



É geralmente sabido que a maior parte dos ouvintes radiofônicos prefere que o receptor funcione com o controle de tom na posição que reduz ao mínimo a resposta das frequências altas. O estudo das razões desta predileção tem absorvido mais tempo, do que nenhum outro, nas conferências e artigos sobre "qualidade de som". Pode-se afirmar sem temer incorrer em erro, que a explicação geralmente aceita é que o ouvinte prefere "cortar" as frequências mais altas a ouvi-las com distorção. É fóra de dúvida que as distorções de amplitude, ruído de superfície, interferência das bandas laterais, etc., diminuem muito com o corte das frequências altas, porém a suspeita de que outras razões, provavelmente mais importantes, podem ocultar-se por trás deste costume tão universal, enganinharam o articulista a tomar em consideração outras possibilidades.

Para focalisarmos o problema com uma justa perspectiva, devemos formar uma idéia cabal de nossa finalidade. Devem os técnicos assegurar uma "reprodução agradável" ou uma "reprodução perfeita" do que é executado nos estúdios? Os puristas seguramente consideram como uma tremenda heresia a sugestão contida na pergunta anterior de que reprodução perfeita e reprodução agradável não são uma só coisa; porém não vemos a "priori" nenhuma razão para estarmos de acordo com seus pontos de vista; concordar seria aceitar implicitamente que os instrumentos musicais são já perfeitos. Omitindo as conclusões dos técnicos, o público, que sabe muito pouco das questões fundamentais que intervêm no assunto, optará pela "reprodução agradável", sempre que o rádio receptor tenha meios que permitam tal seleção. O público já deu uma clara resposta a estes problemas, e como esta não coincide com a dos técnicos, devemos fazer um honesto esforço para averiguar se sua escolha obedece a deficiências técnicas ou a um fator ainda mais fundamental.

É indiscutível que a distorção de amplitude origina uma tendência a restringir a margem de frequências se para tal dispomos de meios. Isto é perfeitamente razoável, porque qualquer reproduzidor cuja margem se estenda a 10 000 c/s pode tornar audível até o 20.º harmônico de uma nota de 500 c/s, porém outro cuja margem somente vá até 3 000 c/s, somente poderá operar com o 6.º harmônico da mesma nota. A possibilidade de dissonância entre duas notas é maior com o aumento de número de seus harmônicos, pelos batimentos que podem produzir-se entre estes. Por con-

Por J. MOIR (\*)

Traduzido por A. FANZERES

seguinte, os efeitos desagradáveis da distorção de amplitude, são diminuídos recorrendo-se ao corte das frequências altas, seguramente muito mais acentuadas quando se reproduz uma combinação de instrumentos, pois que as pequenas diferenças de sintonia entre uns e outros, produzem batimentos entre os harmônicos superiores.

Para considerar o problema em seu conjunto, é necessário antes elucidar que quantidade de distorção é a justamente admissível. Este problema tem sido objeto de várias investigações e para destacar sua importância apresentamos na tabela I os resultados obtidos por Massa (proc. I.R.E. maio 1933).

Os resultados obtidos com o método experimental são bastante claros e diretos. Empregou-se um sistema reproduzidor de alta qualidade com os necessários dispositivos para introduzir uma quantidade conhecida de distorção dos 2.º e 3.º harmônicos, sem alteração dos demais fatores. Em uma série de provas solicitou-se aos ouvintes que procurassem distinguir em que momento era introduzida a distorção, sem que tivessem tido ocasião de comparar a reprodução deformada e a perfeita, e na outra série permitiu-se a comparação direta entre uma e outra. Repetiram-se as provas com margem de frequências no reproduzidor de 14,8 e 5 kc/s. Como se pode ver na tabela I, durante a rigorosa prova de comparação direta, a única distorção perceptível variava entre os 3% (com o sistema de 14 kc/s de margem) e os 12% (com o de 5 kc/s). Braunmühl e Weber (Akusische Zeits, volume II, 1937), realizaram provas muito mais extensas cujos resultados vieram ratificar a cifra geralmente admitida dos 5% como limite superior adequado para um sistema reproduzidor de alta qualidade.

Tendo em conta esta cifra vamos estudar passo a passo (porém com consideráveis receios) o problema da importância relativa da distorção dos harmônicos e a distorção da intermodulação, examinando os resultados de outra série de provas mais recentes e nas quais empregou-se um reproduzidor de maior tamanho para determinar a margem de frequências que daria mais agradável reprodução.

