

Referências Bibliográficas

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. ISBN 978-85-07-04941-8.
- [2] BORTONE, T. P. **Avaliação das tensões no estado limite de serviço em seções de concreto protendido**. abr. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, abr. 2014.
- [3] LAZZARI, P. M. **Implementação de rotinas computacionais para o projeto automático de peças em concreto com protensão aderente e não-aderente**. out. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, out. 2011.
- [4] LAZZARI, P. M.; FILHO, A. C.; GASTAL, F. P. S. L.; BARBIERI, R. A.; SCHWINGEL, R. C. Automatização da verificação de vigas em concreto com protensão aderente e não aderente, segundo as normas brasileira e francesa. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v. 6, n. 1, p. 13–54, fev. 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/341/337>>. Acesso em 9 maio 2015, 12:30.
- [5] CERNE ENGENHARIA E PROJETOS. Projeto executivo do Viaduto de acesso a Santa Isabel, 2013. 15 plantas, 1 memorial de cálculo.
- [6] CERNE ENGENHARIA E PROJETOS. Projeto executivo do Viaduto da Guarita - Pista Norte, 2013. 31 plantas, 1 memorial de cálculo.
- [7] CERNE ENGENHARIA E PROJETOS. Projeto executivo do Viaduto de Jacaré II, 2014. 44 plantas, 1 memorial de cálculo.
- [8] SCHMID, M. R. L. Por que protender uma estrutura de concreto? **Revista Concreto & Construções**, v. 45, p. 33–36, mar 2007. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/rev_construcao_45.htm>. Acesso em 25 abr. 2015, 16:30.
- [9] LEONHARDT, F. **Prestressed concrete design and construction**. 2nd. ed. Berlin-Wilmersdorf, Alemanha: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1964. Traduzido por C. van Amerongen.

- [10] LIN, T. Y. **Design of prestressed concrete structures**. 2nd. ed. Nova Iorque, Estados Unidos da América: John Wiley & Sons, Inc., 1981.
- [11] COLLINS, M. P.; MITCHELL, D. **Prestressed concrete basics**. 2nd. ed. Ontario, Canada: Canadian Prestressed Concrete Institute, 1987. ISBN 0-9691816-6-3.
- [12] SENGUPTA, A. K.; MENON, D. **Losses in prestress (part II)**. Indian Institute of Technology Madras, Chennai, Índia, 2013.
- [13] GUIMARÃES, G. B. **Solicitações em estruturas protendidas**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- [14] RAMASWAMY, G. S. **Modern prestressed concrete design**. Londres, Inglaterra: Pitman Publishing Limited, 1976. ISBN 0-273-00455-7.
- [15] BAŽANT, Z. P.; YU, Q. Relaxation of prestressing steel at varying strain and temperature: Viscoplastic constitutive relation. **Journal of Engineering Mechanics**, v. 139, n. 7, p. 814–823, July 2013.
- [16] LACROIX, R.; FUENTES, A. **Le projet de béton précontraint**. 2ème. ed. Paris, França: Éditions Eyrolles, 1978.
- [17] GUYON, Y. **Constructions en béton précontraint**. 2ème. ed. Paris, França: Éditions Eyrolles, 1978.
- [18] CHAUSSIN, R.; FUENTES, A.; LACROIX, R.; PERCHAT, J. **La précontrainte**. 1ère. ed. Paris, França: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 1992. ISBN 2-85978-180-3.
- [19] HEWSON, N. **Prestressed concrete bridges: Design and construction**. 2nd. ed. Londres, Inglaterra: ICE Publishing, 2012. ISBN 978-0-7277-4113-4.
- [20] ACKER, P.; ULM, F.-J. Creep and shrinkage of concrete: physical origins and practical measurements. **Nuclear Engineering and Design**, v. 203, n. 2, 2001.
- [21] HARANKI, B. **Strength, modulus of elasticity, creep and shrinkage of concrete used in Florida**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - University of Florida, 2009.
- [22] MAGNEL, G. **Prestressed concrete**. 3rd. ed., Concrete Series. Londres, Inglaterra: Butler & Tanner, Ltd, 1954. Traduzido por C. C. Zollman.

