

A ANÁLISE DO TRABALHO DOS METEOROLOGISTAS NA PREVISÃO DE CHUVAS INTENSAS NO RIO DE JANEIRO

Andre Engelbrecht, Alessandro Jatobá, Antônio Jose Dias da Silva, José Orlando Gomes
Programa de Pós Graduação em Informática - Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGI/UFRJ)
andre_fef@yahoo.com.br, jatoba@jatoba.org, antonioj@castelobranco.br, joseorlandogomes@terra.com.br

Giovanni Dolif
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
giodolif@gmail.com

Carlos A. Nobre
Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST/INPE)
carlos.nobre@inpe.br

Paulo Victor Rodrigues de Carvalho
Comissão Nacional de Energia Nuclear/Instituto de Engenharia Nuclear (CNEN/IEN)
paulov@ien.gov.br

Resumo: Os episódios de chuva intensa são os eventos que mais provocam desastres naturais no Brasil. Dada a complexidade do trabalho do meteorologista para prevê-los, é preciso utilizar métodos de Análise do Trabalho Cognitivo para entendê-lo melhor. Neste estudo, através destes métodos e do Método de Decisões Críticas, foi eliciado o conhecimento tácito e como o trabalho é realmente realizado no Sistema Alerta Rio, responsável pela previsão de chuvas que ocasionam escorregamentos de encostas na cidade do Rio de Janeiro. Além disso, foram detectados os pontos sensíveis do trabalho destes profissionais, com o intuito de projetar melhorias para o sistema.

Palavras-chave: Análise do Trabalho Cognitivo, Meteorologia, Chuvas Intensas, Gestão de emergências.

Abstract: *The episodes of intense rainfall are the events that cause more natural disasters in Brazil. Due to the complexity of the work of meteorologists to predict them, we must use methods of Cognitive Task Analysis to understand it better. In this study, using these methods and the Critical Decisions Method, we elicited tacit knowledge and how this task is actually carried out in Sistema Alerta Rio, who is responsible for forecasting rainfalls that cause landslides in Rio de Janeiro. Furthermore, we detected the sensitive points of the work of these professionals, in order to design improvements to the system.*

Keywords: *Cognitive Task Analysis, Meteorology, intense rainfall, Emergency management.*

1. INTRODUÇÃO

O estudo de fenômenos meteorológicos aliado ao entendimento do processo envolvido na elaboração de suas previsões ajuda a antecipar os alertas e melhorar sua eficiência resultando em melhor prevenção e mitigação dos desastres naturais deflagrados pelos extremos de chuva. Os serviços de meteorologia alcançam os mais diversos setores da economia no

mundo, desde a agricultura, que é diretamente influenciada pelos fenômenos meteorológicos, ao cidadão comum, quando deseja programar a sua viagem de fim de semana, passando pela indústria de bebidas, moda, alimentos, eletrodomésticos, transportes aéreos e terrestres entre outros. No Brasil, a ocupação humana e as concentrações urbanas seguem em expansão. Esse crescimento intensifica a vulnerabilidade aos eventos extremos da atmosfera o

ação ergonômica volume 6, número 2

que aumenta a importância do trabalho dos profissionais de meteorologia.

Os desastres naturais podem causar grandes prejuízos materiais e mortes, mas, se previstos com antecedência suficiente, esses danos podem ser minimizados. Em especial na América Latina e no Brasil, onde as desigualdades sócio-econômicas resultam em um crescimento desordenado das cidades e, conseqüentemente, em ocupações e construções irregulares em áreas de risco, ações de mitigação e prevenção executadas a partir de informações meteorológicas são fundamentais para salvar vidas humanas e minimizar perdas materiais.

Para produzir as informações meteorológicas utilizadas nas ações de prevenção e resposta, a principal ferramenta do previsor meteorológico nos dias atuais é o modelo matemático da atmosfera. Esses modelos numéricos de previsão do tempo foram criados originalmente e ajustados para prever eventos meteorológicos no hemisfério norte e em latitudes médias (VINCENT e KAROLY, 1998).

Além disso, o meteorologista, responsável pela complexa previsão destes eventos naturais, é ainda obrigado a lidar com a forte pressão por resultados precisos e no menor tempo possível.

Por estes motivos, a previsão meteorológica em latitudes tropicais e subtropicais do hemisfério sul é ainda uma tarefa difícil e complexa para os previsores.

