

Por que nossa voz muda ao inalarmos Hélio?

.....

Adriano Pereira Guilherme
Universidade Federal do Amazonas,
Instituto de Saúde e Biotecnologia,
Coari, AM, Brasil

RESUMO

Ao longo da carreira, muitas vezes o(a) professor(a) de física é questionado(a) sobre o fenômeno da distorção da voz que ocorre quando inalamos gás hélio. No entanto, a maioria das explicações que se encontram na internet ou na mídia tradicional apresenta alguma imprecisão. Este trabalho tem como objetivos fazer um apanhado dessas explicações errôneas ou parcialmente corretas na internet e dar uma explicação precisa para o fenômeno, já que ele envolve conceitos complexos e muitas vezes pouco trabalhados pelo estudante de graduação. Grande parte das explicações resumem-se a dizer que a velocidade do ar aumenta em gases menos densos, como o hélio, e segundo, que isso causa um aumento na frequência da voz, a qual fica mais estridente (aguda). No entanto, ao inalarmos o gás, não há mudança significativa no espectro produzido pelas cordas vocais, mas sim nas frequências que são realçadas pelo trato vocal por ressonância (os formantes). Em gases em que o som se propaga mais rapidamente (como no caso do hélio), as frequências amplificadas são maiores, o que resulta na emissão de um som perceptivelmente mais agudo.

Palavras-chave: formantes; ressonância; hélio

.....

1. Introdução

Uma brincadeira ou experimento muito conhecido do público em geral é a inalação de gás hélio (geralmente de balões de festa), a qual provoca uma significativa alteração na voz, chamada por muitos de “voz de pato”. Tal prática popularizou-se bastante em virtude de vídeos na internet ou até mesmo de programas populares de TV (como o *Ciência em Show*). Variantes desse experimento consistem na inalação de outros gases de densidade diferente da do ar, como o hexafluoreto de enxofre, que faz a voz aparentar muito mais grave. Inúmeras vezes, o(a) professor(a) de física é questionado(a) sobre o fenômeno, e explicações podem ser achadas em abundância na internet ou em revistas de divulgação científica. No entanto, como veremos, grande parte desse material, se não a maioria, traz explicações simplistas ou conceitualmente erradas.

Este trabalho tem basicamente dois objetivos: 1) fazer um apanhado dessas explicações errôneas ou parcialmente corretas na internet e 2) dar uma explicação precisa para o fenômeno, já que ele envolve conceitos complexos e muitas vezes pouco trabalhados pelo estudante de graduação.

2. Explicações usuais

Uma das mais importantes revistas de divulgação científica no Brasil, a revista *Super Interessante*, traz em sua edição nº 211 um artigo sobre o assunto intitulado “Por que ingerir gás hélio

deixa a voz fina?” [1]. Em um trecho do artigo, é dito que “Quando aumentamos a velocidade do som, elevamos consequentemente a sua frequência (número de ondas sonoras formadas por segundo). ‘O raciocínio é simples. Imagine que, todos os dias, você caminhe em volta de um quarteirão por uma hora numa velocidade X. Se você dobrar a velocidade, e continuar dando voltas por uma hora, vai elevar o número (ou frequência) de voltas ao redor do quarteirão. A mesma regra vale para a velocidade e frequência do som’ (...) Aumentando a frequência, a voz tende a se tornar mais aguda e a soar bem estridente, como a voz do Pato Donald nos desenhos animados”.

No site Mundo Educação do portal BOL, a matéria “Gás hélio distorce a voz?” [2] tem os seguintes trechos relevantes: “quando uma pessoa inala o hélio, as ondas vindas das pregas vocais estão impregnadas desse gás e propagam-se muito mais rápido nesse meio, em uma velocidade de 965 m/s, que é três vezes maior que a

propagação no ar atmosférico (...) Dessa maneira, as ondas sonoras passam a ter uma frequência maior e um menor comprimento de onda (λ), isto é, as cristas das ondas ficam mais próximas e mais altas. Essas são características de um timbre de voz ‘mais fino’.”

