



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

PEDRO FLÁVIO DIAS PORTELA OLIVEIRA

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA APLICABILIDADE EM SISTEMAS
DE ALERTAS SONOROS ELETRÔNICOS PARA EVACUAÇÃO EM
MASSA**

UBERABA
2023

PEDRO FLÁVIO DIAS PORTELA OLIVEIRA

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA APLICABILIDADE EM SISTEMAS
DE ALERTAS SONOROS ELETRÔNICOS PARA EVACUAÇÃO EM
MASSA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, na área de concentração “Processos Tecnológicos: Desenvolvimento e Aplicação de Novos Materiais”, como requisito final para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Mário Sergio da Luz

**UBERABA
2023**

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

O49i Oliveira, Pedro Flávio Dias Portela
Inovação tecnológica e sua aplicabilidade em sistemas de alertas
sonoros eletrônicos para evacuação em massa / Pedro Flávio Dias
Portela Oliveira. -- 2023.
74 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2023
Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz

1. Alerta em desastres. 2. Sistema de alarme e alerta. 3. Salva-
mento de vidas - Equipamento e acessórios. 4. Usinas hidrelétricas.
5. Barragens de terra. I. Luz, Mário Sérgio da. II. Universidade
Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 654.92:624.136.2

PEDRO FLÁVIO DIAS PORTELA OLIVEIRA

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA APLICABILIDADE EM SISTEMAS DE ALERTAS SONOROS ELETRÔNICOS
PARA EVACUAÇÃO EM MASSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 26 de junho de 2023

Banca Examinadora:

Dr. Mário Sérgio da Luz – Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Virgílio de Melo Langoni
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Leandro Marcos Salgado Alves
Instituto Federal Catarinense



Documento assinado eletronicamente por MARIO SERGIO DA LUZ, Professor do Magistério Superior, em 23/06/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por VIRGILIO DE MELO LANGONI, Professor do Magistério Superior, em 23/06/2023, às 16:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por Leandro Marcos Salgado Alves, Usuário Externo, em 23/06/2023, às 18:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#) e no art. 34 da [Portaria Reitoria/UFTM nº 165, de 16 de junho de 2023](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.uftm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1025675 e o código CRC 93F75CDB.

Dedico estes estudos a todos os profissionais, empresas e empreendimentos que utilizam de sistemas de alertas emergenciais para proteger e salvar vidas.

“E se alguém salvar uma vida, será como se tivesse salvo toda a humanidade”.

Alcorão

AGRADECIMENTO

A Deus por me prestigiar com esta oportunidade única de crescimento e aprendizado sobre implantação de Sistemas de Alertas Sonoros que podem ser utilizados para proteger e salvar vidas.

Aos meus pais Carlos Humberto e Regina Maria, aos meus irmãos Rafael Portela e Camila Portela, aos meus afilhados Johnny Portela, João Rafael e Lucas Rafael, por fazerem parte desta jornada.

À toda a equipe do grupo TELEVALE, que contribuíram muito para que este trabalho fosse realizado com segurança, e excelência.

Ao orientador Prof. Dr. Sérgio Mario da Luz pela valiosa orientação e pela oportunidade de aprender como realizar uma pesquisa científica em suas orientações e mediações de conhecimentos e informações.

A todos os professores do programa de Mestrado Profissional em Inovações Tecnológicas que me guiaram durante minha trajetória com seu profissionalismo e sabedoria.

Aos meus professores “Carlos”, “Carlim” e “Carlão”, que me ensinaram o caminho da eletrônica e das telecomunicações e estarão sempre em minha memória.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este projeto fosse realizado e desejo que o mesmo consiga trazer retornos significativos para o desenvolvimento da sociedade.

RESUMO

Com o crescente número de usinas hidrelétricas localizadas próximas a zonas habitáveis, houve a necessidade de mitigar os riscos e seus fatores, que podem desencadear rupturas nas barragens, colocando a população em perigo próxima às áreas frente a um possível rompimento de barragem, portanto nesta perspectiva, os sistemas de alertas sonoro têm contribuído para o a proteção da população em zonas de risco próximos a usinas hidrelétricas e mineradoras, a fim de salvar e proteger a vida dos moradores, pelo acionamento de sirenes de alta potência acústica para evacuar a população com antecedência em situações emergenciais de rompimento da barragem. Com base nessas informações preliminares, este estudo teve como objetivo avaliar a implementação de um sistema de alerta sonoro de alta potência desenvolvido para notificação emergencial de evacuação da população em massa de moradores próximos a barragens da Usina do Rio do Peixe. Para tanto, após a construção do referencial teórico, voltado para a inovação tecnológica, produção intelectual, especificidades de um sistema de alerta sonoro, foi estabelecido parâmetros materiais e operacionais para analisar e estudar o sistema notificação emergencial da TELEVALE (SNE-T), idealizado e projetado pelo pesquisador, com acionamento de sirenes por radiofrequência sem fio, e uso de painéis solares para fornecer energia elétrica. Na pesquisa de campo, inicialmente a Usina Rio do Peixe enviou dados sob a forma de mapeamento prévio da Zona de Autossalvamento (ZAS). Posteriormente, foram instaladas as Estações Remotas de alerta em pontos estratégicos definidos pela usina, seguidas das simulações a campo aberto para validar o nível de pressão sonora de no mínimo de 70 dB, e também coletar dados e informações alinhadas aos objetivos deste estudo. Os resultados apontam que o SNE-T é eficaz, seguro e confiável, considerando que todas as aferições realizadas foram acima de 70 dB, atendendo as exigências da Política Nacional de Segurança de Barragens. Importante relatar que pelo sucesso do SNE-T, o pesquisador e a TELEVALE foram premiados, em 2022 pelo Prêmio Nacional de Inovação, referendado, pelos aspectos técnicos, acústicos e tecnológicos, bem como pelo baixo custo de produção e implantação, uma vez que o SNE-T é de desenvolvimento 100% nacional. Infere-se que a tecnologia inovadora do sistema de alerta emergencial, analisado nesta pesquisa, é confiável, eficaz e seguro, além de ser financeiramente viável.

Palavras-chave: Alerta Sonoro. Autossalvamento. Usina. Barragem.

ABSTRACT

With the growing number of hydroelectric plants located near habitable areas, there was a need to mitigate the risks and their factors, which can trigger dam ruptures, putting the population in danger near the areas in the face of a possible dam rupture, so in this perspective, sound alert systems have contributed to the protection of the population in risk zones near hydroelectric and mining plants, in order to save and protect the lives of residents, by triggering high-powered acoustic sirens to evacuate the population in advance in emergency situations of dam failure. Based on this preliminary information, this study aimed to evaluate the implementation of a high-power sound warning system developed for emergency notification of mass population evacuation of residents near dams of the Rio do Peixe Power Plant. To this end, after the construction of the theoretical framework, focused on technological innovation, intellectual production, specificities of a sound alert system, material and operational parameters were established to analyze and study the TELEVALE emergency notification system (SNE-T), idealized and designed by the researcher, with wireless radio frequency siren activation, and use of solar panels to provide electrical energy. In the field research, initially the Rio do Peixe Plant sent data in the form of previous mapping of the Self-Rescue Zone (ZAS). Subsequently, the Remote Alert Stations were installed at strategic points defined by the plant, followed by the open field simulations to validate the sound pressure level of at least 70 dB, and also to collect data and information aligned with the objectives of this study. The results indicate that the SNE-T is effective, safe and reliable, considering that all measurements performed were above 70 dB, meeting the requirements of the National Dam Safety Policy. It is important to report that due to the success of the SNE-T, the researcher and TELEVALE were awarded, in 2022, by the National Innovation Award, referenced, for the technical, acoustic and technological aspects, as well as for the low cost of production and implementation, since the SNE-T is 100% national development. It is inferred that the innovative technology of the emergency alert system, analyzed in this research, is reliable, effective and safe, in addition to being financially viable.

Keywords: Sound Alert. Self-rescue. Power Plant. Dam.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Zona de Autosalvamento da Usina	33
Figura 2: Estações Remotas de Alerta	35
Figura 3: Mapa acústico simulado para as 07 Estações Remotas.....	39
Figura 4: Pontos estratégicos na aferição acústica	40
Figura 5: Comparativo das pressões sonoras nos pontos de validação	47
Figura 6: Demarcação estratégica dos Pontos de implantação das ER	52
Figura 7: Esquema técnico e tecnológico do SNE-T	55
Figura 8: Estação Remota implantada na Usina Rio de Peixe	57
Figura 9: Validação aferida no Ponto 1 da ZAS da Usina Rio do Peixe	59
Figura 10: Ilustração do Prémio Nacional de Inovação	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Administração de recursos naturais	24
Quadro 02: Coordenadas para implantação das 07 Estações Remotas	36
Quadro 03: Coordenadas para aferição acústica diretamente na ZAS	39
Quadro 04: Potencial Acústico das ER em Decibéis	46
Quadro 05: Aspectos técnicos, acústicos e tecnológicos	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COL	Central de Operação Local
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
dB	Decibel/Decibéis
ER	Estação Remota/Estações Remotas
FIEP	Federação das Indústrias do Estado do Paraná
NBR	Norma Brasileira
PAE	Plano de Ação e Emergência
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PNI	Prêmio Nacional de Inovação
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragem
SAS	Sistema de Alerta Sonoro
SNE	Sistema de Notificação de Emergência
SNE-T	Sistema Notificação de Emergência da TELEVALE
TELEVALE	Tele Comunicações do Vale do Rio Grande Ltda
ZAS	Zona de autossalvamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: SEGURANÇA E CREDIBILIDADE	20
3.2 TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE ALERTA SONOROS	23
3.2.1 Sistemas de alerta sonoro e as tecnologias wireless	26
3.3 VALIDAÇÃO DE SISTEMAS DE ALERTA SONORO	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 A ZONA DE AUTOSSALVAMENTO	31
4.1.2 Distribuição do sistema de alerta sonoro na ZAS	34
4.2 SIMULAÇÕES ACÚSTICAS EM SOFTWARE	37
4.3 COLETA DE DADOS E VALIDAÇÃO DO SNE-T	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 MEDIÇÕES DA PRESSÃO SONORA: O QUE OS NÚMEROS REVELAM	46
5.2 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS, ACÚSTICAS E TECNOLÓGICAS	48
5.3 DISCUSSÃO	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICES	67
APÊNDICE 1 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES REMOTAS (ER)	68
APÊNDICE 2 - AFERIÇÃO EM DECIBELÍMETROS	71
ANEXOS	74
ANEXO A - DECLARAÇÃO DE SERVIÇOS PRESTADOS	75
ANEXO B - PATENTE REQUERIDA DO SISTEMA DE ALERTA SEM FIO	76

1. INTRODUÇÃO

Nos anos recentes, estudos, pesquisas e propostas para o desenvolvimento de novos materiais e equipamentos, passaram a ser um trabalho em conjunto entre empresas e empreendedores, que atuam para a viabilização técnica e econômica destas tecnologias para utilização na sociedade brasileira. Desde então, houve avanços na consolidação na eletrônica digital, por meio de políticas de financiamento e legislação de incentivo à ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Esses progressos tecnológicos impactaram o crescimento do setor de segurança em massa, evidenciado por indicadores relevantes, tais como: expansão de patentes brasileiras, qualidade na infraestrutura, abertura de centros de pesquisa, proteção à propriedade intelectual. Esses indicadores revelam a necessidade de incentivar a inovação tecnológica com materiais fabricados exclusivamente no Brasil (TURCHI; MORAIS, 2017).

Parcerias e intercâmbio entre profissionais-inovadores e empreendedores industriais têm se ampliado, considerando que: “As políticas de estímulo à relação entre universidades e empresas [...]mersas na chamada economia moderna baseada em conhecimento, iniciaram ações de promoção e aproximação entre estes dois atores” (PARANHOS; CATALDO; PINTO, 2018, p. 256). Neste cenário, as universidades são fontes essenciais de conhecimento acadêmico e, também, industrial. Importante destacar que o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) tende a influenciar diretamente a inovação das indústrias, pelos saberes científicos aplicáveis, sobretudo da área da engenharia, das ciências exatas e tecnológicas, formando uma maior conexão entre a indústria e os institutos de pesquisa (TURCHI; ARCURI, 2017).

Com efeito, a inovação digital, movida pelas tecnologias que têm transformado a sociedade da informação e do conhecimento, está crescendo consideravelmente, expandindo-se para várias regiões brasileiras e diferentes setores da economia – a exemplo dos segmentos de segurança em massa, via tecnologias de notificação emergencial – o que viabiliza novos materiais de alertas sonoros. Trata-se de um combo de tecnologias da informação e comunicação, que se tornou integrante inseparável da segurança profissional e comunitária (PINSKY; KRUGLIANSKAS, 2017).

Nesse contexto, a população, os investidores e os governos estão cada vez mais interconectados, pela ampla variedade de equipamentos que transformam as organizações em empresas inteligentes. A convergência em larga escala de sinais digitais fixos e móveis, com o uso de interação máquina-máquina, tem incentivado o desenvolvimento de sensores de longa distância, o controle remoto de acionamentos, sistemas autônomos, os quais remetem à sistemas de segurança na modalidade sem fio (SILVA JUNIOR, 2017).

Considerando-se o panorama atual de grande competitividade, no qual se tem uma rápida evolução das tecnologias, a necessidade de materiais atualizados e um aumento expressivo das exigências dos consumidores fizeram com que as inovações fossem negociadas largamente no mercado digital. Empresas como a Tele Comunicações do Vale do Rio Grande Ltda – TELEVALE¹, situada em Uberaba (MG), têm investido cada vez mais em inovações eletrônicas, cujas alternativas inovadoras direcionam, inclusive, para o salvamento e evacuação em massa de pessoas por meio de sirenes sem fio, de longo alcance e desempenho.

Investe-se então, na qualidade do processo de desenvolvimento de produtos (PDP), reconhecendo a oportunidade de criação de novos sistemas e/ou do aperfeiçoamento dos já existentes. Cabe ressaltar que o ótimo desempenho do PDP de toda e qualquer empresa depende não apenas do profissionalismo técnico das organizações, mas também da interação com o conhecimento existente em seu segmento, bem como do potencial intersetorial e da ativação de fontes de pesquisa disponíveis sobre inovações tecnológicas com as quais atua (SILVEIRA, 2014).

Nas palavras de Tibério (2014 apud RUSSO et al, 2018, p. 7), pode-se enfatizar que:

A economia mundial gira cada vez mais em torno do avanço da inovação, para que possa auxiliar com novas ferramentas, modelos e processos no aumento da produtividade e competitividade dos setores econômicos. Diante da diversidade que caracteriza a produção no Brasil, se faz necessário, que por meio de estudos, se identifiquem quais são as melhores soluções e novas interações com a inovação tecnológica, que proporcionem o desenvolvimento tecnológico.

¹ No desenvolvimento desta pesquisa a empresa foi referenciada pela sigla TELEVALE.

