

LOGÍSTICA HUMANITÁRIA - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE CENTRAIS DE ATENDIMENTO DE EMERGÊNCIA PARA POPULAÇÕES ATINGIDAS POR DESASTRES NATURAIS

João Carlos Souza

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo

RESUMO

As mudanças climáticas têm intensificado a ocorrência de desastres naturais. Inundações, vendavais, desabamentos, ondas de frio e estações secas são cada vez mais frequentes. Os órgãos governamentais nem sempre estão preparados para dar um pronto atendimento às populações atingidas. A Logística Humanitária é um ramo da logística, responsável por todos os processos envolvidos na mobilização de pessoas, recursos e conhecimentos para ajudar comunidades afetadas por desastres. Neste artigo é apresentado um modelo para distribuição espacial de Centrais de Defesa Civil, cuja função seria implantar os princípios da logística humanitária em áreas de risco. Estas Centrais disponibilizariam equipamentos e suprimentos básicos para dar uma rápida resposta para a população flagelada. Resolveu-se o problema pelo método das p-medianas usando-se como ponderador um fator proporcional à demanda e com a probabilidade estatística de ocorrência de desastre em cada uma das subzonas. Uma aplicação prática foi feita para o estado de Santa Catarina, Brasil.

ABSTRACT

Climate change has intensified the occurrence of natural disasters. Floods, windstorms, landslides, cold waves and droughts are becoming more frequent. The government is not always prepared to give prompt attention to affected populations. Humanitarian Logistics is a branch of logistics, responsible for all processes involved in mobilizing people, resources and expertise to help communities affected by disasters. This paper presents a model for spatial distribution of Central Civil Defense, whose role would be to implement the principles of humanitarian logistics in hazardous areas. This center will make available equipment and basic supplies to give a quick answer to the flagellate population. Resolved the problem by the p-median method using as a weighting factor proportional to the demands and the statistical probability of occurrence of disaster in each of the subzones. A practical application was made to the state of Santa Catarina, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Inundações, escorregamentos de encostas, erosão do solo, terremotos, maremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, erupções vulcânicas, ondas de frio intenso, epidemias e pandemias, entre outros, são fenômenos naturais conhecidos pelo homem desde remota antiguidade e não existe maneira de evitar que ocorram, sempre aconteceram e sempre acontecerão. O problema é quando estes fenômenos naturais se transformam em desastres naturais, trazendo prejuízos financeiros e atingindo a população, o que normalmente gera grande número de mortos, feridos e desabrigados.

É considerado um desastre natural quando o fenômeno natural provoca direta ou indiretamente danos extensos à propriedade, faz um grande número de vítimas, ou ambas. Em áreas onde não há nenhum interesse humano, os fenômenos naturais não resultam em desastres naturais. A questão é que o acelerado processo de urbanização e também a ocupação de áreas rurais para produção agrícola verificados nas últimas décadas, levaram as pessoas a viverem em áreas impróprias, mais sujeitas a aqueles fenômenos, aumentando a possibilidade de incidência de desastres naturais. A combinação da probabilidade de ocorrência de um fenômeno natural em um determinado ponto do planeta, com a presença do ser humano ou de suas propriedades neste ponto, é o que leva ao conceito de risco. Uma população somente se

submete ao risco de um desastre natural se estiver ocupando um local com alta probabilidade de acontecer um fenômeno natural violento, construções nas margens de um rio ou numa encosta íngreme.

A redução dos riscos e também dos danos oriundos dos desastres naturais requer uma mistura complexa de esforços técnicos e sociais. Não existe uma receita única para responder a cada situação e cada tipo de risco. Reduzir os impactos dos desastres naturais exigirá uma mudança na atitude de todos. Os indivíduos e os governos devem começar a pensar em catástrofes, literalmente, como "aspectos naturais" da vida e que devem ser incorporadas nas tomadas de decisão do dia-a-dia. Estar preparado para enfrentar situações de emergência com planejamento para recuperação e reconstrução imediata das áreas atingidas pode reduzir em muito as perdas causadas por calamidades naturais e, em longo prazo, minimizar os danos sociais, econômicos ambientais que os fenômenos podem causar.

Os profissionais que trabalham com a gestão de emergências desenvolveram o conceito do ciclo de desastre como base para o planejamento de sua atuação. De acordo com TRB (2010), o conceito de ciclo de desastre implica em um processo contínuo em que o governo, as comunidades, as empresas e as pessoas devem fazer um planejamento para reduzir as perdas em caso de catástrofes. O ciclo de desastre é desencadeado por um evento e começa com a resposta a esse evento. A meta principal é responder a este evento com corretas especificações, de modo que a perda de vidas e bens seja minimizada e, posteriormente, reconstruir a região atingida de modo que se reduzam as perdas futuras. Os quatro componentes do ciclo de desastres são: Preparar, responder, recuperar e mitigar.

