A função-potência na percepção — significado e procedimentos de cálculo do expoente*

JOSÉ APARECIDO DA SILVA**
LINO DE MACEDO***

1. Introdução; 2. Objetivos; 3. O significado do expoente da função-potência; 4. Influência do método escalar.

Este artigo consiste numa revisão da literatura experimental concernente à aplicação dos métodos escalares na psicofísica e percepção. Esses métodos freqüentemente produzem uma função-potência ($R = K \circ E^n$) que relaciona julgamentos perceptivos com a magnitude física dos estímulos. O expoente desta função é o parâmetro mais importante, visto ser ele sensível a mudanças na modalidade perceptiva e a outras manipulações experimentais. As modalidades revisadas foram: intensidade sonora, tonalidade, tempo, sabor, odor, brilho, temperatura, numerosidade, número, peso, aceleração angular, choque elétrico, aspereza de superfície, comprimento, área, volume e distância visual. Foi também discutido o significado do expoente da função-potência e exemplificado o procedimento de cálculo do expoente obtido pelos métodos de estimação de magnitude, estimação de razão e fracionamento.

1. Introdução

Realizando uma breve revisão geral da literatura a respeito da utilização da função-potência na percepção, Guilford (1954), Torgerson (1958), Engelmann (1966), Baird (1970 *a* e *c*), Baird e Noma (1978) e Marks (1974*a*) notaram que muitas pesquisas, a partir de 1930, quase que exclusivamente se dedicaram à construção de escalas subjetivas representadas por esta função. Nestas pesquisas, foram mais usados o método de fracionamento, o método de múltiplos de estímulos, o método de eqüiseção e os de produção e estimação de categorias; nos últimos anos, pela sua facilidade de uso, foi mais utilizado o método de estimação de magnitudes (Stevens, 1955, 1969, 1971, 1974 e 1975; Jones, 1974 e M. Teghtsoonian e Beckwith, 1976). No método de estimação de magnitude e de estimação de razão, em que temos uma relação E–R (estímulo-resposta), os valores escalares são obtidos diretamente, enquanto nos de fracionamento e de eqüiseção, em que temos uma relação E–E, há necessidade de transformar os valores em termos

*Artigo apresentado à redação em 16.7.81.

**Do Laboratório de Psicofísica e Percepção, Departamento de Psicologia da FFCL de Ribeirão Preto – USP (Endereço do autor: Av. dos Bandeirantes, s.n. – R. Preto – SP.)

***Do Instituto de Psicologia da USP.

de unidade subjetiva, caso haja interesse. A este propósito, veja-se os trabalhos de Harper e Stevens (1948), Marum (1968) e o de Silva e Rozestraten (1979).

Estes procedimentos escalares, popularizados por S. S. Stevens, produzem uma função-potência que relaciona julgamentos perceptivos com a magnitude física dos estímulos, em uma ampla variedade de modalidades perceptivas. De fato, a relação entre a magnitude subjetiva e magnitude física obedece à Lei da Potência ou Lei de Stevens, na forma

$$R = K \cdot E^n \qquad (1)$$

onde R é a magnitude de julgamento subjetivo, E é o correspondente valor físico do estímulo ao longo da dimensão de interesse, K é uma constante escalar arbitrária e n é a inclinação da função quando projetada em papel log-log e é uma constante que é característica da dimensão particular que está sendo mensurada. Em outras palavras, esta função descreve uma situação onde há um aumento geométrico na escala subjetiva ou psicológica. O expoente reflete o índice de aumento relativo ao longo das duas escalas. De forma que razões iguais entre os estímulos produzem razões iguais entre as respostas. Isto é, se

$$RI = K \cdot Ei^n \qquad (2)$$

e

$$Rj = K \cdot Ej^n \qquad (3)$$

então

$$\frac{R_i}{R_j} = \left(\frac{E_i}{E_j}\right)^n \qquad (4)$$

isto sem considerar os valores absolutos de Ei e Ej, pois o que importa é que a razão entre os estímulos permaneça igual e, por conseqüência, o mesmo acontece com a razão entre as respostas. Em outras palavras, razões físicas iguais são também psicologicamente iguais (para maiores detalhes ver Stevens, 1957 e Engen, 1971). Em adição, dividindo cada estímulo de uma série por uma intensidade-padrão, a constante K pode ser eliminada (pelo menos teoricamente). Esta constante pode ser concebida como um modo de mudar a unidade de medida. Deste modo, a equação (1) é uma função-potência porque afirma que a magnitude da resposta é proporcional à magnitude do estímulo elevada a uma potência. A equação (1) pode ser reescrita tomando-se os logaritmos de ambos os termos, de modo que:

$$\log R = n \log E + \log K \qquad (5)$$

Esta é uma equação linear do tipo $y = ax + b$, onde $y = \log R$; $x = \log E$; $a = n$ e $b = \log K$. Por esta razão, é comum encontrar na literatura uma função linear adaptada aos pares de logarítimos E e R para se determinar a inclinação (expoente) e y a interseção ($\log K$). Além disso, é prática comum dos pesquisadores plotarem R em função de E em coordenadas logarítmicas (papel dilog) de modo que uma linha reta pode ser ajustada aos pontos e, conse-

qüentemente, a inclinação e a interseção podem ser encontradas diretamente. Algebricamente, podemos encontrar estes parâmetros pelo método dos mínimos quadrados (ver Silva e Rozestraten, 1979 e Engen, 1971).

A função-potência talvez seja uma das leis psicológicas mais consagradas, ainda que seja teoricamente limitada aos resultados obtidos pelos métodos de estimação ou produção de magnitude, dentre estes sendo o mais comum o método de estimação de magnitude. Como um grande número de pesquisas foi conduzido ou inspirado por S. S. Stevens, a equação (1) também é denominada de Lei de Stevens, ou ainda de Lei de Potência. O expoente é o parâmetro-chave, ha vista que ele é sensível a mudanças no contínuo e a outras manipulações experimentais. O fato de que diferentes expoentes são obtidos para modalidades perceptivas diferentes foi atribuído por Stevens (1961 e 1974) a diferenças na transdução sensorial, e por R. Teghtsoonian (1971) à variação na classe de estímulos disponíveis pelo experimentador em combinação com uma classe constante de números disponíveis pelo sujeito. Realmente, a este propósito, R. Teghtsoonian (1973), em outro artigo, argumenta que para uma dada dimensão, tal como distância, o tamanho da inclinação n pode variar ligeira, mas sistematicamente, dependendo da classe de valores físicos usados. Não obstante, podemos dizer que o expoente desempenha o mesmo papel que a fração de Weber, ou seja, é um índice da sensibilidade perceptiva. Todavia, diferente da fração de Weber, o expoente pode ser interpretado apenas e somente se duas escalas são especificadas. Esta sensibilidade é diretamente relacionada com o tamanho do expoente. Um expoente igual a 1,0 significa que a função-potência se reduz a uma relação linear entre R e E, com uma inclinação igual a K;

$$R = K \cdot E \tag{6}$$

e, tomando-se os logaritmos, temos:

$$\log R = \log E + \log K \tag{7}$$

De outro lado, quanto menor o expoente menor a sensibilidade perceptiva, enquanto que o expoente maior do que 1,0 indica o contrário. Em suma, o expoente reflete a sensibilidade relativa do sujeito para as dimensões R e E (para mais detalhes ver Baird e Noma, 1978).