Os eventos de chuva extrema já ocasionaram grandes tragédias no Brasil, como as inundações de 2008 e 2009 em Santa Catarina e as enchentes no Rio de Janeiro (DERECZYNSKI et al, 2009); em 66, 88, 96, 98 e 2010. Nestas ocasiões, os deslizamentos de terra provocaram inúmeras perdas humanas, além de prejuízos econômicos e milhares de desabrigados.

A tragédia de fevereiro de 1996 no Rio de Janeiro motivou a criação do Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Deslizamentos em Encostas da Cidade do Rio de Janeiro (Alerta Rio), que tem como objetivo emitir boletins de alerta à população e aos órgãos municipais sobre o risco de ocorrência de chuvas intensas que possam provocar inundações ou deslizamentos na cidade.

Segundo Zhu e Thot (2001), um evento de chuva intensa pode ser classificado de diversas formas: climatologicamente; relativo a uma previsão; ou ainda de acordo com um determinado usuário ou finalidade. Para os meteorologistas do Alerta Rio, não interessam apenas chuvas com grande quantidade de precipitação em um breve intervalo de tempo causando alagamento e caos urbano, mas também as que permanecem por um tempo prolongado causando grande acumulado de chuva, de modo a acarretar inundações e deslizamentos de encostas.

No Alerta Rio os meteorologistas são os responsáveis pela previsão, em curto prazo, de eventos chuvosos que possam ocasionar escorregamentos no município do Rio de Janeiro e pela decisão de emitir boletins de alerta.

O objetivo deste trabalho é sugerir melhorias neste sistema, a fim de torná-lo mais resiliente, considerando o trabalho como de fato é realizado e o diferencial referente ao emprego da experiência do profissional. Para isso, é preciso primeiro eliciar o conhecimento destes meteorologistas para entender como sua experiência, percepção e conhecimentos são empregados, junto com as ferramentas disponíveis, na complexa tarefa de prever as chuvas intensas causadoras de grandes perdas materiais e humanas. A escolha deste tipo de evento não rotineiro se justifica pelo aumento da eficiência na coleta de dados e sua maior riqueza.

Como resultados, foram capturados os aspectos cognitivos e as restrições do ambiente de trabalho que balizam a tomada de decisão dos meteorologistas do sistema Alerta Rio para a emissão de alertas sobre chuvas intensas no Rio de Janeiro.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada neste estudo envolve o emprego combinado de métodos de Análise do Trabalho Cognitivo e do Método de Decisões Críticas (KLEIN et al., 1989) para se realizar a etapa de identificação e formalização da expertise e conhecimento tácito utilizados na previsão meteorológica.

Uma definição para expertise consiste no fato de indivíduos com maior experiência obterem um desempenho superior do que seus colegas com menos experiência na execução das tarefas. E essa superioridade envolve um conjunto de fatores como modelos mentais, modelos conceituais, a habilidade de identificar padrões importantes, a habilidade de distinguir situações típicas de situações raras entre outros (HOFFMAN et al, 2006).

Para a identificação desta habilidade as técnicas de Análise do Trabalho Cognitivo (ATC) são as mais adequadas, uma vez que a expertise se constrói a partir do conhecimento tácito que está na cognição dos agentes, não é formalizada e não aparece em procedimentos, regras e manuais (CRANDALL et al, 2006).

A grande complexidade que envolve o trabalho do previsor meteorológico requer que diversos métodos sejam combinados para a efetiva captura e entendimento dos processos cognitivos. Sendo assim, métodos de observação, entrevista semi-estruturada e estruturada, organização e representação de conhecimento formaram a base metodológica deste estudo, desenvolvido através de um processo iterativo e baseado em duas fases, conforme a figura 1.

2.1 Fase 1: Conhecimento Base do Trabalho do Meteorologista

Nesta fase, o principal objetivo consistiu em obter familiaridade com o domínio estudado, conhecendo o ambiente de trabalho, os profissionais e suas rotinas, jargões e vocabulário próprios, ferramentas e conhecimento utilizados, e construir um relacionamento transparente e eficiente com os participantes.

A coleta de conhecimento foi realizada por meio da técnica de narração de histórias, complementada pela observação da realização de uma previsão meteorológica. Durante a observação foi solicitado que o profissional participante narrasse o que estava fazendo, pensando, olhando e sentindo enquanto desempenhava suas atividades, conforme o método *Think Aloud* (SOMEREN et al., 1994).