- i) Preparar: Se refere à preparação atividades, programas e sistemas desenvolvidos antes de um provável desastre. É uma etapa projetada para construir e reforçar as capacidades de indivíduos, empresas, comunidades e governos municipal, estadual e federal para apoio à resposta e recuperação de futuro desastres.
- ii) Responder: A resposta começa assim que um caso de desastres ocorre. A resposta é a prestação de busca e serviços de emergência médica serviços e controle de acesso bem como a reparação comunicação e restauração e sistemas de dados durante uma crise. Um plano coordenado de resposta pode ajudar a reduzir acidentes e danos, bem como diminuir o tempo de recuperação,
- iii) Recuperar: As operações de recuperação têm o objetivo de fornecer o atendimento das necessidades básicas dos atingidos e a restauração dos sistemas comunitários. Há dois componentes fundamentais na fase de recuperação: durante a primeira fase, a infra-estrutura é examinada e as reparações são efetuadas para restaurar o fornecimento de água, energia, comunicação, e outras necessidades. A segunda fase inclui a retorno às funções normais da região sinistrada e a tomada de providências para que sejam evitados desastres futuros.
- iv) Mitigar: são providências de curto e longo prazo com a meta de reduzir ou, até eliminar, as perdas de vidas e bens no futuro. As estratégias podem variar no tempo e no volume de recursos aplicados, mas sempre tem o objetivo de reduzir a vulnerabilidade e a exposição ao risco às populações em caso de prováveis catástrofes que certamente voltarão a ocorrer.

Por causa desse foco, os programas de gestão de emergências geralmente priorizam as fases preparação e resposta, deixando poucos recursos para atender as fases de mitigação das consequências dos desastres e a recuperação das áreas atingidas.

Conforme Fernandes (2010), de modo semelhante à divisão anterior, a Política Nacional de Defesa Civil do Brasil, prevê o gerenciamento de desastres também em quatro fases:

- i) Prevenção de desastres: É considerada pela defesa civil como a etapa mais nobre de todo o processo, por ser menos dispendiosa e principalmente por ser a fase que permite maior redução de perdas de vidas. Esta fase compreende: avaliação de riscos de desastres e redução dos mesmos.
- ii) Preparação e Alerta para Desastres: Tem por objetivo o desenvolvimento de projetos que proporcionem um aumento da capacidade de atendimento à emergência. Envolve: monitoramento, alarme, planejamento operacional e de contingência, mobilização e apoio logístico.
- iii) Atendimento à emergência: É a fase do atendimento propriamente dito. É a que demanda maior urgência abrangendo: O socorro às vítimas, a assistência à população vitimada e a avaliação dos danos.
- iv) Reconstrução: Tem como objetivo o completo restabelecimento das condições de normalidade dos serviços públicos, da economia da região, do bem estar da população atingida.

Neto (2000) apresenta algumas ações práticas a serem executadas no gerenciamento de desastres naturais. Dentre elas, pode-se destacar:

- Desenvolvimento de projetos de sistemas de previsão, monitoramento e alerta;
- Análises custo/benefício sobre medidas estruturais de mitigação de desastres naturais;
- Análise de áreas de riscos e de possíveis danos;
- Elaboração de planos emergenciais gerais;
- Elaboração de planos emergenciais localizados e mais específicos;
- Determinação de espaços para abrigo de vítimas e evacuação de habitantes;
- Planejamento de políticas de controle do uso do solo, controle de construções, educação e legislação;
- Simulação de crescimento urbano e análise de efeitos;
- Desenvolvimento de planos de Mobilização;
- Desenvolvimento de políticas de planejamento e apoio logístico;

Uma pronta resposta de emergência pode significar a diferença entre a vida e a morte. Estratégias bem definidas para a recuperação e a reconstrução podem reduzir o sofrimento humano e perdas financeiras, proporcionando um rápido retorno às funções normais da comunidade. Os planos de prevenção mais eficazes, que enfatizem a coordenação intergovernamental no uso de todos os recursos humanos e materiais disponíveis, deverão ser

exercidos regularmente. O normal, no entanto, é que as na maioria das vezes, as resposta e ações de recuperação sejam improvisados e descoordenados.

De acordo com Holguin-Veras (2007), os eventos extremos representam sérios desafios logísticos para as organizações de Defesa Civil porque os distúrbios que produzem têm o potencial de, de repente, transformar as condições normais no caos. Nestas condições, a entrega dos fornecimentos críticos (por exemplo, alimentos, água, suprimentos médicos) torna-se uma tarefa extremamente difícil devido aos graves danos à infra-estrutura física e virtual e da capacidade de transporte, que se torna limitada ou inexistente. Neste contexto, o processo de recuperação é dificultado pela falta de conhecimento predominante sobre a natureza e os desafios das cadeias de suprimentos de emergência. Como resultado, o projeto de sistemas confiáveis de logística de emergência é dificultado pela falta de conhecimento sobre como as cadeias de suprimento operam e interagem formal e informalmente, assim como são precários os métodos para analisar e coordenar os fluxos de bens e prioritários e não prioritários, inexistindo, em geral, métodos científicos de análise de sistemas logísticos sob condições extremas.

