

TÍTULO: A RELAÇÃO ENTRE A ENGENHARIA CIVIL E OS DESASTRES NATURAIS NO BRASIL

Eduardo Ribeiro de Oliveira Filho
Maisa Cabral da Silva
Milene Rodrigues de Abreu
Liércio Motta (Orientador)

RESUMO

O presente artigo apresenta e discute a relação da engenharia civil em se tratando da área de risco com os desastres naturais ocorridos no Brasil, na região Sudeste. Serão apontados conceitos e descrições sobre os desastres naturais e a área de risco, que terão como base o estudo de três tragédias significativas que ocorreram no país, sendo elas: A tragédia da Região Serrana (2011) do estado do Rio de Janeiro, de Petrópolis (2022) e a do Litoral Norte de São Paulo (2023). Todas essas catástrofes serão analisadas para se obter o ponto em comum entre cada uma delas e ressaltar a relação com a engenharia civil, a importância do mapeamento da área de risco e os fatores que levam ao acontecimento de desastres naturais na região. Além disso, serão descritas na metodologia as etapas envolvidas em todo o desenvolvimento do artigo de onde foram obtidos todos os dados para o estudo. Por fim, será apresentada uma conclusão acerca dos resultados mediante a pesquisa apresentada.

Palavras-chave: Tragédias. Desastres naturais. Engenharia. Chuvas.

ABSTRACT

This article presents and discusses the relationship between civil engineering in the area of risk and natural disasters occurring in Brazil, in the Southeast region. Concepts and descriptions of natural disasters and the risk area will be highlighted, which will be based on the study of three significant tragedies that occurred in the country, namely: The Tragedy of the Mountain Region (2011) in the state of Rio de Janeiro, in Petrópolis (2022) and that of the North Coast of São Paulo (2023). All these catastrophes will be analyzed to obtain the common point between each of them and highlight the relationship with civil engineering, the importance of mapping the risk area and the factors that lead to natural disasters in the region. Furthermore, the steps involved in the entire development of the article from which all data for the study were obtained will be described in the methodology. Finally, a conclusion will be presented about the results based on the research presented.

Keywords: Tragedies. Natural disasters. Engineering. Rains.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – milenerabreu@gmail.com – graduando em Engenharia Civil.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – Eduribeiro00.er@gmail.com – graduando em Engenharia Civil.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – maisa_cabral@outlook.com.br – graduando em Engenharia Civil.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco - liercioengenhariajif@doctum.edu.br – Orientador do Trabalho)

1 - Introdução

Os desastres naturais podem estar relacionados a fatores geofísicos, biológicos, climáticos, hidrológicos e/ou meteorológicos. Esses eventos relacionam de forma concomitante com processos naturais e sociais, que geram impactos à sociedade a partir do padrão de interação entre os eventos de origem natural e a organização social. Nesse contexto, os desastres geram vítimas e danos de complexa recuperação na área afetada.

No Brasil, o principal fator que colabora para os grandes impactos no ambiente é a ocorrência de fenômenos climáticos, com destaque para fortes chuvas, que podem acarretar grandes enchentes e deslizamentos de terra. Além disso, o crescimento desordenado dos grandes centros urbanos é outro fator que gera riscos à sociedade e à natureza, tendo em vista, que muitas construções são executadas sem qualquer estrutura e planejamento em territórios inadequados. Tal fato corrobora, dessa forma, com os grandes desastres ocorridos no país (TUCCI, 2011).

Sabe-se que a Engenharia tem um papel fundamental na sociedade e que uma das definições mais associada é a habilidade de trazer soluções que possam melhorar a qualidade de vida das pessoas. Dessa forma, é de extrema importância que a atuação dos profissionais da área seja realizada de forma responsável para minimizar os impactos intrínseco à suas atividades.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC - a construção civil e a sustentabilidade andam juntos. Assim, as obras de engenharia podem auxiliar na prevenção de incidentes.

Nessa perspectiva, como já foi citado que no Brasil os maiores desastres naturais estão associados as fortes chuvas, e como o engenheiro possui um papel primordial na sociedade para a resolução de problemas, uma das possíveis soluções é o estudo de técnicas construtivas e de implantação de infraestruturas eficientes de saneamento e drenagem, além do mapeamento da área de risco e uma atuação efetiva do engenheiro, tanto antes quanto durante e após os desastres naturais.

O presente artigo tem por objetivo apresentar qual é a relação da Engenharia Civil com os desastres naturais ocorridos no Brasil, além de conceitualizar e descrever as características da área de risco. Dessa forma, busca analisar quais medidas devem ser tomadas para evitar ou minimizar os

impactos gerados pelas tragédias, e como a Engenharia pode auxiliar nos processos relacionados a essas áreas afetadas.

2.1 - Desastres Naturais no Brasil

Os desastres mais comuns no Brasil estão relacionados às fortes chuvas, que podem provocar os deslizamentos de terras e às grandes enchentes como pode ser visto na figura 1 que mostra um dos locais afetados pela tragédia na região Serrana do Rio de Janeiro. As fortes chuvas que ocorrem no território brasileiro podem ser explicadas, principalmente, pela vasta vegetação que temos, com destaque para a Floresta Amazônica. Através da evapotranspiração (perda de água do solo por evaporação e à perda de água da planta por transpiração) é liberado um grande volume hídrico para atmosfera e transferido para outras regiões (MARENGO, 2004 e VERA, 2006).

Figura1: Tragédia na região Serrana do Rio de Janeiro



Fonte: Nosso Espaço, 2011.

Além disso, de acordo com o cientista Carlos Rittl (2015), durante anos a ciência vem apontando que o aumento da média das chuvas na região Sudeste acontece em função do aquecimento global e a tendência é que este fenômeno aumente ainda mais com o passar dos anos. Além disso, a distribuição de chuvas intensas será cada vez mais irregular, segundo o cientista, com altos riscos de acontecimentos extremos. Como consequência, poderá ocorrer deslizamentos de terras e enchentes.

As consequências destes desastres naturais são potencializadas tanto pelas enchentes quanto pelos deslizamentos de terra que são ocasionados pelas

fortes chuvas, mas existem outros fatores que colaboram para que os seus impactos sejam ainda maiores. Como, por exemplo: impermeabilização do solo, problemas de drenagem, ocupação inadequada do solo e descarte inadequado do lixo (ÁLVARO, 2023).

A impermeabilização do solo pode ser vista como a redução da capacidade de absorção da água. É importante destacar o quanto o desmatamento ou a retirada da camada vegetal pode influenciar na absorção do solo, sendo esse um dos fatores de maior relevância nos últimos tempos. Além disso, com a urbanização, grande parte das cidades possuem ruas que são de concreto ou asfalto, que, por não serem materiais permeáveis, impedem que a água infiltre no solo quando chove, corroborando para que aumente o volume de águas pluviais nas ruas, o que faz com que as enchentes se tornem uma situação mais grave (TUCCI, 2007).

Além da impermeabilização do solo é possível citar outra questão, o problema de execução de rede de drenagem nas cidades. É muito comum ter cidades que não tiveram o devido planejamento ou cujo planejamento aconteceu de forma ineficiente. Um dos motivos que mais explica a ausência desse planejamento é a rapidez com que as cidades foram crescendo e a ausência de um acompanhamento eficaz das gestões. Com isso, pode-se perceber que muitos locais foram ocupados de forma inadequada sem que houvesse o acompanhamento do desenvolvimento da infraestrutura (TUCCI, 2012).