Com os avanços científicos em constante expansão e com as transformações pontuais em matéria de inovação e tecnologia, a falta de segurança em eventos passados promoveram um redimensionamento dos sistemas de alerta emergências para rompimento de barragens, por meio dos quais as convicções de segurança e salvamento suscitaram novos produtos. Como solução plausível, para eliminar os riscos de produção e descarte de empresas que utilizam armazenamento em barragens, apresenta-se, nesta pesquisa, um produto inovador, um Sistema de Alerta Sonoro sem fio de longa distância e alta potência.

Cabe reconhecer que a gestão das inovações tecnológicas a cada dia tem se disseminado entre os empreendedores, o que demanda uma nova postura dos modelos atuais de propriedade intelectual, quando requer originalidade e eficiência, a fim de competir no mercado de tecnologias (AZEVEDO; OLIVEIRA JÚNIOR; NEGREIROS, 2017). Nessa perspectiva, os investimentos em pesquisa, a criatividade industrial e a parceria entre empresas e institutos públicos de pesquisa abrem espaços para apresentar e discutir propostas inovadoras e efetivas de evacuação em massa por meio de sistemas de notificação emergencial seguros e eficazes.

Propõe-se, investigar: quais as vantagens de uma tecnologia inovadora e sua aplicabilidade em sistemas de alertas sonoros emergenciais para rompimento de barragens, por meio do processo de desenvolvimento 100% nacional? Este estudo se justifica ao demonstrar, analisar e discutir sobre a inovação tecnológica, com maior participação das empresas nacionais, como proposta relevante para que a tecnologia brasileira possa alcançar patamares mais elevados em relação à competitividade internacional.

Em atendimento à lei federal nº 14.066/2020, sugere-se como proposta inovadora, voltada para o desenvolvimento de produtos, a utilização de sirenes eletrônicas de alta potência, sem fio – com gerador solar e comunicação via radiofrequência – para realizar alertas para as comunidades em riscos de eventuais emergências, com tecnologia nacional para uso público e privado em concordância com a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Atualmente este Sistema de Alerta Sonoros (SAS), também denominado de Sistema Notificação de Emergência (SNE), desenvolvido sob orientação do pesquisador-engenheiro, de minha responsabilidade, encontra-se implantado e comissionado em diversas usinas hidrelétricas brasileiras. Ao apresentar, analisar e discutir esse modelo de Sistema de Alerta Sonoro, após os objetivos gerais e específicos, apresenta-se o referencial teórico, seguido do capítulo de materiais e métodos, culminando com os resultados e discussão.

2. OBJETIVOS

2.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência de um sistema de alerta sonoro de notificação emergencial sem fio, utilizado para evacuação em massa dos moradores alocados próximos a barragem da usina Rio do Peixe.

2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar aspectos teórico-práticos de inovações tecnológicas de sistemas de alertas sonoro emergencial, por meio de sirenes de alta potência;
- Descrever a localização das estações remotas em coordenadas, por meio da análise da topografia e localização da zona de autossalvamento da referida usina;
- Simular o alcance do sinal acústico em decibéis, estatisticamente significativo, para evidenciar o potencial de validação das estações remotas;
- Demonstrar as pressões sonoras aferidas, efetivando os resultados obtidos em campo com a utilização do sistema de alerta sonoro de desenvolvimento nacional.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP, 2014), o Brasil é o 3º maior produtor de energia hidrelétrica do mundo, e atualmente, o único sistema de alerta sonoro para rompimento de barragens, de desenvolvimento 100% nacional, que atende a lei federal nº 14.066/2020 a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens, foi criado sob minha coordenação, em Uberaba, Minas Gerais, denominado de Sistema Notificação de Emergência (SNE-T). Cabe lembrar que anteriormente no Brasil, utilizava-se tecnologias e sistemas importados para fins de alertas sonoros à população em risco de acidentes de rompimento de barragem.

Após os acidentes de Mariana e Brumadinho, o governo impôs que as barragens deveriam prover de um sistema para alertar a população, e com isto, “os sistemas de alerta à população em massa, se transformaram em potencializadores de notificação emergencial para residentes próximos a usinas hidrelétricas, mineradoras, entre outros empreendimentos cujas barragens constituem fatores de risco às comunidades por rompimentos, deslizamentos, inundações, enchentes...” (PAULA, 2021).

Com a finalidade de atender a Lei nº 14.066/2020, propõem-se formas seguras em concordância com a Política Nacional de Segurança de Barragens, destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais” (BRASIL, 2020). Atualmente, o artigo 12, parágrafo IV, desta lei, exige que as barragens possuam sistemas de divulgação emergenciais de alertas à população em áreas afetadas em situações de riscos.

É importante acrescentar que a nova redação dada pela Lei nº 14.066/2020, dispõe que: “O PAE² estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência”. Além disso, a legislação vigente exige uma “estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência “(BRASIL, 2010).

²PAE - Plano de Ação e Emergência.

As empresas que se enquadram nos requisitos da Política Nacional de Segurança de Barragens, necessitam de implantar os sistemas de alerta sonoro e notificação emergencial, levando em consideração o porte do empreendimento, a natureza de produção, os níveis de risco, o total da população a ser evacuada, entre outros parâmetros.

Nessa linha de pensamento, no âmbito das corporações, é imprescindível que as empresas disponibilizem a infraestrutura necessária, bem como a cultura de se transformar em uma empresa inteligente³ e aceitar o potencial de segurança que os sistemas de alerta sonoro oferecem (PIRES, 2019).

Fundamentados na legislação brasileira, as corporações e os empreendedores têm aperfeiçoado sua operacionalidade e ao mesmo tempo vem investindo em inovações tecnológicas para alcançar o status de empresa inteligente: aquela com segurança máxima e risco mínimo de acidente de grande porte (capaz de prejudicar e/ou dizimar a coletividade municipal).

3.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: SEGURANÇA E CREDIBILIDADE

Atualmente, a inovação é um dos principais fatores que impactam no crescimento econômico das cidades, sendo fundamental para a geração de vantagem competitiva em ambientes que podem gerar inseguranças à população. Nesse sentido, a capacidade de inovar está diretamente associada com a capacidade competitiva dos empreendedores, empresas, municípios e até mesmo nações. Da mesma forma, a disseminação de novas tecnologias é essencial para o crescimento sustentado de resultados e para elevar a produtividade associada à segurança socioambiental (PINSKY; KRUGLIANSKAS, 2017).

É relevante atentar para o fato de que os processos de inovação e sua influência no desenvolvimento econômico ainda são considerados primordiais no contexto brasileiro, embora exista certa complexidade de difusão e adoção de tecnologias essenciais e com potencial de implementação de soluções sustentáveis nos setores: químico, energético, transporte e mineração. Visando a prevenção de desastres, as

³Empresas inteligentes entendem a sustentabilidade como oportunidade para desenvolvimento de vantagens competitivas, assumindo uma abordagem proativa em relação aos aspectos socioambientais (Disponível em <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37645782/>. Acesso em 18/10/2022).

empresas desses setores têm se preocupado com a segurança de seus empreendimentos, não apenas em virtude das ocorrências de acidentes de grande porte, mas também para atender as exigências legais e normativas vigentes, que tratam da segurança socioambiental de toda a população (MORAES, 2020).

Em questões de segurança, a tecnologia pode ser considerada um ponto essencial para produzir inovações, pautadas na informação tecnológica, indispensável para desenvolver sistemas coerentes com cada empresa e sua localização. Com efeito as informações tecnológicas, no desenvolvimento de um produto eletrônico, começam pela pesquisa para se obter conhecimentos que direcionam a construção de novos dispositivos e sistemas, seja através de produtos totalmente inéditos, ou aperfeiçoamento de produtos que já estão no mercado. Com base nesses princípios, engenheiros-empresendedores (inovadores ou Head⁴) têm analisado inclusive as tecnologias já consagradas para a prospecção de novos produtos (SILVEIRA, 2014).

Com o intuito de determinar as especificidades de um projeto tecnológico são levantadas, inicialmente, as reais necessidades dos clientes e/ou empresas, desdobradas em requisitos operacionais. Por meio da operacionalidade de cada empresa/empreendimento são determinados os pré-requisitos do projeto tecnológico propriamente dito, considerando diferentes atributos: funcionalidade, segurança, credibilidade, modularidade (constituídos por módulos), legalidade, entre outros. Uma vez identificados os requisitos do projeto tecnológico, geralmente realiza-se uma avaliação-piloto afim de verificar se o atendimento das particularidades tecnológicas solicitadas pelos empreendedores foram agregadas (MACHADO et al, 2018).

Ademais, a inovação tecnológica, como facilitadora da operacionalidade é resultante de um dinamismo, mas ao mesmo tempo pode, em um primeiro momento, trazer incertezas. Pela validação de um produto tecnológico, os empreendedores e as corporações precisam estar atentos à vulnerabilidade funcional que as incertezas podem causar, sobretudo no momento de aprovação de um novo produto tecnológico – as Incertezas e inseguranças demarcam os avanços tecnológicos. Todas as inovações precisam superar as incertezas antes de serem colocadas em funcionamento definitivo

⁴Gestor de inovação ou Head de Inovação é uma área de atuação profissional relativamente nova, que tem como função a transformação de tendências relevantes em processos e métodos criativos (AEVO, 2021).

em uma organização corporativa (PAIXÃO; SILVA, 2017), a exemplo de hidrelétricas e mineradoras. Inovar não se resume no diferencial tecnológico, mas também na efetividade de ações, finalidades e operações que a tecnologia se propõe a realizar, sendo o quesito confiabilidade indispensável em todo projeto inovador.

Ao considerar a credibilidade de sistemas e seus componentes eletrônicos, a proposição e o desenvolvimento de um novo produto tecnológico são acompanhados por desafios e complexidades, o que inclui identificar os detalhes técnicos da inovação, a viabilidade econômica (orçamento/investimento), mas também os riscos associados, antes de sua produção em escala. Nesse panorama, ressalta-se o papel das diretrizes científicas de inovação tecnológica, que são fatores relevantes na validação de sistemas eletrônico-digitais antes de sua transferência para o setor produtivo/industrial. Destaca-se, ainda, que as inovações tecnológicas não possuem o papel de lucratividade imediata, mas sim a inserção de um produto confiável e seguro, para que a própria tecnologia possa alcançar o mercado e atender as metas produtivas e aspectos socioambientais de segurança coletiva (FERREIRA et al, 2020).

No contexto brasileiro, a inovação é um diferencial mercadológico, cujos números revelam um crescimento de patentes e propriedade intelectual, a saber:

Conforme dados divulgados pelo Boletim Anual do Instituto Nacional de Propriedade Industrial, com relação ao ranking mundial de 2017, o Brasil posicionou-se entre os dez países que mais depositaram pedidos de patente de invenção (21%). No acumulado de janeiro a dezembro de 2017, dos 5.480 pedidos de depósitos de patentes de invenção efetuados no Brasil, 24% são de Instituições de Ensino e Pesquisa do Governo; destes depósitos de pedidos, 3.053 são provenientes da região Sudeste, sendo 638 depósitos originários do Estado de Minas Gerais (LEITE et al, 2018, p. 758).

Pode-se notar uma expressiva atuação dos inovadores de tecnologia em Minas Gerais, com impactos positivos na produção intelectual em nível nacional. Tendo a visão de que os inovadores (Head) são responsáveis pelo processo de desenvolvimento tecnológico em uma empresa, torna-se necessário uma coparticipação do setor produtivo, a exemplo da empresa TELEVALE. De fato, para a sociedade se beneficiar das vantagens oriundas das inovações tecnológicas, é preciso o engajamento entre inovadores e corporações de diferentes setores.

Nesse contexto, os conhecimentos científicos produzidos e devidamente validados podem ser transformados em inovação tecnológica, seja por meio de produto, processo, ou ambos, com contribuições significativas para toda a sociedade. Propostas de segurança associados à operação de sistemas automatizados de notificação emergencial indicam soluções confiáveis para eventuais riscos socioambientais de grande porte (SOUZA, 2011). Com base nesses argumentos, mais especificamente na prevenção de riscos ambientais, no contexto das usinas hidrelétricas, foi proposto e desenvolvido um sistema tecnológico inovador com base nas teorias de eletrônica, acústica e telecomunicações, para notificação emergencial e evacuação em massa de pessoas situadas em áreas de riscos de rompimento de barragens. Esta pesquisa delimita-se em torno de sistemas sonoros de notificação emergencial de longo alcance, testados e validados em barragens hidrelétricas.

3.2 TECNOLOGIAS E SISTEMAS DE ALERTA SONOROS

Apresentar sistemas de alerta para zonas de autossalvamento (ZAS) tornou-se um tema crítico e de ampla relevância, principalmente diante do crescimento populacional nas regiões a jusante das barragens. Esses parâmetros críticos e sua importância surgiram em decorrência da perspectiva de que as cidades têm se transformado em ambientes e canais privilegiados para o acesso aos fluxos das águas, que podem causar enchentes ou inundações oriundas de espaços institucionais, como as hidrelétricas, o que demanda soluções seguras para evacuação da população em situações emergenciais. Neste caso, os sistemas de alertas sonoros de grande alcance e alta potência transformam as hidrelétricas em empresas inteligentes, indicando soluções para o enfrentamento dos problemas que envolvem a preservação da população urbana e/ou ribeirinha, seja pela evacuação em massa ou pelo autossalvamento (WEIS; BERNRADES; CONSONI, 2012).

Desastres de grande porte são problemas que impactam a sociedade, como as tempestades, deslizamentos, rompimento de barragens, inundações, entre outros. Com efeito, não há uma única forma de evitar esses eventos, uma vez que sua magnitude depende de mudanças climáticas, aumento da população, danos ambientais

(rompimentos), e outros fatores. Em virtude do crescimento urbano, parte da população tem se deslocado para as zonas de risco, seja pela falta de planejamento urbano ou para residir próximo ao seu local de trabalho, elevando os riscos de perdas humanas e materiais (SILVA et al, 2018), o que requer gestão de desastres naturais, subdivida em quatro etapas essenciais segundo Rafaeli Neto (2000 apud Silva et al, 2018):

Quadro 01: Administração de desastres naturais

Fases	Desdobramentos
Preparação	Abrange as atividades de planejamento antes de ocorrer um desastre, visando a melhor resposta operacional durante a ocorrência, está incluso nessa fase a preparação do plano de emergência, o monitoramento do perigo e adoção de medidas estruturais, com o objetivo de prevenção.
Resposta	Envolve a parte dos recursos disponíveis antes, durante e depois de uma ocorrência de emergência, com o objetivo de minimizar perdas de vidas ou de bens materiais, ou seja, todas as atividades emergenciais relacionadas aos desastres desde o monitoramento da área até a evacuação e atendimento das vítimas.
Recuperação	É caracterizada pela reconstrução das áreas afetadas pelo desastre e a retomada de onde a cidade ou região parou naquele momento, buscando melhorias. Engloba toda parte desde os suprimentos com remédios e comidas até a comunicação e o transporte da região.
Mitigação	Está relacionada com a redução ou eliminação da fragilidade às situações de perigo de longo prazo, visando a prevenção a futuras ocorrências e proporcionando mais segurança à população, incluindo a política de zoneamento para que seja possível o controle de uso do solo.