Conforme Lamas e Garrido (2010), a maioria dos sistemas logísticos são projetados para operar em condições de regularidade de transporte e de redes de comunicação, bem como a disponibilidade de recursos humanos e insumos de produção. No entanto, os eventos inesperados podem ocorrer (naturais ou induzidos), o que modifica substancialmente as condições em que se baseia o projeto original de uma cadeia de abastecimento, tornando-se impossível atender a população de produtos e serviços que eles precisam. Sabe-se que estes eventos catastróficos têm uma probabilidade muito baixa de ocorrência, mas tem uma consequência muito alta em termos de perdas humanas e materiais. Os desastres naturais têm características diferentes de previsibilidade. Na verdade, a sua distribuição no tempo ou no espaço pode ser completamente aleatória em alguns casos (como terremotos) e outras podem apresentar padrões repetitivos ao longo do tempo (tais como inundações devido à chuva) ou espaço (tais como deslizamentos ou avalanches).

O organismo responsável por atender a demanda de emergência, deve respeitar a complexa tarefa de coordenar o movimento dos produtos solicitados, a partir de pontos de origem (armazéns ou fábricas) para os destinos (áreas de desastres). Do ponto de vista tático, a logística de emergência deve garantir que os níveis de estoque para cada produto sejam suficientes para atender a demanda e que seja "garantido" certo nível de confiabilidade para a capacidade de transporte desses produtos. Além disso, devem ser feitos esforços para concluir as tarefas, minimizando o custo total (que pode incluir o tempo de resposta e consumo de recursos), com razoável nível de satisfação da procura, ou, alternativamente, a satisfação da procura maximizar sujeito a um nível determinado custo.

Toda a complexidade que já existe para a logística normal, é amplificada no caso da logística de emergência, devido à insegurança e à incerteza do funcionamento das redes de transporte e dos meios de comunicação (Holguín-Veras et al, 2007). A aleatoriedade das catástrofes naturais altera a demanda por certos produtos instantaneamente, podendo mudar de um nível próximo do zero para um ponto de alta demanda. Além disso, os órgãos responsáveis pela logística de emergência devem interagir com diferentes atores com diferentes interesses e

objetivos, que devem ser coordenados para alcançar um equilíbrio entre aqueles que oferecem produtos e serviços e aqueles que necessitam de atendimento de urgência.

Outro fator que deve ser considerado sempre que acontece um evento catastrófico é que, muitas vezes incentivada pelos meios de comunicação, aflora uma grande solidariedade nas pessoas que não foram diretamente atingidas pelo desastre. A população procura fazer doações de roupas, alimentos, remédios e outros bens para minorar o sofrimento dos flagelados. Algumas pessoas, inclusive, apresentam-se como voluntários para seguirem para as regiões sinistradas e colaborar com a Defesa Civil. Ao contrário do que se poderia imaginar, esta onda de solidariedade atrapalha mais do que ajuda, as vias de comunicação ficam congestionadas e pessoas leigas, sem nenhuma noção do serviço que deverão realizar, exceto muita boa vontade, interferem nas atividades das equipes de socorro. É normal que, nas áreas atingidas, abundem produtos desnecessários, tipo sapatos sem par, roupa de tamanho indefinido e remédios fora do prazo de validade, e falem produtos de extrema urgência, tipo alimento pronto para o consumo, ataduras, barracas e purificadores de água.

O ideal seria que estas doações ficassem armazenadas em pontos bem à retaguarda das regiões atingidas pelas calamidades, lá poderiam, calmamente, serem limpas, classificadas e ordenadas, só deveriam utilizar os meios e as vias de transportes algum tempo após os sistemas logísticos da região sinistrada voltarem à quase normalidade.

No contexto apresentado, é conveniente destacar a importância de que a população deve estar efetivamente preparada e orientada do que fazer e como fazer, somente desta forma a comunidade poderá dar uma resposta eficiente a todas as ações que tenham sido implementadas. Nos países desenvolvidos as comunidades participam de simulações sobre situações de emergência, como fogo, terremotos, etc.

É necessário se dispor de uma rede de armazéns com produtos que possam ser imediatamente enviados para as regiões sinistradas, assim como um plano logístico para mobilização de meios de transportes e bons sistemas de comunicação. Nos primeiros dias, logo após o desastre, além de abrigo, os flagelados necessitam receber kits padronizados com alimento pré-preparado, tipo as rações de combate do exército, kits com materiais de higiene e limpeza compostos, por exemplo, de pílulas purificadoras de água, sabonete, pasta e escova de dente e toalha, kits com materiais para dormir, com colchonete, lençol, travesseiro e cobertor. Até mesmo as roupas para os atingidos poderiam ser padronizadas, um macacão unisex, por exemplo. Todos estes kits padrão deveriam estar permanentemente disponíveis em Centrais da Defesa Civil localizadas em pontos chave nas regiões com maior probabilidade de sofrerem desastres naturais. A localização destas Centrais é o objetivo deste trabalho.