Na página do projeto Química Responde, desenvolvido por professores e alunos dos cursos de licenciatura e bacharelado em química da UFABC, embora seja falado brevemente sobre ressonância, a explicação pode ser resumida [3] pelo que se segue: “A densidade do gás hélio é menor do que a do ar

Inúmeras explicações para a mudança na voz quando inalamos gás hélio podem ser achadas na internet ou em revistas de divulgação científica. No entanto, como veremos, grande parte desse material traz explicações simplistas ou conceitualmente erradas

Autor de correspondência: Adriano Pereira Guilherme, adrianopgg@gmail.com.

atmosférico, tanto é que as bexigas com gás hélio flutuam. Portanto, o som se propaga mais rápido no gás hélio. Mas o que isso tem a ver com a voz ficar mais aguda ou mais grave? Quanto maior a frequência, mais agudo será o som e quanto menor a frequência, mais grave (...) quanto maior a velocidade de propagação maior será a frequência das ondas sonoras, assim a sua voz ficará mais aguda.”

Todas essas explicações se resumem a dizer duas coisas. Primeiro, que a velocidade do ar aumenta em gases menos densos, como o hélio, e segundo, que isso causa um aumento na frequência da voz, a qual fica mais estridente (aguda). Compreendemos que para um público leigo, conceitos mais avançados como ressonância ou espectro de frequências sejam difíceis de compreender. No entanto, essas explicações, ao tentarem ser demasiadamente simplificadas, acabam por trazer erros conceituais importantes. Como veremos, a própria ideia de que a voz tem uma frequência única é imprecisa. Mas o principal aqui é que essas frequências dependem essencialmente da tensão nas pregas vocais, assim como ocorre na corda de um violão, e não do gás que preenche o trato vocal. Ou seja, as frequências produzidas não se alteram, diferentemente do que as explicações anteriores afirmam.

Algumas outras explicações, embora simplificadas, trazem um pouco mais de precisão conceitual, como podemos ver na página *Clique Ciência*, do portal UOL, em que o professor Francisco Guimarães afirma que “Se mudamos o peso do ar que respiramos, deixando-o mais leve ou mais pesado, a velocidade do som também vai ser alterada. No caso do hélio, ele é bem mais leve do que o ar. Isso faz com que o som tenha um comprimento de onda maior do que o ‘normal’, e acabe não se acoplando mais perfeitamente com a nossa cavidade oral. O resultado é essa voz aguda, chamada de ‘som de pato’” [4]. Aqui fica claro que o “acoplamento” ao qual o professor se refere é a ressonância. Veremos que esse é um conceito-chave para compreendermos o fenômeno.

Em língua portuguesa, a explicação sintética mais adequada que encontramos foi dada pelo Prof. Fernando Lang da Silveira, do Instituto de Física da UFRGS [5]. Ele diz: “O tom depende das cordas vocais e sua frequência é independente do gás que as envolve. Entretanto, o timbre decorre das frequências de ressonância das cavidades cheias de

gás no nosso aparelho fonador. O tamanho das cavidades define os comprimentos de onda dos sons ressonantes; as frequências desses modos ressonantes dependem então da rapidez de propagação do som no gás que preenche a cavidade. Ou seja, com hélio as frequências correspondentes ao timbre são aumentadas”. Também chama a atenção pelo didatismo e precisão conceitual um vídeo do canal *Cura Quântica*, em que os então graduandos Lucas Mitre e Vinícius Marangon explanam o fenômeno [6].

3. O modelo fonte-filtro para a voz

Antes de mais nada, é importante lembrar que o som produzido nas cordas vocais não tem uma única frequência, mas sim um *espectro acústico*, formado pelos diversos modos de vibração de frequências múltiplas de uma frequência fundamental f_1 ou $\omega_1 = 2\pi f_1$. É como ocorre com os instrumentos musicais. Sendo assim, temos uma multiplicidade de frequências, algumas mais pronunciadas (em intensidade) que outras, o que, de forma geral, caracteriza o que chamamos de *timbre*. É isso que nos permite diferenciar sons de mesma tonalidade (mesmo valor de f_1) produzidos por um piano, por uma flauta ou por um diapasão.

