por Savage (1957):

"Frequentemente afirma-se, erroneamente, que as operações aritméticas não devem ser executadas se os resultados não forem significativos em termos do fenômeno que os dados medem. Não conheço razão para limitar os procedimentos estatísticos àqueles que envolvam operações aritméticas consistentes com as propriedades de escala das quantidades observadas."

No entanto, é provavelmente verdade que pres

supostos sofisticados sobre a distribuição das observações não são normalmente apoiadas em situações onde apenas pouquíssimas operações aritméticas sobre os dados levam a números que são significantes em termos dos fenômenos estudados" (p.333)

A crescente busca de modelos alternativos para a mensuração psicológica originou-se de uma insatisfação generalizada quanto aos modelos e métodos tradicionais, muitas vezes atingindo os meios de comunicação em extensas polêmicas.

Gould, (1981) analisando as implicações e conseqüências da medida da inteligência como praticada por Terman, Spearman, Burt e outros conclui que a abstração da inteligência como uma entidade única, sua localização no cérebro, sua quantificação como um número para cada indivíduo, e o uso desses números para ordenar pessoas em uma série única de valores, leva à descoberta invariável de que os grupos oprimidos e minoritários - raças, classes ou sexos - são inferiores geneticamente e merecem o seu status (The Mismeasure of Man).

Uma revisão geral desse tipo de problema pode ser vista na edição especial dedicada à Psicometria do American Psychologist (1981).

Do ponto de vista metodológico, a situação começou a mudar após o impacto causado pela crítica de Cliff (1973) no sentido de que

"enquanto são conceitualmente simples e ú-

teis do ponto de vista prático, os modelos da teoria clássica dos testes são vazios, no sentido de que seus pressupostos são tornados verdadeiros por definição, ou não são verificáveis diretamente. Esses pressupostos, são convenientes, ao invés de interessantes por si mesmos, e os teoremas são consequências algébricas relativamente diretas dos mesmos. Uma desvantagem de um tal sistema é a sua relativa pobreza em valor preditivo ou explanatório, além de algo limitado em sua aplicabilidade. Conseqüentemente, tem havido esforços no sentido de tornar a teoria dos testes um sistema mais forte, capaz de fornecer uma descrição mais rica do comportamento dos dados do teste, mais geral em sua aplicabilidade, ou incorporando outros conceitos da medida psicológica".

Um exemplo do ponto levantado por Cliff (1973) é o que destacamos a seguir, grifando algumas expressões. Trata-se da Teoria Clássica dos Escores Verdadeiros, em seus três postulados iniciais.

1. $\delta (E) = 0$

O valor esperado (média da população) para os escores de erro de qualquer testando é igual a zero. Se uma pessoa fosse testada repetidas vezes com o mesmo teste, o seu escore médio de erro seria zero, admitindo-se que as repetidas testagens fossem independentes e não se influenciassem umas às outras.

2. $\delta (ET) = \sigma_{ET} = 0$

O valor esperado do produto dos escores verdadeiros e de erro é igual a zero. A covariância entre os escores de erro e os escores verdadeiros, σ_{ET} , igual a $\delta (ET) - \delta (E) \delta (T)$, também é igual a zero. Se um escore de erro e um escore verdadeiro pudes

sem ser obtidos para cada testando numa população para um teste , e se δ (ET) e σ_{ET} fossem computados, seriam iguais a zero.

$$3. \sigma^2 X = \sigma_T^2 + \sigma_E^2$$

A variância observada é a soma da variância dos escores verdadeiros e da variância do escore de erro. Se um escore observado, um escore verdadeiro e um escore de erro pudessem ser obtidos para cada testando em uma dada população para um teste particular ... etc.

Os restantes quinze postulados bem como a demonstração matemática da sua coerência podem ser vistos em Allen e Yen (1979) que nos serviu de fonte.

Uma abordagem diferente é a fornecida pela psicofísica. A Lei de Stevens, teoricamente limitada a resultados obtidos a partir dos métodos de razão, foi verificada em centenas de experimentos em ampla variedade de contínuos sensoriais. Os métodos diretos envolvidos conduzem a funções psicofísicas fidedignas, e a simplicidade, rapidez e economia do seu emprego apresentam indiscutível vantagem sobre os procedimentos estatísticos utilizados em Psicologia e Educação, principalmente levando-se em conta possibilitarem a quantificação de atributos de natureza subjetiva , como o consenso, os valores, etc.

Nossa proposta relaciona-se com a utilização dos proce-

dimentos empregados na obtenção das funções psicofísicas para a elaboração de escalas (Marks, 1981a).

Essa possibilidade já havia sido levantada, há algum tempo, pela psicometria.

"Existem numerosos modelos para desenvolver escalas de intervalo e razão baseadas em estimativas subjetivas. Essencialmente, admite-se que os Sujeitos sejam capazes de produzir essas escalas diretamente. Aceito esse pressuposto fundamental, e empregando métodos adequados de obtenção de respostas (particularmente os de estimativa de intervalo e razão) a elaboração da escala final de intervalo ou razão é direta... os modelos e procedimentos computacionais tendem a ser mais simples do que os modelos baseados em outros pressupostos" (Nunnally, 1978).

Medir o mensurável e tentar tornar mensurável o que ainda não o seja.

Galileu

2 - A Estimativa Direta de Magnitudes

A medida de atributos de natureza subjetiva aparece, historicamente, na República de Platão (IX, 587), quando Sócrates resolve calcular a felicidade de um rei em comparação a um tirano. Utilizando a numerologia então popular na Grécia, chega à razão de $3^6:1$ ou $729:1$. Seis fatores de três são multiplicados para mostrar que um rei - um rei justo - tem uma vida 729 vezes mais feliz que um tirano (Marks, 1978).

Em 1728, Gabriel Cramer, então com 24 anos, conjecturou que o valor subjetivo do dinheiro, que os economistas chamam de utilidade, cresce menos que a quantidade numérica do dinheiro. Imaginou que o valor subjetivo, ou psicológico, crescia apenas como a raiz quadrada do número de unidades monetárias. Uma relação como a raiz quadrada significa, por exemplo, que para dobrar a satisfação sentida, seria necessário ganhar quatro vezes mais dinheiro. Dada uma tal relação não linear entre o dinheiro e sua apreciação mental, arriscar 90 cruzeiros em um jogo não seria nove vezes pior que arriscar 10 cruzeiros, mas apenas três vezes pior - a raiz quadrada de nove. A idéia de Cramer consta de uma nota em trabalho de Bernoulli (1838) que também concluiu que o valor

subjetivo do dinheiro decresce à medida que sua quantidade aumenta. No jargão do economista, o dinheiro exibe uma utilidade marginal decrescente (Stevens, 1972).

A idéia de quantificar-se fatores subjetivos antecede, como se vê, a própria quantificação de fatores sensoriais pela antiga Psicofísica.

Essa possibilidade, baseada na Nova Psicofísica originada no trabalho de Richardson & Ross (1930) e principalmente por S. S. Stevens, através de emprego de métodos diretos de estimativa de magnitudes, será o objeto do presente trabalho.

A defesa da Lei de Stevens é desnecessária, na opinião do autor. Revendo o estado da Psicofísica, ainda em 1965, Ekman & Sjöberg concluíam que:

"Após cem anos de aceitação quase generalizada e praticamente nenhuma experimentação, a lei logarítmica de Fechner foi substituída pela lei exponencial. O volume de trabalho experimental realizado na década de 50 sobre este problema por Stevens e outros pesquisadores foi enorme. A lei exponencial foi verificada sempre em literalmente centenas de experimentos. Como um fato experimental, a lei exponencial está estabelecida além de qualquer dúvida razoável, possivelmente mais firmemente estabelecida do que qualquer outra coisa em Psicologia" (Ekman & Sjöberg, 1965).

Veja-se, a propósito, as revisões mais recentes sobre o assunto realizadas por Watson (1973) e Estes (1979).

O método psicofísico de elaboração de escalas de razão

mais freqüentemente usado nas investigações atuais é o método de estimativa direta de magnitudes. O observador em um experimento da estimativa de magnitudes faz estimativas numéricas diretas das magnitudes sensoriais produzidas por vários estímulos (Gescheider, 1976, p.117).

"Tudo começou com uma discussão amigável com um colega, que disse - você parece achar que cada intensidade sonora tem um número e que se alguém tocasse um tom eu deveria ser capaz de dizer o número correspondente. Eu respondi que essa idéia era interessante, e que deveríamos experimentá-la" (Stevens, 1956, p.2).

Até essa época, Stevens ainda trabalhava com um padrão de comparação (módulo) e observava que quando o padrão escolhido era situado no limite da gama de estímulos, produzia efeitos indesejados. Passou então a adotar um padrão situado no meio da faixa obtendo assim melhores resultados.

"Mas permanecia uma questão séria: deveria um padrão ser usado? Ou deveria ser o observador deixado em liberdade para escolher sua própria unidade de escala, ou módulo, sem a ajuda do experimentador? Para mim, a necessidade de apresentar um estímulo-padrão e designar seu valor parecia tão óbvia que duvidando que tivesse jamais questionado essa prática, não fosse uma observação de minha esposa - meu mais fiel observador e colaborador. Enquanto redigia instruções exortando o experimentador a evitar restringir o uso de números pelo observador, ela perguntou-me porque eu restringia o observador de usar um módulo particular chamando-o de 10. Essa pergunta levou a um novo experimento no qual a instrução era simplesmente atribuir números a uma série de intensidades sonoras. Assim, após um ano de esforços, o procedimento de estimativa de magnitudes tinha finalmente sido reduzido à sua forma mais simples possível. Por que é tão difícil discernir o caminho mais fácil?" (Stevens, 1975, pp. 26-27).

Elaborando-se um gráfico com a média geométrica dos julgamentos dos observadores em um dos eixos e as magnitudes físicas do estímulo no outro, obtém-se uma escala psicofísica. Em geral, a magnitude aparente é proporcional à magnitude do estímulo elevada a algum expoente ou potência, ou seja, a escala ajusta-se a uma função-potência¹.

Se ψ representa a magnitude psicológica (estimada) e ϕ a intensidade do estímulo, então linhas retas ajustam-se à equação

$$\log \psi = \beta \log \phi + k' \quad (1)$$

Tomando-se antilogaritmos obtemos

$$\psi = k \phi^\beta \text{ onde } \log k = k' \quad (2)$$

A equação (2) é uma função-potência simples. Tendo sido verificada centenas de vezes, não só em repetições de experimentos mas em dezenas de modalidades sensoriais, está hoje consagrada como "Lei de Stevens", constituindo-se em uma das afirmações quantitativas melhor estabelecidas em Psicologia: "Razões iguais entre estímulos produzem razões iguais entre sensações". (Tab. I)

1 - O autor emprega, no presente trabalho, as expressões "Lei de Stevens", "funções de Stevens" e "função-potência" indiscriminadamente. A última baseia-se na tradução do termo que se encontra em Introdução à Matemática para Biocientistas, de E. Bat-schelet, traduzido por professores da UFRJ e editado pela USP (1978).

TABELA I

Expoentes representativos de funções-potência relacionando a magnitude sensorial à intensidade do estímulo (Gescheider, 1976, p. 129)

CONTÍNUO	EXPOENTE MEDIDO	CONDICÃO ESTIMULADORA
Volume	0,67	Pressão sonora de um tom de 3000Hz
Vibração	0,95	Amplitude de 60 Hz no dedo
Vibração	0,6	Amplitude de 250 Hz no dedo
Brilho	0,33	Alvo de 5º no escuro
Brilho	0,5	Fonte pontual
Brilho	0,5	Flash rápido
Brilho	1,0	Flash rápido, fonte pontual
Iluminação	1,2	Reflectância de papéis cinza
Comprimento visual	1,0	Linha projetada
Área visual	0,7	Quadrado projetado
Cor (saturação)	1,7	Mistura vermelho-cinza
Gosto	1,3	Sucrose
Gosto	1,4	Sal
Gosto	0,8	Sacarina
Cheiro	0,6	Heptano
Frio	1,0	Contato metálico no braço
Calor	1,6	Contato metálico no braço
Calor	0,7	Irradiação da pele, grande área
Desconforto, frio	1,7	Irradiação do corpo inteiro
Desconforto, calor	0,7	Irradiação do corpo inteiro
Dor térmica	1,0	Calor irradiante sobre a pele
Aspereza tátil	1,5	Esfregar lixas
Dureza tátil	0,8	Espremer borracha
Amplitude digital	1,3	Grossura de blocos
Pressão sobre a palma da mão	1,1	Força estática sobre a pele
Força muscular	1,7	Contrações estáticas
Peso	1,45	Pesos levantados
Viscosidade	0,42	Mexer fluidos de silicone
Choque elétrico	3,5	Corrente através dos dedos
Esforço vocal	1,1	Pressão sonora vocal
Aceleração angular	1,4	Rotação de 5 segundos
Duração	1,1	Ruído branco

O som da sua voz é doce, cheio
como o gosto de escuro vinho.

Poema de amor egípcio, No
vo Império, XIX-XX Dinās
tia, 1300-1100AC (Foster
1971, Marks, 1978)

3 - O Experimento Intermodal

Uma vez constatada a possibilidade da elaboração de escalas através da estimativa direta de magnitude em diferentes contínuos, seria possível a comparação direta entre contínuos diferentes? Se a função-potência tem diferentes expoentes para cada contínuo, e se muitos expoentes são já conhecidos, um experimento dessa natureza permitiria não só prever o resultado, mas constituiria uma forma de validação da Lei de Stevens. Admitindo-se que para a primeira modalidade sensorial a sensação ψ está relacionada ao estímulo por uma função-potência com o expoente m ,

$$\psi_1 = \phi_1^m \quad (3)$$

Para a segunda modalidade sensorial admitimos uma equação semelhante, porém com um expoente diferente, n

$$\psi_2 = \phi_2^n \quad (4)$$

Se compararmos ψ_1 com ψ_2 em vários valores diferentes

numa gama de estímulos, obtemos também

$$\phi_1^m = \phi_2^n \quad (5)$$

Tomando o logaritmos de cada lado da equação, teremos :

$$m \log \phi_1 = n \log \phi_2 \quad (6)$$

ou

$$\log \phi_1 = n/m \log \phi_2 \quad (7)$$

A equação (7) representa uma reta, se os valores forem marcados em coordenadas logarítmicas. A inclinação da linha é n/m , a razão entre os dois expoentes iniciais.

O primeiro teste foi realizado entre intensidade acústica, vibração e choque elétrico (Stevens, 1959). Não só as previsões dos expoentes foram confirmadas, mas descobriu-se uma relação transitiva entre os expoentes, verificando-se que qualquer par de expoentes servia para determinar o terceiro (Fig. 2 e 3).

As sensações, portanto, contêm algumas das relações estruturais que existem na realidade externa. Essa propriedade tem importância epistemológica, analisada por Marks (1978) em "The Unity of the Senses".

O que é a "unidade dos sentidos"? É a tese de que os sentidos tem muito em comum. Diferentes sentidos freqüentemente asistem um ao outro na percepção dos objetos e eventos. Diferentes sentidos freqüentemente dividem entre si atributos fenomenolôgi-

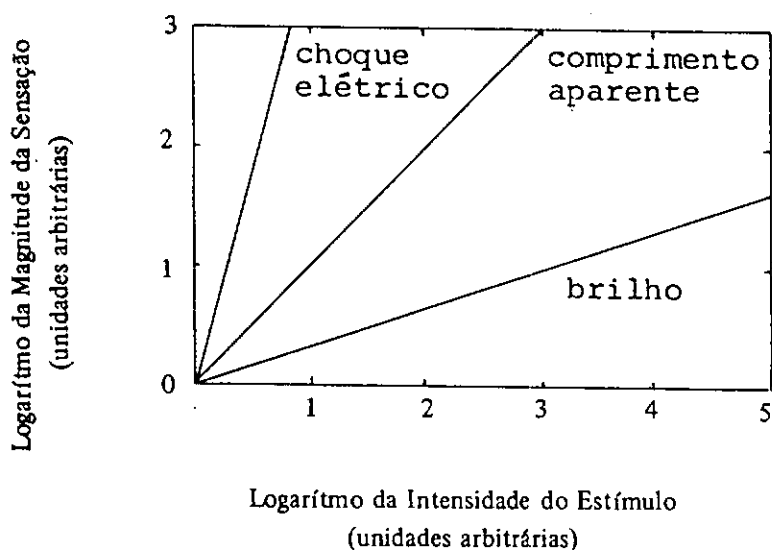


Fig. 2 - Funções psicofísicas para três contínuos. A linearidade das funções em coordenadas bi-logarítmicas indica que a magnitude da sensação é uma função-potência da intensidade do estímulo. A inclinação da linha corresponde ao expoente da função-potência. Os expoentes para choque elétrico na ponta dos dedos, comprimento de linha e brilho de estímulos relativamente grande com duração de aproximadamente 1 segundo são 3,5, 1,0 e 0,33 respectivamente (Stevens, 1959).

