

# Perspectivas da fonética forense num cenário de quebra do dogma da unicidade

Charles Rodrigues Valente

*SEPAEL, Instituto Nacional de Criminalística*

*Brasília, DF, CEP 70.610-902, Brasil*

[charles.crv@dpf.gov.br](mailto:charles.crv@dpf.gov.br)

**RESUMO** – Na perícia oficial brasileira ainda há pouca discussão a respeito da chamada “mudança de paradigma” na Criminalística, com sua crítica ao dogma da unicidade. Este tutorial apresenta os principais argumentos que embasam as propostas recentes de uma nova abordagem para a comparação forense de locutor, além de também discutir a utilização de razões de verossimilhança (LR, *Likelihood Ratios*) nesse tipo de exame.

## 1. INTRODUÇÃO

Muitas áreas da Criminalística envolvem o que chamaremos aqui de problema da determinação da fonte ou origem: dado um vestígio – o material questionado –, uma pessoa ou objeto suspeitos de o terem produzido (ou terem sido utilizados na sua produção) são apresentados à perícia, para obtenção de material de mesma natureza do material questionado, o qual constituirá o material padrão. Em alguns casos, o material padrão pode ter sido obtido por outras instâncias que não a pericial, sendo posteriormente encaminhado aos peritos.

O que se pergunta à perícia é: a pessoa ou objeto suspeitos produziram o vestígio?

São exemplos desse tipo de exame:

- um confronto microbalístico no qual se investiga se um projétil foi disparado por uma determinada arma de fogo;
- um exame grafoscópico (ou grafotécnico) que avalia se lançamentos manuscritos questionados foram produzidos por uma determinada pessoa;
- um confronto datiloscópico que procura atribuir (ou não) a produção de um fragmento de impressão digital a uma determinada pessoa;

- um exame de DNA forense que investiga se um resíduo biológico foi produzido por um determinado suspeito;
- um exame de reconhecimento de padrão que procura determinar se uma marca de solado provém de determinado calçado;
- um exame de reconhecimento facial em que se compara a imagem da face de uma pessoa em um vídeo de um sistema de vigilância com a fotografia de um suspeito obtida em situação controlada;
- um exame de fonética forense em que se avalia se as falas em uma gravação questionada foram emitidas por uma determinada pessoa.

Os exames relacionados à determinação da fonte são tradicionalmente abordados a partir de uma metodologia de comparação de características que tem os seguintes passos gerais:

- 1) análise prévia do material questionado a fim de verificar se ele contém informação suficiente para possibilitar a comparação;
- 2) obtenção de material padrão apropriado, ou análise do material enviado à perícia a título de padrão para verificar se é utilizável. Em geral, esse estágio leva em conta requisitos referidos nos textos de Criminalística como “adequabilidade”, “quantidade”, “contemporaneidade”, “autenticidade” e “espontaneidade” (por exemplo, ver: [1], p. 203-204; [2], p. 300-314; [3], p. 286-287);

- 3) extração ou levantamento de um determinado conjunto de características julgadas discriminadoras do material padrão e do material questionado;
- 4) comparação das características levantadas e conclusão a respeito da coincidência ou não da origem do material padrão e do material questionados.

A respeito dessa metodologia geral, há duas questões subjacentes de grande importância e que estão inter-relacionadas:

Questão 1: que embasamento científico os respectivos ramos da Criminalística apresentam para concluir sobre a questão da determinação da fonte ou origem a partir dessa metodologia geral?

Questão 2: que tipo de conclusão é possível apresentar? Quantitativa, qualitativa, categórica, escala de probabilidade?

## 2. IDENTIDADE QUALITATIVA E IDENTIDADE NUMÉRICA

Para tentar responder às questões propostas ao final da introdução, é necessário primeiramente distinguir duas operações lógico-conceituais que, normalmente, na determinação forense da origem de um vestígio, tanto nos laudos periciais quanto em muitos livros e periódicos da área, são confundidas.

### 2.1. IDENTIFICAÇÃO E INDIVIDUALIZAÇÃO

Usando a nomenclatura encontrada em [4], p. 206, essas duas operações são denominadas “identificação” (ou “identificação qualitativa”, como veremos a seguir) e “individualização” (ou “identificação numérica”, como também veremos a seguir).

A identificação seria o agrupamento de um conjunto de seres em uma classe com base no levantamento de características comuns entre esses seres. Já a individualização seria a operação de destaque de um único ser.

Deve-se notar que, na língua portuguesa, no seu uso comum, “identificação”, bem como cognatos como “identidade”, são termos ambíguos, que podem ter, conforme o contexto, qualquer um dos dois significados. Quando,

por exemplo, alguém diz “eu me identifico com *Fulano de Tal*”, quer dizer que vê entre si e *Fulano de Tal* um conjunto de características comuns (preferências, visão de mundo, atitudes etc.) que permitem colocar a si e *Fulano de Tal* em uma mesma classe, e esse significado de “identificação” está relacionado ao primeiro conceito definido no parágrafo anterior. Já quando, por exemplo, no noticiário é dito que “o suspeito do crime foi identificado”, o significado de identificação é (ou deveria ser) o que se denominou no parágrafo anterior de “individualização”.

Se a análise pericial demonstrar que propriedades do material questionado e do padrão indicam que o ente (pessoa ou objeto) que os produziu tem um certo conjunto de características comuns, terá, a rigor, determinado uma classe de seres que poderiam dar origem ao vestígio, e realizado uma identificação, não uma individualização. Essa identificação está relacionada, conforme [4], p. 206, ao que também é denominado identidade qualitativa dos membros da classe.

Por outro lado, se a análise da origem apontar uma pessoa ou objeto específico como aquele que originou o vestígio, o que se realizou foi uma individualização, a qual está relacionada ao que se denomina identidade numérica daquela pessoa ou objeto específico.

Pela própria natureza das duas operações, vê-se que a identidade qualitativa, no caso da investigação de origem, pode ser estabelecida a partir do levantamento de características comuns entre dois entes ou, ainda, pelas características comuns entre traços ou marcas por eles produzidas. Já a identidade numérica só pode ser estabelecida, a rigor, pela garantia da continuidade no tempo, no caso, entre o instante em que o ser produziu o vestígio e o instante em que a sua identidade foi atestada.

Portanto, da identidade qualitativa não segue, por dedução, a identidade numérica.

### 2.2. ESCOLHA DE CARACTERÍSTICAS DEFINidorAS DA CLASSE

Deve-se notar que o estabelecimento da identidade qualitativa – processo que chamare-

mos aqui de “identificação qualitativa” – está umbilical e necessariamente associado à escolha de um modelo e/ou de um conjunto de características as quais são usadas para definir a classe de seres.

Essa escolha pode implicar, dependendo do tipo das características classificadoras, em ter outro nível de escolha embutido: a determinação, qualitativa ou quantitativa, de quando se considera a característica presente ou não, ou a adoção de uma escala de graduação que vai da ausência ou presença, em grau máximo, da característica.

No caso da perícia de determinação da fonte, o que se quer dizer é que o resultado da perícia é diretamente dependente dos parâmetros de comparação e da métrica escolhida para mensurar a distância entre o material questionado e o material padrão.

Esse processo de escolha não é pressuposto lógico necessário no estabelecimento da identidade – ou identificação – numérica.

### **2.3. CONTINUIDADE NO TEMPO**

A continuidade no tempo não é uma questão alheia ao contexto jurídico-policial e pericial. Por exemplo, ela é a preocupação central quando se fala em cadeia de custódia ([4], p. 207), ou seja, quando se implementam mecanismos que busquem garantir que o vestígio colhido na cena de crime ou apresentado como prova permaneça o mesmo ao longo de toda a cadeia de persecução penal.

E ainda que muitos manuais tradicionais de Criminalística não explicitem a diferença lógica entre a identificação qualitativa e a identificação numérica, ela está implícita em relação à continuidade no tempo em um dos requisitos desejáveis do material padrão: a contemporaneidade em relação ao material questionado (ver, por exemplo: [2], p. 300 e 308; [1], p. 203-204; [3], p. 286 e 292).

Exceto em exames associados a características tidas como perenes ou de alteração apenas em eventos drásticos – como é o caso do material genético e dos desenhos papilares, respectivamente – o requisito da contemporaneidade

reconhece que a comparação de características, que é o cerne da metodologia geral apresentada na Introdução, não acompanha no tempo o objeto ou indivíduo que produziram o vestígio.

### **2.4. HIERARQUIA DE PROPOSIÇÕES**

Como visto, a análise pericial da questão da origem feita com base na metodologia geral apresentada na Introdução não é capaz, por uma limitação lógica, de realizar a identificação numérica. Porém, a identificação numérica é um pressuposto, ao menos teórico, no qual se fundamenta a imputação penal. Essa constatação poderia levar a concluir que a perícia tem uma contribuição pequena para a Justiça, o que é obviamente incorreto.

Em primeiro lugar, o que se deve ter em mente é que a perícia, apesar de ser um elemento importante na cadeia de persecução penal, não retira do órgão julgador a responsabilidade última pela decisão de mérito, em particular sobre a fixação penal da autoria do delito.

Além disso, deve-se ter em mente que a perícia não se restringe à aplicação da metodologia básica de investigação da origem.

Uma maneira de situar o trabalho da perícia na cadeia de persecução penal é a proposta de hierarquia de proposições contida em [5], que é comentada, por exemplo, em [6], p. 118-120.

Com base nesse artigo, adaptando a abordagem para o enfoque aqui desenvolvido, pode-se dizer que as hipóteses ou proposições passíveis de serem confrontadas pela perícia são classificáveis em três níveis:

- nível I ou nível da fonte (*source*): é aquele em que as proposições ou hipóteses se referem à determinação da fonte ou origem do material questionado. O exame é centrado na análise do vestígio e do material padrão;
- nível II ou nível da atividade (*activity*): é aquele em que as proposições se referem à efetiva presença do suspeito no tempo, lugar e situação em que se deu a ação ou omissão objeto de questionamento;

- nível III ou nível do delito (*offence*): é aquele em que a perícia trata de hipóteses referentes à prática da ação ou omissão pelo suspeito.