Podemos “separar” esse emaranhado de sons a partir de uma técnica chamada análise de Fourier. Para isso, precisamos ver de outra perspectiva. Em vez de olharmos um gráfico da intensidade (da pressão do meio, no caso do som) em função do *tempo*, vamos olhar a intensidade em função da *frequência*. O gráfico resultante é chamado de espectro de frequências (Fig. 1).

Precisamos agora compreender como a voz é produzida e modulada a partir do trato vocal. O modelo que se costuma usar para isso é chamado de “fonte-filtro” [7], esquematizado na Fig. 2. O som se inicia na vibração das pregas vocais (fonte) e é modulado pelo trato vocal, que se inicia na abertura entre as cordas vocais e termina nos lábios, e pelo trato nasal, que começa na úvula e termina nas narinas. Ambos os tratos agem como um filtro ressonante, em que os sons que por eles se propagam têm algumas frequências realçadas, o que acaba por moldar seu espectro final.

As frequências de ressonância do trato vocal são denominadas *formantes* (falaremos deles mais adiante) e dependem principalmente da dimensão e da forma do trato vocal, podendo ser alteradas pelos movimentos da boca e da língua. Isso é o que, basicamente, faz com que nossa fala seja possível, dada a grande variedade de sons que conseguimos produzir. O leitor pode perceber isso pronunciando calmamente as vogais AEIOU em sequência e notando que cada vogal é produzida por um formato diferente do trato vocal, que envolve movimentos dos lábios, mandíbula e língua, principalmente. Os três primeiros formantes são os principais determinantes da qualidade fonética de uma vogal [8].

Ilustrativamente, podemos resumir o modelo na Fig. 3, no qual $Y(\omega)$ é o espectro final da voz emitida, $X(\omega)$ é o espectro da fonte glotal (pregas vocais), $T(\omega)$ é o espectro dos formantes (ou função de ganho) e $R(\omega)$ representa as características radiantes dos lábios [9].

Para nossos objetivos, precisamos compreender melhor do que se trata a função de ganho $T(\omega)$. Ela está intima-

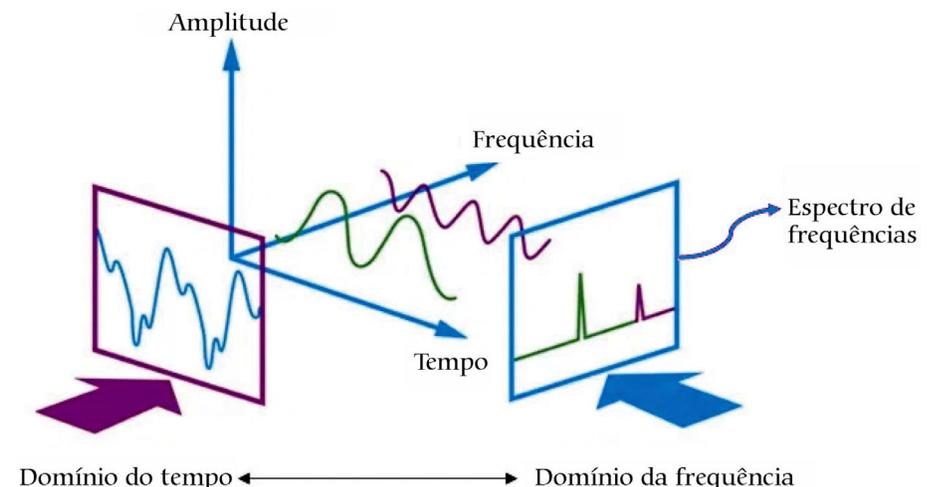


Figura 1 Esquema do conceito de espectro de frequências.