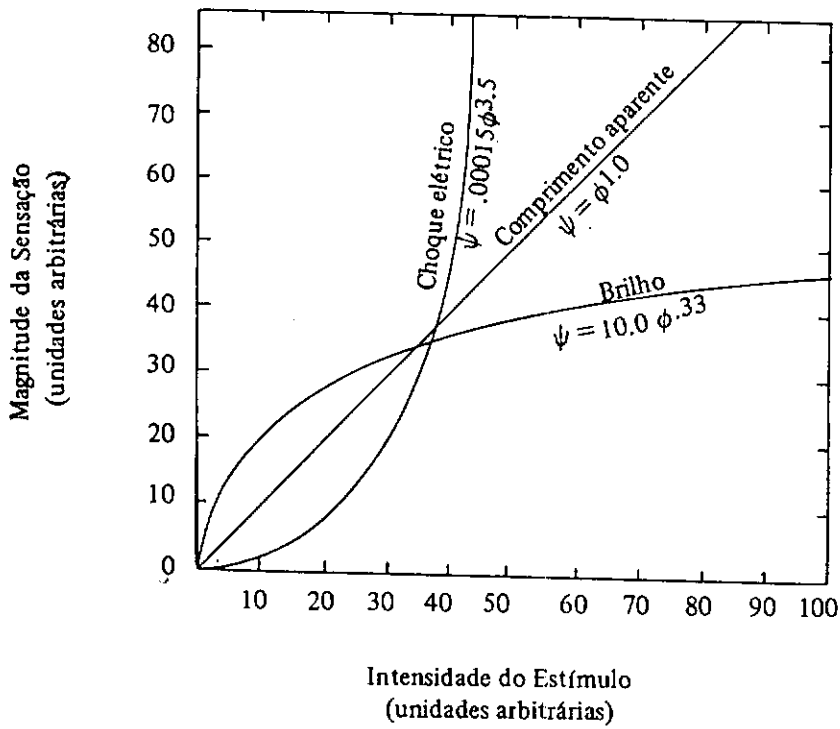


Fig. 3 - As mesmas funções para os mesmos contínuos plotadas em coordenadas lineares. Cada função é uma função-potência. A forma da função é influenciada pelo valor do expoente (Stevens, 1959).

cos comuns. Diferentes sentidos muitas vezes obedecem a leis semelhantes, ou empregam mecanismos semelhantes ou comuns. A intenção da tese é revelar o parentesco entre os diversos sentidos explorando suas semelhanças e interrelações.

A unidade dos sentidos talvez seja uma teoria, mas ainda mais importante, é uma maneira de ver o funcionamento sensorial. Tem um ponto de vista que congrega uma grande variedade de fenomenos. Muitas doutrinas não são inteiramente novas. Algumas partes apareceram, de tempos em tempos, nas obras de Erich Von Hornbostel, Georg Von Békésy e S. S. Stevens. O objetivo é juntar todas as suas partes, mostrando como a unidade dos sentidos se expressa na percepção, na fenomenologia, na psicofísica, na neurofisiologia e na cognição. Embora a maior parte do trabalho trate de semelhanças e interrelações encontradas nos processos sensoriais e perceptivos, sua maior importância está na descoberta de que certas correspondências também são exibidas pela linguagem. Na sinestesia, por exemplo, os sons adquirem qualidades visuais, o que também se manifesta na linguagem. Um fator sinestésico - a combinação de palavras descrevendo sensações de diferentes modalidades - infiltra-se tanto na linguagem do homem comum quanto na linguagem do poeta.

A teoria científica da unidade dos sentidos divide-se em quatro doutrinas:

- 1) A função perceptual comum dos sentidos - como os sentidos combinam informações sobre características temporais e espaciais de objetos e eventos.
- 2) As semelhanças nas experiências sensoriais - com os atributos dos sons, luzes, sensações táteis, gostos e odores que se parecem uns aos outros.
- 3) As semelhanças no comportamento psicofísico - semelhanças nas regras quantitativas que descrevem como as respostas sensoriais dependem da estimulação.
- 4) As possíveis semelhanças nos mecanismos neurais subjacentes à performance sensorial.

A segunda parte da obra examina dois modos pelos quais a unidade dos sentidos se manifesta na linguagem, especialmente na poesia. Um é através do simbolismo sonoro, pelo qual o som da fala, por si só, já transmite significados. O outro é através da metáfora sinestésica, a expressão verbal de analogias entre diferentes qualidades dos sentidos. (Tab. II)

TABELA II

Luminância (candelas/m ²)		Pressão Sonora (newtons/m ²)
10.000	the dawn comes up like thunder - Rudyard Kipling	3.5
1000	sunlight above roars like a vast invisible sea - Conrad Aiken	1.1
100	music bright as the soul of light - Algernon Charles Swinburne	.35
10	the music ... suddenly opened, like a luminous book - Conrad Aiken	.11
1	sunset hovers like the sound of golden horns - Edwin Arlington Robinson	.035
.1	a soft yet glowing light ... like lulled music - Percy Bysshe Shelley	.011
.01	the murmur of the gray twilight - Edgar Allan Poe	.0035
.001	the quiet-coloured end of evening - Robert Browning	.0011
[.000001	melhor sensibilidade absoluta	.00005]

Analogia entre diferentes qualidades dos sentidos (Marks, 1978)

A tese da unidade dos sentidos abrange muitas áreas diferentes, incluindo a psicologia, a fisiologia, a filosofia, as artes, a epistemologia e a filosofia da ciência.

That which we call a rose
By any other name would smell as
sweet

Shakespeare

4 - O Uso de Números

Nos primeiros trabalhos utilizando os métodos diretos a /ceitava-se que os números fossem um padrão com o qual todos os outros contínuos podiam ser comparados. Entretanto, caberia assinalar que mesmo na estimativa direta de magnitudes de uma modalidade sensorial, o que se faz, na realidade, é também uma medida intermodal onde uma das modalidades é o contínuo dos números.

Em relação ao uso dos números, existe um viés sistemático que determina o aparecimento de alguns com maior frequência do que outros (Baird, Lewis & Romer, 1970). Por exemplo, os números de 1 a 100 preferidos são 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100. Esses 22 valores são os únicos criados pelas bases 10 e 5 quando apenas um algarismo significativo é permitido. O modelo matemático encontra-se em Baird & Noma (1978) que também concluem que se o viés for limitado ao contínuo dos números, poderá ser evitado pelo emprego de outra modalidade para o cruzamento. Não excluem, no entanto, que vieses semelhantes ocorram em outros contínuos (p. 110).

Stevens já havia assinalado que para alguns autores o próprio sistema numérico seria percebido como uma função-potência com expoente diferente da unidade. Como outros contínuos perceptuais, o contínuo subjetivo dos números poderia ser curvo. Como não existem, na realidade, absolutos, teríamos que decidir a que contínuo deveria ser comparado para estabelecer essa curvatura como padrão de "retidão". Uma possibilidade seria o comprimento aparente, mas os experimentos intermodais demonstram que o expoente seria aproximadamente 1.

"Todas as coisas consideradas, parece que o contínuo numérico é o melhor candidato para o papel de contínuo de referência reto". (Stevens, 1975, p. 287).

Posteriormente, Marks (1979) e Zwislocki (1978) retomam a argumentação de que os Sujeitos são capazes de realizar o que chamaram de "escalamento absoluto". Sob instruções apropriadas, no sentido de equiparar números a sensações, sem referência ao escalamento de razão, os Sujeitos podem atribuir números a sensações de tal modo que as escalas pouco são influenciadas por variáveis como o espaçamento de estímulos e são praticamente constantes de um grupo de Sujeitos a outro.

Blank & Bridger (1964) distinguem entre equivalência intermodal (forma) e conceitos intermodais (número), que parecem depender de mediação verbal. Enquanto crianças de 3 a 4 anos são capazes de transferir informações sobre a forma de objetos da visão para o tato, não conseguem transferir o conceito de número (duas luzes, dois sons). A razão pela qual o número é melhor des-

crito como um conceito do que como um percepto é a de que o mesmo valor nessa dimensão, isto é, o mesmo número, pode ser usado com objetos ou eventos percebidos por diferentes modalidades sensoriais, mesmo quando os objetos ou eventos não são idênticos. Nesse esquema, o número pode assumir dois papéis - como atributo sensível comum, pertinente aos mesmos objetos, independente da modalidade pela qual os objetos são percebidos; como um atributo supra-sensorial, uma dimensão da experiência apropriada a todas as modalidades, mas que não tem o papel de especificar propriedades comuns aos estímulos (Marks, 1978, p.35).

Ebbinghaus (1890) e von Kries (1882) já haviam proposto que os julgamentos de intensidade sensorial são baseados na experiência com magnitudes físicas. Tal interpretação vai ressurgir, modernamente, na teoria do correlato físico (Warren, 1981).

Essa teoria considera que as estimativas quantitativas de magnitudes sensoriais relativas refletem a familiaridade com leis do meio ambiente, e são, na verdade, estimativas disfarçadas de magnitudes físicas relativas. Não haveria necessidade de invocar-se qualquer capacidade mais misteriosa do que nossa habilidade em fazer estimativas quantitativas de dimensões físicas com base no "input" sensorial. Essa posição foi exposta ainda recentemente (Warren, 1981), acompanhada de resultados experimentais em favor da hipótese proposta. Anderson (1981) considerou tais resultados incertos e não testáveis por falta de critérios de validação. Baird (1981) estabelece um paralelo entre essa teoria e a obra de Gibson (1979), o qual tentou estabelecer um correlato físico funcional para todos os aspectos da percepção, presumivelmen

te incluindo também a Psicofísica. Não dispondo do apoio da análise quantitativa e desprezando a força de muitas evidências empíricas, Gibson apelou para uma listagem taxonômica de qualidades físicas que supostamente acompanhariam um percepto particular. Dorfman (1981) levanta a questão dos inúmeros atributos para os quais não existe correlato físico possível. Acrescentaríamos a essa crítica toda a gama de atributos de natureza subjetiva cujo escalonamento é usual.

A questão é saber-se se a teoria é basicamente desenvolvimentista ou pragmática. Presumivelmente Warren, como a maioria dos psicofísicos, acredita que um estímulo físico é transduzido em alguma atividade neural que, processada por um sistema nervoso central, é finalmente percebida como uma sensação. O ponto de vista ao qual Warren se opõe é o de que os Sujeitos tenham acesso mais ou menos direto a essas sensações e, a partir delas, produzam julgamentos - sejam eles estimativas de magnitude ou comparações intermodais - que são reflexos bastante diretos do nível de atividade neural. Warren considera isso impossível. Ao invés disso, as pessoas tornam-se capazes de usar certos aspectos da atividade neural para fazer julgamentos aproximadamente verídicos de distância (e presumivelmente de outros atributos físicos selecionados), e correlacionam o impacto da distância nas sensações chamadas volume e brilho. Quando se pede para julgarem brilho e volume, elas reportam, essencialmente, as mudanças correspondentes em distância que seriam necessárias para produzir essas mudanças em brilho e volume.

Isto constitui apenas uma correlação que o Sujeito no-

tou como consequência da experiência, utilizada quando são feitos julgamentos subjetivos, ou é o desenvolvimento dessas correlações uma parte integral do processo de desenvolvimento, que dá um significado ordenado à atividade neural? E existe alguma maneira empírica de responder a essa questão?

Se o ponto de vista desenvolvimentista fosse correto, os cegos de nascença teriam uma desvantagem distinta em desenvolver uma correlação entre a atividade devida a sons e a distância da fonte, e como resultado sua habilidade para julgar volume, enquanto crianças, deveria estar prejudicada quando comparadas a crianças normais da mesma idade. Acreditamos que o volume é usado por elas como uma pista para a distância das fontes, e nesse caso o seu julgamento de distância, e não o de volume, é prejudicado. Se tal for o caso, podemos concluir que a teoria é primariamente pragmática e não desenvolvimentista.

Não importando como a correlação surge, leva a uma previsão não trivial. Sabemos, a partir de muitos estudos, que os expoentes obtidos a partir de estimativas de magnitude por Sujeitos individuais variam muito. Para o volume, variam de 0,15 a 0,60, com uma tendência central entre 0,25 e o 0,35. Não há evidências sugerindo que a atividade neural imediatamente após o transdutor seja comparavelmente variável. Isto sugere que existem diferenças individuais consideráveis localizadas em algum ponto do processamento central. Aqueles que pensam que pode haver acesso direto às sensações e que elas podem ser reportadas atribuem este fato às diferentes maneiras pelas quais os Sujeitos utilizam os números.

Na Teoria do Correlato Físico, parece natural postular que as pessoas diferem apreciavelmente em sua habilidade de fazer julgamentos verídicos de distância ou em estabelecer correlações entre esses julgamentos e a atividade neural correspondente a mudanças em brilho ou volume. Quando passamos a outras modalidades, tais como o choque elétrico ou o peso, a distância não pode mais ser a variável mediadora relevante. Alguma outra deverá ser usada. Não é necessário especificá-la, contanto que não seja a distância. Se distâncias julgadas com erro mediarem os julgamentos de brilho e volume, seus dois expoentes devem correlacionar-se fortemente em uma população, enquanto não devem correlacionar-se com os expoentes correspondentes ao choque elétrico e ao peso. Isto tornaria possível utilizar o padrão de correlações entre os expoentes para isolar os atributos que possuem um correlato físico mediador comum.

Por outro lado, se o outro ponto de vista é o correto, e os expoentes observados são todos sistematicamente afetados por algum aspecto do processamento central, então todos os expoentes devem correlacionar-se para toda a população de sujeitos. Existe ainda uma terceira possibilidade, a de que nenhum dos expoentes se correlacionassem, em virtude das fontes de diferenças individuais serem características para cada modalidade. Isso ocorreria se elas fossem devidas a diferenças entre os transdutores ou se existisse um processamento característico para cada modalidade que diferísse muito entre os sujeitos. Ambas as possibilidades são muito distintas do padrão de correlações previsto pela Teoria do Correlato Físico, e não são conhecidos dados relevantes. Tal é a

argumentação de Luce (1981). Marks (1981) é taxativo:

"1 - Os julgamentos quantitativos psicofísicos são úteis e valiosos no estudo dos processos sensoriais, mesmo se e até mesmo quando os números não são representativos verídicos da magnitude da sensação. Os julgamentos numéricos são úteis e valiosos em parte porque os julgamentos preservam as igualdades sensoriais.

2 - Os julgamentos psicofísicos preservam as igualdades sensoriais porque os julgamentos são baseados em sensações e não em correlatos físicos".

Pollack (1981) conclui que:

"Presumivelmente, estímulos afetam os sistemas receptores; esses sistemas receptores modulam a atividade neural; e de modo ainda não compreendido, essa atividade é avaliada. Que a experiência cotidiana possa modificar a resposta final é interessante, mas não invalida o papel dos estágios iniciais do processo sensorial".

Teghtsoonian (1981) questiona se os próprios julgamentos de distância percebida não seriam estimativas disfarçadas de algum correlato físico até aqui insuspeito...

Com Stevens, a própria Psicofísica pode utilizar escalas subjetivas, assistindo-se hoje ao desenvolvimento de múltiplos métodos de cálculo dos dados qualitativos, das atitudes e das opiniões.

Piaget, 1970

5 - O Escalonamento do Consenso Social

Os métodos de escalonamento de razão tem sido aplicados extensamente a variáveis não sensoriais. Alguns cientistas sociais mais críticos consideram que os estímulos empregados para eliciar respostas em tais tarefas podem, no máximo, ser especificados em uma escala nominal.

A aplicação de escalas de razão a problemas de significância social foi claramente demonstrada por Sellin & Wolfgang (1964) num estudo sobre a medida da criminalidade. A validade dos dados obtidos através da estimativa de magnitudes foi corroborada por satisfazer ao requisito da aditividade exigido pelas escalas de razão (Gescheider, 1976, p. 156).

O julgamento moral foi escalonado por Ekman (1962) a partir de ações que iam desde "atropelamento e fuga" até o "estacionamento em local não permitido para despachar uma carta". Raffel (1972) avaliou o mesmo aspecto em relação a atos que varia -

vam desde "ajudar uma senhora idosa a atravessar a rua" até "traficar com heroína". Estudo realizado no Canadá (Akman & Normandeau, 1967) em universidades inglesas e francesas com relação ao roubo de dinheiro forneceu resultados idênticos aos de Sellin & Wolfgang (1964).

A percepção do poder nacional foi estudada por Shinn (1969) que obteve a fórmula

$$\text{PODER NACIONAL} = k(\text{Pop.})^{0,4} \times (\text{PNB})^{0,6} \times (\text{Mil.})^{0,3}$$

O expoente para o produto nacional bruto é o maior, o relativo à população é dois terços menor, e o expoente do desenvolvimento militar é apenas a metade, ou seja, o poder nacional percebido cresce mais rapidamente quando a produtividade geral aumenta.

O conflito e a cooperação internacional foram estudados por Corson (1970). Elaborando duas escalas de razão, acompanhou dia a dia a evolução das crises cubana e de Berlim, demonstrando que muitas hipóteses referentes às relações entre nações, no caso os países da OTAN e os países do Pacto de Varsóvia, podem ser equacionadas sob a forma mais testável de medidas quantitativas.

A apreciação estética de desenhos foi escalonada por Ekman & Künnapas (1962 a e b) e de música por Koh (1965).

Escalas para o estudo da importância política de onze

monarcas suecos que viveram entre 1550 e 1850 foram construídas por Ekman e Künnapas (1963 a). Os mesmos autores construíram uma escala para a medida da dimensão liberal-conservador (1963 b) e ainda para a medida do grau de masculinidade (1963 c).

A atitude política foi escalonada por Welch (1971).

O pretígio de ocupações foi escalonado na Universidade de Estocolmo (Künnapas & Wilkström, 1963) e na Universidade de Notre Dame (Dawson & Brinker, 1971).

A frequência do uso de palavras por estimativa direta (Underwood, 1966) produziu resultados já replicados (Shapiro, 1967; Carrol, 1971) com a curiosa conclusão de que essas estimativas são mais válidas que a contagem objetiva através de amostras.

Uma revisão mais detalhada pode ser vista em Stevens (1975) cap. 8 e Wegener (1982).

Uma aplicação mais recente, de outra natureza, é a "Lei do Impacto Social"

$$I = S N^t \quad (8)$$

(Latané, 1981). Afirma que quando pessoas se encontram num campo de forças multiplicativo, a quantidade do impacto social, I, que experimentam será igual a uma potência t do número de fontes N multiplicado por uma constante de escala S. O valor do expoente

t deve ser menor que um. O impacto aumenta em proporção à raiz quadrada do número de pessoas presentes.

Latané aplicou o princípio aos experimentos sobre conformismo e imitação, relação entre audiência e impacto, impacto social do noticiário, inibição social de respostas de emergência, etc.

