

Sistema Multimodal de Apoio ao Gerenciamento de Riscos de Desastres

Hosana Iasmin Castro dos Santos Lucena¹, Gabriel Rocha dos Santos¹,
Jady Lima da Silva¹, Ricardo José Matos de Carvalho², Patrick Terrematte¹,

¹ Instituto Metr pole Digital (IMD), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Natal-RN, Brasil

² Departamento de Engenharia de Produ o,
Programa de Pós-gradua o em Engenharia de Produ o (PEP),
Grupo de Extensão e Pesquisa em Ergonomia (GREPE),
Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas sobre Desastres (NUPED)
UFRN, Natal-RN, Brasil

Correspondence: patrick.terrematte@ufrn.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o sistema multimodal computacional, denominado de NOAH, para apoiar o gerenciamento de riscos de desastres (GRD) nas cidades brasileiras, considerando a necessidade de troca de informa es e de comunica es estabelecidas entre os agentes públicos de GRD e os membros da popula o em situa es de riscos e desastres. Este sistema está sendo desenvolvido através da aplica o da inteligência artificial (IA), integrando o chatbot ao processamento de linguagem natural (PLN), reconhecimento de fala, classifica o de imagens e recupera o de informa es por gera o aumentada de recupera o (RAG). O sistema tem como foco a comunica o direta com a popula o via WhatsApp, permitindo a coleta de relatos em língua portuguesa nos formatos de texto, áudio e imagem. A contribui o prática do NOAH consiste na combina o de uma técnica de modelagem de t picos (BERTopic) para classifica o textual, Whisper Small para transcri o de áudio e redes neurais convolucionais Resnet50 para análise visual do tipo de incidente. Essa abordagem viabiliza o desenvolvimento de ferramenta prática e escalável para o apoio   tomada de decisão dos órgãos municipais de Prote o e Defesa Civil, que são responsáveis pelo GRD, contribuindo para uma resposta mais eficiente a situa es de emergência em localidades de língua portuguesa.

1 Introdu o

As mudanças climáticas globais estão tornando mais complexa a previsibilidade do comportamento climático e têm impactado socioeconomicamente a popula o em geral e, em especial, as popula es mais vulneráveis aos desastres, que têm ocorrido com maior frequência e intensidade no planeta (United Nations, 2023).

O desastre   um fen meno social resultante das a es dos seres humanos e de suas sociedades (Helsloot, 2006), constituindo-se um dos grandes problemas urbanos, pois produz impactos sociais, econ micos e ambientais no mundo todo e, especialmente, nas localidades onde vivem e trabalham os munic pes.

De acordo com o relatório da United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2025), indivíduos nascidos em 1990 possuem cerca de 63% de probabilidade de vivenciar ao menos uma inunda o catastrófica ao longo da vida, enquanto aqueles nascidos em 2025 apresentam uma probabilidade ainda maior, estimada em aproximadamente 86%. Segundo a agência oficial de notícias das Na es Unidas, o custo total associado aos eventos climáticos extremos ultrapassa US\$ 2,3 trilhões por ano, representando um impacto econ mico cerca de dez vezes maior do que estimativas anteriores (UN News, 2025).

Recentemente, o governo brasileiro tem apresentado políticas públicas com investimentos financeiros para custear políticas preventivas de desastres, iniciadas pela Lei 12.608/2012 (Brasil, 2012), notadamente, que foram acentuadas, principalmente em 2024, 2025 e 2026, com a disponibiliza o de investimentos para a elabora o de Planos Municipais de Redu o de Riscos e Desastres (PMRR) e de Planos de Adapta o Climática nos municípios brasileiros. Esse cenário torna ainda mais relevante o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas capazes de apoiar a identifica o precoce de situa es de risco por parte das autoridades públicas, que podem causar o desastre, e, ainda, agilizar respostas emergenciais ou contingenciais mais eficientes e eficazes de órgãos municipais responsáveis pelo GRD, quais sejam, os órgãos municipais de prote o e defesa civil (OMPDC).