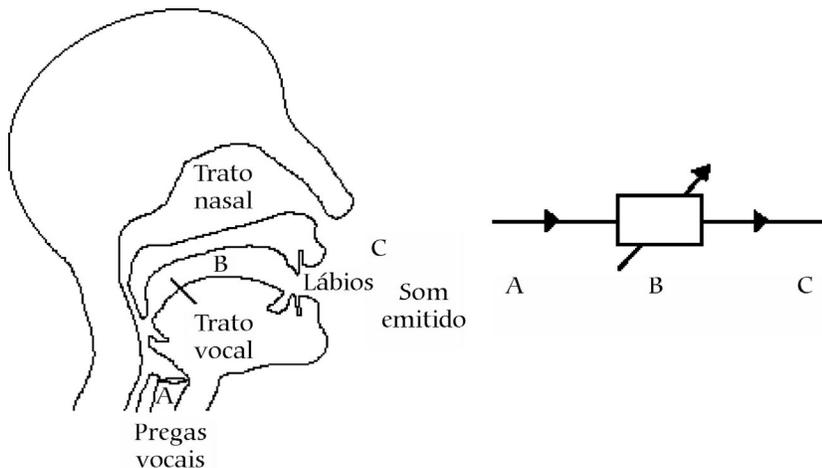


Figura 2 Esquema do modelo fonte-filtro.

mente ligada com as frequências de ressonância do trato vocal e nasal, que por sua vez estão associadas ao conceito de formantes. Existem definições um pouco diferentes do que são os formantes [10], dependendo da área de estudo (acústica, música, fonoaudiologia etc.). Neste artigo, definiremos um formante como um pico no “envelope espectral” de determinado som. Assim, as frequências próximas a esses picos serão realçadas. Esses picos ocorrem por causa da ressonância, o que podemos compreender, de forma simplificada, ao imaginarmos o trato vocal como um tubo de comprimento L com uma extremidade aberta e outra fechada. Nesse modelo, temos as frequências f_{Rn} de ressonância do tubo, também chamadas de modos normais de vibração, dadas por [11]:

$$f_{Rn} = \frac{(2n + 1)v}{4L}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

na qual v é a velocidade do som no meio. Certamente, trata-se de uma grande simplificação para explicar a voz humana, mas, para uma compreensão conceitual dos fenômenos aqui discutidos, é suficiente. Modelos mais elaborados envolvendo o acoplamento de múltiplos tubos já foram propostos [12], mas os formantes reais da voz são geralmente obtidos empiricamente.

A Fig. 4 procura exemplificar os formantes de algumas vogais distintas (os picos dos gráficos). Como cada vogal é produzida pelo trato vocal em diferentes formatos, temos um espectro de formantes, ou função de ganho, diferente para cada situação.

4. E qual o papel do hélio na mudança da voz?

Com os conceitos até aqui apresentados, fica razoavelmente simples compreender o que acontece quando outro gás, que não o ar, preenche nosso sistema vocal. Embora a frequência fundamental e seus múltiplos, o que compõe o espectro da fonte glotal, não seja alterado significativamente com a mudança do gás, o mesmo não se pode dizer dos formantes. A equação 1 nos mostra que as frequências de ressonância (associadas aos formantes) de um tubo dependem diretamente da velocidade do som no meio em questão. Mas a velocidade do som depende das características do meio. Mais precisamente, a equação para a velocidade do som em um gás à temperatura absoluta T e massa molecular m é dada por [11]

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \quad (2)$$

onde γ é a razão entre os calores especí-

ficos a pressão e a volume constantes, respectivamente, e R é a constante universal dos gases. Vale lembrar que γ varia com o tipo de molécula do gás. No caso do ar, $\gamma \cong 1,4$, enquanto para um gás monoatômico, como o hélio, $\gamma = 5/3$. Para o ar, por exemplo, a 20 °C, o som propaga-se a 343 m/s, enquanto no hélio, nas mesmas condições, propaga-se a quase 1000 m/s.

Essa grande diferença nas velocidades de propagação modifica as frequências de ressonância no trato vocal. Sendo assim, quando o som se propaga em tubos preenchidos com gases onde ele tem maior velocidade, as frequências de ressonância são aumentadas (Eq. (1)). Dito de outro modo, os picos do envelope espectral do som produzido pela fonte sonora são deslocados para a direita na Fig. 4 (na direção das maiores frequências), ressaltando agora frequências mais altas. Esse é precisamente o motivo que faz com que a voz de alguém que inalou hélio pareça mais aguda, soando como a famosa “voz de pato”. Na verdade, as frequências emitidas pelas pregas vocais não se alteram, mas sim as frequências realçadas pela ressonância (há uma pequena variação na oscilação das pregas vocais, mas nada significativo, comparado ao efeito aqui discutido). Da mesma forma, ao inalar gases mais densos, o envelope espectral é deslocado no sentido de realçar as frequências menores, proporcionando uma sensação de voz mais grave.

