

Programação do V Curso de Inverno do Observatório Sismológico da UnB

Curso 1: Inversão de forma de onda por momento tensor (ISOLA)

Prof. Dr. Jiří Zahradník (Charles University in Prague, Czech Republic) Prof. Dr. Efthimios Sokos (University of Patras, Greece), Prof. Dr. Ronnie Quintero (Seismological and Volcanological Observatory of Costa Rica), Prof. Dr. Juan M Gómez (Universidad Autonoma do México), Dr. Patricia Pedraza (Servicio Geológico Colombiano), Prof. Dr. Silvina Nascif Suvire (University of San Juan), Prof. Dr. Silvana Spagnotto (University of São Luiz), Prof. Dr. Celeste Bolina (University of La Plata), Dr. O'Leary Matos – (Centro de Estudos Sismológico de Cuba), Dr. Fabio Luiz Dias (Observatório Nacional), Dr. Juraci Mario de Carvalho (UnB), Prof. Dr. Lucas Vieira Barros (UnB)

16/11 – 20/11, 09:00 – 17:00.

Palestra 1: Sismologia urbana: como os sismômetros registram as atividades culturais

Prof. Dr. Susanne Taina Ramalho Maciel (UnB)

16/11 – 17:00 - 18:00

Palestra 2: Gestão de Riscos e Segurança de Barragens

Prof. Dr. André Pacheco de Assis (UnB)

17/11 - 17:00 - 18:00

Palestra 3: Análise de dados do terremoto de Cartago de 4 de maio de 1910 e sua possível relação com a atual atividade sísmica

Prof. Dr. Ronnie Quintero (UNA - Costa Rica)

18/11 - 17:00 - 18:00

Palestra 4: Tomografia de Forma de Onda de Alta Resolução da América do Sul

Msc. Bruna Chagas de Melo

19/11 - 17:00 - 18:00

Palestra 5: Histórico do terremoto de Pacajus, efeitos e consequências

Msc. Francisco Brandão (Defesa Civil)

20/11 - 14:00 – 14:15

Palestra 6: Comportamento em face de terremotos, experiência desenvolvida no âmbito da aplicação de normas de segurança humana em instituições

Eng. Natália Segura, Lobo

20/11 - 14:15 - 15:00

Palestra 7: Paleossismicidade e sismicidade histórica no Nordeste do Brasil: implicações para o risco sísmico

Prof. Hilário Bezerra (UFRN)

20/11 15:00 – 15:45

Palestra 8: Nordeste do Brasil: Um Laboratório Natural para Estudos de Sismicidade Intraplaca

Prof. Dr. Marcelo Assumpção (USP)

20/11 – 16:00 – 16:45

Palestra 9: Lançamento do livro: A participação brasileira no sistema de verificação do Tratado de Proibição Total de Testes Nucleares - CTBT

Prof. Dr. Lucas Vieira Barros

20/11 – 17:00 – 18:00

Curso 1: Waveform inversion for moment tensor (ISOLA)

Trata-se da oferta de um curso em nível de pós-graduação relacionado com a inversão de formas de ondas na obtenção dos parâmetros de fontes de sismos locais e regionais. Irá atender a demanda de conhecimentos de geocientistas da América Latina (AL) e será ministrado por professores da UnB e externos à UnB. O curso utilizará o software ISOLA, desenvolvido recentemente e já com larga aplicação na inversão do Momento Tensor, criado pelos professores que irão ministrar o curso (Jiří Zahradník, Efthimios Sokos).

Palestra 1: Sismologia urbana: como os sismômetros registram as atividades culturais
Nos anos recentes, o estudo de fontes urbanas vem se tornando um campo ativo de pesquisa na sismologia, com os mais variados objetivos. É possível, por exemplo, monitorar tráfego em grandes cidades, registrar movimentações de um número significativo de pessoas, ou obter mapas de microzonação. Além disso, com o avanço das técnicas de imageamento por ruído ambiental, o delineamento de fontes urbanas passa a ser de grande interesse pela comunidade científica. Os registros de tremores urbanos também são um forte aliado na divulgação científica, já que a interpretação do sinal sísmico passa a ter um significado concreto, e muitas vezes afetivo, para as pessoas. Nesta palestra, iremos mostrar os resultados da análise do ruído sísmico em Brasília, e os principais avanços nesta área.