Estes ensaios foram muito mais amplos que os citados anteriormente. Fizem-se comparações independentes com programas variados, empregando-se uma série de filtros restritivos das margens de frequências apresentadas na tabela I, as quais foram escolhidas como valores representativos de um sistema da mais

(\*) M.I.E.E. da B.T.H. Co., Rugby.  
 Revista "Marconi".

TABELA I  
LIMITES DAS DISTORÇÕES AUDÍVEIS

Frequência de corte	Sem distorção		Sem	
	2.º harmônico — %	3.º harmônico — %	2.º harmônico — %	3.º harmônico — %
14 Kc/s .....	5	3	10	5
8 Kc/s .....	5	5	10	7
5 Kc/s .....	12	10	17	10

elevada qualidade (—3dB a 30 e 9000 c/s) e outro compreendido entre os anteriores (—3 dB a 70 e 6500 c/s).

Especial cuidado foi tomado para eliminar os possíveis efeitos dos fatores secundários, tais como: o aspecto do aparelho e do altofalante, o efeito dos sinais luminosos, etc. Os discos de alta qualidade oferecem a vantagem de serem resistentes e poderem usar-se repetidamente. Uma prova independente mostrou de pronto que os resultados não se modificavam notavelmente se eram usados discos, razão pela qual foram utilizados na maior parte das provas.

O auditório escolhido (umas 500 pessoas), na sua maioria pertencentes ao público do tipo médio, representava uma grande variedade de gostos. Era de esperar que um grupo especializado de ouvintes como os possuidores de receptores para modulação de frequência, mostrassem um gosto mais refinado que o homem comum da rua, do qual poderia supor-se que estava acostumado a reprodutores piores que o de margem mais estreita. Nos Estados Unidos, a repro-

dução de alta qualidade é uma das principais vantagens reivindicadas pela técnica da modulação de frequência, e todo o possível é feito para que os receptores possuam este mérito. Presumia-se que o grupo de ouvintes mais especializados composto de profissionais da música acostumados a ouvi-la do natural, demonstrariam um gosto mais refinado. Foram feitas provas independentes com um grupo de possuidores de receptores de modulação de frequência e outro de músicos.

Prepararam-se programas muito variados e levaram-se a cabo provas em separado para cada classe, obtendo-se os resultados que aparecem resumidos na tabela II. Não exageramos ao dizer que os resultados foram surpreendentes. Quando confronta-se a margem ampla com a margem média, esta última tem maior número de pontos em oito das onze comparações, e aquela não consegue nenhuma vantagem decisiva. Nas provas (com músicos e ouvintes de transmissão de frequência modulada) em que podia esperar-se a margem ampla obtivesse mais pontos, foi rechassada de modo decisivo, estando os músicos unânimes em sua desaprovação.

TABELA II  
PREFERÊNCIAS DAS MARGENS DE FREQUÊNCIAS

MARGEM	Músicos						Ouvintes competentes de F.M.				
	Música clássica	Audição masculina	Música de piano	Música ligeira	Audição feminina	Conversação	Música clássica	Audição masculina	Música clássica	Audição masculina	Música ligeira
Margem ampla .....	12	21	28	39	30	15	7	25	16	14	11
Margem média .....	67	55	24	22	26	64	83	48	61	63	70
Sem preferência ....	21	24	48	39	44	21	10	27	23	23	19
Margem ampla .....	15	24	24	33	34	23	5	48	28	36	26
Margem estreita ...	58	48	30	34	29	45	73	40	59	48	40
Sem preferência ....	27	28	46	33	37	32	22	12	13	16	34
Margem média .....	19	52	25	33	46	34	20	62	31	55	21
Margem estreita ...	38	25	20	26	33	34	28	10	28	31	26
Sem preferência ....	43	23	55	41	21	32	52	28	41	14	53

Margem ampla ..... 3dB a 30 e 9000 c/s  
 Margem média ..... 3dB a 70 e 6500 c/s  
 Margem estreita ..... 3dB a 160 e 3500 c/s

As cifras expressas em percentagem dos votos emitidos.