5. Uso didático

Toda a discussão feita na tentativa de responder à pergunta título deste trabalho pode propiciar a compreensão de inúmeros conceitos. O conceito de ressonância em tubos sonoros não é facilmente compreendido pelos estudantes, dado o grau de abstração. Mais complexos ainda são o conceito de espectro de frequências e a análise de Fourier. A compreensão dessas ideias com base na explicação de algo “palpável”, uma vez que o experimento de inalar hélio e falar é bastante acessível

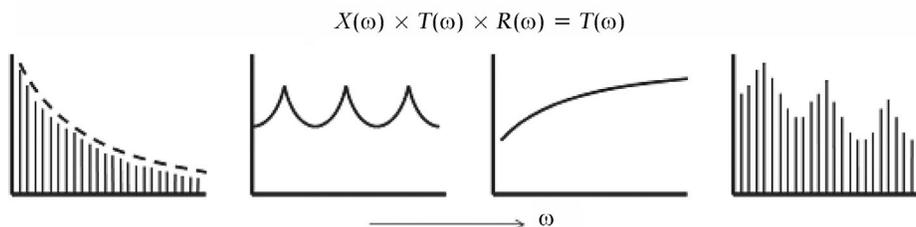


Figura 3 Esquema para o modelo fonte-filtro de produção da voz. Fonte: Ref. [9].

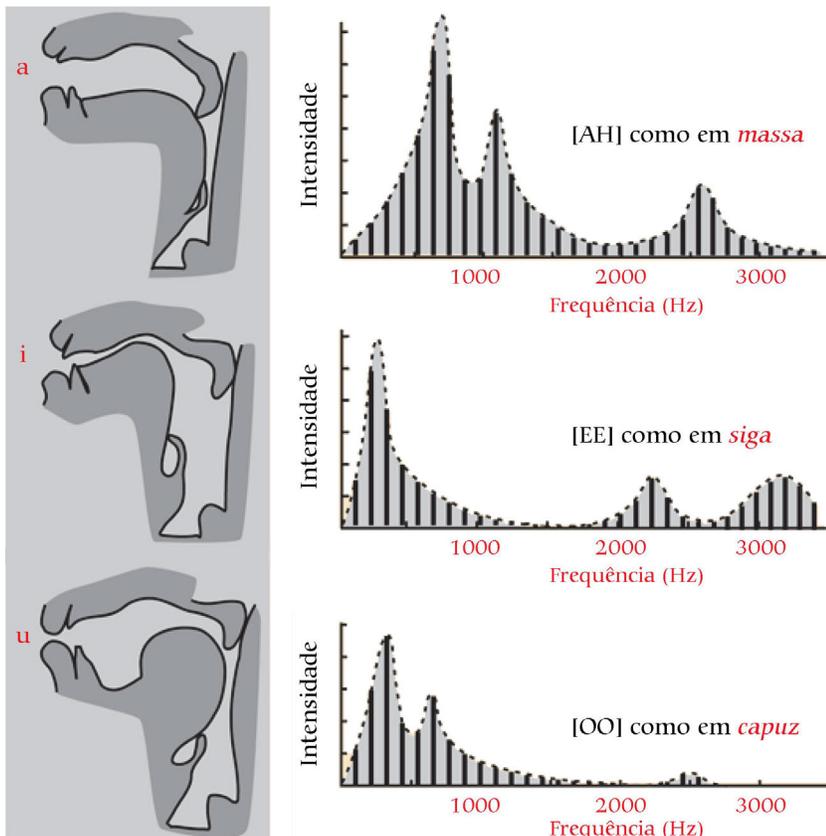


Figura 4 Os formantes são os picos no “envelope espectral” de algum som complexo. Fonte: Adaptado da Ref. [13], s.d.