R. Teghtsoonian (1973) propõe uma leve modificação da Lei de Stevens, como se segue:

$$\log r_r = n \log r_e + \log K \tag{8}$$

onde r_e refere-se à razão entre dois valores físicos e r_r à razão entre dois julgamentos correspondentes. Assim, no procedimento típico baseado em Stevens, um dado experimento consistiria em variar uma série de estímulos ao longo de alguma dimensão física e em obter um conjunto correspondente de magnitudes estimadas. A função-potência relacionando esses dois conjuntos, todavia, pode ser ligeiramente enviesada, dependendo das diferenças entre o valor físico menor e o maior. Para se obter a função descrita pela equação (5), contudo, Teghtsoonian argüiu que se deve computar as razões entre o valor físico maior e menor bem como para seus julgamentos correspondentes, e que essas razões (ou seus logaritmos) consistiriam não um experimento inteiro, mas um simples ponto. Assim, para estimar valores da equação acima, uma série inteira de experimentos deve ser realizada, em que os valores de r_e são aumentados sistematicamente como variável independente. Para cada "miniexperimento", portanto, apenas dois valores (o

maior e o menor) são realmente usados, visto que os valores intermediários são negligenciados e não há razão para usá-los.

No entanto, a despeito de qual equação representa os dados obtidos, é importante considerar que o expoente depende de certas variáveis do procedimento. Assim é que o expoente obtido pela estimativa de magnitude é, geralmente, menor que o obtido por produção de magnitude (Stevens e Greenbaum, 1966) e os expoentes obtidos pelo método de estimação ou produção de categorias são menores do que aqueles obtidos pelos métodos de estimação ou produção de magnitude (Marks, 1974*a*, 1974*b*, 1968; Stevens, 1971 e 1974 e Baird e Noma, 1978). Na interpretação de Stevens, esse "efeito de regressão" parece mostrar que uma verdadeira função psicofísica tem o expoente situado, de algum modo, entre os dois expoentes obtidos (um por estimação de categorias e o outro por estimação de magnitudes) e está contaminado pela tendência do sujeito em não usar valores extremos da dimensão de estímulos sob seu controle (Mcmillan, Mosquetto, Bialostozky e Engel, 1974). Vale mencionar que o expoente obtido pelo método de estimação de categorias, que é uma escala de intervalo e, por conseqüência, tem uma constante arbitrária que deve ser estimada, é denominado por Stevens (1974) de "virtual", para diferenciá-lo do obtido através do método de estimação de magnitude que governa a modalidade perceptiva. Além disso, a despeito de qual seja a filosofia de mensuração considerada: subjetivismo, behaviorismo ou convencionalismo, o expoente continua a ser o parâmetro relevante nas equações mencionadas.

Os teóricos da abordagem subjetivista supõem que a experiência de uma pessoa (observador) deve ser o objeto primário da psicofísica. O observador é um instrumento de mensuração e suas respostas são o resultado da mensuração da experiência subjetiva, e é por isso que as escalas são ditas subjetivas (Ekman e Sjöberg, 1965 e Torgerson, 1958). Os teóricos da abordagem behaviorista supõem, de outro lado, que o que deve ser mensurado em psicofísica são as respostas do sujeito, e que o experimentador faz esta mensuração com instrumentos físicos. O sujeito não é um instrumento de mensuração e suas respostas não representam a experiência subjetiva. Para eles, se uma escala matemática é construída, ela é uma escala de resposta baseada em métodos objetivos. Assim, para esta abordagem, o importante é descrever a relação entre as respostas do sujeito e os estímulos físicos apresentados para ela (Grahan e Ratoosh, 1962; Epstein, 1963; Teghtsoonian, 1971 e 1973 e M. Teghtsoonian e Beckwith, 1976), e ela trata a função de Stevens como um sumário dos efeitos das condições experimentais. Finalmente, os teóricos da abordagem denominada convencionalista supõem que o critério para a eficácia de um método de análise de dados e de sua interpretação é se essas abordagens funcionam ou não na prática. O convencionalista não exige que os números representem objetos em um mundo real e externo, nem suposições sobre escalas subjetivas e mecanismos fisiológicos são necessárias. No entanto, para eles as escalas de respostas (ponto dentro de um sistema de coordenadas) podem ser construídas e testadas, exatamente, da mesma maneira como são feitas pelos subjetivistas ou behavioristas. O convencionalista considera a psicofísica dentro de um contexto maior da teoria psicológica. Para ele, as definições subjetivistas de escalas e regras de mensuração são consideradas como modelos de trabalho e, além disso, nada é inapropriado sobre as tentativas de explicar as funções *E-R*, postulando tais modelos.

A maior diferença entre o convencionalista e o subjetivista reside em suas opiniões sobre a utilidade de um modelo. O convencionalista vê a teoria e o modelo meramente como uma primeira aproximação da realidade. Se evidências contrárias a certas predições são obtidas, o modelo ainda mantém sua utilidade até que um mais compreensivo seja desenvolvido. De outro lado, a objetividade do behaviorista é retida enquanto que sua aversão à construção de uma

teoria não o é. Em suma, para o convencionalista, diz Baird (1970*a*, p. 308-9) "o tipo de escala e sua interpretação dependem de considerações teóricas e externas e não do método usado para se obter os resultados". Além disso, Baird coloca que o critério principal para uma escala ser construída é se ela é útil ou não em um contexto teórico ou prático. Desta maneira, para o convencionalista o objetivo principal é notar o grau em que as medidas dão informação sobre o fenômeno de interesse, uma estrutura teórica ou um fato empírico. Com esse ponto de vista, é possível aceitar e trabalhar com resultados psicofísicos originados de uma variedade de métodos, visto que os estudos de escalas subjetivas podem ser combinados com os dados dos métodos behavioristas. Esta abordagem parece ser a dominante entre os teóricos e será adotada no contexto geral desta revisão.

Estas considerações, principalmente as colocações de Baird (1970*b*) e Baird e Noma (1978) são importantes dentre desta revisão da literatura, visto que estamos interessados basicamente em analisar o valor do expoente da função-potência para cada modalidade perceptiva, bem como sua variabilidade em função de algumas variáveis experimentais. Aliás, a variabilidade do expoente será um dos aspectos centrais a ser considerado no decorrer de nossa revisão.

Todavia, antes de mencionarmos os objetivos deste trabalho, talvez seja conveniente salientar, ainda que brevemente, os modelos teóricos pertinentes à variabilidade do expoente. Na realidade, dois modelos devem ser considerados. O primeiro deles, denominado "sensório-determinista", afirma que os mecanismos sensórios são os determinantes da função psicofísica e de seu expoente. Em outras palavras, essa abordagem determinista trata a função-potência e o expoente apenas e tão-somente em função da ação de mecanismos sensórios (Stevens, 1961, 1966; Bond e Stevens, 1969) e, por conseqüência, a variabilidade é considerada como erro aleatório (sem interesse) a partir da escala verdadeira. De modo que se supõe existir uma escala única para cada modalidade perceptiva, e esta escala não varia substancialmente de um sujeito para outro. Portanto, as diferenças individuais não são consideradas muito extensivamente e a variabilidade é considerada como erro aleatório ou o resultado de vieses do método. O segundo modelo, denominado "aprendizagem sensório-probabilística", tem como pressuposto básico que a função psicofísica bem como o valor do expoente dependem de experiências aprendidas (Warren e Warren, 1963). De acordo com este modelo os resultados psicofísicos são devidos tanto ao fator sensório (perceptivo), quanto ao fator de aprendizagem (cognitivo) (Baird, 1970*a* e 1970*b*). Depreende-se, portanto, que a função-potência pode ser influenciada pelas instruções, enfatizando as razões que são dadas comumente em experimentos escalares, de forma que o expoente da equação (1) é concebido como uma razão entre os fatores perceptivos e cognitivos, como descrito nas equações (9) e (10):

$$R = K \cdot E^{p/c} \tag{9}$$

ou

$$\log R = p/c \log E + \log K^{1} \tag{10}$$

Deve-se notar que nestas equações a variabilidade pode entrar nos parâmetros perceptivo ou cognitivo; e, em pesquisas futuras, outros parâmetros de variabilidade poderão ser incorporados mais diretamente nesta função. Vale mencionar ainda que até o presente momento, e com base nos dados obtidos para diferentes modalidades perceptivas, é impossível decidir entre os

[1] Para maiores detalhes a respeito dos parâmetros destas equações ver os trabalhos de Baird e Noma (1978) e Baird (1970 *b* e *c*).