Palestra 2: Gestão de Riscos e Segurança de Barragens

A palestra vai focar os principais modos de ruptura e segurança de barragens, introduzindo os conceitos de riscos de engenharia, tanto sob o enfoque qualitativo quanto quantitativo. Assim, a métrica de riscos será discutida, bem como o conceito de custo global da estrutura. Por fim, serão discutidos aspectos de abordagem probabilística, quantificação da probabilidade de falha para os diversos modos de falha

de barragens, e monetização de consequência de uma eventual ruptura e do risco em si, dentro de um contexto de gestão de risco como ferramenta de tomada de decisão para segurança de barragens.

Palestra 3: Análise de dados do terremoto de Cartago, Costa Rica de 4 de maio de 1910 e sua possível relação com a atual atividade sísmica

Historicamente, a cidade de Cartago e sua vizinhança foram gravemente afetadas por eventos sísmicos superficiais de magnitude moderada a forte ($5,0 \leq m_b \leq 6,2$), que causaram graves danos à população e às obras de infraestrutura da área. Na contagem destes históricos terremotos, está o de Santa Monica de 4 de maio de 1910, registrado na estação sísmica localizada no Instituto Nacional de San José às 18h00 47 minutos e 35 segundos (hora local).

A falha de Agua Caliente, localizada a cerca de 10 km ao sul-sudoeste da cidade de Cartago, foi considerada por alguns autores como a causa do terremoto de Santa Mónica de 1910; No entanto, a atual sismicidade registrada pela rede sísmica OVSICORI-UNA mostra atividade sísmica na parte oeste e centro da cidade; Portanto, outra fonte que gerou o terremoto de 1910 e mais perto da cidade não pode ser descartada como uma possível fonte do terremoto de 1910.

Os dados registrados pela Rede Sismográfica do Observatório Vulcanológico e Sismológico da Costa Rica (OVSICORI-UNA) e as localizações epicentrais dos terremotos corticais localizados a leste do Vale Central, mostram atividade sísmica abaixo da cidade de Cartago, como o evento sísmico apresentado em 26/07/2014, registrada às 05:49:50 (UTC), MI 4.4, localizada em Taras de Cartago e que, de acordo com a análise de modelagem da forma de onda para o tensor de momento, mostra como possível origem do terremoto, uma falha de direção lateral esquerda, vertical e SW, com parâmetros de proa / mergulho / escorregamento de $230^\circ / 85^\circ / -8^\circ$ e que estaria localizada a cerca de dois km a oeste do centro da cidade ou uma falha de escorregamento lateral direita com direção NW, vertical e que cortaria a cidade de NW a SE e com parâmetros de rumo / mergulho / escorregamento de $321^\circ / 82^\circ / -175^\circ$.

O referido sismo foi o maior registado pela OVSICORI-UNA no centro da cidade de Cartago, durante o período de registo da Rede e a sua localização coincide com um dos principais endereços indicados por Pedro Nolazco Gutiérrez em o sismograma do terremoto de 4 de maio de 1910, coincidindo com a chegada da onda primária registrada na estação sísmica localizada no Instituto Nacional de San José.

O epicentro do terremoto de 26/07/2014 às 05:49:50 (UTC), MI 4.4, que indica a presença de falhas verticais e laterais ativas com direção NW ou SW e a localização de sismicidade cortical a oeste e no centro da cidade de Cartago, não se pode descartar uma falha localizada naquele local, como o terremoto gerado pelo Terremoto de Santa Monica de 4 de maio de 1910, que destruiu Cartago, então capital do país.

Sabendo que com o terremoto de 1910 foram atingidas intensidades na Escala de Mercalli Modificada IX em Cartago e que muitas condições físicas na área central do país

estão preservadas, conforme evidenciado pelo Terremoto Cinchona de 8 de janeiro de 2009 (Mw 6.1), localizada a cerca de 55 km da cidade de Cartago e que produziu efeitos e intensidades semelhantes de terremotos históricos naquela zona epicentral; eles localizam a cidade com um alto grau de ameaça sísmica.

Palestra 4: Tomografia de Forma de Onda de Alta Resolução da América do Sul

O continente Sul-Americano é composto de diversas unidades geológicas, desde sua antiga plataforma Precambriana até a atual faixa orogênica dos Andes. Entretanto, a estrutura de sua litosfera e a sua dinâmica de interação com o manto são amplamente debatidos, e ainda não são completamente compreendidos. O método de tomografia de forma de onda tem o poder de resolver a distribuição 3D de velocidades da onda S, que são sensíveis a temperatura e composição da crosta e manto superior. Porém até recentemente, a distribuição de dados sísmicos era escassa e desigual.