(e divertido), pode ajudar muito um aluno de graduação a compreender, futuramente, o conceito de radiância espectral, por exemplo. O conceito de formante é um fator importante na

compreensão do que é o timbre de certos instrumentos. Os formantes funcionam como uma espécie de assinatura de uma determinada fonte sonora [14], e é por isso que um violão de boa quali-

dade soa diferente de um violão mais barato, mesmo que as cordas sejam idênticas. Experimentos mais complexos podem ser elaborados com a ajuda de aplicativos para smartphone que funcionam como um osciloscópio. Recomendo fortemente também as referências do prof. Joe Wolfe, da Universidade de Nova Gales do Sul, Austrália, em especial a explicação dada por ele em seu site [15]. Outra questão que pode ser respondida com base na explanação deste trabalho é a diferença que percebemos na nossa voz quando a ouvimos gravada, em que ela soa menos grave — a estrutura interna da cabeça tem padrões de ressonância que realçam sons ligeiramente mais graves do que os que saem da nossa boca.

6. Conclusão

A voz humana não tem uma frequência única, mas sim um espectro com frequências múltiplas de uma frequência fundamental. Ao inalarmos outro gás, não há mudança significativa nesse espectro produzido pelas cordas vocais, mas sim nas frequências que são realçadas pelo trato vocal por ressonância (os formantes). Em gases em que o som se propaga mais rapidamente (como é o caso do hélio), as frequências amplificadas são maiores, o que resulta na emissão de um som perceptivelmente mais agudo.

Referências

- [1] C. Franco, *Por que ingerir gás hélio deixa a voz fina?* Super Interessante 211 (2005). Disponível em <https://super.abril.com.br/ciencia/por-que-ingerir-gas-helio-deixa-a-voz-fina/>.
- [2] J.R.V. Fogaça, *Gás hélio distorce a voz?* Site Mundo Educação (BOL). Disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/curiosidades/gas-helio-distorce-voz.htm>
- [3] M.T.C. Goulart, *Por que a voz muda quando inalamos gás hélio?* Site Química Responde (2016). Disponível em <http://proec.ufabc.edu.br/quimicaresponde/?p=247>.
- [4] A. Yarak, *Clique Ciência: por que o gás hélio deixa a voz fina.* Site Clique Ciência (2017). Disponível em <https://www.uol.com.br/tilt/ultimas-noticias/redacao/2017/08/29/clique-ciencia-por-que-o-gas-helio-deixa-a-voz-fina.htm>.
- [5] F.L. Silveira, *O efeito “voz de Pato Donald” com hélio.* Site do Centro de Referência para o Ensino de Física (2016). Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=o-efeito-voz-de-pato-donald-com-helio>.
- [6] L. Mitre, V. Maragnon, *Como o gás Hélio muda a sua voz?* Canal Cura Quântica - Youtube. 2017. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=gxo3kvCWIEw>.
- [7] G. Fant, *Acoustic Theory of Speech Production* (Mouton, Paris, 1970).
- [8] R.D. Kent, C. Read, *The Acoustic Analysis of Speech* (Singular Publishing Group, San Diego, 1992), 238 p.
- [9] T. Arai, *Source-filter theory.* Site do Speech Communication Laboratory, Universidade de Sofia. Tóquio, 2013. Disponível em <http://splab.net/APD/G500/index-e.html>.
- [10] J. Wolfe, *Formant: what is a Formant?* Site do Professor Joe Wolfe, Universidade da Nova Gales do Sul. Sydney, s.d. Disponível em <https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/formant.html>.
- [11] H.M. Nussenzweig, *Curso de Física Básica* (Edgard Blücher, São Paulo, 2002), v. 2, 4ª ed.
- [12] A.S. Brandão, *Modelagem Acústica da Produção da Voz Utilizando Técnicas de Visualização de Imagens Médicas Associadas a Métodos Numéricos.* Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, 2011.
- [13] R. Nave, *Forming the vowel sounds.* Site Hyperphysics. Disponível em <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Music/vowel.html>.
- [14] F. Iazzetta, *Formantes.* 2000. Disponível em <http://www2.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/acustica/formantes/formantes.html>. Fontes de Internet
- [15] <https://www.animations.physics.unsw.edu.au/waves-sound/human-sound/index.html#9.3>