Outra questão que deve-se dar destaque, é com relação ao descarte inadequado do lixo. Sabe-se que nos grandes centros urbanos, uma das principais causas dos alagamentos e das enchentes se deve ao lixo que é jogado nas vias, que é transportado aos cursos d'água e dificulta o escoamento da água (MUCELIN e BELLINI, 2006).

2.2 - Área de Risco

O risco é a probabilidade de perda premeditada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (UNDP, 2004). Em virtude disso, o desastre é um risco que se concretizou, sendo que sua intensidade depende de condições de vulnerabilidade em interação com as ameaças. Conforme podemos ver na figura 2, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco. (Cemaden Educação, 2017).

Figura 2: Relação entre risco, área com ameaça e elementos vulneráveis.



Fonte: Capacitação em Gestão de Riscos, 2016.

Já a área de risco pode ser conceituada como regiões passíveis de ser atingida por fenômenos ou processos naturais onde não é recomendado a construção de moradias e instalações, por serem muito expostas as ameaças. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (Brasil e IPT, 2007, p. 26).

2.3 – Caracterização dos Riscos

De acordo com o manual de planejamento em defesa civil, a análise de risco começa com o estudo da ameaça específica e do grau de vulnerabilidade do cenário local e finaliza, confirmando ou alterando, a caracterização e a hierarquização dos riscos de maior importância.

Assim, ao fim dessa etapa do planejamento são determinadas uma ou mais hipóteses de planejamento, e para cada uma dessas hipóteses é elaborado um plano de contingência (manual de planejamento em defesa civil, 2018).

2.4 – Gestão de Riscos

Gerenciamento do risco é o processo de desenvolvimento e aplicação de políticas, procedimentos e práticas para as tarefas de avaliação, monitoramento, comunicação e tratamento dos riscos (Crozier & Glade, 2005).

O gerenciamento do risco possui uma abordagem sistemática e prática da gestão da incerteza, conseguindo minimizar potenciais danos e perdas através da avaliação e análise do risco e da implementação de estratégias e

ações específicas para controlar, reduzir e transferir riscos (ISDR, 2009). Para Almeida (2015), isto é fundamental para que as mais adequadas ações de mitigação possam ser adequadamente planejadas e implementadas.

O planejamento de desastres é baseado nas avaliações dos riscos e lições aprendidas, que são codificados em um conjunto de planos de emergência, do gerenciamento dos riscos, e deve ser projetado para tornar as políticas e práticas eficazes e eficientes (Wisner, 2006).

Os autores do estudo de Almeida (2015) destacam a importância de as organizações e países priorizarem a busca por estratégias mais eficazes de gerenciamento de riscos como um objetivo fundamental. Eles enfatizam a necessidade de realizar um controle adequado dos riscos e um monitoramento de alta qualidade, visando reduzir ao máximo a possibilidade de ocorrência de consequências catastróficas.

2.5.1 – Conceitos, Tipos e Classificações Relacionados a Área de Risco

Conceitos:

- **Ameaças**

Fenômenos, atividades humanas ou condições perigosas que podem ocasionar mortes, lesões físicas ou outros efeitos à saúde, bem como prejuízos à propriedade, perda dos meios de subsistência e de serviços, transtornos sociais e econômicos ou danos ambientais (Manual de planejamento em defesa civil, 2018).

No Brasil, a maior parte das ameaças ou perigos provêm das inundações e enchentes, movimentos de massa (escorregamento ou deslizamentos de terras, rolamento de blocos rochosos etc.), tempestades (chuvas fortes, vendavais, granizo), ressacas marítimas, erosão, além de secas e incêndios florestais (cemaden Educação, 2017).

- **Vulnerabilidade**

A vulnerabilidade nada mais é que um conjunto de condições sociais, econômicas, políticas, culturais, técnicas, educativas e ambientais que deixam as pessoas mais expostas ao perigo.

A vulnerabilidade é caracterizada pelas circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem que apresenta fragilidade perante os danos de uma ameaça. Alguns fatores que impactam significativamente na vulnerabilidade são: As formas de usar e ocupar o terreno, má qualidade da construção das casas e prédios, um desconhecimento da ameaça, rede precária de serviços básicos, entre outros (cemaden Educação, 2017).

Figura 3: Estudo inédito aponta que 53,9% da área do estado do Rio de Janeiro está sob risco de deslizamentos.



Fonte: Licia Rubinstein/Agência de Notícias IBGE, 2019.

2.5.2 - Tipos de Riscos:

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade, 2022), pode-se destacar alguns tipos de riscos que se relacionam com as tragédias descritas.

- **Risco Geológico-Geotécnico**

São os riscos advindos do movimento de massa, podendo se suceder por quedas, tombamentos, rolamentos e deslizamentos.

- **Risco Hidrológico**

Os riscos hidrológicos, consistem no produto da probabilidade de falha de uma estrutura hidráulica junto à ocorrência de chuva, vazão ou nível da água superior ao dimensionado. (Associação Brasileira de Recursos Hídricos) Apresentando-se por inundações, enxurradas e alagamentos.

- **Risco meteorológico**

Esses riscos associam eventos meteorológicos, capazes de produzir precipitações intensas em um curto espaço de tempo e concentrada numa determinada região geográfica. Podem se manifestar por temperaturas extremas e tempestades.

2.5.3 - Classificação:

De acordo com a Capacitação em Gestão de Riscos, desenvolvido pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED/RS), o risco é o parâmetro mais completo para identificação da segurança frente ao desastre. (Com isso, existem algumas classificações e termos utilizados de maneira alternativa que serão descritos nos tópicos do quadro 1 mostrados a seguir).

Para classificar um risco, é necessário realizar um estudo sobre a hierarquia dos riscos. Essa etapa é considerada essencial na fase de prevenção de desastres, pois é através da hierarquização de riscos que são definidas as áreas prioritárias para as intervenções de gerenciamento de riscos de desastres. Assim, a hierarquização de risco se dá pela ordenança dos locais mais críticos em uma região, baseados na definição do grau de risco de um determinado processo de desastre. (Capacitação em Gestão de Riscos, 2016).

Quadro 1: Hierarquização qualitativa de risco a deslizamentos.

| Graus de Risco | Descrição |
|--------------------------|--|
| R1 Baixo | Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos. |
| R2 Médio | Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |
| R3 Alto | Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes etc.) Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |
| R4 Muito Alto | As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. |

Fonte: capacitação em gestão de riscos, 2016.

- **Risco instalado**

Pode ser compreendido como o risco efetivo, atual ou visível, existente e percebido em áreas ocupadas. A identificação do risco instalado é realizada com base na avaliação de evidências do terreno de que eventos adversos podem se repetir ou estão em andamento.

- **Risco aceitável**

O risco aceitável é aquele que uma determinada sociedade ou população aceita como admissível, após considerar todas as consequências associadas ao mesmo. É o risco que a população exposta a um evento está preparada para aceitar sem se preocupar com a sua gestão.

- **Risco tolerável**

Pode-se definir o risco tolerável como aquele que a sociedade tolera conviver, mesmo tendo que suportar alguns prejuízos ou danos, porque isto permite que usufrua de certos benefícios, como por exemplo, a proximidade ao local de trabalho ou a determinados serviços. Questões sociais e econômicas podem

levar uma população a tolerar um risco maior do que outras comunidades (há várias situações em áreas inundáveis, por exemplo).