Opinion in good men is but knowledge
in the making

Milton

6 - Regressão e Amplitude. O Modelo Algêbrico

Com o desenvolvimento das técnicas diretas de julgamento por Stevens, surgiram outras explicações alternativas para os resultados obtidos. Caberia mencionar as críticas dirigidas ao "ponto forte" da nova psicofísica, segundo sugere Karl Popper - os expoentes.

Poulton (1967) interpretou esses expoentes como artefatos atribuídos aos procedimentos empregados. Para ele, o expoente seria determinado, apenas, pela amplitude dinâmica (razão das intensidades extremas) dos estímulos empregados. Revendo vinte e um estudos realizados por Stevens e seus colaboradores, encontrou uma correlação moderada entre o expoente obtido e a amplitude geométrica das intensidades dos estímulos ($\tau = -0,60$). Teghtsoonian (1971) sugeriu que a razão entre a maior e a menor magnitude sensorial possível seria aproximadamente constante para todos os contínuos perceptivos, o que levaria a: 1) existência de uma escala comum para uma ampla variedade de contínuos perceptivos; 2) a amplitude máxima definida por essa escala explicaria a relação inversa entre os expoentes e a amplitude dos estímulos; 3) numerosos estudos de discriminação demonstram que mudanças apenas distinguíveis ocorrem quando as magnitudes sensoriais são alteradas por uma fração constante e essa fração constante é a mesma independente da forma de energia estimuladora. Prosseguindo nessa linha de investigação, Teghtsoonian (1973, 1978) propõe uma

modificação da Lei de Stevens que leva em conta não só os efeitos de amplitude mas também os devidos à regressão¹.

A hipótese de que a variabilidade dos expoentes fosse devida à variação da amplitude dinâmica foi comentada por Stevens (1971) mostrando que nem sempre uma pequena amplitude produz grandes expoentes. Alguns dos menores obtidos foram medidos no campo do olfato. O benzaldeído (amendoa sintética) tem um expoente de 0,2 (Stevens, 1957).

Valores semelhantes foram obtidos por Berglund et al (1971). A amplitude dos estímulos para o benzaldeído é extremamente curta, em comparação com as grandes amplitudes possíveis em audição ou visão.

Mais recentemente, os efeitos de regressão e amplitude dinâmica e a influência que exercem na função-potência puderam ser diretamente estudados por um novo método de estimativa de magnitudes comparadas criado por Joseph C. Stevens e Marks (1980). O método não é afetado por viés de regressão, evitando a realização do experimento nos dois sentidos e é aplicável a todos os contínuos, inclusive aqueles para os quais a variação contínua é impraticável.

1. O termo não é empregado no sentido estatístico usual, significando para Stevens o aumento ou diminuição do expoente da função-potência em função da compressão da variância das respostas pelos sujeitos.

Os resultados de Teghtsoonian são, ainda, discrepantes quando comparados com o efeito da amplitude em sujeitos individuais. Green, Luce e Smith (1980) consideram que o comportamento é modificado pelo esquema de apresentação dos estímulos. Postulam a existência de uma faixa de atenção centralizada na região do sinal mais recente. A teoria subjacente encontra-se em elaboração.

Anderson (1974) contrapõe à lei de Stevens o modelo algébrico e a medida funcional, cujo triplo objetivo seria: 1) medir os valores subjetivos dos estímulos em escalas de intervalo; 2) medir o valor subjetivo da resposta em uma escala de intervalo; 3) determinar a lei psicológica relacionando estímulo e resposta (p. 218). Um tal modelo, que explicitamente se propõe a obter medidas em nível de intervalo, não poderia ser incluído entre as "teorias fortes" (Cohen & Cohen, 1975, p. 244) como a lei de Stevens.

Finalizando, Anderson (1974) apresenta comentários comparativos sobre a medida psicológica, afirmando que "a medida final para qualquer teoria da medida é o seu valor empírico", e oferece cinco critérios que qualquer teoria da medida deve satisfazer:

1. deve ser testável;
2. deve ter sido testada com alguma medida de sucesso;
3. deve ser aplicável a estímulos psicofísicos com uma métrica física;
4. deve ser aplicável a estímulos verbais ou simbólicos sem

uma métrica física;

5. deve aplicar-se ao sujeito individual.

A extensa literatura existente sobre a nova psicofísica mostra como tais critérios são satisfeitos pelas funções de Stevens.

Não é o tema, a matéria, senão
nossas idéias sobre elas que
são o objeto da quantificação nu-
mérica.

Mário Bunge

7 - Os Modelos

Estudando a integração de eventos sensório-motores, Von Holst (1954) postula para o organismo ativo percebedor impulsos eferentes e dois conjuntos de impulsos aferentes, a exaferência e a reaferência. A exaferência é relativa aos impulsos resultantes de estímulos externos, excetuados aqueles decorrentes de movimentos do corpo, e a reaferência refere-se aos impulsos que resultam dos movimentos do organismo.

Se uma mosca (*Eristalis*) for colocada no centro de um cilindro com listas verticais pretas e brancas e o cilindro for rodado para a direita, a mosca segue seu movimento e também roda para a direita. Se o cilindro rodar para a esquerda, a mosca também acompanha o movimento para a esquerda (reflexo opto-motor). Se a cabeça da mosca for rodada (cirurgicamente) em relação ao seu corpo em 180°, de modo que o olho esquerdo fique à direita e vice-versa, os sinais visuais ficam invertidos, e a mosca passa a rodar em sentido inverso ao do cilindro. Von Holst propõe que o olho da mosca contenha neurônios específicos que controlam os movimentos de acompanhamento. Em um segundo experimento, com uma mosca normal, um estímulo olfativo é colocado à esquerda do ani-

mal. Ele desloca-se para a esquerda enquanto o cilindro permanece parado, produzindo os mesmos impulsos visuais aferentes do primeiro experimento, quando a mosca estava parada e o cilindro movia-se para a direita, com a única diferença de que agora esses impulsos são produzidos por movimento. Nessas condições, a mosca não apresenta o reflexo opto-motor do Experimento 1 para os mesmos impulsos aferentes. Isto é, os mesmos impulsos aferentes não significam mais um movimento do meio para a direita e não eliciam um movimento de acompanhamento nessa direção. A mosca apenas inicia o movimento para a esquerda e para quando atinge a fonte do cheiro. O segundo experimento demonstra que a informação eferente é processada no sistema e contribui para a interpretação que é colocada em "input" aferente. Finalmente, num terceiro experimento, idêntico ao segundo, apenas com rotação de 180° da cabeça da mosca, o movimento para a esquerda é induzido pelo estímulo olfativo, produzindo "input" visual aferente normalmente associado com o movimento para a direita. Neste caso, verificou-se que a mosca continua a mover-se para a esquerda até a exaustão. Os impulsos visuais aferentes, opostos aos do experimento 2 e que não estão normalmente associados com a informação eferente fornecida, agora aparentemente transmitiam informação ao animal que o levava à ação. Esse experimento atesta a importância da interação entre aferência e eferência (Von Holst & Mittelstädt, 1950).

Von Holst (1954) explica esses resultados postulando uma soma e comparação entre sinais aferentes e eferentes (descarga corolária) monitorados. Se o animal move-se à esquerda em um

meio estacionário, uma cópia eferente (sollwert) do movimento à esquerda assim como sinais reaferentes associados com um tal movimento (isto é, um movimento do campo visual da esquerda para a direita sobre a retina) são comparados no sistema nervoso central. Neste caso, os dois tipos de sinal são da mesma polaridade e podem cancelar-se mutuamente. Isto quer dizer que este "input" particular reaferente não significará para o animal mudanças ocorrendo no meio, e não levará o animal à ação de acompanhamento (Experimento 2). Se o mesmo "input" aferente não for acompanhado de uma cópia eferente - como quando o meio se move e a mosca está parada - o significado do "input" aferente é modificado e neste caso, leva ao comportamento de acompanhamento para a direita para seguir o movimento do meio (Experimento 1). Se existir uma cópia eferente do movimento para a esquerda que agora é acompanhada de reaferência de polaridade diferente - como quando a cabeça era rodada de 180° e o campo visual movia-se não da esquerda para a direita mas da direita para a esquerda sobre a retina - então a eferência e a reaferência não se cancelam. O animal interpreta o "input" reaferente como movimento da direita para a esquerda no meio e continua a segui-lo até a exaustão (Experimento 3).

Von Holst afirma que o organismo registra relações entre o seu sistema motor e o meio. Portanto, de acordo com esse modelo, o estado do sistema motor do organismo está definitivamente envolvido nas suas decisões de aceitar ou não um dado "input" como estímulo para ação posterior ou espécie de ação.

A relação entre os processos motores e a percepção foi

discutida em relação aos seus efeitos na atenção ou seletividade na percepção (Hebb, 1949). O que Von Holst coloca é a questão do significado dos processos motores para o organismo.

Para Von Holst e Mittelstädt a percepção é o produto final de uma comparação e soma entre sinais aferentes e eferentes e não o processamento de simples sinais aferentes.

Von Holst e Mittelsdädt (1950) ilustram este princípio com o exemplo da constância do espaço, fenômeno pelo qual vemos o imóvel e o móvel como tal, independente de se nós ou alguma parte do nosso corpo, como os olhos, se move. Se olhamos um trem que começa a andar, sua imagem passa pela nossa retina como se nós percorressemos, com o olhar, o trem imóvel. Apesar disso, sabemos exatamente quando o trem está andando ou parado. Três experimentos simples demonstram os mecanismos em que se baseia essa capacidade. Se fixamos um objeto com um olho e depois movemos passivamente para a esquerda apertando levemente o globo ocular com o dedo, teremos a impressão de que o objeto se move para a direita. Nesse caso falta uma ordem intencional e por isso falta também a cópia de eferência que se apresenta no caso de um movimento ativo. O deslocamento retiniano da imagem é transmitido para cima, e chegamos à conclusão falsa de que o objeto se move.

No segundo experimento, paralisamos temporariamente os músculos oculares de uma pessoa e pedimos que olhe à esquerda. Esse movimento é impossível, mas surpreendentemente a pessoa experimenta um movimento. Vê como o objeto que está fixando com

a vista se desloca para a esquerda. Nesse caso tem lugar uma percepção de movimento sem que se desloque a imagem na retina. Isto é o que deveríamos esperar segundo o princípio da reaférence, já que a ordem intencional cria uma cópia de eferéncia que passa aos centros superiores sem ser anulada pelos impulsos eferentes.

Finalmente, podemos combinar estes dois experimentos em um só, pedindo a uma pessoa que mova para a esquerda um olho previamente paralisado e que fixava um objeto. Ao mesmo tempo, movemos esse olho passivamente na mesma direção. Se o experimento for realizado corretamente, a pessoa não experimenta qualquer movimento. As ordens, a reaférence e a cópia de eferéncia, que nos experimentos precedentes ocasionavam separadamente percepções errôneas, se anulam umas às outras (Eibl-Eibesfeldt, 1969).

Utilizando a linguagem de sistemas de controle, Hein & Held (1962) desenvolveram uma elaboração do modelo de Von Holst/Mittelstädt envolvendo o acréscimo de uma "unidade-arquivo de correlação", onde traços de combinações anteriores de sinais aferentes e eferentes simultâneos são retidos. A descarga correlacionada do sistema eferente supostamente seleciona da unidade de correlação a combinação de traços contendo a parte eferente idêntica para ativar o traço reaférente correspondente. Isto é enviado ao comparador para confrontação com o sinal reaférente atual. O resultado determina a percepção e/ou a ação posterior. Hinde (1970) faz um paralelo com a colocação de Tolman (1959) em relação à semelhança formal do modelo: "Quando uma instância de um S é apresentada, há uma tendência a deflagrar uma expectativa...de

que uma instância da espécie de performance simbolizada por r levará a uma instância de s".

Paralelamente, MacKay (1962) desenvolveu modelo semelhante ao de Von Holst. Basicamente, a percepção é vista como uma resposta de equilibração interna à estimulação, dirigida para fora, gerada no interior do sistema organizador que determina o estado de prontidão momentânea do organismo. Deste ponto de vista, a intensidade percebida de um estímulo deve refletir não a frequência de impulsos do órgão receptor, mas a magnitude da atividade organizadora interna evocada para equilibrar, ou em algum outro sentido contrabalançar essa frequência. (Fig. 4 e 5).

Pela utilização do modelo de circuito neural de MacKay para a geração da sensação, as observações das relações nos circuitos sensoriais gerais puderam ser comparadas com as relações psicofísicas observadas entre magnitude de sensação e potência do estímulo. As comparações permitiram deduções relativas às funções neurais do gerador de sensações e a possível localização de alguns de seus componentes no sistema visual. E ainda mostrou-se como esse modelo permitiu o uso de experimentos psicofísicos para estender os estudos da inibição lateral e dos circuitos de adaptação luminosa (Lipetz, 1971).

Do ponto de vista da evolução, que princípios seriam desejáveis em um sistema perceptivo? Para a sobrevivência em um meio heterogêneo, o organismo necessita de duas características básicas em seu processamento sensorial. Uma para informá-lo do estado do meio ambiente. A outra seria responsável pelo estabili

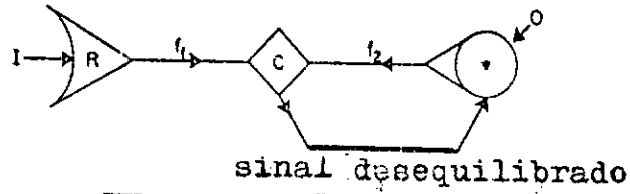


Fig. 4 Modelo de MacKay. Mecanismo neural da resposta de equilibração para a percepção da intensidade do estímulo.

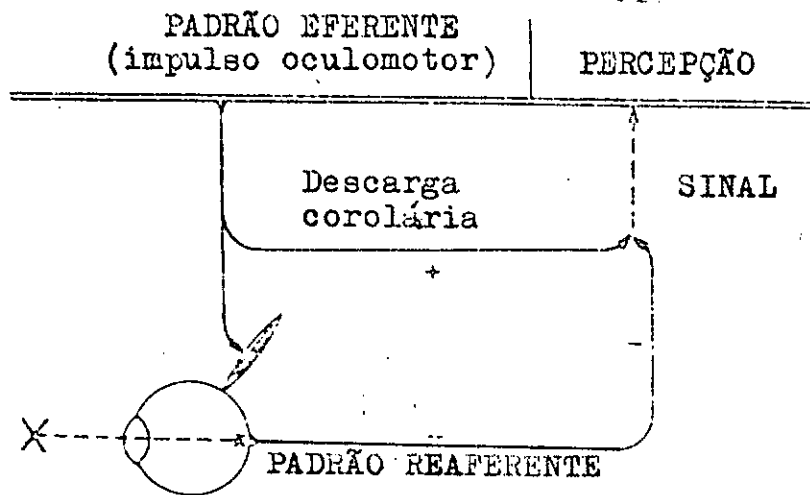


Fig. 5 Modelo de Von Holst. Relação entre movimento dos olhos e a percepção

dade perceptual apesar das mudanças nos impulsos recebidos pelos órgãos sensoriais. Em outras palavras, de modo a promover a sobrevivência, a percepção deve ser funcionalmente verídica e razoavelmente estável. A estabilidade exigida significa, por exemplo, que quando o sol se esconde atrás de uma nuvem e a intensidade da iluminação cai em grande magnitude, as relações percebidas entre os objetos permaneçam essencialmente como se encontravam (Stevens, 1975).

A partir de consideração semelhantes, Yilmaz (1967) formulou dois postulados:

- 1) As organizações perceptivas tendem a modelar o meio de maneira homológica.
- 2) Os perceptos tendem a permanecer invariantes sob variações do meio.

Desses dois postulados, demonstrou como a função-potência pode ser deduzida matematicamente.

Em todas estas colocações encontra-se subjacente o modelo de Von Holst/MacKay (formulado inicialmente por Helmholtz).

Miller, Galanter & Pribram (1960) estudando a "unidade de análise" (TOTE) levantam a questão de como integrar essa unidade em uma estrutura hierárquica de comportamento, apelando para a combinação de componentes de retroalimentação, propondo fá-

zer as conseqüências da fase operacional em um componente fornecerem o "input" ao comparador de um segundo componente. A sugestão de MacKay levaria a uma cadeia de tais componentes de retroalimentação, cada um representando um grau mais elevado de abstração da realidade externa. (Fig. 6 e 7).

O importante é assinalar que esse modelo dá uma interpretação fisiológica à relação entre a magnitude do estímulo e a magnitude da resposta. A transdução dos estímulos, segundo o modelo, pode ser modificada nas vias sensoriais centrais para obter os resultados empíricos previstos teoricamente pela função de transferência.