- [23] ACI COMMITTEE 209. **Guide for modeling and calculating shrinkage and creep in hardened concrete**. ACI standard. American Concrete Institute, 2008. ISBN 978-0-87031-278-6.
- [24] RANAIVOMANANA, N.; MULTON, S.; TURATSINZE, A. Basic creep of concrete under compression, tension and bending. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 173–180, Jan. 2013.
- [25] ROSSI, P.; TAILHAN, J.-L.; MAOU, F. L. Comparison of concrete creep in tension and in compression: Influence of concrete age at loading and drying conditions. **Cement and Concrete Research**, v. 51, p. 78–84, Sep. 2013.
- [26] Comité Européen de Normalisation. **EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures - part 1-1: General rules and rules for buildings**. Bruxelas, Bélgica: Comité Européen de Normalisation, Dec. 2004.
- [27] American Association of State Highway and Transportation Officials. **AASHTO LRFD bridge design specifications**. 6th. ed. Washington DC, EUA: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012. ISBN 978-1-56051-523-4.
- [28] FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **fib model code for concrete structures 2010**. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 2013.
- [29] DE ARAÚJO, J. M. Sugestões para a revisão da norma brasileira NBR-6118. Rio Grande, nov. 2011.
- [30] WARNER, R. F.; FAULKES, K. A. **Prestressed concrete**. Victoria, Australia: Pitman Publishing Pty Limited, 1979. ISBN 0-85896-599-2.
- [31] Cement Concrete & Aggregates Australia. **Drying shrinkage of cement and concrete**. Sydney, Australia, July 2002.
- [32] ZHANG, W.; ZAKARIA, M.; HAMA, Y. Influence of aggregate materials characteristics on the drying shrinkage properties of mortar and concrete. **Construction and Building Materials**, v. 49, p. 500–510, Dec. 2013.
- [33] RILEM Technical Committee TC-242-MDC. Rilem draft recommendation: Tc-242-mdc multi-decade creep and shrinkage of concrete: material model and structural analysis. **Materials and Structures**, v. 48, n. 4, p. 753–770, Apr. 2015.
- [34] LI, Z. **Construction materials**. Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 2007.

- [35] BAŽANT, Z. P. Prediction of concrete creep and shrinkage: past, present and future. **Nuclear Engineering and Design**, v. 203, n. 1, p. 27–38, Jan. 2001.
- [36] ACI COMMITTEE 209. **Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures**. ACI standard. American Concrete Institute, 1992.
- [37] PCI COMMITTEE ON PRESTRESS LOSSES. Recommendations for estimating prestress losses. **PCI Journal**, v. 17, n. 2, p. 17–31, Mar. 1975.
- [38] GUIMARÃES, G. B. **Flexão**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- [39] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [40] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7483: Cordoalhas de aço para concreto protendido - requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- [41] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7188: Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- [42] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- [43] ACI COMMITTEE 318. **Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary**. ACI standard. American Concrete Institute, 2008. ISBN 978-0-87031-264-9.
- [44] AUTODESK. **Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015: Robot object model**, 2014.
- [45] GAWEDA, R. Tapered section properties with API. Disponível em: <<http://forums.autodesk.com/t5/Robot-Structural-Analysis/Tapered-section-properties-with-API/m-p/5072842#M24241>>. Acesso em 4 jun. 2014, 07:33.
- [46] AALAMI, B. O. Critical milestones in development of post-tensioned buildings. **Concrete International**, v. 29, n. 10, p. 52 – 56, Oct. 2007.

Disponível em:

<http://www.adaptsoft.com/resources/CI_article_Oct_2007.pdf>.

Acesso em 31 out. 2014, 23:00.