Após a validação destes dados com o meteorologista foi estruturada uma entrevista para aprofundamento do conhecimento eliciado até então.

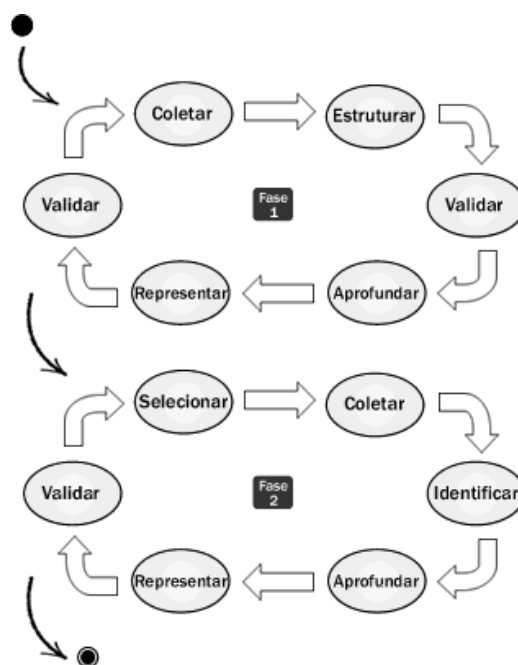


Figura 1. Método baseado em duas fases iterativas. Na fase 1, foi conhecido o trabalho do meteorologista por meio de observações e entrevistas. Na fase 2, foi usado o método de decisão crítica – MDC.

2.2 Fase 2: Estudo de um Evento Chuvoso Intenso

Nesta fase, o objetivo foi eliciar o conhecimento do meteorologista na previsão de chuvas intensas, aprofundando os resultados obtidos na fase 1. Foi utilizado o Método de Decisões Críticas (MDC), que se inicia pela identificação de um caso apropriado (previsão de chuva intensa) vivenciado pelo indivíduo e que seja recente a ponto do mesmo se lembrar dos detalhes e recuperar dados do evento. Para a adequada aplicação do MDC, o caso escolhido deve contemplar momentos em que o profissional vivenciou um grande salto no seu entendimento da situação ou realizou uma ação que afetou a sequência de eventos.

O método MDC foi aplicado em duas sessões devido à complexidade do domínio estudado. A primeira sessão consistiu basicamente na identificação do caso (previsão chuva intensa) e na construção da linha do tempo, de onde emergem os seus eventos importantes. Na segunda sessão, um pouco mais longa, foram

realizadas as etapas de aprofundamento para conhecer-se, por meio de entrevistas estruturadas, como o meteorologista lidou com cada um dos eventos. Após isso, foram realizadas algumas rodadas de validação, nas quais novos aspectos do conhecimento foram descobertos.

3. RESULTADOS DA FASE 1: O TRABALHO DO METEOROLOGISTA

Durante a fase 1, o foco do estudo foi o cotidiano do meteorologista. O estudo mostrou que o trabalho é desenvolvido por apenas um profissional em cada turno em uma sala sem interação com o meio exterior (figura 2). Os dados meteorológicos são todos fornecidos por ferramentas computacionais, que mostram a situação da atmosfera no passado próximo, e por modelos matemáticos, que prevêem o seu comportamento para o futuro. Não é feito nenhum tipo de anotação entre as consultas a estes artefatos e as informações são mantidas na mente do meteorologista, compondo uma imagem mental sobre a dinâmica atmosférica.

O uso da janela como um auxílio à percepção da nebulosidade e contribuição para a validação dos dados interpretados a partir dos modelos também é mencionado pelos profissionais.

Uma série de procedimentos se encontra documentada para auxiliar a decisão de troca de nível de alerta, bem como as ações necessárias para cada um, como, por exemplo, as instituições que devem ser comunicadas em cada estágio de monitoramento.



Figura 2. Sala do Sistema Alerta Rio.

3.1 Conhecimento Tácito na Previsão do Tempo

A tarefa de prever o tempo depende de um processamento mental do previsor a partir da análise dos resultados de diferentes modelos matemáticos da atmosfera. As ferramentas e modelos consultados, bem como a ordem desta tarefa, variam de pessoa a pessoa, bem como a interpretação das variáveis meteorológicas (por ex. temperatura, vento, umidade etc.) nos diferentes prazos de previsão dos modelos matemáticos.