O crescimento recente na distribuição de estações sísmicas de banda larga ao redor de todo continente, nos permite resolver desde estruturas de grande escala até estruturas de escalas regionais, como a subducção da placa Nazca e os limites entre crátons próximos. Reunimos todos os dados disponíveis no continente na base de dados abertos da IRIS, e incluímos as estações da Rede Brasileira de Sismologia e as estações das bacias do Pantanal e Paraná-Chaco que fazem parte do “Projeto Temático 3 Bacias” da FAPESP. Complementamos esses dados com o nosso conjunto de dados global de formas de onda, o que maximiza a amostragem dos dados em uma ampla extensão de frequências, e possibilita a obtenção de informação estrutural detalhada desde a crosta até a zona de transição.

O modelo de tomografia de velocidades S usado é resolvido com as informações do ajuste da componente vertical de ondas, calculados usando o método “Automated Multimode Inversion” (AMI) de ondas de superfície, S- e múltipla S. Cada ajuste de onda fornece um conjunto de equações lineares que descrevem o média 1D de perturbações de velocidade em relação a um modelo 3D de velocidades de referência dentro do volume de sensibilidade do trajeto fonte-receptor. Todas as equações são então combinadas em um grande sistema de equações lineares e invertidos juntos para um modelo isotrópico de ondas S e P, e anisotropia azimutal. Neste trabalho, combinamos os mapas de velocidades de onda S com informações de geologia, localização de kimberlitos, espessura da zona de transição a partir de função receptor e sismicidade. Desta forma obtemos novas informações sobre a estrutura e evolução da litosfera, incluindo crátons, bacias intra-cratônicas e a região da cordilheira dos Andes e a sua dinâmica com a astenosfera.

Palestra 5: Histórico do terremoto de Pacajus, efeitos e consequências

O Estado do Ceará conta hoje com 62 (sessenta e dois) municípios atingidos por tremores de terra, de diversas magnitudes e intensidades. O “Terremoto de Pacajus”, de 20/11/1980, catalogado como o maior tremor de terra do Nordeste brasileiro faz 40 anos. De lá para cá, muito se estudou e muito se aprendeu, diversas foram as maneiras com as quais passamos a conviver com esse fenômeno, uma vez que não é possível se

fazer a previsão desses eventos adversos. De uma forma ou de outra, há uma preparação para a convivência com eles. É comum a terra tremer no Ceará? Guardando as devidas proporções, e fazendo um comparativo com o que acontece no Japão ou no Chile por exemplo, há sim uma diferença grande. Mas, nem por isso, devemos deixar de ter o devido cuidado ao enfrentar esse desastre. A magnitude desse terremoto foi de 5,2 da Escala Richter e a intensidade alcançou a VII da de Escala Mercalli Modificada, que vai de I a XII. Várias foram as vítimas e danos materiais, só não houve óbito. Na região epicentral foram reconstruídas 488 casas. Existe uma preocupação no tocante ao crescimento da população, pois durante esse tempo o número de habitantes dobrou. Nesses 40 (quarenta) anos, acompanhando também essa evolução, tivemos a construção na área epicentral desse evento de habitações sem obedecer a nenhuma norma sísmo resistente. Outro aspecto importante é que esse evento aconteceu na grande Fortaleza, pois a região metropolitana da capital cearense é composta de 19 (dezenove) municípios, dentre eles Pacajus, onde, segundo o IBGE, vivem cerca de 4,5 milhão de habitantes.

Palestra 6: Comportamento em face de terremotos, experiência desenvolvida no âmbito da aplicação de normas de segurança humana em instituições

A Universidade Nacional da Costa Rica tem realizado nos últimos 10 anos esforços de capacitação para que seus colaboradores sejam atores ativos nas ações de preparação e resposta aos desastres, é por isso que em 2020 podemos apresentar parte dos avanços que foram obtidos nesta gestão. Esta apresentação irá mostrar as práticas implementadas nos componentes estrutural, não estrutural e funcional, a fim de promover a resiliência institucional.

Mostraremos as práticas mais recomendadas a serem seguidas pelo grupo face a eventos sísmicos de diferentes magnitudes e relacionaremos com a importância da participação de todos os colaboradores, os nossos protocolos e a incorporação no trabalho normal da Universidade.

Uma sociedade bem informada e preparada é um elo vital para a redução do risco de desastres; uma sociedade mais ativa no Sistema Nacional de Gestão de Risco de Desastres favorece a resiliência social e a Universidade Nacional está empenhada nisso na abordagem à Gestão de Risco de Desastres desde o âmbito da preparação e resposta.