Do nível I para o nível III cresce a aproximação entre as proposições e o estabelecimento da autoria delitiva.

É importante salientar que essa hierarquia não é um esquema rígido (ver [5], p. 233), podendo haver superposição de níveis. Além disso, o objetivo final dos autores daquele artigo é possibilitar uma análise baseada em razões de verossimilhança (LR, *likelihood ratios*), que veremos mais à frente. Por esse motivo, as hipóteses ou proposições, em cada nível, são sempre analisadas em pares antagônicos, sendo também importante distinguir entre proposições e explicações (ver [7]).

Seja, como exemplo, um caso de furto qualificado, em que são encontradas marcas de calçado no local de crime. A conclusão de um exame de reconhecimento de padrão que contrasta essas marcas questionadas com aquelas de um calçado do suspeito será de nível I.

O nível I é o campo por excelência da perícia. No caso da investigação da origem, esse é o nível em que se situa a metodologia geral descrita na Introdução e mesmo qualquer outra metodologia que tenha o mesmo objetivo, como as baseadas em razões de verossimilhança.

A rigor, no nível I, não está em questão a continuidade no tempo. Portanto, no nosso exemplo, mesmo que houvesse sido estabelecido que as marcas encontradas no local de crime vieram do calçado do suspeito (veremos mais a frente qual o “grau de certeza” possível de ter numa afirmação desse tipo), isso não garantiria que foi o suspeito quem adentrou o local do furto, pois, por exemplo, outra pessoa poderia estar usando aquele calçado, emprestado pelo, ou subtraído do, suspeito.

Dessa forma, a perícia não pode afirmar, com base apenas no vestígio em questão e no material padrão, que efetivamente o suspeito estava no local, tempo e circunstância em que ocorreu o furto. Para isso, seria necessária in-

formação de natureza circunstancial, ou seja, informação que agregasse elementos de continuidade no tempo à análise. Proposições desse tipo já seriam do nível II na hierarquia proposta em [5].

Progredindo na hierarquia, no nível III tem-se que as hipóteses a serem confrontadas dizem respeito ao cometimento, pelo suspeito, da ação ou omissão descritas no tipo penal. O trabalho da perícia nesse nível tangencia o domínio que é, por excelência, do julgador. Acima do nível III estão as questões jurídico-penais propriamente ditas: intenção (dolo e culpa), excludentes de ilicitude etc.

No sistema processual brasileiro, e na própria cultura da sua perícia criminal oficial, o perito não é incentivado a incluir na sua análise elementos que vão além dos vestígios propriamente ditos, e, principalmente, informação contextual, e portanto extracientífica, que, apesar de não necessariamente incorreta, depende de outros tipos de prova (por exemplo, a testemunhal) ou mesmo da assunção de elementos circunstanciais.

O fato de [5] incluir a participação da perícia em considerações de nível II e, principalmente, nível III que não seriam da alçada pericial na tradição brasileira talvez se explique porque, na tradição processual dos autores daquele artigo – o Reino Unido – os peritos sejam costumeiramente chamados para testemunhar em juízo e opinar sobre esse níveis, sendo esse testemunho parte integrante do trabalho pericial. No Brasil, a perícia se manifesta fundamentalmente por meio do laudo pericial, podendo ser ouvida em audiência apenas para esclarecer sobre o exame (art. 159, § 5º, inciso I e art. 400, *caput* e § 2º, todos do Código de Processo Penal – CPP, [8]).

Além disso, como fica evidenciado em [7], mesmo no nível III a perícia avalia pares de hipóteses passíveis de possibilitar uma análise estatística, sendo isso distinto da mera emissão de uma opinião.

Em todo caso, talvez seja prudente considerar que conclusões de nível II e III, a rigor, só serão da alçada pericial quando os elementos

circunstanciais forem colhidos pela própria perícia, que, munida de sua fé pública, pode agregá-los nas considerações a serem feitas no laudo pericial.

No exemplo da marca de calçado, a existência de prova testemunhal que relate o suspeito ao local e ao horário provável de ocorrência do furto é um elemento circunstancial relacionado ao nível II, porém não de natureza assimilável a prova pericial.

Nada impede, entretanto, que essa informação seja indiretamente incluída na análise pericial por meio, por exemplo, de um quesito que pede um estudo de plausibilidade de uma determinada dinâmica de eventos que inclui o suspeito como o agente delituoso.

Em contraste, um exemplo de proposição efetivamente pericial de nível II seria a que concluisse, num exame de local em suspeita de crime de telecomunicação, por meio de constatação *in loco* realizada pela equipe de peritos, que uma estação clandestina operada por um determinado indivíduo transmitia informação por processo eletromagnético.

#### **2.5. RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DOS DOIS TIPOS DE IDENTIFICAÇÃO**

A Tabela 1 contrapõe a identificação qualitativa e a identificação numérica tendo em vista o que foi apresentado até aqui.

Os exames periciais de determinação da fonte se baseiam, como regra geral, em análise de material questionado e padrão, circunscrevendo-se ao nível I (nível da fonte) da hierarquia de proposições e constituindo uma atividade de identificação qualitativa.

Esse é o caso de todos os exemplos dados na Introdução quando a análise se basear em metodologias de comparação entre vestígio e material padrão, sem preocupação direta com questões de persistência e transferência de marcas e traços.

Em particular, é o caso da comparação forense de locutor (último exemplo dado na Introdução).

TABELA 1  
IDENTIFICAÇÃO QUALITATIVA *VERSUS* IDENTIFICAÇÃO NUMÉRICA

Tipo de identificação	Qualitativa	Numérica
<b>Resultado</b>	O resultado é uma classificação (a fonte do vestígio é – ou não – da mesma classe da fonte do padrão).	O resultado é uma individualização.
<b>Número de seres discriminados</b>	Variável conforme o caso, podendo ser qualquer inteiro maior ou igual a 1.	1 (um).
<b>Dependência em relação à escolha de parâmetros de classificação/comparação</b>	Dependente intrinsecamente.	Não utiliza parâmetros de classificação.
<b>Relação com a continuidade no tempo</b>	Não pressupõe mecanismo de garantia de continuidade. O resultado pode variar se a fonte do material questionado se alterar.	A continuidade no tempo é pressuposto essencial.
<b>Correlação com a hierarquia de proposições</b>	Relacionada a proposições de nível I (fonte).	Relacionada a proposições de nível II (atividade) e III (delito).

Deve ficar claro que as questões de persistência e, em particular, transferência podem ser, e normalmente são de fato, pericialmente importantes na aceitação, como vestígio, do áudio questionado. Porém, isso não é parte do exame de comparação forense de locutor, mas do exame de verificação de edição (ver [9], p. 299; [3], p. 284-285).

### **3. O “DOGMA DA UNICIDADE”**

A diferença entre identificação qualitativa e identificação numérica teria pouca relevância prática na perícia se fosse possível demonstrar – para os exames de determinação da fonte circunscritos ao nível I da hierarquia de proposições – que a metologia de análise, ainda que em condições específicas, seria capaz de determinar classes que contivessem um único elemento.

Ou, equivalentemente, se fosse possível demonstrar o que chamaremos aqui de unicidade: apenas um único ente (pessoa ou objeto) poderia produzir o vestígio com as características levantadas pela análise pericial.

Juntando-se à unicidade o requisito da contemporaneidade do material padrão, que garan-

tiria a continuidade no tempo, chegar-se-ia à conclusão de que o exame de investigação da fonte realizado conforme a metodologia de comparação delineada na Introdução, que é uma identificação qualitativa, faria as vezes, para os fins práticos, de uma individualização.

### 3.1. A “FALÁCIA DA INDIVIDUALIZAÇÃO”

Não se analisarão aqui as questões relativas ao requisito da contemporaneidade, que dependem de considerações particulares para cada tipo de vestígio.

No que se refere ao pressuposto da unicidade, verifica-se que, em geral, na Criminalística ele não somente é assumido como hipótese de trabalho provisória, a ser colocado sob teste empiricamente, mas como verdade óbvia e evidente (ver [10] e [11]).

O que se observa em muitos textos devotados ao tema da Criminalística - e não somente no Brasil - bem como na prática diária de várias áreas da perícia, é a assunção da unicidade como um verdadeiro dogma.

Sua base consiste de um raciocínio indutivo que iguala infreqüência a unicidade, fundamentado no acúmulo de experiência pessoal não sistematizada, reforçado pelas afirmações de estudiosos vistos como baluartes nas suas respectivas áreas (argumento de autoridade).

Além disso, como afirmado em [4], p. 208, a hipótese da unicidade da fonte não só é assumida como verdade mas é também transferida, sem questionamento, para o vestígio produzido.

Configura-se, assim, o que [11] chama de “falácia da individualização”.

Por exemplo, para justificar a capacidade de determinação individualizadora da perícia grafoscópica, um texto da área afirma:

A escrita é *individual*. A escrita é resultante de estímulos cerebrais que determinam movimentos e estes criam as formas gráficas.

Muito embora os cérebros de todos sejam anatomicamente iguais, a sua função varia de pessoa para pessoa. O mesmo ocorre com o sistema somático. Vale dizer, portanto, que ambos tendem **variаr (sic) ao infinito**. Como a escrita resulta do concurso desses dois

sistemas, evidentemente ela também **varia ao infinito**.

Se assim não fosse, a perícia grafotécnica, que é aceita universalmente, não teria o menor valor. ([1], p. 29; grifos em negrito meus).