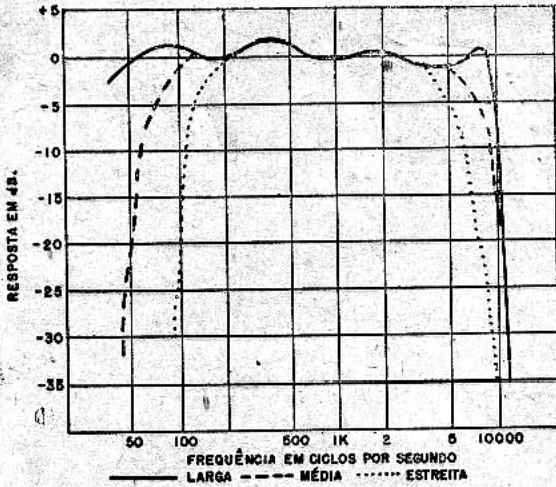


FIG. 1

Ao comparar-se a margem ampla com a estreita, o resultado não foi menos decisivo triunfando este sobre aquele em nove dos onze casos.

Os resultados da confrontação entre as margens média e estreita permitem aos técnicos recuperar alguma confiança em si mesmos, já que a margem ampla só foi preferida pela maioria em 7 provas, ficando igualada com a margem média em uma, e sendo bem grande a percentagem de auditório sem preferência.

O entusiasta da qualidade não pode deixar de surpreender-se pelas cifras obtidas nas provas, especialmente tendo em conta a ausência de ruídos de superfície, chilreios etc. etc. que costumam acompanhar a "alta fidelidade".

O autor não tem notícia de ter-se verificado provas análogas na Inglaterra, se bem que certas dúvidas que surgiram acerca dos resultados deram lugar a um artigo (Fletcher, Bell System Technical Journal. Abril 1934) — que descrevia o equipamento usado pelos Laboratórios Bell nas demonstrações levadas a efeito em Washington e Filadélfia em 1933 com um sistema reprodutor estereofônico de margem ampla. No mesmo artigo foram revisados os informes obtidos. Não se tratava nessa ocasião de fazer uma comparação de qualidade, mas sim realizar uma demonstração do sistema de transmissão estereofônica de três canais. Todos os amplificadores de linha, moduladores, etc. que formavam parte do sistema foram equilibrados para fornecer uma característica uniforme dentro de um dB em toda a margem de 40 a 20000 c/s, com uma distorção total de 1% e uma relação sinal/ruído superior a 70 dB.

A característica de frequência do sistema de altofalantes é apresentada na figura 2, na qual pode-se observar que na medição efetuada numa grande sala (quer dizer, em condições normais de audição) há uma perda relativa de 17 dB nos 10 kc/s, parte da qual pode-se contrabalançar mediante a elevação de uns

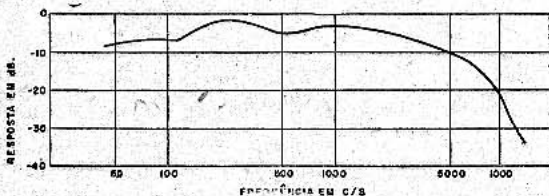


FIG. 2

7 dB na mesma zona de margem de frequência do microfone utilizado. É interessante notar que nos circuitos de controle de tom incluíram-se dispositivos necessários para aumentar a resposta em 4 dB a 40 c/s, sem nenhum aumento semelhante para a resposta nas frequências mais elevadas. Em substituição aos mencionados dispositivos, os circuitos estão arranjados de modo a permitirem um corte até 15 dB, aproximadamente a 10 kc/s (figura 3). É de supor-se que esta perda nas frequências superiores só foi introduzida após ser comprovado cuidadosamente que resultava benéfica.

Em outro setor houve nova evidência das vantagens de utilizar um reproduzidor de som cuja característica de frequência experimente uma queda no extremo superior. A figura 4 representa a curva de resposta recomendada pela Academia Norte Americana de Artes e Ciências Cinematográficas (Durst e Shortt, J.S.M. P.E. vol. 32, 1939 — Mason e Molr, J.I.E.E. set. 1941), depois de meticolosas provas comparativas em vários teatros. Nossa experiência pessoal confirma esta escolha.

No espaço disponível para um artigo desta natureza, não é possível apresentar outros testemunhos em favor de nossa tese. Damos pois por terminada esta parte, na suposição de que, após todos os esforços realizados para reduzir ao mínimo a distorção, o ruído, etc. o ouvido humano continua preferindo que a margem de frequências seja restringida no extremo superior da escala.