- **Risco inaceitável**

Por conseguinte, risco intolerável é aquele que não pode ser tolerado ou aceito pela sociedade, uma vez que os benefícios ou vantagens proporcionadas pela convivência não compensam os danos e prejuízos potenciais.

Figura 4: Esquema representativo da diferenciação entre risco aceitável, tolerado e inaceitável.



Fonte: capacitação em gestão de riscos, 2016.

- **Risco residual**

O risco residual é o risco que ainda permanece num local mesmo após a implantação de programas de redução de risco. De uma maneira geral, é preciso entender que sempre existirá um risco residual, uma vez que o risco pode ser gerenciado e/ou reduzido com medidas de mitigação, seja com medidas estruturais ou não estruturais, mas o risco não pode ser completamente eliminado.

Sabe-se que todo o processo de urbanização tem levado, em muitos casos a ocupações desordenadas e com a ausência de uma política habitacional e social, o que tem agravado as situações de risco geotécnico. Essas ocupações não foram implantadas conforme os conceitos técnicos da Engenharia Civil, não foram feitas corretamente as obras de drenagem, pavimentação e nem a consideração das edificações (JORDAN, 2010).

A ausência de uma política de habitação eficiente fez com que boa parte da população ocupasse áreas irregulares e frágeis, como encostas e margens de rios. Essas ocupações, no período de chuva severa, por não possuírem uma infraestrutura urbana e apresentarem um baixo padrão de construção, tornam-se locais extremamente vulneráveis que podem estar suscetíveis a eventos como, deslizamento e inundações, que acarretam danos materiais e até mesmo em perdas humanas (JORDAN, 2010).

As ocupações em encostas, se realizadas de forma progressiva, seguida de boas técnicas de engenharia e alinhadas a tratamentos urbanísticos adequados apresentam condições satisfatórias de estabilidade. Em contrapartida, quando uma encosta é submetida a interferências não orientadas, essas condições de estabilidade são interrompidas. Dessa forma, o processo de escoamento da água passa por um aumento de velocidade devido a verticalização do terreno, além disso, o solo que antes era protegido por uma camada de vegetação, fica exposto e suscetível a absorver mais água para o subsolo o que permite maior ocorrência de rupturas e erosões (GOMES, 2012).

No Sudeste, o período chuvoso acontece no verão, quando ocorrem chuvas intensas, que podem ocasionar os escorregamentos de terra, sendo esses eventos muitas vezes catastróficos. Esses fatores relacionados ao clima aliados as ocupações irregulares das encostas sem as técnicas adequadas de construções acabam por acelerar o processo de deslizamento causando grandes danos para as pessoas e os municípios que sofrem com esses acontecimentos (GOMES E GUERRA, 2012).

2.6 – Tragédias Estudadas

Mediante aos fatos relacionados, no Brasil, especificamente na região Sudeste, fenômenos desse gênero são comuns em determinado período do ano, logo, podem ser apontadas algumas catástrofes que ficaram conhecidas por todo o país, devido ao alto índice pluviométrico em pouco espaço de tempo.

Conforme apontado por Carlos Rittl (2015), a incidência e o aumento do volume de chuva em um período reduzido agravam os acontecimentos extremos colaborando para a ocorrência de tragédias, como: a da Região Serrana (2011), Petrópolis (2022) e a do Litoral Norte de São Paulo (2023).

2.6.1 - Tragédia na Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011

O desastre natural que aconteceu nos dias 11 e 12 de janeiro em 2011, foi um dos episódios mais marcantes em se tratando de desastres naturais no Brasil. Na época, segundo a ONU, foi considerado o 8º maior deslizamento que aconteceu naqueles últimos 100 anos. O incidente aconteceu devido a fortes chuvas que causaram enchentes e grandes deslizamentos em sete municípios.

No Brasil, no período do verão é muito comum esse tipo de acontecimento devido ao alto índice de chuvas principalmente na região sudeste. E a região Serrana é caracterizada por sua alta declividade e regime de chuvas intensas, essas características geram solos mais instáveis e propensos aos deslizamentos. Somado a esses fatores, durante anos as encostas foram ocupadas de formas irregulares, além de terem sido objeto de desmatamento, o que aumentou a vulnerabilidade da área (BUSH, 2011 e AMORIM, 2011).

Em uma visão geral, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), ocorreu o registro de um índice de 130 mm de chuva por dia, sendo que o normal esperado para o período era de 60 mm. Pode-se concluir, dessa forma, que choveu em 24 horas mais do que era esperado para um mês inteiro. O incidente aconteceu nos municípios de Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Bom Jardim, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro e Areal.

As chuvas intensas, causaram enchentes dos rios, que provocaram ondas que arrastaram casas, árvores e movimentaram pedras, conforme mostra a figura 5. Além disso, houve o deslizamento de terras e encostas que atingiram áreas ocupadas que acabaram por empurrar grandes massas de solo, detritos e objetos (BUSH, 2011 e AMORIM, 2011).

Figura 5: Deslizamento de terra, na Região Serrana do Rio de Janeiro, 2011.



Fonte: Agência Estado, 2011

Toda a região foi coberta por lama, inúmeras casas foram devastadas e dezenas de pessoas morreram soterradas. A tragédia proporcionou mudanças significativas em toda a região.

Conforme dados do INEP (2011), esse desastre era algo que poderia ter sido evitado, já que, em julho de 2010, a região passou a receber fortes índices de chuva, acima da média que estava prevista. Além disso, concluiu-se que a tragédia poderia ter sido evitada com a elaboração de todo um plano de contingência, cujo objetivo seria alertar a população e incluir uma rota de fuga bem estruturada e eficaz. No entanto, o mesmo não ocorreu.

Segundo o relatório elaborado pelo Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro, o principal fator que proporcionou o desastre foi o alto índice pluviométrico. No entanto, existiram fatores condicionantes, que explicam toda a proporção que essa tragédia tomou, sendo a falta de comunicação e

gerenciamento de crise, um dos principais fatores que acarretaram em tantas perdas materiais e, sobretudo, humanas.

2.6.2 - Tragédia em Petrópolis de 2022

No dia 15 de fevereiro de 2022, o município de Petrópolis, no Rio de Janeiro, foi atingido por uma chuva extrema, de precipitação em torno de 250 mm em menos de quatro horas, chovendo em um dia mais do que o esperado para todo mês, segundo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Sendo considerado por esse órgão a pior chuva já registrada em Petrópolis desde 1932 até então.

O alto índice pluviométrico causou enchentes, deslizamento de terras e destruição da infraestrutura local, fatores que corroboraram para um verdadeiro caos urbano, deixando 233 vítimas fatais e inúmeros desabrigados, de acordo com a equipe técnica e científica da Polícia civil. Ademais, esse cenário se repetiu no dia 20 de março do mesmo ano, em menor proporção, porém em um curto intervalo de tempo.

A situação vivenciada pelos petropolitanos foi marcante e traumatizante. Segundo Raul Amorim (2022), além do elevado número de mortes e famílias desalojadas, a cidade se encontrava em um contexto de calamidade, onde ruas e pontes foram destruídas pelas enchentes e enxurradas, carros e ônibus submersos, diversas residências em encostas foram levadas pelos deslizamentos, serviços públicos afetados, lojas e centro urbano inundados, como demonstrado na figura 6.