Palestra 7: Paleossismicidade e sismicidade histórica no Nordeste do Brasil: implicações para o risco sísmico

Em regiões intraplacas, a recorrência de falhas tende a ser maior que o período monitorado de forma instrumental. Nesta palestra, serão apresentadas evidências geológicas e históricas sobre a sismicidade no Nordeste do Brasil. Inicialmente, serão mostrados exemplos de relatórios científicos e fontes jornalísticas sobre a sismicidade na região desde 1808. Depois, serão abordadas evidências geológicas. O mapa de Falhas perigosas da América do Sul, lançado recentemente no Journal of South American Earth Sciences (doi: 10.1016/j.jsames.2020.102837) será discutido com ênfase na metodologia de mapeamento de falhas para fins de risco sísmico, incluindo exemplos de falhas com e sem taxas de deslocamento (slip-rate). A correlação entre sismicidade e

falhas geológicas será também discutida. Por último, evidências de liquefação serão apresentadas. A palestra será concluída com uma análise do risco sísmico na região e implicações para o Brasil.

Palestra 8: Nordeste do Brasil: Um Laboratório Natural para Estudos de Sismicidade Intraplaca

Uma das regiões do Brasil mais ativas sismicamente, o Nordeste vem sendo estudado há mais de 40 anos e tem o melhor registro das características dos sismos brasileiros: ocorrem nos primeiros 10 km da crosta superior, geralmente sob regime de tensões transcorrentes de origem regional, e as áreas mais ativas estão ao redor da Bacia Potiguar. É a única região do Brasil onde algumas zonas de falhamento antigas estão claramente em reativação, como o Lineamento de Pernambuco. Apesar do grande avanço nas observações dos sismos e na descrição das suas características, pouco avançamos no entendimento das causas fundamentais da sismicidade intraplaca, aliás um desafio mundial e não apenas do Brasil. As hipóteses explicativas mais comuns envolvem algum tipo de concentração de tensões na crosta superior por variação lateral de estrutura (afinamento da litosfera, tensões de flexura, etc.). Mas não passam de hipóteses gerais ainda a serem confirmadas e que não podem ser usadas nas projeções de ameaça sísmica.

Estas questões serão discutidas para elaboração de mapas de ameaça sísmica do Nordeste.

Palestra 9: Lançamento do livro: A participação brasileira no sistema de verificação do Tratado de Proibição Total de Testes Nucleares - CTBT

O Tratado de Proibição Total de Testes Nucleares (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty - CTBT) proíbe a realização de explosões nucleares em nível global. O CTBT, embora não esteja ainda em vigor, possui um Sistema de Monitoramento Internacional (International Monitoring System - IMS) baseado em sensores geofísicos, com capacidade para detectar globalmente qualquer teste nuclear com potência igual ou superior a 1 kt (quiloton) de TNT. Os sensores da rede mundial IMS usam quatro tecnologias: Sísmica; Infrassônica; Hidroacústica e Radionuclídeos. Os dados da rede IMS são transmitidos para o Centro Internacional de Dados (International Data Center - IDC), localizado na ONU em Viena - Áustria, onde são processados, analisados e interpretados para a identificação de possíveis sinais relacionados com explosões nucleares clandestinas, bem como para emissão de boletins e relatórios sobre quaisquer eventos de interesse ao cumprimento do Tratado. O Brasil, que já assinou e ratificou o CTBT, contribui com dados de três tecnologias: Sísmica, Infrassônica e Radionuclídeos. O Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB) contribui com dados de duas estações, uma sísmica primária e uma infrassônica, ambas instaladas no interior do Parque Nacional de Brasília (PNB). Os dados dessas estações são transmitidos para o SIS - UnB, onde são gravados, analisados e retransmitidos para o IDC, em Viena. As outras estações do IMS no Brasil são: duas estações sísmicas auxiliares, localizadas nos estados do Rio Grande do Norte e do Amazonas; duas estações de radionuclídeos,

localizadas no Rio de Janeiro e no Recife (planejada), e um laboratório de radionuclídeos, localizado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), também na cidade do Rio de Janeiro. Neste texto, apresentamos, resumidamente, o tratado CTBT, o seu sistema de verificação e a participação brasileira no seu cumprimento e vigilância. E, para subsidiar as discussões que vêm sendo levadas a efeito sobre a implantação do NDC brasileiro, apresentamos também uma descrição de um NDC, com definição, atribuições e requisitos de montagem e operação. Por último, são apresentados os resultados das análises de sinais sísmicos e infrassônicos da última explosão nuclear realizada pela Coreia do Norte, em 3 de setembro de 2017, e da explosão acidental ocorrida em Beirute, em 4 de agosto de 2020.