Um exame crítico das demonstrações que favorecem este ponto de vista, descobrirá imediatamente al-

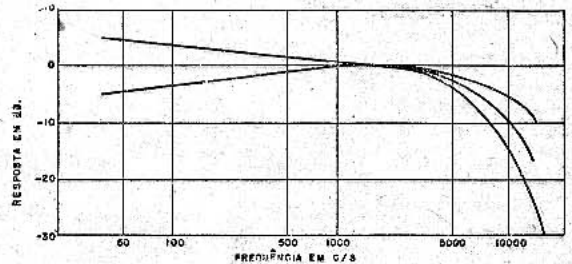


FIG. 3

guns pontos em que a evidência não é tão conclusiva como seria de desejar. Nos resultados da tabela II não foram tomadas as características de distorção ou frequência dos altofalantes usados na prova, ainda que se saiba que eram aparelhos da melhor qualidade e que um grupo de ouvintes qualificados reconheceu a excelência de seu rendimento. Pelo contrário, na série de provas do Laboratório Bell, foi dispensada atenção a este ponto, anotando-se um valor da ordem de 1%. Pode objetar que esta percentagem é excessiva e que não é correto dizer que o sistema funciona sem distorção quando é necessário restringir a margem de frequências altas para anular a distorção residual. Não obstante, depois de considerar os dados, pode parecer que a objeção carece de importância. Com efeito, depois de um detalhado estudo do mecanismo da audição humana, o autor surpreendeu-se que fosse possível determinar 50% de distorção, apesar da distorção realmente séria que é produzida dentro do ouvido. Com relação a este aspecto vale a pena notar que a qualidade do tom (conteúdo de harmônicos) de quasi todos os instrumentos varia enormemente com a sonoridade na execução normal direta, e sem embargo, dá pouca impressão de distorção desagradável.

Se o nosso equipamento electroacústico não tivesse distorção (considerando 1% ou 2% de efeito desprezível) nos sentiríamos inclinados a considerar se have-

(Continua na pág. 51)

**REPRODUÇÃO FIEL OU SOM AGRADÁVEL**  
(Continuação da pág. 19)

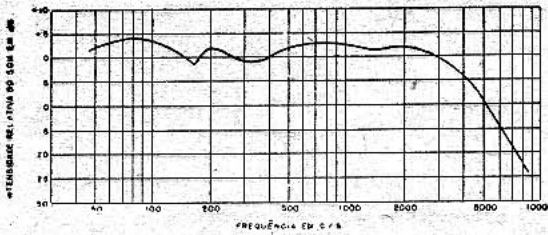


FIG. 4

ria a mesma preferência para a resposta com atenuação das frequências altas, no caso que o equipamento não fosse um mero enlace entre o instrumento e o ouvinte. Não se comprovou este ponto — segundo acreditamos, — porém o interesse pela mecânica dos instrumentos musicais nos leva a fazer uma ligeira digressão sobre os mesmos.

Os violinos dos velhos mestres italianos de 1700, como Amati, Guarnerius, Stradivarius, etc., gozam entre os músicos de uma reputação sem concorrentes entre os violinos mais modernos. Boa parte deste prestígio não é senão propaganda de vendedores, pois em realidade, só uns poucos artistas de máxima categoria podem distinguir sem titubear entre um violino daquele período e as excelentes imitações dos fabricantes posteriores. Seria pois um absurdo supor que a resposta de frequências de um violino é o único fator que determina a qualidade da nota, porém é indubitavelmente uma característica muito importante. Esta questão de qualidade da nota do violino é objeto de prolixas investigações por parte de um grupo da Universidade de Harvard. Os estudos realizados referem-se a muitos aspectos do tema, porém em dedicamos este artigo às características de frequência, somente nos ocuparemos do fator anteriormente mencionado.

A radiação acústica vinda de um instrumento do tipo do violino, procede principalmente da caixa deste, servindo as cordas como meio de excitação. Assim pois, se as cordas vibram a diferentes frequências mediante procedimento adequado, a radiação acústica do corpo do instrumento pode medir-se da mesma maneira que se faz para tomar as curvas de resposta de um alto-falante. Seguiu-se este método com vários célebres modelos de Stradivarius, outros de alguns mestres famosos, uma seleção de exemplares produzidos por fabricantes afamados e outros construídos com o fito único de produzir um violino a baixo custo. Para chegar a conclusões efetivas sobre a qualidade tonal, os investigadores de Harvard contavam com a cooperação de artistas eminentes como Jascha Heifetz, Sacha Jacobson e outros.

