



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

**Relatório de atividades da consultoria técnica
– setembro a dezembro de 2024**



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

**Relatório de atividades da consultoria técnica
– setembro a dezembro de 2024**

Fundação Empresa-Escola de Engenharia da UFRGS

Lisboa • dezembro 2024

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 400/2024 – **DHA/NRE**

Título

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

Relatório de atividades da consultoria técnica – setembro a dezembro de 2024

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

José Falcão de Melo

Investigador Principal, Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 400/2024

Proc. 0605/1101/23652

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

Relatório de atividades da consultoria técnica – setembro a dezembro de 2024

Resumo

A Fundação Empresa-Escola de Engenharia da UFRGS contratou ao LNEC uma colaboração em regime de consultoria técnica no âmbito do projeto de investigação “Desenvolvimento de metodologia para definição do zoneamento da planície de inundação resultante da rotura hipotética de barragens”.

A colaboração, que estava inicialmente prevista para decorrer entre 1 de março de 2023 e 30 de junho de 2024, foi, entretanto, sujeita a duas extensões de prazo, a última delas fixando o fim de 2024 para o término da colaboração.

Este relatório apresenta um resumo das atividades realizadas durante o quarto e último período da colaboração, que decorreu entre 25 de agosto e 25 de dezembro de 2024.

Palavras-chave: Rotura de barragens / Zona de inundação

ZONING OF THE FLOOD PLAIN RESULTING FROM DAM RUPTURES

Technical consultancy activity report – from September to December 2024

Abstract

The “Fundação Empresa-Escola de Engenharia da UFRGS” hired LNEC to collaborate on a technical consultancy basis within the scope of the research project “Development of a methodology for defining the zoning of the floodplain resulting from hypothetical dam ruptures”.

The collaboration was initially scheduled to run from 1 March 2023 to 30 June 2024 but was subsequently extended twice, with the latest extension setting the end of 2024 as the completion date.

This report provides a summary of the activities carried out during the fourth and final phase of the collaboration, which took place from 25 August to 25 December 2024.

Keywords: Dam rupture / Inundation area

Índice

1	Enquadramento da colaboração	1
2	Objetivo do relatório de atividades.....	1
3	Atividades	2
	3.1 Considerações gerais	2
	3.2 Reuniões	2
	3.3 Análise e recomendações sobre questões específicas.....	2
	3.4 Revisão de relatórios e artigos científicos	2
	3.5 Relatório de atividades do LNEC.....	3
4	Conclusões relativas à colaboração sua execução	3
	ANEXO Emails sobre revisão de relatório de Produto - MOC	7

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 25 de agosto e 25 de dezembro de 2024	3
Quadro 4.2 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de março e 31 de agosto de 2023	4
Quadro 4.3 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de setembro de 2023 e 31 de março de 2024	4
Quadro 4.4 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de abril e 24 de agosto de 2024	5

Índice de figuras

Figura A.1 – Solicitação identificada em 3.4 j)	9
Figura A.2 – Primeira iteração em resposta à solicitação identificada em 3.4 j)	9
Figura A.3 – Segunda iteração em resposta à solicitação identificada em 3.4 j)	10

1 | Enquadramento da colaboração

No início de 2023 a Fundação Empresa-Escola de Engenharia (FEENG) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) contratou ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) uma colaboração em regime de consultoria técnica no âmbito do projeto de investigação “Desenvolvimento de metodologia para definição do zoneamento da planície de inundação resultante da rotura hipotética de barragens” – Processo n.º 637/2022 da FEENG.

Este convite surgiu num contexto de colaborações de carácter técnico-científico que vêm sendo mantidas entre a UFRGS e o LNEC desde longa data. Interessa destacar as recentes colaborações no tema do projeto em apreço no âmbito de teses de mestrado e de doutoramento de alunos UFRGS, com envolvimento, designadamente, do investigador do LNEC José Falcão de Melo em diversos júris de avaliação desses trabalhos académicos.

