

PROPOSTA DE AÇÃO INTEGRADA DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS SOCIAIS NA MITIGAÇÃO DE RISCOS NATURAIS

*Geraldo de Freitas Maciel¹, Fabiana de Oliveira Ferreira², Guilherme Henrique Fiorot³,
Evandro Fernandes da Cunha⁴, Carolina Oliveira e Oliveira⁵, Roberta Brondani Minussi⁶.*

Resumo – Esta comunicação surge da motivação de investigar mais detalhadamente os escoamentos com superfície livre de fluidos hiperconcentrados, de reologia não-newtoniana, no âmbito de catástrofes naturais. Dentro deste contexto, este trabalho apresenta duas vertentes: uma visão preliminar das ciências sociais; e ações no plano de engenharia (visão mais mecanicista) no que diz respeito ao estudo dos escoamentos de fluidos laminares em corredores, canais e encostas íngremes. Dessa forma, este trabalho apresenta produtos desenvolvidos dentro do grupo RMVP (Grupo de Pesquisa em Reologia de Materiais Viscosos e Viscoplasticos) a partir de estudos experimental, matemático e numérico, e que fornecem como resposta soluções do fenômeno *roll wave*. Este fenômeno é caracterizado por frentes periódicas de onda que se deslocam com elevada velocidade na superfície livre. Sua presença em fenômenos naturais compromete a integridade de estruturas em áreas de risco e pode ainda potencializar os danos causados em catástrofes desta natureza.

Palavras-Chave – Riscos Naturais, *Roll Waves*, Medidas de prevenção.

AN ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCE PROPOSAL FOR NATURAL RISKS RESEARCH

Abstract – This communication emerges from the motivation to investigate in more detail free surface flows of hyperconcentrated fluid (non-Newtonian rheology) concerning natural disasters. Within this context, this work is twofold: a preliminary vision of the social sciences; and engineering actions (more mechanistic approach) with regard to the study of muddy fluid flow down inclined planes (channels, corridors and steep slopes). Thus, this work presents products developed by RMVP group (Research Group on Rheology of Viscous and Viscoplastic Materials) from experimental, mathematical and numerical studies, and provides, as output, solutions to roll wave phenomenon. This phenomenon is characterized by periodic surges moving on the free surface with high velocity. Its presence in natural phenomena compromises the integrity of structures in hazardous areas and can even enhance damages caused in disasters of this nature.

Keywords – Natural Risks, Roll waves, Mitigation measures.

¹ Professor Titular da FEIS-UNESP, Dep. de Eng. Civil, Alameda Bahia, 550, 15385-000, Ilha Solteira/SP - Brasil. e-mail maciel@dec.feis.unesp.br

² Doutoranda em Eng. Elétrica, FEIS-UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira/SP - Brasil. e-mail fabri@dem.feis.unesp.br

³ Doutorando em Eng. Civil, INSA de Rennes, LGCGM, Rennes, France gfirot@insa.rennes.fr

⁴ Mestrando em Eng. Mecânica, FEIS-UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira/SP - Brasil. e-mail evandrofernandesc@yahoo.com.br

⁵ Mestranda em Eng. Mecânica, FEIS-UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira/SP - Brasil. e-mail carololiveira.eng@gmail.com

⁶ Doutoranda em Eng. Mecânica, UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, Bloco B, Florianópolis/Santa Catarina – Brasil. e-mail roberta@labcet.ufsc.br

1. INTRODUÇÃO

Desastres naturais é um tema cada vez mais presente e que tem sido amplamente divulgado, visto que têm ocorrido em nível mundial, em função das mudanças climáticas como resultado do aquecimento global, modificações da paisagem e mal planejamento urbano.

