



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Civil

Avenida João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1Y - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: 34 3239-4159/4170 - www.feciv.ufu.br - feciv@ufu.br



PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO

Componente Curricular:	CONCRETO PROTENDIDO						
Unidade Ofertante:	FECIV						
Código:	GCI 064	Período/Série:	9º	Turma:	Única		
Carga Horária:				Natureza:			
Teórica:	60	Prática:	00	Total:	60	Obrigatória:	Optativa(X)
Professor(A):	Arquimedes Diógenes Ciloni				Ano/Semestre:	2024/1º	
Observações:							

2. EMENTA

Fundamentos básicos da protensão. Estados limites de serviço. Força de protensão. Perdas de protensão. Arranjo longitudinal dos cabos de protensão. Estado limite último.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: Livro eletrônico, artigos, catálogos e manuais, estarão disponíveis para download desde o primeiro dia de aula, no endereço:

https://1drv.ms/u/s!ArdbRqZ5pUppg7ZD_OHyeyBmsjCXtQ?e=ua238W

3. JUSTIFICATIVA

Trata-se de conteúdo MÍNIMO para a formação NECESSÁRIA do engenheiro civil, conferindo condições para o que discente possa evoluir no aprendizado das Estruturas de Concreto Protendido.

4. OBJETIVO

Objetivo Geral:

Entendimento dos mecanismos de resistência do concreto protendido. Conhecimento da metodologia de dimensionamento e verificação da segurança das estruturas de concreto protendido. Conhecimento dos materiais básicos empregados. Conhecimento de técnicas de execução, com ênfase em pré-fabricação. Informação geral e qualitativa sobre o uso da protensão em diversos tipos de estruturas. Projetos de estruturas isostáticas.

Objetivos Específicos:

Dimensionamento de vigas pré-moldadas e vigas de pontes em concreto protendido.

5. PROGRAMA

AULAS		DIA / MÊS	CONTEÚDO
1	a4	20/5/2024	<p>Introdução: apresentação do Plano de Curso, Bibliografia, datas de provas, etc...</p> <p style="text-align: center;"><u>UNIDADE I: Fundamentos da Protensão.</u></p> <p>Objetivos. Histórico. Definição. Revisão do cálculo de tensões.</p> <p>Obs: após esta data, o início da greve dos docentes causou a suspensão do calendário. Estas aulas foram efetivamente ministradas.</p>
5	a8	05/ago/2024	Metodologia da verificação da segurança. Estados Limites. Graus de protensão. Materiais para concreto protendido.
9	a12	12/ago	A noção de perdas de protensão. Comparação entre concreto armado e concreto protendido. Seções transversais das vigas protendidas.
13	a16	19/ago	Tópicos relativos ao projeto de vigas protendidas. Execução e controle da protensão. Regras gerais para o levantamento dos cabos em vigas isostáticas. Equação dos cabos. Detalhes construtivos. Equipamentos de protensão.
17	a20	26/ago	Projeto. Introdução. Características geométricas e mecânicas da seção transversal. Cálculo dos esforços e tensões de referência. Cálculo da força de protensão e da armadura ativa.
21	a24	02/set/2024	Projeto. Continuação. Cálculo dos esforços e tensões de referência. Cálculo da força de protensão e da armadura ativa.
25	a28	09/set	Perdas de protensão. Introdução. Tipos de perdas. Cálculo das perdas imediatas. Sobretensionamento e afrouxamento dos cabos nas extremidades. Alongamento. Exemplos de cálculo de perdas e alongamento.
29	a32	16/set	Cálculo da perda por deslizamento ou por acomodação da armadura. Exemplos. Perdas por deformação imediata.
33	a36	23/set	Projeto: Cálculo de perdas progressivas. Verificação de tensões.