Este modelo mental construído por cada meteorologista é constituído por: (a) conhecimento prévio a respeito da dinâmica da atmosfera; (b) conhecimento corrente, recebido pelas ferramentas e outros meios de comunicação; (c) base teórica; (d) experiência; e (e) expertise.

A influência do conhecimento tácito é perceptível na principal decisão do meteorologista no Alerta Rio: a alteração de estágio de alerta. Para isto, cada indivíduo define seus próprios parâmetros para saber “se”, “quando”, “onde” e “como” uma chuva intensa poderá atingir o município do Rio de Janeiro.

4. RESULTADOS DA FASE 2: A PREVISÃO DE CHUVAS INTENSAS

Durante a fase 2, com a aplicação do Método de Decisões Críticas (MDC), um conjunto de dados de grande relevância a respeito das particularidades das atividades de previsão de chuvas intensas executado pela equipe do Alerta Rio pôde ser capturado em um curto período de tempo.

Os dados obtidos na fase 2 foram estruturados por meio de esquemas de codificação para facilitar a análise. Esta estruturação de dados visa separá-los e decompô-los a fim de organizá-los de diferentes maneiras para facilitar a compreensão dos padrões em que eles foram dispostos. Neste trabalho, procurou-se estruturar estes dados através da escolha de um conjunto de categorias que apoiaram a tomada de decisão do meteorologista para emitir um alerta de chuva intensa. Para isso, foram separados extratos do conteúdo da história e das respostas das entrevistas estruturadas, provenientes da aplicação das fases do MDC. Estes extratos foram classificados e organizados nas seguintes categorias:

Experiência anterior, Base teórica, Ferramenta, Pista, Procedimento e Colaboração

Esta classificação foi realizada por um meteorologista com oito anos de experiência em previsão de tempo, mestrado em chuvas intensas e que está desenvolvendo pesquisa de doutorado também na área de extremos de chuva.

O gráfico da figura 3 representa a parcela de cada categoria dos dados coletados por meio do MDC. Estes indicam a grande importância da experiência anterior do meteorologista (41%) e das ferramentas disponíveis (22%) no processo de previsão do tempo. Considerando-se os grupos formados por Experiência Anterior, Pista e Colaboração, que representam o conhecimento tácito, e Base Teórica, Ferramentas e Procedimentos, considerados como conhecimento explícito, nota-se que ambos possuem igual importância, cada um com aproximadamente metade do conjunto de trechos transcritos destacados.

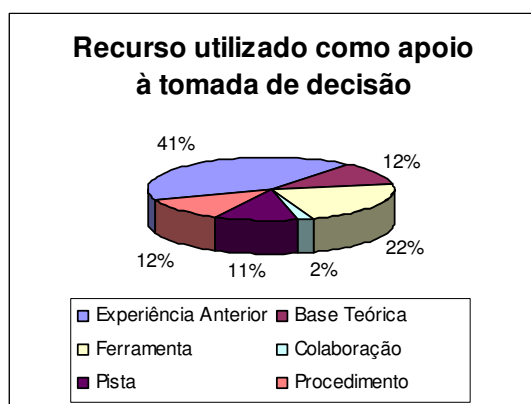


Figura 3: Conteúdo das transcrições organizado de acordo com a categoria de apoio à tomada de decisão

5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos sugerem que a experiência e o conhecimento tácito do meteorologista são fatores importantes na realização de uma previsão meteorológica e emissão de alerta de um evento de chuva intensa com potencial para causar transtornos à população. A decisão de alterar um estágio de alerta exige rapidez e segurança.

Além disso, os modelos numéricos de previsão do tempo, que são a principal ferramenta dos previsores, apresentam deficiências em prever grandes volumes de chuva e muitas vezes apresentam previsões que são diferentes entre os distintos modelos consultados. Não são apenas as previsões do que vai acontecer que apresentam imprecisões, mas também as observações do que já aconteceu e do que acontece no momento. Além disso, a quantidade de estações meteorológicas nem sempre é suficiente para diagnosticar todas as áreas da cidade. Esta carência de apoio tecnológico, associada a outros problemas estruturais, pressiona o trabalho contra os limites do erro.