De modo semelhante, mas em relação aos exames comparativos na balística, outro texto afirma:

(...) assim como é **pacífico** que duas impressões digitais cujos desenhos coincidam exatamente só podem corresponder a um mesmo dedo, assim também pode-se ter como **indiscutível** que a presença de deformações normais convergentes, em dois ou mais projetis, significa que foram todos expelidos por **um só e mesmo** cano raiado.

([2], p. 316; grifos meus).

Para exemplos semelhantes na literatura em inglês, ver [11], p. 203-206.

### 3.2. PREMISSAS DA “FALÁCIA DA INDIVIDUALIZAÇÃO”

Como discutido em [10] e [11], há diversas razões, inclusive de cunho sociológico, que podem explicar a presença razoavelmente disseminada da “falácia da individualização”, ou seja, da afirmação categórica da capacidade individualizadora dos exames baseados em comparação de características, na Criminalística.

Destacam-se a seguir duas das justificativas levantadas em [11] e que podem ser observadas nas duas citações diretas feitas acima.

#### 3.2.1. O NÚMERO DE COMBINAÇÕES POSSÍVEIS

A primeira diz respeito ao número de combinações possíveis de determinadas características. Ainda que esse número seja grande, indicando que a possibilidade de coincidências é baixa, a matemática e a estatística não permitem concluir que ela pode ser assumida, mesmo para os fins práticos, como sendo nula.

O conhecido “paradoxo do dia de aniversário” (ver, por exemplo, [12], p. 64) mostra que o cálculo de probabilidades apresenta muitas vezes resultados que não são intuitivos. Assim é que, apesar de haver, desconsiderando-se os bissextos, 365 dias em um ano, basta tomar 23 pessoas ao acaso para que a probabilidade de que pelo menos duas delas façam aniversário no mesmo dia seja maior do que 50% (na verdade, essa probabilidade será de aproximada-

mente 50,73%). Com 57 pessoas, a probabilidade de ter pelo menos uma coincidência ultrapassa 99%.

Esses números – 23 e 57 – são, respectivamente, duas e uma ordem de grandeza menores do que o universo de possibilidades, 365.

No caso geral, havendo um universo de  $k$  possibilidades equiprováveis de combinações de um conjunto de características e  $n$  seres que apresentam uma dessas combinações, a probabilidade  $p$  de que pelo menos dois desses seres tenham as mesmas características é:

$$p = 1 - p_2$$

onde  $p_2$  é a probabilidade de que não haja nenhuma coincidência, ou seja,

$$p_2 = \frac{k \cdot k-1}{k} \cdot \dots \cdot \frac{k-(n-1)}{k} = \frac{k!}{(k-n)! \cdot k^n}$$

e, portanto,

$$p = 1 - \frac{k!}{(k-n)! \cdot k^n} \quad (1)$$

Pode-se argumentar que, na prática, dada a enorme quantidade de possibilidades de combinações de um determinado conjunto de características – por exemplo, os pontos característicos em um fragmento de impressão digital –, o cálculo de probabilidade de coincidências ao acaso utilizando (1) (ou qualquer expressão semelhante) resultaria em valores ínfimos para  $p$ , que permitiriam, mesmo considerando toda a população de fontes possíveis no planeta, fazer uma identificação individualizadora categórica.

Entretanto, muitas características envolvidas em problemas de determinação da fonte comuns na Criminalística não têm o seu mecanismo satisfatoriamente descrito pela ciência.

Cálculos de número de combinações possíveis via de regra fazem suposições como a de independência de variáveis e distribuição uniforme de possibilidades. Porém, se o mecanismo físico de determinação dessas características não foi cientificamente levantado de modo satisfatoriamente completo, pode haver, na realidade, variáveis ainda não descobertas que fazem determinadas combinações mais prováveis do que outras.

Outros processos – como por exemplo, a aquisição de marcas de uso em solados de calçados e de marcas de disparo em projetis de armas de fogo de alma raiada – muitas vezes carecem de modelamentos e levantamentos estatísticos que permitam apresentar conclusões em exames periciais de modo mais objetivo.

Isso leva a uma consequência, que é parte da boa prática científica, mas, surpreendentemente, tem ainda pouca ressonância na cultura de muitas áreas periciais: a necessidade de realizar levantamentos empíricos e validações estatísticas, ao invés de se assumir a unicidade como uma premissa inquestionável.

Mesmo quando os fundamentos básicos do mecanismo sob análise são bem estabelecidos, como no caso do DNA, a estatística, vale lembrar, não leva à individualização. Por sua própria natureza, o que ela permite é a quantificação objetiva de uma inferência. O exame pericial de investigação da fonte continua sendo uma identificação qualitativa ([13], p. 199; [4], p. 209). A rigor, somente a verificação de todo o espaço amostral poderia levar à individualização ([11], p. 7).

Apesar da simplicidade da consideração embutida na equação (1), é importante reforçá-la. Muitas áreas da Criminalística, ainda hoje, desenvolvem raciocínios equivocados que pretendem embasar conclusões individualizadoras para seus respectivos exames a partir da mera determinação do número possível de combinações de um conjunto de características (para um exemplo desse equívoco, ver [14]).

### 3.2.2. CONHECIMENTO “PACÍFICO” E “INDISCUTÍVEL”

Outra justificativa subjacente à defesa apriorística da unicidade e da capacidade individualizadora dos exames de investigação da origem, mesmo no nível I da hierarquia de proposições, é a inocorrência de coincidências, ou seja, de seres diferentes produzindo vestígios indistinguíveis, observada pelos peritos ao longo de sua experiência profissional.

Como destacado em [11], p. 212-213 e em [10], há vários problemas nesse raciocínio.

Um deles é lógico: a indução pode – e é – usada cientificamente na formulação de hipóteses, porém o acúmulo de observações não prova a hipótese. Na realidade, basta uma observação em discordância com a hipótese para colocá-la em cheque (conceito da falseabilidade das teorias científicas, proposto por Karl Popper).

Afirmativas sobre a capacidade de individualização de exames criminalísticos deveriam, ao menos, ser mais modestas, sob o risco de pretenderem colocar a Criminalística “acima” das próprias Ciências Naturais.

Outro problema é que, no cenário de diversas áreas das chamadas ciências forenses, vê-se poucos estudos dedicados à verificação, embasada no método científico, da hipótese da individualização. Baixo nível de pesquisas formais e mesmo de esforço concentrado em busca de falsos positivos, além da ausência de levantamentos extensos e bancos de dados, parecem ser mais a regra do que a exceção, incluindo na área de comparação forense de locutor.

Epistemologicamente, todas as Ciências Naturais têm no raciocínio indutivo um dos seus pilares e, do ponto de vista sociológico, os cientistas, na prática do dia a dia, também podem tender a apropriar como dogma as hipóteses e teorias de ampla aceitação na comunidade científica em dado momento histórico, até por uma questão de eficiência (ver [15] ou [16]).

Porém, a cultura científica, ao mesmo tempo, também destaca a necessidade de testes sistematizados e objetivos no processo de estabelecimento de hipóteses.

Considerando, além disso, que em muitas áreas, incluindo a comparação de falantes, como veremos mais adiante, ainda não há parâmetros objetivos quantitativos para todos os aspectos levados em conta na análise, seria desejável implantar uma cultura de incentivo a testes cegos de proficiência dos grupos periciais ([10]; [11], p. 201-202).

#### 4. RAZÃO DE VEROSSIMILHANÇA

Abandonado o dogma da unicidade, a lógica inferencial de base estatística se apresenta

como a ferramenta preferencial para a solução, em bases cientificamente mais sólidas, do problema da determinação da fonte.

Considerando o nível I da hierarquia de proposições, a metodologia tradicional de comparação de características entre os materiais questionado e padrão deverá ser complementada pela avaliação estatística da distribuição dessas mesmas características no restante da população de entes que, potencialmente, poderiam ter produzido ou ter sido utilizados na produção do vestígio.

O ideal, portanto, para a abordagem do problema da determinação da origem, não é apenas estabelecer o grau de compatibilidade entre as marcas ou traços do vestígio e as marcas ou traços do material padrão – ou seja, o seu grau de similaridade –, mas também avaliar estatisticamente se as características observadas no vestígio poderiam ter-se originado de outros seres de uma população de referência, ou seja, o grau de tipicidade do conjunto de características do vestígio.

Por exemplo, um alto grau de similaridade entre vestígio e material padrão é, em princípio, favorável a uma conclusão positiva a respeito da identidade qualitativa entre a fonte do material questionado e do material padrão. Porém, se o conjunto de características do vestígio for muito comum, ou seja, seu grau de tipicidade for grande, isso será desfavorável à conclusão positiva a respeito da identidade qualitativa.

Considera-se atualmente que a metodologia mais adequada para realizar os exames de determinação da fonte segundo esses princípios é a que utiliza razões de verossimilhança no contexto da análise bayesiana de dados.

##### 4.1. ANÁLISE BAYESIANA DE DADOS

A abordagem, teoria ou interpretação bayesiana da probabilidade, bem como sua faceta operacional, a chamada análise bayesiana de dados, é uma das teorias matemáticas que tratam do tema da probabilidade. Na realidade, não é totalmente correto falar em uma única “interpretação bayesiana da probabilidade”,

pois pode haver pequenas diferenças de visão sobre aspectos específicos da probabilidade de acordo com o autor consultado.

Neste tutorial, adota-se em linha geral, chamando de “abordagem, teoria ou interpretação bayesiana”, a encontrada em [17] e [18].

A teoria bayesiana pretende ser um sistema lógico que permite atribuir um peso ou grau à plausibilidade de eventos incertos. A incerteza deriva da ausência de informação que permita determinar por dedução e seguramente se o evento ocorre ou não. A probabilidade, na visão bayesiana, é, portanto, um estado de conhecimento, não uma entidade do mundo físico, externa ao observador ([19], p. 10-11).