Atualmente, o registro de ocorrências de ameaças ou desastres pelo órgão de Proteção e Defesa Civil de Natal-RN é realizado de forma manual, inicialmente em formulário de papel e, depois, organizados em planilhas eletrônicas (excel), conforme observado durante coleta de informações para o sistema NOAH. Esse processo torna a classificação dos incidentes ou desastre, dependente unicamente de interpretação humana, o que pode introduzir inconsistências na categorização das ocorrências, além disso, a consolidação manual dos dados reduz a capacidade de realizar análises estatísticas ou espaciais automatizadas, em situações críticas essas limitações podem impactar negativamente a priorização de ocorrências e alocação de recursos.

Diante desse cenário, este artigo apresenta o NOAH, um sistema colaborativo computacional de apoio ao gerenciamento de riscos de desastres, visando facilitar a comunicação entre agentes públicos e a população e a coordenação de ações pelos agentes públicos, como também otimizando a classificação do tipo de desastre por meio de mensagens escritas, em áudio ou imagens sobre riscos de desastres,

2 Trabalhos relacionados

Wibowo et al. (2025), em sua revisão bibliométrica, afirmam que a China é o país mais produtivo em aplicação de Inteligência artificial (IA) no gerenciamento de desastres e os Estados Unidos são os mais citados, e que foram identificados nesta revisão seis grupos de pesquisa, quais sejam: monitoramento e previsão de desastres usando redes IoT; tecnologia geoespacial baseada em IA para gestão de riscos; sistemas de apoio à decisão para gestão de emergências em desastres; análise de redes sociais para resposta a emergências; algoritmos de aprendizado de máquina para redução do risco de desastres; big data e aprendizagem profunda para gestão de desastres.

Sistemas digitais também têm sido propostos para facilitar a comunicação entre a população e as autoridades durante situações de desastre. Por exemplo, Nik Nazli et al. (2016) propuseram uma aplicação móvel que permite aos cidadãos registrar e informar ocorrências de desastres diretamente às autoridades responsáveis. O sistema possibilita o envio de descrições textuais, imagens e informações de localização geográfica obtidas por meio do GPS do dispositivo móvel, permitindo que gestores de emergência visualizem e acompanhem as ocor-

rências reportadas. Entretanto, o sistema baseia-se principalmente no registro manual das informações e não incorpora técnicas de inteligência artificial para o processamento automático dos dados enviados pelos usuários.

Uma análise recente de literatura sobre o uso de Processamento de Linguagem Natural para desastres demonstra que, apesar do crescente interesse, a aplicação de técnicas de mineração de texto, classificação e extração de dados permanece subutilizada em muitos contextos (Godinho, 2024). A revisão aponta que, embora métodos como classificação supervisionada, extração de entidades e modelagem de tópicos tenham sido aplicados com sucesso em alguns estudos, há limitações significativas, como escassez de dados anotados, dificuldades com linguagem informal e falta de representatividade regional.

Em paralelo, conjuntos de dados como o HumAID, criado pelo CrisisNLP (Firoj Alam, 2021), mostram que é possível coletar e anotar milhares de tweets de desastres, distribuídos em categorias humanitárias como “infraestrutura danificada”, “feridos”, “necessidades urgentes”, entre outras, permitindo o desenvolvimento de modelos automatizados de triagem e priorização. No entanto, esses recursos costumam estar restritos ao inglês ou a contextos internacionais, reforçando a lacuna para o português brasileiro, especialmente suas variedades regionais, justamente o espaço que este sistema busca explorar.

3 Arquitetura do Sistema NOAH

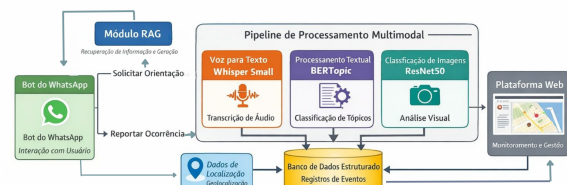


Figura 1: Arquitetura do Sistema NOAH com Módulo RAG, Bot do WhatsApp, pipeline de Processamento Multimodal e plataforma Web.

A interação do usuário com o sistema NOAH ocorre exclusivamente via WhatsApp, onde um bot conversacional atua como interface principal. Ao iniciar a comunicação, o usuário recebe duas

opções: (i) relatar uma ocorrência ou (ii) solicitar informações de orientação baseadas em planos oficiais de contingência. No segundo caso, o sistema utiliza uma abordagem (RAG) para recuperar e apresentar informações relevantes de acordo com o tipo de evento e o contexto informado.