As atividades previstas no contrato contemplam (i) a participação deste investigador do LNEC, ou de outros investigadores do LNEC caso haja vantagem e interesse por parte dos responsáveis do projeto, em reuniões técnicas e em discussões sobre premissas e critérios a serem adotados, (ii) a apresentação de recomendações para confirmação e/ou melhorias nas metodologias existentes referentes a simulações numéricas e ainda (iii) contribuições e discussões no âmbito da componente de modelação física.

A colaboração, que estava inicialmente prevista para decorrer entre 1 de março de 2023 e 30 de junho de 2024, foi, entretanto, sujeita a duas extensões de prazo, a última delas fixando o fim de 2024 para o término da colaboração.

Este relatório apresenta um resumo das atividades realizadas durante o quarto e último período da colaboração, que decorreu entre 25 de agosto e 25 de dezembro de 2024.

2 | Objetivo do relatório de atividades

Ficou estabelecido contratualmente que o LNEC produziria dois relatórios de atividades com periodicidade semestral e um terceiro relatório final no termo do período contratual, que, como já referido, foi estendido além da data inicialmente estabelecida por duas ocasiões:

- Termo Aditivo 01 - Processo nº 637/2022 com data de 22 de maio de 2024;
- Termo Aditivo 02 - Processo nº 637/2022 com data de 23 de agosto de 2024.

Cumprindo com o disposto, as atividades desenvolvidas no âmbito desta consultoria relativa aos três primeiros semestres, ou seja, entre março e agosto de 2023, entre setembro de 2023 e março de 2024,

e entre abril e agosto de 2024, foram reportadas nos respectivos relatórios de cada um desses períodos temporais

O presente relatório contém uma síntese da atividade desenvolvida ao longo do último período desta colaboração em regime de consultoria técnica, ou seja, cobre o período de 25 de agosto as 25 de dezembro de 2024 (4 meses).

3 | Atividades

3.1 Considerações gerais

As atividades realizadas podem ser subdivididas essencialmente em três tipos de atividades:

- reuniões por videoconferência;
- análise e recomendações a questões colocadas pela equipa da UFRGS;
- revisão e recomendações relacionadas com relatórios e artigos científicos.

Na numeração das diversas alíneas correspondentes a atividades sobre temas específicos, foi seguida a sequência da numeração que já fora iniciada no relatório do LNEC referente ao primeiro semestre, por forma a ser mantida a designação das atividades que transitem de um período para o seguinte.

3.2 Reuniões

Não houve reuniões a reportar no período em apreço.

3.3 Análise e recomendações sobre questões específicas

Não houve respostas a questões específicas relacionados com o projeto.

3.4 Revisão de relatórios e artigos científicos

- j) Solicitação feita em *email* de 23 de setembro de 2024, de Renato Steinke Júnior, com o assunto “Relatório de Produto – Modelo de onda cinemática MOC” (Figura A.1), tendo sido respondido pelo LNEC numa primeira iteração em *e-mail* de 8 de outubro (Figura A.2) e numa segunda iteração em *e-mail* de 13 de novembro (Figura A.3).

3.5 Relatório de atividades do LNEC

- d) Elaboração de dois relatórios de atividades do LNEC referentes, respetivamente, ao 3.º semestre e ao quarto período extra (Termo Aditivo 02).
- e) Tempo dedicado a tratar de assuntos administrativos do contrato.

4 | Conclusões relativas à colaboração sua execução

Em termos materiais, considera-se que foram conseguidos progressos muito significativos nas abordagens simplificadas do problema da rotura de barragens, designadamente nos aspetos que se relacionam com a qualidade da topografia e da batimetria dos vales a jusante.

Também em matéria de estimativa de tempos para o pico de vazão nas seções do vale a jusante afetadas pela onda de inundação se considera terem sido exploradas vias simplificadas, mas muito interessantes e promissoras.

