

# Priorização de Ações para Otimizar Sistemas de Emissão de Alertas de Desastres Naturais

Maria Teresa Piacesi, Ana Lúcia Pegetti, Glayse Ferreira Perroni da Silva e Mischel Carmen Neyra Belderrain  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

**Resumo** – O presente artigo tem por objetivo propor a priorização de ações para a otimização do sistema de alertas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), por meio do método multicritério de apoio à decisão AHP - *Analytic Hierarchy Process*, com as abordagens *Ratings* e AIJ (*Aggregated Individual Judgments*). O problema foi estruturado com o emprego de mapas cognitivos, construídos e validados com especialistas da sala de monitoramento do CEMADEN. A partir dos mapas foi possível extrair as alternativas a serem avaliadas pelo método AHP. Os critérios para a eliciação de preferências basearam-se nas metas do Plano Plurianual 2016-2019 do Governo Federal. A aplicação do método AHP com *Ratings* AIJ mostrou-se a mais adequada devido ao grande número de alternativas disponíveis para avaliação e pelo contexto de decisão em grupo.

**Palavras-Chave** – Método Multicritério de Apoio à Decisão, AHP, Sistema de Emissão de Alertas de Desastres Naturais.

## I. INTRODUÇÃO

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) foi criado por meio do Decreto Presidencial nº 7.513, de 1º de julho de 2011, substituído pelo Decreto 8.877, de 18 de outubro de 2016, como parte da Estratégia Nacional para a gestão de desastres naturais, e em resposta imediata ao pior desastre já registrado no país, em janeiro de 2011, em que uma série de deslizamentos e enchentes causou a morte de cerca de 900 pessoas na região serrana do estado do Rio de Janeiro.

O Programa do Governo Federal de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres, ao qual o CEMADEN está vinculado, tem como objetivo principal aumentar a capacidade de emitir alertas de desastres naturais por meio do aprimoramento de sua rede de monitoramento, com atuação integrada entre os órgãos Federais, Estaduais e Municipais. Assim, conforme previsto na Lei nº 13.249, de 13 de janeiro de 2016, que institui o Plano Plurianual (PPA) da União para o período de 2016 a 2019, o PPA elenca metas e iniciativas de responsabilidade do órgão, visando o alcance daquele objetivo estratégico que norteia as suas ações. Dentre as metas do CEMADEN, destacamos aumentar o tempo de antecedência do alerta de risco muito alto para no mínimo 2 horas e melhorar de 65% para 80% a taxa de acerto de previsões das condições deflagradoras de desastres.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo propor a priorização de ações a serem implementadas pelo CEMADEN que visem otimizar o sistema de emissão de

alertas de desastres naturais e, conseqüentemente, aumentar a efetividade dos alertas emitidos. Para alcançar este objetivo, foram utilizados a técnica de mapeamento cognitivo para a estruturação da situação problemática e o método de apoio à decisão multicritério denominado AHP - *Analytic Hierarchy Process* com abordagens *Ratings* e AIJ (*Aggregated Individual Judgments*).

O artigo segue estruturado da seguinte forma: introdução, fundamentação teórica, desenvolvimento da intervenção multicritério, considerações finais e referências.

### A. Fundamentação Teórica

#### 1) Mapa Cognitivo:

O mapeamento cognitivo é uma tarefa realizada a fim de descrever o pensamento de uma pessoa ou de um grupo a respeito de um determinado problema [1]. A representação gráfica deste pensamento é apresentada na forma de um mapa cognitivo [1]. Fundamenta-se em uma teoria da área da psicologia, a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly [2]. As ideias de um indivíduo estão organizadas e interligadas em uma hierarquia que é criada de acordo com a experiência e o entendimento de cada pessoa, formando um sistema de construtos [3]. O mapeamento cognitivo de Colin Eden pode ser visto como uma tentativa de isolar e representar os construtos de uma pessoa e dispô-los de maneira hierarquizada.

Os mapas cognitivos são uma rede de nós e setas com *links*, em que a direção da seta representa a causalidade percebida. Para a construção de um mapa cognitivo, passa-se pelas seguintes etapas [4]: 1) Definição de um rótulo para o problema: nesta etapa, define-se, junto ao decisor, um nome para o problema que será resolvido; 2) Definição dos elementos primários de avaliação (EPAs): estes representam os objetivos, valores e metas referentes ao problema, de acordo com a visão do decisor; 3) Construção dos conceitos baseados nos EPAs (o EPA é orientado à ação); 4) Construção da hierarquia dos conceitos: a estrutura do mapa é formada por conceitos meios e fins, relacionados por ligações de influência; 5) Geração do mapa cognitivo: nesta etapa, o mapa é validado com cada decisor.