Apesar de haver um foco no observador, o que faz com que em geral se classifique a abordagem bayesiana como uma teoria subjetiva da probabilidade, ela permite atingir resultados objetivos definidos, ou seja, inferências de caráter conclusivo obtidas por dedução, a partir de inferências tomadas como hipóteses de trabalho indutivas, as quais são também informadas pelos dados observados. Vê-se, desde logo, o papel importante que a probabilidade condicional desempenha na análise bayesiana.

Para uma discussão aprofundada da teoria bayesiana, ver [18].

A teoria bayesiana se contrapõe, tanto do ponto de vista filosófico quanto do ponto de vista operacional, a muitos dos aspectos da chamada teoria frequentista da probabilidade, que, historicamente, norteou os estudos da probabilidade na maior parte das gerações de matemáticos nos séculos XIX e XX.

A abordagem bayesiana é centrada no teorema de Bayes, que recebe seu nome do matemático e reverendo inglês Thomas Bayes, o qual, em um artigo publicado postumamente em 1763, apresenta expressões e raciocínios relacionados à probabilidade condicional.

Entretanto, na realidade, a formulação definitiva, e utilizada atualmente, do chamado teorema de Bayes deve-se a Laplace (1749-1827), que, em 1812, publicou um estudo no qual de-

senvolvia vários aspectos de uma teoria da probabilidade propriamente bayesiana.

Nas décadas seguintes, entretanto, os princípios do trabalho de Laplace foram colocados em xeque, sob o argumento de que careciam de rigor matemático, por estarem baseados em uma noção intuitiva e subjetivista da probabilidade.

Prevaleceu, a partir daí, a chamada teoria frequentista, onde a probabilidade de um evento incerto  $X$ , aqui indicada por  $p(X)$ , é (por exemplo, ver [20]):

$$p(X) \equiv \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n(X)}{n} \quad (2)$$

onde:

$n$  é o número de repetições, reais ou imaginadas hipoteticamente, da situação ou experimento em que  $X$  pode aparecer;

$n(X)$  é o número de vezes em que se observa  $X$ .

A teoria frequentista é também conhecida como a teoria tradicional ou ortodoxa da probabilidade. Ela é fortemente dependente do conceito de aleatoriedade (*randomness*), enquanto a teoria bayesiana, por outro lado, é centrada no conceito de incerteza.

Como a noção de inferência é inerente à definição bayesiana de probabilidade, essa teoria transita naturalmente para o campo da inferência estatística, ao passo que, no contexto da abordagem tradicional da probabilidade, a inferência estatística é considerada uma disciplina distinta, ainda que correlacionada com a probabilidade.

Outra diferença é que a abordagem tradicional, por sua definição de probabilidade, leva diretamente à regra da probabilidade conjunta de eventos, podendo-se dizer então que essa regra se sobressai nessa teoria. Na abordagem bayesiana, a regra básica é a da probabilidade condicional, que veremos mais adiante. Operacionalmente, ela permite obter resultados a partir da assunção de um grau de plausibilidade *a priori*. Ao mesmo tempo, essa regra seria a expressão da própria validade da abordagem bayesiana.

A Tabela 2 mostra, de maneira resumida, as principais diferenças entre a interpretação frequentista e a bayesiana. Alguns aspectos presentes na tabela serão abordados no próximo item.

TABELA 2  
INTERPRETAÇÃO FREQUENTISTA VERSUS INTERPRETAÇÃO BAYESIANA DA PROBABILIDADE

Interpretação:	Frequentista	Bayesiana
<b>Significado de probabilidade</b>	Frequência relativa	Grau de plausibilidade
<b>Natureza da probabilidade</b>	Propriedade da situação sob análise	Estado de conhecimento sobre a situação sob análise
<b>Na relação observador/objeto é focada no ...</b>	...objeto	...observador
<b>Dedução x indução</b>	Se pretende uma teoria puramente dedutivo-matemática	Pode-se dizer que é induutivo-dedutiva, se aproximando da física-matemática
<b>Regra mais “característica”</b>	Probabilidade conjunta	Probabilidade condicional
<b>Conceito importante</b>	Aleatoriedade	Incerteza
<b>Admissão na teoria matemática de probabilidades apriorísticas</b>	Não admite, mas as tem de certa forma embutidas na escolha do modelo de inferência estatística, que é disciplina à parte	Admite
<b>Inferência estatística</b>	É uma disciplina à parte	É conceitualmente parte da teoria
<b>Papel do teorema de Bayes</b>	Regra de aplicação no cálculo de probabilidade condicional	É um método geral de análise
<b>Dependência em relação à disseminação de ferramentas computacionais</b>	Já era dominante antes da disseminação dessas ferramentas	Deve parte de sua atual popularidade à disseminação do microcomputador a partir da década de 1980

A teoria bayesiana não é a única abordagem alternativa à frequentista. O sistema axiomático de Kolmogorov, por exemplo, utiliza teoria dos conjuntos para fundamentar o estudo da probabilidade (muitos manuais de probabilidade, como [21] e [22], usam essa abordagem). No entanto, o sistema de Kolmogorov é mais afim com a teoria frequentista do que com a teoria bayesiana.

Para outras teorias da probabilidade, inclusive que se afirmam bayesianas mas diferem do entendimento desse termo aqui delineado, ver [18], apêndice A.

#### 4.2. O TEOREMA DE BAYES

Um dos marcos na retomada do interesse pela teoria bayesiana foi a publicação do livro da referência [17], cuja primeira edição é de 1939.

Entretanto, do ponto de vista dos fundamentos da teoria, [23] tem relevância proeminente por tentar deduzir matematicamente, a partir de princípios elementares, as regras básicas da inferência lógica. Em outras teorias, como a frequentista e a de Kolmogorov, essa dificuldade não existe. Na teoria frequentista, essas regras básicas decorrem facilmente da definição de probabilidade. Na teoria de Kolmogorov, elas são admitidas como axiomas ou são postas como definições (ver [22], p. 20-21 e 27-28).

Em [23], as regras deduzidas são:

- probabilidade condicional:

$$p(X, Y|I) = p(X|Y, I) \cdot p(Y|I) \quad (3)$$

- probabilidade do complementar (ou regra da soma):

$$p(X|I) + p(\bar{X}|I) = 1 \quad (4)$$

onde:

- a vírgula indica a operação “E” lógica;
- a barra vertical “|” significa “dado” ou “supondo”, ou seja,  $p(A|B)$  deve ser lido como “probabilidade de  $A$  dado  $B$ ”, ou, equivalente mente, “ $p(A)$  supondo que  $p(B)=1$ ”;
- $\bar{X}$  significa “ $X$  é falso” ou “ $X$  não ocorre”;
- $I$  é a informação ou evento de referência (*background information*), que destaca o fato de que toda probabilidade depende de pressupostos ([19], p. 5).

Nas expressões acima, como  $I$  é pressuposto para todos os eventos ou informações, ele pode, por economia na notação, ser omitido, desde que nunca seja esquecido que é condição prévia para todo o restante.

No caso pericial, podem-se citar como exemplos de pressupostos  $I$  em um exame de determinação da fonte no nível I (um) da hierarquia de proposições: a integridade da cadeia de custódia da prova, de modo que o vestígio apresentado a exame é aquele coletado na cena do crime; a validade da teoria científica que

subjaz ao exame, por exemplo, os princípios da genética em um exame de DNA.

Dados dois eventos  $X$  e  $Y$ , a partir da regra da probabilidade condicional temos que:

$$\begin{cases} p(X, Y|I) = p(X|Y, I) \cdot p(Y|I) \\ p(Y, X|I) = p(Y|X, I) \cdot p(X|I) \end{cases}$$

mas:

$$p(X, Y|I) = p(Y, X|I)$$

pois falar no evento “ $X$  e  $Y$ ” é o mesmo que falar no evento “ $Y$  e  $X$ ”. Das expressões acima obtém-se, então:

$$\begin{aligned} p(X|Y, I) \cdot p(Y|I) &= p(Y|X, I) \cdot p(X|I) \Rightarrow \\ \Rightarrow p(X|Y, I) &= \frac{p(Y|X, I) \cdot p(X|I)}{p(Y|I)} \quad (5) \end{aligned}$$

A expressão (5) é conhecida como teorema de Bayes, e pode, como fica evidente acima, ser obtida e utilizada no contexto da teoria frequentista e de outras teorias da probabilidade, já que, basicamente, é um corolário de (3) (ver, por exemplo, [20], p. 36, e [22], p. 30-31).

O que distingue seu papel na probabilidade bayesiana é que, nela, o teorema de Bayes é a ferramenta de análise principal. Para apreciar sua importância, consideremos, na expressão (5), que  $X$  é uma hipótese  $H$  cuja probabilidade se deseja calcular e  $Y$  é a informação ou evidência  $E$  obtida dos dados empíricos. Dessa forma:

$$p(H|E, I) = \frac{p(E|H, I) \cdot p(H|I)}{p(E|I)} \quad (6)$$

A expressão (6) mostra que o teorema de Bayes é uma maneira de calcular a probabilidade da hipótese à luz dos dados empíricos – a chamada probabilidade *a posteriori*,  $p(H|E, I)$  –, partindo de duas informações: uma estimativa inicial do valor dessa probabilidade – a probabilidade *a priori*,  $p(H|I)$  – e o cálculo da probabilidade de que os dados empíricos seriam realmente aqueles observados caso a hipótese fosse verdadeira – a chamada função de verossimilhança,  $p(E|H, I)$ .

O termo  $p(E|I)$  é uma espécie de “constante de proporcionalidade” que, em muitos proble-

mas práticos, incluindo no uso forense das raízes de verossimilhança, não é relevante.

Ao contrário do que a nomenclatura dos termos pode talvez sugerir, não é apenas a função de verossimilhança que pode ser uma “função”. Qualquer dos termos do teorema de Bayes pode ser uma função densidade de probabilidade discreta ou contínua, ou um valor de probabilidade de um evento específico.