modelos. Porém, acreditamos que o expoente da função-potência poderá ser de valor variável em função da manipulação de algumas variáveis experimentais e também em função da idade. Em outras palavras, o valor de n poderá não apenas depender do número de dimensões do estímulo, das instruções (objetivas, aparentes ou projetivas) dadas ao sujeito, da metodologia utilizada, do ambiente físico (laboratório ou situação natural) ou mesmo do número de estímulos usados, mas também poderá depender de fatores como a idade. De forma que a equação pode ser expressa como anteriormente, mas o expoente (n) envolverá diversos fatores, incluída a idade; de forma que mantendo os fatores perceptivos constantes bem como os metodológicos, poder-se-á planejar uma situação experimental em que se varia apenas e tão-somente o parâmetro evolutivo, ou seja, a idade. Assim, de um lado, o primeiro modelo discutido tem grande dificuldade em tratar este caso, visto que nenhuma previsão é feita para variações no fator idade e, portanto, o modelo prediz um mesmo expoente para todas as idades, tal como observaram Dorfman e Megling (1966), Bond e Stevens (1969) e foi discutido por Stevens (1975). De outro lado, o segundo modelo prediz que essas variações poderão produzir mudanças especificáveis nos valores do expoente e/ou na dispersão dos julgamentos, tais como observaram Siegel e McBurney (1970), Teghtsoonian e Beckwith (1976) e M. Teghtsoonian (1980).

Em suma, a Lei de Potência (ou função-potência, ou Lei de Stevens) descreve a relação entre a magnitude percebida e a magnitude física dos estímulos para uma grande quantidade de modalidades perceptivas. Em 1965, Gösta Ekman, um grande psicofísico da Universidade de Estocolmo, afirmou: "após centenas de anos de aceitação geral e praticamente nenhuma experimentação, a Lei Logarítmica de Fechner foi substituída pela Lei de Potência de Stevens". De fato, a quantidade de trabalhos experimentais sobre esse problema realizada por Stevens e outros pesquisadores a partir dos anos 50 foi enorme e o resultado foi um tremendo sucesso. Na realidade, a função-potência foi verificada em centenas de experimentos.

2. Objetivos

Depreende-se do exposto nas páginas precedentes que a função-potência ou Lei de Stevens é, realmente, uma das leis psicológicas mais consagradas e tem sido verificada em centenas de experimentos bem como fomentado discussões teóricas.

Neste artigo é apresentada uma síntese geral dos valores dos expoentes desta função para várias modalidades perceptivas que revisamos, tais como: som, tom, sabor, odor, tempo, brilho, temperatura, peso, choque elétrico, comprimento, área, volume, distância visual e outras. Para isso, focalizamos os estudos que adotaram esta função como um modelo para descrição e ajustamento dos resultados e, por conseqüência, consideraram o expoente como a variável dependente. Em seguida, são apresentados os procedimentos de cálculo do expoente da função-potência obtidos a partir de três métodos escalares diferentes: estimação de magnitude, estimação de razão e fracionamento.

3. O significado do expoente da função-potência

Muitos dos experimentos e estudos por nós revisados, envolvendo várias modalidades perceptivas e sensoriais, podem ser descritos confiavelmente por uma função-potência dada pela equação $R = K \cdot E^n$. O expoente n é um índice de sensibilidade perceptiva e, portanto, esta sensibilidade é diretamente relacionada com o tamanho do expoente. Um expoente igual a 1,0 signifi-

ca que a função se reduz a uma relação linear entre R e E [ver equação (5)]. De outro lado, quanto menor o expoente, tanto menor a sensibilidade relativa, de modo que um expoente menor que 1,0 indica que a sensibilidade perceptiva é menor do que a sensibilidade para o contínuo ou modalidade de número, enquanto que um expoente maior que 1,0 indica o inverso.

A tabela 1 apresenta os expoentes médios e os respectivos desvios-padrão para todas as modalidades perceptivas que estudamos e analisamos. Esses expoentes foram obtidos a partir de métodos baseados em julgamento de razão, tais como os de estimação de magnitude, produção de magnitude, fracionamento, múltiplos de estímulos. Isto significa que não computamos aqueles expoentes obtidos por métodos baseados em julgamentos de intervalos e nem aqueles obtidos a partir do método de emparelhamento intermodal, cujas propriedades são diferentes. Todavia, estes últimos métodos serão analisados no item a respeito da influência do método escalar que virá a seguir. A partir desta tabela o leitor poderá observar que alta sensibilidade é exibida para o choque elétrico, e baixa sensibilidade para odores e luminância. O expoente igual

Tabela 1*

Expoentes da função-potência para uma variedade de modalidades perceptivas baseados em julgamentos de razão

Modalidade ou atributo	Expoente médio	Desvio-padrão
Som	0,56**	0,13
Tonalidade	0,77	0,51
Sabor: sacarose	0,97	0,49
Sabor: sacarina	0,53	0,29
Sabor: salgado	1,07	0,41
Sabor: amargo	0,57	0,23
Sabor: azedo	0,94	0,28
Odor: amil-acetato	0,19	0,14
Odor: benzeno	0,56	0,01
Odor: heptano	0,35	0,26
Odor: octanol	0,14	0,11
Odor: geraniol	0,19	0,12
Tempo	0,91	0,18
Brilho	0,26	0,13
Temperatura: frio	1,04	0,05
Temperatura: quente	1,14	0,37
Numerosidade	0,84	0,22
Número	0,72	0,21
Peso	1,18	0,17
Aceleração angular	1,39	0,52
Choque elétrico	2,80	0,99
Aspereza de superfície	1,61	0,76
Comprimento visual	1,01	0,27
Área visual	0,77	0,16
Volume visual	0,72	0,10
Distância visual	0,97	0,22

*Tabelas contendo a fonte de referência, o método escalar empregado e o valor do expoente de cada experimento analisado poderão ser obtidas por solicitação aos autores deste artigo.

**Valor correspondente a 0,28 em termos de intensidade sonora.

a 1,0 para comprimento de linhas significa que a sensibilidade é idêntica àquela para o contínuo de número. Contudo, reveste-se de importância questionar neste momento *o que significa o fato de que a Lei Psicofísica tem a forma da função-potência?* Segundo Stevens (1974 e 1975) e Baird e Noma (1978), o significado completo ainda é desconhecido, mas deve-se ter em conta que a função-potência resume uma simples invariância: razão igual entre os estímulos produz razão de sensação igual. O princípio da invariância de razão parece aplicar-se a todos os sistemas sensoriais, ainda que alguns fatores experimentais possam influenciar o valor do expoente. Para Stevens (1974, p. 368), muitas relações funcionais em física seguem um princípio análogo, visto que muitas leis físicas são muito freqüentemente descritas por leis de potência. Todavia, para as leis físicas os expoentes, em geral, são inteiros ou simples frações, enquanto para as modalidades perceptivas os expoentes raramente mostram tal simplicidade. Ainda segundo Stevens, a origem da invariância da razão na resposta de um sistema sensório pode ser estudada, de certa forma, a partir da história da evolução do organismo. Ao perceber e ao reagir aos estímulos externos, é vantajoso para o organismo que ele perceba relações entre os estímulos e, portanto, não dependa grandemente da magnitude absoluta dos estímulos. Felizmente, para nossa sobrevivência, acrescenta Stevens (1974, p. 369), as relações percebidas tendem em direção a uma constância, tais como as de brilho, cor, tamanho e distância. Deste modo, devido à invariância de razão que está subjacente à Lei de Potência psicofísica, somo capazes de nos ajustar adaptativamente ao rico padrão de estimulação presente em nosso ambiente, a despeito da enorme variação de energia dos estímulos a que todos nós estamos sujeitos. Sem a característica operante da Lei de Potência, nossa tarefa de ajustamento seria, sem dúvida alguma, mais difícil. De modo bem semelhante, Teghtsoonian e Teghtsoonian (1978) também enfatizaram a importância biológica do expoente da função-potência.