Figura 6: Bairro Coronel Veiga, um dos mais atingidos pelo temporal em Petrópolis



Fonte: Talita Giudice / Super Rádio Tupi, 2022

O pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden, José Marengo, afirma que apesar de o desastre ter sido causado pelo excesso de chuvas, a tragédia foi potencializada por um “problema de vulnerabilidade”. Petrópolis é uma cidade propensa à eventos climáticos extremos provocados por chuvas intensas correlacionada ao relevo local.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a cidade está localizada na região serrana do estado do Rio de Janeiro, com encostas íngremes e rios entre elas, apresentando um relevo montanhoso com altas declividades.

Assim, o relevo possui características que tornam suscetível a ocorrência de deslizamentos, uma vez que nessas áreas se torna mais difícil a formação de solos profundos (Carmo et al., 2018). A ocorrência desses fenômenos naturais, juntamente com o crescimento desordenado da cidade e ocupações indevidas em encostas, expõe a população ao risco dessas tragédias.

Tendo em vista que a chuva em excesso afeta primeiramente o cidadão que reside em áreas de morros, colocando-o em situação de vulnerabilidade, este fato confirma a tese do pesquisador do Cemaden.

Marengo defende a ideia que se fundamenta no preparo das autoridades e da população para enfrentar situações como essas, com demarcações e

planos de contingência na região, emissão de alertas para temporais, locais para abrigo seguro das chuvas e construções de casas em áreas apropriadas, longe de rios e córregos.

2.6.3 - Desastre no Litoral Norte de São Paulo

Neste âmbito, outro acontecimento que se pode destacar é a tragédia no litoral norte de São Paulo, um desastre que abalou a região e deixou diversas vítimas. Durante o feriado de carnaval nas datas de 18 e 19 de fevereiro de 2023, uma grande tempestade atingiu a área causando enchentes e deslizamentos de terra, que deixaram muitas vítimas e um rastro de destruição principalmente nas seis cidades que foram decretadas em estado de calamidade pública: Guarujá, São Sebastião, Caraguatatuba, Ubatuba, Ilhabela e Bertioga. Na Figura 7 é apresentado um vislumbre das consequências do desastre.

Figura 7: Registro aéreo do deslizamento



Fonte: Tiago Queiroz/Estadão Conteúdo (2023)

O episódio foi caracterizado por especialistas como um evento climático extremo, possivelmente relacionado à crise climática. Segundo a Metsul Meteorologia, os eventos de precipitação extrema foram causados por um sistema de baixa pressão atmosférica que atuou sobre o litoral de São Paulo e do Rio de Janeiro. Contudo, as chuvas se concentraram sobre o litoral paulista. A umidade que veio do oceano foi conduzida para o relevo da Serra do Mar, onde se chocou com o ar continental mais quente, gerando intensas precipitações orográficas (Chuvas que ocorrem quando o ar úmido é forçado a

se elevar ao cruzar montanhas, formando densas nuvens que produzirão precipitações sobre a ladeira a barlavento.). Durante a semana as previsões já apontavam a possibilidade de acumulados na ordem de 500 mm para o fim de semana, porém já no fim da sexta-feira, dia 17, os modelos meteorológicos elevaram os acumulados previstos para até 700 mm. O Instituto Nacional de Meteorologia - INMET também divulgou alertas para a região durante a semana.

As chuvas foram consideradas as maiores registradas em um período de 24 horas na história do país segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastre Naturais - Cemaden e do Instituto Nacional de Meteorologia - Inmet. O volume que caiu em Bertioga, 683 milímetros acumulados, é o maior registro dos sistemas até o momento. O recorde do Inmet até então, de 1991, na cidade de Florianópolis foi de 404,8 mm em 24 horas.

Segundo o governo estadual, com ao menos 65 mortos, 2251 desalojados e 1815 desabrigados, esta ficou marcada como uma das maiores tragédias registradas no estado.

De acordo com o site do G1, a chuva começou no dia 18 de fevereiro de 2023. Durante a noite, ela já era muito forte e ininterrupta. Por conta disso, a maioria dos estragos começou na madrugada do dia 19. A cidade mais prejudicada foi São Sebastião. A Vila Sahy, situada na costa sul do município, foi a mais afetada por deslizamentos e ficou totalmente destruída, conforme ilustrado na figura 8. O local soma a maior parte das vítimas da tragédia com 64 mortes registradas.

Figura 8: São Paulo. Fevereiro, 2023



Fonte: AMANDA PEROBELLI/REUTERS, 2023

Segundo Osvaldo Moraes, diretor do CEMADEN, em sua entrevista para a rádio Band News explica que o desastre é o impacto do evento extremo, em que em alguns casos é possível fazer a previsão como ocorrido nesta tragédia do litoral norte e em outros casos é muito difícil como o caso de Petrópolis em 2015 tendo em vista que há uma dependência das características do sistema meteorológico e a ciência meteorológica ainda não consegue fazer uma previsão assertiva do momento exato, intensidade e do local da precipitação. Ele relata ainda que o caso ocorrido em São Paulo se trata de um “golden case” do CEMADEN em que foi possível fazer a previsão com mais de 24 horas de antecedência e dando a localidade exata do evento, porém ainda sim subestimando o evento segundo os dados obtidos em que era estimada uma precipitação entre 200 e 300 milímetros e ela foi acima disso (apesar desta estimativa já ser um possível ponto causador de impacto).

Osvaldo Moraes cita também em sua entrevista que a grande questão do desastre reside nos processos em que nós os seres humanos de alguma maneira temos as condições de fazer uma atuação melhor. Sobre os processos da natureza temos, praticamente, que fazer a previsão e esperar que ela aconteça. Sobre os processos antrópicos, esses os seres humanos que são

responsáveis por eles, e então quando nós de alguma maneira fazemos ocupação desordenada dos espaços urbanos ou dos espaços rurais e talvez em um número excessivo lugares em que não comportam a população que para lá se destina; quando não usamos técnicas adequadas para construirmos nossas residências, nossas rodovias e sistemas de drenagem. Isto é a porta de entrada para estes acontecimentos.

Em um relatório feito no ano de 2018 pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), foi constatado que em São Sebastião havia 161 moradias em área de alto risco para deslizamentos. O documento apontou ainda que 2043 moradias estavam em área de risco médio ou baixo para deslizamentos no município. Apesar dos altos números, o documento não listou casas na área da Barra do Sahy (local também afetado pelo deslizamento). Isso mostra que pode ter tido uma ampliação da ocupação irregular desde a publicação do relatório, segundo o diretor técnico do IPT, Fabio Mirandola.

De acordo com dados da prefeitura, antes da tragédia cerca de 3,2 mil pessoas viviam no local em casas precárias, erguidas de forma desordenada, em vielas onde o comércio supre apenas as necessidades básicas. O que evidencia a falta de infraestrutura e de ação conjunta entre a engenharia e o planejamento de desenvolvimento das urbanizações.

Uma inspeção realizada pelo Ministério Público em novembro de 2020 identificou obras e áreas com risco de deslizamento na comunidade. A inspeção avaliava um plano da Prefeitura de São Sebastião para urbanizar e legalizar a situação dos imóveis no local. (GLOBO.COM, 2020)

O centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden informou que o governo do estado de São Paulo e a Prefeitura de São Sebastião foram avisados com dois dias de antecedência sobre o risco de desastre na cidade em razão das fortes chuvas segundo a defesa civil de São Paulo.