Quando se trata de desastres naturais, causando grande impacto na sociedade, estes são distinguidos em função da natureza do fenômeno que o desencadeia. O efeito impactante do acidente resulta da ação conjunta de causas de natureza meteorológica, geológica ou geomorfológica ou uma combinação destas, sendo potencializada por ações de antropização. Tais desastres são decorrentes de fenômenos, como as tempestades, inundações, deslizamentos de terra, terremotos, vulcões, etc., que ocorrem em diversas partes do mundo, podendo, em algumas regiões, se fazerem presentes em locais de maior vulnerabilidade. Vale, entretanto, ressaltar que se não houver danos ou a ocorrência for em uma área não povoada, o fenômeno é considerado apenas um evento natural.

Alguns estudos apontam dados de aumento não só na frequência, mas principalmente nos danos e prejuízos causados nas últimas décadas (Marcelino, 2006). Segundo o banco de dados global de desastres naturais (EM-DAT, 2007), a maior ocorrência entre os anos 1900 e 2006 foi na Ásia, com 3699 registros, seguidos pelo continente americano com 2416 registros. Destes, os desastres que mais ocorreram em todo o mundo foram as inundações (35%) que estão associadas a furacões, tornados e vendavais.

No ano de 2011, segundo o relatório global de clima e catástrofes da Aon Benfield e conforme apontamentos na página do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), foram registradas catástrofes naturais que causaram grandes impactos em várias partes do mundo: inundações no Brasil, terremotos na Nova Zelândia e no Japão (acidente na usina nuclear de Fukushima) seguido por tsunami, além de tempestades acompanhadas por tornados nos Estados Unidos, o furacão Irene também em território norte-americano, assim como alagamentos na Tailândia, tremores de terra na Turquia e tempestades nas Filipinas (UNISDR⁷, 2012).

Segundo dados do UNISDR (2012), o ano de 2011 foi marcado por 302 desastres naturais que mataram 29.782 pessoas no mundo, notadamente na Ásia. A estimativa é que os desastres geraram US\$ 366 bilhões de prejuízos, podendo ser considerado, em termos financeiros, o ano mais caro da história.

1.1 Desastres Naturais no Brasil

O cenário natural do Brasil também vem sendo afetado por mudanças climáticas e temos nos deparado com sucessivos eventos naturais como inundações e deslizamentos de terra nas épocas de chuvas. Estas ocorrências, associadas ao mal planejamento urbano, assoreamento de rios, desmatamento de encostas e ocupação de locais inadequados para moradia, causam verdadeiras catástrofes.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, dentre os fenômenos naturais, os que ganham mais destaque são as corridas de lama ao longo das encostas que ocorrem após chuvas intensas (Guidicini e Nieble, 1984). E quando atingem áreas com infra-estruturas, o evento se torna catastrófico, causando diversos prejuízos de ordem humana, social, ambiental e econômica. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (2009), os deslizamentos de terra são as maiores causas de mortes por desastres naturais no mundo.

⁷ Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres

O Estado do Rio de Janeiro, principalmente no verão, em que chuvas intensas ocorrem, tem sido cenário destas catástrofes. Dentre inúmeros exemplos, um acidente recente foi o deslizamento de terra em Angra dos Reis, Rio de Janeiro (2010), que formou um canal inclinado natural com escoamento de material lamoso que destruiu um albergue, matando cerca de 40 pessoas, conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Deslizamento de terra em Angra dos Reis, Rio de Janeiro (2010).

No ano seguinte (2011), o Rio de Janeiro foi marcado por outra catástrofe natural, que é considerada a maior do Brasil desde o desastre de Caraguatatuba (Figura 2a), no litoral norte de São Paulo em março de 1967 quando após um longo período chuvoso, lama e rochas desceram dos morros, provocando deslizamentos de terra sucessivos e na cidade casas foram soterradas, os rios ganharam fortes correntezas arrastando árvores e estruturas, provocando perdas significativas e a morte de cerca de 500 pessoas (Rebello, 2012).