No topo da hierarquia estão os objetivos que representam o estado desejado ou os fins genéricos para quem relata o problema. Na parte central, encontram-se as questões-chave, caracterizadas como conceitos fundamentais para a situação sob análise. Por fim, na base da hierarquia, encontram-se as ações em potencial ou as alternativas que visam viabilizar as direções-chave.

Para descrever o pensamento de um grupo, é usada uma dentre duas abordagens: 1) Construir o mapa através da entrevista conjunta do grupo de pessoas, ou; 2) Construir os

Maria Teresa Piacesi, mterepi33@gmail.com; Ana Lúcia Pegetti, anapegetti@uol.com.br; Glayse Ferreira Perroni da Silva, glayse19@yahoo.com.br; Mischel Carmen Neyra Belderrain, carmen@ita.br.

mapas individuais, validando-os individualmente, e agregá-los num mapa global, validado com o grupo, denominado Mapa Congregado.

A agregação do mapa é realizada através dos conceitos que transmitem a mesma ideia. Estes conceitos devem ser unidos em um conceito maior e também relacionados através de ligações.

## 2) O Método AHP:

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método de apoio multicritério de decisão desenvolvido por Thomas L. Saaty em resposta ao planejamento de contingência militar e empresarial, tomada de decisão, alocação de recursos escassos, resolução de conflitos e a necessária participação política nos acordos negociados.

Sem prescrever uma decisão “correta”, o AHP ajuda os decisores a encontrar a alternativa que melhor se adapte às suas metas e compreensão do problema, fornecendo um quadro abrangente e racional para a estruturação de um problema de decisão, para representar e quantificar os seus elementos, para relacionar esses elementos com as metas globais e para avaliar soluções alternativas.

Sua aplicação depende de uma estruturação hierárquica do problema que demonstre a relação entre a meta do problema, áreas de avaliação, critérios, subcritérios e alternativas.

São elementos fundamentais do Método AHP [5]: 1) Critérios e Propriedades: conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de critérios; 2) Comparação par a par: ao se comparar par a par os elementos à luz de um critério ou objetivo, um elemento pode ser preferível ou indiferente segundo a Escala Fundamental de Saaty; 3) Hierarquia: conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

O método está fundamentado em princípios psicológicos e matemáticos que se baseiam, respectivamente, na capacidade da mente humana em realizar comparações par a par de elementos e nas matrizes de decisão. Ao enfrentar um problema de comparação par a par entre vários elementos de um conjunto, a mente humana cria um processo de hierarquização no qual o AHP se baseia. No nível mais alto está o objetivo principal do estudo, nos níveis seguintes estão os critérios (propriedades através das quais as alternativas serão avaliadas) e no nível mais baixo estão as alternativas.

Referência [6] indica duas possibilidades para realizar julgamentos no AHP: a tradicional, em que as alternativas são comparadas par a par à luz de um critério ou subcritério em comum, chamada também de medida relativa, e a *Ratings*, em que as alternativas são comparadas com outra ideal conhecida, chamada também de medida absoluta.

No AHP com *Ratings*, as comparações par a par entre os critérios e subcritérios são realizadas como na abordagem clássica (medida relativa), porém não se realizam as comparações entre as alternativas para cada um dos critérios ou subcritérios. São estabelecidas categorias ou níveis de intensidade para cada critério ou subcritério (por exemplo, excelente, acima da média, média, abaixo da média e pobre), as quais são priorizadas por meio de comparações de

preferências par a par. As alternativas são, então, avaliadas selecionando-se a categoria de intensidade apropriada para cada critério [7].

O AHP com *Ratings* tem a vantagem de possibilitar a avaliação de um grande número de alternativas, o que na abordagem tradicional exigiria um número de comparações par a par excessivamente grande, além de permitir adicionar ou excluir alternativas durante a avaliação, sem danos à estruturação do problema. A desvantagem está no fato de que a construção das categorias ou níveis de intensidade dos (sub)critérios não é uma tarefa trivial.