Outra cidade da região que também registrou morte foi Ubatuba, que conforme pode-se observar na figura 9 também foi afetada pelo desastre, onde uma menina de sete anos morreu após uma pedra de duas toneladas deslizar e atingir o local onde ela morava (GLOBO.COM)

Caraguatuba, Guarujá e Bertioga também sofreram prejuízos e tiveram moradores desabrigados e desalojados, mas nenhuma morte foi registrada.

Figura 9: Deslizamento decorrente das chuvas na SP-55 em Ubatuba, SP.



Fonte: Globo, 2023

1. Metodologia Científica

A metodologia adotada nesse trabalho se baseia, quanto à natureza e abordagem, na pesquisa aplicada qualitativa, em que o objetivo é gerar conhecimento prático para solução de problemas já estabelecido e direcionado no que diz respeito aos danos causados pelos desastres naturais, através de um levantamento e coleta de dados. Tal metodologia possui o intuito de buscar compreender e interpretar determinados comportamentos construtivo estrutural das áreas afetadas.

Essa pesquisa se fundamenta em três desastres causados por fenômenos naturais que se passaram na região sudeste do Brasil. Dentre vários, foram destacados dois no estado do Rio de Janeiro e um em São Paulo, um mais antigo e dois mais recentes, ambos tiveram grandes impactos sociais, econômico, estruturais e ambientais.

O artigo foi estruturado em três etapas. A primeira etapa traz a contextualização do que é o desastre natural e sua correlação com as áreas de riscos, no Brasil, e as principais causa e consequências desse problema. A segunda etapa busca detalhar por meio de noticiários, reportagens, boletins informativos de centros meteorológicos e da Defesa civil dos municípios o que se passou em cada uma das tragédias abordadas. A terceira etapa procura

abordar por meio da análise de dados, a relação da engenharia civil com os desastres naturais, mediante a pesquisas de artigos, tratando pontos necessários e fundamentais que devem ser adotados junto ao poder público a fim de evitar frequentes tragédias envolvendo chuvas intensas.

As considerações finais trazem a síntese dos dados dos objetivos especificados atingidos, para que então, a discussão final seja fundamentada em bases técnicas e teóricas previamente discutidas, a fim de trocar um panorama sobre a engenharia correlacionada as tragédias relatadas. O ideal é que essa pesquisa possa ser base para estudos mais aprofundados da interferência da engenharia civil nos desastres naturais no Brasil, e quanto o seu primordial papel junto as políticas públicas pode amenizar tais impactos.

3.1 – Análise de Dados

Nessa perspectiva, o desastre na região serrana do Rio de Janeiro em 2011 foi considerado o pior desastre natural do Brasil até então. A partir desse desastre, notou-se a necessidade da criação de um sistema de alarme que reunisse competências científicas e tecnológicas de várias áreas do conhecimento, principalmente de meteorologia, hidrologia, geologia e desastres naturais para prevenir e reduzir os danos. (Cemaden, Histórico da criação do Cemaden.)

Já o desastre ocorrido na cidade de Petrópolis, escolhido por também se passar na região serrana do Rio de Janeiro, porém mais recente, causou forte impacto na cidade. Dessa maneira, foi possível usar ambos os desastres para um estudo analítico da região e a busca de uma causa aprofundada para tamanhas tragédias que são recorrentes na região em questão.

Foi analisado o desastre que se passou no litoral Norte de São Paulo, destacado por ser o mais recente, o qual sobreveio no presente ano de 2023. Tal acontecimento é cercado, também, por diversas implicações sociais e estruturais, além da alta repercussão.

4.1 – A Relação da Engenharia nas Tragédias.

Sabe-se que a Engenharia Civil possui grande influência quando o assunto é os desastres naturais. Essa área está diretamente relacionada a

construção de infraestruturas essenciais, manutenção e melhoria das mesmas, além de também estar relacionada as operações de reconstrução do município afetado pelos desastres naturais. (REVISTA GC, 2023).

De acordo com Kobiyama (2004), a prevenção de desastres pode ser implementada por meio de dois importantes processos: São eles, estruturais e não estruturais. As medidas estruturais implicam em obras de engenharia de forma planejada, aumentando a segurança das comunidades, por meio de construtivas. Já os não estruturais abrangem um conjunto de medidas estratégicas e educativas, direcionadas à redução dos riscos, sem estender-se a construção civil (Gestão de risco, Defesa civil Santa Catarina).

Ao analisar as tragédias ocorridas, percebe-se que a ocorrência de desastres de grande magnitude resulta frequentemente da combinação de falhas nos processos estruturais e não estruturais. Estas falhas incluem a falta de fiscalização regular em áreas de risco, a ausência de obras de contenção e drenagem em locais identificados como áreas de risco e a carência de políticas para facilitar o acesso de moradores de baixa renda a recursos técnicos como projetos e execução de fundações e estruturas adaptadas às necessidades locais. Adicionalmente, nota-se a ausência de estratégias de emergência para alertar e lidar com riscos iminentes nos municípios.

4.1.1 – Pontos em Comum Entre os Eventos Estudados

Existem algumas relações entre os eventos citados anteriormente, entre eles podemos dar destaque a: chuvas intensas, ocupações irregulares e relação com o relevo existente. Esses fatores em comum ocasionaram grandes enchentes e deslizamentos de terra que intensificaram as tragédias nessas áreas.

As chuvas intensas são comuns na região Sudeste, exatamente onde se encontram os municípios estudados. No período do verão, é comum a incidência de chuvas, que com o passar do tempo e o aquecimento global cada vez mais intenso, estão cada vez mais fortes e causando danos ainda maiores para essas localidades.

Além das chuvas intensas, outro fator que colabora para que essas tragédias tenham sido potencializadas, são as ocupações inadequadas em encostas e áreas próximas aos rios. O crescimento desordenado da população possui extrema relação com a ausência de políticas públicas, o que faz com que as construções dos imóveis sejam feitas sem a devida técnica e sem o acompanhamento necessário.

Nos três locais analisados, também foi possível observar que a alta concentração de chuva possui relação com o relevo dessas áreas, a Região Serrana e Petrópolis possuem o relevo montanhoso com alta declividade e regimes de chuvas intensas, que colaboram para que quando a chuva aconteça, ela ocorra em grandes proporções. Além disso, o Litoral Norte de São Paulo teve esse incidente também ocasionado por conta do relevo devido a uma massa úmida vinda do oceano induzida pelo relevo da Serra do Mar, que se chocou com o ar mais quente continental gerando as precipitações intensas.

Dessa forma, devido a esses fatores, essas cidades foram acometidas por uma enxurrada que provocou deslizamentos de terras e enchentes intensas, o que resultou em dezenas de pessoas desabrigadas, além das perdas materiais e de um número de mortes elevado, que fez com que essas tragédias se tornassem as maiores da história do país.

4.1.2 – Relação Entre os Eventos e os Volumes de Chuva Observados

Sabe-se que além dos fatores já citados relacionados a ação humana, o volume de chuva também é um fator de grande relevância para os desastres naturais, cada vez mais tem sido comum o aumento desse volume de chuva, tendo em vista, todos os problemas climáticos que o mundo vem enfrentando que colaboram para que o aquecimento global venha se agravando cada vez mais.