- [47] DE RIET, M. Myth buster: Revit & IFC, part 3. Disponível em:
<<http://www.augi.com/library/myth-buster-revit-ifc-part-3>>. Acesso em 2 set. 2014, 15:30.
- [48] GAWEDA, R. Disabling moving loads. Disponível em:
<<http://forums.autodesk.com/t5/robot-structural-analysis/disabling-moving-loads/m-p/5309661#M26944>>. Acesso em 1 out. 2014, 07:30.
- [49] KOSAKOWSKI, A. Properties of RC beam with cuts. Disponível em:
<<http://forums.autodesk.com/t5/Robot-Structural-Analysis/Properties-of-RC-Beam-with-cuts/m-p/5090476#M24480>>. Acesso em 12 jun. 2014, 02:20.
- [50] GAWEDA, R. Surface area of box2. Disponível em:
<<http://forums.autodesk.com/t5/robot-structural-analysis/surface-area-of-box2/td-p/5089598>>. Acesso em 29 set. 2014, 04:30.
- [51] AUTODESK. Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional and Autodesk® Robot™ Structural Analysis 360 2015 Service Pack 3 readme, 2014. Disponível em:
<http://download.autodesk.com/SWDLDDL/Updates/RSA/v1/RSA2015_SP3_readme.htm>. Acesso em 4 jun. 2014, 07:33.

A

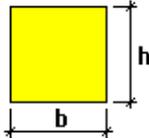
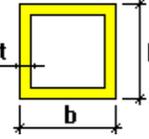
Cálculo das propriedades geométricas para diferentes seções do Robot

A Tabela A.1 apresenta as equações utilizadas para obter as propriedades geométricas necessárias para cada seção. Estas funções são necessárias apenas no caso de seções variáveis, onde o **Prestress** adota uma interpolação linear das dimensões entre o ponto inicial e final (de forma semelhante ao **Robot**) e então calcula as propriedades.

No caso de seção constante ao longo da barra, o **Prestress** adota as propriedades calculadas pelo **Robot**. Vale observar que o valor da inércia e perímetro para a seção T (concreto) dado pelo **Robot** é ligeiramente incorreto.⁴⁹ O **Prestress** mesmo assim adota estes valores nos casos de seção constante. O perímetro da seção caixão também era calculado de forma incorreta,⁵⁰ porém a atualização “Service Pack 3” resolveu este erro.⁵¹

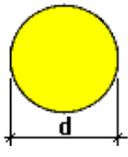
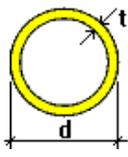
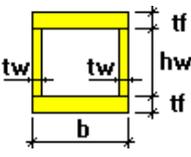
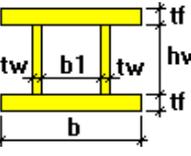
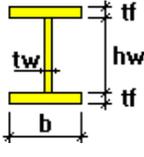
Os perímetros das seções vazadas apresentados aqui consideram apenas o perímetro externo, uma vez que o cálculo das perdas lentas pelo item A.2.4.2 da NBR 6118¹ requer apenas “a parte do perímetro externo da seção transversal da peça em contato com o ar”. Considera-se que toda a seção externa satisfaz esta condição e desconsidera-se o perímetro interno.

Tabela A.1: Propriedades geométricas para diferentes seções

| | | |
|---|---|---|
| Retangula Sólida |  | $A = b \cdot h$ $P = 2(b + h)$ $y = \frac{h}{2}$ $I_y = \frac{1}{12} b \cdot h^3$ |
| Retangular vazada (con- creto) |  | $A = b \cdot h - (b - t)(h - t)$ $P = 2(b + h)$ $y = \frac{h}{2}$ $I_y = \frac{1}{12} (b \cdot h^3 - (b - t)(h - t)^3)$ |

Continua...

Tabela A.1 (cont.)