37a	40	30/set	Projeto: Cálculo de perdas progressivas. Verificação de tensões. No dia 19, não haverá atividades (Olimpíada de Engenharia Civil).
41a	44	07/out	O Processo das curvas limites. Fuso-limite. Projeto: Verificação de tensões ao longo do vão pelo processo das curvas limites.
45a	48	14/out	Estado Limite Último: solicitações normais.
49a	52	21/out	Estado Limite Último: solicitações tangenciais.
53a	56	04/nov	Estado Limite Último: solicitações normais e tangenciais. Aplicação ao projeto.
57a	60	11/nov	Perdas progressivas: cálculo pelo método exato. Exemplo de cálculo.
61a	64	18/nov	Complementos. Projetos.

6. METODOLOGIA

Exposição teórica em sala virtual com projeção de slides do conteúdo da disciplina e resolução de exercícios ao vivo. Atividades práticas com o uso de computadores pessoais para o desenvolvimento de projetos e problemas relacionados ao projeto, construção e verificação de estruturas de concreto protendido. Realização de projetos em duplas, obrigatórios para efeito de avaliação.

7. AVALIAÇÃO

CONTEÚDO	FORMA DE AVALIAÇÃO	VALOR (pontos)	DATA PREVISTA
UNIDADE I UNIDADE II UNIDADE III	Prova 1 Prova 2 Prova de Recuperação (se necessário).	100 pontos.	-Primeira: 19 de outubro, 08 hs (Unidade I e II-A). -Segunda: 09 de novembro, 8 hs (Unidade II-B e III). -Recuperação: 16 de novembro 8 hs (matéria toda).

Sistema de avaliação do aprendizado:

• Serão aplicadas três provas, sendo duas parciais (abrangendo cada uma a matéria lecionada na parte respectiva do semestre letivo, conforme identificado na programação de aulas- ver abaixo) e uma ao final do curso (abrangendo toda a matéria lecionada), todas com o mesmo valor (100 pontos). Atribuir-se-á como nota de argüição (NA) a média aritmética das duas melhores notas de provas aplicadas, as quais serão realizadas conforme cronograma já apresentado (ver data prevista na tabela anterior).

• Realização de projeto obrigatório, cuja nota (NP) levará à atribuição ao aluno de um coeficiente ALFA determinado de acordo com a tabela:

ALFA= 1,20 para $NP \geq 90$ pontos;

ALFA= 1,15 para $80 \leq NP < 90$ pontos;

ALFA= 1,10 para $70 \leq NP < 80$ pontos;

ALFA= 1,05 para $60 \leq NP < 70$ pontos;

ALFA= 1,00 para $50 \leq NP < 60$ pontos.

Para orientar a confecção deste projeto obrigatório (que será feito em casa e individualmente por cada aluno), um projeto semelhante será desenvolvido em classe!

Atenção: Data limite para entrega do projeto: a discutir. Data provável: 21 de outubro (sugestão).

• **Critério de Aprovação:**

$NFA \geq 60$ pontos, onde $NFA =$ nota final de aproveitamento, sendo $NFA = ALFA \times NA$.

Em qualquer hipótese, $NFA \leq 100$ pontos.

8. BIBLIOGRAFIA

CONCRETO PROTENDIDO. BIBLIOGRAFIA BÁSICA.

A - Livros.

- Carvalho, R.C. **Estruturas em Concreto Protendido - Pré-tração; Pós-tração; Cálculo e Detalhamento.** Editora Pini. 2ª Edição (2021).
- Cholfe, L. Bonilha, L. **Concreto Protendido - Teoria e Prática.** Editora Pini. (2015, Segunda Edição).
- Chen, W. e Duan, L. **Handbook of International Bridge Engineering.** CRC Press. Estados Unidos, (2014).
- El Debs, M. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações.** Publicação da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC - USP). São Carlos, SP (2000).
- Emerick, A. A. **Projeto e execução de lajes protendidas.** Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- Gimsing, N. **Cable Supported Bridges - Concept and Design.** Editora John Wiley & Sons. (1983).
- Hanai, J.B. **Fundamentos do Concreto Protendido.** Publicação (E-Book de Apoio para o Curso de Engenharia Civil) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC - USP). São Carlos, SP (2005).
- Leonhardt, F. **Construções de Concreto: Concreto Protendido.** Volume 5. Editora

Interciência. (1983).

- O'Connor, C. **Superestruturas de Pontes**. 2 Volumes. Editora LTC. (1975).

B - Normas Técnicas.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: **projeto de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro, (2014). 221p.

- _____ NBR 7187: **projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido: procedimento**. Rio de Janeiro, (2003). 11p.

- _____ NBR 9062: **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. Rio de Janeiro, (2017). 86 p.

- _____ NBR 8681: **ações e segurança nas estruturas: procedimento**. Rio de Janeiro, (2003). Versão corrigida (2004). 18 p.

- FIB BULLETIN 55, **Model Code 2010, Volume 1** (Capítulos 1 a 6), 318 pgs, ISBN 978-2-88394-095-6. Federation International du Béton, (2010).

- FIB BULLETIN 56, **Model Code 2010, Volume 2** (Capítulos 7 a 10), 312 pgs, ISBN 978-2-88394-096-3. Federation International du Béton, (2010).

C - Manuais.

- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. **Manual de construção de obras-de-arte especiais**. 2. ed. Rio de Janeiro, (1995). (IPR. Publ. 602).

- _____: _____: _____. **Manual de projeto de obras-de-arte especiais**. Rio de Janeiro, (1996). (IPR. Publ. 698).

D - Apostilas.

- Bastos, P.S.S. **Notas de Aula de Concreto Protendido**. Apostila Publicada pela UNESP/Bauru. (2019).

- Carvalho, R.C. **Estruturas em Concreto Protendido - Notas de Aula**. Publicação da Universidade Federal de São Carlos. UFSCar. (2012).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.

A - Livros.

- Buchain, R. **Concreto Protendido, Tração Axial, Flexão Simples e Força Cortante**. Editora da Universidade Estadual de Londrina . Londrina (2007).

- BRIME - **Bridge Management in Europe** - Deliverable D14 Final report, (2001).
European Commission DG VII 4th Framework Programme.

<http://www.trl.co.uk/brime/> (acesso em 18-12-2013).

- British Standard Institution (BSI). **Guide to Durability of Buildings and Building Element, Products and Components**. BS 7543. London, (2003).

- Cope, R. **Concrete Bridge Engineering - Performance and Advances**. Elsevier Applied Science (1987).

- Grattesat, G. **Conception de Puentes: Tratado General**. Ed. Técnicos Asociados. Barcelona (1981).

- Guyon, Y. **Limited state design of prestressed concrete**. London: Applied Science Publications, 1972.

- Leonhardt, F. **Construções de concreto: princípios básicos da construção de pontes de concreto**. V.6. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1979.

- Lin, T.Y.; Burns, N. H. **Design of prestressed concrete structures**. New York: John Wiley, 1981.

- Martha, L. F. **Análise de Estruturas**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2010. 524p.

- Mason, J. **Pontes em concreto armado e protendido**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1977.

- Nilson, A. **Design of prestressed concrete**. New York: John Wiley & Sons, 1987.

- [Parsons Brinckerhoff](#). **Bridge Inspection and Rehabilitation: A Practical Guide**. Edited by Louis G. Silano. Wiley-Interscience. (1992).
- Pfeil, W. **Concreto Protendido**. Obra em 3 volumes. LTC. Rio de Janeiro, (1980).
- Rüsç, H. **Concreto armado e protendido**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1981.
- Sustainable Bridges - **Guideline for Inspection and Condition Assessment of Existing European Railway Bridges** - (2007)
<http://www.sustainablebridges.net/> (acesso em 18-12-2013).
- Troitsky, M.S. *Planning and design of bridges*. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- **Ultra-High Performance Concrete**. Proceedings of the Second International Symposium on Ultra High Performance Concrete, Kassel, Germany, (2008).
- **Ultra-High Performance Concrete**. Proceedings of Hipermat 2012 3rd International Symposium on Ultra High Performance Concrete and Nanotechnology for High Performance Construction Materials, Kassel, Germany, (2012).
- Walter, R; Houriet, B; Isler, W.; Moia, P. **Cable Stayed Bridges**. Thomas Telford, London (1988).
- Wittfoht, H. **Puentes: Ejemplos Internacionales**. Ed. Gustavo Gilli. Barcelona (1975).