Quando se trabalha com decisão em grupo, é necessário agregar as informações dos vários decisores para um resultado. Entre as metodologias de agregação existentes no AHP, as mais usuais são:

a) Agregação dos julgamentos individuais para cada grupo de comparação par a par numa “matriz de decisão agregada”, o chamado AIJ – *Aggregation of Individual Judgment*;

b) Sintetização de cada hierarquia individual e agregação das prioridades globais resultantes, denominado AIP – *Aggregation of Individual Priorities*.

A escolha entre as duas abordagens depende da resposta a três perguntas [8]:

1. O grupo é sinérgico e trabalha com uma unidade ou é um simples ajuntamento de pessoas?
2. Qual procedimento matemático deve ser usado para fazer a agregação dos julgamentos individuais?
3. Se a decisão dos indivíduos não tem o mesmo peso, como conseguir e incorporar os pesos no processo de agregação?

A média aritmética é adequada para a abordagem AIP, mas não para a AIJ. Enquanto a média geométrica se adequa a ambas abordagens [8].

## II. DESENVOLVIMENTO

### A. Contexto

O CEMADEN atua de forma integrada ao Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres (Cenad) e seu foco de atuação é a elaboração e envio de alertas para riscos de inundação, enxurrada e movimento de massa para os municípios monitorados em todo o território nacional. O Cenad, ao receber um alerta do CEMADEN, aciona os órgãos de defesa civil nos Estados e Municípios para darem início às ações de resposta em campo.

Para a execução de suas atividades finalísticas, o Centro possui uma rede observacional própria composta por equipamentos de monitoramento e trabalha em colaboração com várias outras instituições, por meio de parcerias, as quais lhe fornecem dados complementares das condições temporais e ambientais, bem como dos mapeamentos de áreas de risco. Possui também uma sala de monitoramento que funciona em regime de 24 horas/7 dias, e na qual atua uma equipe multidisciplinar composta por geólogos, hidrólogos, meteorologistas e especialistas em desastres naturais. As previsões de tempo são comunicadas aos geólogos e hidrólogos pelo meteorologista e a comunicação e envio do

alerta ao Cenad é feita pelo especialista em desastres naturais. A análise do risco potencial e a decisão pela abertura do alerta são realizadas pelo grupo de especialistas [9].

O alerta é o instrumento que indica que a situação de risco de desastre é previsível em curto prazo. É classificado em três níveis: moderado, alto ou muito alto. Estes níveis são o resultado da combinação das variáveis “possibilidade de ocorrência” e “impacto potencial”, dispostas numa matriz de risco. Esta é a base conceitual mínima para a tomada de decisão pelo grupo em relação à emissão de um alerta.

Por possibilidade de ocorrência, entende-se o resultado final da análise técnica pelo hidrólogo ou pelo geólogo do evento extremo, considerando-se variáveis como meio físico, suscetibilidade e vulnerabilidade, chuva acumulada e prevista. Por impacto potencial, entende-se a gravidade do desastre em termos de danos materiais (moradias, afetação dos serviços públicos, perdas de safra e/ou gado, danos às estruturas como estradas, pontes, etc.) e/ou humanos (mortes e pessoas feridas ou desaparecidas) avaliados pelo especialista em desastres naturais.

A análise contínua do cenário atual e do cenário sequencial pelo grupo de decisores pode implicar em duas linhas de ação: a atualização do nível do alerta ou o seu cessar.

### B. Estruturação do Problema

Neste estudo, a estruturação do problema foi explorada através das seguintes etapas:

- Identificação dos *stakeholders*;
- Para a estruturação do problema proposto, foram utilizados os mapas cognitivos. A abordagem adotada foi a *Construtivista*, pois possibilita a modelagem do problema de decisão e incorpora valores e interesses das pessoas envolvidas no processo;
- Depois do desenvolvimento do mapa cognitivo dos especialistas, foram realizadas as análises dos mapas cognitivos individuais e validadas com cada especialista;
- Após a validação individual, procedeu-se à agregação dos mapas em um único mapa cognitivo. Este mapa cognitivo agregado foi novamente validado com o grupo, obtendo-se assim o mapa congregado;
- Após a validação dos conceitos do mapa, procedeu-se à análise do mesmo, identificando-se as possíveis alternativas para a solução do problema.