Não há em princípio restrições para o valor ou função admitida para a probabilidade *a priori*, mas o valor de convergência da probabilidade *a posteriori*, se houver um, poderá ser alcançado com maior ou menor quantidade de dados dependendo da função *a priori* utilizada.

Esse comentário introduz outra característica da análise bayesiana de dados, que é o fato de demandar mais esforço computacional para determinados problemas do que se utilizada uma abordagem de natureza frequentista. Não é coincidência, portanto, que a popularização do microcomputador a partir da década de 1980 tenha coincidido com o aumento significativo de interesse pela análise bayesiana de dados.

#### 4.3. APLICAÇÃO FORENSE DO TEOREMA DE BAYES: LR

Para equacionar o problema pericial da determinação da fonte, seja  $H_{so}$  a hipótese de que vestígio e material padrão tenham vindo da mesma fonte (*so: same origin*), no caso a pessoa ou objeto suspeitos.

De (6), tem-se:

$$p(H_{so}|E, I) = \frac{p(E|H_{so}, I) \cdot p(H_{so}|I)}{p(E|I)} \quad (7)$$

De igual forma, seja  $H_{do}$  a hipótese de que a fonte não seja o suspeito (*do: different origin*). De (6):

$$p(H_{do}|E, I) = \frac{p(E|H_{do}, I) \cdot p(H_{do}|I)}{p(E|I)} \quad (8)$$

Pode-se dizer que (7) é uma medida da similaridade entre vestígio e material padrão, enquanto (8) é uma medida da tipicidade do vestígio, pois quanto maior  $p(H_{do}|E, I)$ , mais típico é o vestígio, pois maior é a probabilidade de

que tenha se originado de outra fonte que não a suspeita.

A razão entre as expressões (7) e (8), portanto, permitirá avaliar conjuntamente esses dois aspectos:

$$\frac{p(H_{so}|E, I)}{p(H_{do}|E, I)} = \underbrace{\frac{p(E|H_{so}, I)}{p(E|H_{do}, I)}}_{\text{Razão de probabilidade } a \text{ posteriori}} \cdot \underbrace{\frac{p(H_{so}|I)}{p(H_{do}|I)}}_{\text{Razão de probabilidade } a \text{ priori}} \quad (9)$$

Como mostrado acima, cada um dos termos da expressão (9) possui, a exemplo do que se tem no teorema de Bayes, um nome específico.

A razão à esquerda da igualdade é chamada “razão de probabilidade *a posteriori*”.

À direita da igualdade, o primeiro termo é a “razão de verossimilhança” ou LR (*Likelihood Ratio*). O segundo é a “razão de probabilidade *a priori*”.

O termo  $p(E|I)$  acaba se cancelando quando passamos de (7) e (8) para (9).

Tendo em vista que a perícia realiza a análise científica do vestígio e não deve, nem preende, substituir o julgador, a expressão (9) fornece uma base metodológica bastante adequada para os exames de determinação da fonte.

O objetivo dos exames passa a ser o fornecimento da razão de verossimilhança, LR, obtida a partir da análise do vestígio e do material padrão, bem como da amostra de uma população de referência. Dessa forma, a perícia se atém à evidência material.

Um LR maior do que um indica que é maior a probabilidade da evidência considerando que o suspeito é a fonte; um LR menor do que um significa que é maior a probabilidade da evidência supondo que sua fonte seja diversa do suspeito; um valor igual a 1 significa que ambas as probabilidades são iguais.

É muito importante, entretanto, notar que, na abordagem via LR, o exame pericial **não** fornece valores ou razões de probabilidade *a posteriori*. Mas é em geral a razão de probabilidade

de *a posteriori* o que interessa diretamente ao julgador.

Para chegar à razão de probabilidade *a posteriori*, é necessário, como mostra a expressão (9), ter um valor de razão de probabilidade *a priori*, a qual representará o aporte, por parte do julgador, de outras considerações pertinentes ao caso.

## 5. LR NA COMPARAÇÃO FORENSE DE LOCUTOR

A genética forense foi a primeira área da Criminalística a adotar de forma generalizada uma metodologia baseada em razões de verossimilhança (ver, por exemplo, [10]). Seu papel pioneiro demonstra que a sistemática é passível de implementação.

Na fonética forense, os chamados “sistemas de reconhecimento automático de locutor” (RAL) ou sistemas ASR (*Automatic Speaker Recognition*) que incorporam a abordagem por LR – e não meramente apresentam, como é o caso, em geral, das aplicações de controle de acesso, um resultado do tipo “positivo” ou “negativo” – são uma ferramenta que também demonstra a aplicabilidade da metodologia na comparação forense de locutor.

Entretanto, é importante ter em mente que a abordagem por LR não é uma panaceia, nem pode ser aplicada sem ter em vista suas principais características.

### 5.1. CARACTERÍSTICAS E LIMITES DA ABORDAGEM POR LR

#### 5.1.1. A EVIDÊNCIA NÃO É O VESTÍGIO

O emprego da análise por LR não altera a natureza do exame de determinação da fonte: ele continua sendo uma identificação qualitativa, não uma individualização.

Valem, portanto, as observações feitas no item 2.2: o resultado do exame é diretamente dependente das características e da métrica utilizados na comparação.

Na expressão da razão de verossimilhança,

$$LR = \frac{p(E|H_{so}, I)}{p(E|H_{do}, I)} \quad (10)$$

a evidência *E* não é o vestígio, mas o resultado da análise comparativa entre o vestígio e o material padrão, ou seja, a evidência é construída durante a análise, estando nela embutida a escolha de parâmetros a serem extraídos.

No caso do DNA, a técnica atual obtém um perfil genético que é distinto do sequenciamento completo do genoma, baseando-se, na realidade, no tamanho (massa) de segmentos específicos do DNA (para detalhes, ver [24], p. 249-264).

No caso da fala, por outro lado, a distância entre vestígio e evidência é ainda maior do que na genética forense, onde há um acentuado isomorfismo entre ambos. Na comparação forense de locutor, a evidência não é a gravação questionada, mas o resultado da análise comparativa entre essa gravação e a gravação padrão, que dependerá das metodologias – manuais e/ou automáticas; acústicas e/ou articulatórias – empregadas no exame.

Enquanto o vestígio genético é do tipo discreto, sem intravariabilidade – excetuando-se os casos raríssimos de quimerismo e mosaicismo –, sem possibilidade de ser disfarçado e praticamente imutável no tempo, o vestígio na comparação forense de locutor tem características muito mais variáveis (ver [6], p. 7-9; [9], p. 303; [25], p. 148-151), pois:

- há intravariabilidade intrínseca na fala, em todos os seus níveis;
- os parâmetros (tanto acústicos quanto articulatórios) são contínuos;
- pode ocorrer tentativa de disfarce;
- a gravação do áudio depende das características do canal e do ambiente, como ruído de fundo e reverberação.

Pode-se dizer, então, que os resultados de uma análise por LR na comparação forense de locutor será intrinsecamente mais dependente da sistemática de obtenção da evidência a partir do vestígio do que no caso do exame de DNA.

#### 5.1.2. “SISTEMAS DE RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE LOCUTOR”

Os sistemas ASR forenses (ou FSAR, *Forensic ASR*), por exemplo, fazem análise predominantemente de parâmetros acústicos freqüenciais e, na prática, costumam usar os coeficientes cepstrais, filtrados e transpostos segundo a escala Mel ([26], p. 262-265; [27], p. 432-433), recebendo a denominação de “coeficientes mel-cepstrais” (MFCC, *Mel Frequency Cepstral Coefficients*).

Outras tecnologias específicas são também empregadas nesses sistemas, sendo muito comum o modelamento estatístico por mistura de gaussianas (GMM, *Gaussian Mixture Model*) com modelo de locutor de referência único (UBM, *Universal Background Model*).

Obviamente, isso não significa que essas escolhas de implementação foram arbitrárias. Testes objetivos e controlados – e, portanto, científicamente consistentes – foram realizados mostrando, por exemplo, que a abordagem por GMM era mais eficiente do que HMM (*Hidden Markov Model*) para fins forenses (ver, por exemplo, [28]).

Porém, tendo em vista a diferença entre vestígio e evidência, e as condições de contorno do vestígio forense de voz, pode-se afirmar que, embora os atuais sistemas FASR sejam uma ferramenta importante de análise, eles não são definitivos ([29], seção 3.3.2). Por exemplo, ainda há um grande campo de pesquisa aberto a outras abordagens acústicas, automáticas ou semiautomáticas, como a análise de ritmo ([29], seção 3.4.3 e p. 59).

A discussão sobre o chamado “*UK position statement*” ([30]; [25]; [9], p. 305-306; e [31]) mostra que a área de comparação forense de locutor está distante da fase de sedimentação de metodologias. Levantamento recente (ver [32]) sugere que ainda não há uniformidade, em nível mundial, nos métodos de execução desse exame e na forma de expressar seu resultado.

Deve-se ter em mente que a comparação forense de locutor envolve situações específicas (como a possibilidade de disfarce da voz; ambiente com ruídos específicos e reverberação), não levadas em conta em outras aplicações, como o controle de acesso, e que tendem a di-

minuir drasticamente o índice de validade e confiabilidade dos sistemas ASR.

De particular relevância, tanto no alerta que faz, válido para todas as metodologias de realização do exame de comparação forense de locutor, quanto pela experiência dos seus autores, alguns deles com contribuição científica decisiva para o próprio avanço dos sistemas ASR, é o artigo da referência [33].

#### 5.1.3. POPULAÇÃO DE REFERÊNCIA

A abordagem por LR, sendo um método estatístico, depende da amostragem de uma população de referência.

Tem-se dois conjuntos de questões envolvidos, os quais, imbricados com a escolha das características de comparação (item 5.1.1), também irão influenciar diretamente no resultado da análise: primeiramente, as questões pertinentes à definição da população de referência; e, em segundo lugar, as relacionadas à definição da amostra.