Fonte: Rafaeli Neto (2000 apud Silva et al, 2018).

Na presente pesquisa, a gestão de riscos naturais será delimitada em torno das fases de preparação-reposta (ou preparo-reposta), embora todas as etapas sejam igualmente importantes no salvamento de vidas e prevenção contra danos ambientais, materiais e econômicos na perspectiva e princípios da inovação tecnológica para a segurança da população vulnerável a riscos ambientais.

Nesses parâmetros, a presença de grupos populacionais minoritários e em condições vulneráveis, sujeitas a riscos, precisam ser protegidas por sistemas inteligentes mais eficazes, como elemento central na localização e operacionalidade de barragens. Considerando a sobrecarga das estruturas das hidrelétricas em razão do

volume de água armazenado, necessita-se de uma resposta operacional confiável, quanto à implantação, validação e aplicabilidade de alertas sonoros, para planos de emergência (MANSUR et al, 2016).

Nas fases de preparação-reposta, os desastres podem ser evitados se as usinas hidrelétricas, responsáveis pela manutenção das barragens, realizarem planejamentos e implantação de sistema de alerta nas zonas de autossalvamento, como resposta imediata de evacuação em massa, cujo sistema tecnológico seja acionado manualmente ou por tecnologia wireless. Para que a população possa se sentir segura, é importante planejar metas de salvamento, o que demanda tecnologias sonoras de longo alcance e alta potência, após delimitar a área de barragem, onde as sirenes serão implantadas, a fim de elevar o potencial de segurança em todas as zonas de risco (CAVALCANTI; FERNANDES, 2021).

Nas pesquisas sobre sistemas de alerta de risco de desastres no território brasileiros, Marchezini et al (2017, p. 292) relatam que:

Além do conhecimento do risco, outro eixo do sistema de alerta refere-se às ações de monitoramento e alerta. O monitoramento de risco contempla atividades de coleta de dados e informações para identificar possíveis ameaças e situações de risco iminente, com o objetivo de subsidiar a emissão de alertas antecipados de provável ocorrência de desastres.

Na perspectiva da capacidade de resposta, incluem-se as formas de estruturação de cada hidrelétrica e suas estratégias tecnológico-operacionais para responder aos riscos potenciais. Normalmente, a amplitude do poder de resposta está vinculada à disposição do sistema de alerta em locais onde se potencializa a acústica e a sonoridade, associada ao manejo adequado do sistema informatizado em nível institucional, para evacuação em massa com toda a segurança. Cabe destacar que a capacidade de resposta é uma das principais exigências a serem validadas em um sistema de alerta sonoro.

Nos alertas de riscos, a participação da comunidade é essencial frente à capacidade de resposta, uma vez que a magnitude do desastre e o alcance do potencial de segurança, bem como a singularidade de cada usina hidrelétrica influencia na disposição geográfica das Estações Remotas de alerta sonoro. Por meio dessas estações, a emissão sonora realizada de forma apropriada, imediatamente ao risco

iminente, possui força de resposta já que o alerta acústico é um processo de comunicação de que o risco emergiu e que a evacuação é necessária, para que o autossalvamento se concretize. Evidentemente que a tecnologia informatizada para mobilizar a população sob risco de desastre envolve detecção e ação rápida da evacuação; utilizando um sistema sonoro-acústico para orientar a população que é necessário deslocar-se o mais rápido possível (SILVA, 2018).

Para além das ações de resposta direcionadas às ZAS, são imprescindíveis pesquisas no campo da validação dos processos de alerta: emissão clara, tempestiva e potente do alerta, percepção sonora via sirenes, mobilização rápida da população, fluência no trânsito de pessoas para lugares seguros, instruções verbais diretamente dos componentes tecnológicos, facilidade para abrigar as vítimas. Em desastres, delimitam-se novas territorialidades acústicas, ou seja, alcance máximo da emissão sonora, para organizar a retirada dos munícipes que, mesmo após o acionamento das sirenes, ainda se encontram no local de risco (KUMURA et al, 2017).

Todo sistema tecnológico de alerta sonoro deve contar com um tempo mínimo para a evacuação (normalmente de 30 minutos), uma vez que a vazão de água é rápida e o tempo de evacuação dependerá do deslocamento das zonas de risco para áreas seguras e distantes de uma possível inundação em ambientes do entorno da barragem hidrelétrica (MARCHEZINI, 2020). Atualmente, a tecnologia sem fio está sendo amplamente utilizada em sistemas de alerta de longo alcance e alto potencial acústico.

3.2.1 Sistemas de alerta sonoro e as tecnologias wireless

Os sistemas de alerta sonoro podem ser conceituados como instrumentos tecnológicos instalados em áreas tendentes a risco de desastre, para que a população possa ser avisada e tenha a oportunidade de evacuação coletiva de um maior número de pessoas possíveis. Esses sistemas são denominados de sistemas de alerta a desastres, com tecnologia avançada, por meio de emissão de notificação emergencial via sirenes de alto potencial acústico, para informar aos cidadãos que residem em áreas de risco, que seu deslocamento seja realizado imediatamente. Por sua vez, o sistema de notificação sonora pode ser concebido pela a união de pesquisas, conhecimentos e

tecnologias, a fim de produzir e transmitir alertas acústicos (sirenes e verbais), considerando-se o tempo de preparo e resposta instantânea e urgente (LUZ, 2018).

Na concepção tecnológica de um sistema de alerta, a automação combina a inteligência artificial com software ativo, com a finalidade de atuar automaticamente quando existir variações nas condições físicas das operações necessárias ao alerta de população vulnerável a riscos naturais. Essas variações podem alterar a leitura dos equipamentos a campo, porém a inteligência artificial gera sinais digitais transmitidos para todos os componentes e interfaces de um sistema de notificação sonora emergencial. Esse sinal digital emitido por tecnologia wireless aciona a execução de um algoritmo, que processa ações informatizadas e pré-programadas, emitindo sinais sonoras de longo alcance e potência (GOMES, 2019).

Nesse aspecto, os sistemas de alerta confiáveis e potentes têm ganhado o mercado de segurança coletiva, em virtude da capacidade de preparo-resposta, para reduzir as perdas de vidas. Além do mais, os processos sonoros no ramo de sistema de alerta precisam da mobilidade de dispositivos que realizam transmissões eletrônicas sem o uso de cabos ou fios, pois as hidrelétricas se encontram em regiões afastadas da zona urbana, sendo que os custos com cabeamento até as estações remotas podem ser elevados e inviáveis. Uma das melhores opções para emissão sonora a longas distâncias é a utilização de tecnologias wireless (sem fio). Esses dispositivos não cabeados, acionadas por radiofrequência podem ser compostos por uma rede de dispositivos inteligentes, com capacidade de transmissão de sinais para ativar o sistema de alerta sonoro (TOMASINI et al, 2017).

Por meio de pesquisas científicas e eletrônicas, atualmente é possível construir um sistema sonoro de alerta de desastres de custo acessível para ser instalado em áreas urbanas ou a jusante, ou seja, em zonas de alto risco de ocorrências de rompimento seguido de inundações de grande porte. Com o advento das tecnologias sem fio, tornou-se possível conectar sirenes em estações remotas longínquas com a mesma segurança que as cabeadas (CHARIZIO et al, 2019). Outro detalhe importante é a redução de gastos com energia elétrica para cada protótipo desenvolvido – já que toda tecnologia possui seu potencial inovador previamente validado (GOMES et al, 2019).

Tecnologias inovadoras que tem por objetivo reduzir ao máximo a perda de vidas por desastres de grande porte seguem uma territorialização de unidades de sirenes com simulação prévia na etapa da preparação, acionadas a distância por centros de controles, porém precisa-se de mobilização de recursos, cujo orçamento varia não apenas em função da tecnologia, mas pela quantidade de estações remotas em cada ambiente específico (MARTINS, 2013). Todas as ações para notificação emergencial devem ser validadas antes de seu efetivo funcionamento, a fim de evitar inconsistências e falhas sistêmicas, entre o acionamento e a emissão sonora das sirenes.

3.3 VALIDAÇÃO DE SISTEMAS DE ALERTA SONORO

Conforme proposto nesta pesquisa e seguindo os parâmetros de gestão de risco, em termos de validação foram considerados neste projeto dois momentos intercambiáveis: preparação e resposta. Na preparação dos projetos, os estudos acústicos foram delimitados em torno da simulação e testagem, ao passo que a resposta foi associada à coleta de dados e à validação do sistema de alerta sonoro de alta potência (SAS), idealizado e construído na perspectiva da tecnologia sem fio (wireless). Ao utilizar simulações para verificação da credibilidade de um sistema e seus componentes, inicia-se pela realização de testes de validação de natureza tecnológica, considerando a exigência legal, a efetividade da tecnologia, com a participação dos empreendedores envolvidos, para uma avaliação coletiva da segurança, confiabilidade e resposta frente à inovação tecnológica que se propõe negociar (ALVES et al, 2016).

Quando se divide a validação em etapas, geralmente inicia-se pela preparação e execução do projeto, ou seja, pela implantação da central de acionamento e das estações remotas de alerta nas áreas das usinas hidrelétricas, para que os equipamentos estejam operacionais e prontos para emitir os alertas sonoros na Zona de Autossalvamento. Em seguida testa-se os equipamentos, a segurança e a efetividade tanto da interface física, acústica, e quanto dos softwares (interface inteligente) nas respostas em simulação de um desastre. Nesse caso, a meta essencial da obtenção da resposta, começa pela preparação e eficácia do sistema de alerta sonoro. Convém enfatizar que um ciclo de testagem (para obtenção de feedback) também é indicado como válido para sistemas de

alerta a longa distância, pois dessa emissão de alertas por meio de tecnologia sem fio, pode-se estabelecer a eficiência de todo o sistema: componentes materiais e inteligência artificial (MELLO, 2012).

Uma simulação-testagem com integração entre software e componentes físicos, para alertas de notificação emergencial contra inundações, provenientes de rompimento de barragens, pode ser sustentada em processamento da tecnologia sem fio e sua resultante – acionamento das sirenes nas estações remotas de alerta, por exemplo. Na base da testagem, pode-se realizar simulações diversas nos equipamentos sonoros por meio de softwares acústicos, sendo que os modelos de previsão são utilizados, principalmente, para checar quanto a dispersão acústica do sistema, prevendo a pressão sonora em decibéis a qual a população irá escutar os alertas emergenciais. É muito importante a relação entre alcance do sinal acústico e a resposta, pois há um período de tempo mínimo para que a população possa se deslocar para áreas seguras, o que configura o nível de alerta. Nesse nível, a resposta é analisada pelo alcance do alerta sonoro, para evacuação, iniciando com o estímulo sonoro: ao acionar as sirenes (alerta sonoro) não pode haver falha nem na emissão do som, nem na propagação, alcance e continuidade sonora (FURQUIM, 2017).

Nos modelos de simulação, deve-se observar aspectos geográficos (relevos e valas), espaciais (distanciamento) e captação do sinal emitido, após o acionamento das sirenes (alerta sonoros), bem como o funcionamento do conjunto de equipamentos e aplicativos que integram a validação de alerta como um todo indissociável. Na testagem, a simulação é de grande importância para revelar falhas e inconsistências no sistema de alerta, pois mesmo que a tecnologia tenha sido testada, previamente, em outras empresas, não significa que seu funcionamento seja consistente e infalível em todos os ambientes hidrelétricos (REIS; PONS; LOPES, 2016). Simulação e testagem demandam coleta de dados in loco e análise da resposta, considerando, inclusive, as dimensões físicas do empreendimento – no caso desta pesquisa, as usinas hidrelétricas.

Nessa perspectiva, tendo como suporte os dados coletados fornecidos pelas respostas das simulações de um sistema tecnológico, o empreendedor que adquire um sistema totalmente confiável de notificação emergencial é capaz de potencializar a redução de fatalidades. Na testagem por simulação, ao se implementar os sistemas de

alerta e a capacidade de verificar os resultados diretamente no local do teste, a resposta deve fornecer indícios de que a evacuação em massa se torne eficiente em caso de desastre. Quando comparados os dados de eficiência e as possíveis inconsistências da tecnologia, percebe-se que o funcionamento de um sistema é eficaz, lembrando que a evacuação demanda treinamento e divulgação de como a população deve proceder ao perceber o alerta sonoro (SILVA, 2018).

É muito importante diferenciar as estratégias de evacuação, com o sucesso do sistema de alerta. Na simulação testa-se a estrutura e o funcionamento da tecnologia para o sistema sonoro, a ser disponibilizada às organizações, corporações e empresas que pretendem eliminar riscos e, assim, evitar as fatalidades. Nesse sentido, há duas interfaces bem definidas: uma delas é a testagem da resposta dos equipamentos e softwares do sistema sonoro, a outra é a eficácia da evacuação, que depende de outras intervenções, que a tecnologia de alerta não alcança. Sendo assim, os aparatos tecnológicos testados em nível de sistema de notificação emergencial não têm a função nem de monitorar o risco, nem de gerenciar a evacuação em massa, pois o autossalvamento depende do preparo da empresa e município, ao garantir que a população saiba agir, tão logo sejam notificados pelo sistema de alerta (ELEUTÉRIO; NASCIMENTO; SILVA, 2020).

Em níveis operacionais, o paradigma inovador impõe credibilidade, mas a resposta não inclui apenas questões espaciais (geofísicos) ou demográficos (populacionais), mas sim a eficácia de uma resposta efetiva que faz com que o desastre não tome proporções ainda maiores, pois os sistemas de alerta potencializam o autossalvamento. No entanto, um sistema de alerta sonoro de longo alcance é mais um potencial para auxiliar na gestão do risco, pois nem os componentes eletrônicos, nem a modernidade do software, isoladamente, são capazes de garantir o autossalvamento. De fato, como bem delineado, o sistema emite um alerta e, para tal, deve ser eficiente em seus objetivos de notificação sonora emergencial (FEITOSA; MONTEIRO, 2012). Considerando a importância da testagem e da simulação para a coleta de dados e composição dos resultados, segue-se a apresentação dos materiais e métodos da presente pesquisa.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa visa comprovar a eficácia da implantação de um sistema de alerta sonoro em massa, na Zona de Autossalvamento (ZAS) da Usina Hidrelétrica Rio de Peixe, localizada na cidade de Nova Lima (MG). Da mesma forma, irão ser validadas a efetividade e a consistência da tecnologia inovadora do Sistema Notificação de Emergência da TELEVALE (SNE-T⁵), patenteado como solução técnica, para realizar alertas emergenciais à população, via pressão sonora de no mínimo 70 decibéis, conforme disposto na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB).