As limitações impostas pela ação da fibra nervosa (ligado - desligado) também levaram a tentativas de compreender como um sistema que opera com uma espécie de código de pulsos pode levar a respostas descritas pela função-potência. Um trem de impulsos corre ao longo de cada fibra nervosa. Em algum ponto esses impulsos deveriam somar-se ou acumular-se. Se a soma ocorresse por adição linear simples, somente transformações lineares poderiam ter lugar no SNC. Seria concebível que transformações não lineares pudessem ser mediadas pela adição de impulsos binários? Cohen & Litle (1971), utilizando o "cálculo das diferenças finitas" propuseram um modelo neural para a função-potência. De uma função-potência com o expoente 2 - uma função quadrática - tomamos os valores 1, 2, 3, 4, ..., elevamos ao quadrado, obtendo 1, 4, 9, 16, Tomando as diferenças sucessivas entre cada quadrado, obtemos as diferenças de primeira ordem 3, 5, 7, 9,

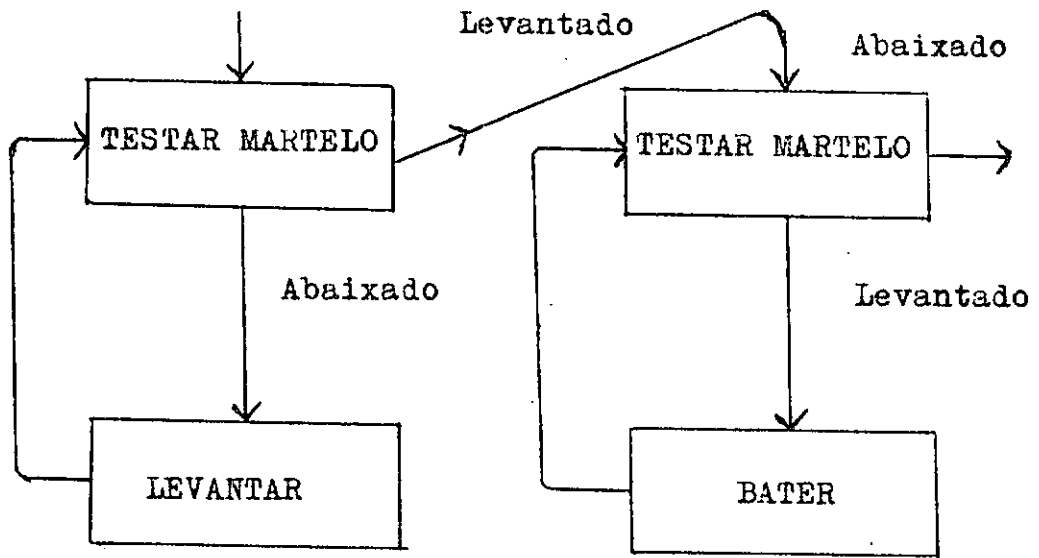


Fig. 6 Duas unidades TOTE conectadas.

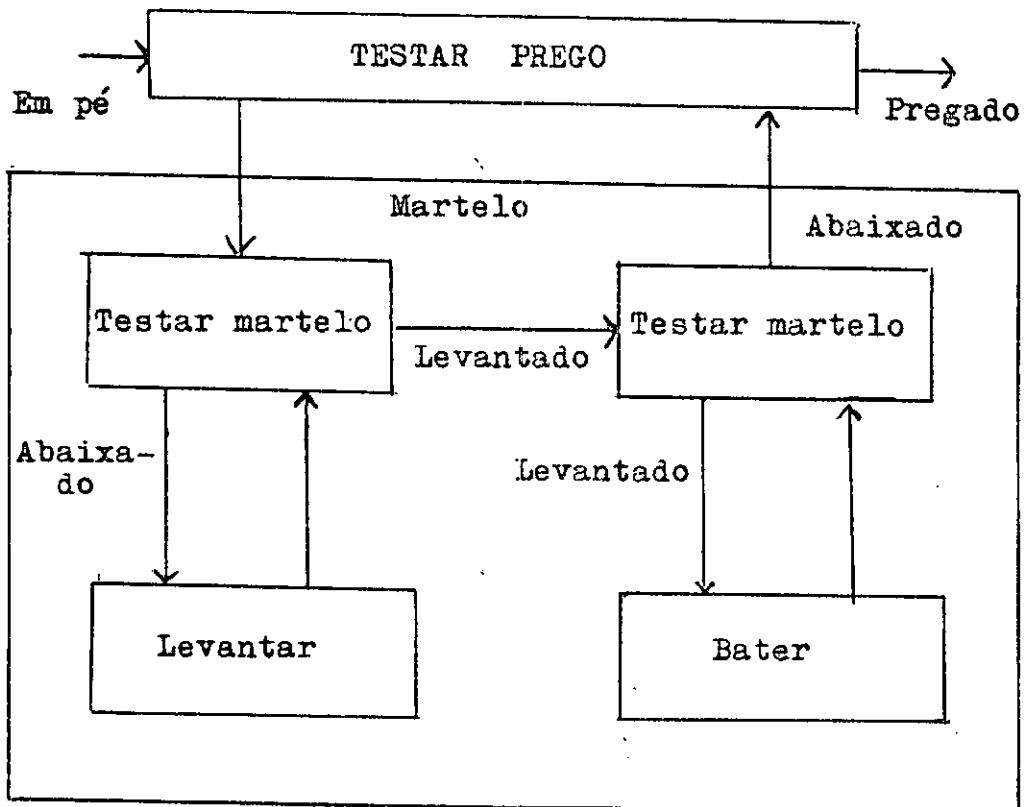


Fig. 7 Plano hierárquico para martelar pregos.

Finalmente, se tomarmos as diferenças de segunda ordem, obtemos 2, 2, 2, 2, Com 2 ordens de diferenças atingimos a um valor finito fixo. Para funções-potência com outros expoentes, mais ordens de diferenças seriam necessárias, mas para qualquer função-potência haverá sempre convergência para uma diferença finita. A importância desse princípio é a de que o procedimento que produziu as diferenças pode ser efetuado de trás para diante, de modo a reproduzir uma função-potência por seqüências de adição simples. Mais recentemente, entretanto, essa explicação tem sido criticada em virtude de demonstrar-se que a informação transmitida por um axônio nunca é determinada pela presença ou ausência de um impulso neural, mas pela distribuição dos impulsos pelo tempo. Além disso, a codificação de informações em impulsos neurais não é um exemplo de código digital, pois nesse caso sua representação por séries de zeros e uns seria possível sem perda de informação. De qualquer forma, pode-se concluir que o modo de transmissão da informação neural não constitui um obstáculo à transmissão, pelo sistema nervoso, de uma transformação contínua ao invés de discreta do estímulo. Para Luce (1972), a parte sensorial dos organismos constitui um mecanismo cuja função é traduzir toda a sorte de "inputs" físicos em uma medida comum com a qual o sistema nervoso possa lidar.

Desse ponto de vista, a tarefa da Psicofísica seria descobrir a natureza dessa recodificação, fornecer maneiras de revelar a calibração particular de qualquer indivíduo e compreender como essas medidas são processadas pelo organismo de modo a levar a respostas. Para ele, essa medida neural comum seria o tempo

entre os impulsos ou, equivalentemente , o ritmo de impulsos (ANEXO I).

Essas contribuições inserem-se na perspectiva de que uma aceitação implícita da natureza de estágios múltiplos na percepção desenvolveu-se nos anos recentes, certamente as tentativas de teorização tornaram-se menos metafísicas, mais técnicas, mais especializadas e, é claro, mais testáveis através de experimentos. Os sistematizadores fizeram contribuições úteis , mas a necessidade de teorias abrangentes está provavelmente superada. A mudança de ênfase em nossas tentativas de compreender a percepção tornou-se uma ênfase na necessidade de compreender processos subjacentes particulares (Dodwell, 1975).

"Apenas algumas décadas decorreram desde o estabelecimento do primeiro laboratório psicológico. A noção de legalidade estrita ainda é nova no âmbito do comportamento, e não podemos ainda vangloriar-nos da existência de muitas leis de baixa ordem, uma espécie caracteristicamente encontrada nas ciências mais antigas. Estamos, no entanto, começando a revelar alguns dos fatores mais elementares que são sistematicamente associados com fatias mais simples do comportamento, e existem todas as razões para acreditar-se que eventualmente seremos capazes de esclarecer os nexos, inevitavelmente mais complexos, dos padrões de comportamento de ordem superior". (Immergluck, 1964).

Alguns grandes inovadores da ciência, tais como Darwin e Newton, viam com clareza a natureza dos seus problemas e trabalhavam com afinco na solução. Outros, no entanto, e Fechner é um exemplo, eram mais parecidos com Colombo, que descobriu um Novo Mundo enquanto procurava a antiga Índia.

Adler, 1966

8 - Fisiologia

A doutrina da energia nervosa específica de Johannes Müller (1838) afirmava que a experiência sensorial surge da interação entre estímulos e receptores sensoriais. As qualidades da sensação dependeriam da estrutura do organismo, e não das propriedades dos estímulos, correspondendo às qualidades secundárias de Locke. O segundo axioma de G.E. Müller afirma que mudanças sistemáticas em estados físicos dão margem a mudanças sistemáticas nas sensações. David Hartley (1749) já propunha que a sensação surge de movimentos físicos no meio que são transmitidos aos nervos. Da sua afirmação no sentido de que as vibrações neurais variam com a força do estímulo, poder-se-ia inferir que a amplitude da vibração neural é correspondente à força da sensação. Essas vibrações, uma vez eliciadas, deixam vestígios que ele chamou de "vibratiúnculos", e seus remanescentes constituiriam as idéias ou imagens.

Somente em meados do século dezenove estabeleceu-se a

natureza elétrica da atividade nervosa. O fato de que quando um neurônio é ativado emite um impulso cuja magnitude é sempre a mesma foi demonstrado no início do século (Adrian, 1914). Sua frequência é que pode ser diferente. À medida que a intensidade do estímulo aumenta, também aumenta o número de impulsos gerados em um intervalo de tempo. Um estímulo intenso pode não gerar um impulso neural maior, mas pode gerar maior quantidade deles.

A idéia de que a intensidade da sensação é acompanhada de um correspondente nível de atividade neural numa relação aproximadamente logaritmica foi proposta fisiologicamente por Waller (1895). Como apontaram Rosner & Goff (1967), essa relação logaritmica era encontrada pelos cientistas porque essa era a relação procurada.

As idéias de Fechner haviam influenciado muitos dos "fundadores" da Psicologia. Não só os experimentalistas como Helmholtz, Mach e Wundt, que imediatamente reconheceram a importância da sua obra mas também eventualmente Freud, que mencionou sua dívida para com Fechner numa passagem do seu Estudo Autobiográfico - "Sempre estive aberto às idéias de G.T.Fechner e segui esse pensador em muitos pontos importantes". Em particular, a noção de Freud de energia psíquica reflete o pensamento de Fechner em relação à conservação da energia. O papel que Freud atribuiu ao inconsciente no Projeto para uma Psicologia Científica inclui uma tentativa de incorporação da Lei de Fechner (Adler, 1966).

Fechner procurava estabelecer uma ligação entre o mun-

do físico e o mental. Na manhã de 22 de outubro de 1850¹ descobriu um modo de fazer essa ligação. Raciocinou que, para qualquer sensação, as diferenças apenas perceptíveis (DAP) em intensidade sensorial são subjetivamente iguais, e que adicionando-se o número de DAPs teríamos uma medida de intensidade sensorial .

A Lei de Weber afirma que o tamanho dos DAPs é proporcional à intensidade do estímulo, ou

$$DAP = k I, \quad (9)$$

onde I é a intensidade do estímulo (medida nas mesmas unidades físicas que os DAPs) e k é igual a uma constante característica da modalidade sensorial. Integrando a equação de Weber para obter a soma dos DAPs como uma medida da intensidade da sensação, Fechner derivou sua famosa lei logarítmica

$$S = k \log I + C, \quad (10)$$

onde S é a intensidade da sensação e C é uma constante de integração. Fechner afirmou que a regra logarítmica seria aplicável apenas se a Lei de Weber fosse válida, mas independente disso, os DAPs seriam subjetivamente iguais e aditivos, de modo que a função empírica relacionando os DAPs às intensidades dos estímulos poderiam ser sempre utilizadas para construir escalas de intensi

1. O autor sempre achou absurdo todos os livros da área repetirem esse detalhe, mas não conseguiu resistir à tentação de também incluí-lo.

dade sensorial. A determinação experimental de escalas sensoriais era necessariamente indireta: o experimentador media DAPs como uma função da intensidade do estímulo, e integrava essa função para determinar a intensidade sensorial. Fechner declarou explicitamente que a intensidade da sensação não podia ser medida diretamente fazendo os observadores estimarem a intensidade subjetiva, uma restrição que os investigadores posteriores deixaram de lado.

Até que ponto é válida a formulação de Fechner? "O peso da evidência na psicofísica moderna cada vez mais atesta que a Lei de Fechner é inconstitucional" (Rosner, 1966).

Desenvolvimentos matemáticos recentes tem questionado a legitimidade da integração fechneriana, porque não parece adequada para todas as funções de Weber. Os trabalhos mais extensos nessa linha foram feitos por Luce e Edwards (1958), Krantz (1971) e Falmagne (1971, 1974). A idéia de Fechner para a medida da sensação utiliza um dos muitos modelos matemáticos possíveis para relacionar a intensidade do estímulo a uma dimensão interna. Mas todos postulam três elementos comuns:

1. Existe uma função relacionando a magnitude da sensação ao estímulo físico correspondente;
2. a função é monotônica. Um aumento na intensidade do estímulo nunca produzirá um decréscimo na escala de sensação;
3. a função é derivável em todos os pontos. Mudanças no

estímulo produzem transições suaves de um nível de sensação ao próximo.

Sumariamente, a argumentação de Luce e Edwards (1958) é a seguinte: admitindo-se a Lei de Weber ($k = \Delta S/S$) e DAPs de sensações iguais ($\Delta W = 1$),

$$k\Delta W = \frac{\Delta S}{S} \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta W}{\Delta S} = \frac{1}{kS} \quad (11)$$

Transformando em equação diferencial,

$$\frac{dw}{ds} = \frac{a}{ks} \quad (12)$$

A constante de correção a é um fator de escala necessário para converter valores discretos (ΔS e ΔW) em valores contínuos (ds e dw). Transpondo e integrando obtemos

$$W = C \ln \frac{S}{S_0} \quad (13)$$

onde $C = a/k$ e S_0 é um limiar. O passo fundamental nessa formulação é a conversão em uma equação diferencial, que Fechner realizava através de seu "princípio matemático auxiliar", o qual afirmava que o que for verdadeiro para pequenas diferenças como os DAPs também é verdadeiro para diferenças menores. Segundo este princípio, os intervalos de DAPs poderiam ser divididos em diferenças infinitesimais que por sua vez poderiam ser integradas sem distorcer os resultados.

Luce e Edwards (1958) demonstram não só a inadequação da integração fechneriana como a incompatibilidade de uma escala de sensação de intervalos iguais com a maioria das funções de Weber. A razão pela qual essas inconsistências não levaram ao abandono completo da Lei de Weber-Fechner está no fato de que, na prática, os experimentadores empregam procedimentos gráficos para o ajustamento dos dados empíricos a essas funções, sem levar em conta a incoerência matemática do modelo subjacente.

Apesar disso, acredita-se ainda que as respostas fisiológicas dos órgãos dos sentidos sejam, geralmente, logarítmicas. Entretanto, muitos registros da atividade neuro-elétrica em receptores sensoriais, fibras nervosas e complexos neurais produzem a função-potência. Que isso seja devido ao "Zeitgeist" não parece razoável, diante da evidência apresentada adiante. Essas funções foram obtidas por um ou mais experimentadores em um ou mais sistemas: Visão - célula receptora, célula ganglionar, corpo geniculado lateral, cortex occipital; Audição - resposta do nervo intra-coclear, complexo olivar superior, vértice; Gosto - chorda tympani em sujeitos humanos, pulso elétrico na língua; Pele - vibração, pressão, toque; Somestesia - posição de juntas, esticamento muscular; Choque elétrico - pulsos elétricos na pele. Um exame detalhado da matéria pode ser visto em Stevens (1971), no Handbook of Sensory Physiology de Loewenstein. Talvez os resultados mais famosos sejam os de Hartline & Graham (1932) e Fuortes & Hodgkin (1964), sobre o olho do limulus. Reanalisados por Stevens, mostraram-se coerentes com uma função-potência:

Mountcastle et al. (1962, 1963, 1966) obtiveram uma

função-potência entre a excitação e a atividade talâmica do sistema somestésico. O expoente obtido foi o mesmo encontrado por Jones (1960) em experimento de estimativa de magnitudes inteiramente comportamental. Mountcastle, Poggio & Werner (1963) dizem, textualmente:

"A questão essencial que desejamos colocar neste trabalho é de que se encontra uma lei relacionando estímulo e resposta, ou seja, entre a posição estável de um membro numa junta e os ritmos de descarga das células talâmicas relacionadas, através de elos polisinápticos, aos aferentes primários dessas juntas. Apresentamos evidência de que essa relação é melhor descrita por uma função-potência da forma geral

$$R = KS^n + C,$$

onde R é a resposta medida como frequência de descarga da célula nervosa, K é uma constante de proporcionalidade, S é o valor físico do estímulo e C uma constante cujo valor é o ritmo médio de descarga do neurônio no período anterior à estimulação, ou seja, a chamada atividade espontânea. Apresentamos também evidência de que outras funções monotônicas crescentes descreviam essa relação de forma muito menos precisa". (Grifo nosso)

"O que assume importância adicional (Mountcastle, Poggio & Werner, 1962) é que a transformação ocorre tão cedo no estágio talamo-cortical da cadeia de transformações neurais seqüenciais que levam à resposta comportamental. O que pode significar em termos de mecanismo neural é que as transformações neurais subseqüentes ao estágio de "input" cortical podem ocorrer ao longo de coordenadas lineares, no que concerne ao valor 'intensidade'".

Caberia examinar os resultados de Borg, Diamant, Ström & Zotterman (1967a, 1967b). A hipótese de que a magnitude subjetiva seja mediada pela atividade total em um nervo, ou que ao menos uma parte da atividade nervosa correspondente possa ser registrada eletricamente é testável em relação ao sentido gustativo. Ocorre que, em virtude de uma peculiaridade da anatomia, as fibras do nervo gustativo provenientes da parte anterior da língua passam através da cavidade do ouvido médio. Este nervo (chorda tympani) pode ser exposto, em certas cirurgias do ouvido médio. Com tal acesso, torna-se possível o registro elétrico de respostas a substâncias aplicadas à língua. As respostas neurais somadas podem então ser comparadas com as estimativas de intensidade gustativa feitas pelos mesmos sujeitos para as mesmas substâncias. Foi realizada uma série de experimentos utilizando sucrose, cloreto de sódio e ácido cítrico. Tanto as estimativas subjetivas quanto as respostas neurais puderam ser descritas pela função-potência.