A tabela III apresenta os resultados obtidos em forma de quadro para facilitar a comparação, porém não será supérfluo dar uma breve explicação acerca do método adotado, antes de proceder ao seu exame. A margem de frequências cobertas foi dividida em oitavas aproximadamente. A cifra apresentada é a resposta (em unidades arbitrárias de intensidade) média entre as frequências limites consignadas na parte superior da tabela. Para tornar mais fácil a comparação, equilibraram-se todas as saídas na margem 3, aplicando-se a necessária correção às demais leituras. A característica de frequência é, deste modo, indicada diretamente sem que tenha que fazer-se nenhuma outra tolerância para as diferenças de saída acústica entre instrumentos.

A primeira linha corresponde à execução média de um grupo de sete instrumentos dos mais famosos Stradivarius, pelos quais o mundo musical mostra um entusiasmo unânime.

A segunda linha é a característica de um modelo Guarnerius escolhido por Heifetz para seu uso pessoal.

Nos terceiro e quarto lugares figuram os mesmos dados respectivos de dois instrumentos de baixo custo, reconhecidos pelos músicos como francamente péssimos.

São reveladores os resultados. Os bons violinos caracterizam-se por uma resposta que cai rapidamente a zero, passando dos 4000 c/s, mantendo entretanto os de péssima qualidade suas respostas até 6300 ou mais. No extremo das baixas frequências os bons modelos singularizam-se porque subsiste sua notável resposta, enquanto que os de péssima qualidade atenuam-na do mesmo modo que qualquer amplificador de escassa ou péssima qualidade.

Num bom instrumento, a nota mais baixa é rica e cheia de componentes proeminentes (ou harmônicos), porém as notas mais altas tendem para os tons puros ou, pelo menos, contém os componentes menos elevados. Este fato oferece um grande interesse pois coincide exatamente com o que sucede com um bom piano.

Se admitimos que esta tese é correta, poderemos encontrar tendências semelhantes em outros instrumentos orquestrais, ainda que, como a evolução musical é questão de arte e não de ciência, é de supor-se que os períodos de tempo sejam medidos por séculos e não por decênios. Sem embargo, os resultados podem ser tão positivos como os obtidos por qualquer processo científico.

A investigação do aperfeiçoamento de qualquer instrumento musical não é assunto simples, toda vez que possa ficar antiquado — como já tem ocorrido em diversos casos — por razões diferentes da qualidade de seu som. A margem restrita, a dificuldade

TABELA III

RESPOSTA DE FREQUÊNCIA DE VARIOS VIOLINOS (em c/s)

Margem de frequências	196	349	784	1568	3 136	4 186
	a	a	a	a	a	a
	349	784	1 568	3 136	4 186	6 272
Stradivarius .....	14,1	23,7	25,7	25,9	23,6	10,9
Guarnerius, adotado por Heifetz .....	15,3	27,2	25,7	28,7	21,4	10,35
Violino número 1, de má qualidade .....	12,12	16,1	25,7	20,4	19,7	15,35
Violino número 2, de má qualidade .....	3,2	25,1	25,7	51,9	20,9	20,1

As cifras expressas em unidades arbitrárias de intensidade.

de dedilhação, ou da produção de vibrações nos instrumentos de sopro, podem extinguir a popularidade de qualquer instrumento.

Apesar disto, o oboe moderno pode considerar-se como um excelente exemplo do desenvolvimento de um instrumento. Originário do "shawn" do século XII, que era de madeira, com um orifício cônico longitudinal provido de dupla palheta, o oboe segundo assegura Geiringer tem "a potência e o áspero vigor exigidos pela época" ou "o tom de um agudo balido". Segundo outra autoridade na matéria (Stanford and Forsyth, History of Music), produz "um agudíssimo som, muito mais penetrante que de uma trombeta". No século XVII considerou-se vantajoso transformar a palheta e a boquilha do oboe "para que fosse — citamos novamente palavras de Geiringer — mais suave e delicado", o que indica que a resposta das frequências altas foi modificada eliminando-se alguns dos harmônicos superiores.

Durante o século XX, converteu-se no moderno oboe, com a característica, comum à maioria das orquestras, de que suas notas baixas e médias contêm fortes harmônicos superiores, enquanto que as altas tendem a ser puras.