Assim, para as modalidades em que existe uma variação de energia ampla espera-se que haja baixos expoentes, mas o inverso não é verdadeiro, visto que há algumas exceções como, por exemplo, no sentido do odor que tem baixo expoente a despeito do fato de que a variação de energia, ou melhor, de concentração de odores é bastante limitada. Quando a variação de energia estende-se para valores muitos altos, como na visão e na audição, há necessidade de expoentes baixos. Portanto, os expoentes são por causa da natureza do transdutor sensório, que para alguns órgãos do sentido comporta-se de maneira não-linear. Nestas modalidades em que a variação nos estímulos é muito grande – fato este que pode sobrecarregar o sistema central – o transdutor deve fornecer uma ação de compressor, o que faz o expoente ser menor do que 1,0. Em outras modalidades, onde a compressão não é necessária, o expoente pode ser igual a 1,0, o que significa que a função linear, ou pode ser maior do que 1,0. Em outras palavras, é provável que os expoentes para luz e som sejam menores do que 1,0 porque seus transdutores-sensórios comportam-se essencialmente como compressores, uma característica que os capacita a manipularem a enorme variação dinâmica de estimulação a que eles estão sujeitos. No outro extremo, no processo de transdução envolvido com a corrente elétrica aplicada aos dedos, há uma operação de expansão, no sentido de que a magnitude psicológica cresce como uma função positivamente acelerada da intensidade do estímulo, isto é, o expoente é maior do que 1,0. Segundo Stevens, estes fatos tornam improvável que a forma da função seja aprendida pelo observador.

Entretanto, como tivemos a oportunidade de mencionar, a estabilidade da função-potência depende substancialmente do contexto experimental em que ela é estabelecida. Vale dizer que se a abordagem subjetivista é válida, as escalas de respostas devem ser relativamente invariantes sob uma variedade de circunstâncias. Estas incluiriam alterações nas propriedades dos estímulos e das respostas, instruções e método psicofísico. Para a abordagem convenciona-

lista, uma escala para ser útil deve ser aplicável a uma ampla classe de condições a fim de permitir que sejam feitas generalizações. Para a abordagem behaviorista, testes da invariância da escala meramente estendem as condições em que os dados foram obtidos. A função seria um sumário dos efeitos das condições experimentais e, portanto, a consistência dos dados entre métodos psicofísicos diferentes é mais bem explicada como mera coincidência.

Mesmo quando uma simples função-potência é encontrada, os parâmetros desta função dependem das instruções e por inferência das estratégias do sujeito, de modo que uma variedade de expoentes pode ser obtida para julgamentos de razão do mesmo contínuo. Em outras palavras, mesmo quando as condições de estímulo são mantidas constantes, há considerável variação de experimento para experimento no valor do expoente da função-potência obtida para qualquer modalidade. Os expoentes dependem, por exemplo, da variação dos estímulos, ou seja, da amplitude dos mesmos, do método psicofísico empregado, das diferenças individuais, das instruções, da presença ou ausência de um estímulo-padrão ou do *modulus*, da posição deste estímulo-padrão na série de estímulos apresentados para os julgamentos e de outras variáveis experimentais. A influência do método escalar será considerada a seguir.

4. Influência do método escalar

Várias tentativas foram realizadas para explicar os resultados discrepantes que foram encontrados quando métodos diferentes são usados para se estimar magnitudes perceptivas, tais como os de estimação de razão e os de estimação de categorias bem como o de emparelhamento intermodal (Attneave, 1962; Eisler, 1963*a*; Ekman e Sjöberg, 1965; Galanter e Messick, 1961; Helm, Messick e Tucker, 1961; Luce e Galanter, 1963; Stevens, 1975; Stevens e Guirao, 1963; Torgerson, 1960, 1961; Treisman, 1964; Marks, 1974*a*; Baird e Noma, 1978; Poulton, 1968, 1979; Poulton *et alii*, 1980 e Teghtsoonian e Teghtsoonian, 1978). Todos os autores parecem aceitar os dados experimentais e apenas tentam explicar as discrepâncias existentes fundamentando-se em alguma variável experimental ou no tipo de julgamento inserido no método escalar empregado.

Depreende-se dos estudos analisados que os métodos baseados em julgamentos de intervalos produzem expoentes inferiores àqueles obtidos por métodos baseados em julgamentos de razão. De fato, Stevens (1971, 1974, 1975) e Marks (1974*a*) apresentam dados que mostram que para a modalidade perceptiva de som, o expoente obtido pelos primeiros métodos foi aproximadamente metade daquele obtido pelos segundos. Stevens (1974) denomina o expoente obtido pelos métodos de julgamentos de intervalos como "virtual" ou "como se" para distingui-lo do obtido com julgamentos de razão. Para ele, o expoente obtido com estimação de razão é o expoente que governa a modalidade perceptiva em questão. Além disso, as escalas de categorias podem ser convenientemente descritas por uma função-potência desde que uma constante aditiva seja somada ou subtraída de cada valor do estímulo (Ekman, 1956; Marks, 1968; Baird e Noma, 1978 e Engelmann, 1966). Neste caso a função-potência é expressa como:

$$R = K(E - e)^n \qquad (11)$$

onde e pode ser positivo ou negativo, mas é usualmente positivo. Esta constante, e, é freqüentemente relacionada com o limiar absoluto, embora isto não tenha tido muito sucesso. Devido a estas colocações salientamos na tabela 1 apenas os expoentes obtidos com métodos baseados em julgamentos de razão.

Estudos comparativos entre estes dois tipos de métodos de estimação foram inicialmente realizados por Stevens e Galanter em um estudo bastante amplo. Os resultados mostraram que quando a escala de categoria e a de razão (estimação de magnitude) são projetadas sobre a escala de estímulos, a primeira sempre é mais côncava para baixo. Em outras palavras, se a escala de categoria for projetada contra a escala de razão, a curva representando a relação será negativamente acelerada. Estes resultados foram corroborados por um grande número de investigações, por exemplo, Stevens, Carton e Schickman (1958), Stevens e Guirao (1963), Perloe (1963) e Gibson e Tomko (1972). Uma forma logarítmica da relação foi discutida por Helm, Messick e Tucker (1961). A única exceção foi encontrada no estudo de Gibson e Tomko (1972), que mostraram sob uma condição experimental apropriada que as escalas de categoria e de estimação de magnitude podem ser colineares. A condição experimental consistiu em selecionar as extremidades da escala de categoria para coincidir com a variação das estimativas de magnitude determinada previamente. Deste modo, pode ser que dadas as escolhas especiais do procedimento, as escalas de categoria podem se aproximar das escalas de estimação de razão bem como o inverso.

Eisler (1962*a*, 1962*b* e 1963*b*) tem desenvolvido um modelo quantitativo para a relação entre as escalas de categoria e de razão, partindo de considerações similares àquelas de Stevens e Galanter. Ele tem mostrado em vários experimentos que a relação é de fato logarítmica.

Reveste-se de importância considerar que esta relação logarítmica vai de encontro à relação obtida de que duas escalas definidas em termos opostos (por exemplo, intensidade sonora e fraqueza sonora) têm uma relação recíproca quando construídas pelos métodos de razão e uma relação complementar quando construídas por métodos de categoria. Isto foi inicialmente mostrado por Torgerson (1960, 1961) e resultados similares têm sido obtidos em estudos subseqüentes como os de Eisler (1962*a*), Stevens e Guirao (1963), Stevens e Harris (1962), Schneider e Lane (1963) e Curtis e Rule (1980). Além disso, tal relação tem possibilitado várias discussões entre os pesquisadores (por exemplo, Dawson e Miller, 1978*a*, 1978*b* e Marks, 1978). Tal como os trabalhos sobre as relações entre razão e categoria, neste caso, também a adição de uma pequena constante tem sido algumas vezes introduzida nas escalas de razão para demonstrar a relação de reciprocidade.