Quando o usuário opta por relatar uma ocorrência, o sistema inicia um pipeline de processamento multimodal. Mensagens de texto são enviadas diretamente para a API de processamento de linguagem natural, enquanto mensagens de áudio e imagens seguem fluxos específicos de processamento. No caso de mensagens de áudio, o NOAH utiliza o modelo Whisper Small, desenvolvido pela OpenAI, para realizar a transcrição automática da fala para texto em língua portuguesa. Para aumentar a confiabilidade do processo, a transcrição gerada é apresentada ao usuário para confirmação antes de prosseguir. Após a validação, o texto transcrito é encaminhado ao módulo de classificação textual, garantindo que erros de reconhecimento de fala não comprometam a categorização da ocorrência.

As mensagens textuais, sejam elas enviadas diretamente pelo usuário ou provenientes da transcrição de áudio, são processadas pelo BERTopic (Groendorst, 2022), ajustado para identificar categorias relacionadas a desastres e situações de risco. O modelo é responsável por atribuir uma classe semântica ao relato, padronizando descrições que, na linguagem natural, podem variar significativamente entre diferentes usuários.

Além de texto e áudio, o sistema também aceita imagens como forma de relato. As imagens enviadas são analisadas por uma rede neural convolucional baseada na arquitetura ResNet50, treinada para classificar cenários visuais associados a eventos críticos, como alagamentos, incêndios ou deslizamentos. Essa abordagem multimodal amplia o escopo do sistema, permitindo que evidências visuais complementem as informações textuais.

Após a classificação do conteúdo, o NOAH solicita ao usuário informações de localização, que podem ser compartilhadas diretamente pelo WhatsApp. Em seguida, todos os dados coletados — modalidade de entrada, conteúdo processado e localização — são armazenados como um registro estruturado no banco de dados do sistema. Esses registros alimentam uma plataforma web voltada à gestão e visualização das ocorrências, oferecendo suporte às ações da Defesa Civil.

4 Demonstração do sistema NOAH

A demonstração do NOAH foi concebida para simular cenários reais de comunicação entre cidadãos e órgãos de gerenciamento de riscos de desastres, especialmente o órgão municipal de proteção e defesa civil, além de SAMU, Corpo de Bombeiros, entre outros. Durante a apresentação, os participantes interagem com o sistema utilizando seus próprios dispositivos móveis, enviando mensagens ao número de WhatsApp associado ao bot, como fariam diante de uma situação real de perigo ou desastre.

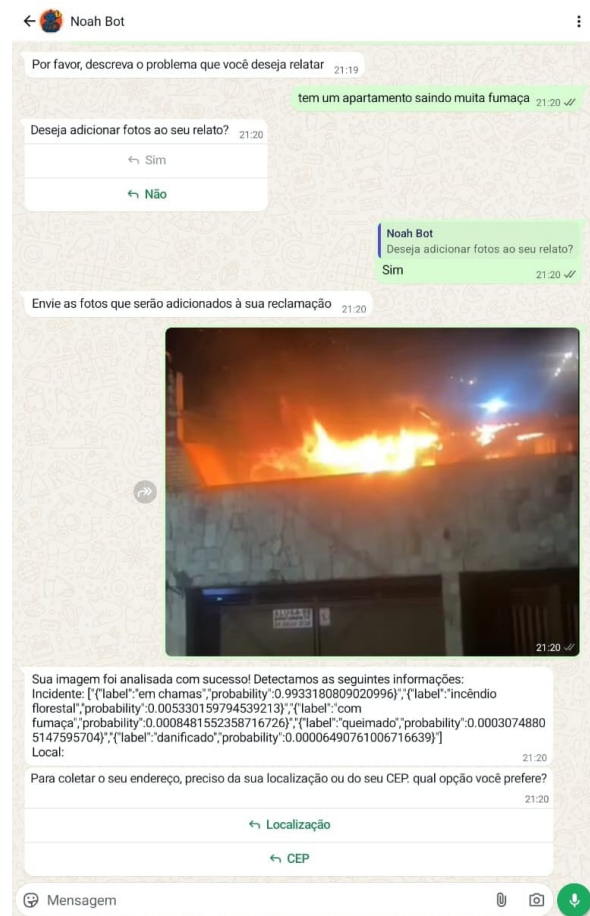


Figura 2: Exemplo de interação do usuário com o Noah Bot no WhatsApp para registro de um incidente. Após a descrição textual e envio de imagem pelo usuário, o sistema realiza a classificação automática da cena (detecção de incêndio) e solicita informações de localização para complementar o registro da ocorrência.