Na região serrana do Rio de Janeiro (2011) o acidente resultou de uma conjunção ou geografização de 03 fatores, a saber: a ação meteorológica da ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul, relevo íngreme com presença de camada de solo fina saturado pela ação das chuvas intensas (200 a 300 mm em poucas horas), reduzindo sobremaneira a coesão e, por conseguinte, o atrito que, associados a uma ocupação desordenada do espaço, quando não com práticas geotécnicas errôneas, explica o acidente em sua amplitude. Assim, os escorregamentos de encostas e frentes de lama foram favorecidos, formando verdadeiros canais naturais com transporte de detritos e material lamoso significativo, conforme apresentado na figura 2b. Nesta situação, grande parte da destruição foi causada pelo efeito tipo frentes de lava torrencial com dinâmica e energia suficiente para destruir bens e infraestrutura, erodir leitos (desnudando até eventos pretéritos) e, provocando forçosamente vítimas. Segundo um balanço divulgado pela Defesa Civil Estadual do Rio de Janeiro em 28/01/2011, houve 8.777 desabrigados e mais de 20 mil desalojados. E ainda, o trabalho de um médico legista aponta que ao todo foram 950 vítimas fatais e que restam 430 pessoas desaparecidas neste desastre (Guidugli, 2012).



(a)



(b)

Figura 2 – (a) Catástrofe em Caraguatatuba em 1967, (b) Deslizamentos em Teresópolis em 2011.

Geralmente, os acidentes ocorridos em encostas e corredores com corridas de fluidos hiperconcentrados (misturas hiperconcentradas de água, argila, areia e agregados de maior

granulometria, com níveis elevados de concentração) não só veiculam grande carga de sedimento, mas também blocos de rocha, tronco de árvores, o que vem potencializar os danos em toda sua extensão.

Catástrofes dessa natureza têm sido resolvidas através de medidas pouco eficazes, que dificilmente recuperam os prejuízos, pois as medidas corretivas diminuem pouco o risco⁸, mas não evitam os acidentes. Na verdade, medidas de prevenção e de gestão devem urgentemente ser aplicadas a estes ambientes, evitando futuros danos. **O Estado brasileiro tem obrigação de romper definitivamente com o paradigma da tragédia anunciada.**

2. VERTENTES DA PESQUISA

2.1 Aproximação Mecanicista

Do ponto de vista mecanicista, foco desta pesquisa, sabe-se que em acidentes da natureza aqui tratada, além da formação de frentes energeticamente danosas, o transporte de sedimentos é significativo nos fluxos resultantes, sejam de fluidos ainda de propriedades newtonianos (água) ou fluidos não newtonianos (água + finos, hiperconcentrados), podendo surgir, no seio destes escoamentos, instabilidades que viriam a potencializar os danos causados. Estes fenômenos são instabilidades de elevado nível energético que podem surgir na superfície livre de corridas de lama em canais inclinados, encostas, e que tendem a se propagar sob forma de um trem de ondas. Estas ondas que se apresentam com formas constantes e periódicas e com velocidade de propagação característica são denominadas *roll waves*.

Apesar de surgirem mais frequentemente em canais artificiais (Figura 3), não é raro encontrá-las em ambientes naturais, tais como, em rios e lagos (Fer *et al.*, 2002), deslizamentos de encostas, *debris* e *mudflows*, avalanches, etc.



Figura 3 – Propagação de *rollwaves* em canais artificiais: (a) *Rollwaves* em vertedouro do reservatório de LlynBrianne, em Wales, Reino Unido, (b) *Roll waves* em um canal de concreto (Lions Bay, British Columbia – Canadá), (c) Filme do Cemagref - Grenoble - França.