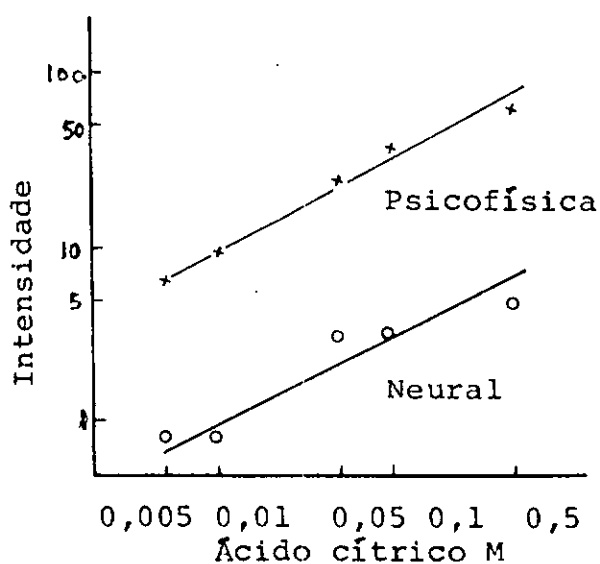


Fig. 8 - Gráfico de um paciente, mostrando as respostas de intensidade subjetiva e as respostas neurais plotadas contra a molaridade do ácido cítrico em escala log-log (Borg et al, 1967).

Aqui se nos emperra a pena, a ranger, tarda e acobardada. O assunto é complexo e pregueia - se de inumeráveis refolhos. Não há abrangê-lo.

Euclides da Cunha

9 - A Teoria da Detecção do Sinal

Além da Lei de Stevens, relativa ao problema da medida da sensibilidade do observador, uma contribuição teórica foi responsável pelo crescente interesse no estudo da Psicofísica em épocas recentes. A Teoria da Detecção (ou detectabilidade) do Sinal surgiu das pesquisas com problemas de comunicação telefônica, radiofônica e com o radar. Seu objetivo é o comportamento de discriminação do observador. Antes de descrever suas características, é necessário estabelecer as premissas metodológicas que levaram à teoria.

Tratando-se de um modelo matemático, contém necessariamente uma simplificação proposital - se os problemas complexos forem simplificados nas próprias definições, futuramente poderão vir a ser os mesmos tratáveis. Na prática, um conjunto de "inputs" a um sistema, sendo multidimensional, e tendo-se demonstrado anteriormente que várias de suas dimensões estão individualmente e sistematicamente relacionadas ao comportamento, é tratado como se fosse homogêneo em seus efeitos. De forma semelhante, o "output" do sistema, tendo-se demonstrado previamente

ser potencialmente rico em um vocabulário que descreve vários aspectos do "input", pode ser restrito a escolhas binárias.

Com o objetivo de formular um modelo hipotético-dedutivo, o problema pode ser simplificado assumindo-se que existem apenas duas classes de "input" (sinal, sinal e ruído) e que o observador só pode emitir uma resposta binária (sim ou não).

Um modelo psicofísico deste tipo é o proposto por Luce (1959). Consiste na apresentação ao observador de uma de duas classes de estímulos, sinal e ruído de fundo (SN) ou apenas o sinal (S). O observador entra no estado D (deteta) sempre que o seu limiar for excedido pelo estímulo (SN ou N). Se o "input" for insuficiente para exceder o seu limiar, ele entra no estado \bar{D} . Qualquer estado pode ser atingido como resultado da apresentação de qualquer dos estímulos, embora presuma-se que o limiar seja excedido mais freqüentemente por SN do que por N. O observador poderá responder sim ou não, em qualquer dos dois estados, embora seja mais provável a resposta "sim" no estado D. As restrições desse modelo são:

- 1 - os estímulos são considerados efetivamente indistinguíveis, exceto na medida em que levem a D ou \bar{D} .
- 2 - o observador é obrigado a responder sim ou não em cada tentativa.
- 3 - pressupõe-se que se o observador diz sim em menos de 100% do tempo no estado D, então ele nunca dirá sim em \bar{D} , e se alguma vez ele diz sim quando em \bar{D} , ele sempre

dirá sim em D.

		RESPOSTA	
		SIM	NÃO
ESTÍMULO	LIGADO	ACERTO	ERRO
	DESLIGADO	ALARME FALSO	REJEIÇÃO CORRETA

TAB. III. Respostas possíveis ao experimento de detecção.

Como se vê, o papel do observador é tomar uma decisão sobre se, num dado intervalo de tempo, ocorreu apenas ruído ou se havia um sinal pré-determinado junto com o ruído. Essa decisão é baseada na sua observação (x) de eventos ocorridos durante um intervalo de tempo fixo. A observação refere-se a dados sensoriais do observador e são a base para a sua decisão. Postula-se que a observação representa uma variável contínua que tanto pode ser unidimensional como multidimensional. Por exemplo, a observação pode envolver apenas a amplitude do sinal, ou incluir a frequência e a forma da onda além da amplitude. Alguns podem achar útil considerar a observação como uma medida de atividade neural, isto é, o número de impulsos neurais que chegam a um determinado locus cortical num período de tempo especificado, mas isto não é essencial ao desenvolvimento da teoria (Corso, 1967, p.448).

As distribuições associadas a estas duas condições são designadas $f_{SN}(x)$, que representa a função de densidade de probabilidade de x dada a ocorrência de sinal mais ruído e $f_N(x)$ re-

presentando a função de densidade de probabilidade da ocorrência apenas de ruído. Essas funções são normais, com variância igual (unitária).

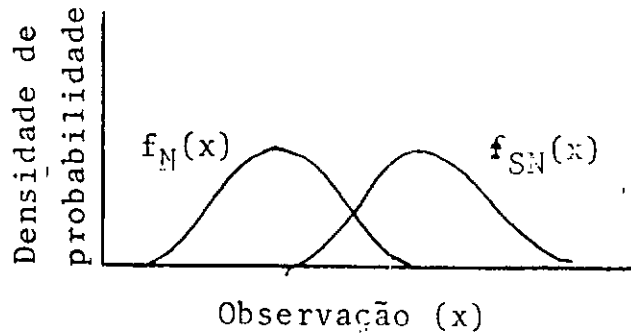


Fig. 9 - Funções de densidade de probabilidade para S e SN. SN é colocado à direita pois a presença do sinal aumentará a magnitude das observações. A separação das médias depende da amplitude do sinal. Obviamente quanto maior a sua amplitude, mais fácil será sua detecção.

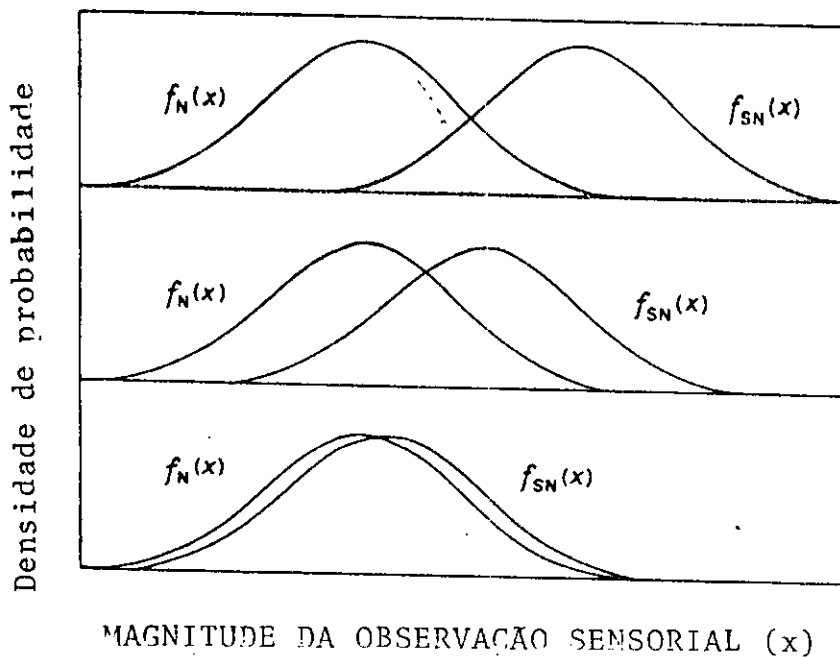


Fig.10 - Distribuição teórica de freqüências de ruído $f_N(x)$ e sinal mais ruído $f_{SN}(x)$ para três magnitudes diferentes do sinal.

Numa tentativa específica, o observador faz uma observação sensorial x que consiste em uma amostra de uma ou outra distribuição, e deve decidir de qual delas provém o estímulo. A ordenada de $f_N(x)$ dá a sua probabilidade de ocorrência quando apenas o ruído está presente. A ordenada de $f_{SN}(x)$ fornece a probabilidade de x ocorrer quando um sinal é apresentado. Cada valor de x pode então ser definido em termos dessas probabilidades. Para cada valor de x existe uma particular razão de probabilidade (l_x) definida como

$$l(x) = \frac{f_{SN}(x)}{f_N(x)} \quad (14)$$

Mesmo que x possa variar em diversas dimensões (saturação, brilho, forma) cada x pode ser localizado numa única dimensão de razão de probabilidade porque para cada x existem valores únicos de f_N e f_{SN} . A decisão final do observador, se x vem de N ou SN pode ser baseada em uma única quantidade.

Um dos postulados da teoria é o de que o observador estabelece um valor específico de $l(x)$ como ponto de corte ou critério (B),

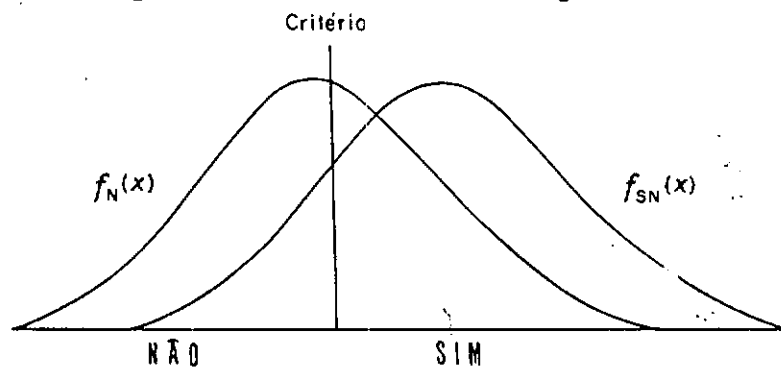


Fig. 11 - A localização do critério do observador determina se uma observação particular leva a uma resposta "sim" ou "não".

e sua decisão será determinada pelo fato de x estar acima ou abaixo do seu critério. Sua regra de decisão é - quando $l(x)$ é igual ou maior que β deve escolher SN, e quando $l(x)$ está abaixo de β deve escolher N. Se o observador ajustar o seu critério adequadamente, sua performance será otimizada para um longo período de observações. Como o valor ótimo do critério pode ser calculado,

$$\beta_{opt} = \frac{p(N)}{p(SN)} \times \frac{\text{valor (rejeição correta)} - \text{custo (alarme falso)}}{\text{valor (acerto)} - \text{custo (erro)}} \quad (15)$$

a teoria permite, através da variação dos parâmetros, o estabelecimento de curvas de operação do receptor (COR),

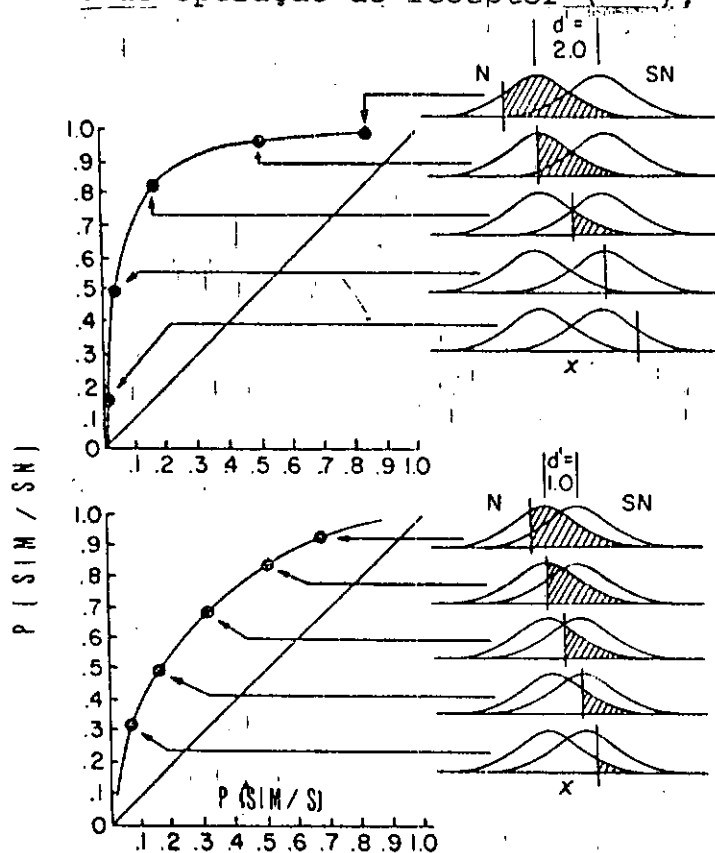


Fig.12 - A variação do critério observador resulta em diferentes pontos na mesma curva COR enquanto a variação da magnitude do sinal produz diferentes curvas COR.

com as quais o critério de um observador particular pode ser comparado. Permite ainda abstrair-se o Observador Ideal pela maximização dos ganhos possíveis.

A teoria propõe também uma medida de detectabilidade (d'), que é igual à diferença entre as médias das distribuições, N e SN expressa em unidades correspondentes ao desvio padrão da distribuição N

$$d' = \frac{M_{SN} - M_N}{\sigma_N} \quad (16)$$

Como a localização da distribuição SN em relação à N é inteiramente uma função da intensidade do estímulo, e de propriedades do sistema sensorial, d' é um índice puro de detectabilidade do estímulo, independentemente da localização do critério do observador.

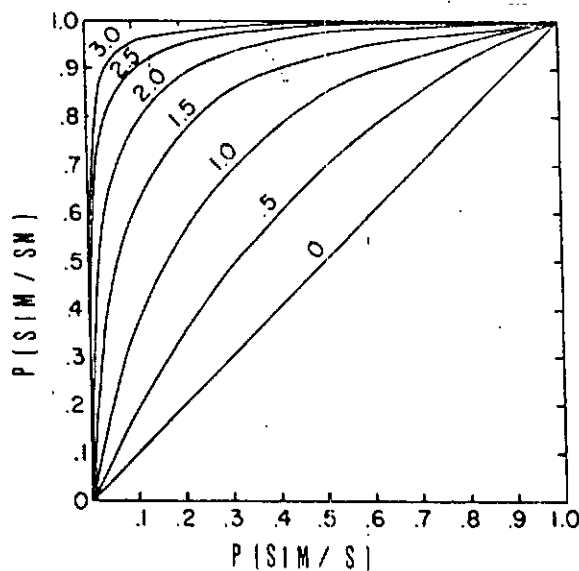


Fig. 13 - Família de curvas COR correspondentes a valores de d' entre 0 e 3.0

Nota: O prêmio "Distinguished Scientific Contribution Award", da Associação Americana de Psicologia, foi concedido, em 1981, a David M. Green "por seu trabalho pioneiro como um dos fundadores da Teoria da Detecção do Sinal, que tem sido uma das mais influentes contribuições da Psicologia Experimental no Século XX. Ele foi uma figura central e vital na formulação e desenvolvimento dos métodos de detecção do sinal que, separando medidas de precisão e critérios, influenciaram profundamente o diagnóstico e a avaliação da performance em todos os ramos da Psicologia bem como outros domínios."

Os co-autores da teoria foram Swets, Tanner e R. Duncan Luce. O último recebeu o mesmo prêmio em 1970.

Fonte: American Psychologist, Vol. 37, nº 1, Janeiro de 1982.

It is a capital mistake to theorise before one has data. Insensibly one begins to twist the facts to suit theories, instead of theories to suit facts.

Sherlock Holmes

10 - Mais de Uma Variável

William James (1890), criticando a Psicologia Experimental do seu tempo, atacava os que realizavam o escalonamento sensorial afirmando que para a Introspecção, a sensação da cor de rosa certamente não é uma porção da nossa sensação de vermelho. No entanto, Richardson (1929) e Maxwell (1929) realizaram experimentos onde os Sujeitos descreviam a cor de rosa numa escala graduada de zero (branco) a cem (vermelho). A cor era produzida por um misturador de cores, e os Sujeitos concordavam quanto à proporção da cor de rosa, apesar das objeções de James, produzindo uma função hiperbólica empírica posteriormente reanalisada por Warren (1967). A função atualizada conforma-se à função-potência.

As funções de Stevens foram obtidas literalmente em centenas de experimentos a partir de estímulos compostos, complexos ou multivariados.

Em Física, a determinação de parâmetros dessa natureza obedece a um critério operacional, e é viabilizada pelo fato das

relações entre as variáveis físicas estarem estabelecidas através de leis específicas, das quais muitas são conhecidas - as leis de baixa ordem aludidas por Immergluck (1964).

"Mais de 100 atributos da física estão coordenados, formando uma estrutura algébrica rígida que incorpora um certo número de leis físicas simples e básicas. A existência dessa estrutura é que faz funcionar o método da análise dimensional" (Luce, 1972).

Em psicologia, a revelação dessas ligações está ainda, em seus primórdios.

Stevens, Guirao & Slawson (1965) verificaram que a intensidade estimada (L) de uma faixa de ruído é igual ao produto do seu volume (V) pela sua densidade (D).

$$L = VD \quad (17)$$

Este é um exemplo de uma lei psicossensorial. Descreve relações entre dimensões puramente psicológicas e não contem referência a variáveis físicas. Esse tipo de lei estrutura as dimensões sensoriais e essas relações podem responder à questão de saber-se se a medida sensorial é semelhante à medida física fundamental. Existe uma clara analogia entre essa equação e a fórmula física que define densidade como a relação entre a massa e o volume.