O leitor pode comprovar de uma maneira simples a vantagem de reduzir a amplitude das vibrações das frequências superiores ao escutar a execução de uma orquestra, ou melhor ainda ouvindo a execução de uma banda ao ar livre. A saída acústica de alguns instrumentos, como o trombone e a trombeta, concentra-se fortemente seguindo o eixo da corneta, concentração muito mais acentuada nas frequências mais elevadas. Desta maneira, a característica de frequência é uniforme no eixo, enquanto a saída das altas frequências cai (com relação aos componentes de 500 ciclos), à medida que o ouvinte se separa da linha central antes citada. Assim pois, podem atenuar-se as frequências altas sem necessidade de nenhum equipamento elétrico.

Se esta experiência é levada a efeito num ambiente fechado, o ouvinte deve colocar-se o mais próximo possível do instrumento para reduzir ao mínimo os efeitos de reverberação.

Parece que num sistema reproduzidor de alta qualidade com distorção total de 10/15 dB abaixo do nível que as provas independentes assinalaram como limite de percepção de distorção, a preferência do público é favorável à restrição da margem de frequência. A margem ótima é aproximadamente de -3 dB a 70 e 6500 c/s, porém depende em parte do programa.

Manifesta-se análoga predileção quando a reprodução não é elétrica, com a particularidade de que a margem preferida é todavia mais restrita, se bem que devemos ter em conta que, os dados sobre este particular não são tão completos como conviria.

A presença de distorção não é, ao que parece, a única razão da aceitação geral do "corte das frequências altas".

Em relação ao controle de tom, os técnicos fazem o possível para que a grande massa do público expresse sua opinião sobre o tema, que antes era reservado somente aos círculos de cultura musical.

Como parece que a tendência do público é preferir os instrumentos musicais que suprimam os harmônicos superiores, torna-se necessário levar a cabo uma investigação neste sentido, que sirva de guia para os fabricantes.

Escola



Edison

FUNDADA EM 1929

DESTINADA AO ENSINO DA RADIO-  
ELETRICIDADE, ELECTRONICA E TELE-  
COMUNICAÇÕES

RECONHECIDA DE UTILIDADE PÚBLICA,  
SUBVENIONADA E  
FISCALIZADA PELO GOVERNO FEDERAL  
(Decreto 21.011 de 22-4-946)

DIREÇÃO DO PROFESSOR H. SPENCER  
CORPO DOCENTE IDÓNEO

## Radiotelegrafia-Radiotécnica

RADIOTELEFONIA

COMPLETA APARELHAGEM TÉCNICA PARA  
O ENSINO

AULAS DE MANHÃ, À TARDE E À NOITE  
EM SALÃO E POR CORRESPONDÊNCIA  
(CURSOS OFICIALIZADOS E LIVRES)

Inscrições abertas — Informações sem  
compromisso

Rua da Carioca, 59 - 3.º e 4.º and.  
(elevador) - Tel. 42-8585

CAIXA POSTAL N.º 917 — RIO DE JANEIRO

Supondo correta a presente tese, podemos perguntar: que devem fazer os técnicos de transmissão? Sugere-se que o procedimento adequado é a prática atual de transmitir com uma característica de resposta uniforme ou ligeiramente crescente e facilitar a cada ouvinte um controle de tonalidade. Dispõe-se assim de uma medida de reforço e atenuação que, com a condição que não se exagere tanto como é usual nos EE, UU. (erradamente, segundo o autor), proporciona um melhoramento útil da relação sinal/ruído.

Com relação ao ouvinte tecnicamente especializado, aconselha-se que abandone toda a idéia preconcebida acerca do ajuste do controle de tonalidade e o coloque no ponto em que a reprodução seja mais agradável. Poderia construir uma escala de referências donde fossem anotados os ajustes mais agradáveis em função das diferentes classes de programa; ao fim de um certo período poderá intentar-se a análise dos resultados para deduzir a característica da frequência preferida.

Ao apresentar este estudo de tão debatido problema, o autor procurou omitir todo o critério pessoal polarizado a favor ou contra. Os resultados oferecem uma desconcertante discontinuidade para o óbvio curso de nossas idéias e nos parece forçoso obter mais provas da reação das massas ante a restrição das margens de frequências. A opinião individual de um técnico é provavelmente menos importante que a de qualquer indivíduo pertencente ao público sem nenhum conhecimento especializado.