Dentro do contexto de catástrofes naturais e seus riscos, a equipe RMVP – Reologia de Materiais Viscosos e Viscoplasticos – Grupo de pesquisa certificado no CNPq – UNESP vem desenvolvendo trabalhos, de natureza teórica, física e numérica, na busca de identificar propriedades reométricas de materiais hiperconcentrados, como por exemplo, mistura de água e argila, água, areia, argila (Maciel *et al.*, 2009), com aplicação em problemas tipo ruptura de barragem (Leite, 2009), (Minussi e Maciel, 2012) e ainda, formação de instabilidades na superfície

⁸ O risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se riscos que são estimados, avaliados e calculados, e podem ser assumidos ou recusados. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal. Yvette Veyret - Paris X – Nanterre.

livre de escoamentos hiperconcentrados (Maciel *et al.*, 2013), de natureza não-newtoniana, tema desta comunicação.

A presença de *roll waves*, seja em canais naturais ou artificiais além de ocasionar transbordamentos e carreamento de detritos, devido ao seu poder erosivo, o fenômeno pode causar sérios prejuízos econômicos e sociais, caso atinjam ambientes com presença de infraestrutura civil e população. Embora não exista no Brasil a presença do fenômeno comprovada através de medições em canais naturais ou artificiais, ou encostas, outros países, como Nova Zelândia, China, Suíça e Itália confirmam o surgimento de frentes e trens de ondas em escoamentos lamosos.

Um exemplo destas ocorrências foi em Acquabona (Zanuttigh e Lamberti, 2007), na Itália, onde existe uma bacia de drenagem monitorada, que contém um canal de 1300 m com registros de escoamentos com presença de frentes de ondas e carregamento significativo de detritos. Este tipo de informação no Brasil ainda é escasso, se não inexistente.

É importante destacar que o tratamento da natureza de fluidos presentes neste tipo de evento requer cuidado, pois surge naturalmente a necessidade de se identificar e qualificar a parcela sólida da mistura e a própria mistura (coesiva/não coesiva, por exemplo) assim como quantificar as correlações existentes entre tensões aplicadas no escoamento com as taxas de deformação decorrentes, ou seja, a reologia do material em escoamento, que, via de regra, apresenta relativa complexidade.

Ainda que quando da tentativa de modelagem matemática introduzamos os termos mais apropriados a cada tipo de fenômeno (*mud floods*, *mudflows*, *debris flows*), numa tentativa de categorização dos eventos, sabe-se da dificuldade e complexidade em catalogar um determinado evento em função das variabilidades dos parâmetros físicos, dados reológicos experimentais oriundos de coleta de material algumas vezes localizada e não em todo trecho da corrida, ou até mesmo em função da precariedade e/ou inexistência dessas informações.

Neste sentido, identificar as condições de formação e manutenção de instabilidades do tipo *roll waves*, e desenvolver métodos de previsão de sua evolução são trabalhos de interesse no ramo científico. Maciel (2011) ilustra e tenta aproximar este tema em sua reflexão sobre o atual problema de gestão de riscos e de prevenção de catástrofes no Brasil.

Cabe salientar, que o estudo da ocorrência, evolução e prevenção destas instabilidades (*roll waves*) é tema de competências múltiplas, abrangendo matemática de sistemas hiperbólicos, sistemas dinâmicos, teoria da bifurcação, física, e diversos campos das engenharias, devendo, forte provavelmente, chamar à atenção e o interesse de engenheiros hidráulicos e de recursos hídricos.

2.2 Aproximação do problema no contexto das ciências sociais

A análise do risco constitui o domínio científico e técnico cujo objeto é a identificação e análise dos diferentes fatores do risco: ela visa à promoção de medidas de prevenção, redução e mitigação, assim como o desenvolvimento de políticas públicas de gestão territorial e de informação dirigidas aos indivíduos e comunidades.

Com as transformações globais, as dinâmicas populacionais de urbanização e litoralização, não reversibilidade de muitos dos processos naturais, a expressão espacial dos riscos e a qualificação da probabilidade de ocorrência de eventos extraordinários têm adquirido progressiva importância. A estes focos de interesses associam-se as preocupações dos cidadãos, das comunidades, das instituições ou dos estados, relativamente aos valores ambientais e aos critérios de segurança e fiabilidade dos processos, estruturas e equipamentos, o que determina a incorporação de princípios éticos e de responsabilidade na gestão dos perigos (Tavares, 2008).