"Se a formulação de leis simples é um critério para decidir-se se alguma outra espécie de medida é semelhante à medida física, en-

tão a elucidação de leis psicossensoriais produtoras de um sistema de interrelações entre dimensões sensoriais poderia sugerir que a medida sensorial e a medida física são se melhantes" (Marks, 1974, p.225).

De que maneira a intensidade percebida depende do comportamento da mistura de estímulos? Qual a intensidade de uma luz composta de diferentes faixas monocromáticas? Qual a intensidade de uma mistura de tons puros? Qual a intensidade percebida das misturas de estímulos gustativos e olfativos? As perguntas sugerem que tais estímulos compostos são mensuráveis. O modelo capaz de explicar como as pessoas respondem a estímulos complexos tem sido um dos grandes problemas do estudo da percepção. A integração dos estímulos com dimensões ou atributos é evidentemente relevante para amplos setores de investigação.

Uma das abordagens mais sofisticadas a este problema é representada pelo trabalho teórico relativo à medida conjugada aditiva simultânea (Luce & Tukey, 1964; Krantz et al. 1971). O sujeito deve julgar ou estimar um conjunto de estímulos compostos de uma combinação de intensidades de vários atributos ou fontes (por exemplo, som e luz). A questão de interesse é determinar-se a contribuição combinada e aditiva dos dois componentes ao composto final.

A idéia fundamental da medida conjugada é a seguinte : a decomposição da métrica física e sua independência não são imediatamente discerníveis, quando as pessoas agem em resposta a variações de eventos do meio. O julgamento dos pesos relativos de objetos de tamanhos diferentes ilustra o problema. Também ajuda

a encontrar a solução de medida conjugada, ou seja, encontrar as condições necessárias e suficientes para que possamos atribuir valores numéricos aos efeitos do tamanho e do peso que preservem a relação ordinal dos julgamentos, e mostrar como as duas variáveis agem quando diferentes valores de cada uma são concatenados. Levelt et al. (1972) estudaram os julgamentos de intensidade auditiva binaurais no sentido de verificar se estes poderiam ser explicados em termos de adição dos dois "inputs" monoaurais. Obtendo uma matriz de intensidades simultâneas, demonstraram que duas funções-potência são obtidas, uma para a contribuição de cada ouvido, e que a aditividade de ambas descreve o efeito binaural. Os expoentes encontrados foram .44 e .61 para um Sujeito e .41 e .47 para outro. Tais valores correspondem aos expoentes de intensidade geralmente obtidos (Marks, 1974, 1980).

Este método de análise de estruturas conjugadas é um dos mais recentes desenvolvimentos da teoria da medida. Seu objetivo é a construção de testes que determinam se certos dados podem ser reescalados de modo a satisfazer um modelo particular. A não aceitação completa por esses testes elimina o modelo. Por outro lado, a aceitação dos dados por tais testes justifica a aplicação de técnicas de escalonamento para a determinação de parâmetros. Tais técnicas tem merecido atenção cada vez maior em psicologia matemática.

Tradicionalmente, tentava-se caracterizar as modalidades sensoriais como sintéticas ou analíticas, em função do seu "modus operandi". Nessa classificação arbitrária, a visão seria

sintética, já que misturas de diferentes comprimentos de onda não podem ser decompostas, enquanto a audição seria analítica, pois permite discriminar, por exemplo, as notas componentes de um acorde. Não seria aplicável ao olfato, e mesmo em relação às modalidades exemplificadas seria preferível empregá-la aos modos particulares de resposta em condições particulares nas quais os sentidos são mais ou menos sintéticos ou analíticos. O que se verificou experimentalmente é que, de modo geral, as magnitudes percebidas dos estímulos se adicionam quando o sistema se comporta de modo analítico, enquanto as sensibilidades se adicionam quando o sistema se comporta de forma sintética.

Diferentes misturas de cores podem produzir perceptos idênticos (metâmeros) e estes podem ser escalonados pela estimativa de magnitudes.

Estímulos sonoros complexos (fala) foram escalonados, obtendo-se um expoente de 0,6 (Ladefoged & McKinney, 1963; Mendel, Sussman, Merson, Naeser & Minifie, 1969). O valor encontrado é aproximadamente o dobro do expoente para tons puros.

As Intensidades subjetivas de misturas de estímulos olfativos são geralmente menores que as somas das intensidades individuais de seus componentes, porém maiores que suas médias (Jones & Woskow, 1964).

Os estudos mais extensos sobre a sensibilidade aos açúcares, através da estimativa direta de magnitudes, são os de

Moskowitz (1970, 1971) nos quais os Sujeitos estimaram a doçura de 16 e 43 açúcares respectivamente. Moskowitz concluiu que o crescimento da doçura com a concentração é aproximadamente o mesmo para todos os açúcares, uma função-potência com o expoente 1,3 - também obtido por Stevens (1969). As funções obtidas para as substâncias que não são açúcares são diferentes. O ciclamato (0,9) cresce menos rapidamente que a sucrose (1,5), e a sacarina ainda menos (0,45). Uma razão para essa diferença é a de que o ciclamato contém fortes componentes amargos no seu gosto em altas concentrações. A integração entre doce e amargo, se não linear, pode servir para modificar a relação entre intensidade de gosto e concentração. Observe-se que a estimativa de magnitude está sendo realizada em relação a um estímulo composto (doce-amargo) e que não impede a obtenção da função correspondente.

Misturas de substâncias salgadas e doces produzem magnitudes sensoriais nas quais os componentes individuais são suprimidos (Beebe-Center, Rogers, Atkinson & O'Connell, 1959; Kamen, Pilgrim, Gutman & Kroll, 1961).

Quando sinal e ruído são superpostos na mesma região da pele, os Sujeitos são incapazes de separá-los, e seus efeitos produzem uma experiência sensorial unitária (Sherrick, 1960).

Se, ao invés de lidarmos com estímulos compostos, com um receptor para cada estímulo simples, verificamos o que acontece quando o mesmo estímulo é recebido por receptores diferentes, por exemplo, a intensidade luminosa, outra manifestação do mesmo

fenômeno é observada. A passagem do escuro para o claro (escotópica x fotópica), dos bastões para os cones, ocorre em torno de 10^{-2} e 10^{-3} mililamberts. A medida de DAP para intensidade do estímulo, frequência crítica de fusão, acuidade visual, etc. deveria apresentar duas curvas separadas com uma descontinuidade ou interseção nessa região, o que nunca foi verificado (Stevens, 1957, Warren & Warren, 1958).

Admitindo-se a validade de tais resultados, o que ocorre quando os procedimentos desenvolvidos por Stevens e seus seguidores são aplicado ao escalonamento de fatores subjetivos, e para os quais não existe uma métrica física?

Como se comparam com medidas a partir de outros tipos de escalonamento? Para o experimento ilustrativo descrito a seguir, optamos por uma escala de Guttman, por tratar-se de uma escala unidimensional. Esta escolha impõe alguma justificação:

"Considerando o grande peso da crítica, é surpreendente que ainda se considere este modelo determinístico uma boa base para o desenvolvimento de medidas de atributos psicológicos. No entanto como será mencionado em relação a outros modelos, muitas vezes um modelo ou método de análise estatística impraticável para o uso em pesquisa real é muito importante em teorias concernentes aos próprios modelos matemáticos. Modelos práticos para o uso em pesquisa frequentemente surgem de modelos idealizados como o subjacente à escala de Guttman, e é útil fazer comparações entre tais modelos práticos de análise e modelos idealizados" (Nunnally, 1978, p. 75).

Utilizamos os itens da escala elaborada por Bogardus

- A - filho/a namorar com negro
- B - dançar com negro
- C - jantar em sua casa com negro
- D - ter vizinhos negros
- E - sentar ao lado de negro no ônibus

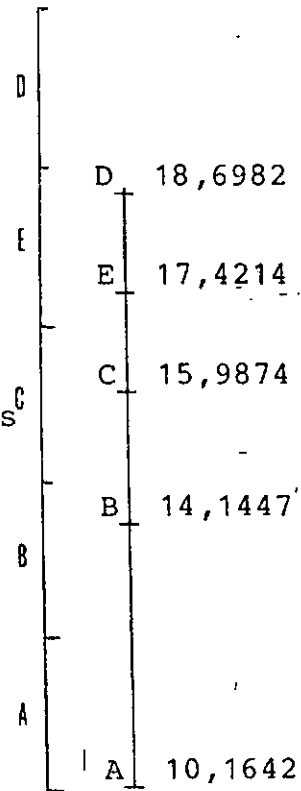


Fig. 14 - Escala de Guttman e estimativa direta de magnitudes. Os coeficientes de Guttman são 0,9360 (Coeficiente de Reproducibilidade), 0,8160 (Reproducibilidade Marginal Mínima), 0,6522 (Coeficiente de Escalabilidade). Escala de Guttman processada pelo S.P.S.S.

(1958) para medida da distância social, aplicando alternadamente a escala de Guttman e a estimativa direta de magnitudes a 25 sujeitos. Os resultados estão resumidos na Fig.14 onde é visível a correlação ordinal entre as duas medidas. Destacam-se os seguintes aspectos:

- 1 - enquanto uma escala é apenas ordinal (uma das principais críticas levantadas contra a escala de Guttman) a outra é uma escala de razão, que permite verificar não só a ordem das categorias, mas a distância relativa entre elas.
- 2 - Ambas revelaram a inversão dos dois últimos itens pela amostra utilizada (ter vizinhos negros x sentar ao lado de um negro no ônibus, no experimento de Bogardus) Em entrevista realizada posteriormente, verificou-se que a razão dessa inversão está relacionada ao aumento da criminalidade local, fazendo com que o passageiro negro seja automaticamente considerado como um possível marginal.

O coeficiente de reprodutibilidade maior que 0,9 significa que a escala é válida. O coeficiente de "escalabilidade" maior que 0,6 significa, na teoria de Guttman, que a escala encontrada é unidimensional e cumulativa.

Como conclusão, citaríamos novamente Nunnally (1978):

"...há boas razões para acreditar que é possível medir atributos humanos em escalas de intervalo, se não usualmente em escalas de razão. Se a Psicologia fosse se contentar apenas com a medida ordinal, limitaria de tal forma os métodos da matemática utilizáveis que a ciência ficaria quase aleijada".

Número, puro esquema de quantidade, concepção do entendimento transcendental, unidade de síntese de uma intuição homogênea por meio do tempo gerador.

Kant

Conclusões

Examinamos algumas técnicas desenvolvidas pela nova psicofísica, e que podem constituir uma alternativa para a medida psicológica em algumas áreas importantes. As diversas abordagens e alguns modelos, bem como as principais controvérsias envolvidas, geraram enorme desenvolvimento de pesquisas neste setor do conhecimento, com implicações em áreas limítrofes a outras ciências.

Desde a secular discussão em torno do projeto de Fechner até as mais recentes repercursões na própria teoria da medida, forem feitos avanços confirmados, em muitos casos, além de qualquer dúvida razoável.

As evidências experimentais foram organizadas de modo a levar-nos ao ponto que julgamos não ser devidamente mencionado na literatura especializada - qual a natureza do processo que justifica o uso da estimativa direta de magnitudes no escalonamento de variáveis subjetivas que não possuem uma métrica física. Quando estimamos a magnitude de pesos, tamanho de círculos

ou retas, etc., podemos medir os valores físicos dessas variáveis para comparação com as estimativas, o que não ocorre com a preferência estética, o conflito internacional, a gravidade de crimes, etc.

Admite-se geralmente, a partir de diferentes explicações segundo as inclinações teóricas dos autores, que as pessoas são capazes de estimar magnitudes. A função-potência é pervasiva - é o fato experimental melhor comprovado em psicologia.

Comprova-se facilmente que estímulos físicos são escalonados pela estimativa direta, produzindo a função-potência, com expoente característico da modalidade sensorial em estudo. O mesmo procedimento permite obter uma função mesmo que o estímulo seja composto, o que pode ser demonstrado pela decomposição do expoente empiricamente obtido em seus componentes, ou seja, podemos escalonar estímulos complexos que possuam uma métrica física, a qual podemos evidenciar a posteriori.

Podemos escalonar estímulos de natureza subjetiva. Sua subjetividade já implica alguma complexidade, que constitui o maior problema da medida em psicologia. Obtemos escalas, e não funções, porque falta-nos o outro lado da equação - a métrica física. Essa escala é uma medida de razão, porque atende ao princípio da aditividade, exigido nesse nível de medida. A ampla literatura da área não propõe qualquer modelo heurístico para esse processo.

Antes de tratarmos do problema específico (escalas de estímulos subjetivos) convém recapitular alguns elementos já mencionados em relação ao problema geral da medida psicofísica.

"Presumivelmente, estímulos afetam os sistemas receptores; esses sistemas receptores modulam a atividade neural; e, de modo ainda não compreendido, essa atividade é avaliada". (Polack, 1981).

Luce vem investigando, desde 1972, uma medida comum com a qual o sistema nervoso seja capaz de lidar (Anexo I). Demonstrou como a variabilidade das estimativas de magnitude por Sujeitos individuais é, no caso do volume sonoro, maior que a atividade neural registrada imediatamente após o transdutor, o que atribui às diferentes maneiras pelas quais os Sujeitos empregam os números (Luce & Green, 1978).

Mountcastle et al. (1962) falam nas transformações neurais seqüenciais que levam à resposta comportamental, no que concerne ao valor intensidade.

Teghtsoonian (1978) sugere a existência de uma escala comum a todos os contínuos perceptivos.

Blank & Bridger (1964) descrevem o número como um conceito, já que pode ser usado com objetos ou eventos captados por diferentes modalidades sensoriais, mesmo quando os objetos ou eventos não são idênticos.

Marks (1978) afirma tratar-se de um atributo sensível comum, pertinente aos próprios objetos e eventos, um atributo supra-sensorial, uma dimensão apropriada a todas as modalidades.

A transposição dessa hipotética capacidade humana para o escalonamento de variáveis subjetivas deveria atender a dois requisitos:

- 1) Anderson (1974) postula que qualquer teoria da medida em psicologia deve ser aplicável a estímulos verbais sem uma métrica física.
- 2) Deve abranger estímulos complexos. A Teoria da Detecção do Sinal estabelece que uma observação representa uma variável que tanto pode ser unidimensional quanto multidimensional indiferentemente.

Attneave (1962) sugeriu que a estimativa de magnitudes envolve dois estágios. No primeiro estágio (input) o Sujeito avalia a relação entre estímulos, e no segundo (output) ele mapeia essa relação no contínuo numérico. Essa colocação implicaria uma modificação da lei de Stevens que levasse em conta a composição do modelo, de $J = a\phi^n$ (a equação 2 no presente texto), para

$$J = a\phi^{km} \quad (18)$$

onde k e m são expoentes das transformações de input e output do modelo de dois estágios. Aqui, J é usado como julgamento.

Curtis, Attneave e Harrington (1968) testaram a hipótese da existência de dois estágios, concluindo que a razão encontrada entre os expoentes é consistente com a mesma. Como, nesse experimento, as estimativas dos sujeitos eram aceitas diretamente, como se fossem verdadeiras, Rule, Curtis e Markley (1970) planejaram outro teste - verificar se as transformações de input e output poderiam ser descritas por funções-potência sem fazer pressupostos sobre a veracidade dos dados, além disso examinar a forma de cada função separadamente, por estágio.

A separação das duas funções pode ser obtida por escalonamento não métrico (Kruskal, 1964). Uma solução em uma dimensão permite a recuperação dos valores perceptuais da escala sob pressupostos mínimos:

- 1 - Que os julgamentos de diferenças sejam monotonicamente relacionados às diferenças subjetivas dos Sujeitos.
- 2 - Que as estimativas de magnitude das diferenças exibam ao menos as relações ordinais das diferenças subjetivas verdadeiras.

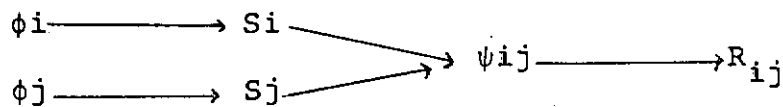
Aceitas tais premissas, a forma da função de input pode ser estabelecida pela relação psicofísica entre valores de escala e valores físicos do estímulo. A outra transformação refletirá a maneira pela qual os Sujeitos mapeiam as diferenças percebidas no sistema numérico, revelando a forma da função de output no modelo de dois estágios.

Não só Rule et al. (1970) puderam comprovar as previsões do modelo, como ainda obtiveram valores que apresentavam razoável aproximação aos dados obtidos com Sujeitos individuais.

Um modelo para esse processo é devido a Birnbaum (1977)

MEDIDA PSICOLÓGICA

Valor físico-H → Valor de escala-C → Impressão integrada-J → Resposta
(I)



H = função psicofísica

C = regra de comparação

J = função de julgamento

O processo de medida psicofísica pode ser decomposto em seus componentes. Veit (1978) demonstrou que as diferenças nas respostas devidas a diferentes instruções são atribuíveis a mudanças na transformação de "output".

Parece claro que o primeiro estágio envolve uma medida comum do tipo sugerido por Luce (1972). O que se sugere é que os estímulos que não possuem uma métrica física podem ser escalonados por pertencerem ao segundo estágio do modelo de Attneave/Birnbaum. Sabe-se que cada estágio produz uma função-potência, o que explicaria a regularidade dos resultados obtidos nos experi-

mentos com fatores subjetivos. No segundo estágio não importa a complexidade ou não do estímulo, pois o julgamento é feito sobre "impressões integradas" e o mapeamento dos valores correspondentes no contínuo dos números.