Com base na literatura disponível, podemos dizer que a relação entre as escalas de categoria e as escalas de razão é de fato aproximadamente logarítmica, mas a interpretação teórica da relação ainda continua sendo um assunto de controvérsia e de incerteza, visto que as primeiras escalas são quase sempre caracterizadas como escalas de similaridade sensória, enquanto as segundas são caracterizadas como escalas de magnitude sensória. Uma discussão mais detalhada destes aspectos é apresentada por Junge (1960) e por Marks (1974*a*, 1974*b*). Além disso, Poulton (1968) acredita que a relação logarítmica pode ser explicada em termos de duas variáveis, ou seja, se a amplitude dos estímulos inclui a região do limiar e se o conjunto de números usados é infinito ou finito. Isto porque no método de categorias o conjunto é finito enquanto no de estimação de magnitude ele é teoricamente infinito.

Finalmente, o método de emparelhamento intermodal tem sido freqüentemente empregado com o objetivo de checar e validar os expoentes obtidos pelos métodos de estimação de razão. Basicamente, esse método é um teste de transitividade de escala, em que $a = b$ e $a = c$, então $b = c$. Em outras palavras, uma modalidade A é ajustada para se emparelhar a cada uma de duas outras modalidades B e C. A razão dos expoentes da função emparelhando A a B e A a C determina a relação entre B e C. Se, por exemplo, a um sujeito for apresentado vários estímulos-padrão, como peso, e ele for instruído a emparelhar uma segunda modalidade, como

som, a cada valor psicológico destes estímulos-padrão e se ambas estas modalidades psicológicas são funções-potência do contínuo físico, tal como: $Rp = p^m$ e $Rs = S^n$, onde Rp é o peso subjetivo, P é o peso físico, Rs é a intensidade sonora e S é a pressão sonora e m e n são os expoentes. Logo, emparelhando-se $Rs = Rp$ e a função, relacionando a pressão sonora aos pesos dos estímulos-padrão conforma-se à função $S^n = P^m$, colocando os logaritmos em ambos os termos, temos $\log S = (\log P)\, m/n$, portanto, os resultados do emparelhamento intermodal mostram uma função linear em coordenadas logarítmicas com um expoente igual à razão dos expoentes das funções psicofísicas para peso e som. Como o expoente para intensidade sonora (em decibéis) é aproximadamente 0,60 e para peso é 1,50 (ver tabela 1), a inclinação predita é $0,60/1,50 = 0,40$. Para testar o emparelhamento de peso a várias intensidades sonoras, a predição seria $1,50/0,60 = 2,50$.

Os resultados obtidos através do emparelhamento intermodal são bem ajustados por linhas retas em coordenadas logarítmicas, de forma que a inclinação obtida e a predita são na maioria das vezes idênticas. Algumas vezes, porém, a inclinação predita é levemente inferior devido a uma possível tendência de regressão (Stevens e Greembaum, 1966). Vários experimentos têm suportado a propriedade de transitividade para várias modalidades perceptivas, tais como: intensidade sonora emparelhada aos quatro sabores básicos (Moskowitz, 1968, 1971), ao desconforto térmico (J. C. Stevens, Marks e Gagge, 1969), à velocidade angular (Brown, 1968), à temperatura (J. C. Stevens e Marks, 1967) e à vibração corporal (Versace, 1963). Outros emparelhamentos têm envolvido a força dinamométrica (J. C. Stevens e Mack, 1959; Stevens, 1961), intensidade de brilho (Stevens, 1957) e várias outras modalidades (ver Stevens, 1968 e 1969). Ainda a este respeito, Engelmann (1966) acrescenta que foi por meio dos experimentos envolvendo comparações intermodais que Stevens procurou rebater as críticas que lhe foram dirigidas quando da utilização dos métodos de estimação de magnitude.

Os emparelhamentos intermodais entre comprimento de linhas e intensidade sonora e entre comprimento e intensidade de brilho (Stevens e Guirao, 1963) são de grande interesse teórico, pois como o comprimento de linhas é razoavelmente proporcional ao comprimento físico, o expoente é muito próximo a 1,0; e como o expoente para sons é 0,60 e para brilho é 0,33, o expoente obtido pelo emparelhamento de comprimento de linhas a sons foi de 0,70 e aquele para brilho foi de 0,30. Desta forma, ainda que o primeiro valor seja um pouco alto, a concordância como a predição é razoavelmente boa. A concordância também é muito boa, mesmo com sujeitos como crianças. Outro emparelhamento de grande interesse teórico é aquele envolvendo intensidade de som a brilho. Como ambos têm expoente próximo a 0,33 quando os níveis dos estímulos são expressos em energia sonora (não pressão sonora) e luminância, então, o expoente predito para qualquer combinação seria próximo a 1,0. De fato, J. C. Stevens e Marks (1980) realizaram experimentos com estas duas modalidades e mesmo variando a amplitude dos estímulos empregados eles obtiveram expoentes que foram bem próximos àquele predito pela propriedade de transitividade das escalas. Todavia, vale salientar que o valor do expoente predito é bastante difícil de ser estimado, visto que há diferenças substanciais entre os procedimentos de um experimento para outro, além de variáveis experimentais específicas para cada modalidade, como por exemplo estado de adaptação e duração para brilho.

Manshhour e Hosman (1968) levantaram questões sobre a universalidade empírica desta transitividade. Alguns autores acham que o emparelhamento intermodal não necessariamente prova a verdade da Lei de Potência (Ekman, 1964; Treisman, 1964), porque a função logarítmica também produz resultados idênticos. Mas a despeito disso, o emparelhamento intermodal demonstra a consistência interna (transitividade dos expoentes da função-potência) das funções

psicofísicas obtidas a partir de métodos de estimação de razão (para maiores detalhes ver Baird e Noma, 1978 e Krantz, 1972).

Em suma, com base na literatura disponível podemos concluir que, se duas modalidades perceptivas são escalonadas pelo método de estimação de magnitude, podemos, a partir dos expoentes obtidos para cada uma, predizer aquele que relacionaria as duas dimensões, quando uma for emparelhada à outra, de forma que a função que relaciona estas duas modalidades é facilmente predita. Porém importa dizer que embora a função-potência seja uma das leis mais consagradas em psicologia, ela é quase sempre verificada pelos métodos de estimação de razão e apenas por estes métodos. A validade da lei, portanto, depende inteiramente da validade destes métodos.

4.1 Cálculo do expoente pelo método de estimação de magnitude

Este método tem sido o mais freqüentemente utilizado para se escalonar modalidades perceptivas diferentes devido à sua rapidez de aplicação e fácil compreensão por sujeitos adultos. Neste método um estímulo é apresentado como padrão e a ele é assinalado um valor numérico (*modulus*), por exemplo, 100, pelo experimentador. Em seguida, o observador deve assinalar números aos estímulos subseqüentes (que poderá incluir ou não o padrão) de modo que estes números representem sua razão julgada com respeito ao padrão que recebeu o valor de 100. Uma outra variação deste método é denominada estimação de magnitude com *modulus*-livre. Neste caso, nenhum padrão é apresentado, e o sujeito deverá assinalar números com a restrição de que eles reflitam razões julgadas entre os estímulos. Assim, qualquer numero poderá ser assinalado ao primeiro estímulo apresentado.

Entretanto, independente dessas variações no método, o interesse básico nos experimentos envolvendo o método de estimação de magnitude reside no valor do expoente da função que relaciona as estimativas numéricas com as dimensões físicas da modalidade perceptiva de interesse. Vamos tomar os resultados de um de nossos sujeitos para ilustrar o cálculo do expoente da função-potência. Este sujeito julgou uma série de distâncias que lhe foram apresentadas aleatoriamente pelo método de estimação de magnitude. A distância-padrão foi de 32 m e a ela foi assinalado o valor numérico (*modulus*) de 100. As distâncias físicas e a média geométrica das estimações de magnitude dadas por este sujeito são apresentadas na tabela 2.