Importante destacar que a tecnologia do SNE-T em questão é propriedade intelectual do pesquisador (Anexo A e Anexo B), que detém a proteção legal e o reconhecimento de autoria de um produto inovador e premiado em 2022. Nessa perspectiva, os materiais e métodos foram alinhados ao objetivo final do estudo: analisar o SNE-T e sua capacidade de emitir um alerta emergencial de no mínimo 70 decibéis à população que se encontra na ZAS da referida Usina.

Ao incluir a propriedade intelectual como objeto de análise e discussão, destaca-se o marco legal da inovação de produtos, cognominado Novo Código de Ciência, Tecnologia e Inovação, instituído pela Lei 13.243/2016, que regulamenta o incentivo ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação tecnológica e à inovação. Esse marco inicial é de suma importância para estimular o desenvolvimento e oferta de produtos nacionais, muitos dos quais têm alcançado grande aceitação no mercado, com excelência em termos de credibilidade tecnológica. Apresentam-se, em seguida, os procedimentos metodológicos, iniciando pelo contexto da pesquisa: a zona de autossalvamento da Usina Rio do Peixe.

4.1 A ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

Na composição da Zona de Autossalvamento (ZAS), os dados iniciais foram levantados pela Usina Rio de Peixe e enviados ao pesquisador para a elaboração dos

⁵ Considerando ser uma inovação tecnologia idealizada pelo pesquisador e patenteada pela TELEVALE, para facilitar a coesão textual, doravante o sistema desenvolvido e validado na Usina do Rio do Peixe será tratado como SNE-T.

estudos e projetos iniciais, com a finalidade de desenvolver uma solução tecnológica para evacuação em massa da população em áreas de risco de um eventual rompimento da barragem.

Na busca por conhecimentos e critérios prévios, a etapa da produção dos mapeamentos foi primordial, para que pudesse estabelecer a localização mais apropriada das sete Estações Remotas (Apêndice 1) que é integrante do SNE-T. Durante a reunião com profissionais da Usina Rio do Peixe, foram coletadas informações essenciais para que o processo de produção do SNE-T fosse realizado com sucesso, transformando-se, concomitantemente, em um novo produto tecnológico.

Convém lembrar que a ZAS representa a dispersão da água nas áreas de alagamento de um eventual rompimento da barragem (BALBI, 2008). No presente estudo, a Zona de Autossalvamento foi elaborada pela própria Usina Rio de Peixe, com base nas características físicas e especificidades da barragem. Ainda quantos aos conhecimentos prévios, foi fornecido ao pesquisador um mapa demarcando zonas de potenciais inundações, elaborado com base em:

1. Caracterização geotécnica, físico-química e mineralógica dos materiais do reservatório, contemplando, mas não se limitando a, ângulo de repouso, peso específico, granulometria e identificação de superfícies preferenciais de ruptura;
2. Volume do Reservatório;
3. Classificação dos rejeitos ou sedimentos armazenados no reservatório segundo a norma ABNT/NBR 10.004 ou norma que a suceda; e
4. Batimetria atualizada do reservatório;

Uma vez conhecidos esses quatro critérios, o mapa da ZAS foi enviado em arquivo digital, com delimitação via satélite, representada por meio de uma área circunscrita na forma de um contorno azul, conforme demonstrado na figura 1:



Figura 1: Zona de Autosalvamento da usina (USINA RIO DE PEIXE, 2022).

Nos estudos metodológicos de Abelheira et al (2019), o principal parâmetro inicial de escolha do local precisa ser técnico, pois o foco do alerta é a zona de risco – identificada nesta pesquisa pelo contorno azul do mapeamento inicial. Por sua vez, de acordo com Silveira (2014), no desenvolvimento de novos produtos e sua descrição metodológica:

Ressalta-se que um dos pontos cruciais para o desenvolvimento de produtos inovadores é a etapa de busca de conhecimento, pesquisa e geração de alternativas. Por ser reconhecidamente uma etapa em que o processo criativo atinge seu máximo, devido a sua importância, [...], buscou-se contribuir com este processo inicial tão relevante onde são capturadas informações fundamentais, que influenciam na tecnologia aplicada e todo o processo de produção correspondente as etapas posteriores.

Antes de desenvolver o SNE-T, o conhecimento prévio do mapeamento e do contorno da área azul, foi um parâmetro de grande relevância para o posicionamento das sete Estações Remotas (ER). Por razões técnicas, o mapeamento foi definido em relação à instalação das ER em Pontos estratégicos, que atendessem o maior número de moradores possível. Em seguida, será descrita, a distribuição das ER, que é um dos materiais integrantes do sistema analisado na presente pesquisa.

4.1.2 Distribuição do sistema de alerta sonoro na ZAS

Fundamentado na análise e estudo prévio da ZAS da Usina – após a fase conceitual do projeto – pesquisador e TELEVALE definiram e apresentaram uma proposta técnica, como solução tecnológica inovadora para evacuação em massa: o SNE-T – também denominado na literatura por sistema de alerta sonoro. Nessa linha de pensamento, destaca-se que um sistema de notificação emergencial contém um subsistema de alerta sonoro, com capacidade de transmitir alertas emergenciais à população, por meio de sirenes de alto alcance e desempenho. Este sistema de notificação emergencial foi dividido em dois componentes principais:

- **Central de Operação Local (COL):** Equipamento a ser instalado em uma área segura, fora das áreas de risco do rompimento da barragem, com capacidade de realizar alertas emergenciais para as Estações Remotas sem fio, por radiofrequência. Possui botoeiras emergenciais, que ao serem pressionadas, realiza a transmissão das mensagens pré-gravadas para as Estações Remotas, para evacuação da população.
- **Estações Remotas (ER):** Postes de concreto com sistema sonoro de sirenes, microcontroladores, sistema fotovoltaico e baterias. A Estação Remota é operada remotamente por radiofrequência via Central de Operação Local, e possui capacidade de transmitir alertas sonoros em longas distâncias por meio de sirenes de alto desempenho à população.

Considerando-se esses dois componentes, a posição geográfica e topográfica das ER, diretamente na ZAS, teve como proposição: posicionar as estações e, conseqüentemente, as sirenes (altura e angulação), para alcance sonoro amplamente audível, transmitida pela COL. Consideradas como parte integrante do material analisado nesta pesquisa, as ER (figura 2) foram implantadas e testadas de forma audível em

pontos estratégicos da ZAS no entorno da Usina. Além disso, as emissões da pressão sonora foram aferidas por meio do Decibelímetro⁶ homologado Digital Minipa MSL-1301.



Figura 2: Estações Remotas de Alerta (PESQUISADOR, 2022).

Vale frisar que a PNSB (BRASIL, 2010/2020) dispõe, entre seus objetivos: “estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público”. Para atender essa determinação metodológica, o SNE-T – com comprovada natureza técnica – foi operado pela Central de Operação Local (COL), situada na sala de comando da Usina.

Na localização e distribuição dos equipamentos do SNE-T, nas áreas próximas da ZAS, foram levadas em consideração as seguintes premissas:

1. Características técnicas da Central e Estações Remotas;

⁶ Conforme o manual do decibelímetro, trata-se de um equipamento de alta confiabilidade para análise e monitoração de ruídos sonoros, controle de qualidade, medições de controle de barulho ambiente em fábricas, tráfego, áudio em habitações e outros. Possui display de 4 dígitos, uma faixa de medição dinâmica de 30dB a 130dB, tempo de resposta Fast e Slow, registro de leitura máxima e mínima e resolução de 0.1dB.

2. Coordenadas em graus, minutos e segundos fornecidas pela usina das áreas disponíveis para implantação dos equipamentos;
3. Análise da topologia do terreno por meio de simulações em software de propagação acústica;

Depois de identificar essas três premissas, as coordenadas precisas foram fornecidas pela Usina, para implantação das ER, a saber:

Quadro 02: Coordenadas para implantação das 07 Estações Remotas

Equipamento	Latitude	Longitude
ER 01	20°10'41.82"S	43°56'34.09"O
ER 02	20°10'27.46"S	43°55'22.16"O
ER 03	20°10'34.70"S	43°55'14.00"O
ER 04	20°10'47.13"S	43°54'47.62"O
ER 05	20°11'14.91"S	43°54'57.98"O
ER 06	20°11'8.40"S	43°54'37.96"O
ER 07	20°10'50.75"S	43°54'2.12"O

Fonte: Pesquisa de Campo (2022).

Mediante dados acima, identificou-se a relevância em estabelecer as coordenadas mais precisas para a instalação (posicionamento) das ER, integrando-as aos parâmetros de análise e validação desta pesquisa, além de revelar as inovações tecnológicas agregadas ao SNE-T. Ao estudar a localização mais apropriada das ER, a implantação seguiu o raciocínio metodológico de Mussi; Mussi (2017, p. 200)

A definição de novas práticas em função da adoção de novas tecnologias pode exercer efeitos muito além daqueles desejados. As propriedades estruturais de tecnologias inovadoras interagem com as características da organização. Tais propriedades, juntamente com as condições organizacionais, compõem uma situação ambiental que deve ser analisada antes de realizar qualquer aquisição, sobretudo quando essas aquisições são significativas para a organização

Nessa perspectiva, ao determinar as coordenadas acima, esse procedimento metodológico – uso da tecnologia da informação na composição de um lugar (ZAS) – abrangeu tanto os critérios técnicos na execução para a consolidação da tecnologia inovadora, quanto na demanda por custos mais reduzidos sem alterar a segurança do SNE-T.

Para Silva (2018, p. 28), uma das etapas mais importantes para testagem de um sistema de alerta é a preparação que consiste em: “Medidas tomadas antecipadamente para assegurar uma resposta eficaz aos desastres”. Na testagem do SNE-T, as simulações foram realizadas por meio de um conjunto de emissões, medições e análise dos alertas em decibéis, para comprovar o alcance, a segurança e a credibilidade do sistema da TELEVALE. Na pesquisa de campo, as coordenadas definidas levaram à instalação de sete estações remotas em locais estratégicos para simulações acústicas via software fornecido pela empresa patrocinadora.

4.2 SIMULAÇÕES ACÚSTICAS EM SOFTWARE

Na elaboração das simulações e testagens, a composição prévia da ZAS (acima descrita) foi de suma importância para realizar testes com os componentes do SNE-T. Para Souza (2011, p. 22): “Os componentes para representar o lugar são um grupo de elementos, dentre eles os softwares, capazes de permitir o ajuste de todos os sistemas de TI integrados no lugar, através da simulação por algum tipo de modelo”. Ainda segundo o autor, as simulações de um novo produto são indispensáveis para prever consistências e inconsistências, as quais incluem a determinação de pontos fixos, no caso deste estudo: pontos estratégicos.

Para tanto, a TELEVALE patrocinou e forneceu ao pesquisador o software *SoundVale*, de propriedade intelectual da própria empresa, por meio do qual o pesquisador realizou simulações acústicas dos equipamentos sonoros em campo, utilizando-se imagens de satélite com mapas de relevo da Zona de Autossalvamento.

Nas simulações é importante utilizar softwares, capazes de: “permitir o ajuste de todos os sistemas de tecnologia de informação (TI) integrados no lugar, através da simulação por tipo de modelo” (SOUZA, 2011, p. 22). As testagens sonoras possibilitam prever níveis de alteração em campo aberto e incluem as técnicas de determinação de pontos fixos – conforme utilizado nesta pesquisa – sendo que os padrões legalmente exigidos, o tipo de software e os processos de testagem e mensuração devem fornecer parâmetros e de validação ou demonstrar inconsistências para serem sanadas e prover maior segurança nos alertas sonoros.

Cabe destacar que de acordo com Balbi (2008), não é aconselhável um grande número de testagem, pois uma simulação não pode dificultar a manipulação e interpretação dos dados, por causa de uma grande quantidade de informações.

Ademais, os resultados das simulações informatizadas oportunizam compor os quadros sinópticos, suficientes para determinar o alcance do sinal acústico que é o início da resposta a atuações de emergência no vale a jusante da barragem (BALBI, 2008), as quais culminam com o autossalvamento. Pode-se empregar simuladores acústicos em variadas áreas do conhecimento, para que sejam manipulados como laboratórios virtuais. Isso porque tais aplicativos geralmente empregam tecnologias direcionadas a realidades virtuais (SILVEIRA et al, 2021). Nesta pesquisa a realidade virtual simulada foi a pressão acústica do SNE-T em campo aberto.

Ao utilizar o *SoundVale*, foi possível simular a eficiência das Estações Remotas e a dispersão acústica das sirenes, criando um mapa acústico (figura 3) na zona de autossalvamento da usina hidrelétrica, campo de estudo desta pesquisa, indicando os pontos de pressão sonora em decibéis na área demarcada e mapeada. Para elaboração das simulações acústicas em software, foi considerado a média de valores das seguintes variáveis:

- Coordenadas enviadas pelo cliente de 07 pontos disponíveis
- Altura das sirenes das Estações Remotas em relação ao solo: 8 metros.
- Angulação das Cornetas: Direcionadas para a ZAS
- Frequência dominante do tom de alerta sonoro: 2.000 Hz
- Sensibilidade das sirenes: 120 decibéis à 1 metro de distância
- Temperatura ambiente: 25°C
- Topologia do terreno: De acordo com mapas do Google Earth
- Umidade do ar: 30%
- Altura média do ouvinte em relação ao solo: 1.50 metros
- Pressão atmosférica: 1020 hPa.

Essas variáveis foram calibradas no software de propagação, para criar o mapa acústico das Estações Remotas implantadas, viabilizando prever a efetividade do sistema, de acordo com as coordenadas de implantação do equipamento. Os pontos das coordenadas fornecidas pela Usina foram validados em software após simulação operacional das sete ER em conjunto, para validar a solução tecnológica proposta, buscando reconhecer se a cobertura total da ZAS (linha azul destacada no mapa abaixo) alcançasse no mínimo 70 decibéis.

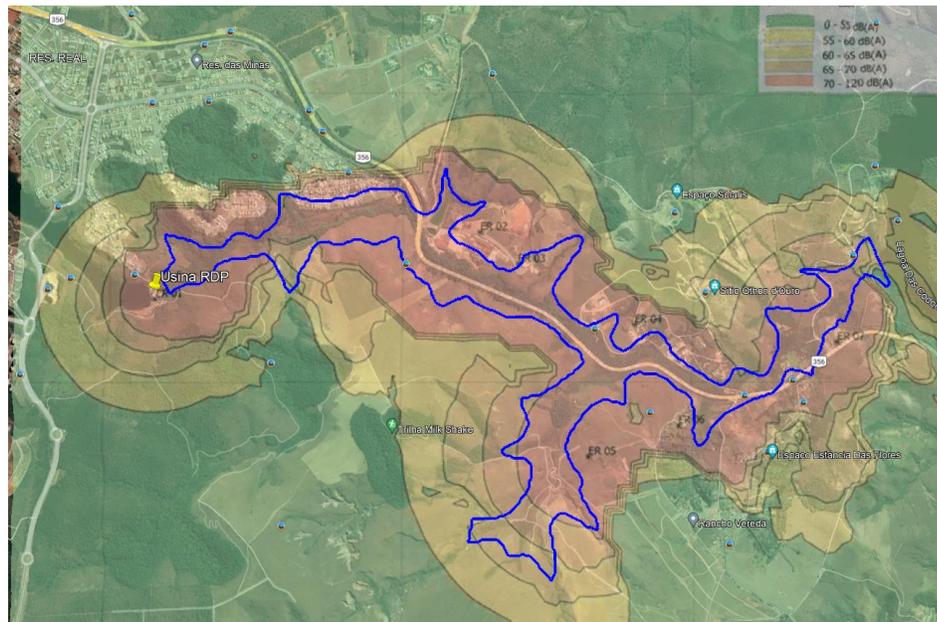


Figura 3: Mapa acústico simulado para as 07 Estações Remotas (PESQUISADOR, 2022).