Essas questões são relevantes e ainda não estão totalmente resolvidas não somente nas áreas onde a abordagem estatística é relativamente nova, como na fonética forense, mas também em áreas “tradicionalis” como a genética forense.

As questões passíveis de serem levantadas e suas soluções podem variar de caso a caso e refletir-se não somente no cálculo da LR, mas também na informação de referência *I* e nas probabilidades *a priori*. Para um panorama desses problemas, ver [34].

Do ponto de vista prático, para o desenvolvimento da comparação forense de locutor na perícia oficial brasileira, é importante que esse tema seja amplamente e continuamente debatido, gerando procedimentos de construção e utilização de bancos de amostras para o português brasileiro, preferencialmente comuns e compartilhados por todos os órgãos de perícia oficial. É importante lembrar que essa discussão não se aplica somente aos bancos de amostras necessários para os sistemas FASR do tipo MFCC/GMM/UBM, mas para toda a gama de possíveis parâmetros, acústicos e articulatórios,

que venham a ser abordados por meio de razões de verossimilhança.

#### 5.1.4. QUANTITATIVO VERSUS QUALITATIVO

A expressão (9) e mesmo toda a análise bayesiana não necessariamente dependem de dados explicitamente colhidos, em base quantitativa, de um levantamento estatístico explícito. As inferências podem ter por base estimativas do observador, no caso o perito.

A referência [9], por exemplo, admite a possibilidade de atribuição de valores para as probabilidades envolvidas no cálculo da LR na comparação forense de locutor a partir da experiência do perito. Porém, como destaca na p. 306, apenas se essa experiência foi submetida a testes cientificamente controlados de confiabilidade.

Esse requisito de estimativa do desempenho de peritos ou de grupos de perícia, “em áreas onde o método é basicamente o convencimento do examinador” ([10], p. 894), entretanto, está longe de ser alcançado na prática.

Como discute [10], e já foi comentado no item 3.2.2, programas continuados de aferição da proficiência de peritos e grupos de perícia em condições de teste cego, com dados realísticos, são praticamente inexistentes na maioria dos ramos da Criminalística. A fonética forense brasileira não é exceção.

#### 5.1.5. LR E OS NÍVEIS DA HIERARQUIA DE PROPOSIÇÕES

Embora, como ilustram os exemplos dados na Introdução, quando se fala em exames de determinação da fonte basicamente se está referenciando exames no nível I da hierarquia de proposições discutida no item 2.4, o uso de razões de verossimilhança não se restringe a esse nível.

Pelo contrário, como já apontado naquele item, os proponentes dessa hierarquia a definiram com base na possibilidade de realizar a análise pericial em termos de LR em qualquer nível.

As proposições, portanto, não são explicações ou hipóteses quaisquer, mas apenas aquelas passíveis de algum tipo de análise estatística.

ca por LR, onde o perito possa, com seu conhecimento científico, auxiliar a Justiça.

Para ilustrar essa diferença, [7] oferece alguns exemplos. Um deles (p. 4) diz respeito a uma mancha de sangue, encontrada em local de crime, cujo perfil genético é concordante com o do suspeito. Um conjunto de hipóteses aparentemente possível em nível I seria:

- hipótese da acusação ( $H_1$ ): a mancha de sangue é do suspeito;
- hipótese da defesa ( $H_2$ ): a mancha de sangue é de outra pessoa que, por acaso, tem o mesmo perfil genético do suspeito.

Apesar de serem explicações possíveis, o par de proposições  $H_1$  e  $H_2$  não é passível de análise pericial. Dadas as características da evidência genética já discutidas em 5.1.2,  $p(E|H_1, I)$  é 1, como é em geral nos exames de DNA, onde o numerador da LR é ou 0, ou 1.

Porém,  $p(E|H_2, I)$ , pelo modo como  $H_2$  foi formulada, também é 1, o que daria

$$LR = \frac{p(E|H_1, I)}{p(E|H_2, I)} = 1$$

Para esse exemplo, um par de proposições passível de análise pela perícia seria, na verdade:

- hipótese da acusação ( $H_{so}$ ): a mancha de sangue é do suspeito;
- hipótese da defesa ( $H_{do}$ ): a mancha de sangue foi deixada por uma outra pessoa que não o suspeito.

A medida que se avança para os níveis II e III da hierarquia, com o aporte de informação contextual, fica mais crítica não somente a obtenção e análise de dados estatísticos, mas também a percepção pelo perito dos pares de proposições adequados para a análise por LR.

Entretanto, é possível, em teoria, como mostrado em [7], essa análise, de maneira que a perícia possa trazer informação estatística de base científica a fim de auxiliar o julgador, seja na constituição da autoria, seja na constituição da materialidade delitiva.

Na análise forense de áudio e vídeo, os exames de verificação de edição são uma das áreas que podem se beneficiar do aprofundamento dos estudos da aplicação de LR em níveis acima do nível I da hierarquia de proposições.

## 5.2. A METODOLOGIA E A CONCLUSÃO DO LAUDO DE COMPARAÇÃO FORENSE DE LOCUTOR

Embora desejável do ponto de vista científico, a introdução da análise por LR em todos os aspectos hoje utilizados nos exames de comparação forense de locutor é bastante problemática, como alerta [31].

O cenário atual, aparentemente (ver [32]), ainda é de predomínio, em nível mundial, da análise do tipo impressionística baseada na comparação de características acústicas e articulatórias.

Como discutido nos itens 5.1.2 e 5.1.3, entretanto, um cenário na verdade muito pior, em termos da qualidade dos resultados fornecidos pela perícia de comparação forense de locutor, seria aquele em que sistemas FASR do tipo MFCC/GMM/UBM fossem usados com exclusividade sem a compreensão das suas limitações e dos cuidados de implementação.

Admitindo, portanto, que a melhor solução no momento não seja abandonar as metodologias tradicionais, mas buscar agregar a elas, paulatinamente, cada vez mais elementos baseados na abordagem por LR, são apresentadas a seguir algumas considerações sobre as conclusões dos exames.

### 5.2.1. CONCLUSÕES CATEGÓRICAS ATRIBUTIVAS DE IDENTIDADE

Independente do uso ou não da abordagem bayesiana com razões de verossimilhança, a análise lógica apresentada no item 2 e as considerações feita no item 3 mostram que, mesmo quando peritos emitem um laudo com conclusão categórica atribuindo a identidade entre a fonte do vestígio (material questionado) e a fonte do material padrão, com base exclusivamente na análise desses materiais, essa conclusão deve ser interpretada como uma afirmação do grau (máximo) de convicção dos peritos, não como uma identificação numérica (individualização).

O mais adequado, portanto, seria não utilizar conclusões categóricas de atribuição de identidade, a fim de não dar ao exame a aparência de um peso científico que ele não possui.

#### 5.2.2. CONCLUSÕES CATEGÓRICAS DE EXCLUSÃO DE IDENTIDADE

Outra questão diz respeito à possibilidade ou não de conclusões categóricas de exclusão (negativas de identidade), quando a análise aponta flagrantes incompatibilidades entre o vestígio e o material padrão.

De acordo com [25], item 3.3.1, que se atém ao nível I da hierarquia de proposições, esse tipo de conclusão é possível no caso de análise de características discretas, como é o caso do DNA.

De fato, se admitidos como condição de contorno *I* na expressão (9) os princípios da genética, a não ocorrência de erros no procedimento de exame (por exemplo, contaminação) e a não ocorrência de quimerismo ou mosaicismo, então, se não houve correspondência entre o perfil genético do vestígio e do suspeito,

$$p(E|H_{so}, I) = 0 \quad \text{e} \quad LR = 0.$$

Independentemente da razão de probabilidade *a priori*, a razão de probabilidade *a posteriori* também será nula, e é possível uma afirmação categórica, em nível I da hierarquia de proposições.

Entretanto, a natureza distinta da fala humana, conforme comentado em 5.1.2, não permitiria esse tipo de raciocínio na comparação de locutor, o que impediria o uso de conclusões categóricas de exclusão.

[31], por outro lado, reafirma a defesa da possibilidade desse tipo de conclusão categórica, lembrando, além de outras considerações, que há um limitante lógico, inescapável, na análise de gravações de voz no contexto dos exames de comparação forense de locutor, inclusive se todo o exame for realizado por meio de razões de verossimilhança, de modo manual, semiautomático ou automático (mesmo se empregados sistemas de diarização; ver, por exemplo, [35]).

Esse limitante são as decisões atributivas/não atributivas de identidade por meio de avaliação localizada, seja de trechos menores ou maiores da gravação, as quais fundamentam a própria delimitação do que constitui a fala questionada.

A necessidade dessa seleção fica evidente quando a gravação questionada “claramente” – por uma avaliação lógico-indutiva, não exclusivamente lógico-dedutiva – contém falas de mais de um locutor, mas essa atividade de seleção existe mesmo quando há, “claramente”, apenas falas de um locutor.

Pode-se dizer que a admissão de que essa seleção é correta faz parte da hipótese *I* da expressão (9).

Esse tema é pertinente, também, às questões da continuidade no tempo e da hierarquia de proposições, já que o limite entre o que é aceitável de intravariabilidade de um locutor, bem como o limite de distinção, via intervariabilidade, entre locutores distintos, quando se analisa um determinado conjunto de gravações questionadas, mesmo que a seleção seja feita por sistemas automáticos ou semiautomáticos de diarização, calibrados a partir de experimentos onde a origem das falas é garantida por meio da garantia de continuidade no tempo, sempre será, no final das contas, um limite estatístico.

Esse limite é, sob outro ponto de vista, o limite inerente à lógica indutiva que fundamenta o método científico.

Para [31], o peso lógico-indutivo de uma afirmação que exclui a identidade é o mesmo das avaliações localizadas que embasam todo o exame de comparação forense de locutor. Por esse motivo, esse artigo admite conclusões categóricas de exclusão.

Na verdade, essa admissão, implicitamente, considera suficiente o julgamento impressionístico do perito.

