



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

**Relatório de atividades da consultoria técnica
– abril a agosto de 2024**



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

**Relatório de atividades da consultoria técnica
– abril a agosto de 2024**

Fundação Empresa-Escola de Engenharia da UFRGS

Lisboa • dezembro 2024

I&D HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 399/2024 – **DHA/NRE**

Título

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

Relatório de atividades da consultoria técnica – abril a agosto 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 399/2024

Proc. 0605/1101/23652

ZONEAMENTO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO RESULTANTE DA ROTURA DE BARRAGENS

Relatório de atividades da consultoria técnica - abril a agosto 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 estava inicialmente prevista para decorrer entre 1 de março de 2023 e 30 de junho de 2024. No entanto, foi solicitada e aprovada uma extensão do prazo.

Este relatório apresenta um resumo das atividades realizadas durante o terceiro semestre, correspondente ao período de 1 de abril a 24 de agosto de 2024, ou seja, que se estende por mais cerca de dois meses sobre o fim do prazo inicial.

Palavras-chave: Rotura de barragens / Zona de inundação

ZONING OF THE FLOOD PLAIN RESULTING FROM DAM RUPTURES

Technical consultancy activity report – from April to August 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 take place from 1 March 2023 to 30 June 2024. However, an extension of the deadline was requested and approved.

This report provides a summary of the activities carried out during the third semester, covering the period from 1 April to 24 August 2024, which extends approximately two months beyond the initial deadline.

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	Tempo alocado na execução da colaboração	3
	ANEXO Emails sobre análise de questões específicas	7

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de março e 31 de agosto de 2023	4
Quadro 4.2 – Tarefas e correspondente tempo alocado entre 1 de setembro de 2023 e 31 de março de 2024	4
Quadro 4.3 – 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 3.2 c1)	9
Figura A.2 – Solicitação identificada em 3.2 c2)	9
Figura A.3 – Email de envio de informação para análise, identificado em 3.3 f)	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 estava inicialmente prevista para decorrer entre 1 de março de 2023 e 30 de junho de 2024. No entanto, foi solicitada e aprovada uma extensão do prazo.

Este relatório apresenta um resumo das atividades realizadas durante o terceiro semestre, correspondente ao período de 1 de abril a 24 de agosto de 2024, ou seja, que se estende por mais cerca de dois meses sobre o fim do prazo inicial.

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 (Termo Aditivo 01 - Processo nº 637/2022 com data de 22 de maio de 2024).

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

março de 2024, foram reportadas, respetivamente, nos relatórios do LNEC com referências 313/2023 – DHA/NRE de setembro de 2023, e 206/2024 – DHA/NRE de maio de 2024.

O presente relatório contém uma síntese da atividade desenvolvida ao longo do terceiro semestre desta colaboração em regime de consultoria técnica, ou seja, cobre o período de 1 de abril a 24 de março de 2024 (cerca de 5 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

- c1) Dia 15 de maio de 2024 – reunião virtual para discussão do tema suscitado no *e-mail* de 10 de maio de 2024 (Figura A.1) sobre “método da onda cinemática”.
- c2) Dia 4 de julho de 2024 – reunião virtual de *follow-up* solicitada no *e-mail* de 26 de junho de 2024 sobre o “método onda cinemática (Figura A.2).

3.3 Análise e recomendações sobre questões específicas

- f) Análise de material recebido em *e-mail* de 15 de maio de Renato Steinke Jr. (UFRGS) sobre aplicação do “Método de onda cinemática” na simulação simplificada de roturas de barragens para estimativa de tempos de pico (Figura A.3).

3.4 Revisão de relatórios e artigos científicos

- f) Kipper, P. *et al.* (2024) - **Atualizações sobre o Uso de Diferentes Topografias na Propagação de Hidrograma Associado à Ruptura Hipotética de Barragem**. XXXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 1 a 4 de outubro, Medellín, Colombia.