No Brasil, os desastres naturais e todo o flagelo dele decorrente encontraram, em termo de ação governamental, no episódio de 2011, da região serrana (RJ), um primeiro projeto promissor

visando monitorar área de riscos e gerar alertas à população eventualmente em risco, seja em situação crítica, seja em ações que venham exigir até mesmo a reinstalação daqueles moradores, comunidades, para áreas mais seguras. Os acidentes da Região Serrana do Rio de Janeiro, com saldo de 950 mortes e cerca de 15.000 sinistrados, criou um novo paradigma na questão do desastre natural no país. A criação em 2011 do **CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento de Alerta de Desastres Naturais)** como agente federal responsável por emitir alertas sobre a ocorrência de eventuais desastres em locais que podem colocar a vida das pessoas em risco tem por objetivo desenvolver, testar e implementar um sistema de previsão de ocorrência de Desastres Naturais em áreas suscetíveis em todo o Brasil; com 300 municípios brasileiros já sendo monitorados. Dentre as competências do CEMADEN, destaca-se a realização de pesquisas que produzam informações e auxiliem nas ações contra desastres naturais.

Na sua essência, a finalidade maior do Centro e de suas ações será reduzir de imediato os indicadores preocupantes de riscos naturais no Brasil, no tocante, especificamente, ao número de mortes. Para tanto haverá a necessidade de uma gestão integradora de ações de órgãos da esfera da União, do Estados e Municípios, trabalhando de forma conjunta e sincronizada. Trata-se enfim, de um desafio de todos nós, tendo a Universidade a tarefa de antever, explicar e problematizar questões e tanto quanto possível delinear diretrizes no tocante a medidas de prevenção, predição e de mitigação associados aos desastres naturais. Tal iniciativa, está em consonância com as orientações da Conferência Mundial sobre a Redução dos Desastres (UN IATF/DR, 2005), que estabeleceu os princípios orientadores e as práticas capazes de incrementar a resiliência das comunidades vulneráveis a desastres, num contexto do desenvolvimento sustentável, nomeadamente através da identificação, avaliação e monitorização dos riscos, recorrendo ao desenvolvimento científico, e à capacitação técnica para observar, prever, modelar e cartografar os perigos naturais, e ainda aumentar a capacidade de resposta dos sistemas de alerta precoce, a partir de uma forte base institucional de implementação, desde escalas nacionais a locais.

Este referencial (UN IATF/DR, 2005) contribuiu para o aprofundamento das ciências do risco, através da definição de medidas simples, de normas de proteção estrutural, ou de iniciativas financeiras ou de alocação de recursos. Procura-se assim, a implementação de ações, não só para reduzir o potencial de desastres, mas também para manter a dinâmica dos objetivos do *Millennium Development*, que incluem a redução da pobreza, a adaptação às alterações climáticas e a melhoria dos indicadores da saúde (Tavares, 2008).

Como é salientado pelo *World Economic Forum* (WEF, 2010) é necessário construir uma abordagem holística para a gestão do risco a nível nacional, a par da condução de análise de custo-benefício para a gestão do mesmo, visando melhorar a utilização de fundos e entender os benefícios, e crescimento a longo prazo do retorno dos investimentos dessa gestão, a par de uma comunicação clara e consistente sobre a natureza dos riscos e das estratégias para minimizá-los. A capacidade de produzir informação e inovação e, simultaneamente promover novas e existentes infraestruturas, são chaves para a prevenção dos riscos e fundamentais para a resiliência das populações.