2. OBJETIVO DA PESQUISA

A meta deste trabalho é reduzir o tempo de resposta para atendimento de populações atingidas por desastres naturais através de um modelo para distribuição espacial de Centrais de Defesa Civil. Estas Centrais seriam armazéns que teriam disponíveis equipamentos e suprimentos básicos um rápido suprimento das primeiras necessidades dos flagelados em caso de catástrofes. Para solução do problema de distribuição espacial adotou-se o método das p-medianas, usando-se como ponderador um índice de risco, que é um fator proporcional à demanda, também relacionado com a probabilidade de ocorrência de desastre em cada uma

das subzonas. Para validação do modelo, foi feita uma aplicação prática usando-se informações de Defesa Civil no estado de Santa Catarina

O sucesso de uma operação de socorro em situação de emergência depende essencialmente da rapidez da chegada da equipe de atendimento, ou seja, do tempo resposta. O tempo resposta tem como fator básico a distância entre o ponto de partida da equipe de atendimento e o local em que ocorreu o desastre natural. Além da distância outras variáveis podem também influir no tempo resposta, tais como: o tempo para coletar as informações sobre o local e a natureza do desastre, possíveis filas em situações de congestionamento, pois vários locais podem ser afetados ao mesmo tempo, possíveis bloqueios de vias, o que pode requerer roteiros alternativos, etc.

Na maioria dos estados e cidades brasileiras, os critérios para distribuição dos recursos destinados à Defesa Civil são empíricos, dificilmente baseando-se em estudos ou projetos de pesquisa. Os produtos e equipamentos destinados ao atendimento de situações de emergência, quando existem, simplesmente estão “estocados” em algum ponto da área, sem nenhuma regra científica. Nos problemas de distribuição e localização, o objetivo geral é elaborar um procedimento lógico que indique os locais mais convenientes dentro da área em estudo para se implantar uma ou várias facilidades, levando em conta um conjunto de considerações a respeito do comportamento da demanda e a natureza dos custos de suprir esta demanda em função da distribuição espacial daquelas facilidades.

A meta deste trabalho é, em última escala, reduzir os atrasos devidos ao tempo de viagem, que representam a parcela mais significativa do tempo resposta. Este tempo de viagem depende basicamente dos seguintes fatores:

- 1) Do número de bases ou Centrais de Defesa Civil para atendimento emergencial e
- 2) Da localização destas bases ou centrais.

Obviamente, quando se aumenta número de bases disponíveis e convenientemente distribuídas na região em estudo, o tempo médio de viagem para atendimento de uma emergência decresce. Esta “distribuição conveniente” é obtida através da utilização de modelos matemáticos que levam em conta, além das distâncias a serem percorridas, as demandas por atendimentos daquela região.

3. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO ESPACIAL

Os modelos de distribuição espacial, de modo geral foram concebidos de maneira a permitir a localização ótima de uma série de equipamentos ou serviços alocando uma determinada demanda a eles. A literatura mostra que uma grande variedade de objetivos tem sido otimizada. Estes, geralmente, minimizam alguma função de custos de viagem entre as facilidades e os pontos de demanda, porém apresentam algumas desvantagens quando aplicados em sistemas de atendimento emergencial. Somente em problemas com demanda uniforme em toda a região em estudo é que se admite o apenas o emprego da distância como elemento definidor da distribuição das facilidades. É questionável também a utilização de custos monetários para avaliação de situações onde são envolvidos vidas humanas, ferimentos e bens pessoais, além de outros custos indiretos (Souza, [1996])

Os principais modelos de distribuição espacial citados na literatura são: p-mediana ou minisun, p-centro ou minimax e conjuntos de cobertura. No modelo p-mediana, o número de

facilidades (p) é um dado exógeno, ou seja, pré-estabelecido, procurando-se distribuí-las de modo que o maior número de pessoas tenha acesso às facilidades, dentro da menor distância média possível e com o menor “*custo de atendimento*”, que pode ser: distância percorrida, tempo de viagem, tempo resposta, prejuízos financeiros, etc. Na realidade, procura-se minimizar a soma dos custos de transportes associados com p facilidades, aqui representadas pelas Bases da Defesa Civil.

O modelo de distribuição espacial com p -mediana pode, matematicamente, ser expresso como:

$$\text{Dado } n: \quad \text{Minimizar} \quad Z = \left(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m d_{ij} x_{ij} a_i \right) \quad (1)$$

Onde: m - é o número de zonas

n - é o número de locais viáveis para a localização da facilidade;

$x_{ij} = 1$ se a facilidade no local j atende a zona i , 0 nos outros casos;

d_{ij} é o “*custo*” de atender a zona i a partir da base j .

a_i = fator de ponderação do custo para atender o distrito i .