Após a implantação de cada estação remota, foi realizado o comissionamento mecânico, elétrico e eletrônico de todos os componentes do sistema. Paralelamente à implantação dos equipamentos, foram estabelecidos pela Usina, cinco Pontos e coordenadas (Quadro 03), para realizar as aferições sonoras com decibelímetros.

Quadro 03: Coordenadas para aferição acústica diretamente na ZAS.

Local	Latitude	Longitude
Ponto 01	20°10'41.82"S	43°56'34.09"O
Ponto 02	20°10'27.46"S	43°55'22.16"O
Ponto 03	20°10'34.70"S	43°55'14.00"O
Ponto 04	20°10'47.13"S	43°54'47.62"O
Ponto 05	20°11'14.91"S	43°54'57.98"O

Fonte: Pesquisa de Campo (2022).

Com esses pontos estratégicos – também denominados de pontos fixos – foram primordiais para a simulação e validação de todo o sistema emergencial. Isso porque a capacidade das sirenes, em concentrar as pressões sonoras, evita que dispersão acústica seja alcance áreas indesejadas, ou seja, distantes das zonas de risco (MORAES, 2020). Na realidade, os direcionamentos corretos das sirenes (essenciais em sistemas acústicos em ambientes abertos) foram fundamentais para a propagação do som, para que fosse possível proporcionar uma potência sonora capaz de abranger toda a ZAS, motivo pelo qual a medição das pressões sonoras foram essenciais para validar todo o SNE-T.

Durante os testes audíveis dos componentes, diretamente na ZAS, foi realizado o comissionamento do Sistema de Notificação de Emergência da TELEVALE, a fim de comprovar sua abrangência acústica a céu aberto, ou seja, determinar mensurar a pressão sonora nas áreas projetadas (figura 4).



Figura 4: Pontos estratégicos na aferição acústica (PESQUISADOR, 2022).

Nesta pesquisa, foram realizadas coletas de três medições sonoras (em decibéis) para validar o sistema de alerta. Optou-se, ainda, pelo cálculo da média dos valores em decibéis para fins de comparação das pressões sonoras entre os Pontos estratégicos definidos juntamente com os profissionais da Usina.

4.3 COLETA DE DADOS E VALIDAÇÃO DO SNE-T

Na coleta de dados, para validar os testes audíveis, foi realizado o acionamento do sistema em campo. Para isso, as equipes do pesquisador se deslocaram para cinco Pontos estratégicos (na demarcação da ZAS), definidos coletivamente entre o pesquisador, sua equipe e a Usina, para realizar a aferição acústica por meio de decibelímetros, procedimento metodológico integrante da coleta de dados: a pressão sonora. Estes cinco Pontos estratégicos, foram definidos de acordo com os seguintes parâmetros:

- Somente nas áreas pertencente a ZAS;
- Áreas habitadas;
- Ponto mais distante da Estação Remota;
- Rodovias;
- Estradas;
- Condomínios;
- Fazendas;
- Ranchos;

Ao identificar esses pontos, o pesquisador e a equipe estabeleceram níveis de intensidade acústica, considerando os aportes metodológicos de Balbi (2008), cuja proposta orienta coletar leituras de instrumentação, tanto dos indicadores aquém dos parâmetros estipulados legalmente (inconsistências), como os que excederam limites preestabelecidos de indicadores. Neste estudo, todas as leituras excederam o indicador-limite (70 dB), a partir das quais foi construído um quadro para dar visibilidade aos resultados e discussões.

Com base nas coordenadas definidas para implantação das estações remotas e utilização de acionamentos via COL, foi possível simular com precisão e validar o alcance acústico das ER nos cinco Pontos da ZAS, levando-se em consideração as seguintes variáveis: a topografia do terreno (relevo e morros); altura dos equipamentos de

sonorização (metros); potência dos drivers (Watt); frequência do som (Hertz); temperatura do ambiente (graus Célsius); e umidade do ar (porcentagem relativa)

Na construção dos resultados da presente pesquisa, a coleta de dados foi fundamentada nos seguintes procedimentos metodológicos:

- O acionamento audível do sistema, foi realizado pela botoeira de emergência situada na COL, acionando automaticamente o alerta geral do SNE-T, em todas as sete ER;
- Foi utilizado um áudio de teste, com um tom de sirene próximo de 2.000Hz;
- Foi realizado 03 acionamentos do sistema, com duração de 01 minuto e 30 segundos cada;
- A equipe do pesquisador se deslocou para cinco coordenadas definidas para coleta de dados;
- Foram coletadas três pressões sonoras com os decibelímetros em cada ponto;
- As aferições foram registradas em uma planilha em um dispositivo móvel do pesquisador;
- Os dados foram coletados pelo pesquisador após os três acionamentos;
- O pesquisador reuniu todas essas informações em um Quadro demonstrativo de resultados, que possibilitou a confecção de um gráfico comparativo entre os cinco pontos;
- Para validação considerou-se pelo menos duas medições acima dos 70 decibéis;
- Foi elaborada uma média de decibéis aferidos dos Pontos para analisar a efetividade do sistema;

Nesta pesquisa, é importante ressaltar que as aferições e validações, aqui demonstradas, estão suscetíveis a variações externas de intempéries da natureza, tais como: ventos, resistividade do ar, pressão atmosférica, temperatura, umidade, entre outros fatores que podem interferir na aferição dos dados apresentados. Não houve

identificação de variáveis externas que pudessem comprometer as simulações realizadas.

Nas simulações realizadas com o SNE-T, além de comprovar a eficácia do sistema a campo aberto, as medições forneceram informações e dados valiosos para compor os resultados desta pesquisa. Convém destacar que a coleta de dados e as validações realizadas na ZAS da Usina, também demonstraram a importância da simulação de um produto, sobretudo para que os sistemas de alerta sonoro sejam confiáveis, pois da intensidade sonora à potência acústica dependerá o sucesso do autossalvamento. Toda a estrutura do SNE-T foi simulada e validada, com foco na pressão sonora e dispersão acústica dos equipamentos: a tecnologia validada na Usina permitiu verificar todo o funcionamento do sistema – tanto materiais, quanto operacionais.

Com esses procedimentos, validaram-se os testes audíveis das estações remotas, por meio de análise de efetividade dos dados e amostras das pressões sonoras aferidas nos cinco Pontos estratégicos (Apêndice 2). Na validação, foi possível demonstrar a eficácia SNE-T, sendo importante relatar que não houve inconsistências materiais ou operacionais, durante as simulações e a coleta de dados. No apêndice 2, encontram-se ilustradas a validação do potencial acústico do sistema de alerta sonoro, via decibelímetros, nos cinco Pontos estratégicos da zona de autossalvamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em se tratando de inovação de produtos, para competir no mercado de tecnologias nacionais, é importante apresentar padrões diferenciados de componentes eletroeletrônicos, inclusive para a segurança em usinas com barragens próximo à população a jusante. Na atualidade, deve-se considerar, a priori, que os sistemas de alerta sonoro existentes no Brasil, em sua maioria, ainda são importados, cujos alertas são emitidos via fiação extensa, alimentados por energia elétrica cabeada. Nesse aspecto, precisa-se considerar seu alto custo de implantação, cabeamentos e taxas de importação, que podem inviabilizar, financeiramente, sua implementação em áreas remotas de grande porte: usinas, barragens e entornos.

Com relação aos testes, resultados e validação deste estudo acústico-tecnológico, observou-se que o Sistema Notificação de Emergência da TELEVALE (SNE-T), em termos de inovação tecnológica, possibilitou aprimorar as seguintes especificações: maior alcance sonoro, pressão acústica acima de 70 decibéis, envio de sinais via radiofrequência, painéis solares para alimentação elétrica das ER – o que permitiu um custeio mais reduzido do que os importados.

Conforme estudos de Silva Junior (2017, p. 470): “a era digital tem entre suas recompensas maior volume, variedade e qualidade de bens e serviços digitais e correlatos, e a redução do custo de muitos deles”. Neste estudo, a combinação de aparatos tecnológicos (sem fio e painéis solares) permitiram avanços inovadores no SNE-T, já que sua produção revelou um custo-benefício ideal, com uma emissão sonora de alto potencial acústico em Zonas de Autossalvamento (ZAS).

Quanto à inserção de novas tecnologias no mercado, de acordo com Pinsky; Kruglianskas (2017), a inovação é um dos principais incentivos que impactam o desenvolvimento econômico, sendo essencial, porém, o custo final do produto, com vantagens competitivas, principalmente em empreendimentos que demandam a segurança da população. Cabe destacar que a oportunidade de oferecer produtos inovadores está diretamente associada à capacidade financeira das empresas, quando se quer oferecer tecnologias essenciais à segurança dos empreendimentos: desde a testagem até a inserção do produto no mercado industrial e/ou comercial.

Importante destacar que os projetos de inovação em termos de aparatos tecnológicos estritamente nacionais, no ramo de autossalvamento, são considerados competitivos, com base na necessidade de produtos de alerta sonoro a baixo custo e com eficácia comprovada (PARANHOS; CATALDO; PINTO, 2018). De fato, a adoção de novas tecnologias tem sido fundamental perante situações críticas, ou seja, para impedir que o rompimento de barragens se transforme em um desastre para a população urbana ou rural. Vale dizer, então, que o potencial de contribuição para o autossalvamento, por meio de soluções financeiramente viáveis, proporcionado pelo SNE-T (não apenas na sua composição material, mas também na operacionalidade wireless), levou à conquista do Prêmio Nacional de Inovação (PNI⁷) em 2022.

Além disso, o SNE-T nacional, idealizado pelo pesquisador, desenvolvido na TELEVALE, atendeu plenamente a Política Nacional de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010/2020). Cabe enfatizar que o referido prêmio (APENDICE 3) é um incentivo aos profissionais inovadores. Ao ser premiado, o SNE-T desenvolvido pelo pesquisador, apenas com componentes nacionais, pode ser inserido no mercado e comercialização a baixo custo. Trata-se de um sistema reconhecido, portanto, pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), o qual pode ser implantado em diferentes usinas brasileiras.

Um produto que foi possível desenvolver com a participação e fomento da empresa TELEVALE, situada em Uberaba-MG, a qual forneceu todos os materiais para a implementação e execução do projeto tecnológico informatizado, cujos recursos materiais e financeiros possibilitaram trazê-lo para discussão, após a coleta de dados e validação diretamente na Usina. No mercado brasileiro, é relevante que as empresas procurem fomentar ideias a partir de projetos inovadores (SILVEIRA, 2014). Em um mercado competitivo, a TELEVALE exerceu um papel decisivo ao patrocinar o desenvolvimento de uma tecnologia nacional, a fim de viabilizar um elo entre projeto, execução, testagem e validação.

Após a conclusão dos testes audíveis do Sistema Notificação de Emergência e por meio da coleta de dados em campo, os resultados aferidos e as evidências acústicas e

⁷Prêmio Nacional de Inovação (Disponível em <https://www.premiodeinovacao.com.br/> .Acesso em 16/01/2023).

tecnológicas foram demonstrados em quadros e gráfico, obtidos das amostras sonoras e das análises materiais e operacionais do SNE-T. Inicialmente, serão apresentados os resultados numéricos; em seguida as considerações técnicas acústicas e tecnológicas.

5.1 MEDIÇÕES DA PRESSÃO SONORA: O QUE OS NÚMEROS REVELAM

Primeiramente, é importante especificar que os parâmetros numéricos (medições) evidenciaram as características/propriedade do sistema, demonstrando sua efetividade e variação acústica, testados via estrutura em funcionamento. Com relação aos critérios previamente estipulados – no caso desta pesquisa o alcance sonoro e a potência acústica para o autossalvamento – as testagens e as validações demonstraram que o SNE-T é eficaz e pode ser comercializado com segurança.

Vale destacar que os cinco Pontos foram determinados em relação ao alcance acústico do sistema de alerta sonoro, também denominado de potencial acústico:

Quadro 04: Potencial Acústico das ER em Decibéis.

Local	Medição 01 (dB)	Medição 02 (dB)	Medição 03 (dB)	Média em dB
Ponto 01	86.5	82.3	71.2	80.0
Ponto 02	83.4	81.3	82.5	82.4
Ponto 03	86.2	80.2	80.2	82.2
Ponto 04	80.3	78.5	79.4	79.4
Ponto 05	87.0	73.5	80,2	80.2
Desvio Padrão				1.3667
Erro padrão				0.6

Fonte: Pesquisa de Campo (2022).

Nesse aspecto, conforme indicadores do Instituto Nacional de Produção Industrial (INPI⁸, 2020): “a variável pode variar, de modo que sua expressão numérica pode assumir diferentes valores em ocasiões diferentes, em condições diferentes ou em casos individuais”. Nesta pesquisa, as testagens foram individualizadas em cinco Pontos estratégicos, em relação ao local em que as Estações Remotas (ER) foram instaladas, cuja variável (medição) foi a pressão sonora. Com base nos valores aferidos, a medida

⁸ Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/>. Acesso em 03/02/2023.

de dispersão se mostrou dentro dos padrões legais, ao passo que o erro padrão (<1), pode ser interpretado como estatisticamente não significativo.

Durante as testagens, para que o SNE-T fosse validado, os Pontos (01 a 05) foram definidos previamente com a Usina, antes de aferir as três medições de pressão sonora, seguindo parâmetros da Política Nacional de Segurança de Barragens. Considerando os valores aferidos, a discussão será realizada com base na média das três medições, comparando as variações em decibéis (dB), entre os cinco Pontos de instalação das ER na Usina Rio do Peixe.

Ressalta-se que todas as medições validadas alcançaram valores médios acima de 70dB em cada Ponto estratégico, aferido em diferentes momentos de testagem e coleta de dados. Destaca-se que, em todos os Pontos, a pressão sonora demonstrou-se apropriada aos alertas de autossalvamento simulados, considerada, portanto, válida e comissionada, pelas testagens a campo aberto.

Ao visualizar os dados sob a forma gráfico (figura 5), as médias das medições foram utilizadas para estabelecer parâmetros comparativos entre os Pontos, os quais podem nortear a tomada de decisões futuras para incrementar a eficácia do SNE-T, em diferentes localizações das ER no entorno da Usina.