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Circular Sólida |  | $A = \frac{\pi}{4}d^2$ $P = \pi \cdot d$ $y = \frac{d}{2}$ $I_y = \frac{\pi}{64}d^4$ |
| Circular vazada |  | $A = \frac{\pi}{4}(d^2 - (d - 2t)^2)$ $P = \pi \cdot d$ $y = \frac{d}{2}$ $I_y = \frac{\pi}{64}(d^4 - (d - 2t)^4)$ |
| Retângula vazada (aço) |  | $A = b(h_w + 2t_f) - h_w(b - 2t_w)$ $P = 2(b + h_w + 2t_f)$ $y = \frac{h_w + 2t_f}{2}$ $I_y = \frac{1}{12}(b(h_w + 2t_f)^3 - (b - 2t_w)h_w^3)$ |
| Caixão |  | $A = b(h_w + 2t_f) - h_w(b - 2t_w)$ $P = 2(2(b + t_f - t_w) + h_w - b_1)$ $y = \frac{h_w + 2t_f}{2}$ $I_y = \frac{1}{12}(b(h_w + 2t_f)^3 - (b - 2t_w)h_w^3)$ |
| I simé- trico |  | $A = 2b \cdot t_f + h_w \cdot t_w$ $P = 2(2(b + t_f) + h_w - t_w)$ $y = \frac{h_w + 2t_f}{2}$ $I_y = \frac{1}{12}(b(h_w + 2t_f)^3 - (b - t_w)h_w^3)$ |

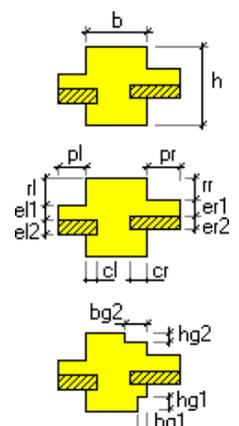
Continua...

Tabela A.1 (cont.)

| | | |
|--------------------|--|--|
| I assi- métrico | | $A = b_1 \cdot t_{f1} + b_2 \cdot t_{f2} + h_w \cdot t_w$ $P = 2(b_1 + b_2 + t_{f1} + t_{f2} + h_w - t_w)$ $y = \frac{1}{A} \left(\frac{b_1 \cdot t_{f1}^2}{2} + h_w \cdot t_w \left(t_{f1} + \frac{h_w}{2} \right) + b_2 \cdot t_{f2} \left(t_{f1} + h_w + \frac{t_{f2}}{2} \right) \right)$ $I_y = \frac{1}{12} (b_1 \cdot t_{f1}^3 + t_w \cdot h_w^3 + b_2 \cdot t_{f2}^3) + b_1 \cdot t_{f1} \left(y - \frac{t_{f1}}{2} \right)^2 + t_w \cdot h_w \left(y - t_{f1} - \frac{h_w}{2} \right)^2 + b_2 \cdot t_{f2} \left(y - t_{f1} - h_w - \frac{t_{f2}}{2} \right)^2$ |
| T (aço) | | $A = b \cdot t_f + h_w \cdot t_w$ $P = 2(b + t_f + h_w)$ $y = \frac{1}{A} \left(\frac{b \cdot t_f^2}{2} + h_w \cdot t_w \left(t_f + \frac{h_w}{2} \right) \right)$ $I_y = \frac{1}{12} (b \cdot t_f^3 + t_w \cdot h_w^3) + b \cdot t_f \left(y - \frac{t_f}{2} \right)^2 + t_w \cdot h_w \left(y - t_f - \frac{h_w}{2} \right)^2$ |
| C | | $A = 2b \cdot t_f + h_w \cdot t_w$ $P = 2(2(b + t_f) + h_w - t_w)$ $y = \frac{h_w + 2t_f}{2}$ $I_y = \frac{1}{12} (b(h_w + 2t_f)^3 - (b - t_w)h_w^3)$ |

Continua...