Conforme foi abordado, tem-se registrado nos últimos tempos que a grande problemática desse volume de chuva é que quando ele ocorre, o mesmo acontece em um curto período de tempo, o que dificulta todo o processo de escoamento, já que, as redes de drenagem que existem não foram projetadas para aguentar esse grande fluxo de chuva.

Diante disso, ressalta-se que nas três tragédias abordadas ocorreu exatamente esse fator, em que era esperado um índice pluviométrico alto, mas cientistas esperavam que esse volume de chuva fosse distribuído por todo o mês. É possível perceber esse aspecto no episódio da Região Serrana (2011), em que se teve um registro de 130 mm de chuva por dia, ou seja, choveu em um dia o que estava sendo previsto para todo o mês. Em Petrópolis (2022), obteve o registro de precipitação em torno de 250 mm em menos de quatro horas, chovendo em um dia mais do que o esperado para todo mês. Já no Litoral Norte de São Paulo (2023), as previsões conseguiam apontar uma probabilidade de acumulados que chegava a 700 mm, o volume que caiu nos municípios chegou a 683 mm acumulados, sendo este o maior registro dos sistemas até o momento.

Dessa forma, é possível perceber que a tragédia do Litoral Norte de São Paulo foi considerada a maior chuva já registrada em um período de 24 horas no Brasil. Sendo que todas as tragédias tiveram um volume de chuva considerável levando em consideração o curto espaço de tempo em que elas ocorreram. Além disso, é importante ressaltar que a cada ano que passa esse índice tende a aumentar, conforme é possível analisar com os dados acima, em que, constata-se o aumento do volume de chuva de acordo com o passar dos anos entre as mesmas cidades.

4.4 – Atuação do poder Público: Pré e Pós Desastres

A Região Serrana, de acordo com o INPE, desde julho de 2010, vinha sendo atingida por chuvas constantes, acima da média de precipitação. A existência de um plano de contingência bem estruturado, alertando a população e incluindo rotas de fuga para locais de abrigo, poderia ter minimizado a tragédia. Uma autoridade da área acrescentou que, mesmo nos casos em que um plano de contingência foi elaborado, como em Nova Friburgo, ele deveria, necessariamente, ter previsto a mobilização e capacitação da população e de líderes comunitários no momento anterior ao desastre; o que não ocorreu.

A vulnerabilidade da região levou, a partir de 2004, gestores e grupos sociais de alguns dos municípios à discussão de estratégias que permitissem a percepção real dos riscos e o planejamento de ações para minimizá-los e controlá-los, por meio da construção de Agendas em 21 locais. As Agendas 21

foram fruto da Conferência Internacional do Meio Ambiente (Rio 92), propostas como programas de ação para incentivar governos, em conjunto com a sociedade, a adotarem estratégias de desenvolvimento sustentável, que incluem diagnósticos socioambientais, mapeamento de áreas de risco e elaboração de planos de ação sustentáveis.

O secretário de Meio Ambiente do Estado do Rio, falando após o desastre de janeiro sobre as Agendas 21 locais elaboradas com apoio da Secretaria, disse que o Estado ajudou a apontar problemas, mas que os municípios necessitavam de recursos. Mesmo assim, ele afirmou que as Agendas 21 levaram a melhoria da fiscalização.

Abordado sobre o mesmo assunto, uma autoridade do Ministério do Meio Ambiente (MMA) disse que o órgão ajudou a elaborar a metodologia da Agenda 21, mas que cabia aos municípios realizarem ações e buscar as fontes de financiamento indicadas.

Respondendo às críticas sobre a falta de ações efetivas de prevenção, a Secretaria de Obras do Estado afirmou que as prefeituras têm dificuldades para formatar projetos e mapear áreas de risco: condições para a liberação de verbas destinadas a obras de prevenção. Além disso, o DRM possuía apenas 19 geólogos para atender a todo o Estado, o que impedia maior apoio aos municípios.

Em Petrópolis, segundo levantamento feito pela GloboNews no portal da transparência do município, os investimentos da Prefeitura de Petrópolis, na Região Serrana do Rio, em obras e ações de prevenção de desastres tiveram uma grande queda em 2021, em relação ao ano anterior. Gastos em obras de drenagem, desassoreamento de rios e contenção de encostas foram de 79% do orçamento previsto em 2020 para 28% em 2021.

O orçamento da Prefeitura de Petrópolis tem três principais programas para isso, entre eles está o “Infraestrutura em espaços públicos”, que concentra projetos de drenagem, desassoreamento e limpeza de rios, além de contenção de encostas. O orçamento aprovado para 2021 era semelhante ao de 2020: quase R\$ 3 milhões por ano. Em 2020, a cidade gastou R\$ 2,3 milhões, o que

consiste em 79% do previsto. Já em 2022, os gastos caíram para R\$ 854 mil - somente 28% do que tinha sido aprovado. (GLOBO.COM, 2022)

O segundo programa é o “Cidade resiliente”, que tem por objetivo mapear áreas de risco, fortalecer a defesa civil e adotar medidas de prevenção de desastres. Em 2020, a prefeitura investiu mais de 93% do orçamento aprovado, que era de R\$ 40 mil. No ano passado, o orçamento era de R\$ 340 mil, mas apenas R\$ 12 mil foram investidos. (GLOBO.COM, 2022)

Já o programa “Habitação Petrópolis” foi criado para diminuir o déficit habitacional e coordenar trabalhos preventivos em áreas de risco. Em 2020, foram gastos R\$ 1,5 milhão, mais de 443% do valor orçado. Por outro lado, em 2021, o investimento foi só de R\$ 8.500 - 1,8% do orçamento aprovado. (GLOBO.COM, 2022)

Em julho de 2023, a Defensoria Pública do Rio e a Prefeitura de Petrópolis deram início à assinatura dos acordos de compensação financeira das 245 famílias vitimadas pelas enchentes no Morro da Oficina, ocorridas em fevereiro e março de 2022.

A compensação financeira tem valores entre R\$ 90 mil e R\$ 230 mil e é destinada às pessoas que tiveram casas, dos lotes 1 e 2 do Morro da Oficina, destruídas ou interditadas após o desastre.

Já no Litoral Norte de São Paulo, de acordo com o relatório da defesa civil, a grande maioria das 64 mortes ocorreu na vila do Sahy, um bairro que surgiu na década de 1980 e que é habitado principalmente por funcionários de casas de veraneio, hotéis e pousadas na Barra do Sahy, uma praia situada do outro lado da rodovia Rio-Santos. Importante ressaltar que essas ocupações são consideradas irregulares devido à localização em uma área de proteção ambiental.

Em 2009, diante da pressão do Ministério Público Estadual, a prefeitura se comprometeu a resolver a situação do bairro, que já estava consolidado, prometendo sua urbanização em dois anos. Contudo, essa promessa não foi cumprida. Em 2016, o "congelamento da área" foi oficializado por meio de legislação, estabelecendo um perímetro no qual nenhuma expansão das casas já existentes seria permitida. Além disso, fora desse perímetro, a construção de novas habitações também foi proibida.

No entanto, na prática, a expansão da área continuou ocorrendo. Entre 2021 e 2023, fiscais da prefeitura identificaram casas sendo construídas tanto dentro quanto fora da área congelada. Análises de imagens de satélite indicam que os deslizamentos e várias das mortes aconteceram em uma região que margeia a linha delimitada como congelada, bem como em uma área mais íngreme da vila, que não é adequada para urbanização.