B - Normas Técnicas.

- ACI-318 – **Building Code Requirements for Structural Concrete** (318-08), American Concrete Institute, 2008 – encontrado em : www.aci-int.org
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10839: execução de obras de arte especiais em concreto armado e concreto protendido: procedimento**. Rio de Janeiro, (1989). 40 p.
- _____ **NBR 9452: Vistorias de pontes e viadutos de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2012). 11 p.
- _____ **NBR 6349: Barras, cordoalhas e fios de aço para armaduras de protensão - Ensaio de tração**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2008). 10 p.
- _____ **NBR 7482: Fios de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2008). 8 p.

- _____ NBR 7483: **Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2008). 7 p.
- _____ NBR 7484: **Barras, cordoalhas e fios de aço destinados a armaduras de protensão - Método de ensaio de relaxação isotérmica.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2009). 5p.
- _____ NBR 14859-1: **Laje pré-fabricada - Requisitos. Parte 1: Lajes unidirecionais.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2002). 15 p.
- _____ NBR 14861: **Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2011). 36 p.
- _____ NBR 9783: **Aparelhos de Apoio de Elastômero Fretado: especificação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (1987). 13 p.
- _____ NBR 12624: **Perfil de elastômero para vedação de junta de dilatação de estrutura de concreto ou aço - Requisitos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2004). 4 p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: NORMA DNIT 010/2004 - PRO: procedimento.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2004). 18 p.
- _____. _____. **Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e metálicos - Especificação de serviço.** NORMA DNIT 091/2006 - ES: especificação. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2009).7p.
- _____. _____. **Pontes e viadutos rodoviários - Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço.** NORMA DNIT 122/2009 - ES: especificação. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2009). 9p.

C - Manuais.

- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2004). 253p. (IPR. Publ. 709).
- _____. _____. _____. _____. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários.** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2010). 161p. (IPR. Publ. 744).
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **SGO -Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais Mobile - Manual do Usuário.** Curitiba: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, (2012). 50 p.

D- Alguns endereços na Internet sobre os temas (sítios recomendados):

1. " <http://www.structural-engineering.fsnet.co.uk/free.htm>" - Remete a outras páginas da Internet em que se pode encontrar softwares de livre acesso.
 2. " <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/protendidos.html>" .
 3. " http://www.ecivilnet.com/artigos/concreto_protendido.htm".
 4. "<http://www.engenhariacivil.com/>" - Engenharia Civil na Internet- Nesta página, encontram-se programas para várias áreas da Engenharia Civil com livre acesso.
 5. " <http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/>" - Projeto da FAPESP com a USP: Tecnologia Educacional para o ensino de Engenharia de Estruturas.
 6. " <http://www.hotfrog.com.br/Produtos/Concreto-Protendido>".
 7. " <http://www.aecweb.com.br/concreto-protendido/especificacao-produtos-fabricantes/5/121/215/1> ".
 8. " http://www.set.eesc.usp.br/public/producao/material_protendido.php"
 9. " <https://prezi.com/f62d2itviefx/execucao-de-vigas-e-lajes-em-concreto-protendido-in-loco/>"
 10. " http://www.premag.com.br/edificacoes_situ.html"
- etc.....(há muito mais material disponível na Internet)*
- 11 .- <http://www.dnit.gov.br/sistemas-gerenciais/sgo>

9. APROVAÇÃO

Aprovado em reunião do Colegiado realizada em: ___/___/___

Coordenação do Curso de Graduação: _____



Documento assinado eletronicamente por **Arquimedes Diogenes Ciloni, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/09/2024, às 20:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5697761** e o código CRC **4C8BA5E5**.

Referência: Processo nº 23117.032629/2024-92

SEI nº 5697761