3. PRODUTOS ELABORADOS PELO GRUPO DE PESQUISA RMVP E DISCUSSÕES

Dentro do contexto geração e propagação de *roll waves*, o grupo RMVP tem trabalhado no plano matemático, numérico e experimental, na busca de identificar condições de geração destas ondas, como mostra a Figura 4 - Organograma com os produtos desenvolvidos pelo grupo RMVP. Ainda que não apresentado nessa comunicação, o grupo RMVP vem não só formando recursos humanos no assunto como também enveredando esforços no entendimento dos elementos de tradução da catástrofe, conforme preconizado pela antropologia.

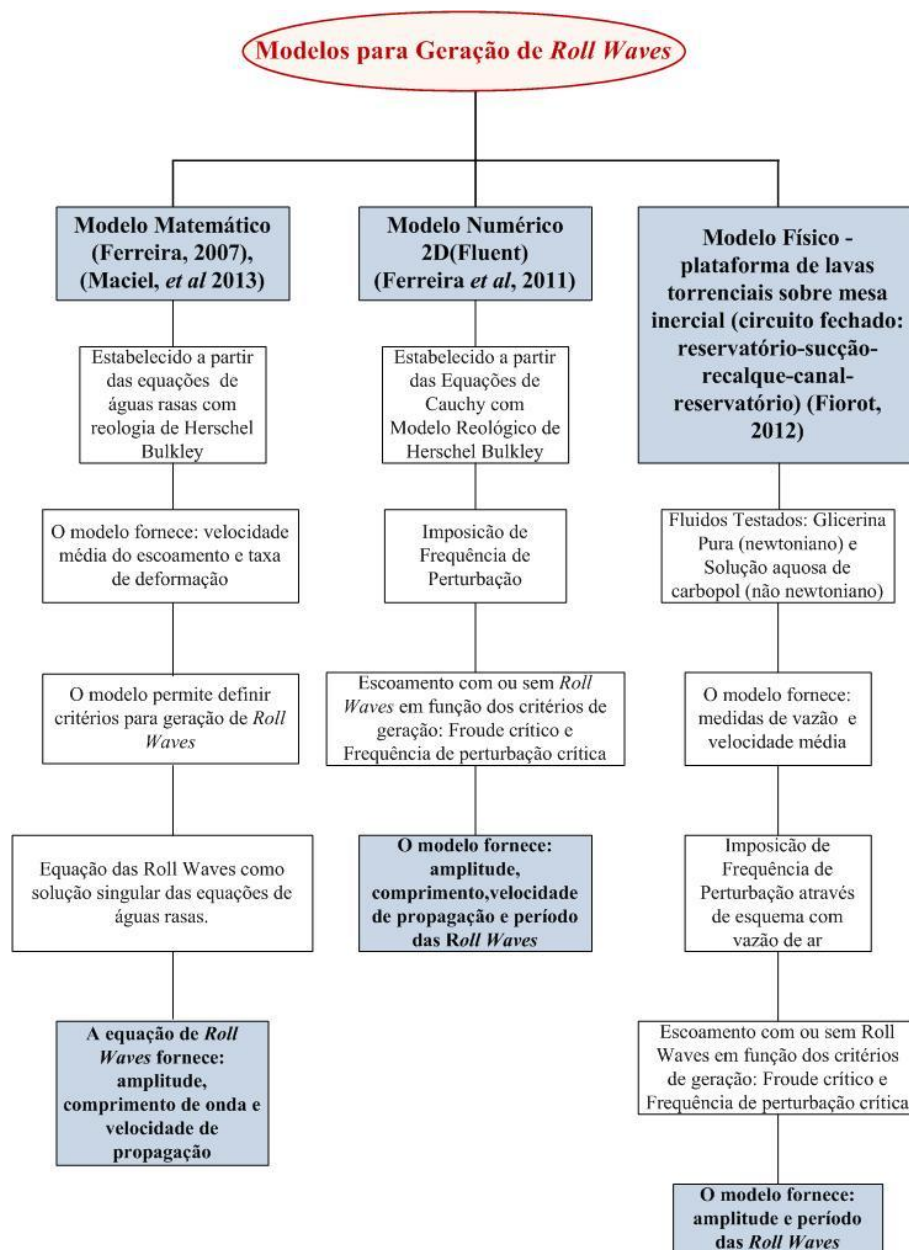


Figura 4 – Organograma com os produtos desenvolvidos no grupo RMVP.