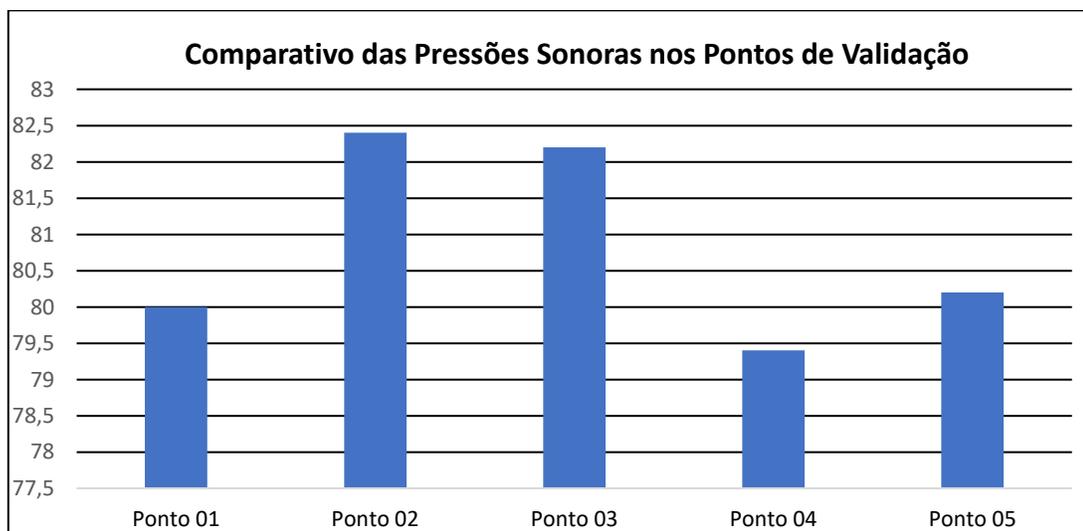


Figura 5: Pesquisa de Campo (2022).

Ainda que todos os pontos estratégicos tenham alcançado índices de pressão sonora acima de 70dB, observa-se que Ponto 02 apresentou maior eficácia que os

demais pontos. Por outro lado, embora o Ponto 04 tenha alcançado a menor média de validação (em comparação com os demais pontos testados), ainda assim foi acima do 70dB exigidos pela PNSB. Nessa perspectiva, as médias das medições de todos os Pontos validam o SNE-T, com resultados considerados entre favoráveis e muito-favoráveis, acima do esperado proposto na execução do projeto técnico. Segue-se assim, o desempenho técnico, acústico e tecnológico do referido sistema.

5.2 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS, ACÚSTICAS E TECNOLÓGICAS

Com a evolução da tecnologia wireless e a expansão da confiabilidade dos sistemas informatizados, a inovação de produtos tem se tornado gradativamente mais ampliada para as empresas e empreendimentos. No mercado brasileiro, a importância da inovação de produtos pode ser evidenciada pela grande procura de equipamentos e tecnologias avançadas, produzidos no país e regulamentados por leis relacionadas à segurança, incluindo o incentivo de premiações direcionadas ao desenvolvimento tecnológico em âmbito nacional.

Nessa perspectiva, com a otimização gradativa do SNE-T, objetivou-se um maior desempenho técnico e tecnológico, para alcançar o máximo de pressão sonora possível, visando o autossalvamento em massa. Para Azevedo; Oliveira Junior; Negreiros (2017), de modo geral, as empresas passaram a investir em segurança, no setor em que operam, procurando incrementar o desempenho de suas atividades de forma mais segura. Nesse sentido, a terceirização de sistemas de segurança (alertas e notificações emergenciais) fundamenta-se em competências profissionais, associadas ao desenvolvimento de recursos tecnológicos, para garantir um entorno mais seguro a jusante. Na perspectiva da inovação tecnológica, os critérios pré-estabelecidos pelo autor para validação do SNE-T se configuram da seguinte forma:

Quadro 05: Aspectos técnicos, acústicos e tecnológicos.

Critérios	Considerações	Ano
Atendimento à PNSB	Validado: atende plenamente	2022

Desenvolvimento exclusivamente nacional	Confirmado: desenvolvido conforme projeto técnico	2022
Autônomos, operadores sem fio por radiofrequência	Consistentes com a tecnologia desenvolvida e suas finalidades	2022
Alimentado por painel solar a bateria	Validado: custo-benefício e desempenho favorável	2022
Sirenes de longo alcance e desempenho	Consistente: alcance acima de 70dB	2022
Implantação em áreas remotas próximas das ZAS	Confirmado: posicionamento ideal nos pontos estratégicos	2022
Menor custo de produção e implantação	Confirmado: menor custo em relação aos importados	
Proteção e salvamento de vidas	Consistente com as finalidades do SNE-T	2022

Fonte: O autor (2022).

No que se refere à análise dos critérios acima, pode-se reconhecer que o sistema de notificação de emergência (SNE-T) atende as especificidades técnicas e operacionais para o autossalvamento, portanto contribui com a segurança da população a jusante, com maior vantagem em sua produção (capital nacional).

Segundo Barbosa; Amaral (2022, p. 370): “Nas últimas décadas, tem crescido o interesse pelos sistemas de controle de obras de barragens, buscando oferecer segurança em seu período de operação”, que se alinha à análise e interpretação dos resultados alcançados pelos dispositivos testados nesta pesquisa. Embora os sistemas de alerta sonoro importados tenham sido o mais utilizados pela maioria das usinas, o SNE-T possui um custo de produção/execução mais acessível, validado como ideal nos Pontos estratégicos pré-definidos coletivamente, ou seja, com a participação do pesquisador e dos administradores da Usina Rio do Peixe.

5.3 DISCUSSÃO

Na contemporaneidade, a prospecção e o desenvolvimento de novas tecnologias visam a eficiência operacional, menor custo financeiro e a segurança dos empreendimentos – o que inclui identificar os aspectos técnicos e acústicos, de um sistema de alerta sonoro com fins de notificação emergencial. Conforme estudos de

Ferreira et al (2020), a viabilidade econômica de um projeto técnico contribui para maiores investimentos em tecnologia avançada, assim como os potenciais de implementação, a fim de que novos produtos sejam transferidos para o setor produtivo-industrial. Nesse cenário, destaca-se o papel das Instituições Científicas e Tecnológicas e de Inovação (ICTI), a exemplo da Universidade Federal do Triangulo Mineiro, agentes imprescindíveis no desenvolvimento científico e tecnológico.

Iniciando pela análise dos cinco Pontos estratégicos, utilizados para a testagem, coleta de dados e validação, a instalação compartilhada do projeto técnico-tecnológico (pesquisador e profissionais da Usina), contribuiu, sobremaneira, para a tomada de decisões e a consolidação do SNE-T na Usina Rio do Peixe. Nessa linha de pensamento, para Silva et al (2018, p. 760):

A capacitação dos responsáveis por gerir a inovação requer cuidados importantes, uma vez que está relacionada à tomada de decisões estratégicas e ao controle das atividades a serem realizadas para a manutenção da propriedade intelectual.

Nesse sentido, durante o desenvolvimento do projeto técnico-tecnológico para Usina, a TELEVALE valorizou a cultura da inovação e investiu na segurança, evidenciando a relevância desse segmento para usineiros que mantêm barragens próximas às atividades-fim. Convém destacar que a inovação de um produto para autossalvamento volta-se, inclusive, para um contexto mercadológico gradativamente mais amplo, uma vez que empresas/empreendimentos, ao utilizarem a tecnologia SNE-T, buscam soluções confiáveis (validadas), para evitar desastres em casos de rompimento de barragens.

No que se refere às diferentes pressões sonoras que emergiram em cada um dos cinco Pontos, estabelecidos para validação do SNE-T, a definição da estratégia de implementação, coaduna-se, em grande parte, pela necessidade da própria Usina (vide Quadro 04). Esses critérios permitiram determinar os posicionamentos das sete ER, com redução de custos e diferenciação do produto/sistema, direcionado ao autossalvamento eficiente. Segundo Mussi; Mossi (2017, p. 199): “A inovação constitui uma variável essencial, uma vez que ela decorre de variações incrementais nas práticas atuais até rupturas completas que exigem novas configurações dos processos organizacionais”.

Além disso, o SNE-T instalado na Usina Rio do Peixe oportunizou o emprego de novos arranjos estruturais – ER acionadas por radiofrequência – com o desafio de desenvolver um novo produto nacional, agregando diferenciais em seus componentes alimentados por painéis solares.

a) Zona de Autossalvamento: demarcações e Pontos estratégicos

Para compreender a efetividade dos cinco Pontos estratégicos, gerado por meio de aplicativos de geoprocessamento, na constituição de um referencial espacial para instalação das Estações Remotas (ER), foi de grande relevância avaliar previamente como esses pontos se transformaram em marcações para emissão sonora na convergência entre medições, estudo acústico e tecnológico. Isso porque a demarcação dos Pontos foi realizada em relação aos parâmetros ambientais do entorno Usina e sua topologia.

Consequentemente, os alertas sonoros foram simulados para que o SNE-T fosse validado, não apenas em termos de pressão acústica, mas também quanto ao alcance do som audível no entorno da Usina, onde residem a população vulnerável ao risco de eventuais desastres que possam ocorrer com o rompimento da barragem. Com relação ao estudo da localidade estratégica das ER, o referencial teórico adotado aponta que o meio ambiente e sua topologia devem ser analisados como uma extensão do arranjo estrutural do SNE-T, o qual gera fluxos sonoros para as ZAS.

Para Souza (2011, p. 18): “Quando esses elementos espaciais e as atividades que eles suportam são estudados como sistemas dentro do meio ambiente, é possível compreender a relação entre informação e espaço, num ponto de vista peculiar”. Neste estudo acústico, o espaço se transformou em uma referência técnica, ou seja, uma demarcação táctica do entorno da Usina a jusante (figura 6), para que a pressão sonora delimitasse toda a ZAS da Usina, transformada em campo de coleta, testagem e validação de dados desta pesquisa.



Figura 6: Demarcação estratégica dos Pontos de implantação das Estações Remotas (PESQUISADOR, 2022).

Entre outras funções estratégicas, essas demarcações assinaladas em azul (no mapeamento acima) funcionaram como suporte para a colocação das ER, a fim de orientar a localização das emissões e pressões sonoras, além de definir critérios (Quadro 04) para este estudo acústico. Esse mapa contribuiu, ainda, para avaliar a consistência do Sistema de Notificação de Emergência da TELEVALE, assim como a implementação do aplicativo e eficácia do sistema de alerta sonoro.

Na visão de Balbi (2008), normalmente as demarcações são escolhidas como pontos de convergência, configurando uma área em ambientes abertos, localizados em relevos mais elevados e vales (pradarias/grotas). Em pesquisas a campo aberto, é usual definir pontos de convergência para uma primeira medição, o que se revelou eficaz para que novas medições fossem realizadas, com a finalidade de corroborar a eficácia do SNE-T, mas também evidenciar possíveis inconsistências operacionais. Com efeito, dependendo da aferição, pode-se fazer testagens comparativas e, dessa forma, compor médias de pressão sonora para demonstrar a eficiência e pertinência do sistema em sua totalidade.

b) Medições acústicas e a efetividade da pressão sonora do SNE-T

Na sociedade tecnológica, as usinas que possuem barragens de rejeitos (que podem se romper) passaram a se preocupar, mais intensamente, com o desenvolvimento e instalação de tecnologias para segurança da população. Inovar implica não apenas criar um produto novo e se inserir em um mercado competitivo, mas sobretudo oferecer segurança, consistência e credibilidade na estrutura material e nos sistemas informatizados. Em se tratando de sistemas de notificação emergencial via alerta sonoro, todo o processo passa a ser inovador, quando se oferece um produto estritamente nacional, com igual qualidade, ou até mesmo superior, aos importados.

Conforme Nelson (2006 apud MASSO, 2018, p. 251):

Também é claro que a inovação está longe de constituir um processo estritamente aleatório; pelo contrário, os esforços para fazer avançar a tecnologia são cuidadosamente direcionados pelo que os inovadores acreditam ser viável e potencialmente lucrativo.

Medições e validações são igualmente importantes, quando há a preocupação em proporcionar um ambiente seguro ao desenvolvimento das atividades de usinas mineradoras com aportes tecnológicos de última geração. Tanto as medições e suas respectivas validações integraram o processo inovador, com também a visibilidade em gráfico. Ambos, medições e considerações técnicas e tecnológicas contribuíram para a tomada de decisões sobre possíveis mudanças estruturais do SNE-T. Isso posto, as testagens ampliaram a credibilidade do sistema para a segurança da população onde a Usina está localizada.

Na presente pesquisa, o estudo acústico se transformou em um referencial de segurança, uma vez que foi possível verificar que as pressões sonoras (aferidas a partir do funcionamento do SNE-T) é confiável, motivo pelo qual o sistema pode ser utilizado em zonas de autossalvamento. Pela testagem e validação é possível identificar e reconhecer: “(...) os limites técnicos dos projetos já implantados para não causar mais danos (evitáveis) à sociedade e ao meio ambiente por ocasião do processo de tomada de decisão sobre empreendimentos futuros” (OLIVEIRA, 2019, p. 368). Da mesma forma, testes e validações foram indispensáveis, a partir de medições realizadas in loco, para

referendar as finalidades de um sistema de autossalvamento, antes de iniciar sua efetiva utilização.

Ficou comprovado tanto pela média das medições, quanto pelo gráfico, que o SNE-T possui credibilidade tal, que pode ser utilizado na segurança das populações a jusante. Nos casos de notificações de emergência, de acordo com Silva et al (2018, p. 2): “a logística da validação é utilizada como apoio para organizar e implantar ações de respostas rápidas, ágeis e eficazes, focando sempre na segurança das pessoas envolvidas”. Nesta pesquisa, as pessoas envolvidas são os funcionários da Usina e a população do entorno, expostos a riscos naturais, o que tem preocupado os gestores brasileiros, principalmente ocupação desordenada das áreas a jusante.

c) Diferencial técnico-tecnológico

Entre os diferenciais inovadores do SNE-T estão o acionamento por radiofrequência (tecnologia sem fio), alimentação por painéis solares e os materiais estritamente nacionais, revelando o baixo custo em sua produção e operacionalidade, integrado ao fato de ser eletronicamente informatizado. Em sistemas de notificação emergencial, o aplicativo também é parte integrante da operacionalidade e, desse modo, pode-se incluir os softwares do pesquisador como uma patente de inovação. Nesse caso, o manejo do software do SNE-T foi repassado aos profissionais da Usina para se inteirar sobre como operacionalizar todo o sistema e conhecer suas especificidades.

Importante relatar que o SNE-T demonstra ser promissor à otimização dos processos de segurança da Usina, uma vez que elevou os níveis de pressão sonora em mais de 79dB (valor mínimo aferido), quando o estipulado por lei seria 70dB. Na concepção de Cavalcanti; Fernandes (2021), as características físicas e operacionais de um sistema informatizado eleva a precisão das informações, proporcionando um diferencial competitivo às empresas e empreendimentos. Este estudo evidenciou a ampla aplicabilidade de um sistema de alerta sonoro nacional, validado por medições em cinco Pontos estratégicos, podendo ser comercializado no setor de segurança.