Como a função-potência, usualmente, é dada em coordenadas logarítmicas, como foi visto anteriormente, para se determinar o expoente deve-se, inicialmente, transformar os valores das distâncias físicas e das estimações de magnitude em logaritmos (ver colunas 2 e 4 da tabela 2). Em seguida, aplicando-se o método dos mínimos quadrados a estes valores em logaritmos, poder-se-á determinar os parâmetros da função-potência $R = K \cdot E^n$, onde n é dado pela fórmula:

$$n = \frac{N(Exy) - (Ex)(Ey)}{N(Ex^2) - (Ex)^2} \tag{12}$$

$$\text{e } \log K = \frac{(Ex^2)(Ey) - (Ex)(Exy)}{N(Ex^2) - (Ex)^2} \tag{13}$$

o antilogaritmo do valor obtido por esta fórmula nos dá o valor de K.

Substituindo os valores apresentados na tabela 2 nas fórmulas (12) e (13), poder-se-á encontrar facilmente o valor de $n = 0,97$ e $\log K = 0,64$. Mas visto que $\log R = 0,97 (\log E) + 0,64$, podemos tomar o antilogaritmo de 0,64 para obter a função-potência típica: $R = 4,40 E^{0,97}$. Portanto o expoente para distância visual, dentro da amplitude utilizada, é 0,97. A constante K não tem valor empírico, pois depende da unidade de medida.

Tabela 2

Média geométrica das estimações de magnitude para cada distância física. Distância-padrão de 32m e *modulus* de 100

Estímulos (E) Distância em metros	x ($\log E$)	Respostas (R) Estimação de magnitude	Y ($\log R$)	x^2	xy
2	0,30	10	1,00	0,09	0,30
4	0,60	20	1,30	0,36	0,78
8	0,90	30	1,48	0,81	1,33
16	1,20	50	1,70	1,44	2,04
32	1,50	100	2,00	2,25	3,00
64	1,80	300	2,48	3,24	4,46
96	1,98	300	2,48	3,92	4,91
128	2,10	650	2,81	4,41	5,90
256	2,40	1.000	3,00	5,76	7,20
296	2,47	1.200	3,08	6,10	7,61
Σ	15,25		21,33	28,38	37,53

No caso de o pesquisador utilizar-se do método de produção de magnitude, o procedimento de cálculo do expoente é idêntico ao que acabamos de examinar. Todavia, neste método é apresentado ao sujeito um estímulo-padrão e a ele é assinalado um *modulus* (por exemplo, 10) e a tarefa do sujeito consistirá em estimar as distâncias que correspondem aos números mencionados (por exemplo, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 17, 25, 35 e 50) pelo experimentador. Do mesmo modo que no método de estimação de magnitude, poder-se-á utilizar qualquer outro estímulo-padrão e *modulus* (ver, para maiores detalhes, McMillan *et alii*, 1974; Teghtsoonian e M. Teghtsoonian, 1978 e Frayman e Dawson, 1981).

4.2 *Cálculo do expoente pelo método de estimação de razão*

Neste método o observador é instruído a estimar diretamente a razão entre duas magnitudes físicas apresentadas, por exemplo, distâncias. O observador frente às duas distâncias expostas deverá registrar em percentagem a razão da distância maior em relação à menor, por exemplo: "a distância menor é 50% da maior". Este método segue um procedimento muito similar àquele empregado no método de comparação aos pares (Engen, 1971, p. 71).

Vejamos, então, os dados de um dos nossos sujeitos para ilustrar o cálculo do expoente segundo este método. A tabela 3A nos apresenta médias de estimação de razão de distância aparente para cada par de distância estimada. As estimações em proporção são apresentadas acima da diagonal e seus recíprocos abaixo da diagonal.

Tabela 3A

Média das estimações de razão para cada par de distância. Os valores são dados em proporções

	Distâncias em metros				
	0,40	0,80	1,60	3,20	6,40
0,40	–	0,47	0,23	0,11	0,06
0,80	2,14	–	0,47	0,18	0,11
1,60	4,29	2,13	–	0,46	0,22
3,20	8,93	5,49	2,17	–	0,48
6,40	16,86	8,83	4,52	2,09	–

Seguido o procedimento de Torgerson (1958), descrito por Bogartz (1979), para se computar os valores escalares, as estimações inseridas na tabela 3A devem ser convertidas em logaritmos. Estes valores são apresentados na tabela 3B. Os valores escalares são obtidos calculando-se a média de cada linha (dividindo por 5) da tabela 3B e convertendo em antilogaritmo esta média.

Tabela 3B

Determinação dos valores escalares a partir dos logaritmos das estimações de razão da tabela 3A

	Distâncias em metros					E*	Média	Antilogaritmo da média (valor escalar)
	0,40	0,80	1,60	3,20	6,40			
0,40	–	–0,328	–0,638	–0,959	–1,222	–3,146	–0,629	0,2348
0,80	0,330	–	–0,328	–0,745	–0,959	–1,700	–0,340	0,4569
1,60	0,633	0,328	–	–0,337	–0,658	–0,034	–0,007	0,9845
3,20	0,951	0,739	0,337	–	–0,319	1,700	0,340	2,1960
6,40	1,227	0,946	0,655	0,320	–	3,148	0,629	4,2621

* 0,00. Para checar os valores na tabela, a soma deverá ser zero.

O valor escalar para cada estímulo (no caso, distância) é, então, a média geométrica da resposta para cada estímulo em comparação com cada um dos outros estímulos apresentados. Quando pares idênticos de estímulos forem apresentados, o que não é usual, suas razões serão 1,0 e o log igual a 0 (zero). Para se estimar os parâmetros da função-potência, basta apenas aplicar o método dos mínimos quadrados aos logaritmos das distâncias físicas e logaritmos dos valores escalares. Os valores de n e $\log K$ são dados pelas fórmulas (12) e (13), mencionadas anteriormente, quando do cálculo do expoente pelo método de estimação de magnitude. Neste caso, $n = 1{,}06$ e $\log K = -0{,}50$; mas como $\log R = 1{,}06\ (\log E) + (-0{,}50)$ podemos tomar o antilogaritmo de $-0{,}50$ para se obter a função-potência típica $= R = 0{,}61\, E^{1{,}06}$.

É importante neste método apresentar todos os pares de estímulos possíveis para serem julgados. Isto é conhecido como estimação de razão completa. Muitos pesquisadores não fazem isto porque exigiria muito tempo e esforço, mas é feito muito freqüentemente nos laboratórios de psicofísica de Estocolmo e Ribeirão Preto.

4.3 *Cálculo do expoente pelo método de fracionamento*

Este método recebeu pouca atenção até 1930, quando, então, em 1936 Stevens salientou sua importância e utilização para se elaborar uma escala de intensidade sonora que ele denominou Sone. Este primeiro trabalho, como relata Stevens (1975), foi um sucesso e por algum tempo o método de fracionamento foi considerado de importância fundamental para se construir escalas subjetivas. A escala Sone foi seguida pela escala Mel para tonalidade (Stevens e Volkmann, 1940), a escala Veg para peso (Harper e Stevens, 1948), a escala Bril para brilho (Hanes, 1949*a*, 1949*b*), a escala Chron para duração temporal (Marum, 1968) e a escala Dist para distância (Silva e Rozestraten, 1979) e por outras escalas.

Neste método a tarefa do observador consiste em estimar uma dada fração, usualmente 1/2 (bisseção) de uma série de estímulos-padrão que lhe é apresentada pelo experimentador. No caso de bisseção, o experimentador apresenta uma dada intensidade-padrão e o observador deverá ajustar ou julgar a intensidade que corresponde à metade da intensidade-padrão. Vejamos, então, um exemplo envolvendo a percepção de distância. Suponhamos que um experimentador marque uma dada distância numa posição, *Dn*, sobre uma superfície plana na frente do sujeito, e que seja *Do* a posição de origem onde está posicionado o sujeito. A tarefa deste sujeito consistirá em dividir o intervalo (0,Dn) em dois intervalos aparentemente iguais, ou seja, estimar uma distância, *Db*, que seja metade da distância apresentada. O experimentador poderá solicitar qualquer outra fração e também poderá apresentar qualquer outra distância-padrão para ser fracionada. Vamos tomar os resultados de um de nossos sujeitos para ilustrar o procedimento de cálculo do expoente da função-potência de acordo com este método. Estes resultados são apresentados na tabela 4.