Para efeito de visualização e comparação dos resultados obtidos através dos modelos apresentados no organograma (Figura 4), a Figura 5 ilustra resultados de *roll waves* em escoamento de glicerina pura (fluido newtoniano), por já termos disponíveis e validados esses resultados. Os eventos com fluidos não-newtonianos estão em fase de ensaio e exploração.

Os modelos que vêm sendo propostos pelo grupo de pesquisa RMVP têm apresentado resultados coerentes com os observados nos experimentos em laboratório. O grupo tem contribuído sobremaneira, preenchendo lacuna importante na literatura, devido a escassez ou quase inexistência de dados experimentais do fenômeno. A reologia Herschel-Bulkley, privilegiada pelo grupo, é representativa do material presente nas corridas de lama e eventos similares. Por fim, como já citado, os pesquisadores do Grupo têm se envolvido e atraído outros colaboradores mais consoantes com as ciências sociais, no que tange sobretudo à tradução da catástrofe, não registrando apenas seu

lado destrutivo, mas computando também os aspectos construtivos, quando da definição e implementação, por exemplo, de novas políticas públicas que permitam antever/evitar o desastre ou se este vier a se produzir que as comunidades eventualmente sinistradas estejam mais adaptadas e por conseguinte, mais resilientes.

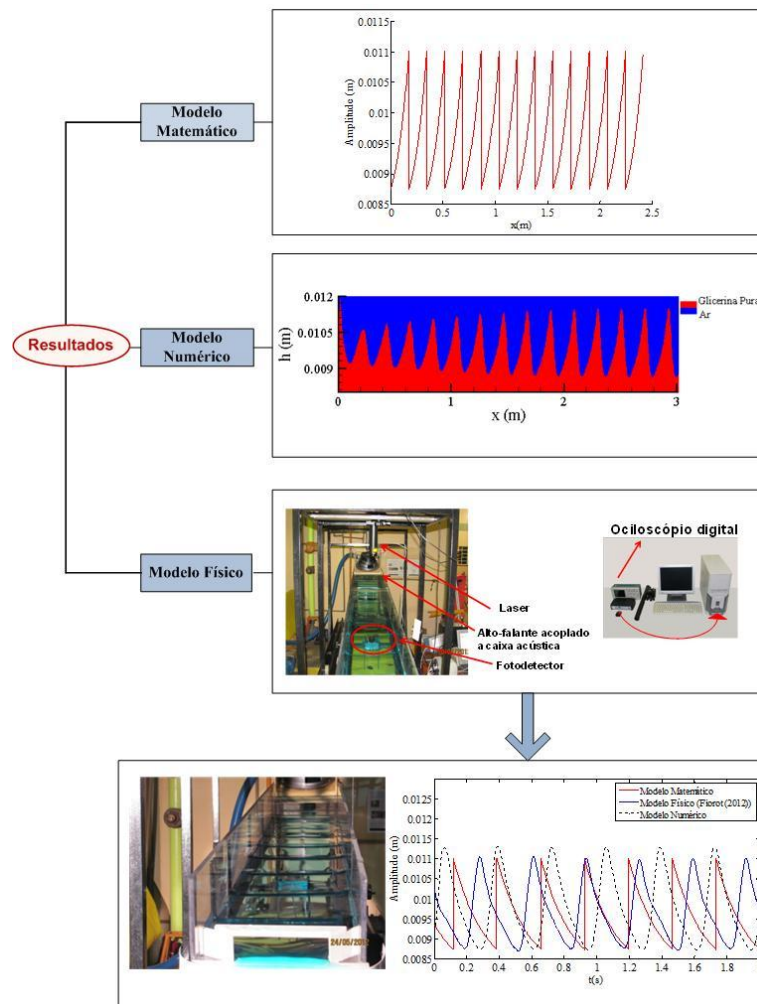


Figura 5 – Organograma dos resultados obtidos com os produtos desenvolvidos no grupo RMVP.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, ao CNPq e ao projeto CAPES/FCT pelos financiamentos de Mestrado, Doutorado, respectivamente, e pelos auxílios de projeto.