#### 1) Identificação dos Stakeholders:

Numa intervenção, uma das tarefas que devem ser realizadas pelo analista na fase de estruturação do problema é a definição dos *stakeholders* chave da organização. Numa definição ampla, *stakeholders* são aqueles indivíduos ou grupos que têm o poder de afetar ou que são (ou podem vir a ser) afetados pela decisão, abrangendo, pois, tanto os *stakeholders* internos quanto os externos à organização [10].

A avaliação dos *stakeholders* com poder e interesse para afetar ou ser afetado pelas decisões correlatas à emissão dos alertas resultou na criação da matriz ilustrada na Fig. 1 [11].

Assim, com a finalidade de explorar conceitos e aumentar

o entendimento das necessidades e expectativas relacionadas ao problema em questão, foram levantadas questões-chave com um grupo de cinco especialistas que atuam na sala de monitoramento (um geólogo, um hidrólogo, um meteorologista e dois especialistas em desastres naturais) porque além deles representarem os *stakeholders* com mais poder e interesse (quadrante superior direito da matriz), eles são os responsáveis diretos pela previsão do risco e pela decisão acerca do alerta.

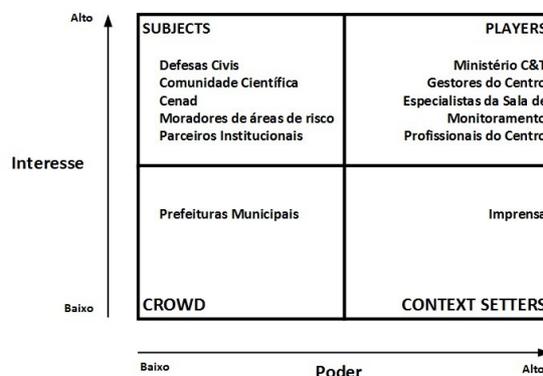


Fig. 1. Matriz de Poder e Interesse dos *stakeholders*.

#### 2) Elaboração dos Mapas Cognitivos:

Para a elaboração do mapa cognitivo utilizado para estruturar o problema, foram realizadas entrevistas com os *stakeholders* selecionados a fim de entender suas atividades, preocupações, dificuldades, frustrações, ansiedades e necessidades. A partir das entrevistas, iniciou-se a construção do mapa individual de cada especialista, sendo definido um rótulo para o problema de forma a representar o objetivo principal do mesmo observando o propósito de aumentar a efetividade dos alertas emitidos. Desta forma, o rótulo “Aumentar a efetividade dos alertas emitidos pelo CEMADEN” foi escolhido e validado com os especialistas.

A seguir, partiu-se para a construção dos elementos primários de avaliação (EPA). Para isto, solicitou-se aos especialistas que apresentassem quais aspectos julgavam importantes para o aumento da efetividade na emissão dos alertas.

Após a obtenção dos EPAs declarados pelos especialistas, a próxima etapa consistiu na transformação destes EPAs em conceitos, com o objetivo de construir a hierarquia de conceitos. Para cada conceito elencado, através de questionamentos do tipo “por que este conceito é importante” (rumo aos conceitos fins que ficam no topo da hierarquia) e “qual o meio de alcançar este conceito” (rumo aos conceitos meio), foram gerados novos conceitos que auxiliaram na compreensão dos aspectos declarados pelos especialistas.

A partir desta dinâmica, após algumas iterações e refinamentos, foi possível finalizar a construção dos mapas cognitivos individuais e do mapa congregado, os quais, por limitação de espaço, não serão apresentados.

#### 3) Análise dos Mapas Cognitivos:

Após a criação do mapa cognitivo congregado, o próximo passo foi realizar a análise do mapa cognitivo, por seus tipos

de conceitos, onde foram encontrados sete conceitos-chave ou dominantes, quatro objetivos estratégicos e cinquenta e seis conceitos cauda, sendo possíveis ações potenciais (alternativas).

Continuando a análise, foram ainda identificados quatro *clusters* que representam grupos de ideias relacionadas; sessenta linhas de argumentação que representam a sequência de conceitos que se conectam por uma relação de influência, formando uma linha de raciocínio de meios e fins com início em um conceito cauda e término em um conceito cabeça; e seis ramos, que representam as principais preocupações dos especialistas, expondo uma primeira base de entendimento por parte dos entrevistados sobre as necessidades observadas para o aumento da efetividade do CEMADEN

Após a identificação dos ramos, foram identificados sete PVFs (Pontos de Vista Fundamentais) e quatro PVEs (Pontos de Vista Elementares), os quais foram validados à luz dos axiomas de Bana Costa [12], a fim de definir quais critérios e subcritérios seriam utilizados para construir a árvore hierárquica de pontos de vista. Esta árvore caracteriza a estrutura hierárquica do modelo multicritério do especialista, em que os critérios são representados pelos PVFs e os subcritérios pelos PVEs.