Ressalva-se que se considera que o tema ainda não está forma alguma esgotado, havendo muitos aspetos a melhorar e a explorar. Destaca-se que é muito recomendável o enriquecimento para um universo mais vasto de barragens das metodologias implementadas neste projeto, com base em apenas quatro casos de estudo.

Em termos de execução da consultoria por parte do LNEC, verifica-se que foram alocadas 53 horas neste último período do projeto (Quadro 4.1), que, acrescidas às 105 horas previamente alocadas desde o início da consultoria (Quadro 4.2 a Quadro 4.4), corresponde a um total de 158 horas dedicadas ao projeto, ou seja, a uma alocação de 72% do total previsto de 220 horas.

Quadro 4.1 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 25 de agosto e 25 de dezembro de 2024

Item	Descrição	Horas alocadas	Situação
3.4 j)	Projeto UFRGS - Relatório de Produto	43	Concluído
3.5 d)	Relatório atividades 3º semestre e final	10	Concluído
Total de horas alocadas no 4.º Semestre		53	

Quadro 4.2 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de março e 31 de agosto de 2023

Item	Descrição	Horas alocadas	Situação
3.2 a)	Reunião de arranque da colaboração no estudo	2	N/A
3.2 b)	Reunião de ponto de situação	2	N/A
3.3 a)	Dúvida com respeito à aplicação do método simplificado	2	Concluído
3.3 b)	Proposta de contribuição ao método simplificado	4	Em desenvolvimento
3.3 c)	Critérios de geometria de brecha ... Cálculo do conceito de "perigo hidrodinâmico",	8	Concluído
3.4 a)	Revisão de artigos para o XXV SBRH	4	Concluído
3.4 b)	Artigo Simpósio RBRH - P&D Segurança de barragens	4	Concluído
3.4 c)	Artigo Congresso CBDB	3	Concluído
3.4 d)	Projeto UFRGS - Relatório de Estudos de Ruptura	4	Concluído
Total de horas alocadas no 1º Semestre		33	

Quadro 4.3 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de setembro de 2023 e 31 de março de 2024

Item	Descrição	Horas alocadas	Situação
3.2 c)	Reunião com Renato Steinke Jr. para discussão de proposta para estimativa de tempos de pico com base na onda cinemática	2	N/A
3.2 d)	Reunião de ponto de situação sobre os desenvolvimentos dos estudos, com toda a equipa	2	N/A
3.2 e)	Continuação da reunião de ponto de situação com Renato Steinke Jr.	2	N/A
3.3 b)	Proposta de contribuição ao método simplificado (transitado do primeiro semestre)	14	Em desenvolvimento
3.3 d)	Análise adicional sobre o conceito de "perigosidade hidrodinâmica"	10	Concluído
3.4 e)	Projeto UFRGS - Relatório de Estudos de Rotura	6	Concluído
3.5 a)	Relatório de atividades do LNEC do 1.º semestre	6	Concluído
Total de horas alocadas no 2.º Semestre		42	

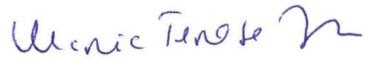
Quadro 4.4 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de abril e 24 de agosto de 2024

Item	Descrição	Horas alocadas	Situação
3.2 c1)	Reunião virtual 1 – onda cinemática	3	N/A
3.2 c2)	Reunião virtual 2 – onda cinemática	3	N/A
3.3 f)	Análise material recebido – onda cinemática	10	Em desenvolvimento
3.4 f) a i)	Elaboração/revisão de 4 comunicações	10	Concluído
3.5 b)	Relatório atividades 2º semestre	4	Concluído
Total de horas alocadas no 3.º Semestre		30	

Lisboa, LNEC, dezembro de 2024

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Recursos Hídricos e
Estruturas Hidráulicas



Maria Teresa Viseu

AUTORIA



José Falcão de Melo
Investigador Principal

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Helena Alegre

ANEXO
Emails sobre revisão de relatório de Produto - MOC

Relatório de produto - Modelo de onda cinemática (MOC)

 Renato Steinke Júnior <re...>
To: José Falcão de Melo; jfmelo64
Cc: Eder Daniel Teixeira; Rute Ferla
23/09/2024

 Relatório de Produto - Parte I - Etapas 14 e 17.docx
2 MB

Caro Melo, como vai?