- g) Kipper, P. *et al.* (2024) - **Avaliação da Influência da Batimetria na Ruptura Hipotética de Barragens**. XXXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 1 a 4 de outubro, Medellín, Colombia.
- h) Sanagiotto, D. *et al.* (2024) - **Análise de sensibilidade do coeficiente de Manning na modelagem hidrodinâmica de ondas de cheia em rupturas de barragens**. II FLUHIDROS - Simpósio Nacional de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica e XVI ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 26 a 30 de agosto, Curitiba, PR, Brasil.
- i) Steinke Jr., R. *et al.* (2024) - **Mapa de risco hidrodinâmico: diferenças observadas entre simulações hidrodinâmicas com MDE livre e levantado em campo**. II FLUHIDROS - Simpósio Nacional de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica e XVI ENES - Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 26 a 30 de agosto, Curitiba, PR, Brasil.

3.5 Relatório de atividades do LNEC

- b) Elaboração do relatório de atividades do LNEC referente ao 2.º semestre do período contratual.
- c) Tempo dedicado a tratar de assuntos administrativos do contrato e sua prorrogação.

4 | Tempo alocado na execução da colaboração

No Quadro 4.1 e no Quadro 4.2 recordam-se os tempos que haviam sido alocados a cada uma das atividades do primeiro e segundo semestres da colaboração entre a FEENG e o LNEC, e que constam dos respectivos relatórios de atividade.

No Quadro 4.3 apresentam-se os tempos alocados a cada uma das atividades do terceiro semestre da colaboração entre a FEENG e o LNEC, que são o objeto deste relatório, e que foram identificadas na seção 3.

Verifica-se que foram alocadas, neste segundo semestre de colaboração, 30 horas (14 %) do total previsto de 220 horas. Tendo em conta que no acumulado dos primeiro e segundo semestres haviam sido alocadas 75 horas (34%), verifica-se que foram alocadas ao projeto, até final do terceiro semestre do contrato, 105 horas (48% do tempo previsto no contrato).

Tendo em conta os estudos em desenvolvimento e o facto de haver ainda disponibilidade de bolsa de horas face ao contratado, foi acordado entre o LNEC, a UFRGS a FEENG uma segunda extensão do prazo do contrato até 25 de dezembro.

Quadro 4.1 – 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 4.2 – 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 4.3 – 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, novembro 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 análise de questões específicas

Método da Onda Cinemática



Renato Steinke Júnior <

To José Falcão de Melo

Cc Eder Daniel Teixeira



10/05/2024

Caro Dr. Melo, como vai?



Quanto às novidades da implementação do Método da Onda Cinemática ao Método Simplificado, gostaríamos de combinar uma conversa com você. O senhor tem disponibilidade entre terça (14) e quinta-feira (16) da semana que vem? Se sim, poderia, por gentileza, nos indicar um ou dois possíveis horários?

Muito obrigado desde já.

Abraço,

Renato

Figura A.1 – Solicitação identificada em 3.2 c1)

Re: Método da Onda Cinemática



Renato Steinke Júnior <

To Jose Melo; Jose Melo

Cc Eder Daniel Teixeira; Rute Ferla



25/06/2024

Caro Melo,



Sobre a metodologia que estamos desenvolvendo a partir da Onda Cinemática, gostaríamos de agendar uma nova conversa com o senhor. Tens disponibilidade na quinta ou sexta-feira desta semana? Ou, se for melhor, também podemos buscar um dia da semana que vem. Quanto ao horário, pode ser o que for mais conveniente para o senhor.

Muito obrigado desde já,

Abraços,

Renato

...

Figura A.2 – Solicitação identificada em 3.2 c2)

Re: Método da Onda Cinemática



Renato Steinke Júnior <

To Jose Melo

Cc Jose Melo; Eder Daniel Teixeira;

Rute Ferla



04/07/2024

Em qua., 15 de mai. de 2024 às 14:20, Renato Steinke Júnior <renato.steinkejunior@gmail.com> escreveu:

Caro Melo,

Conforme combinamos, seguem os slides que eu apresentei na nossa conversa de hoje, a partir do slide 18. Os slides 1-17 são das nossas conversas anteriores, para eventual consulta.

Obrigado pelas valiosas contribuições,
Renato

Figura A.3 – Email de envio de informação para análise, identificado em 3.3 f)



www.lnec.pt

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