Tabela A.1 (cont.)

| | |
|--|---|
| <p>T (concreto)</p>  | $A = b \cdot h + p_\ell (e_{\ell 1} + e_{\ell 2}) + p_r (e_{r 1} + e_{r 2}) - b_{g1} \cdot h_{g1} - b_{g2} \cdot h_{g2}$ $P = 2(b + h + p_\ell + p_r)$ $y = \frac{1}{A} \left(\frac{(b - b_{g2}) h_{g2}^2}{2} + \frac{b(h - h_{g1} - h_{g2})(h - h_{g1} + h_{g2})}{2} + h_{g1}(b - b_{g1}) \left(h - \frac{h_{g1}}{2} \right) + p_\ell (e_{\ell 1} + e_{\ell 2}) \left(r_\ell + \frac{e_{\ell 1} + e_{\ell 2}}{2} \right) + p_r (e_{r 1} + e_{r 2}) \left(r_r + \frac{e_{r 1} + e_{r 2}}{2} \right) \right)$ $I_y = \frac{1}{12} \left((b - b_{g2}) h_{g2}^3 + b(h - h_{g1} - h_{g2})^3 + (b - b_{g1}) h_{h1}^3 + p_\ell (e_{\ell 1} + e_{\ell 2})^3 + p_r (e_{r 1} + e_{r 2})^3 \right) + h_{g2}(b - b_{g2}) \left(y - \frac{h_{g2}}{2} \right)^2 + b(h - h_{g1} - h_{g2}) \left(y - h_{g2} - \frac{h - h_{g1} - h_{g2}}{2} \right)^2 + h_{g1}(b - b_{g1}) \left(y - h + \frac{h_{g1}}{2} \right)^2 + p_\ell (e_{\ell 1} + e_{\ell 2}) \left(y - r_\ell - \frac{e_{\ell 1} + e_{\ell 2}}{2} \right)^2 + p_r (e_{r 1} + e_{r 2}) \left(y - r_r - \frac{e_{r 1} + e_{r 2}}{2} \right)^2$ |
|--|---|