Na véspera da tragédia, mesmo com dois dias de antecedência e pleno conhecimento do risco iminente de desastre, as autoridades não alertaram devidamente a população sobre a gravidade da situação. O governador Tarcísio de Freitas reconheceu que as mensagens de SMS enviadas a parte da população não surtiram o efeito desejado.

Além disso, nenhuma política pública efetiva foi implementada para regularizar a região, que foi invadida de forma irregular décadas atrás e que havia sido objeto de uma ação judicial movida pelo Ministério Público devido ao alto risco de deslizamentos e à sua condição de área de preservação ambiental.

O Ministério Público moveu uma ação civil pública contra o Governo do Estado de São Paulo e a Prefeitura de São Sebastião. Nessa ação, eles solicitam a atualização do mapeamento das áreas de risco na região da Barra do Sahy, que foi o epicentro da tragédia resultando na perda de 64 vidas em fevereiro.

Além disso, os promotores requerem que tanto o Estado quanto a prefeitura apresentem um cronograma para fiscalização e controle das ocupações nessas áreas. Também está sendo solicitado que o governo estadual pague uma indenização de R\$ 1 milhão à Defesa Civil de São Sebastião, como forma de compensação pelos danos morais causados devido à omissão no apoio à resolução do problema.

4.5 – Papel da Engenharia Antes, Durante e Depois dos Desastres Naturais

A Engenharia está presente em vários processos que podem estar relacionados aos desastres naturais. E esses processos podem ser divididos como antes, durante e depois do desastre. Existe um papel de suma importância que deve ser realizado pela área da Engenharia em cada uma dessas etapas e, que se realizado cumprindo todos os parâmetros, poderia evitar ou minimizar

cada uma das tragédias citadas anteriormente e tantas outras que acontecem no país.

Cabe ressaltar que as medidas adotadas devem ser de cunho preventivo, para que não haja perda de vidas e redução de bens materiais, e em caso de ocorrência de incidentes, ações corretivas, auxiliando na reconstrução e resolução do problema.

Um dos principais fatores que podem ser citados é a falta das obras de engenharia de forma planejada. Nessa perspectiva, destaca-se a realização de construções sem as devidas técnicas em locais inadequados. É muito comum, no Brasil, a construção de casas em locais irregulares, o que necessita ainda mais técnica para a realização de obras. Entretanto, é habitual que essas construções não possuam o acompanhamento de um responsável da área, facilitando que essas moradias sejam feitas sem as estruturas que de fato necessitam. Dessa forma, é possível observar que, quando ocorrem esses desastres, imóveis são destruídos com os deslizamentos e enxurradas.

Sabe-se que no Brasil o maior fator que acarreta esses desastres são as chuvas intensas, alguns estudos apontam esses fatores como algo imprevisível, no entanto, cada vez mais as previsões têm sido ainda mais precisas. E cabe ao Engenheiro ter esse olhar crítico, e assim, analisar e prever os eventos que podem acontecer e, a partir disso, tomar medidas cabíveis que auxiliem em possíveis eventos de desastres naturais.

Além desses fatores, o trabalho da Engenharia Civil juntamente com a Defesa Civil também possui importante relevância, muitos acreditam que a atuação da Defesa Civil deve acontecer apenas durante e após o acontecimento das tragédias, no entanto, o órgão deve agir também na prevenção com o intuito de reduzir e/ou evitar os impactos causados através de medidas que devem ser tomadas antecipadamente, sendo elas estratégicas e educativas.

Diante do que foi apresentado nesse trabalho, é importante destacar que a avaliação e reconhecimento das áreas de risco e da vulnerabilidade quanto a ocorrência de um desastre natural é de responsabilidade da equipe da Defesa civil juntamente com os Engenheiros responsáveis, para isso é necessário utilizar técnicas específicas nesse processo.

Para o gerenciamento dos riscos, propõe-se os seguintes passos: A identificação do risco, análise do risco, medidas de prevenção de ocorrências, planejamento para situações de emergência e a disseminação dessas informações a população, é de extrema importância que os principais envolvidos estejam cientes do cenário atual e de possíveis riscos que podem vir acontecer.

A identificação do risco é necessária uma vez que é preciso analisar a área e visualizar a raiz do problema, para então classificar o risco local, podendo ser ele geológico-geotécnico e/ou hidrológico. Em seguida, deve-se realizar a análise do risco para que se possa definir o grau de vulnerabilidade da área, fazendo a hierarquização dos riscos.

Se o resultado for de baixo risco, cabe a Defesa Civil passar as medidas de prevenção das ocorrências, dando suporte necessário para que o desastre não cause danos. Já em locais onde aponta-se um alto risco, é de suma importância a retirada das pessoas para prevenção de suas vidas.

Em sequência, podemos falar sobre a atuação da Engenharia durante esses eventos. Nessa etapa, pode-se destacar a importância da elaboração do plano de contingência, para isso é preciso o diagnóstico das obras de prevenção, como as de drenagens, limpeza e desassoreamento de rios, reforços estruturais e desocupação de imóveis, entre outros. Todos esses processos cabem ao engenheiro responsável dentro da equipe da Defesa Civil.

O plano de contingência consistirá basicamente em um planejamento de ações de respostas aos desastres de maneira organizada e sistemática, direcionando um atendimento eficaz e rápido as vítimas por partes dos órgãos públicos que atuam nessas ocasiões. Neste plano deva constar todas as etapas descritas de forma minuciosa, contendo o órgão executor, pessoal treinado a ser convocado, máquinas e equipamentos, e informações para o acionamento imediato quando necessário.

No Brasil, essa etapa do processo de prevenção de riscos também apresenta inúmeras falhas, uma vez que os planos de contingência não são atualizados conforme o crescimento desordenado das cidades, não contendo diversas áreas de riscos previstas, que conseqüentemente, não são direcionadas aos órgãos públicos competentes em casos de desastres,

dificultando e atrasando, assim, a resposta rápida as vítimas dos possíveis incidentes.

Por fim, no processo de pós desastre o principal papel da engenharia está na reconstrução do cenário devastado pelas tragédias ocorridas. Novas estruturas precisam ser construídas, para que sejam resistentes as inundações e deslizamentos de terras. Além disso, é de responsabilidade do engenheiro, fazer o levantamento das condições dos imóveis que sofreram impactos, avaliando qual o nível de comprometimento dessas edificações, e concluindo pela interdição ou definição de medidas de recuperação.

Portanto, o engenheiro civil possui um papel muito relevante quando se trata dos desastres naturais, desde a avaliação dos riscos as decisões relativas às ações de recuperação do pós desastres.

Com base nisso, é notório que no Brasil o corpo da Defesa civil dos municípios de forma geral, precisa ser reestruturado e reequipado com profissionais da engenharia para desempenhar esses trabalhos dentro da estrutura da Defesa civil, pois com a atuação desses profissionais de maneira mais eficaz, os resultados serão mais positivos, quando se trata de desastres naturais.

5 - Conclusão

O papel da engenharia diante dos desastres naturais no Brasil, especialmente relacionados à ocupação irregular em áreas de risco, é de profunda relevância e complexidade. A análise realizada neste estudo evidencia que a ocupação inadequada em regiões propensas a desastres naturais é um problema crônico no país, alimentado por múltiplos fatores, como carência de planejamento urbano adequado, crescimento populacional desordenado, lacunas regulatórias e falta de consciência pública.