Outra família de modelos de localização é a que utiliza a estratégia *Minimax* ou problema p -centro para localizar facilidades ou unidades. Neste caso o objetivo não é minimizar o custo total, mas sim minimizar o máximo custo, como por exemplo, a máxima distância entre algum ponto de geração de demanda e a facilidade mais próxima. Formalmente o problema pode ser expresso como:

$$\text{Min } Z \quad (2)$$

Onde:

$$Z \geq d_{ij} x_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Os modelos de conjuntos de cobertura determinam a localização ótima das instalações de acordo com uma ou mais medidas de desempenho, enquanto não atingem estas medidas, vão se incorporando gradualmente novas instalações. Para resolvê-los utiliza-se programação inteira binária, como segue:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n y_j \quad (4)$$

y_j . distrito onde está instalada a facilidade

sendo

$y_j = 1$ se uma base é disponível no local j , ou $y_j = 0$ nos demais casos

No presente trabalho apresenta-se um modelo misto capaz de proporcionar um caráter mais eqüitativo para o problema de distribuição de Centrais da Defesa Civil (CDC) em regiões sujeitas a desastres naturais. Resolve-se o problema pelo método da p -mediana, incluindo-se, como restrições adicionais, algumas das características dos modelos p -centro e dos conjuntos de cobertura. Assim, nos problemas de p -medianas, o objetivo é minimizar as distâncias médias entre a facilidade instalada e o local do desastre, o que pode deixar alguns distritos mais afastados e com pouca probabilidade de acidentes com proteção insatisfatória ou com um tempo resposta esperado muito alto. Isto não acontece quando se resolve o problema utilizando a estratégia do p -centro, que visa minimizar a maior distância entre o local da catástrofe e o da base de atendimento. A vantagem de se utilizar a estratégia p -mediana, é que

se garante a um maior número de pessoas um nível de serviço mais elevado. Para resolver o inconveniente de se deixar alguns dos possíveis usuários com um serviço com qualidade inferior, incluiu-se a restrição de que nenhum distrito deva ficar mais afastado do que uma distância máxima preestabelecida.

Esta restrição também induz a adicionar uma das características dos modelos de conjuntos de cobertura, que inclui na solução do problema tantas CDC quantas sejam necessárias para atender uma determinada exigência como, por exemplo, o tempo resposta máximo. Assim, no modelo desenvolvido neste trabalho, que tem como fundamento a estratégia p-medianas onde a quantidade de CDC é, em princípio, pré-fixada, esta quantidade de unidades vai crescendo até que se atinja um padrão de atendimento mínimo, no qual todos os distritos ficam “cobertos” por um tempo resposta máximo considerado como razoável.

4. RESOLUÇÃO DO MODELO PROPOSTO

No modelo foram incluídos critérios práticos para distribuir as Centrais de Defesa Civil - CDC. Utilizaram-se, além da distância entre os diversos centróides dos distritos, informações relativas e a probabilidade de ocorrerem desastres naturais em cada um destes distritos, tendo como base o banco de dados as informações da Defesa Civil.

Para aplicação no modelo a distância entre os distritos foi considerada como a distância centro a centro, acrescida da distância média interna do distrito que, por sua vez, foi determinada em função da área e da forma que as áreas urbanizadas se distribuem nesta sub-região. Como existem distritos que possuem alta taxa de ocorrências e/ou grande população, procura-se, propositadamente, privilegiá-los, ou seja, pretende-se dar maior atenção para as regiões onde a possibilidade proporcional de acontecerem incidentes é maior. Então, para haver um critério claro e preciso para ponderar os dados de entrada no sistema, adotou-se um “Índice de Risco - Ir_i ”, que representa a probabilidade de que uma determinada região i necessite solicitar o serviço de atendimento emergencial.

Einstein (1997) e Castro (2003) in Marcelino 2006, analisando as relações conceituais entre risco, perigo e desastre, comentam que o desastre é formado por um conjunto de prejuízos, produto de um perigo, derivado de um risco, comentam que um fenômeno atmosférico extremo como um tufão ou ciclone tropical, que ocorre em épocas e regiões conhecidas, é um perigo, uma ameaça potencial a pessoas e bens que estão em exposição (vulnerabilidade). Caso este se deslocar na direção de uma área povoada, teremos então uma situação de risco, ou seja, existe uma possibilidade real de perdas e danos. Se o furacão atingir a área povoada, provocando danos materiais e vítimas, será denominado como um desastre natural. Caso o mesmo ocorra e não ocasione danos socioeconômicos, será considerado como um evento natural.