No Brasil, o sistema de alerta sonoro é denominado Sistema de Alerta de Risco de Desastre, sendo importante apontar que:

Sistemas de alerta podem ser importantes mecanismos de percepção pública dos riscos de desastres e catalisadores de mudanças em torno de uma atitude reativa de não só reduzir os riscos, mas também prospectiva – isto é, de evitar que os mesmos sejam amplificados (...) que vai além das ameaças naturais é algo que a ciência pode ser incitada a responder (MARCHEZINI, 2017).

Buscando respostas com base na inovação de um produto tecnológico nacional, fabricado, testado e validado no contexto brasileiro, a construção técnica e tecnológica do SNE-T possibilitou um ganho de experiência profissional para o pesquisador e um diferencial para a empresa TELEVALE, considerando que a testagem e simulações consolidaram a integração entre as ER e sua operacionalidade.

Geralmente uma inovação tecnológicas em sua fase inicial de validação e produção, a exemplo do SNE-T, apresentam técnicas operacionais simplificadas, com tecnologias de ponta, eficazes, conforme figura 7:

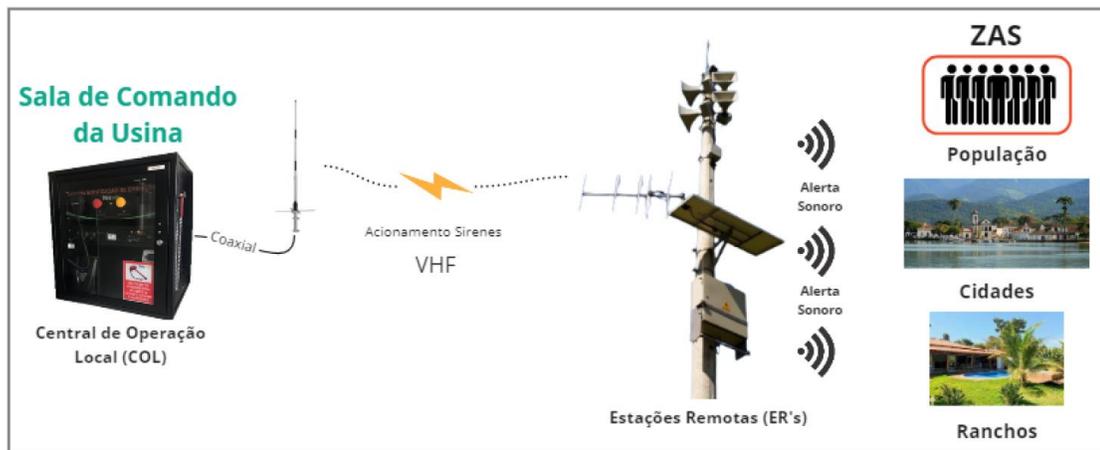


Figura 7: Esquema técnico e tecnológico do SNE-T (PESQUISADOR, 2022).

Um sistema de alerta sonoro é composto não apenas por materiais, mas também por aplicativos, práticas, recursos e tecnologias que têm por finalidade notificar (alertar) ameaças iminentes, para que medidas de autossalvamento possam ser efetuadas e reduzir danos e óbitos (SILVA, 2018). Para tanto, antes de executar as simulações in loco, o pesquisador levantou os riscos, mapeou áreas (vide figura 6), elaborou um projeto técnico-tecnológico para desenvolver um produto inovador: o SNE-T.

Uma das principais finalidades na testagem/validação foi prever a capacidade de resposta aos alertas sonoros: integrados estrategicamente em Pontos previamente definidos, o pesquisador pode eliminar as inconsistências, o que se pode notar ao analisar o quadro 04 e figura 05. Na realidade, as três medições mantiveram o nível de confiança no sistema analisado nesta pesquisa e evidenciaram que o SNE-T é válido como sistema de alerta sonoro, para fins de autossalvamento.

d) Atendimento à PNSB: proteção e salvamento de vidas

Diante dos resultados apresentados e já discutidos, a principal finalidade do SNE-T é justamente proporcionar alertas para proteger e salvar vidas, alinhado às políticas e programas de segurança, mais especificamente à Política Nacional de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010/2020). Nessa perspectiva, as políticas de segurança se aliam à investigação científica e às diferentes formas de conhecimento locais, tácitos e estratégicos para evitar o risco de desastre como prioridade (MARCHEZINI, 2020). Para tanto, foi com base na iniciativa da Usina ao investir em um sistema de notificação emergencial brasileiro, que o pesquisador, juntamente com a TELEVALE, propôs uma tecnologia capaz de obter pressão sonora condizente com a efetividade necessária ao autossalvamento.

Além disso, o aprimoramento via radiofrequência e painéis solares objetiva a construção de um sistema de longo alcance, distribuído em Estações Remotas (figura 8), com sirenes potentes e veiculação de voz notificadora, alertando para a necessidade do autossalvamento imediato, razão pela qual as ER foram posicionadas em diferentes pontos da ZAS. Antes de se chegar a uma proposta eficaz de autossalvamento, diferentes versões do SNE-T foram testadas com simulações em campo, a fim de aprimorar o sistema de alerta com menor custo de produção e implantação, com testagens em um ambiente real – a Usina Rio do Peixe.



Figura 8: Estação Remota implantada na Usina Rio de Peixe (PESQUISADOR, 2022).

Em virtude da natureza da aplicação de uma nova tecnologia, considerando o fluxo e a natureza dos dados (medidos em decibéis), pode-se conseguir um resultado ainda melhor com o posicionamento estratégico das ER com sirenes de alta potência, atendendo as políticas públicas de segurança em barragens. Nesse arranjo técnico, o SNE-T resultou em um aparato de longo alcance, para ampliar ainda mais as possibilidades de autossalvamento, uma vez que este dependerá do alerta audível a longas distâncias.

Nesta pesquisa, as medições/validações demonstraram que o SNE-T pode elevar a proteção de pessoas eventualmente expostas a catástrofes ambientais> uma das grandes preocupações do pesquisador e da TELEVALE foi elevar as possibilidades de autossalvamento, ao respeitar o disposto na PNSB, como ainda às exigências técnicas e tecnológicas da Usina, ao consolidar a segurança da população diante de um risco real. É relevante que um sistema de alerta sonoro possua uma margem de segurança e possíveis alterações e readaptações futuras, sempre que a empresa necessitar ampliar o alcance e a credibilidade do alerta emergencial (SOUZA et al, 2022).

Na atualidade, a frequência de desastres naturais com barragens vem aumentando, com diversos debates e discussões para que as usinas apresentem as

melhores soluções que reduzam os danos causados às populações com moradias próximas às zonas de risco (TOMASINI et al, 2017). Nesse cenário, os sistemas de alerta vêm ganhando notoriedade, em virtude da capacidade de autossalvamento, minimizando as perdas de vidas. Por isso mesmo, as usinas têm optado pela validade dos dispositivos diferenciais, cuja tendência tecnológica é optar por sistemas wireless, ao invés das limitações de cabos e/ou fios a altos custos e com risco de falhas e rompimentos da fiação (cabearamento). Por isso o SNE-T se transformou em uma das melhores opções para notificação das populações a jusante e vulneráveis a desastres.

e) Análises e considerações complementares

Medições fidedignas e comprobatórias ao projeto original se transformaram em um dos fatores que contribuem para o autossalvamento com o intuito de oferecer proteção e salvar o maior número de pessoas possível, com base na eficiência de sistemas de alerta, que envolvem notificações prévias para garantir resultados e, assim, proteger as vidas das populações ribeirinhas.

Nos estudos de Hsiao et al (2017) encontra-se que a principal finalidade de um sistema de notificação emergencial, instalado diretamente em uma ZAS, é contribuir para a evacuação segura das pessoas que vivem em áreas de risco, por meio de alertas audíveis em uma grande área: alertas emitidos tão logo a Usina perceba o rompimento da barragem. Nessa linha de raciocínio, é importante destacar, porém, que o SNE-T não monitora as barragens, para enviar notificações. Compete aos profissionais responsáveis pela segurança da Usina acompanhar as vulnerabilidades e ameaças, para acionar as ER por radiofrequência e, assim, viabilizar o salvamento do maior número de cidadãos possível.

Alves et al (2016) expõe que as aplicações de tecnologias, cada vez mais precisas estão, presentes em vários empreendimentos e diferentes tipos de empresas, com o objetivo de minimizar os riscos, para que as pessoas não percam suas vidas em desastres inevitáveis e quase sempre inesperados. Todo o sistema foi previamente validado (figura 9), com três medições consistentes com a finalidade de evitar que o inesperado possa ceifar vidas que podem ser salvas a tempo.



Figura 9: Validação aferida no Ponto 1 da ZAS da Usina Rio do Peixe (PESQUISADOR, 2022).

De fato, o pesquisador e a TELEVALE tiveram o cuidado de realizar as medições, com o intuito de validar o SNE-T, cujas pressões sonoras se mostraram bastante precisas, não apenas para eficácia do sistema, mas para averiguar seu alcance a longas distância e, dessa forma, proteger as populações próximas à barragem.

Compreender a disposição de rejeitos na indústria extrativa mineral constitui, de acordo com Chiarizio (2019), em uma opção tecnológica, determinada por incentivos de mercado, em processo de segurança, em razão das consequências catastróficas dos desastres previamente ocorridos. Torna-se necessário, então, práticas corporativas apropriadas e intensificadoras da segurança, com incentivos para se acreditar que é possível desenvolver um sistema de notificação brasileiro.

É importante que os órgãos públicos e agências de fomento à pesquisa possam defender a propriedade intelectual com incentivos à inovação de produtos. Incentivos esses que podem ser materializados em premiações nacionais (figura 10), motivo pelo qual o pesquisador e a TELEVALE se inscreveram no Prêmio Nacional de Inovação, em 2022, alcançando o status de finalistas premiados.



Figura 10: Ilustração do Prêmio Nacional de Inovação (2022).

É importante acrescentar que a premiação da TELEVALE e, conseqüentemente, do pesquisador deste estudo, patrocinada pelo Ministério da Economia e Ministério da Tecnologia, contou com a participação de 2173 empresas inscritas: a TELEVALE foi a única média-empresa de Minas Gerais finalista na categoria inovação de produto. Concorremos com o SNE-T de alta tecnologia, desenvolvido para notificar a população na iminência de catástrofes, como enchentes, rompimentos de barragem e similares. O importante é salvar o maior número de pessoas possível, sendo o prêmio um reconhecimento de que o SNE-T tem potencial para salvar e proteger vidas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se reportar aos resultados, análises, discussões e autores referenciados, destaca-se que o presente estudo evidenciou a eficácia, a efetividade e a credibilidade de um novo produto: o Sistema Notificação de Emergência da TELEVALE (SNE-T). Trata-se de uma tecnologia inovadora – emissões por radiofrequência, alimentada por painéis solares – cujas especificidades apontam para a importância de se desenvolver novos equipamentos e aparatos 100% nacionais. Uma inovação projetada pelo pesquisador, com a intenção de proteger e salvar vidas em atendimento à Política Nacional de Segurança de Barragens.

Embora não houvesse simulação, cujas variáveis viabilizariam prever a eficiência dos equipamentos – testagens com a participação dos moradores da área de risco, por exemplo – as simulações operacionais, porém, validaram o sistema em seus aspectos técnicos, acústicos e tecnológicos. Cabe lembrar que a validação somente foi possível, com base nos mapeamentos prévios e demarcações dos pontos estratégicos pela Usina Rio do Peixe. Outro detalhe importante do ambiente a campo aberto, foram as medições comprobatórias da pressão sonora acima de 70 dB. Essa estratégia de demarcação ambiental, via mapas digitais, revelou que a validação se transformou em um critério promissor, diante do desenvolvimento e implementação do SNE-T com ampla proximidade de uma situação real.

Em relação à inovação tecnológica projetada, desenvolvida e implementada na Usina Rio de Peixe, verificou-se, pelas medições e considerações técnicas e acústicas do SNE-T, que os resultados se mostraram bastante positivos e favoráveis, acima do esperado, já na fase dos estudos preliminares do projeto: delimitações e coordenadas (latitudinal e longitudinal), para posicionamento apropriados das Estações Remotas. Com a instalação e comissionamento do Sistema Notificação de Emergência da TELEVALE, foi possível demonstrar a viabilidade de se obter sucesso, com a vantagem de o custo-benefício ser um atrativo mercadológico e financeiro.

É relevante ressaltar que o posicionamento apropriado das sete Estações Remotas, e mais especificamente o direcionamento estratégico das sirenes, dentro da

demarcação prévia da Zona de Autossalvamento, comprovou que o estudo do ambiente, o mapeamento dos pontos estratégicos, juntamente com os equipamentos do sistema, formaram um todo coeso, o que implica deduzir que a inovação tecnológica mereceu ser premiada em âmbito nacional. De fato, as medições comprovaram que a pressão sonora e o potencial acústico a campo aberto, atende os requisitos fundamentais para proporcionar alerta com fins de autossalvamento, conforme preconizado pelas políticas públicas brasileiras.

Infere-se que o uso da inovação tecnológica, por meio do SNE-T é ao mesmo tempo uma inovação tecnológica, reveladas pelas suas propriedades materiais e incrementos operacionais. Atualmente, tornou-se tendência mundial as tecnologias digitais funcionarem por radiofrequência com a mesma qualidade de equipamentos cabeados. Além de equiparar-se a essa tendência mundial em nível de sistemas de alerta sonoro, o SNE-T ainda tem o benefício de ser financeiramente mais viável. Novos estudos são sugeridos quanto à análise dos aplicativos, bem como em simulações com uma amostra voluntária da população, a fim de aperfeiçoar cada vez mais a inovação tecnológica em termos estruturais e funcionais.

REFERÊNCIAS

ABELHEIRA, Marcelo A. et al. Sirenes de alarme para deslizamentos de encostas: a experiência precursora da cidade do Rio de Janeiro. **Revista Mosaicos Estudos em Governança, Sustentabilidade e Inovação**, v. 1, n. 1, p. 49-64, 2019

AEVO. Head de inovação: o que ele faz e principais habilidades. **Cultura de Inovação**, ed. especial, p. 1-3, 2021.

ALVES, Frankleiton L. S. et al. Software colaborativo, cognição compartilhada e gerenciamento de riscos de desastres. **Revista Científica Paisagens e Geografia**, v. 5, n. 1, p. 32-41, 2016.

AZEVEDO, Rogério S.; OLIVEIRA JUNIOR, Antonio M.; NEGREIROS, Aline B. O conhecimento tecnológico educacional e a propriedade intelectual. In: RUSSO, Suzana L. et al. **Propriedade intelectual, tecnologias e empreendedorismo**. Aracaju: API, 2017.