Para contornar estes problemas e situações que fogem da rotina, os profissionais precisam criar e executar quase simultaneamente novos planos de ação, ou seja, precisam estar prontos para improvisar. Esse tipo de situação é descrito por Mendonça e Wallace (2007). De acordo com Hollnagel (2006) a variabilidade no desempenho do trabalho é necessária para lidar com a complexidade do mundo real. O desempenho normal de cada meteorologista difere entre si e do normativo, uma vez que não segue exatamente as regras e procedimentos prescritos e sim os que resultam dos ajustes realizados e heurísticas criadas para se obter o êxito neste tipo de ambiente imprevisível. Esta adaptabilidade e flexibilidade, que leva o ser humano a antever problemas e adaptar o trabalho às condições e deficiências locais, de acordo com a visão sistêmica sobre os acidentes, quando se torna insuficiente leva à ocorrência de uma previsão falha ou divulgada sem a antecipação suficiente para a preparação da resposta aos efeitos do evento natural. Quanto mais problemas tecnológicos e estruturais se acumulam, aumenta o hiato entre a necessidade do profissional para realizar o trabalho e a disponibilidade de recursos, conforme ilustrado na figura 4, o que não necessariamente o impede de conseguir concluir o trabalho de forma correta tecnicamente na maioria das vezes. Além disso, a pressão exercida pelo crescimento da demanda que, no caso estudado, se traduz em mais solicitações das condições meteorológicas fora dos horários estabelecidos para emissão de boletins e maior antecedência nas emissões de alertas, também aumenta a necessidade de flexibilidade e adaptabilidade dos profissionais.

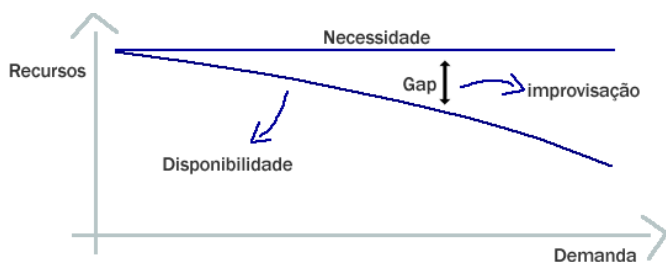


Figura 4: Falta dos recursos apropriados leva à improvisação para suprir os *gaps*.

As alterações climáticas que vêm sendo vivenciadas desde o início do século XXI e causando desastres mais frequentemente e com piores consequências para as populações (IPCC, 2010) também contribuem para o aumento desta pressão. A figura 4 mostra o surgimento de lacunas no trabalho entre as curvas de disponibilidade e necessidade de recursos em decorrência do aumento da demanda. Estes devem ser supridos pela capacidade de se adaptar do profissional ao sistema como um todo, improvisando soluções para lidar com esta falta. Essa capacidade de improvisar pode ser vista como uma flexibilidade no trabalho cognitivo e é variável de um profissional para outro.

Essa variabilidade é justificada pelo longo emprego de conhecimento tácito na construção do modelo mental da dinâmica atmosférica do previsor meteorológico. Esse modelo é constituído por conhecimento pessoal prévio, oriundo de estudo e treinamentos, experiências passadas, expertise, base teórica e conhecimento corrente, obtido por meio das ferramentas.

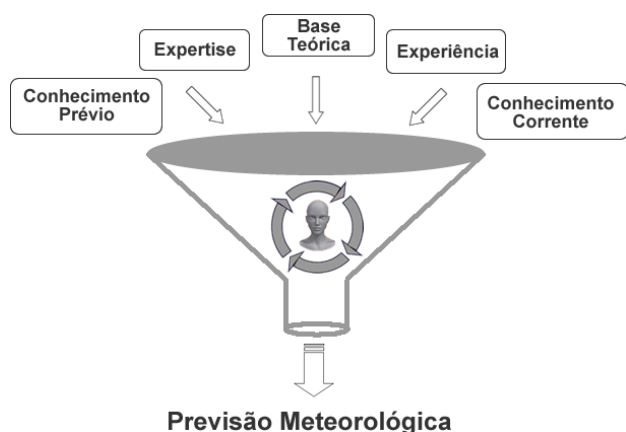


Figura 5: Construção do modelo mental do previsor

Entretanto, esta improvisação que, pontualmente se mostra segura, contribui para o surgimento de novos problemas que não eram conhecidos e que podem resultar em previsões inadequadas. Sistemas complexos como estes devem ser entendidos não apenas como uma interação física entre homem e máquina, mas sim como um sistema cognitivo conjunto, conforme proposto por Hollnagel e Woods (1999).