A possibilidade de uma transformação dessa natureza não é surpreendente. A música ouvida através de uma gravação em disco pode ser percebida como compreendendo os sons de muitos instrumentos de uma orquestra. Para ser gravada e reproduzida, tem que estar incorporada num sinal temporal unidimensional gerado pelo movimento da agulha no sulco do disco. O teorema de Fourier afirma que qualquer sinal (neste caso, a música) pode ser representado pela soma das ondas (senóides e cossenóides) de várias frequências e amplitudes. Fourier criou um procedimento matemático, a transformação que leva o seu nome, para analisar um sinal em seus componentes fundamentais. Quando essa transformação é aplicada a um sinal que varia no tempo, como a música, determina as amplitudes e frequências componentes do sinal. Esses coeficientes definem o sinal de forma única e simples.

"Se um som não é puro pode ser considerado a soma de uma série de sons puros, de acordo com o Teorema de Fourier. A Lei de Ohm da audição, que era a afirmação de que o ouvido executa uma análise de Fourier em um som complexo, estende a simplicidade do estímulo à performance do ouvido". (Békésy, 1967, p.175).

Ainda como ilustração de processos complexos que o ser humano realiza sem se dar conta deles, poderia acrescentar-se o que Polanyi (1958, 1968) chamou de "conhecimento tácito". Ao

aprender a andar de bicicleta, desenvolvemos habilidades motoras que corrigem desequilíbrios fazendo instantaneamente curvas cujos raios são proporcionais ao quadrado da velocidade da bicicleta dividido pelo ângulo de desequilíbrio. Após a aprendizagem, conseguimos avaliar em segundos as constantes empíricas relativas a cada bicicleta individual.

Como linha de investigação futura, sugere-se o uso de técnicas de análise multidimensional do tipo empregado por Veit (1978) para decomposição do processo da medida psicológica em seus componentes, conforme o modelo apresentado. O estudo de processos de retro-alimentação é um exemplo de utilização dessa metodologia. Sabe-se que a regra de integração muda em função do "feedback". A decomposição pode levar ao desenvolvimento de um catálogo de funções, regras de comparação, julgamento e resposta.

ANEXO I

O Modelo Neural de Luce (1977)

Na estimativa de magnitudes nenhuma resposta é prescrita como correta. O Sujeito simplesmente reporta qualquer número que considere apropriado ao sinal. Na produção de magnitudes, o estímulo é um número e o Sujeito seleciona o sinal que parece apropriado ao número. No experimento intermodal, o estímulo é um sinal em uma modalidade e a resposta é dada em outra modalidade, de modo a equiparar-se à primeira. Embora não existam respostas certas, dados extremamente regulares são obtidos.

Presumivelmente, o que quer que o Sujeito faça envolve algum uso de uma representação interna do sinal. Uma idéia simples para explicar a estimativa de magnitudes é a de que o número emitido seja proporcional à representação (Luce & Green, 1972).

Simbolicamente, se S_n é uma variável randômica descrevendo a apresentação do sinal na tentativa n , $X(s)$ é a representação interna (variável randômica) do sinal s quando ele é apresentado, e R_n é a variável randômica de resposta na tentativa n , então para alguma constante c ,

$$R_n = cX(S_n) \quad (1)$$

Green & Luce (1974) levantaram dúvidas quanto a essa formulação, mostrando que a distribuição observada das respostas a sinais de duração relativamente longa não se apresenta como deveria, caso a equação (1) fosse verdadeira e X fosse a re

apresentação devida a um estimador de tempo operando sobre um trem de pulsos com uma distribuição de Poisson.

Uma segunda sugestão (Luce & Green, 1974a), ligada em parte ao fato das instruções, na estimativa de magnitudes, levarem o Sujeito a refletir, em suas respostas, as razões subjetivas das intensidades, é que -

$$\frac{R_n}{R_{n-1}} = C \frac{X(S_n)}{X^*(S_{n-1})} \quad (2)$$

(*) amostras independentes em tentativas sucessivas.

Esta é chamada a hipótese de razão de resposta. Para testá-la, Jersteadt, Luce & Green (1977) notaram que tomando o logaritmo de (2) sugere ajustar a seguinte equação de regressão aos dados:

$$\ln R_n = \beta \ln R_{n-1} + \nu \ln I(S_n) + \alpha \ln I(S_{n-1}) + \delta$$

Uma possível interpretação neural é a seguinte: se os sinais em tentativas sucessivas ativam o mesmo conjunto de fibras, a resposta é determinada calculando-se a razão de representações sucessivas e multiplicando-a pela resposta precedente. Quando, no entanto, os sinais caem sobre dois grupos diferentes de fibras, a tentativa precedente é ignorada e a resposta é baseada apenas na representação atual. É como se um tipo de cálculo fosse possível na fibra e impossível através de fibras distintas.

A simplicidade superficial da lei psicofísica de Stevens parece decompor-se em diferentes respostas, dependendo do experimento tratar com ou através de grupos de fibras semelhantes.

Em resumo, o esquema neural de Luce envolve quatro ingredientes:

1. Um sistema de fibras periféricas paralelas do qual apenas um pequeno subconjunto é ativado por um sinal particular.
2. Um estimador de um parâmetro do trem de pulsos que opera em uma amostra temporal desse trem de pulsos.
3. Uma amostra de fibras cujo tamanho depende de onde a atenção está focalizada.
4. Um esquema de agregação, sobre as amostras de fibras, das estimativas obtidas de fibras individuais.

ANEXO II

O presente trabalho já estava concluído quando foi publicado o livro "Social Attitudes and Psychophysical Measurement", editado por Bernd Wegener (abril de 1982).

Como diversas conclusões do mesmo são paralelas às teses aqui apresentadas, reproduzimos abaixo o seu prefácio.

This volume on *Social Attitudes and Psychophysical Measurement* is the product of a symposium on "Social Psychophysics" that took place in Mannheim, West Germany, in October 1978¹. The conference was held to enable psychophysicists and social science practitioners to exchange views about the possibilities of adapting psychophysical theories and methods to the measurement of attitudes. Gains, it was hoped, would be mutual.

If attitude researchers are successful in demonstrating that psychophysical ideas can be applied to the measurement of nonphysical stimulus objects, the concepts of psychophysics might become the basis for a comprehensive theory of sensation. On the other hand, the social science researcher who is aspiring to an improved quality of attitude scales could well profit by a confrontation with the standards of measurement characteristic of the research efforts in sensory psychophysics. The contributions to this volume reflect this interdisciplinary spirit and are thus of interest not only to professional psychophysicists but equally to all scholars in the social science disciplines who feel that an operational foundation for the much exploited concept of "attitude" is needed.

The unprepared reader should be cautioned, however, for he or she will be disappointed if looking for that one and embracing psychophysical theory to serve as the guide for the assessment of attitudinal phenomena. Modern psychophysics has ceased to be one monolithic body of theory, which in earlier times could be associated with the fundamental work of Gustav Fechner. Instead,

¹The conference was supported by a grant from the *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) and was hosted by the *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen* (ZUMA) in Mannheim.

its corporate parts form diverse facets of paradigms, each defining psychophysics from a somewhat different perspective and at a different theoretical level. Consequently, there is not one single strategy for the application of psychophysical ideas to the realm of attitudes. In fact, **for some theoretical expositions of psychophysics, applications to nonphysical stimulus situations are not feasible at all.**

In spite of the heterogeneity of present-day psychophysics, the common ground for all proposed psychophysical theories is the increasing recognition that **psychophysical measurement and the formulation of psychological laws are intertwined inextricably.** The importance of formulating psychological laws in terms of measurement requirements might help us to understand why one unifying theory of psychophysics is not available. Psychological representations may be sought at different layers of the organism and may involve environmental mediation to a varying extent. From a formal point of view, the problem of which level to choose is a matter of the way in which formal measurement structures are to be interpreted and where to search for validating empirical regularities. In the process of real research, however, formal structures will have to be expanded in various ways in order to meet the demands of a specific field of application. Most important in this respect is that different realms of applications call for different procedures of measurement. The different techniques used—though they might be compatible with one and the same formal structure—establish different empirical theories that may yield incompatible results because they tap different internal processes or representations. Therefore, the heterogeneity of today's proposed psychophysical theories might be an unadulterated mirror of the complex stratification of sensation.

It is true that, lacking a unifying theory, we are still unable to organize these different strata. Nevertheless, it will be beneficial to abandon the simplistic idea of a single and elementary sensation continuum, which has been the goal of psychophysics. This insight is worth passing on to social science practitioners who measure attitudes by means of psychophysical methodologies. If attitudes—like impressions of the physical environment—have abundant internal representations, research directed toward a comprehensive theory of sensation will have to encompass as many regular relations as possible between these different forms of representations and behavioral variables. Conversely, when making use of current results of psychophysics within substantive research, the social science practitioner should consider the fact that any one-indicator approach may be misleading.

Accordingly, the reader of this volume is given an opportunity not only to discover the richness of conceptual schemes and theories of the advancing psychophysics, but he or she is also supplied with a considerable number of application strategies for the measurement of attitudes. In spite of the growing psychophysical literature and the vast number of publications on attitude measurement, **a book that is explicitly dedicated to merging both disciplines is not**

available. The present volume is an attempt to compensate for this deficiency. No book having this aim can be comprehensive, but the selection of the contributions and the renowned competence of the authors may justify the claim that this volume can serve as an up-to-date introduction to the dominant themes of contemporary psychophysics and their possible applications to attitude research.

The contributions have been organized into three rather independent parts. In the first part, different *theories* of psychophysics and corresponding approaches to subjective magnitude are presented. The five chapters forming Part I—in conjunction with a taxonomical Introduction preceding it—give an outline of the various paradigms of present-day psychophysics. The second part of the volume is devoted to the social *applications* that are based on these different paradigms. Part II consists of seven chapters, some of which report on new empirical studies employing psychophysical methods, and others that treat general problems with regard to the establishment of a social psychophysics. Finally, the five chapters of Part III emphasize *controversies*, especially the ratio-difference controversy, which poses one of the central problems to modern psychophysics. Actually, the problem of whether "ratio" or "difference" measurement is the appropriate method for assessing subjective magnitude or whether both are justified—and if so, how their results interrelate—may well prove to be a touchstone for making progress toward a general theory of sensation. In this respect, particular attention should be given to the final chapter by Michael H. Birnbaum, written after the Mannheim conference and directed toward an integration of the conflicting views of "direct" scaling, which are voiced in this book.

The volume in its present form has a long history of preparatory activities, the conference at Mannheim being only one step along the way to publication. Most noteworthy is that nearly all contributions to the conference have been reworked and extended by the authors in order to incorporate major themes and suggestions raised during the conference. Also, the authors obliged by making cross-references to other chapters of the book wherever appropriate. Thus, this volume presents more than a collection of individual papers. Rather, it reflects the efforts of continuous fruitful exchanges between the authors and the editor, cooperating to produce as cohesive a book as possible. I wish to acknowledge the authors' support and their willingness to cooperate to this end. I am also indebted to Max Kaase, the Executive Director of the *Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen* (ZUMA), for his support in organizing the Mannheim symposium at ZUMA.

Bernd Wegener

REFERÊNCIAS

- ADLER, H. E. In G. T. Fechner, Elements of Psychophysics. D. H. Howes & E. G. Boring (Eds). New York: Holt, 1966.
- ADRIAN, E. D. The all-or-none principle in nerve. Journal of Physiology, 1914, 47, 460-474.
- AKMAN, D. D., NORMANDEAU, A. The measurement of crime and delinquency in Canada. British Journal of Criminology, 1967, 7, 129-149.
- ALLEN, M. J. e YEN, W. N. Introduction to Measurement Theory. Belmont, Ca: Wadsworth, 1979.
- AMERICAN PSYCHOLOGIST, 1981, 36 (10)
- ANDERSON, N. H. Algebraic Models in Perception. In E. C. Carterette e M. P. Friedman (Eds), Handbook of Perception, vol. 2, (Psychophysical Judgment and Measurement). New York: Academic Press, 1974.
- ANDERSON, N. H. Cognitive Algebra and Sensation Measurement. In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity. The Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.

- ATTNEAVE, F. Perception and Related Areas. In S. Koch (Ed) ,
Psychology: A study of a science (vol 4) New York: McGraw-
Hill, 1962.
- BAIRD, J. C. Psychophysical Theory: on the avoidance of contra-
diction. In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity .
The Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.
- BAIRD, J. C., LEWIS, C., ROMER, D. Relative Frequencies of
Numerical responses in Ratio Estimation. Perception and
Psychophysics, 1970, 8, 358-362.
- BAIRD, J. C., NOMA, E. Fundamentals of Scaling and Psychophysics
New York: Wiley, 1978.
- BATSCHLET, E. Introdução à matemática para Biocientistas, São
Paulo, USP, 1978.
- BEEBE-CENTER, J. G., ROGERS, M. S., ATKINSON, W., O'CONNELL, D.
N. Sweetness and Saltiness of compound solutions of sucrose
and NaCl as a function of concentration of solutes. Journal
of Experimental Psychology, 1959, 57, 231-234.
- BÉKÉSY, G. V. Sensory Inhibition. Princeton, New Jersey: Princeton
University Press, 1967.
- BERGLUND, B., BERGLUND, U., EKMAN, G. & ENGEN, T. Individual
Psychophysical Functions for 28 odorants. Perception and
Psychophysics, 1971, 9, 379-384.

- BERNOULLI, D. Exposition of a new theory on the measurement of risk. Originalmente publicado em latim em 1738. Econometrica 1954, 22, 23-35.
- BIRNBAUM, M. H. In F. Restle et al. (Eds), Cognitive Theory (Vol. 3), New York, Lawrence Erlbaum Ass., 1977.
- BLANK, M., BRIDGER, W. H. Cross-modal transfer in Nursery School Children. Journal of Comparative and Physiological Psychology 1964, 58, 277-282.
- BOGARDUS, E. S. Racial Distance Changes in the United States during the past thirty years. Sociology and Social Research, 1958, 43, 127-134.
- BOGARTZ, R. S. Some functional measurement procedures for determining the Psychophysical Law. Perception and Psychophysics, 1980, 27, 284-294.
- BORG, G., DIAMANT, H., STRÖM, L., ZOTTERMAN, Y. Neural and perceptual intensity. Journal of Physiology (London) 1967, 191, 118-119 (a).
- BORG, G. DIAMANT, H., STRÖM, L., ZOTTERMAN, Y. The relation between neural and perceptual intensity: a comparative study on the neural and psychophysical response to taste stimuli. Journal of Physiology (London), 1967, 192, 13-20 (b).

CAMPBELL, N.R. Foundations of Science - the philosophy of theory and experiment. New York; Dover, 1957. Originalmente publicado como Physics : the Elements. Cambridge, 1920.

CARROL, J.B. Measurement properties of subjective magnitude estimates of word frequency. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 1971, 10, 722-729

CLIFF, N. Psychometrics . In B. Wolman (ed) Handbook of General Psychology. New Jersey: Prentice Hall, 1973.

COHEN, J. e COHEN, P. Applied Multiple Regression Correlation Analysis for the Behavioral Sciences. New York, Wiley, 1975.

COHEN, J. LITTLE, W. Neural Model for the Stevens' Power Law. Perception and Psychophysics, 1971, 10, 269-270

COOMBS, C. A theory of data, New York: Wiley, 1964

CORSO, J.F. The Experimental Psychology of Sensory Behavior. New York: Holt, 1967.

CORSON, W. H. Conflict and cooperation in East-West crises: dynamics of crisis interaction. Tese. Harvard, 1970.

CRONBACH, L.J. The two disciplines of scientific psychology. American Psychologist, 1957, 12, 671-684.

- CURTIS, D. W., ATTNEAVE, F., HARRINGTON, T.L. A test of a two-stage model of magnitude judgment. Perception and Psychophysics 1968, 3, 25-31
- DAWSON, W. E., BRINKER, R. P., Validation of ratio scales of opinion by multimodality matching. Perception and Psychophysics, 1971, 9, 413-417.
- DODWELL, P.C. Contemporary Theoretical Problems in Seeing In E.C. Carterette & N.P. Friedman (Eds), Handbook of Perception (Vol 2, cap. 3), New York: Academic Press, 1975
- EBBINGHAUS, H. Uber negative Empfindungswerte. Zeitschrift für Psychologie und Physiologie des Sinnesorgane, 1890, 1, 320-334
463-485
- EKMAN, G. Measurement of moral judgment- a comparison of scaling methods. Perceptual and Motor Skills, 1962, 15, 3-9
- EKMAN, G., KUNNAPAS, T. Measurement of aesthetic value by "direct " and " indirect " methods. Scandinavian Journal of Psychology, 1962, 3, 33-39 (a)
- EKMAN, G., KUNNAPAS, T. Scales of aesthetic value. Perceptual and Motor Skills, 1962, 14, 19-26 (b).
- EKMAN, G. KUNNAPAS, T. A further study of direct and indirect scaling methods. Scandinavian Journal of Psychology, 1963, 4, 27-80 (a)

- EKMAN, G, KUNNAPAS, T. Scales of conservatism. Perceptual and Motor Skills, 1963, 16, 329-334 (b)
- EKMAN, G., KUNNAPAS, T. Scales of masculinity and femininity. Rep. Psychology Lab. University of Stokholm, 1963, 162 (c)
- EKMAN, G., SJÖBERG, L. Scaling. Annual Review of Psychology, 1965, 16, 451-474.
- EIBL-EIBESFELDT, I. Grundriss der Vergleichenden Verhaltensforschung. Munich: R. Piper & Co. Verlag. 1969.
- ESTES, W. K. Experimental Psychology: An Overview, In E. Hearst (ed), The First Century of Experimental Psychology. New York: Wiley, 1979.
- FALMAGNE, J. C. the generalized Fechner problem and discrimination Journal of Mathematical Psychology, 1971, 8, 22-43
- FALMAGNE, J. C. Foundations of Fechnerian Psychophysics . In D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R.D. Luce & P. Suppes (Eds). Contemporary Developments in Mathematical Psychology (vol 2), San Francisco: W. H. Freeman, 1974, 127-159.
- FOSTER, J. L. On translating hieroglyphic love songs. Chicago Review, 1971, 23 (2), 70-94 e 23(3), 95-112.