BALBI, Diego A. F. **Metodologias para a elaboração de planos de ações emergenciais para inundações induzidas por barragens**: estudo de caso da barragem de Peti – MG. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

BARBOSA, Liliana G. M.; AMARAL, Diego R. B. Segurança de barragens: estudo de caso de rompimentos de estruturas de rejeitos em Minas Gerais. **Humanidades & Tecnologia (FINOM)**, v. 34, n. 1, p. 368-394, 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 alterada pela Lei nº 14.066/2020**. Política Nacional de Segurança de Barragens, Brasília: Presidência da República, 2010/2020.

CAVALCANTI, Washington M.; FERNANDES, Maria Aparecida. Tecnologias emergentes: sistemas baseados em radiofrequência (RFID). In: CANGUSSU, Diego B. (org.). **Tecnologia da informação: sistema e aplicações**. Belo Horizonte: Synapse, 2021.

CHIARIZIO, Martin A. et al. **Modular wireless mass evacuation notification system**. Disponível em <https://patents.google.com/patent/US10477477B2/en> Acesso em 18/10/2022.

ELEUTÉRIO, Julian C.; NASCIMENTO, Nilo O.; SILVA, André R. F. Simulação de alerta, evacuação e perdas de vidas associadas à ruptura hipotética da barragem da Lagoa da Pampulha – Belo Horizonte/MG. **Anais do II Encontro Nacional de Desastres**, Rio de Janeiro, 2020.

FERREIRA, Ana Rita F. et al. Valoração de propriedade intelectual para a negociação e transferência da tecnologia: o caso NIT/IFBA. **Revista Navus**, v. 10, n. 1, p. 1-23, 2020.

FEITOSA, Flavia F.; MONTEIRO, Antonio M. V. Vulnerabilidade e modelos de simulação como estratégia mediadoras: contribuição ao debate das mudanças climáticas e ambientais. **Geografia**, v. 37, n. 2, p. 289-305, 2012.

FURQUIM, Gustavo A. **Uma abordagem tolerante a falhas para previsão de desastres naturais baseada em IOT e aprendizado de máquina**. São Carlos: ICMC-USP, 2017.

GOMES, Marcos G. **Ganhos de eficiência econômica, ambiental e social com a implantação da inteligência artificial na operação de barragens**: rumo aos princípios da indústria 4.0. São Paulo: UNINOVE, 2019.

GOMES, Orlando S et al. Sirenes de alarme para deslizamentos de encostas: a experiência precursora da cidade do Rio de Janeiro. *Revista Mosaicos* **Estudos em Governança, Sustentabilidade e Inovação**, v. 1, n. 1, p. 49-64, 2019.

HSIAO, Edward et al. Implementação em hardware de uma rede de sensores para monitoramento e alerta de desastres naturais. **Anais do Simpósio Brasileiro de Rede de Computadores e Sistemas Distribuídos**, Belém do Pará, 2017.

INPI. **Classificação Internacional de Patentes (IPC)**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Propriedade Industrial, 2020. Disponível em <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/media/help/pt/guide.pdf>, Acesso em 03/02/2023.

LEITE, Rodrigo S. et al. Pesquisa e inovação: a propriedade intelectual do estado de Minas Gerais. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 3, p. 757-769, 2018.

LUZ, Mariane B. **Sistemas de alerta de risco a desastres**: aplicabilidade para o município de João Pessoa/PB. João Pessoa: UFPB, 2018.

MACHADO, Felipe M. et al. A Patente como fonte de informação tecnológica no desenvolvimento de máquinas agrícolas. In: RUSSO, Suzana L et al. **Propriedade intelectual, tecnologias e inovação**. Aracaju: API, 2018.

MANSUR, Maira S. Antes fosse mais leve a carga: introdução aos argumentos e recomendações referente ao desastre da Samarco/vale/BHP. In: STIFTUNG, Heinrich B. **A questão mineral no Brasil**. Rio de Janeiro: Iguana, 2016, vol. 2.

MARCHEZINI, Victor et al. Sistema de alerta de risco de desastres no Brasil: desafios à redução da vulnerabilidade institucional. In: MARCHEZINI, Victor et al (org). **Redução da vulnerabilidade a desastres**: do conhecimento à ação. São Carlos: RIMA, 2017.

_____ Pesquisa transdisciplinar como suporte ao planejamento de ações de gestão de risco de desastres. **Saúde Debate**, v. 44, n. 2, p. 33-47, 2020.

MARTINS, Mario H. M. **O uso de tecnologias de comunicação de riscos para prevenir desastres**. São Paulo: PUC-SP, 2013.

MASSO, Fabiano D. Inovação e tecnologia nas empresas de pequeno porte. In: CARVALHO, Maria Miguel et al (org.). **Democracia econômica e responsabilidade social nas sociedades tecnológicas**. Minho: EDUM, 2018.

MELLO, Jonathas L. **Novas mídias em alerta prévio de desastres: avaliação de mídias para mobilizar e disseminar conhecimento em situações prévias a desastres**. Florianópolis: UFSC, 2012.

MORAES, Max Roberto L. **Proposta de instalação de sistema de alerta em zona de segurança secundária (ZSS): um estudo de caso da barragem de mineração do gelado – PA**. Belém: UFPA, 2020.

MUSSI, Fabrício B.; MUSSI, Michelle D. L. Análise da aquisição de inovações tecnológicas: um estudo comparativo de casos entre uma usina hidrelétrica e uma usina termoelétrica. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 12, n. 2, 197-219, 2017.

OLIVEIRA, José C. Hidrelétricas e consequências socioambientais: o papel do estado e das políticas públicas. **Revista Episteme Transversalis**, v.10, n. 1, p. 358-385, 2019.

PAIXÃO, Ana Eleonora A.; SILVA, Fabrício C. Gestão da inovação e paradoxos da tecnologia. In: RUSSO, Suzana L. et al. **Propriedade intelectual, tecnologias e empreendedorismo**. Aracaju: API, 2017.

PARANHOS, Julia; CATALDO, Bruna; PINTO, Ana Carolina A. Criação, institucionalização e funcionamento dos núcleos de inovação tecnológica no Brasil: características e desafios. **READ: Revista Eletrônica de Administração**, v. 24, n. 2, p. 253-280, 2018.

PAULA, Iêssa S. **Estado da arte da descaracterização de barragens de rejeito em Minas Gerais**. Ouro Preto: UFOP, 2021.

PINSKY, Vanessa; KRUGLIANSKAS, Isak. Inovação tecnológica para a sustentabilidade: avanços e fracassos. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 107-126, 2017.

PIRES, Lilian R. M. G. Cidade, inovação tecnológica e inclusão digital. In: CARVALHO, Maria M.; MESSA, Ana Flávia; NOHARA, Irene P. **Democracia econômica e responsabilidade social em sociedades tecnológicas**. Minho: EDUM, 2019.

REIS, João Bosco C; PONS, Nívea A. D.; LOPES, Eymar S. S. Monitoramento e alerta de inundação no município de Itajubá (mg) por regressão polinomial. **Geociências**, v. 35, n. 1, p.134-148, 2016.

RUSSO, Suzana L. et al. **Propriedade intelectual, tecnologias e empreendedorismo**. Aracaju: API, 2017.

_____. **Propriedade intelectual, tecnologias e inovação**. Aracaju: API, 2018.

SILVA, Edcleyton B. F. et al. Pesquisa e inovação: a propriedade intelectual do estado de Minas Gerais. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 3, p. 757-769, 2018.

SILVA, Ivan T. S. et al. Análise de tecnologias da IOT para uso em logística humanitária e busca e salvamento de pessoas: uma revisão da literatura recente. **Anais do VI CIMATEC**, São Paulo, 2018.

SILVA, Sônia R. **Análise do processo comunicacional por meio de tecnologias móveis sem fio na gestão de desastres naturais**. Rio do Sul: UNISINOS, 2018.

SILVA JUNIOR, Gilson G. Impactos de incentivos à inovação no desempenho inovador das empresas de TIC da indústria brasileira de transformação. In: TURCHI, Lenita M.; MORAIS, José Mauro (org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil : avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília: IPEA, 2017.

SILVEIRA, Emanuela L. Estudo de tecnologias existentes para auxiliar na prospecção de novas alternativas de produtos dentro da fase conceitual de projeto. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, 2014.

SILVEIRA, Sidnei R. et al. Estudo de propostas para o projeto de software educacional In: CANGUSSU, Diego B. (org.). **Tecnologia da informação: sistema e aplicações**. Belo Horizonte: Synapse, 2021.

SOUZA, Renato C. F. **Proposta para um núcleo de inovação tecnológica para a elaboração de projetos de computação ambiental**. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

TOMASINI, Olacir C. et al. Environmental monitoring using wireless sensor network for emergency conditions. **Anais do III Brazilian Technology Symposium**, disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-93112-8>. Acesso em 03/02/20123

TURCHI; Lenita M.; ARCURI, Interação institutos públicos de pesquisa e empresas: avaliação das parcerias. In: TURCHI, Lenita M.; MORAIS, José Mauro (org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil : avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília: IPEA, 2017.

TURCHI, Lenita M.; MORAIS, José Mauro (org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil : avanços recentes, limitações e propostas de ações**. Brasília: IPEA, 2017.

WEIS, Marcos C.; BERNARDES, Roberto C.; CONSONI, Flavia L. Cidades inteligentes: casos e perspectivas para as cidades brasileiras. **Revista Tecnológica**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2012.

APENDICES

APÊNDICE 1 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES REMOTAS (ER)



Local de Implantação Estação Remota 01 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 02 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 03 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 04 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 05 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 06 (PESQUISADOR, 2022).



Local de Implantação Estação Remota 07 (PESQUISADOR, 2022).

APENDICE 2 – AFERIÇÃO EM DECIBELÍMETROS

Ponto 01:



Aferições acústicas do Ponto 1 (PESQUISADOR, 2022).

Ponto 2:



Aferições acústicas do Ponto 2 (PESQUISADOR, 2022).

Ponto 3:

Aferições acústicas do Ponto 3 (PESQUISADOR, 2022).

Ponto 4:

Aferições acústicas do Ponto 4 (PESQUISADOR, 2022).

Ponto 5:

Aferições acústicas do Ponto 5 (PESQUISADOR, 2022).

ANEXOS

ANEXO A – DECLARAÇÃO DE SERVIÇOS PRESTADOS



A

Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Programa de Mestrado em Inovação Tecnológica.
 Av. Frei Paulino, nº 30 - Bairro Abadia -
 Uberaba - MG
 CEP: 38025-180

Data: 29/09/2020

Declaração de Serviços Prestados à Televale referentes a: Requerimento de Patente do Sistema **Notificação de Emergência (PAT REQ: BR 20 2019 007222 4)**, Elaboração/Execução de Projetos, Elaboração de Projetos Eletrônicos, Elaboração de Projetos de Radiofrequência, Elaboração de Projetos de Propagação Acústica Externa, Responsabilidade Técnica, Anotações de Responsabilidade Técnica, Desenvolvimento de Novas Tecnologias, Desenvolvimento de Softwares, Simulações em Softwares de Radiofrequência e Propagação Acústica Externa, Coordenador de Engenharia, Coordenador de Projetos, Piloto Privado de Avião, Gestão Administrativa, Consultoria e Treinamentos.

Prezado Senhor (a),

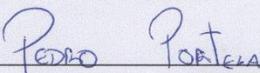
Atestamos que o excelentíssimo colaborador Engenheiro Eletricista, **Pedro Flávio Dias Portela Oliveira**, **CREA: 239841/D-MG**, portador do CPF: 138.475.086.01, nascido em 28/10/1995, realiza para a **Tele Comunicações do Vale do Rio Grande LTDA**, (CNPJ 74.061.345/0001-01, situada na Rua Oswaldo Cruz, 83, Bairro Estados Unidos, CEP: 380.15-230, Uberaba/MG); a plena execução e veracidade dos serviços expostos acima, inclusive sobre o **SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO DE EMERGÊNCIA (S.N.E.)**, contemplando: requerimento de patentes, desenvolvimento do sistema, projetos, instalação, locação, manutenção e supervisão deste sistema para a Televale desde 01/07/2016, conforme carteira de trabalho do profissional.

Todas essas atividades estão sendo prestadas em condições técnicas, administrativas e comerciais satisfatórias, nada constando em nossos registros que possa desabonar seu desempenho.

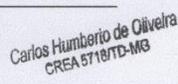
Atenciosamente,



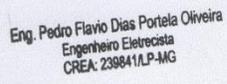
Carlos Humberto de Oliveira
CREA: 5718/TD-MG
 Diretor
 Fone (34) 3332-7878



Pedro Flávio Dias Portela Oliveira
CREA: 239841/D-MG
 Coordenador Engenharias
 Fone (34) 3332-7878



Carlos Humberto de Oliveira
 CREA 5718/TD-MG



Eng. Pedro Flávio Dias Portela Oliveira
 Engenheiro Eletricista
 CREA: 239841/P-MG

 (34) 3333-0190 / (34) 3332-7878

 www.televale.com.br

  televale

 Rua João Prata, 699 Cep 38015-400
 B. Estados Unidos - Uberaba/mg

ANEXO B – PATENTE REQUERIDA DO SISTEMA DE ALERTA SEM FIO

INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL	10/04/2019	870190034187 10:10
		
29409161903632934		
Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT		
Número do Processo: BR 20 2019 007222 4		
Dados do Depositante (71)		
Depositante 1 de 1		
Nome ou Razão Social: CARLOS HUMBERTO DE OLIVEIRA		
Tipo de Pessoa: Pessoa Física		
CPF/CNPJ: 27235467649		
Nacionalidade: Brasileira		
Qualificação Física: Empresário e produtor de espetáculos		
Endereço: RUA MÁRIO DE ALMEIDA FRANCO, nº 435 - Bairro Mario Franco		
Cidade: Uberaba		
Estado: MG		
CEP: 38046-320		
País: Brasil		
Dados do Pedido		
Natureza Patente: 20 - Modelo de Utilidade (MU)		
Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): SISTEMA DE ALERTA À POPULAÇÃO SEM FIO		
Resumo: O presente modelo de utilidade constitui-se na estruturação sem fios, de um sistema de alerta à população sobre a incidência de calamidades públicas, tais como: rompimento de barragem, enchentes, tempestades, furacões, incêndios, erupções vulcânicas; possibilitando às populações instaladas em áreas consideradas de alto risco para ocorrência de quaisquer calamidades públicas, um sistema de alerta que funciona de forma eficiente, com uso de energia solar, independente, portanto, de acesso à energia elétrica pública que por vezes e na maioria das ocorrências de calamidades públicas desta envergadura é um dos primeiros serviços públicos a serem interrompidos, além de se valer do uso de baterias com alta performance de autonomia; o presente modelo de utilidade é constituído totalmente sem fios, desde a central de operações, onde está instalado o console de operações, até as estações remotas que se destinam à difundir os alertas de emergências, passando pela repetidora de sinais; tomando a oferta do presente serviço de alerta emergencial segura e muito mais econômica.		
Figura a publicar: 01		