#### 4) Análise das informações contidas no Mapa Cognitivo:

Inicialmente, durante as entrevistas, era enfatizada a preocupação dos especialistas quanto ao nível de emissão do alerta (alto, médio ou moderado) e quanto a sua continuidade ou a necessidade de mudança do nível, não estando claro qual era o problema que precisava ser resolvido, muito menos como resolvê-lo.

Após a construção do mapa, ficou evidente que havia mais do que um objetivo a ser alcançado e que o aumento da efetividade dos alertas emitidos pelo CEMADEN era o problema a ser resolvido.

Das cinquenta e seis possíveis ações geradas para alcançar os objetivos estratégicos identificados, foram selecionadas somente treze opções (que chamaremos aqui de alternativas), por serem as mais diretas, não ambíguas e operacionais.

Em relação aos critérios extraídos do mapa cognitivo através da aplicação da metodologia descrita anteriormente, os autores optaram por avaliar as alternativas identificadas à luz das metas definidas no PPA 2016-2019, uma vez que estas são estratégicas para a instituição.

Após a definição dos critérios e da identificação das alternativas, o próximo passo foi a seleção do método. Dada a natureza do problema, o contexto de decisão em grupo e o grande número de alternativas levantadas (acima do limite psicológico de 7+/-2), foi adotado o método multicritério AHP com *Ratings*, com a agregação dos julgamentos individuais pela abordagem AIJ.

### C. Resolução do Problema

#### 1) Estrutura da Hierarquia de Decisão:

A Fig. 2 apresenta a estrutura hierárquica do AHP com a abordagem *Ratings* para o problema da priorização de ações para melhoria dos alertas.

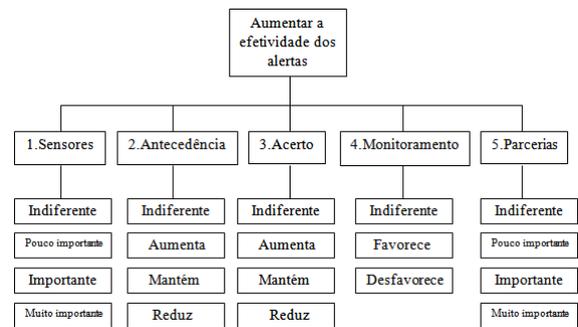


Fig. 2. Estrutura hierárquica do AHP com *Ratings*.

Os critérios de 2 a 5 foram retirados das metas do Programa de Gestão de Riscos e de Desastres constantes do Plano Plurianual (PPA) do Governo Federal para o quadriênio 2016-2019, abaixo transcritas:

- 04C1 - Aumentar o tempo de **antecedência** do alerta de risco muito alto de deslizamentos e enxurradas para no mínimo 2 horas;
- 04C0 - Melhorar de 65% para 80% a taxa de **acerto** de previsões das condições deflagradoras de desastres;
- 04BY - Realizar o **monitoramento** para emissão de alertas de desastres em municípios críticos, a partir de modelagem dinâmica;
- 04BZ - Estabelecer **parcerias** com 12 centros federais, estaduais e municipais de monitoramento e alertas de desastres naturais [1, *grifo nosso*].

Já o critério *Sensores* foi criado pelos autores a partir da análise dos mapas cognitivos e do seu entendimento sobre o processo de emissão dos alertas. Representa a existência ou não de pluviômetros, estações hidrológicas e radares meteorológicos próximos às áreas de risco.

Não existe regra padrão para a definição da quantidade de níveis de intensidade de um critério e nem todos os critérios de uma estrutura hierárquica precisam ter o mesmo *Ratings* [134]. Assim, após um *brainstorming* realizado entre os autores do trabalho, foram elencadas as categorias (ou níveis de intensidade) de cada critério (terceiro nível da estrutura hierárquica). Em linhas gerais, cada categoria ou *Rating* representa o nível de impacto da adoção de uma alternativa de ação sobre o critério.