ISDR (2002) define risco como a probabilidade de ocorrer danos às pessoas, bens, atividades econômicas e ao meio ambiente, resultantes da interação entre os perigos naturais ou induzidos pelos homens e as condições de vulnerabilidade de um sistema social. Numa análise de risco também pode ser levada em consideração a habilidade de uma dada população em resistir e recuperar-se de um perigo natural, denominada como capacidade de resposta ou resiliência. Assim, quanto maior for a capacidade de resposta de um sistema social, menores

serão os danos e prejuízos, o que diminuiria o risco. Desta forma, a análise de risco proposta por Marcelino (2006) tem como base a equação proposta por ISDR (2002):

$$R = \frac{(P.V)}{R_e} \quad (5)$$

onde, R é o risco; P é o perigo; V é a vulnerabilidade; e R_e é a resposta.

Neste trabalho, por falta de dados mais precisos e confiáveis sobre P , V e R_e em cada distrito, adotou-se a seguinte relação:

$$Ir_i = \frac{P_i}{A_i} \quad (6)$$

Onde P_i é a população do distrito i e
 A_i é a área do distrito i .

Para facilidade dos cálculos, adotou-se um índice de ponderação proporcional Ir_i^* em relação ao maior Ir_i , assim:

$$Ir_i^* = \frac{Ir_i}{\text{maior } Ir_i} \quad (7)$$

Presume-se que, com uma densidade populacional alta, a probabilidade que um elevado número de pessoas seja afetado por um fenômeno natural. Como se trabalha com a matriz distância, estes Ir_i tem como objetivo ponderar seus arcos, de maneira a aplicá-la no modelo de distribuição espacial das CDCs. Para ponderar o comprimento dos arcos da matriz de distâncias utilizou-se a soma dos índices de risco dos dois nós que ligam os arcos criando-se um índice de ponderação Ip_{ij} dado por:

$$Ip_{ij} = Ir_i + Ir_j \quad i \text{ e } j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

A matriz ponderada de distâncias foi, então, calculada pela seguinte fórmula:

$$d_{ij}^* = IP_{ij}^* \cdot d_{ij} \quad (9)$$

Onde d_{ij}^* é o comprimento ponderado do arco que liga o nó i com o nó j e
 d_{ij} é o comprimento real do arco que liga o nó i com o nó j

5. ESTUDO DE CASO:

Um dos instrumentos de análise de risco mais eficientes é o mapeamento de áreas de risco. A partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais. As medidas preventivas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas.

Com relação à distribuição espacial dos desastres naturais em Santa Catarina, Marcelino (2006), afirma que as mesorregiões normalmente mais afetadas são a Oeste Catarinense, Vale do Itajaí e Grande Florianópolis, o que resulta nos maiores índices de perigo. A mesorregião Oeste Catarinense é fortemente afetada pelas tempestades severas que desencadeiam elevadas taxas de precipitação, o que favorece a ocorrência de inundações bruscas, bem como eventos de vendaval, granizo e tornado. No Vale do Itajaí e Grande Florianópolis tem-se principalmente a ocorrência das inundações e escorregamentos associados às fortes chuvas,

decorrentes da passagem dos sistemas frontais e da formação de sistemas convectivos, e ao relevo acidentado da vertente atlântica.

A figura 1 apresenta os números dos desastres naturais registrados na Defesa Civil de Santa Catarina entre os anos de 1980 a 2010. É necessário esclarecer que, como a Defesa civil somente faz registro quando é decretada situação de emergência ou calamidade pública nos municípios, na realidade o número anual de ocorrências certamente é muito superior ao apresentado no gráfico. Observa-se que a linha de tendência é positiva, o que indica certa probabilidade de incremento futuro das adversidades climáticas.

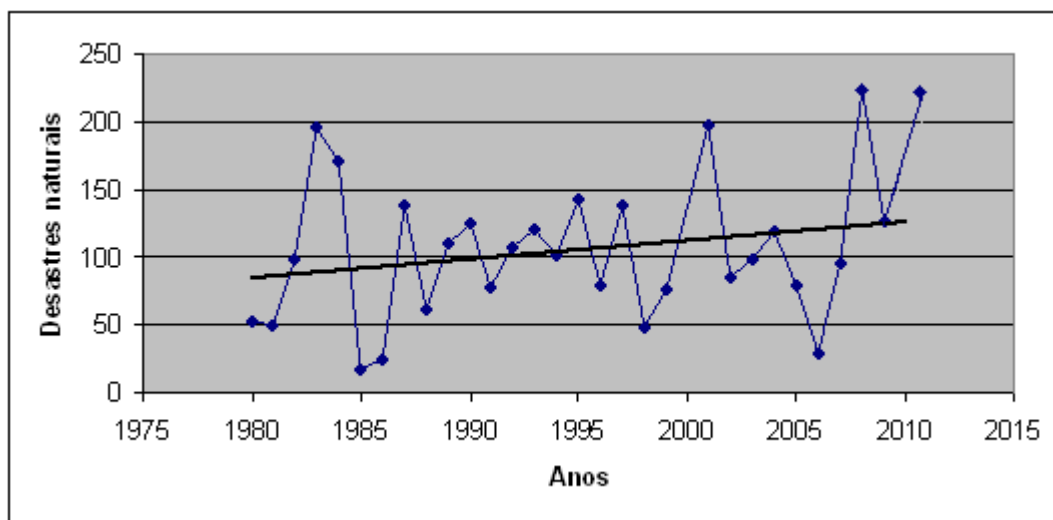


Figura 1 – Desastres naturais no estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2010
(fonte – site da Defesa Civil de SC – www.defesacivil.sc.gov.br – acessado em 07/2011)