B

Dados dos exemplos

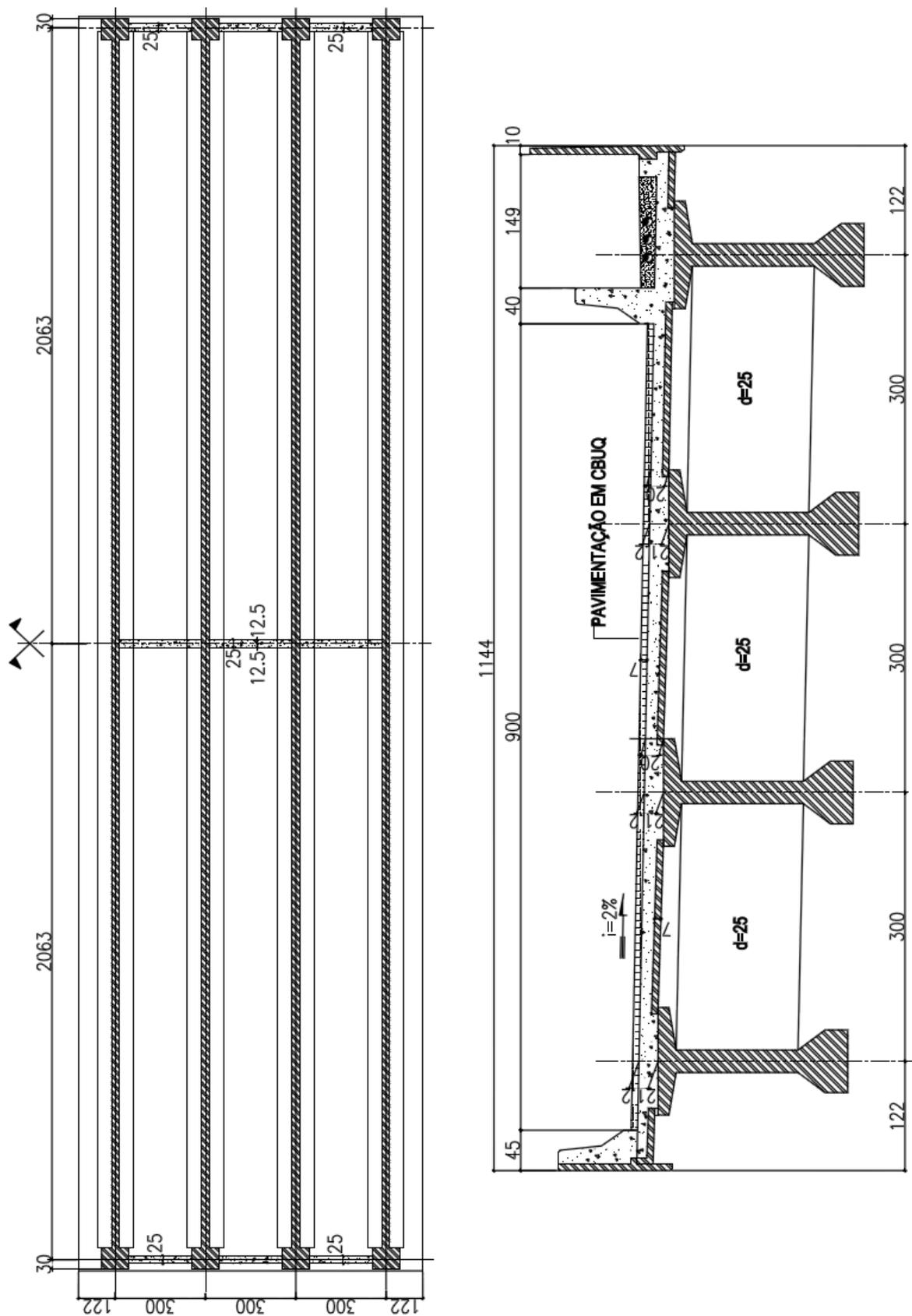
B.1

Viaduto de acesso a Santa Isabel

Todos os dados aqui apresentados são obtidos e adaptados do projeto executivo do Viaduto de acesso a Santa Isabel.⁵

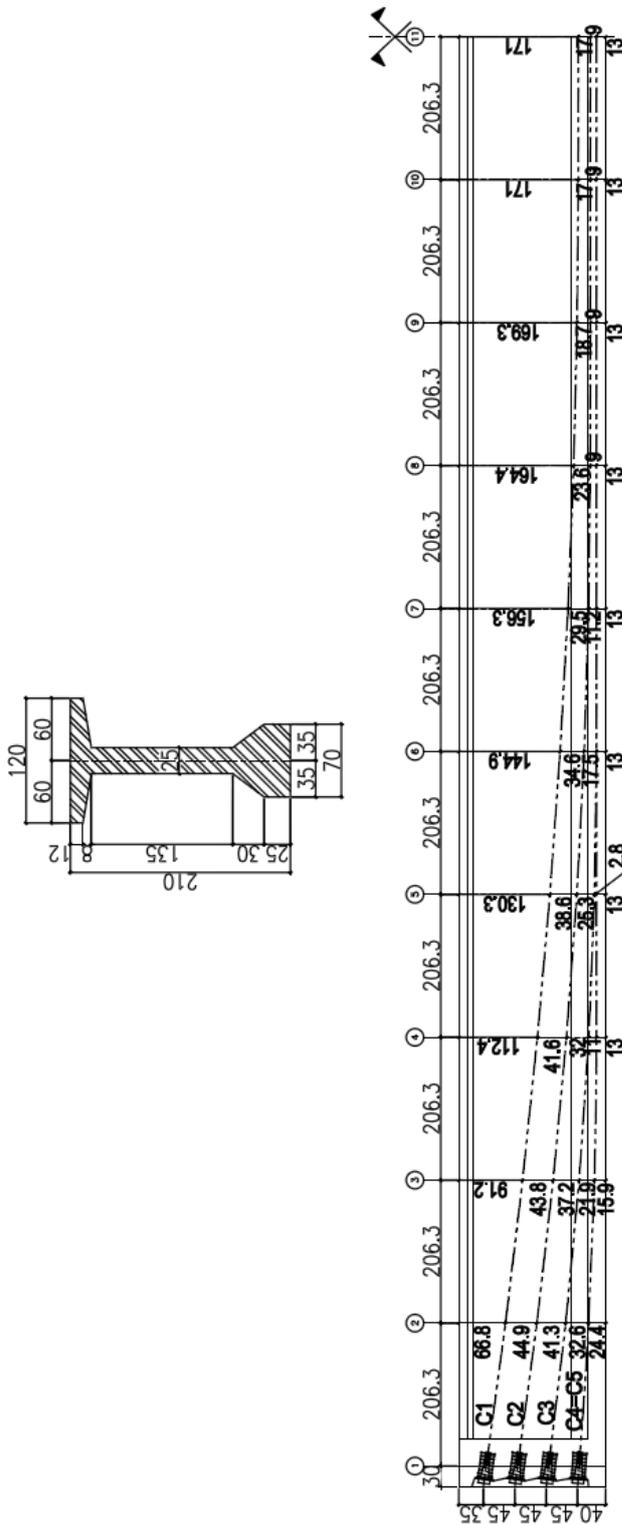
| Propriedades | | Protensão limitada | |
|---------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------|
| Área (m ²) | 0,8570 | Aço | CP-190 RB |
| Perímetro (m) | 7,053 | f_{ptk} (kN/cm ²) | 190 |
| I_y (m ⁴) | 0,4661 | f_{pyk} (kN/cm ²) | 170 |
| y_i (m) | 1,045 | σ_{pi} (kN/cm ²) | 140,6 |
| y_s (m) | 1,055 | E_p (kN/mm ²) | 195 |
| Tipo cimento | CPV-ARI | A_p (mm ²) | 1680,0 |
| f_{ck} (MPa) | 40 | μ | 0,28 |
| E_c (MPa) | 35417,5 | k | 0,0028 |
| γ_c (kN/m ³) | 25 | δ (mm) | 7 |
| abatimento (cm) | 5 - 9 | | |
| Vida útil (anos) | 50 | | |
| CAA | III | | |
| Temperatura (°C) | 20 | | |
| Umidade (%) | 75 | | |