Uma vez que a estrutura hierárquica está bem definida, o próximo passo é a elicitación de preferências dos decisores por meio de julgamentos, o que resultará na construção das matrizes de comparação par a par (Matriz de decisão) entre os *Ratings* e entre os critérios.

#### 2) Aplicação do Método:

Nesta segunda etapa, foram criados questionários que foram respondidos pelos cinco especialistas entrevistados na fase de estruturação do problema. A partir das respostas obtidas, foram elaboradas as matrizes de decisão de julgamento par a par dos critérios e das categorias para cada especialista respondente. Como exemplo, a Tabela I representa a matriz de decisão do especialista 1. Além dela, foram construídas mais cinco matrizes de decisão das categorias de cada critério, resultando em seis matrizes para cada um dos cinco especialistas.

TABELA I. MATRIZ DE DECISÃO DE CRITÉRIOS SEGUNDO O ESPECIALISTA 1.

Especial. I	1.Sens.	2.Antec.	3.Acerto	4.Monit.	5.Parc.
1.Sens.	1	8	8	7	7
2.Antec.	1/8	1	5	1/5	1/5
3.Acerto	1/8	1/5	1	1/7	7
4.Monit.	1/7	5	7	1	5
5.Parcer.	1/7	5	1/7	1/5	1

Como o grupo de especialistas do CEMADEN é sinérgico, trabalha como uma unidade e suas decisões têm pesos equivalentes, é indicado fazer a agregação dos julgamentos individuais pela abordagem AIJ, a fim de obter uma matriz de julgamento do grupo de decisores.

A agregação das matrizes dos cinco especialistas usando a média geométrica dos valores resultou em seis matrizes agregadas, representando o julgamento do grupo em relação à comparação par a par dos critérios e à comparação par a par dos *Ratings*.

Os valores das matrizes agregadas foram inseridos no *software* Super Decisions®, gerando o resultado de priorização das alternativas apresentado na Fig. 3.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
Alertas por SMS		0.222837	0.028859	0.028859
Cobertura		0.695871	0.090120	0.090120
Comunicação uniforme		0.470630	0.060950	0.060950
Concentração dos alertas		0.541171	0.070085	0.070085
Feedback		0.786850	0.101902	0.101902
Histórico de Ocorrências		0.593899	0.076914	0.076914
Indicadores de confiabilidade		0.618001	0.080035	0.080035
Limiares		0.541171	0.070085	0.070085
Modelagem		0.666775	0.086352	0.086352
Papéis bem definidos		0.417902	0.054121	0.054121
Precisão espacial		1.000000	0.129507	0.129507
Sistema de Apoio à Decisão		0.746777	0.096713	0.096713
Índices de Vulnerabilidade		0.419724	0.054357	0.054357

Fig.3. Resultado do Super Decisions® usando AHP com *Ratings*.

3) *Análise dos Resultados:*

A razão de inconsistência (RI) das matrizes par a par agregadas, conforme calculado pelo Super Decisions®, apresentou valores abaixo de 0,10, atendendo ao requisito de consistência de Saaty que recomenda  $RI \leq 0,10$  para uma matriz com  $n \geq 4$ , indicando consistência das respostas [6].

A priorização das ações para otimização do processo de emissão de alertas do CEMADEN, conforme indicado pela aplicação do método AHP através do Super Decisions®, é apresentada na Tabela II.

Na Fig. 4 é possível comparar visualmente os diferentes julgamentos individuais de cada especialista em relação a cada alternativa e o julgamento agregado, que é uma combinação das decisões de todos os especialistas. As colunas do gráfico representam os *rankings* de cada decisor (#1, #2, #3, #4 e #5), conforme gerados pelo *software*, quando alimentado com as respostas individuais. A linha azul representa a priorização global de todos os decisores, agregada pela abordagem AIJ.

TABELA II. PRIORIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.

#	Alternativas
1	Melhorar a <b>precisão espacial</b> dos alertas com mais instrumentos em campo.
2	Acessar informações em tempo real das ações e situações em campo. ( <i>Feedback</i> )
3	Ter um <b>sistema</b> de informação de <b>apoio à decisão</b> para a sugestão do tipo de alerta.
4	Ampliar a área de <b>cobertura</b> de radares e pluviômetros.
5	Estabelecer infraestrutura de <b>modelagem</b> .
6	Definir <b>indicadores de confiabilidade</b> para os alertas.
7	Estruturar registro de ocorrências anteriores. (Histórico de Ocorrências)
8	Concentrar o envio e recebimento dos alertas por um único órgão. (Concentração dos alertas)
9	Manter atualizados os <b>limiares</b> críticos de chuva deflagradores de desastres.
10	Criar glossário técnico para garantir <b>comunicação uniforme</b> .
11	Avaliar <b>índice de vulnerabilidade</b> da população.
12	Definir os papéis e responsabilidades na sala de situação. (Papéis bem definidos)
13	Enviar os <b>alertas por SMS</b> para as Defesas Cívicas.

