



ANÁLISE ACÚSTICA DA EXPRESSÃO DE EMOÇÕES: CASO DE ACIDENTE AERONÁUTICO

Vasconcelos, Carla Aparecida de¹; Vieira, Maurílio Nunes²; Yehia, Hani Camille³.

(1) Programa de Pós-Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, Brasil. E-mail: carlavfono@yahoo.com.br.

(2) CEFALA - Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, Brasil. E-mail: maurilionunesv@cpdee.ufmg.br.

(3) CEFALA - Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música da Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte - MG, Brasil. E-mail: hani@cefala.org.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da expressão de emoções sobre a voz, fala e fluência de um aviador em situação real de acidente aeronáutico. Para tanto, foram extraídos dados da comunicação entre o piloto e a torre de controle, armazenados no CVR (*Cockpit Voice Recorder*) da aeronave no dia do acidente, e comparados às suas amostras de fala em dias anteriores. Salienta-se que o aviador pilotava em dia de chuva intensa, tendo relatado dificuldade para pouso devido às más condições de visibilidade. Para as análises, seguiu-se o roteiro de avaliação dos parâmetros acústicos das emoções de Scherer. Tais análises se embasaram, ainda, na concepção de que o estado emocional influencia o falante, causando variações decorrentes de respostas fisiológicas eliciadas no indivíduo pelas emoções. Essas variações, por sua vez, ocasionam alterações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à voz, fala e fluência. Ressalta-se que as emoções são produzidas a partir de uma avaliação cognitiva automática do indivíduo sobre eventos externos e internos considerados relevantes para seus interesses e necessidades. Também são caracterizadas por um alto grau de sincronização de subsistemas do organismo (cognitivo, motivacional, fisiológico e motor). Por meio deste estudo, verificou-se que, na data do acidente, o piloto apresentou variações da voz, fala e fluência como aumento da taxa de articulação, *pitch* agudo em comparação aos dias anteriores ao acidente e ao padrão de normalidade para falantes brasileiros do sexo masculino, incoordenação pneumofonoarticulatória, qualidade vocal tensa, fala ofegante e voz trêmula. Considerando-se estudos sobre os parâmetros acústicos e clínicos para avaliação da expressão de emoções, é possível inferir que o piloto apresentava traços de apreensão/preocupação e ansiedade variando até o temor no áudio do dia do acidente, sobretudo, no instante imediatamente anterior ao impacto.

Palavras-chave: Expressão das emoções, Acústica das emoções, Voz, Fala, Fluência.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effects of the expression of emotions on voice, speech and fluency of an aviator in a real aeronautical accident case. For that, data from the communication between the pilot and the control tower stored in the CVR (*Cockpit Voice Recorder*) of the aircraft in the day of the accident were extracted and compared with their speech samples of the previous days. It should be noted that the aviator had been flying in a day of intense rain when he reported difficulty in landing due to poor visibility conditions. For the analysis, the script for evaluation of the acoustic parameters of the emotions of Scherer was followed. This analysis was also based on the conception that the emotional state influences the speaker, causing variations resulting from the physiological responses elicited in the individual by the emotions. These variations cause changes in breathing, phonation and articulation. It is emphasized that emotions are produced from an automatic cognitive assessment of

the individual on external and internal events considered relevant to their interests and needs. They are also characterized by a high degree of synchronization of the organism's subsystems. It was verified that, at the date of the accident, the pilot presented variations of voice, speech and fluency such as increased articulation rate, acute pitch compared to the prior days to the accident and to the normality pattern for Brazilian speakers of male gender, incoordination of breathing, tense vocal quality, breathless speech and tremulous voice. Considering studies on acoustic and clinical parameters to evaluate the expression of emotions, it is possible to infer that the pilot presented traces of apprehension / anxiety and anxiety varying to the fear in audio of the day of the accident, especially in the instant immediately before the impact.

Keywords: Expression of emotions, Acoustics of emotions, Voice, Speech, Fluency.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da expressão emocional sobre a voz, fala e fluência de um aviador em situação real de acidente aeronáutico. Para tanto, foram coletados dados de áudio, armazenados em CVR (*Cockpit Voice Recorder*), de um aviador que pilotava em condições extremas (dia chuvoso e sem visibilidade) e que sofreu acidente fatal.

De acordo com a experiência da primeira autora desse estudo junto ao CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), no contexto de investigação aeronáutica, ainda se faz necessário o aprimoramento dos tipos de análise dos materiais de áudio que contextualizam toda a dinâmica dos acidentes e incidentes aéreos, como é o caso da análise da expressão emocional. Isso enriqueceria as investigações, pois poderia trazer à baila dados, fatos relevantes para a conclusão dos casos. Em situações de acidentes fatais, por vezes, não se dispõe de material humano suficiente para exames *post-mortem*. Portanto, os arquivos de áudio do voo são de fundamental importância para o conhecimento da real condição na qual o piloto se encontrava. Ressalta-se que, no Brasil, 90% dos acidentes ocorrem devido aos fatores humanos. Sendo assim, é de extrema relevância saber se o piloto, no momento do acidente, apresentava sinais compatíveis com sonolência, fadiga, se estava reagindo sob ameaça, se exprimia desejos suicidas, se estava em condições extremas de voo com consequente expressão de medo, pânico, se estava alcoolizado, desorientado, em condições de hipóxia, dentre outras. Salienta-se, ainda, que tais análises dos materiais de áudio contribuiriam não só para o contexto investigativo, mas também para a prevenção, pois após o conhecimento mais aprofundado das causas dos acidentes, há maior condição de emissão de recomendações de prevenção que sejam mais assertivas.

A expressão de emoções como a raiva, surpresa e medo, é universal nos seres humanos [1-3]. Na década de 1960, o psicólogo americano Paul Ekman tentou refutar a tese antropológica de Darwin da universalidade das emoções, mas descobriu, para sua consternação inicial, que isso era confirmado pela crescente evidência intercultural [1,4].

Em 1986 Scherer [5] propôs um modelo conhecido como “modelo de processo componencial” por meio do qual tenta explicar o processo de avaliação cognitiva de um indivíduo. O viés do modelo é cognitivista somado a uma visão evolucionista das emoções, pois, para o pesquisador, as respostas emocionais têm também o papel de contribuir para a sobrevivência dos indivíduos. Nesse modelo, a emoção é vista como um processo e como resposta adaptativa de vários subsistemas/componentes.

Segundo o pesquisador, os diversos subsistemas de processamento de informação do indivíduo (cognitivo, motivacional, fisiológico e motor) realizam uma checagem contínua dos estímulos internos e externos por meio de critérios definidos [5].

As consequências dessas checagens sobre os parâmetros acústicos da voz e fala são exemplificadas nas seguintes etapas: 1 – um indivíduo que avalia um estímulo como perigoso tem um impacto sobre a frequência fundamental da voz que torna-se aumentada. Isso se dá por resposta do Sistema Nervoso Central (SNC) que aumentaria a tensão muscular e a taxa de vibração das pregas vocais. 2 – A salivagem tende a diminuir também por reação do SNC impactando nas frequências de ressonância (formantes) do trato vocal fazendo com que o *pitch* soe mais agudo [5].

Para Chung [6] e Fónagy [7], as emoções pertencem a um nível mais elementar e instintivo na linguagem chegando mesmo a contrariar a arbitrariedade sendo, portanto, menos convencionais. Fónagy [7] afirma, ainda, que as emoções são manifestações psíquicas do indivíduo e adveem da pulsão.

Segundo Martins [8], as emoções se distinguiriam por seus graus de intensidade e combinações entre elas. Para os graus de intensidade exemplificamos as emoções primárias citadas anteriormente:

1. Animosidade, exasperação, irritabilidade, **raiva**, ira, fúria e ódio;
2. Vivacidade, contentamento, empolgação, **alegria**, deleite, felicidade e êxtase;
3. Dissabor, desgosto, lamento, **tristeza**, amargura, melancolia e luto;
4. Apreensão, receio, temor, **medo**, horror, terror e pavor.

Dentre os parâmetros acústicos utilizados para a análise das alterações que ocorrem na voz, fala e fluência devido às emoções, pode-se citar a intensidade e a frequência fundamental e a organização temporal do discurso, dentre outras.

Para Viola [9], as emoções da categoria 4 (categoria medo), têm como correlatos fonético-acústicos o aumento de f_0 médio, da extensão de f_0 , do nível do *pitch* com redução dos intervalos melódicos, aumento da taxa de elocução, voz irregular por alteração respiratória e articulação melhor definida, intensidade tende a ser baixa com grande variabilidade (exceto no pânico, quando a intensidade fica elevada). Para as formas mais suaves dessa categoria de emoção como a preocupação/ansiedade, há discordância na literatura científica com relação à energia de alta frequência, pois alguns autores observam extensão e outros não. Essas duas últimas categorias também apresentam característica de finalização do enunciado com inspiração ruidosa e constrição laríngea [9].

A seguir serão apresentadas informações dos arquivos de áudio, os métodos de análise, o embasamento bibliográfico utilizado, os resultados, discussões e conclusões.

2. DESENVOLVIMENTO

Este estudo teve como objetivo verificar se havia variações na expressão emocional de um avião que pilotava em condições extremas (chuva intensa e sem visibilidade). Para tanto foram comparadas amostras de áudio do piloto coletadas no dia do acidente com amostras coletadas em dias anteriores. O piloto era um homem de 56 anos, sem histórico de doenças preexistentes e no exame toxicológico *post-mortem* não foram encontrados traços de substâncias entorpecentes do SNC. O acidente ocorreu às 14 horas e foi fatal. Por questões éticas, maiores informações sobre o voo e o piloto serão evitadas no artigo.

Arquivos de áudio contendo diálogos do piloto: (i) em dias de voo demonstrativo (contexto privado), e (ii) durante o voo do acidente aeronáutico foram recebidos do CENIPA para análise.

Foram realizadas análises acústicas e clínicas (perceptivo-auditiva) do material de áudio. Os parâmetros clínicos serão mais bem descritos ao longo do tópico de resultados e discussões. As análises acústicas foram realizadas com o PRAAT® versão 5.3.85. O objetivo foi comparar os mesmos parâmetros acústicos gravados durante o dia anterior ao acidente (condição controle) com aqueles gravados no dia do acidente (dia de voo em condição extrema). Assim, o desenho do estudo envolveu um caso-controle retrospectivo para uma comparação individual de voz, fala e fluência. O foco final das análises foi o de realizar o enquadramento do tipo de expressão emocional do avião ao longo do voo no dia do acidente. Para tanto, usamos como base, os estudos de Behlau [10], Viola [9], Sherer [5,13,14] e Valente [11].

A segmentação de todo o material de áudio do estudo de caso (relativo ao dia anterior ao acidente e ao dia do acidente) foi realizada manualmente, e os seguintes parâmetros de análise da organização temporal do discurso (ou fluência) foram adotados [12]:

- Tempo Total de Articulação (TTA) - composto pelas sílabas produzidas;
- Tempo Total de Pausa (TTP) - composto por pausas silenciosas e preenchidas como: hesitação, repetição, falsos começos, dentre outros conforme a classificação de Duez [12];
- Tempo de Elocução (TE) - definido por $TE = TTA + TTP$;
- Número de Pausas e Duração Média das Pausas;
- Taxa de Elocução (TxE) - definida por NS / TE , onde NS = Número de Sílabas;
- Taxa de Articulação (TxA) - definida por NS / TTA ;
- Porcentagem de disfluência - definida por $ND / NS \times 100$, onde ND = Número de disfluências. Salienta-se que a disfluência oral é a ruptura do fluxo de fluência das emissões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados achados acústicos e clínicos do canal de áudio que captava os diálogos do piloto com o controle de tráfego aéreo.

Salienta-se que não foram utilizados símbolos fonéticos nas transcrições dos trechos para facilitar a compreensão dos leitores não especialistas em Ciência da Fala sobre os enunciados

proferidos. A divisão silábica utilizada foi fonética e as transcrições das sílabas também não seguiram fielmente a norma culta do Português, tendo em vista que o objetivo era o de aproximar a transcrição da produção oral realizada pelo piloto.

Por meio da imagem espectrográfica demonstrada a seguir (figura 1), podemos verificar trechos em que o piloto apresenta taxa de elocução normal para levemente aumentada (6 a 6,8 síl/seg) e f_0 (frequência fundamental) alta durante a fala encadeada (comparando-se às amostras em condições normais do piloto e também aos padrões de normalidade) [9-11].

Do ponto de vista perceptivo, constata-se *pitch* agudo em comparação ao seu próprio padrão (trechos da sua fala anteriores ao dia do acidente), incoordenação pneumofonoarticulatória (alteração na coordenação entre a respiração e articulação) e qualidade vocal tensa durante todo o percurso do voo no dia do acidente, acentuando-se no trecho demonstrado a seguir, sendo que nesse trecho a voz apresenta-se levemente trêmula. É importante ressaltar que o falante se apresenta ofegante durante todo o percurso da viagem, sendo que há um momento de acentuação também no trecho demonstrado a seguir.

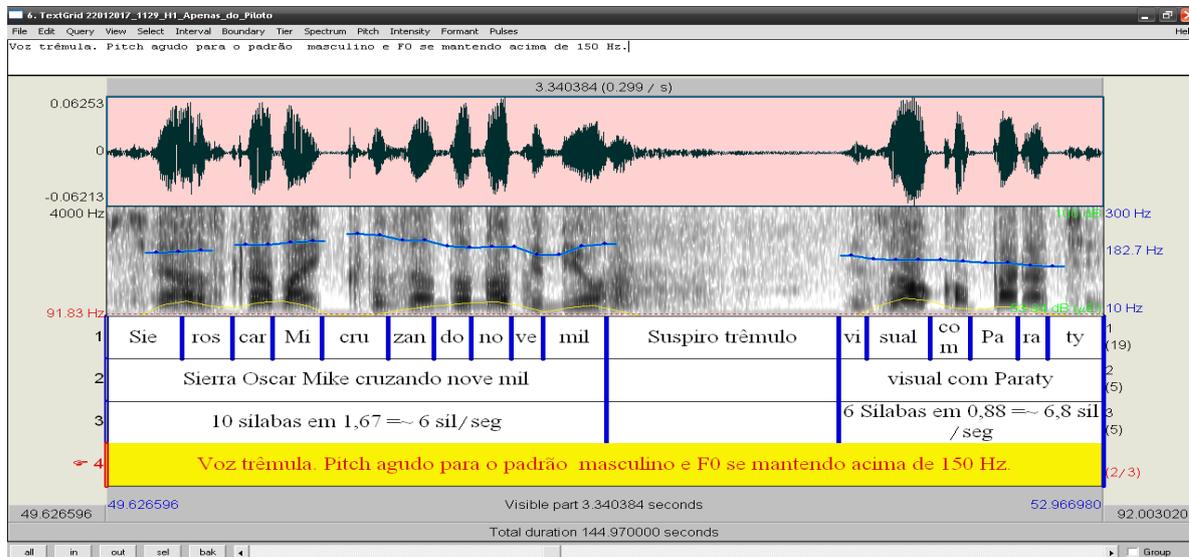


Figura 1: Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1134,14 segundos (18,90 minutos) do canal de áudio denominado “22012017_1129_H3”.

Os espectrogramas demonstrados a seguir (figuras 2 e 3) referem-se ao penúltimo trecho de fala do piloto antes do impacto. Podemos observar que, semelhantemente ao primeiro trecho demonstrado, o piloto apresenta taxa de elocução normal, taxa de articulação normal para levemente aumentada e f_0 alta.

Na análise perceptiva, observou-se *pitch* agudo, incoordenação pneumofonoarticulatória, qualidade vocal tensa, fala ofegante e a voz apresenta-se trêmula, sendo que neste trecho essas características são mais acentuadas do que no anteriormente demonstrado.

De acordo com a definição da Psicodinâmica Vocal, descrita por Behlau [10], a voz trêmula se relaciona com a expressão de indecisão e medo, assim como a voz tensa transmite diversas emoções da família medo. As emoções podem ser organizadas em famílias (quando tem

características semelhantes) e por grau de intensidade (o medo, por exemplo, pode ir da apreensão até o pânico) [8].

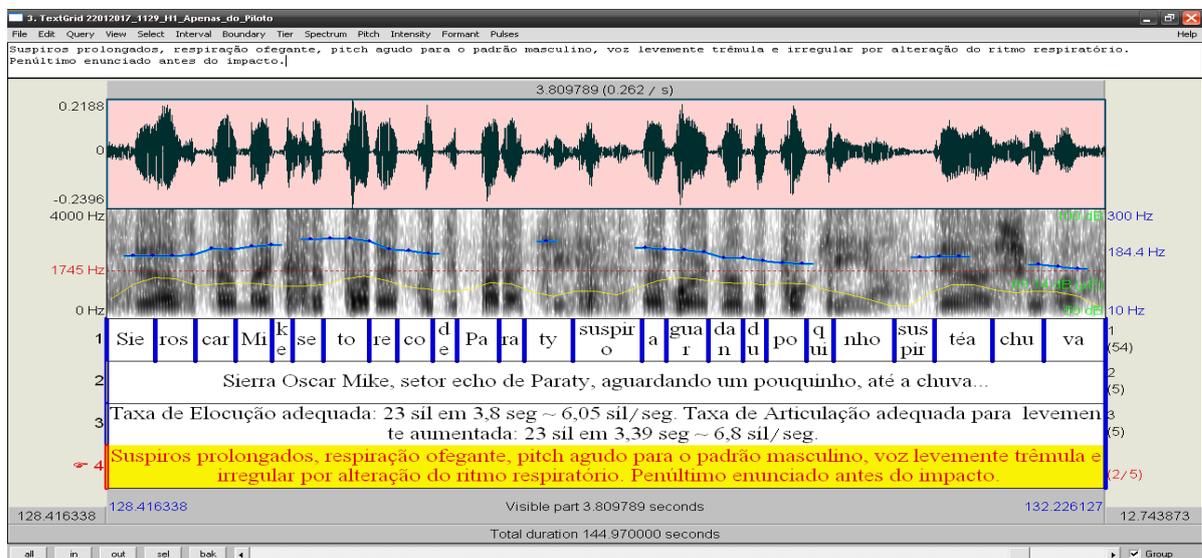
Conforme citado anteriormente, para Viola [9], as emoções da categoria medo, têm como correlatos fonético-acústicos o aumento de f_0 , do *pitch*, aumento da taxa de elocução e voz irregular por alteração respiratória.

Considerando-se os estudos de Scherer [5], Banse e Scherer [13], e Viola [9], sobre os parâmetros acústicos para avaliação da Expressão de Emoções, e também os citados anteriormente, pode-se inferir que o piloto apresentava em suas emissões vocais, no dia do acidente, traços de apreensão/preocupação e ansiedade variando até o temor, sobretudo no instante imediatamente anterior ao impacto.

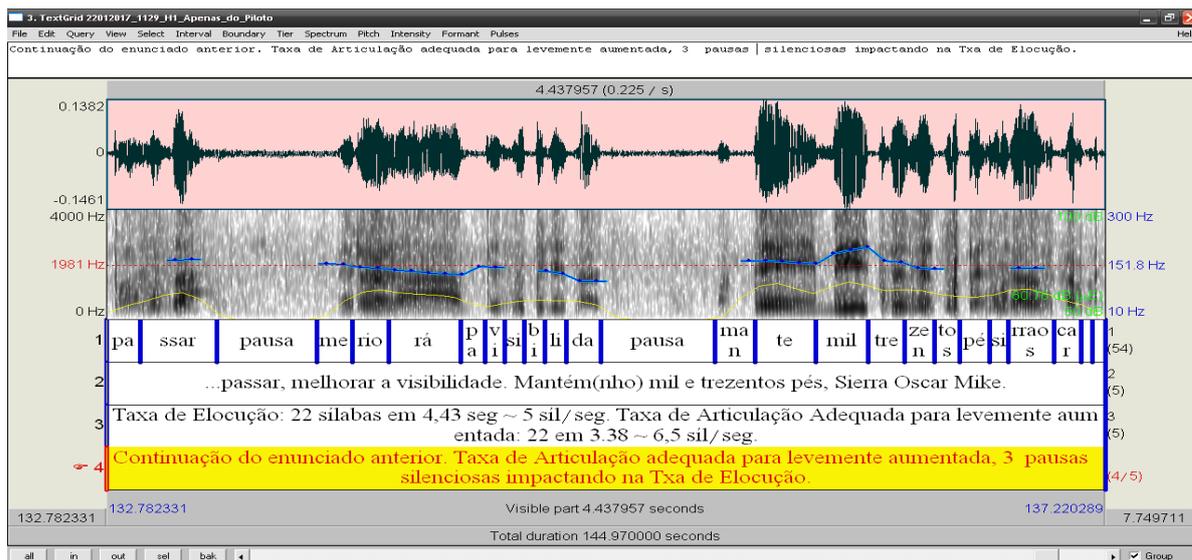
O estado emocional do falante influencia sua produção vocal porque as emoções desencadeiam respostas fisiológicas no indivíduo, tais como alterações no SNC (somático e autônomo), que é responsável por controlar voluntariamente os músculos, a respiração e a circulação sanguínea. Essas alterações, por sua vez, acarretam variações na respiração, fonação e articulação, processos diretamente relacionados à fala [5].

Do mesmo modo, as emoções também podem afetar a atenção e a cognição do falante, o que acaba por dificultar o planejamento do discurso (a fala e a prosódia), como nas situações de medo ou ansiedade, Johnstone e Scherer [14].

Os pesquisadores adeptos da teoria evolucionista das emoções postulam a existência de um conjunto pequeno de emoções que são universais e muito diferentes entre si, apresentando expressões faciais e alterações fisiológicas específicas a cada uma delas, como alegria, tristeza, medo, nojo, dentre outros, Ekman [4]. Nessa mesma linha de entendimento, os pesquisadores que estudam a expressão das emoções na fala assumem que essas também possuem padrões distintos nos parâmetros acústicos, Banse e Scherer [13].



Figuras 2: Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27, 23 minutos) do canal de áudio denominado “22012017_1129_H3”.



Figuras 3: Trecho do diálogo do piloto com a torre de controle ocorrido no instante 1634,21 segundos (27, 23 minutos) do canal de áudio denominado “22012017_1129_H3”.

Na figura 4, vê-se o ruído de impacto, que se inicia no instante 1862,52 segundos, ou seja, aos 31,04 minutos, sendo que ocorre em, aproximadamente, 37 segundos após a última emissão do piloto (que foi uma pequena emissão sussurrada com identificação apenas parcial das sílabas produzidas).

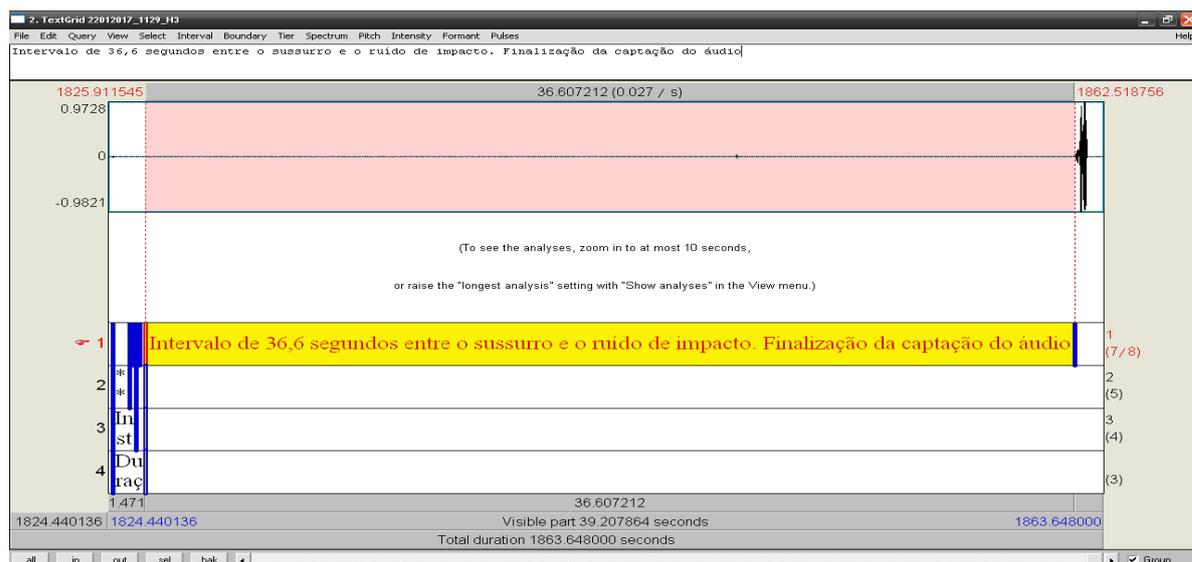


Figura 4: Intervalo entre a última emissão do piloto (em sussurro) e o ruído de impacto.

4. CONCLUSÕES

Considerando-se os achados apresentados neste estudo para os parâmetros acústicos e clínicos da Expressão de Emoções na voz, fala e fluência, e de acordo com a bibliografia pesquisada, podemos inferir que o piloto apresentava traços de apreensão/preocupação e ansiedade variando até o temor no dia do acidente, sobretudo, no instante imediatamente anterior ao impacto.

REFERÊNCIAS

- [1] Solomon, R. C. Emotion. *Encyclopædia Britannica*, Inc. 2017. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/emotion>.
- [2] Aristóteles. Retórica das Paixões. Trad. do grego por Isis Borges B. da Fonseca. São Paulo: Martins Fontes 2000.
- [3] Darwin, C. A expressão das emoções no homem e nos animais. Trad. por Leon de Souza Lobo Garcia. São Paulo: Companhia das Letras, 2009 [1872].
- [4] Ekman, P. An argument for basic emotions. In: *Cognition & Emotion*, v. 6, n. 3/4, p. 169 – 200, 1992.
- [5] Scherer, K. R. Vocal affect expression: a review and a model for future research. In: *Psychological Bulletin*, v. 99, n. 2, p. 143-165, 1986.
- [6] Chung, S. J. *L'expression et la perception de l'émotion extraite de la parole spontanée: évidences du coréen et de l'anglais*. Tese de Doutorado Université de la Sorbonne Nouvelle III - Paris, 2000.
- [7] Fónagy, I. As funções modais da entoação. *Cadernos de Estudos Linguísticos*. Campinas, v. 25, Jul./Dez., p. 25-65, 1993.
- [8] Martins, J. M. A lógica das emoções na ciência e na vida. Petrópolis: Ed. Vozes, 2004.
- [9] Viola, I. C. Expressividade, estilo e gesto vocal. Lorena: Instituto Santa Teresa, 2008.
- [10] Behlau, M. Voz: o livro do especialista. Rio de Janeiro: Revinter, 2001.
- [11] Valente, P. Aspectos Prosódicos da Leitura Oral. 143f. Dissertação. (Mestrado em Linguística). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Letras, Belo Horizonte, 2003.
- [12] Duez, D. Organisation temporelle de la parole et dysarthrie parkinsonienne. In: Ozsancak, C.; Auzou, P. Les troubles de la parole et de la déglutition dans la maladie de Parkinson. Marseille: Solal, p. 195-211, 2005.
- [13] Banse, R.; Scherer, K. R. Acoustic profiles in vocal emotion expression. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 70, n. 3, p. 614 – 636, 1996.
- [14] Johnstone, T.; Scherer, K. R. Vocal communication of emotion. In: LEWIS, M.; HAVILAND, J. M. (orgs.) *Handbook of emotions*. 2. ed. Nova Iorque: Guilford, 2000.