A análise da questão em [25], entretanto, não levantou esse ponto especificamente, embora seja forçoso admitir que, para atingir higidez lógica na sua defesa do uso incondicional da abordagem por LR, o referido artigo [25] deve-

ria defender também que a capacidade de realização dessas atribuições/não atribuições localizadas se subsumisse à sistemática de testes de calibração/proficiência segundo o método científico, preferivelmente sendo realizada por métodos automáticos de diarização.

De qualquer forma, na prática, pelo menos no estado atual das metodologias, talvez seja mais prudente seguir, por exemplo, o que apresenta [29], seção 3.8.1, e também não utilizar conclusões categóricas de exclusão.

#### *5.2.3. CONCLUSÕES EM SITUAÇÕES DE CONJUNTO FECHADO*

Outra questão que diz respeito ao uso ou não de conclusões categóricas refere-se aos casos em que, ao invés de um conjunto aberto de possíveis fontes para o vestígio, tem-se um conjunto fechado de suspeitos.

[30], item 5, fala, por exemplo, de situações em que se tem, por gravações de vídeo, a imagem dos falantes presentes.

Essa questão extrapola o nível I da hierarquia de proposições, pois inclui questões relativas à continuidade no tempo.

Pode-se dizer que, se as filmagens incluem o áudio ambiente e as imagens mostram claramente os movimentos de articulação da fala em cada locutor mostrado, o exame de comparação de locutor se torna desnecessário, podendo o problema ser abordado do ponto de vista da verificação de edição e do reconhecimento facial.

Se, de qualquer modo, nessa ou em outras situações, um exame de comparação de locutor em situação de conjunto fechado é solicitado, a metodologia básica a ser seguida não deveria diferir daquela empregada nos exames de conjunto aberto (ver [25], item 3.3.2), talvez apenas se considerando um menor número de passos de análise ou espaço amostral, para se chegar a uma conclusão, a qual seria, ainda, não categórica.

#### *5.2.4. O FORNECIMENTO DE VALORES DE LR NA CONCLUSÃO DO LAUDO E AS ESCALAS DE PROBABILIDADE*

Em princípio, se fosse – ou for algum dia – possível, nos exames de comparação forense de locutor, fornecer um valor de LR englobando todas as características relevantes para a

análise, conforme lista não exaustiva levantada em [31], nada impediria que esse número constituísse, por si só, a conclusão do laudo.

De fato, essa é a sistemática adotada nos exames de DNA.

Porém, na prática, essa questão não é tão simples. A própria experiência na área de genética forense mostra que a percepção do real significado de uma LR no contexto da análise bayesiana de dados é em si um desafio.

Uma das maiores dificuldades é separar o que é a razão de probabilidade *a posteriori* dos demais termos à direita da igualdade na expressão (9). Esses conceitos – razões de probabilidade *a priori* e *a posteriori* e razão de verossimilhança –, embora sejam matematicamente simples, não são intuitivos.

A situação se complica ainda mais porque há uma dificuldade em compreender os próprios limites lógico-científicos da atuação da perícia. Como se viu na discussão do item 3, essa observação se aplica até mesmo aos próprios peritos.

Por esse motivo, a experiência com o DNA mostra que contar com um razoável grau de entendimento dos termos da expressão (9) por parte dos demais atores da cadeia de persecução penal pode levar a profundas frustrações (ver, por exemplo, [36]).

Além disso, um valor numérico de LR pode ser de pouco esclarecimento e utilidade para o julgador, como apontado por [29], p. 61-62.

E, não raro, o valor de LR é assumido, para os fins práticos, por alguns ou mesmo todos os demais atores da cadeia de persecução penal, como um valor de razão de probabilidade *a posteriori*, absolutizando o resultado do exame de determinação da fonte, ainda que ele seja, como vimos, uma identificação qualitativa de nível I.

Quando a LR é muito maior do que 1, a acusação pode lançar mão do seu valor e, mediante a chamada “falácia da acusação”, tomá-la como razão de probabilidade *a posteriori* e afirmar que a probabilidade do suspeito ser

culpado é igualmente enorme (ou seja, para os fins práticos, o suspeito é culpado).

Da mesma forma, a defesa, lançando mão de um raciocínio conhecido como “falácia da defesa”, pode chegar a um valor de razão de probabilidade *a posteriori* muito baixo admitindo uma razão de probabilidade *a priori* não realística – por exemplo, igual ao inverso de toda a população de um país. A partir da razão de probabilidade *a posteriori* obtida, a defesa argumenta que, na verdade, é muito maior a probabilidade do suspeito ser inocente do que culpado, e portanto, havendo dúvida de tal monta, ele deve ser absolvido.

Em ambas as falácia, a falha é não se levar em conta as outras provas e circunstâncias pertinentes ao caso.

No caso da comparação forense de locutor, onde não há, no horizonte de médio prazo – e talvez no de longo prazo –, perspectiva de chegar sequer a uma situação de uso integral da abordagem por LR, talvez seja mais interessante, no atual momento, englobar os diversos tipos de análises (impressionística/semiautomática/automática) em um esquema de conclusão por escalas verbais de probabilidade.

A referência [29], p. 60, traz um exemplo de escala, a qual, frise-se, não faz, mesmo nos graus máximo (atribuição) e mínimo (exclusão), conclusões categóricas.

Deve-se estar ciente que qualquer tentativa de uso de uma escala qualitativa – ainda que a partir da correspondência objetiva entre, por exemplo, faixas de valores numéricos de LR e expressões verbais qualitativas – sempre estará sujeita a críticas, como a ocorrência do efeito do valor de limiar (*cliff-edge effect*). Para detalhes, ver [25], p. 151-155 e [6], p. 133-136.

#### 5.2.5. O EMPREGO DO TERMO “COMPATÍVEL” E OUTROS SEMELHANTES

Uma questão relacionada ao tema da conclusão do laudo, não somente na comparação forense de locutor, mas em outros tipos de exame de determinação da fonte, é o uso da palavra “compatível” e semelhantes.

Dependendo do tipo de vestígio (ver 5.2.1), a Criminalística pode fornecer conclusões categóricas de exclusão. A questão se complica, entretanto, quando não há possibilidade de afirmar a exclusão ([6], p. 95).

No caso do exame de determinação da fonte, quando há algum grau de convergência entre o vestígio e o material padrão, não é incomum o emprego da expressão “há compatibilidade entre” (em inglês, é comum o uso do termo “*is consistent with*”; ver [11], p. 216) para expressar essa convergência.

Infelizmente, esse termo, por sua amplitude, não fornece nenhuma pista a respeito do grau de “compatibilidade” ([6], p. 96), nem tampouco fornece subsídios para uma conclusão sobre probabilidades *a posteriori*, como alerta [25], seção 3.4.3.

A luz dessas ponderações, não seria indicado o uso de conclusões que gravitam em torno do termo “compatível” e semelhantes, a menos que seja dado também o grau dessa compatibilidade.

O mesmo tipo de observação é feito por [6], p. 96, a respeito de expressões como “a evidência não exclui determinada hipótese”.

## 6. NOMENCLATURA DO EXAME

Neste tutorial, adotamos para o exame forense de determinação da fonte em que a fala é o vestígio de interesse a denominação “comparação forense de locutor”, ou simplesmente “comparação de locutor”.

Na perícia criminal oficial brasileira, a denominação atualmente mais encontrada para o exame é “verificação de locutor”. Esse nome é o utilizado na primeira publicação de fôlego a respeito desse exame no Brasil ([37], de 1999; a segunda edição, [38], de 2003, mantém a mesma nomenclatura) e foi adotado, por exemplo, no Departamento de Polícia Federal e, por meio de programas de capacitação, difundiu-se para outros órgãos de perícia criminal oficial.

Deve-se observar que, apesar da operação lógica de verificação 1-para-1 presente no exame de verificação de locutor encontrado na

área de controle de acesso ser a mesma do exame forense, como nota [39], p. 9, as nomenclaturas predominantes em inglês, internacionalmente, empregaram termos como “*recognition*” e “*identification*”, e não “*verification*”, por entender que na área forense havia condições de contorno distintas, como falta de controle da qualidade do material questionado e possibilidade de não cooperação por parte dos fornecedores das amostras de fala.

Para detalhes, ver, além de [39], p. 5-10, a discussão mais aprofundada encontrada em [26], capítulo 5. Em linhas gerais, a mesma classificação taxonômica dos exames da área de processamento da fala, mas com viés acústico, focada em ferramentas computacionais automatizadas, pode ser encontrada em [40].

O fato da fala ser efetivamente uma biometria – ou seja, ela tem valor discriminador – não necessariamente significa que ela seja individualizadora. Como se afirma na referência [4], p. 208, apenas a verificação empírica pode dar maior ou menor “grau de verossimilitude” a afirmações de que determinada biometria atende o critério de unidade.

Naquela referência, por exemplo, se admite que a afirmação da unicidade da decadactilar, colhida em condições ideais, atinge um grau de verossimilitude suficiente para que seja admitida na prática.

Outra questão, diferente, é a da ocorrência ou não de erros na coleta da decadactilar, o que é passível de acontecer, já que estamos falando de uma atividade humana, ou mesmo do desempenho de determinado algoritmo do tipo AFIS (*Automatic Fingerprint Identification System*) no que concerne ao armazenamento ou recuperação das informações baseadas nas imagens da decadactilar.

Outra questão, ainda, é a da transferência de informação de uma digital para um fragmento de digital em um local de crime. Um caso famoso de erro cometido pelo FBI, que havia afirmado ter uma identificação com “100% de probabilidade” em caso de grande repercussão (ver [41] para uma análise oficial sobre o

caso), é um dos exemplos que se relacionam aos problemas discutidos no item 3.

Já para a fala, a própria referência [4] entende não haver, atualmente (no caso, o ano de 2006, mas essa afirmação continua válida), suporte científico que dê a afirmações de unicidade de grau de verossimilitude suficiente.