Como sabe, estamos trabalhando numa complementação ao método simplificado que permitirá estimar tempos para o atingimento da vazão máxima nas seções de análise.

Começamos a elaborar o relatório de produto que tencionamos emitir para a CEEE. Por enquanto, já escrevemos sobre o embasamento teórico e sobre a proposição do método a partir das nossas 4 barragens de estudo. Gostaríamos de contar, por gentileza, com a sua apreciação da versão atual do documento (anexo).

Ultimamente, estamos rodando novas simulações e aplicando o método proposto em barragens diferentes, para verificar a validade do método. Ainda falta concluirmos estas análises para podermos incluir no relatório. Independente dos resultados, seguimos na linha de realizar o que for possível com um número reduzido de barragens, na linha de, futuramente, estas ideias serem empregadas em um universo maior de barragens.

Muito obrigado pela ajuda,
Renato Steinke

Figura A.1 – Solicitação identificada em 3.4 j)

Re: Relatório de produto - Modelo de onda cinemática (MO...

 Jose Melo <jfmelo@lne...>
To: Renato Steinke Júnior, jfmelo64
Cc: Eder Daniel Teixeira; Rute Ferla
08/10/2024

 Relatório de Produto - Parte I - Etapas 14 e 17_JM.docx
2 MB

Caro Dr. Renato Steinke Jr.

Já dei uma leitura ao draft do relatório, sendo que remeto com anotações em comentários e track changes.

Penso que para a a estimativa de tempos de chegada a partir das estimativas de tempo de pico com base na onda cinemática, seria interessante estabelecer as gamas que se consideram adequadas para vale estreito inclinado, vale intermédio, e vale largo pouco inclinado. Com base nesse possível estabelecimento das gamas para cada tipo de vale, sugiro uma possível abordagem em que se criam um vale prismático teórico de cada tipo, no qual se rompem barragens de dimensões comuns de concreto e de aterro (uma para cada tipo de barragem). Com base nisto retirava-se para cada um dos seis casos uma equação obtida por regressão para $Tc/Tp=f(Li, \text{tipo barragem, Tipo vale})$. Essa expressão produziria tempos de chegada para as 4 barragens deste projeto e comparava-se estes com os fornecidos para cada um por aplicação direta do Hec-Ras e uma das topografias do estudo (a mais rigorosa, por exemplo).

Fica a sugestão,

Se quiseres trocar ideias de viva voz, dispõe.

Um abraço

Figura A.2 – Primeira iteração em resposta à solicitação identificada em 3.4 j)

Re: Relatório de produto - Modelo de onda cinemática (MO...



Jose Melo <jfmelo@Ine

To Renato Steinke Júnior

Cc jfmelo64; Eder Daniel Teixeira;
Rute Ferla



13/11/2024



Caros Renato, Eder e Rute,

Foi com especial gosto que li o relatório preparado pelo Renato.

Vê-se que já está com a cabeça limpa das pressões do doutoramento.

O documento está sintético, vai direito ao assunto, que apresenta também de forma muito resumida e objetiva, a componente analítica muito bem apresentada e clara, e os resultados, não fechando o problema (o que é sempre uma coisa boa), são extremamente promissores, permitindo tornar simples um problema complexo. A ser usado na lógica dos métodos simplificados, penso que constitui um inegável avanço.

Devolvo o texto, no qual deixo um par de anotações e sugestões (mais para demonstrar que o li do que por qualquer outra razão!...).

Um abraço,

José Melo

Figura A.3 – Segunda iteração em resposta à solicitação identificada em 3.4 j)



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt