

Nº 180091

Tocha: diagnóstico e estratégias de mitigação

Marcelo de Mello Aquilino
Eliane Hayashi Suzuki

*Palestra apresentada na
Petrobras, Refinaria Henrique
Lage, São José dos Campos.
26 slides.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**



REVAP

Tocha – Diagnóstico e Estratégias de Mitigação

12/12/2025

Físico Marcelo de Mello Aquilino - aquilino@ipt.br
Arquiteta Eliane Hayashi Suzuki – elisuzuki@ipt.br

[

Introdução a conceitos de acústica

Som, ruído e barulho

Como podemos diferenciar os termos?



<https://pixabay.com/pt/users/freestocks-photos-7014431/>



<https://pixabay.com/pt/vectors/bast%3a3o-sopro-express%3%b5es-fran%3%a7aises-1300648/>



<https://pixabay.com/pt/users/sasint-3639875/>

- O **Som** é uma sensação produzida no sistema auditivo resultante de vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes.
- O **Ruído** é o **Som** indesejado!
- O **Barulho** é um **Ruído** intrusivo!

■ Importante: O sistema auditivo e o córtex cerebral nunca desligam

CARACTERIZAÇÃO DO RUÍDO

O som/ruído é caracterizado por duas grandezas:

- Nível de pressão sonora (dB)
- Frequência (Hz)



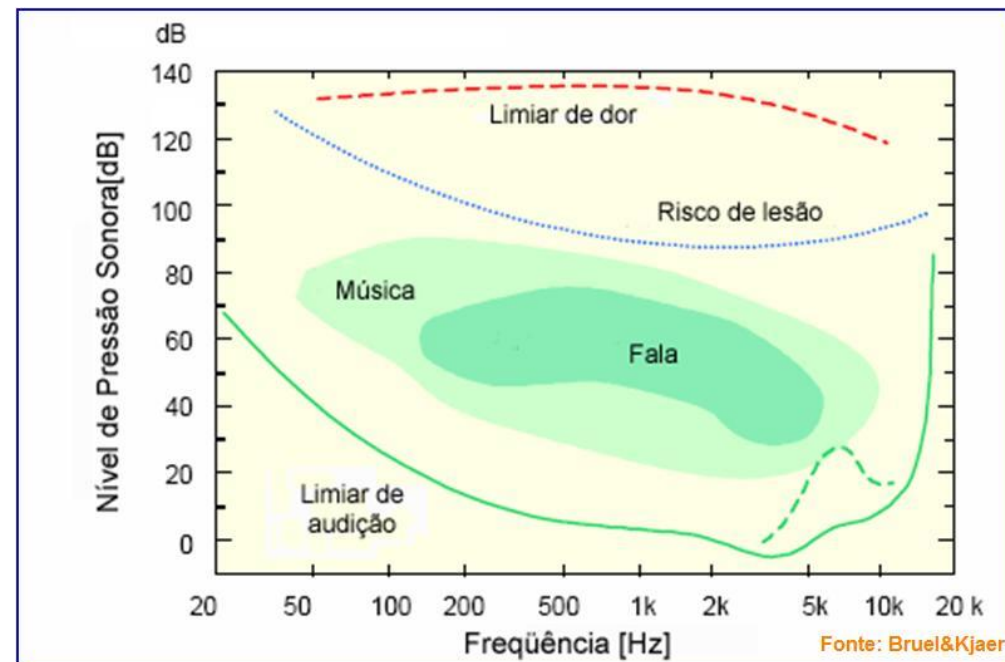
Como é medido o ruído?

LA_{eq} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, integrado em um intervalo de tempo

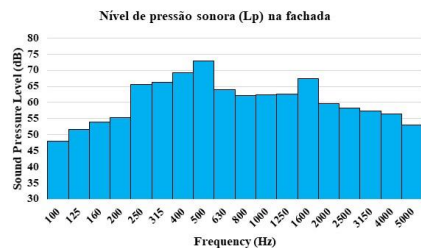
Considera-se uma média e em uma média, admitem-se valores maiores e menores do que o valor médio

Qual intervalo de tempo utilizar?

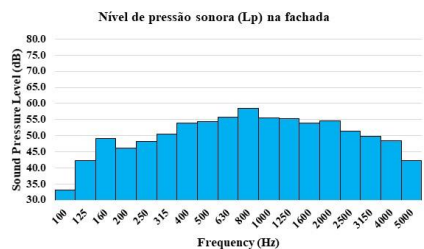
Ponderação A – ajusta ao comportamento do ouvido humano.



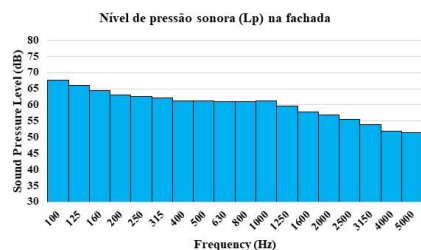
Diferenças de Propagação do Som



O som pode se propagar de forma direta



O som muda de direção quando passar por obstáculos (difração)



O som pode ser refletido



Critérios Brasileiros Para Ruído



➤ No Brasil a avaliação do ruído segue duas normas técnicas que estabelecem métodos e critérios gerais.

A avaliação do ruído e da poluição sonora segue:

Resolução CONAMA nº 1, de 1990, que cita duas normas técnicas da ABNT:

- NBR 10.151 – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas;
- NBR 10.152 - Níveis de pressão sonora aceitáveis dentro de residências e edifícios, conforme o tipo de utilização.

Além dessas normas, os municípios têm sua própria legislação sobre os níveis de pressão sonora permitidos, conforme o zoneamento das cidades.

[

Trabalho do IPT na REVAP

A CARACTERIZAÇÃO DO RUÍDO NA REVAP E SEUS EFEITOS

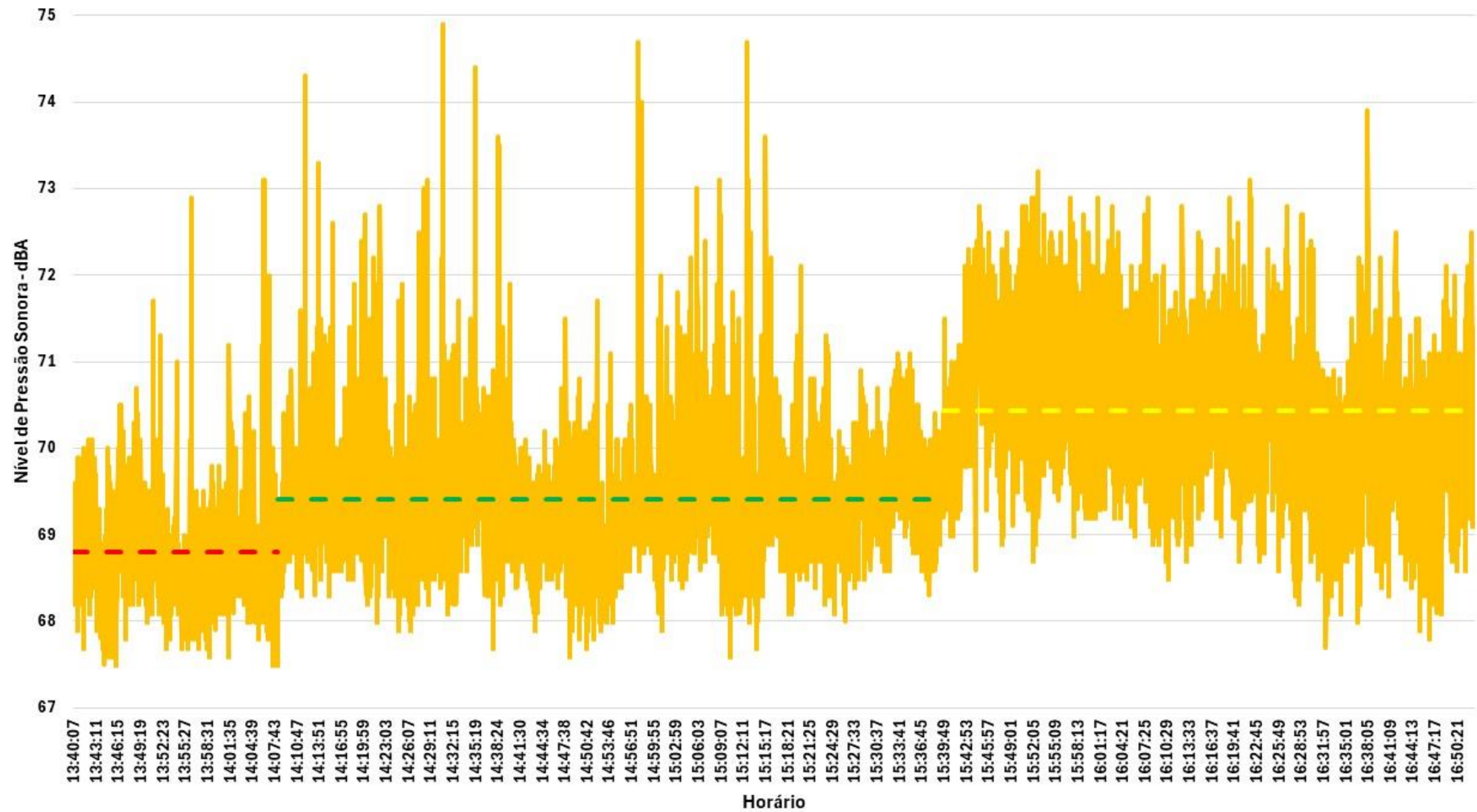
As tochas da REVAP são a principal fonte de ruído impulsivo e de baixa frequência, concentradas na faixa de **aproximadamente 6 Hz a 60 Hz**. Este tipo de emissão é inerente a processos de queima de gases industriais, que envolvem uma liberação brusca de energia.

As medições foram executadas no entorno das "Tochas" em três condições distintas de funcionamento: com "Baixa Pressão de Vapor" (ruído pulsante), com "Alta Pressão de Vapor" (ruído pulsante) e com "Alta Pressão de Vapor" (ruído contínuo).

A análise dos resultados, comparando os níveis de pressão sonora (LAeq) e a distribuição espectral, revelou uma **predominância de baixas frequências quando a Tocha opera de forma "Pulsante"**.

O ponto mais relevante para o incômodo é que, **mesmo sem um aumento significativo do nível de pressão sonora nas residências, o nível de incomodidade é muito maior quando o som é "Pulsante"**. Isso sugere que a natureza intermitente e de baixa frequência do ruído pulsante é mais perturbadora do que um ruído contínuo, mesmo que mais alto.

Nível de pressão sonora



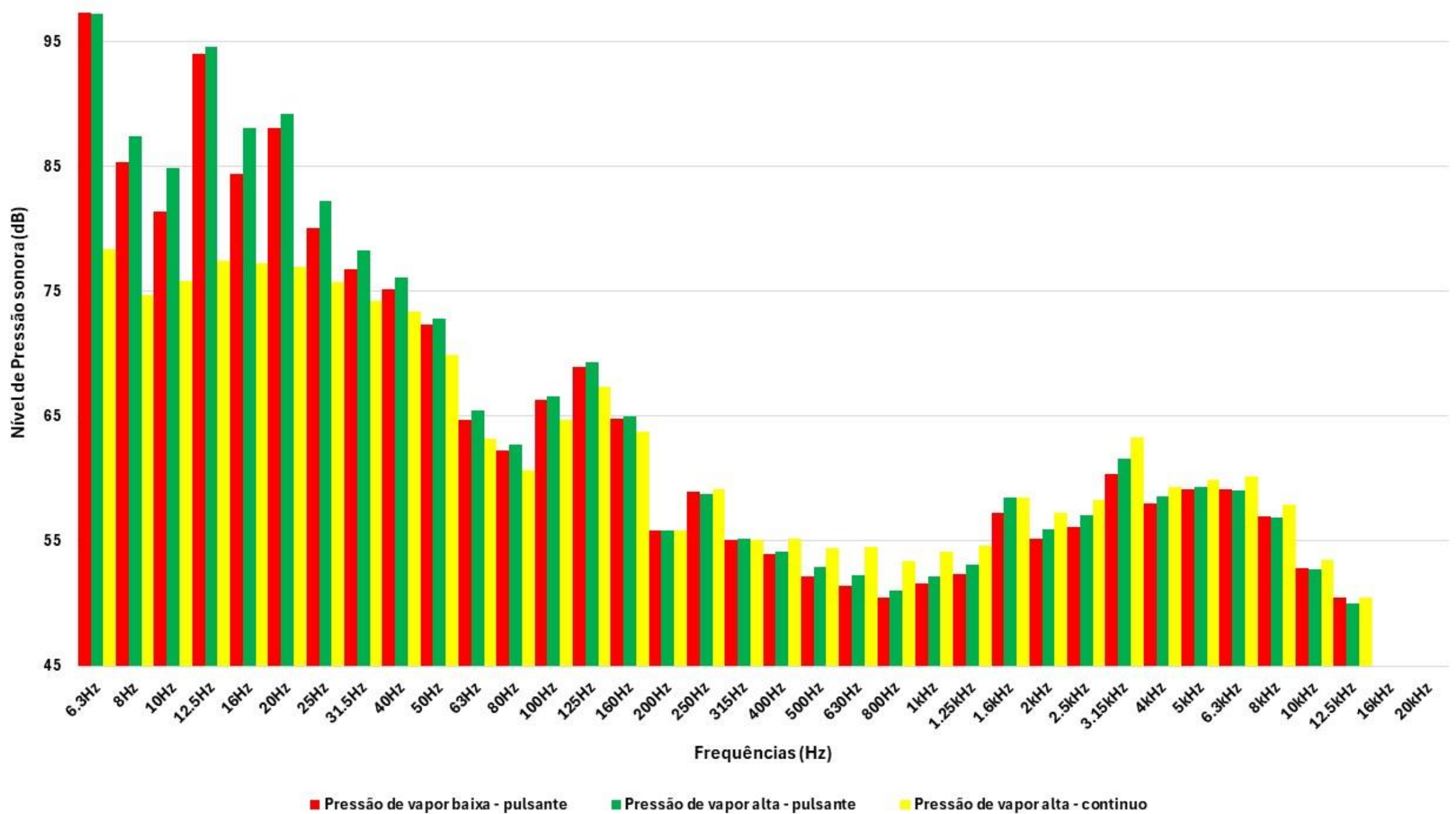
Leq A

Pressão de vapor baixa - pulsante

Pressão de vapor alta - pulsante

Pressão de vapor alta - contínuo

Distribuição espectral



A PROPAGAÇÃO DAS ONDAS SONORAS DE BAIXA FREQUÊNCIA

O som pode se propagar de forma direta, mudar de direção por obstáculos (difração) e ser refletido.

- **Baixa Atenuação em Distâncias Longas:** As ondas em frequências mais baixas carregam maior energia e sofrem menos perda de intensidade com a distância. Em áreas urbanas, a atenuação natural é limitada, permitindo que essas frequências atravessem edifícios e barreiras físicas com maior eficácia.
- **Penetração nas Residências:** Frequências entre 6 Hz e 60 Hz possuem grande capacidade de penetração através de janelas, portas e paredes devido ao seu comprimento de onda maior, resultando em menor atenuação do que as frequências altas.
- **Indução de Vibrações:** As baixas frequências podem induzir vibrações ressonantes em elementos estruturais das moradias (lajes, paredes, janelas) e objetos domésticos (quadros, vidros, móveis), especialmente quando a frequência da onda coincide com a frequência natural de ressonância das estruturas.
- **Sensação Humana — Infrassom:** Ondas abaixo de 20 Hz, o infrassom, são sentidas como pulsos de pressão ou vibrações no corpo, mesmo que inaudíveis. Frequências próximas a 60 Hz são percebidas como sons graves e pouco discriminados, o que contribui para a sensação de desconforto.

IMPACTOS SONOROS E VIBRATÓRIOS NAS RESIDÊNCIAS

A exposição prolongada a ruídos de baixa frequência e vibrações resulta em impactos negativos para a comunidade:

- **Incomodidade Sonora:** Sensação de pressão corporal, ruídos contínuos graves e abafados, zumbidos e alterações na percepção sonora, intensificados no período noturno.
- **Vibrações Estruturais:** Trepidações em janelas, lajes e outros componentes, embora danos estruturais diretos sejam improváveis.

FATORES AMBIENTAIS AGRAVANTES

Certos fatores ambientais podem potencializar o impacto do ruído da tocha

Direção Predominante do Vento: Ventos direcionados para áreas residenciais podem intensificar o ruído percebido. Ventos orientados para bairros localizados ao sudeste da refinaria são comuns em certas épocas do ano, potencializando o impacto.

Inversões Térmicas: Durante períodos de inversão térmica, especialmente à noite, as camadas da atmosfera podem refletir as ondas sonoras em direção ao solo, aumentando a intensidade percebida.

LOCALIZAÇÃO DA REFINARIA E CONTEXTO DA INCOMODIDADE

A Refinaria Henrique Lage (REVAP), em São José dos Campos, SP, está localizada no distrito de Eugênio de Melo, próximo à Rodovia Presidente Dutra.

A topografia da região, predominantemente plana a levemente ondulada, favorece a propagação de ondas sonoras, especialmente as de baixa frequência, tornando essas áreas particularmente suscetíveis aos ruídos e vibrações emitidos pela tocha da REVAP.



DETALHE DAS ALTURAS ENVOLVIDAS

- Residências
 - Altitude = 637 metros
 - Distância da Tocha = 2400 m
 - Tocha REVAP
 - Altitude = 589 metros
 - Altura da Tocha = 100 metros
- Diferença de altura = 48 metros

[

É possível mitigar os efeitos da Tocha nos Bairros?

A boa noticia é que sim!!!

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 01/06

Medidas Técnicas na Fonte de Emissão

As intervenções na própria tocha são as mais eficazes para reduzir o ruído na origem

Queimadores Silenciosos ("Silencers"): Instalação de queimadores projetados para reduzir as turbulências e as ondas de choque que causam o ruído impulsivo.

Resfriamento e Diluição dos Gases: Utilização de tecnologias para resfriar e diluir gases inflamáveis (com vapor ou água) antes da liberação, diminuindo a velocidade da emissão e a intensidade sonora.

Redução da Velocidade de Expulsão: Ajuste dos parâmetros operacionais para diminuir a velocidade de saída dos gases, reduzindo as ondas de pressão e, conseqüentemente, o ruído.



ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 02/06

Barreiras Físicas e Estruturais

Barreiras Acústicas: Construção de barreiras acústicas ou telas ao redor da tocha.

Elaborando-se **simulações da propagação sonora da tocha** será possível dimensionar os **anteparos** adequadamente.

Criação de um "Capô" Acústico para Componentes da Tocha: Proteção acústica ou cobertura em torno de partes específicas do sistema da tocha.

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 03/06

Monitoramento e Gestão em Tempo Real

O monitoramento em tempo real é uma ferramenta eficaz para identificar, antecipar e mitigar os problemas de ruído e vibração, permitindo ações corretivas imediatas e a coleta de dados para análises futuras..

Componentes de um Sistema de Monitoramento em Tempo Real

Para ser efetivo, um sistema robusto deve incluir hardware e software integrados, além de um sistema de resposta automatizada.

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 04/06

Sensores e Equipamentos de Medição:

Microfones Acústicos de Alta Sensibilidade: Equipados para captar todo o espectro de frequências, especialmente aquelas entre 6 Hz e 60 Hz (baixo espectro audível e infrassom). Devem ser calibrados para medir ruídos impulsivos e de longa duração.

Acelerômetros para Medir Vibrações: Dispositivos instalados em estruturas locais e/ou residências próximas para monitorar vibrações induzidas por baixas frequências.

Estação Meteorológica Integrada: Inclui sensores para registrar direção e velocidade do vento, temperatura e camadas de inversão térmica, essenciais para entender a propagação sonora.

Sistemas de Georreferenciamento (GPS): Garantem a precisão do posicionamento dos sensores, facilitando o mapeamento da propagação sonora.

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 05/06

Software e Análise de Dados:

Plataforma de Processamento e Análise: Centraliza os dados e executa análises em tempo real, gerando Mapas de Propagação de Ruídos, Espectrogramas Acústicos e identificando Picos Críticos.

Sistemas Baseados em IA (Inteligência Artificial): Algoritmos de aprendizado de máquina podem prever condições de emissão anormal de ruído e sugerir medidas corretivas, como ajustes na velocidade dos gases ou distribuição controlada do processo de queima.

Sistema de Alerta Automático:

Notificações em Tempo Real: Envio de alertas automáticos via e-mail, SMS ou rádios locais para técnicos e gerentes quando os níveis de ruído ou vibração ultrapassarem os limites.

Ações Automatizadas: Emissão de comandos automáticos para reduzir parâmetros operacionais, como a vazão de gases na tocha, visando diminuir o ruído.



ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO SONORO E VIBRATÓRIO - 06/06

Benefícios do Monitoramento em Tempo Real

Redução Imediata do Impacto: Identificação precoce de emissões fora do padrão garante respostas rápidas e reduz o desconforto.

Transparência com a Comunidade: O compartilhamento de relatórios de monitoramento aumenta a confiança entre a refinaria e as comunidades locais.

Base para Soluções de Longo Prazo: Os dados coletados ajudam a revisar o planejamento industrial e urbanístico no entorno.

Prevenção de Infrações Legais: Garante o cumprimento de normas ambientais (como as exigidas pela CETESB) e reduz o risco de multas ou sanções.



MEDIDAS DE GESTÃO E COMUNICAÇÃO COM A COMUNIDADE

A transparência e o engajamento com a comunidade são pilares fundamentais:

Criação de Canais de Comunicação: Estabelecer canais diretos e abertos com os residentes das áreas afetadas.

Transparência com a Comunidade: Informar previamente sobre operações programadas que podem gerar ruídos ou vibrações mais intensas (exemplo: manutenção ou queimas controladas emergenciais).

Promover Programas Educativos e Consultas Públicas: Periódicas para aumentar a confiança e a compreensão mútua.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise detalhada do ruído e vibração de baixa frequência gerados pelas tochas da REVAP evidencia a complexidade do fenômeno e a necessidade de uma abordagem multifacetada para sua mitigação.

Priorizar Medidas na Fonte de Emissão: Instalação de queimadores silenciosos e tecnologias de resfriamento e diluição de gases, além de otimizar os parâmetros operacionais para reduzir a velocidade de expulsão dos gases.

Implementar Barreiras Físicas e Estruturais Estratégicas: Construção de barreiras acústicas ou anteparos em torno de componentes específicos da tocha, sempre com base em simulações de propagação sonora.

Estabelecimento de Sistema de Monitoramento em Tempo Real: Implementar uma rede de microfones acústicos estrategicamente distribuída (na fonte, na rede periférica e em residências voluntárias), integrando estação meteorológica, sistemas de georreferenciamento, software com IA para análise instantânea e um sistema de alerta automático.

Fortalecer a Comunicação com a Comunidade: Manter e aprimorar canais de comunicação diretos e transparentes, informando sobre operações programadas e os resultados do monitoramento, e promovendo a educação e consultas públicas.



Obrigado!

- Marcelo de Mello Aquilino
 - aquilino@ipt.br
- Eliane Hayashi Suzuki
 - elisuzuki@ipt.br



linkedin.com/school/iptsp/



instagram.com/ipt_oficial/



youtube.com/@IPTbr/

www.ipt.br