Tabela 4

Média da distância avaliada como metade pelo método de fracionamento

Distância física em metros	Metade (1/2) avaliada em metros
1,60	0,81
3,20	1,52
6,40	3,18
12,80	5,81
25,60	12,58
51,20	24,42
102,40	52,09

O expoente da função ajustada a estes dados poderá ser calculado tanto por um procedimento gráfico, quanto por um algébrico. Como o procedimento gráfico para se construir escalas subjetivas a partir de bisseção tem sido adequada e frenqüentemente descrito por vários autores (por exemplo, Hanes, 1949*b*; Harper e Stevens, 1948; Marum, 1968; Chatterjea e DasGupta, 1966; Torgerson, 1958; Guilford, 1954 e Engen, 1971), ele não o será aqui. Todavia, para maiores detalhes sobre esta técnica e escalas o leitor poderá recorrer ao trabalho de Silva e Rozestraten (1979). Para calcular o expoente pelo método algébrico, deve-se, inicialmente, estimar a função de bisseção que relaciona a distância bissecionada *Db* a *Dn*. Se a forma da escala de distância for uma função-potência, a função de bisseção deverá ter uma forma linear,

$Db = Ab \cdot Dn$ e o expoente da escala de distância poderá ser calculado a partir da inclinação Ab. Em outras palavras, se a função de bisseção tem a forma linear é necessário inicialmente selecionar uma unidade arbitrária, escolhendo para isso uma distância, Do, e assinalando a ela um valor escalar, $D'o$. Então, para os pontos restantes, D' poderá ser relacionado com a distância física por uma função-potência, do tipo $D' = K \cdot Dn^n$. O expoente n dessa função é relacionado com a inclinação Ab e no caso da função de bisseção $n = \log (0,5)/\log Ab$. A constante multiplicativa K é dada por: $K = D'o \cdot Do^{-n}$ (para maiores detalhes ver Stevens, 1957; Cook, 1978 e Silva e Rozestraten, 1979).

Voltando aos dados apresentados na tabela 4, devemos, então, calcular a função linear ajustada pelo método dos mínimos quadrados que relaciona distância física à distância julgada como metade. Esta função tem uma inclinação Ab, de 0,5064. Substituindo na fórmula $n = \log (0,5)/\log Ab$, temos um valor de $n = 1,02$. Como K é apenas uma constante dimensional e, portanto, depende da unidade de medida ela não é de significância empírica.

Sumariando, os três métodos aqui mencionados produzem expoentes muito similares: 0,97 para estimação de magnitude, 1,06 para estimação de razão e 1,02 para fracionamento (bisseção). Todavia, o valor do expoente depende substancialmente da amplitude das distâncias utilizadas, de modo que quanto maior a amplitude tanto menor o expoente.

Summary

This paper consisted in a review of the experimental literature concerning the application of scalar methods in Psychophysics and Perception. These methods frequently produce a power-function ($R = K \cdot S^n$), which relates perceptive judgement with the physics magnitude of stimulus. The exponent of this function is the most important parameter, since it is sensitive to changes in the perceptive modality and other experimental manipulations. The reviewed modalities were: loudness, pitch, duration, brightness, eletrical shock, temperature, taste, smell, heaviness, tactual roughtness, angular acceleration, numerouness, number, visual lenght, visual area, visual distance and visual volume. It was also discussed the meaning of the exponent of the power-function and exemplied the procedure of calculation the exponent obtained by magnitude estimation, ratio estimation and fractionation methods.

Referências bibliográficas

Attneave, G. Perception and related areas. In: Koch, S., ed. *Psychology: a study of a science.* McGraw-Hill, 1962. v. 4, p. 619-59.

Baird, J. C. *Psychophysical analysis of visual space.* London, Pergamon Press, 1970*a*.

_____. A cognitive theory of Psychophysics, I: information, transmition, partioning and Weber's law. *Scandinavian Journal of Psychology, 11.* 35-46, 1970*b*.

_____. A cognitive theory of psychophysics, II: fechner's law and Steven's law. *Scandinavian Journal of Psychology, 11*: 89-102, 1970*c*.

Baird, J. C. & Noma, E. *Fundamentals of scaling and psychophysics.* New York, Wiley, 1978.

Bogartz, R. S. Line ratio judgements yield subjective lenghts proportional to physical lenghts: reanalysis of engen's data. *Perception and Psychophysics, 26:* 427-9, 1979.

Bond, B. & Stevens, S. S. Cross-modality matching of brightness to loudness by year-old. *Perception and Psychophysics, 6*: 337-9, 1969.

Brown, J. H. Cross-modal estimation of angular velocity. *Perception and Psychophysics, 3:* 115-7, 1968.

Chatterjea, R. S. & DasGupta, B. Scale of weight from fractionation and multiplication data. *American Journal of Psychology, 79*: 116-9, 1966.

Cook, M. The judgment of distance on a plane surface. *Perception and Psychophysics, 23:* 85-90, 1978.

Curtis, D. W. & Rule, S. J. Fechner's paradox reflects a nonmonotone relation between binocular brightness and luminance. *Perception and Psychophysics, 27:* 263-6, 1980.

Dawson, W. E. & Miller, M. E Inverse atribute functions and the proposed modifications of the power law. *Perception and Psychophysics, 24:* 457-65, 1978*a*.

_____, _____. A reply to the critique by Marks. *Perception and Psychophysics, 24:* 571-2, 1978*b*.

Dorfman, D. D. & Megling, R. Comparison of magnitude estimation of loudness children and adults. *Perception and Psychophysics, 1:* 239-41, 1966.

Eisler, H. Empirical test of a model relating magnitude and category scales. *Scandinavian Journal of Psychology, 3:* 88-96, 1962*a* :

_____. On the problem of category scales in psychophysics. *Scandinavian Journal of Psychology, 3:* 81-7, 1962*b*.

_____. Magnitude scales, category scales, and Fechnerian integration. *Psychological Review,70*: 243-53, 1963*a*.

_____. How prothetic is the continuun of small? *Scandinavian Journal of Psychology, 4:* 29-32, 1963*b*.

Ekman, G. Subjective power functions and the method of fractionation. *Report from the Psychological Laboratories*, University of Stockholm, n. 34, 1956.

_____. Is the power law a special case of Fechner's law? *Perceptual and Motor Skills, 19:* 730, 1964.

Ekman, G. & Sjöberg, L. Scaling. *Annual Review of Psychology, 16:* 451-74, 1965.

Engelmann, A. A Lei de Potência de Stevens: um caso de constância perceptiva. *Jornal Brasileiro de Psicologia, 3:* 19-48, 1966.

Engen, T. Psychophysics II: Scaling Methods. In: Kling, J. W. & Riggs, L. A., ed. *Woodworth e Schosberg's experimental psychology*. 3. ed., New York, Holt, Rinehart & Winston, 1971.

Epstein, W. Attitudes of judgment and the size-distance invariance hypothesis. *Journal of Experimental Psychology, 66:* 78-83, 1963.

Frayman, B. J. & Dawson, W. E. The effect of object shape and mode of presentation on judgments of apparent volume. *Perception and Psychophysics, 29:* 56-62, 1981.

Galanter, E. & Messick, S. The relation between category and magnitude scales of loudness. *Psychological Review, 68:* 363-72, 1961.

Gibson, R. H. & Tomko, D. L. The relation between category and magnitude scale of tactile intensity. *Perception and Psychophysics, 12:* 135-8, 1972.

Grahan, C. H. & Ratoosh, P. Notes on some interrelation of sensory psychology, perception and behavior. In: Koch, s., ed. *Psychology: a study of a science*, New York, McGraw-Hill, 1962. t. 4.