Para o processamento do programa de alocação espacial, para facilitar a coleta de dados da população e das áreas, foi aproveitada a divisão definida pelo governo estadual em 20 microrregiões, conforme a tabela 1. Como matriz de distância, utilizou-se o espaçamento centro a centro por rodovia da principal cidade de cada microrregião. Concluiu-se que com Seis centrais de Defesa Civil se conseguiria atender todas as restrições do sistema. Com esta distribuição e definindo-se as áreas de influência, calcula-se a distância média a ser percorrida entre as bases e os prováveis pontos atingidos por desastres. O resultado do modelo pode ser visto na tabela 2 e na figura 2.

6. CONCLUSÃO:

O modelo apresentou bons resultados, distribuindo as Centrais da Defesa Civil de maneira que permitiria a obter um menor tempo resposta para atendimento desastres naturais no estado de Santa Catarina. No estudo de caso, como era esperado, a distribuição privilegiou as regiões que apresentam maior probabilidade de fenômenos que causam grandes danos à população.

Conclui-se que existe uma carência muito grande de metodologias que visem aperfeiçoar os serviços de atendimento emergencial, principalmente em países mais pobres, onde a pouca disponibilidade de estatísticas confiáveis dificulta a tarefa dos pesquisadores. Compete à universidade criar mecanismos simples, práticos e eficientes para otimização destes sistemas e apresentá-los para a sociedade que, em última análise, é quem decidirá se a solução proposta

para minimizar os problemas é de seu interesse ou não tendo em vista que sempre os recursos são escassos e a opção de empregá-los em um projeto ocasionará uma retração nas disponibilidades financeiras para os demais projetos e obras.

Recomenda-se que a pesquisa seja complementada, definindo-se, por exemplo, roteiros para atendimento interno para cada um dos municípios das microrregiões, definição da quantidade e de quais equipamentos e quais suprimentos cada uma das Bases deveria dispor, levando-se em conta que os fenômenos naturais mais prováveis são distintos em cada zona de atuação, definição de programas de treinamento para o pessoal que atuará nas situações emergenciais, bem como para os possíveis voluntários.

Tabela 1 – Microrregiões do estado de Santa Catarina e respectivos índices de risco

Microrregião	Índice de risco - Ir_i^*	Área <u>km²</u>	População habitantes	Principais desastres naturais
1 Araranguá	0,18	2.962,214	175.779	Enxurradas, enchentes, vendavais.
2 Blumenau	0,39	4.752,975	625.440	Enxurradas, enchentes, deslizamentos
3 Lages	0,06	15.726,010	299.571	vendavais, granizo, geadas, secas,
4 Canoinhas	0,08	9.420,322	240.980	Enxurradas, geadas, deslizamentos
5 Chapecó	0,18	6.045,917	376.551	vendavais, granizo, geadas, secas,
6 Concórdia	0,14	3.058,720	149.361	Enxurradas, enchentes, granizo, secas,
7 Criciúma	0,51	2.089,375	359.334	Enxurradas, vendavais, deslizamentos
8 Curitibanos	0,06	6.505,934	125.048	vendavais, granizo, geadas, secas,
9 Florianópolis	1,00	2.488,592	842.627	Enxurradas, vendavais, deslizamentos
10 Itajaí	0,99	1.452,289	486.247	Enxurradas, enchentes, deslizamentos
11 Ituporanga	0,10	1.530,185	51.072	Enchentes, vendavais, deslizamentos
12 Joaçaba	0,10	9.136,383	311.373	Enxurradas, enchentes, secas
13 Joinville	0,54	4.617,330	840.500	Enxurradas, enchentes, vendavais
14 Rio do Sul	0,11	5.267,569	189.560	Enxurradas, enchentes, deslizamentos
15 S. Bento Sul	0,21	1.900,115	133.933	Enxurradas, deslizamentos
16 S. Miguel	0,12	4.241,988	177.497	enchentes, vendavais, granizo, geadas.
17 Tabuleiro	0,03	2.383,147	22.239	Enxurradas, enchentes, deslizamentos
18 Tijucas	0,10	2.127,692	74.198	Enxurradas, enchentes, deslizamentos
19 Tubarão	0,23	4.657,658	367.365	Enchentes, vendavais, deslizamentos
20 Xanxerê	0,09	4.805,755	148.243	Vendavais, granizo, geadas, secas.

(Elaborada pelo autor)

Tabela 2: Resultado do modelo de alocação espacial.