- JAMES, W. Principles of Psychology. New York: Holt, 1890
- JONES, F. N. Some Subjective Magnitude Functions for Touch. In G.R. Hawkes (ed), Symposium on cutaneous Sensibility. Report n^o 424, Fort Knox, 1960, U. S. Army Medical Research Laboratory
- JONES, F. N. Woskow, M. H. On the intensity of odor mixtures. Annals of the New York Academy of Sciences, 1964, 116, 484-494.
- KAMEN, J. M., PILGRIM, F. J., GUTMAN, N. J., KROLL, B. J. Interactions of suprathreshold taste stimuli. Journal of Experimental Psychology, 1961, 62, 348-356.
- KOH, S. D. Scaling Musical preferences. Journal of Experimental Psychology, 1965, 70, 79-82.
- KRANTZ, D. H. Integration of just-noticeable differences. Journal of Mathematical Psychology, 1971, 8, 591-599.
- KRANTZ, D., LUCE, R., SUPPES, P. & TVERSKY, A. Foundations of Measurement (vol. 1), New York: Academic Press, 1971.
- KRUSKAL, J. B. Nonmetrical multidimensional scaling: A numerical method. Psychometrika, 1964, 29, 115-129.
- KUNNAPAS, T., WILKSTROM, I. Measurement of occupational preferences: a comparison of scaling methods. Perceptual and Motor Skills, 1963, 17, 611-694.

- LADEFOGED, P., MCKINNEY, N.P. Loudness, sound pressure and subglottal pressure in speech. Journal of the Acoustical Society of America, 1963, 35, 454-460.
- LATANE, B. The Psychology of Social Impact. American Psychologist, 1981, 36, 343-356.
- LEVELT, W. J. M., RIEMERSMA, J. B. & BUNT, A. A. Binaural Additivity of Loudness. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 1972, 25, 51-68.
- LIPETZ, L. E. The Relation of Physiological and Psychological Aspects of Sensory Intensity. In W. R. Loewenstein (ed.) , Handbook of Sensory Physiology (vol. 1) Principles of Receptor Physiology. Heidelberg: Springer, 1971.
- LUCE, R. D. On the possible psychophysical laws. Psychological Review, 1959, 66, 81-95.
- LUCE, R. D. Detection and Recognition, In R. D. LUCE, R. R. BUSH & E. GALANTER (Eds.), Handbook of Mathematical Psychology , vol. 1, cap. 3, New York, Wiley, 1963
- LUCE, R. D. What sort of measurement is Psychophysical measurement? American Psychologist, 1972, 27, 96-106.
- LUCE, R. D. Physical Correlate Theory: a question and a prediction, In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity. The

.. Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.

LUCE, R. D., EDWARDS, W. The derivation of subjective scales from just noticeable differences. Psychological Review, 1958, 65, 222-237.

LUCE, R. D. e GREEN, D. M. Two tests of a neural attention hypothesis for auditory psychophysics. Perception and Psychophysics 1978, 23, 363-371

LUCE, R. D., TUKEY, J. W. Simultaneous Conjoint Measurement: A new type of fundamental measurement. Journal of Mathematical Psychology, 1964, 1, 1-27.

MACKAY, D. M. Theoretical Models of Space Perception. In C. A. Muses (Ed.), Aspects of the Theory of Artificial Intelligence, London: Plenum Press, 1962.

MARASCUILO, L. A., MCSWEENEY, M. Nomparametric and Distribution-Free Methods for the Social Sciences. Belmont, California: Wadsworth, 1977.

MARKS, L. E. Sensory Processes: The new Psychophysics, New York, Academic Press, 1974.

MARKS, L. E. The Unity of The Senses, New York: Academic Press , 1978 (a).

MARKS, L. E. Mental Measurement and the Psychophysics of Sensory Processes. Ann. New York Academy of Sciences, 1978, 309, 3-17, (b).

MARKS, L. E. A theory of Loudness and loudness judgements. Psychological Review, 1979, 86, 256-285.

MARKS, L. E. Binaural summation of loudness : Noise and two tone complexes. Perception and Psychophysics, 1980, 27, 489-498.

MARKS, L. E. Comunicação pessoal. 1981, outubro (a).

MARKS, L. E. What (good) are scales of sensation? In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity. Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223 (b)

MAXWELL, R. S. The quantitative estimation of the sensation of colour. British Journal of Psychology, 1929, 20, 181-189.

MENDEL, M. I., SUSSMAN, H. M., MERSON, R. M., NAESER, M. A., MINIFIE, P. D. Loudness judgment of speech and nonspeech stimuli. Journal of the Acoustical Society of America, 1969, 46, 1556-1561.

MILLER, G. A., GALANTER, E. & PRIBRAM, K. H. Plans and the Structure of Behavior, Holt, 1960, cap. 2, 21-39.

MOSKOWITZ, H. R. Ratio Scales of Sugar Sweetness. Perception and Psychophysics, 1970, 7, 315-320.

MOSKOWITZ, H. R. The sweetness and pleasantness of sugars. American Journal of Psychology, 1971, 84, 387-405.

MOUNTCASTLE, V. B., POGGIO, G. F., WERNER, G. The neural transformation of the sensory stimulus at the cortical input level of the somatic afferent system. In R. W. Gerard & J. W. Duff (Eds.), Information processing in the nervous system. Amsterdam: Excerpta Medica, 1962.

MOUNTCASTLE, V. B., POGGIO, G. F., WERNER, G. The relation of thalamic cell response to peripheral stimuli varied over an intensive continuum. Journal of Neurophysiology, 1963, 26, 807-834.

MOUNTCASTLE, V. B., TALBOT, W. H., KORNHUBER, H. H. The neural transformation of the mechanical stimuli delivered to the monkey's hand. Ciba Foundation Symposium, London: Churchill, 1966.

MÜLLER, J. Handbuch der Physiologie des Menschen, vol. V, Coblenz: Hölcher, 1838.

NUNNALLY, J. C. Psychometric Theory, New York: McGraw-Hill, 1978.

PIAGET, J. Sciences Sociales - La Psychologie. In: Tendances principales de la Recherche des Sciences Sociales et Humaines Paris: Unesco, 1970.

- GESCHEIDER, G. A. Psychophysics: Method and Theory. New York: Wiley, 1976
- GIBSON, J. J. Ecological Approach to visual Perception. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- GOULD, S. J. The Mismeasure of Man, New York: W. W. Norton, 1981
- GREEN, D. M., LUCE, R. D. SMITH, A. F. Individual magnitude estimates for various distributions of signal intensity. Perception and Psychophysics, 1980, 27, 483-488.
- HARTLEY, D. Observations on man, his frame, his duty, and his expectations. London and Bath: Hitch and Austin, 1749.
- HARTLINE, H. K. GRAHAM, C. H. Nerve impulses from single receptors in the eye. Journ. Cell. Comp. Physiology, 1932, 1, 277-295.
- HEBB, D. O. The organization of behavior. New York: Wiley, 1949.
- HEIN, A. & HELD, R. A. A neural model for labile sensorimotor coordinations. Biological Prototypes and Synthetic Systems, Plenum Press, 1962, 1, 71-74
- HINDE, R. A. Animal Behaviour - A Synthesis of Ethology and Comparative Psychology. London: McGraw-Hill, 1970.
- IMMERGLUCK, L. Determinism-Freedom in Contemporary Psychology: An Ancient Problem Revisited. American Psychologist, 1964, 19, 270-281.

- POLANYI, M. Personal Knowledge, Chicago: University of Chicago Press, 1958.
- POLANYI, M. Logic and Psychology. American Psychologist, 1968 , 23, 27-43.
- POLLACK, I. The experimental subject as an opportunist. In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity. The Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.
- POULTON, E. C. Population Norms of Top Sensory Magnitudes and S. S. Stevens' exponents. Perception and Psychophysics, 1967, 2, 312-316.
- RAFFÉLL, R. A. Cross-modality matching: sound to light. Tese. Harvard, 1972.
- RICHARDSON, L. F. Quantitative mental estimate of light and colour. British Journal of Psychology, 1929, 20, 27-37.
- RICHARDSON, L. F., ROSS, J. S. Loudness and Telephone Current . Journal of General Psychology, 1930, 3, 288-306.
- ROSNER, B. S. Psychophysics and Neurophysiology. In S. Koch (Ed.) Psychology - A Study of a Science (vol. 4), New York: McGraw-Hill, 1962.
- ROSNER, B. S. & GOFF, W. R. Eletrical responses of the nervous

- system and subjective scales of intensity. In W. D. Neff (Ed.) Contributions to Sensory Physiology (Vol. 2), New York: Academic Press, 1967.
- RULE, J. S., CURTIS, D. W., MARKLEY, R. P. Input and Output Transformations from Magnitude Estimation, Journal of Experimental Psychology, 1970, 86, 343-349.
- SAVAGE, I. R. Nonparametric Statistics. Journal of the American Statistical Association, 1957, 52, 331-344.
- SELLIN, T., WOLFGANG, M. E. The Measurement of Delinquency, New York: Wiley, 1964.
- SHAPIRO, B. J. The subjective scaling of relative word frequency Tese, Harvard, 1967.
- SHERRICK, C. E. Jr. Observations relating to some common psychophysical functions as applied to the skin. In G. R. Hawkes (ed), Symposium on cutaneous sensitivity. Fort Knox U. S. Army Medical Research Laboratory, 1960.
- SHINN, A. M. Jr. An application of psychophysical scaling techniques to the measurement of national power. Journal of Politics 1969, 31, 932-951.
- STEVENS, S. S. Mathematics, measurement, and psychophysics. In S. S. Stevens (Ed.), Handbook of Experimental Psychology. New York, Wiley, 1951, pp. 1-49.

- STEVENS, S. S. The Direct Estimation of Sensory Magnitude-Loudness, American Journal of Psychology, 1956, 69, 1-25.
- STEVENS, S. S. On the psychophysical law. Psychological Review, 1957, 64, 153-181.
- STEVENS, S. S. Cross-Modality Validations of Subjective Scales for Loudness, Vibration and Electric Shock. Journal of Experimental Psychology, 1959, 57, 201-209.
- STEVENS, S. S. Sensory Scales of Taste Intensity. Perception and Psychophysics. 1969, 6, 302-308.
- STEVENS, S. S. Issues in Psychophysical Measurement. Psychological Review, 1971, 78, 426-450 (a)
- STEVENS, S. S. Sensory Power Functions and Neural Events. In W. R. Loewenstein (Ed), Handbook of Sensory Physiology (vol 1) Principles of Receptor Physiology. Heidelberg: Springer, 1971 (b)
- STEVENS, S. S. Psychophysics and Social Scaling. Morriston, New Jersey: General Learning Press, 1972.
- STEVENS, S. S. Psychophysics: Introductions to its Perceptual, Neural and Social Prospects, New York: Wiley, 1975.
- STEVENS, S. S., GUIRAO, M., SLAWSON, A. W. Loudness, a product of volume times density. Journal of Experimental Psychology, 1965, 69, 503-510.

- STEVENS, J. C., MARKS, L. E. Cross-modality matching functions generated by magnitude estimation. Perception and Psychophysics, 1980, 27, 379-389.
- SUPPES, P. & ZINNES, J. L. Basic Measurement Theory. In R. D. Luce, R. R. Bush & E. Galanter (eds) Handbook of Mathematical Psychology, New York: Wiley, 1963.
- TEGHTSOONIAN, R. On the exponents in Stevens' Law and the constant in Ekman's Law. Psychological Review, 1971, 78, 71-80.
- TEGHTSOONIAN, R. Range effects in psychophysical scaling, and a revision of Stevens' law. American Journal of Psychology, 1973, 86, 3-27.
- TEGHTSOONIAN, R. Logical difficulties in physical correlate theory. In R. M. Warren, Measurement of Sensory Intensity. The Behavioral and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.
- TEGHTSOONIAN, R., TEGHTSOONIAN, M. Range and regression effects in magnitude scaling. Perception and Psychophysics, 1978, 24, 305-314.
- TOLMAN, E. C. Principles of purposive behavior. In S. Koch (Ed), Psychology, a study of a science (vol.1), New York: McGraw-Hill, 1959.
- TORGERSON, W. S. Theory and Methods of Scaling. New York: Wiley, 1958.

TORGERSON, W. S. Distance and ratios in psychophysical scaling .
Acta Psychologica. 1961, 19, 201-205.

UNDERWOOD, B. J. Experimental Psychology New York: Appleton, 1966.

VEIT, C. T. Ratio and Subtractive Processes in Psychophysical
Judgement. Journal of Experimental Psychology, 1978, 107, 81-
107.

VON HOLST, E. Relations between the central nervous system and
the peripheral organs. British Journal of Animal Behaviour ,
1954, 2, 89-95.

VON HOLST, E., MITTELSTADT, M. Das Reafferenzprinzip.
Naturwissenschaften, 1950, 37, 464-476.

VON KRIES, J. Über die Messung intensiver Grössen und über das
sogenannte psychophysische Gesetz. Vierteljahrschrift für
Wissenschaftliche Philosophie, 1882, 6, 257-294.

WALLER, A. D. Points relating to the Weber-Fechner Law. Retina;
muscle; nerve. Brain, 1895, 18, 200-216.

WARREN, R. M. Quantitative Judgment of Color: The square root
rule. Perception & Psychophysics, 1967, 2, 448-452.

WARREN, R. M. Measurement of Sensory Intensity. The Behavioral
and Brain Sciences, 1981, 4, 175-223.

WARREN, R. M. e WARREN, R. P. Basis for judgment of relative brightness. Journal of the Optical Society of America, 1958, 48, 445-450.

WATSON, C. S. Psychophysics. In B. Wolman (Ed), Handbook of General Psychology (cap.14). New Jersey: Prentice-Hall, 1973.

WEGENER , B. (Ed) Social Attitudes and Psychophysical Measurement Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Em preparação.

WELCH, R. E. Jr. The use of magnitude estimation in attitude scaling: constructing a measure of political dissatisfaction. Social Sciences Quarterly, 1971, 76-87.

YILMAZ, H. Perceptual invariance and the Psychophysical Law. Perception and Psychophysics, 1967, 2, 533-538.

ZWISLOCKI, J. J. Absolute Scaling. Providence, Rhode Island: Accoustical Society of America, 1978.

A D E N D O

Estando o presente trabalho concluído, tomamos conhecimento da demonstração de Coleman, Graf & Alf (1981) de que o modelo da Lei de Stevens explica 98% da variância das respostas do Sujeito - o que foi verificado com apenas um Sujeito e cinco replicações. Tendo este argumento sido invocado na defesa da tese, apresentamos a seguir os dados completos da análise.

O modelo é o seguinte:

$$Y_{ij} = a + b (x_{ij})^n + A_i + E_{ij}$$
 , onde Y_{ij} é a magnitude da resposta para a j -ésima replicação do estímulo na i -ésima intensidade, os dois primeiros termos à direita da equação correspondem à função-potência testada, A_i é o desvio da função-potência na i -ésima intensidade do estímulo e E_{ij} é o erro aleatório. A função está completamente correta apenas se todos os $A_i = 0$, significando que não há afastamento do modelo. A hipótese nula é a de que os valores de A_i sejam iguais a zero. Os E_{ij} são normalmente distribuídos, homoscedásticos e mutuamente independentes.

SUMÁRIO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA

FONTE	SQ	gl	MQ	F
Stevens	10.2965	2	5.1483	1144.07
Res.	.1481	2	.0741	16.47
Intra	.0891	20	.0045	
Total	10.5337	24		

Com 2 e 20 graus de liberdade, este valor F é altamente significativa. A magnitude da associação para a função-potência de Stevens é testada pelo valor de eta ao quadra-

do.

$$\eta^2_{yx}(\text{Stevens}) = \frac{\text{SQ Stevens}}{\text{SQ Total}} = .9775$$

Os afastamentos do modelo de Stevens são testados para significância por :

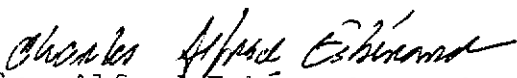
$$F(\text{Residual}) = \frac{\text{SQ Residual}}{\text{SQ Intra}} = 16.47$$

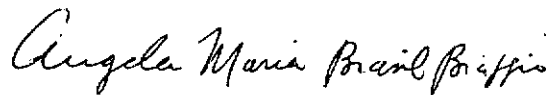
Com 2 e 20 graus de liberdade, este valor excede o valor crítico ao nível de 1%. A magnitude dos afastamentos da função-potência é verificada por meio do eta ao quadrado para a SQ residual, computada por:


$$\eta^2_{yx}(\text{res.}) = \frac{\text{SQ Res.}}{\text{SQ Tot.}} = .0141$$


Coleman, B.J., Graf, R.G., Alf, E.F. Assessing power functions in magnitude estimation. Perception & Psychophysics, 1981, 29 (2), 178-180.

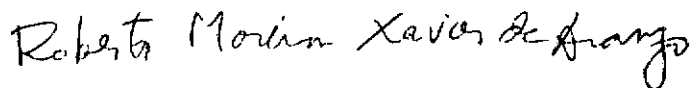
Tese apresentada aos Departamentos de Psicologia e Educação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, e aprovada pela Comissão Julgadora formada pelos seguintes professores :


Charles Alfred Esbérard - Orientador
Dept? Psicologia - PUC/RJ



Angela Maria Brasil Biaggio
Dept? Educação - UFRS


Thereza Penna Firme
Dept? Educação - PUC/RJ


Monique-Rose Aimée Augras
Dept? Psicologia - PUC/RJ


Roberto Moreira Xavier de Araújo
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Visto e permitida a impressão
Rio de Janeiro, / /1982


Vera Maria Ferrão Candau
Coordenadora Setorial de
Pós-Graduação do CTCH
da PUC/RJ