Guilford, J. P. *Psychometric methods*. 2. ed., New York, McGraw-Hill, 1954.

Hanes, R. M. A scale of subjetive brightness. *Journal of Experimental Psychology, 39:* 438-52, 1949*a*.

_____. The construction of subjective brightness scales from fractionation data: a validation. *Journal of Experimental Psychology, 39:* 719-28, 1949*b*.

Harper, R. S. & Stevens, S. S. A psychological scale of weight and a formula for its derivation. *American Journal of Psychology, 61:* 343-51, 1948.

Helm, C. E., Messick, S. & Tucker, L. R. Psychological models for relation discrimination and magnitude estimation scales. *Psychological Review, 68:* 167-77, 1961.

Jones, N. F. Overview of psychological scaling methods. In: Carterrete, E. C. & Friedman, M. P. *Handbook of perception: psychophysical judgment and measurement*. New York, Academic Press, 1974. v. 2, p. 358-64.

Junge, K. The category scale equation. *Scandinavian Journal of Psychology, 1:* 112-4, 1960.

Krantz, D. H. A theory of magnitude estimation and cross modality matching. *Journal of Mathematical Psychology, 9:* 168-99, 1972.

Luce, R. D. & Galanter, E. Psychophysical scaling. In: Luce, R. D. & Bush, R. R., Galanter, E. ed. *Handbook of mathematical psichology*. New York, Wiley, 1963, v. 1, p. 245-307.

McMillan, N. A.; Moschetto, C. F.; Bialostozky, F. M. & Engel, L. Size judgment: the presence of a standard increases the exponent of the power law. *Perception and Psychophysics, 16:* 340-6, 1974.

Marks, L. E. Stimulus-range, number of categories, and form of the category scale. *American Journal of Psychology, 81:* 467-79, 1968.

_____. On scales of sensation: prolegomena to any future psychophysics that will be abble to come forth as science. *Perception and Psychophysics, 16:* 358-376, 1974*a*.

_____. *Sensory processes: the new psychophysics*. New York, Academic Press, 1974*b*.

_____. A critique of Dawson and Miller's inverse attribute functions and the proposed modifications on the power law. *Perception and Psychophysics, 24*: 569-70, 1978.

Marum, K. D. Reproduction and ratio-production of brief duration under conditions of sensory isolation. *American Journal of Psychology, 81:* 21-6, 1968.

Mashhour, M. & Hosman, J. On the new "psychophysical law": a validation study. *Perception and Psychophysics, 3:* 367-75, 1968.

Moskowitz, H. R. Scales of intensity for single and compound tastes. Un published doctoral dissertation. Harvard University, 1968.

_____. Intensity scales for pure tastes and for tastes mixtures. *Perception and Psychophysics, 9:* 51-6, 1971.

Perloe, S. I. The relation between category-rating and magnitude estimation judgments of occupational prestige. *American Journal of Psychology, 76:* 395-403, 1963.

Poulton, E. C. The new psichophysics: six models for magnitude estimation. *Psychological Bulletin, 69:* 1-19, 1968.

_____. Models for the biases in judging sensory magnitudes. *Psychological Bulletin, 86:* 777-803, 1979.

Poulton, E. C.; Edwards, R. S. & Fowler, T. J. Eliminating subjetive biases in judging the loudness of a 1 KHz tone. *Perception and Psychophysics, 27:* 93-103, 1980.

Schneider, B. & Lane, H. Ratio scales, category scales, and variability in the production of loudness and softness. *Journal of the Acoustical Society of America, 35:* 1953-61, 1963.

Siegel, A. W. & McBurney, D. H. Estimations of line lenght and number: a developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology, 10:* 170-80, 1970.

Silva, J. A. & Rozestraten, R. J. A. Construção de uma escala subjetiva de distância pelo método de fracionamento. *Psicologia, 5:* 45-58, 1979.

Stevens, J. C. & Mack, J. D. Scales of apparent force. *Journal of Experimental Psychology, 58:* 405-13, 1959.

Stevens, J. C. & Marks, L. E. Apparent warmth as a function of thermal irradiation. *Perception and Psychophysics, 2:* 613-9, 1967.

_____. _____. Cross-modality matching functions generated by magnitude estimation. *Perception and Psychophysics, 27:* 379-89, 1980.

Stevens, J. C.; Marks, L. E. & Gagge, A. P. The quantitative assessment of thermal disconfort. *Environmental Research, 2:* 613-9, 1969.

Stevens, S. S. The measurement of loudness. *Journal of the Acoustical Society of America, 27*: 815-29, 1955.

_____. On the psychophysical law. *Psychological Review, 64:* 1957.

_____. The psychophysics of sensory function. In: Rosenblith, W., ed. *Sensory communication.* Cambridge, MIT Press, 1961, p. 1-33.

_____. Matching functions between loudness and ten other continua. *Perception and Psychophysics, 1:* 5-8, 1966.

_____. Tactile vibration: change of exponent with frequency. *Perception and Psychophysics, 3:* 223-8, 1968.

_____. Le quantitatif et la perception. *Bulletin de Psychologie, 22:* 696-715, 1968-1969.

_____. Issues in psychophysical measurement. *Psychological Review, 78:* 426-50, 1971.

_____. Perceptual magnitude and its measurements. In: Caterrete, E. C. & Friedman, N. P., ed. *Handbook of perception: psychophysical judgment and measurement.* New York, Academic Press, 1974, v. 2, p. 361-89.

_____. In: Stevens, G., ed. *Psychophysics: introduction to its perceptual, neural and social prospects.* New York, Wiley-Interscience, 1975.

Stevens, S. S.; Carton, A. S. & Schickman, G. M. A scale of apparent intensity of electric shock. *Journal of Experimental Psychology, 66:* 328-34, 1958.

Stevens, S. S. & Greenbaum, H. B. Regression effect in psychophysical judgment. *Perception and Psychophysics, 1:* 439-46, 1966.

Stevens, S. S. & Guirao, M. Subjective scaling of lenght and area and the matching of lenght to loudness and brightness. *Journal of Experimental Psychology, 66:* 177-86, 1963.

Stevens, S. S. & Harris, J. R. The scaling of subjetive roughness and smoothness. *Journal of Experimental Psychology, 64:* 489-94, 1962.

Stevens, S. S. & Volkmann, J. The relation of pitch to frequency: a revised scale. *American Journal of Psychology, 3:* 329-53, 1940.

Teghtsoonian, M. Children's scales of lenght and loudness: a developmental application of cross-modal matching. *Journal of Experimental Child Psychology, 20:* 290-307, 1980.

Teghtsoonian, M. & Beckwith, J. B. Children's size judgments size and distance vary: is there a developmental trend to overconstancy? *Journal of Experimental Child Psychology, 22:* 23-39, 1976.

Teghtsoonian, R. Effects of ranges in Psychophysical scaling and a revision of Stevens' law. *American Journal of Psychology, 86:* 3-27, 1973.

_____. On the exponents in Stevens' law and the constant in Ekman's law. *Psychological Review, 78:* 71-80, 1971.

Teghtsoonian, R. & Teghtsoonian, M. Range and regression effects in magnitude scaling. *Perception and Psychophysics, 24:* 305-14, 1978.

Torgerson, W. S. *Theory and methods of scaling.* New York, Wiley, 1958.

_____. Quantitative judgment scales. In: Gulliksen, H. & Messick, S., ed. *Psychological scaling: theory and applications.* New York, Wiley, 1960.

_____. Distance and ratios in psychophysical scaling. *Acta psychologica, 19*: 201-5, 1961.

Treisman, M. Sensory scaling and the psychophysical law. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 16:* 11-22, 1964.

Versage, J. *Measurements of ride confort.* New York, Society of Automotive Engineers, 1963, Report 638A.

Warren, R. M. & Warren, R. P. A critique of S. S. Steven's "New Psychophysics". *Perceptual and Motor Skills, 16*: 797-810, 1963.