REFERÊNCIAS

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Disponível em: www.cemaden.gov.br

EM-DAT – Emergency Events Database. The OFDA/CRE *International Disaster Database*. Disponível em: www.em-dat.net.

FER, I.; LEMMIN, U.; THORPE, S.A. (2003). Winter cascading of cold water in Lake Geneva. *Journal of Geophysics, Berlin*, v.107, (C6), nº 3060.

FERREIRA, F. O. Abordagem matemática de roll waves em escoamentos hiperconcentrados com superfície livre. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2007.

FERREIRA, F. O., MACIEL, G.F., FIOROT, G.H., GIL, L. M.C.C; MINUSSI, C. R., CUNHA, E. F. (2011). Riscos e Catástrofes Naturais: Presença de Roll Waves em corridas de lamias. In: *XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, ABRH,10, 2011, Maceió. Anais... Maceió: ABRH, 2011. p. 98. CD-ROM.

FIOROT, G. H. (2012). Mitigação de Riscos e Catástrofes Naturais: Análise Numérico-Experimental de Roll Waves Evoluindo em Canais Inclinados, 187f Dissertação (Mestrado), FEIS-UNESP, 2012.

GUIDUGLI R.B, CANDIDO, M., CAMARGO, R.S, SIMONSEN, S., PERIOLI, C. (2012) Manejo de Corpos em Desastres de Massa. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS*, 9, 2012, Rio Claro. Anais... Rio Claro, CD-ROM.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1984). Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo: Edgar Blücher. 142p.

LEITE, L. O. B. (2009). Determinação física e numérica de corridas de lama em escoamentos resultantes de ruptura de barreira retendo material viscoplástico. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MACIEL G. F., SANTOS H. K., FERREIRA F. O. (2009). Rheological Analysis of Water Clay Compositions in Order to Investigate Mudflows Developing in Canals, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng., ABCM, 31(1), pp. 64-74.

MACIEL, G. F. (2011). “*Dá pra mudar...*”. <http://www.webartigos.com/articles/57005/1/Da-para-mudar/pagina1.html>, acessado em 20/05/2011.

MACIEL G. F., FERREIRA F. O., FIOROT, G. H. (2013). Control of instabilities in non-Newtonian free surface fluid flows, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng., ABCM, 10 p, DOI: 10.1007/s40430-013-0025-y

MARCELINO, E.V., NUNES, L.H, KOBIYAMA, M. (2006). Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. Caminhos de Geografia, v.6, n.19, p.130-149.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. (2009). Disponível em: <http://mct.gov.br>.

REBELLO, E. R.G; CARVALHO, B.E.F.C.C, COSTA. J.A.V; FREITAS, M.A.S; UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em: <http://www.ausaid.gov.au/Publications/Pages/ausaid-unisdr-partnership-framework-2011-13.aspx>

TAVARES, A. O. (2008). A Gestão Territorial dos Riscos Naturais e Tecnológicos e o Ordenamento do Território. A perspectiva a partir do Plano Regional de Ordenamento do Território – Centro. RevCEDOUA, nº 22 (2), CEDOUA/FDUC, Coimbra, pp.59-73.

UN IATF/DR – UN Inter-Agency Task Force (2005). Disponível em: <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1040>.

WEF (2010) – Global Risks 2010. A Global Network Report, World Economic Forum Report, Geneva, 49p.

ZANUTTIGH, B.; LAMBERTI, A. (2007). “*Instability and surge development in debris flows*”, Reviews of Geophysics, v. 45, n. 3, p. 1–45.