O fluxo da demonstração inicia-se com o envio de uma mensagem ao bot, que retorna automaticamente as opções de interação disponíveis. Ao selecionar a opção de relato de ocorrência, o participante pode submeter informações em diferentes formatos, incluindo texto, áudio ou imagem. Cada

tipo de entrada aciona o respectivo módulo de processamento, permitindo demonstrar a integração entre reconhecimento de fala, processamento de linguagem natural e classificação de imagens.

Durante a demonstração, mensagens de áudio são transcritas e apresentadas ao usuário para confirmação, evidenciando a preocupação do sistema com a confiabilidade das informações. Relatos textuais são classificados automaticamente, e imagens enviadas são analisadas pelo classificador visual. Em todos os casos, o sistema solicita a localização do evento antes de concluir o registro.

Por fim, os registros gerados são exibidos na interface web de gestão, onde é possível visualizar as ocorrências. A demonstração destaca a aplicabilidade prática do NOAH, bem como o papel central do processamento computacional do português na organização e interpretação de dados gerados pela população em contextos de emergência.

5 Conclusão

O NOAH fornece uma arquitetura modular e extensível que pode ser adaptada a diferentes cenários de uso, tanto para aplicações operacionais quanto para tarefas de anotação e análise de dados. Além de sua aplicação prática, o sistema possibilita a construção de um corpus em português, composto por interações reais entre usuários e o bot, o que representa uma contribuição relevante para pesquisas futuras em processamento de linguagem natural e sistemas no contexto de desastres.

Esperamos que este trabalho sirva como base para o desenvolvimento e a avaliação de sistemas interativos voltados à coleta de dados em ambientes críticos, contribuindo para uma melhor compreensão e evolução de soluções de PLN em português à medida que esses sistemas se tornam mais complexos e integrados ao mundo real.

Limitações

Uma limitação deste estudo refere-se à ausência, no estágio atual do projeto, de métricas quantitativas de avaliação do desempenho dos modelos propostos. Como o projeto ainda se encontra em desenvolvimento, não foi possível realizar uma validação empírica completa, principalmente devido à indisponibilidade de um conjunto de dados estruturado contendo registros detalhados de ocorrências que permitam testar e comparar sistematicamente os modelos. Dessa forma, a construção ou consolidação de um dataset adequado constitui um passo

essencial para etapas futuras da pesquisa. Como trabalho futuro, pretende-se coletar, organizar e curar dados de ocorrências reais, possibilitando a aplicação de métricas de avaliação apropriadas e a validação rigorosa do desempenho dos modelos desenvolvidos.

References

- Muhammad Imran Ferda Ofli Firoj Alam, Umair Qazi. 2021. Humaid: Human-annotated disaster incidents data from twitter. In *15th International Conference on Web and Social Media (ICWSM)*.
- Matilde Martins Lencastre Godinho. 2024. *The impact of natural language processing in disaster management: A systematic literature review*. Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal).
- Maarten Grootendorst. 2022. *Bertopic: Neural topic modeling with a class-based tf-idf procedure*. Preprint, arXiv:2203.05794.
- I. Helsloot. 2006. [review of: R.w. perry, e.l. quarantelli (2005) what is a disaster? new answers tot old questions]. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 14(1):55–56.
- Nik Nadian Nisa Nik Nazli, Sapora Sipon, and Norita Md Norwawi. 2016. *A prototype mobile application for informing disaster complaint – “informer on site”*. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 10(1):68–70.
- UN News. 2025. *Relatório da onu alerta para aumento de eventos climáticos extremos*. Acesso em: 15 mar. 2026.
- UNDRR. 2025. *Global assessment report on disaster risk reduction 2025: Resilience pays – investing and financing for our future*. Accessed: 2026-03-15.
- United Nations. 2023. *Relatório anual das nações unidas*. Acesso em: 15 mar. 2026.
- Arief Wibowo, Ikhwan Amri, Asep Surahmat, and Rusdah Rusdah. 2025. *Leveraging artificial intelligence in disaster management: A comprehensive bibliometric review*. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies*, 17(1):a1776.