6. CONCLUSÕES

A realização desta pesquisa tornou possível analisar aspectos fundamentais do trabalho dos meteorologistas na previsão de chuvas intensas na cidade do Rio de Janeiro. Para lidar com sua complexidade, foram empregadas técnicas de Análise do Trabalho Cognitivo combinadas, que possibilitaram capturar dados a respeito da realização de tarefas tanto rotineiras quanto realizadas em momentos decisivos. A análise de caso de chuva intensa contribuiu para a identificação de aspectos relativos à cognição no trabalho dos meteorologistas. A partir disto, já é possível começar a identificar, no sistema, pontos críticos que podem estar contribuindo para a pressão exercida contra o limite do desempenho seguro das atividades. Estes pontos precisam ser mais bem analisados, assim como o uso dos artefatos nestas funções.

A experiência e a percepção de pistas, que são baseadas em conhecimento tácito, foram identificadas como fatores de grande importância para a tomada de decisão. Desse modo é necessário aprofundar a eliciação deste conhecimento dos meteorologistas a fim de permitir a manutenção do mesmo e o rápido aprendizado dos novatos. Isso se faz ainda mais necessário dado que é frequente a troca de meteorologistas, principalmente nos períodos de renovação do contrato de prestação de serviço. Do ponto de vista organizacional os resultados obtidos mostram a necessidade de desenvolvimento de mecanismos de apoio à colaboração entre profissionais experientes e novatos, além da manutenção de meteorologistas experientes no quadro de funcionários do Alerta Rio.

A predominância de ferramentas e modelos baseados nas dinâmicas atmosféricas do hemisfério norte e de latitudes médias exige maior esforço cognitivo do profissional para adaptar as interpretações em

determinadas situações para o hemisfério sul em latitudes tropicais. Sendo assim, é possível concluir que há a necessidade de se tornar mais fácil e ágil o acesso do meteorologista a informações precisas e corretas. Isso irá permitir que o mesmo não precise adaptar tanto seu trabalho, conferindo ou corrigindo dados mentalmente, evitando, portanto, o aumento da pressão exercida sobre o trabalho. Neste ciclo, a pressão contribui também para o aumento da improvisação, o que pode levar a falhas.

Este trabalho descreve os resultados até o estágio em que se encontra a eliciação do conhecimento tácito e expertise dos meteorologistas do sistema Alerta Rio. Entretanto, já é possível delinear os pontos críticos do trabalho, nos quais a experiência do profissional é essencial para o êxito de suas atividades. Somente tendo concluído o aprofundamento desta etapa, será possível, então, projetar um sistema cognitivo, composto por humano e computador como uma só unidade, que facilite e torne mais preciso o trabalho de previsão meteorológica.

7. REFERÊNCIAS

- CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. R. *Working Minds: A Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis*. The MIT Press, 2006.
- DERECZYNSKI, C.; SILVA, J.; OSORIO, C. Climatologia da precipitação no município do rio de janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia (RBMET)*, v. 24, n. 1, p. 24–38, 2009.
- HOFFMAN R. R., COFFEY J., FORD K., NOVAK J. A method for eliciting, preserving, and sharing the knowledge of forecasters. *Weather and Forecasting*, v. 21, p. 416–428, 2006.
- HOLLNAGEL, E. Resilience engineering - concepts and precepts. Ashgate, 2006. cap. Resilience – the Challenge of the Unstable, p. 8–16.
- HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 51, p. 339–356, 1999.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - Climate Change 2007: Synthesis Report. Acessado em 08 - 2010. *Eletrônico*. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf>.
- KLEIN, G. A.; CALDERWOOD, R.; MACGREGOR, D. Critical decision method for eliciting knowledge.

IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. 19, n. 3, p. 462–472, 1989.

MENDONÇA, D.; WALLACE, W. A cognitive model of improvisation in emergency management. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, v. 37, n. 4, p. 547–561, 2007.

SOMEREN, M. W. van; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. *The Think Aloud Method: A Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*. Academic Press Limited, 1994.

VINCENT, D. G.; KAROLY, D. J. *Meteorology of the Southern Hemisphere*. American Meteorological Society, Boston, Mass., 1998. viii, 410.

ZHU, Y.; THOT, Z. Extreme weather events and their probabilistic prediction by the NCEP ensemble forecast system. In: *Preprints for the symposium on the precipitation Extremes: Prediction, impacts and responses*, 2001.