Base nº	Localização	Distritos atendidos (Área de influência)
A	Blumenau (2)	Rio do Sul (14), Ituporanga (11) e Itajaí (10)
B	Lages (3)	Curitibanos (8)
C	Criciúma (7)	Tubarão (19) e, Araranguá (1).
C	Florianópolis (9)	Tabuleiro (17) e Tijucas (18).
D	São Bento do Sul (15)	Joinville (13) e Canoinhas (4)
E	Xanxerê (20)	Joaçaba (12), São Miguel do Oeste (16), Chapecó (5) e Concórdia (6)

(Elaborada pelo autor)

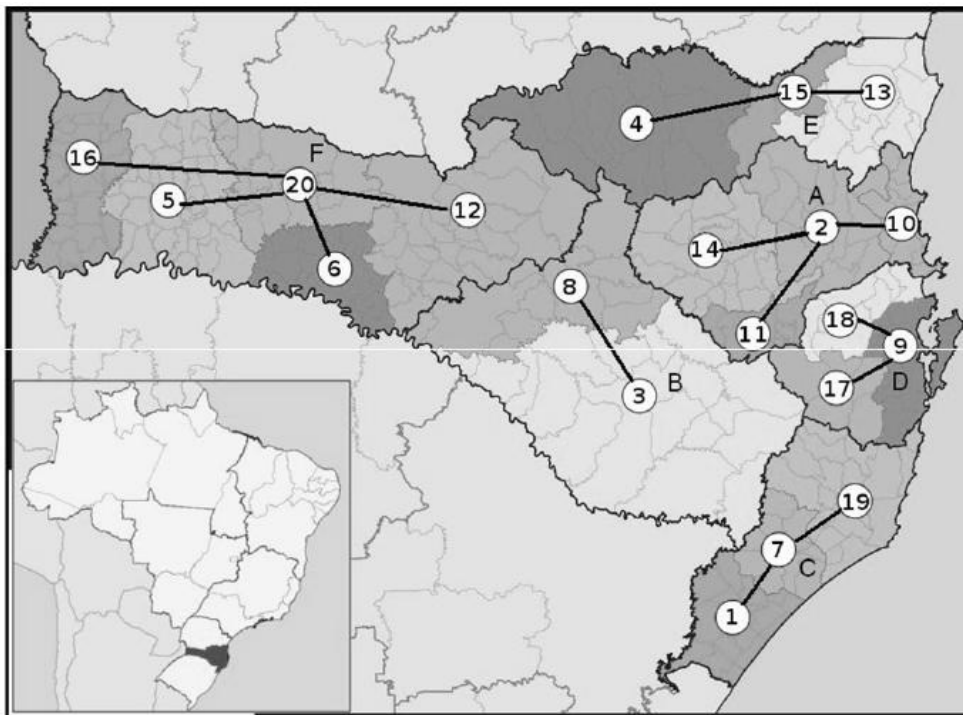


Figura 2 – Distribuição das Centrais de Defesa Civil no estado de Santa Catarina.
(Elaborada pelo autor)

Agradecimentos

Pesquisa financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil: Projeto 470774/2010-0 – Edital MCT/CNPq número 014/2010 - Universal

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Fernandes, Christiane Wenck Nogueira. (2010). **O enfoque da logística humanitária na localização de uma central de inteligência e suporte para situações emergenciais e no desenvolvimento de uma rede dinâmica**. Tese de doutorado. Depto de Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, SC.
- Fernandes, N. F.; Guimarães, R. F. Et all. (2001) **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, 2001. Vol. 2, Nº 1. p 51-71.
- Holguín-Veras, J. Pérez, N., Ukkusuri, S., Wachtendorf, T. y Brown, B. (2007) **Emergency logistics issues impacting the Response to katrina: a synthesis and preliminary Suggestions for improvement**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2022, pp 76-82.
- ISDR - International Strategy for Disaster Reduction. (2002) **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Preliminary version. Geneva, Switzerland: UN/ISDR, 2002.
- Lamas, Patricio V. e Garrido, Rodrigo H (2010) **Un enfoque de programación estocástica para logística de emergencias por desastres naturales**. Anais do XVI Congresso Pan-Americano de Engenharia de Tráfego e Transportes e Logística. IST, Lisboa.
- Marcelino, E.V., Nunes, L.H., Kobiyama, M. (2006) **Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Caminhos da Geografia (UFU. Online), Uberlândia, v.7,, p.72 - 84, http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Emerson%20et%20al%20%28UFU%202006%29%20vol.%207_n.%2017%20de%20mapeamento%20de%20riscos%29.pdf – Acessado em 20/04/2011
- Neto, S.L.R.(2000). **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. São Paulo, 2000. Tese de doutorado- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Souza, João Carlos (1996). **Dimensionamento, localização e escalonamento temporal de serviços de emergência**. Tese de doutorado. Depto de Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, SC.
- TRB- Transportation Research Board. (2010) **A Guide to Planning Resources on Transportation and Hazards**. <http://www.trb.org/Publications/Public/Blurbs/162332.aspx>, acessado em 20/05/2011.