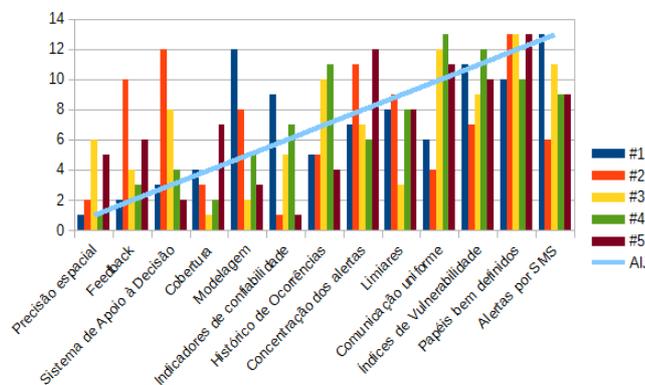


Fig. 4. Priorização das alternativas de cada especialista individualmente e priorização global agregada pela abordagem AIJ.

A análise de sensibilidade permite observar o comportamento do *ranking* das alternativas decorrente da modificação dos dados de entrada. Assim, com o auxílio do Super Decisions® foram alterados os pesos relativos dos critérios para o julgamento do grupo de decisores.

As Fig. 5 a Fig. 9 ilustram a alteração dos *rankings* das alternativas de acordo com a variação dos pesos de cada critério. Verifica-se que, com exceção do critério Acerto, para as variações de peso menores que 50%, a primeira alternativa do *ranking* se mantém e é a mesma (precisão espacial) para todos os outros critérios. Isso mostra consistência e propicia confiança gerencial na seleção das alternativas.

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho proposto atingiu o objetivo de propor a priorização de ações a serem implementadas pelo CEMADEN, a fim de otimizar o seu sistema de emissão de alertas de desastres naturais. Para tal, foi adotado o método multicritério de apoio à decisão AHP com as abordagens *Ratings* e AIJ. O problema foi estruturado com o emprego de mapas cognitivos, construídos e validados com especialistas da sala de monitoramento do CEMADEN, a partir dos quais

foi possível extrair as alternativas a serem avaliadas pelo método AHP. Os critérios para a elicitação de preferências basearam-se, sobretudo, nas metas do Plano Plurianual 2016-2019 do Governo Federal. A aplicação do método AHP com *Ratings* e AIJ mostrou-se o mais adequado devido ao grande número de alternativas disponíveis para avaliação e pelo contexto de decisão em grupo.

Os resultados revelaram que dentre as treze alternativas avaliadas, a ação considerada mais importante para aperfeiçoar o sistema de emissão de alertas de desastres naturais do CEMADEN é a instalação de mais instrumentos em campo para melhorar a precisão espacial dos alertas.

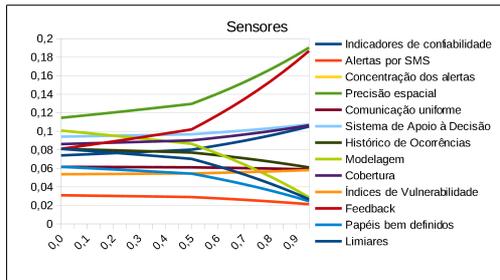


Fig. 5. Análise de sensibilidade com a variação do peso do critério Sensores.

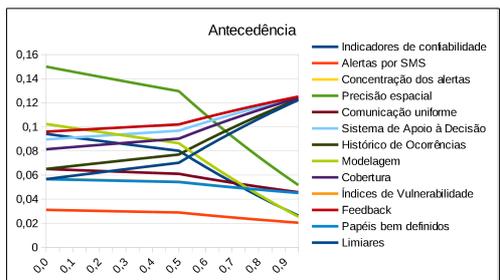


Fig. 6. Análise de sensibilidade com a variação do peso do critério Antecedência.