Esse fato já era comentado, por exemplo, em [39], ao tratar da multidimensionalidade da fala e dos limites de intravariabilidade e intervariabilidade.

Essas ponderações, em face também do que foi discutido nos itens 3 e 4, têm levado vários pesquisadores da área de fonética forense a preferir nomenclaturas que se afastem da ideia de individualização.

Ao invés de “reconhecimento”, “identificação”, “verificação” ou “discriminação”, o termo julgado mais adequado tem sido o de “comparação” ([9], p. 300-301; [25], item 3.2; [30]; [29]).

O presente tutorial emprega, além do termo “comparação”, a expressão “comparação de locutor”, o invés, por exemplo, de “comparação de voz” (como preferem, por exemplo, [9] e [25]) ou “comparação de fala” (como é usado em [29]).

Essa escolha foi motivada pela experiência de trabalho do autor e pelas argumentações apresentadas em [29], que distingue voz de fala. Essencialmente, o mesmo argumento de [29] aparece em [31], p. 146, mas, ao lembrar que também características extralingüísticas são relevantes no exame, o termo “locutor” parece mais adequado do que “fala”.

Deve-se notar que as denominações usadas tradicionalmente já estão amplamente difundidas, não sendo possível afirmar, no atual momento, se, na literatura técnica da área, elas irão perdurar ou se serão substituídas.

## 7. CONCLUSÃO

O dogma da unicidade, subjacente às metodologias tradicionalmente empregadas nos exames de diversas áreas da Criminalística dedicadas ao problema da determinação da fonte, foi

alvo de críticas contundentes principalmente a partir do final da última década do século passado.

Essas críticas motivaram uma mudança de entendimento sobre o papel e o alcance das perícias que envolvem a identificação de uma pessoa ou objeto.

Neste tutorial foi feito um apanhado dos principais conceitos envolvidos nessa mudança, com foco nos impactos sobre a área de comparação forense de locutor, mostrando também as dificuldades para que se tenha a implementação integral de uma abordagem baseada em razões de verossimilhança nessa área.

## REFERÊNCIAS

- [1] MENDES, Lamartine Bizarro. *Documentoscopia*. 2. ed. Campinas, SP: Millennium, 2003. ISBN 85-86833-93-2.
- [2] TOCCHETTO, Domingos. *Balística forense: aspectos técnicos e jurídicos*. 4. ed. Campinas, SP: Millennium, 2005. ISBN 85-7625-065-9.
- [3] TOCCHETTO, Domingos; ESPINDULA, Alberi (Coord.). *Criminalística: procedimentos e metodologias*. 2. ed. Porto Alegre, RS: [s.n.], 2009. ISBN 978-85-99541-01-2.
- [4] MEUWLY, Didier. Forensic individualization from biometric data. *Science & Justice*, v. 46, n. 4, 2006, p. 205-213.
- [5] COOK, R.; EVETT, I. W.; JACKSON, G.; JONES, P. J.; LAMBERT, J. A.. A hierarchy of propositions: deciding which level to address in casework. *Science & Justice*, v. 34, n. 4, 1998, p. 231-239.
- [6] LUCY, David. *Introductions to statistics for forensic scientists*. West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. ISBN 978-0470022016.
- [7] EVETT, I. W.; JACKSON, G.; LAMBERT, J. A.. More on the hierarchy of propositions: exploring the distinction between explanations and propositions. *Science & Justice*, v. 40, n. 1, 2000, p. 3-10.
- [8] BRASIL. *Código de Processo Penal, decreto-lei nº 3.689 de 3 de outubro de 1941*. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del3689.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm)>. Acesso em: 01.ago.2012.
- [9] MORRISON, Geoffrey Stewart. Forensic voice comparison and the paradigm shift. , v. 49, 2009, p. 298-308.
- [10] SAKS, Michael J., KOEHLER, Jonathan J.. The coming paradigm shift in forensic science. *Science*, v. 309, 2005, p. 892-895.
- [11] SAKS, Michael J., KOEHLER, Jonathan J.. The individualization fallacy in forensic science evidence. *Vanderbilt Law Review*, v. 61, n. 1, 2008, p. 199-219.
- [12] MLODINOW, Leonard. *The drunkard's walk: how randomness rules our lives*. 1. ed. USA: Vintage, 2009. ISBN 978-0307275172.
- [13] STONEY, David A.. What made us ever think we could individualize using statistics?. *Journal of the Forensic Science Society*, v. 31, n. 2, 1991, p. 197-199.
- [14] MALLMITH, Décio de Moura. A respeito do número de pontos característicos necessários à afirmativa de identidade. *Revista do IGP/RS*, n. 4, jan.2011, p. 27-29. Disponível em: <<http://www.igp.rs.gov.br/revistas/revista4.pdf>>. Acesso em: 01.ago.2012
- [15] KUHN, Thomas S.. The function of dogma in scientific research. In: CROMBIE, A. C. (Ed.). *Scientific change*: New York, USA: Basic Books, 1963, p. 347-369.
- [16] KUHN, T. S.. A função do dogma na investigação científica. In: DEUS, Jorge Dias de (Org.). *A crítica da ciência*. Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 1979, p. 53-80.
- [17] JEFFREYS, Harold. *Theory of probability*. 3. ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 1998. ISBN: 978-0198503682.
- [18] JAYNES, Edwin Thompson. *Probability theory: the logic of science*. 1. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003. ISBN: 978-0521592710.
- [19] SIVIA, D. S.; SKILLING, J.. *Data analysis: a bayesian tutorial*. 2. ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2006. ISBN: 978-0198568322.
- [20] ROZANOV, Y. A.. *Probability theory: a concise course*. New York, USA: Dover Publications, Inc., 1977. ISBN: 978-0486635446.
- [21] FELLER, William. *An introduction to probability theory and its applications*. 3. ed. USA: Wiley & Sons, Inc., 1968. ISBN: 978-0471257080.
- [22] PAPOULIS, Athanasios. *Probability, random variables, and stochastic processes*. 3. ed. New York, USA: McGraw-Hill, 1991. ISBN: 0-07-048477-5.
- [23] COX, Richard T.. Probability, frequency and reasonable expectation. *American Journal of Physics*, v. 14, n. 1, 1946, p. 1-13.
- [24] FIGINI, Adriano R. L. et al. *Identificação humana*. 2. ed. Campinas, SP: Millennium, 2003. ISBN: 978-85-7625-002-9.
- [25] ROSE, Philip; MORRISON, Geoffrey S.. A response to the UK Position Statement on forensic speaker comparison. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, v. 16, n. 1, 2009, p. 139-163.
- [26] ROSE, Philip. *Forensic speaker identification*. 1. ed. London, UK: Taylor & Francis, 2002. ISBN: 0-415-27182-7.
- [27] BIMBOT, Frédéric et al. A tutorial on text-independent speaker verification. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, n. 4, 2004, p. 430-451.
- [28] REYNOLDS, D. A.; QUATIERI, T. F.; DUNN, R. B.. Speaker verification using adapted Gaussian Mixture Models. *Digital Signal Processing*, v. 10, 2000, p. 19-41.
- [29] ERIKSSON, Anders. Aural/acoustic vs. automatic methods in forensic phonetic case work. In: NEUSTEIN, A.; PATIL, H. A. (Org.). *Forensic speaker recognition: a law enforcement and counter-terrorism*. New York, USA: Springer-Verlag, 2011, p. 41-69. ISBN: 978-1-4614-0262-6
- [30] FRENCH, J. Peter; HARRISON, Philip. Position statement concerning use of impressionistic likelihood terms in forensic speaker comparison cases. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, v. 14, n. 1, 2007, p. 137-144.
- [31] FRENCH, J. Peter et al.. The UK position statement on forensic speaker comparison: a rejoinder to Rose and Morrison. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, v. 17, n. 1, 2010, p. 143-152.
- [32] GOLD, Erica; FRENCH, Peter. International practices in forensic speaker comparison. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, v. 18, n. 2, 2011, p. 293-307.
- [33] BONASTRE, Jean-François et al.. Person authentication by voice: a need for caution. *Proceedings of Eurospeech 2003, Genebra, Suíça*, , 2003, p. 33-36.
- [34]AITKEN, Colin G.. Populations and samples. In: AITKEN, C. G. G.; STONEY, D. A.. *The use of statistics in forensic science*. : Taylor & Francis e-Library, 2002, 1991, p. 51-82. ISBN: 0-13-933748-2 (Print Edition)
- [35] BONASTRE, Jean-François et al.. ALIZE/SpkDet: a state-of-the-art open source software for speaker recognition. *Odyssey 2008: The Speaker and Language Recognition Workshop, Stellenbosch, África do Sul*, , jan.2008, p. .
- [36] DONNELLY, Peter. Appealing statistics. *Significance*, v. 2, n. 1, 2005, p. 46-48.
- [37] BRAID, Antonio César Morant. *Fonética forense*. 1. ed. Porto Alegre, RS: Sagra Luzzatto, 1999. ISBN 85-241-0606-9.
- [38] BRAID, Antonio César Morant. *Fonética forense*. 2. ed. Campinas, SP: Millennium, 2003. ISBN 85-86833-91-6.
- [39] FRANCIS, Nolan. *The phonetic bases of speaker recognition*. 1. ed. : Cambridge University Press, 1983. ISBN: 978-0521108270.
- [40] CAMPBELL, Jr., Joseph P.. Speaker recognition: a tutorial. *Proceedings of the IEEE*, v. 85, n. 9, 1997, p. 1437-1462.

- [41] USA Department of Justice. *A review of the FBI's handling of the Brandon Mayfield case.* Disponível em: <[http://www.justice.gov/oig/special/s0601/PDF\\_list.htm](http://www.justice.gov/oig/special/s0601/PDF_list.htm)>. Acesso em: 01.ago.2012.