Conforme salientado por Raul Amorim (2022), a aplicação eficaz de políticas públicas é fundamental nas regiões suscetíveis a desastres, sendo essencial considerar as necessidades específicas de cada comunidade, como planos de evacuação adaptados para grupos vulneráveis e estratégias de apoio pós-desastre para áreas de baixa renda. Este enfoque deve ser integrado aos esforços da engenharia, que desempenha um papel crucial na mitigação dos

riscos associados a essas ocupações, através do desenvolvimento de infraestruturas resilientes e estratégias preventivas.

No entanto, é crucial reconhecer que a resolução dessas questões vai além do escopo exclusivo da engenharia. A ocupação irregular em áreas de risco é um desafio multifacetado, permeado por aspectos sociais, políticos e econômicos que exigem uma abordagem abrangente e colaborativa entre diferentes setores, incluindo governo, comunidades, instituições acadêmicas e profissionais da engenharia.

A implementação efetiva de políticas públicas, o ordenamento territorial, a educação sobre riscos naturais e a fiscalização são fundamentais. A engenharia pode colaborar com órgãos fiscalizadores para mapear áreas de risco, desenvolver sistemas de alerta e evacuação, e trabalhar em parceria com entidades governamentais para melhorar estruturas por meio de obras de drenagem, contenção e fundações.

Assim, apenas por meio de uma abordagem integrada, considerando não apenas aspectos técnicos, mas também dimensões sociais e ambientais, é possível reduzir a ocupação irregular em áreas de risco e minimizar os impactos negativos dos desastres naturais no Brasil. Em resumo, embora a engenharia desempenhe um papel significativo na redução desses impactos, a resolução efetiva desses problemas requer uma abordagem coletiva e abrangente, envolvendo todos os setores da sociedade.

Referências

ALVES, Roberta Borghetti. *“Lar Doce Lar”: Apego ao Lugar em Área de Risco diante de Desastres Naturais*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

AMORIM, Sônia; BUSCH, Amarílis. *A Tragédia da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011: Procurando Respostas*. Casoteca de Gestão Pública, ENAP. Rio de Janeiro, 2011.

CARVALHO, Celso Santos; GALVÃO, Tiago. *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas em Áreas Urbanas*. Capítulo 7, p. 1-18. Disponível em:

<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9613/1/Preven%C3%A7%C3%A3o%20de%20riscos.pdf>. Acesso em: 5 de novembro de 2023.

CASTRO, Cleber Marques de; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; PIRES DO RIO, Gisela Aquino, *Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. ISSN 0101-9759 - Vol. 28 - 2 / 2005 p. 11-30.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de, 2018. *Manual de Planejamento em Defesa Civil – volume 1*. Disponível em: <https://www.defesacivil.se.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/manualplanvol1.pdf> Acesso em: 24 de setembro 2023.

CEMADEN. *Histórico da criação do CEMADEN*. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden/> Acesso em: 08 de outubro 2023.

CENTRO UNIVERSITÁRIO de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CEPED/RS-UFRGS, 2016. *Capacitação em gestão de riscos – 2º Edição* Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Carlos-Silva-Filho/publication/322801189_Capacitacao_em_gestao_de_riscos/links/5a70a5a8458515015e63f115/Capacitacao-em-gestao-de-riscos.pdf Acesso em: 05 de novembro de 2023.

DEFESA CIVIL RJ. *Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE*. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf> Acesso em: 24 de setembro 2023.

DEFESA CIVIL SC. *Gestão de Risco*. Disponível em: <https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/gestao-de-risco-o-que-e/> Acesso em: 24 de setembro 2023.

DEFESA CIVIL PR, 2013. *A importância da Engenharia nos trabalhos da Defesa Civil*. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/importancia-da-Engenharia-nos-trabalhos-da-Defesa-Civil> Acesso em: 08 de outubro 2023.

DOIS ENGENHEIROS, 2017. *As Responsabilidades da Engenharia na Diminuição dos Impactos Causados por Desastres Naturais*. Disponível em: <https://2engenheiros.com/2017/11/14/engenharia-desastres-naturais>. Acesso em: 11 de novembro de 2023.

G1, 2023. *Em 2022, Mesmo Depois da Maior Tragédia Climática da História, Petrópolis Gastou Apenas 15% do Valor Autorizado em Habitação*. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/02/14/em-2022-mesmo-depois-da-maior-tragedia-climatica-da-historia-petropolis-gastou-apenas-15percent-do-valor-autorizado-em-habitacao.ghtml>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

G1, 2023. *Tragédia no litoral de SP: Mortes na Vila Sahy ocorrerá no limite da área onde prefeitura permitiu ocupação*. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2023/02/24/tragedia-no-litoral-norte-de-sp-mapa-do-g1-mostra-o-rastro-de-destruicao-e-morte-na-vila-sahy-epicentro-do-desastre.ghtml>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.

GUSMÃO, Sandro; LORDELO, Alberto Vianna; LIMA, Gilson Brito Alves; NASCIMENTO; MATTOS, Daniel Luiz de. *Estudo bibliográfico da gestão de risco em projetos de construção*, Revista Espacios. Vol. 37, nº 23, 2016.

IGEOLÓGICO, 2018. *Geologia de Engenharia – Uma Breve Introdução*. Disponível em: <https://igeologico.com.br/geologia-de-engenharia-uma-breve-introducao>. Acesso em: 11 de novembro de 2023.

NASCIMENTO, Kayo Renato da Silva. *Gerenciamento de Riscos em Desastres Naturais: Diagnóstico do Contexto Atual Baseado Numa Revisão Sistemática da Literatura Sobre Eventos NATECH*. Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

O GLOBO, 2022. *Tragédia em Petrópolis: Após Chuvas de 2011, Prefeituras da Região Serrana Usaram só 50% dos Recursos Disponibilizados*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/tragedia-em-petropolis-apos-chuvas-de-2011-prefeituras-da-regiao-serrana-usaram-so-50-dos-recursos-disponibilizados-25398321>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

REVISTA CREA, 2023. *O papel da Engenharia nos Desastres Naturais*. Disponível em: <https://revista.crea-pr.org.br/o-papel-da-engenharia-nos-desastres-naturais/>. Acesso em: 11 de novembro de 2023.

SANTOS, Alvaro Rodrigues. *Enchentes e Deslizamentos: Causas e Soluções*. 2. Ed. Brasil: PINI, 2012.

SOUZA, Jordan. *Mapeamento de Áreas de Riscos através de Cartogramas de Susceptibilidade*. 2. Ed. Juiz de Fora: Doctum, 2012.

SPÓSITO, Edson Alcebíades; GALVÃO, Flávia Hosne de Freitas; COSTA, Bruna Mirella Pereira; EVANGELISTA, Giovanna Eloisa. BALDO, Tatiane. *Gestão de riscos*. UNIESP, 2017.

TRAJBER, Rachel; OLIVATO, Débora; MARCHEZINE, Victor, 2017. *Conceitos e Termos para a Gestão de Riscos de Desastres na Educação*. Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/Conceitos_riscos_desastres_Trajber_Olivatto_Marchezine.pdf Acesso em: 24 de setembro 2023.