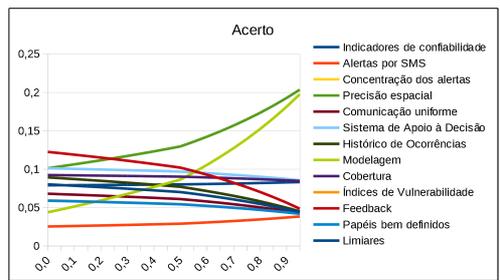


Fig. 7. Análise de sensibilidade com a variação do peso do critério Acerto.

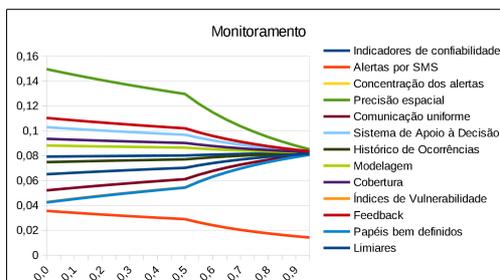


Fig. 8. Análise de sensibilidade com a variação do peso do critério Monitoramento.

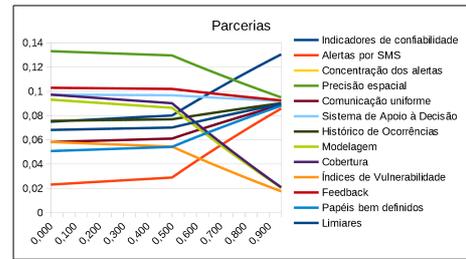


Fig. 9. Análise de sensibilidade com a variação do peso do critério Parcerias.

Esta alternativa, assim como a de #4 (Tabela II), vem sendo continuamente executada pelo órgão, haja vista o crescente número de municípios monitorados (957 municípios atualmente, segundo dados disponíveis no sítio do CEMADEN na Internet). As alternativas #3, #7, #9 e #11 estão em fase de estudos, com a realização, inclusive, de parcerias com outros órgãos públicos, a exemplo do projeto realizado entre o CEMADEN e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para a criação de uma metodologia para cálculo de índices de vulnerabilidade. O envio de alertas por SMS para as Defesas Civas está em fase inicial de execução e as demais alternativas (#2, #5, #6, #8 e #10), embora representem apenas sugestões de melhorias, são viáveis de se realizar e já compõem a pauta de projetos futuros.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Eden. "Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems", *European Journal of Operational Research*, v. 159, n. 3, p. 673-686, 2004.
- [2] G. A. Kelly "A Theory of Personality, The Psychology of Personal Constructs", New York: W.W. Norton & Company, 1963.
- [3] C. Eden. "Cognitive mapping", *European Journal of Operational Research*, v. 36, n. 1, p. 1-13, 1988.
- [4] L. Ensslin, G. Montibeller. "Mapas cognitivos no apoio à decisão", XVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção, Rio de Janeiro, RJ, 1998.
- [5] L. F. A. M. Gomes, M. C. G. Araya, C. Carignano. "Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão", Thomson, 168p, 2004.
- [6] T. L. Saaty. "Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes", *European Journal of Operational Research*, v. 168, p. 557-570, 2006.
- [7] T. L. Saaty. "Decision making with the analytic hierarchy process", *Int. J. Services Sciences*, v. 1, n. 1, 2008.
- [8] E. Forman, K. Peniwati "Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, 108(1), p. 165-169, 1998.
- [9] F. E. A. Horita. "An approach for improving decision-making with heterogeneous geospatial big data: an application using spatial decision support systems and volunteered geographic information to disaster management", Tese de doutorado. Instituto de Ciências Matemáticas e Computação – ICMC – Universidade de São Paulo – USP São Carlos, São Paulo, 210 p., 2017.
- [10] A. Franco, G. Montibeller. "Problem structuring for multi-criteria decision analysis interventions", *Operational Research Group, Department of Management, London School of Economics and Political Science*, 25 p, 2009.
- [11] F. Ackermann, C. Eden. "Strategic management of stakeholders: theory and practice", *Long Range Planning*, v. 44, n. 3, p. 179-196, 2011.
- [12] C.A. Bana Costa. "Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la décision", 1992.
- [13] A. C. S. Silva, M. C. N. Belderrain. "O problema de seleção de fornecedores: abordagem AHP com uso de ratings", XLII SBPO, Bento Gonçalves, RS, Brasil, 2010.