Tabela B.1: Propriedades do Viaduto de acesso a Santa Isabel. Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁵



(a) Planta e seção transversal do viaduto

Figura B.1: Formas e protensão do Viaduto de acesso a Santa Isabel. Fonte: Adaptadas do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁵



- TABELA DE PROTENSÃO -

| CABO | Q | FORÇA DO CABO (kN) | ALONGAMENTO TOTAL TEÓRICO (cm) |
|--------|---|--------------------|--------------------------------|
| C2 | 1 | 2362 | 28.2 |
| C3 | 1 | 2362 | 28.1 |
| C1 | 1 | 2362 | 28.3 |
| *C4-C5 | 2 | 2362 | 28.5 |

* VER NOTA 4

NOTAS:

- 1 - Concreto estrutural $f_{ck} \geq 40$ MPa.
- 2 - Os cabos devem ser protendidos na ordem da Tabela de Protensão e o alongamento teórico dado é calculado antes da cravação do cone.
- 3 - A protensão dos cabos deve seguir o seguinte cronograma:
 - Protensão dos cabo C2 e C3 quando o concreto atingir $f_{c} \geq 30$ MPa, porém não antes de 3 dias da data da última concretagem.
 - 3 dias após esta protensão, as formas poderão ser retiradas.
 - Restante dos cabos aos 28 dias
- 4 - Os cabos C4 e C5 deverão ser protendidos simultaneamente com macacos locados alternadamente nas extremidades opostas.
- 9 - Valores adotados para o cálculo do alongamento teórico:
 - $E_a = 195000$ MPa
 - $A_p = 16.80$ cm

(b) Seção transversal e protensão das vigas

Figura B.1: Formas e protensão do Viaduto de acesso a Santa Isabel (cont.).
 Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁵

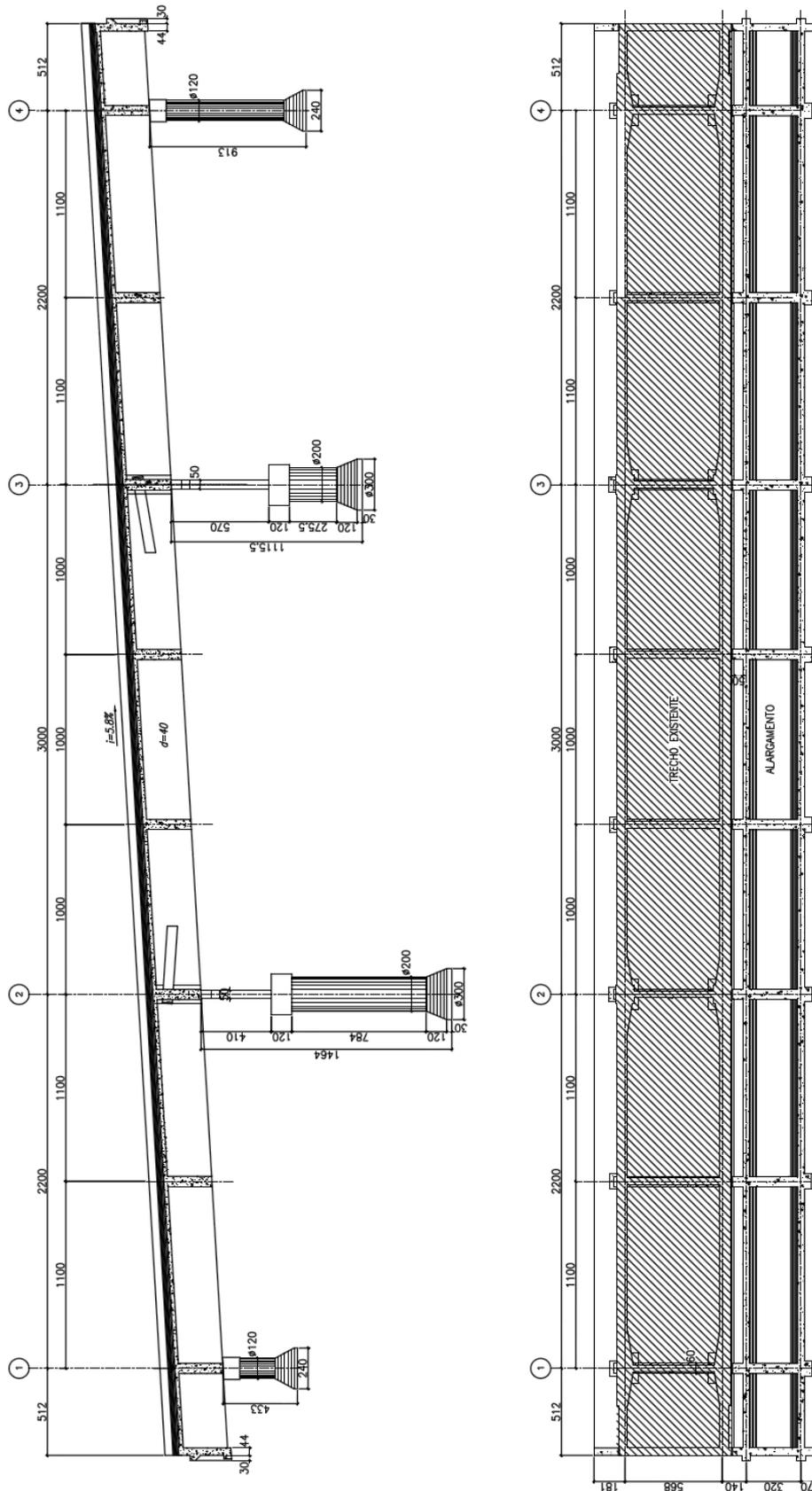
B.2

Viaduto da Guarita - Pista Norte

Todos os dados aqui apresentados são obtidos e adaptados do projeto executivo do Viaduto da Guarita - Pista Norte.⁶

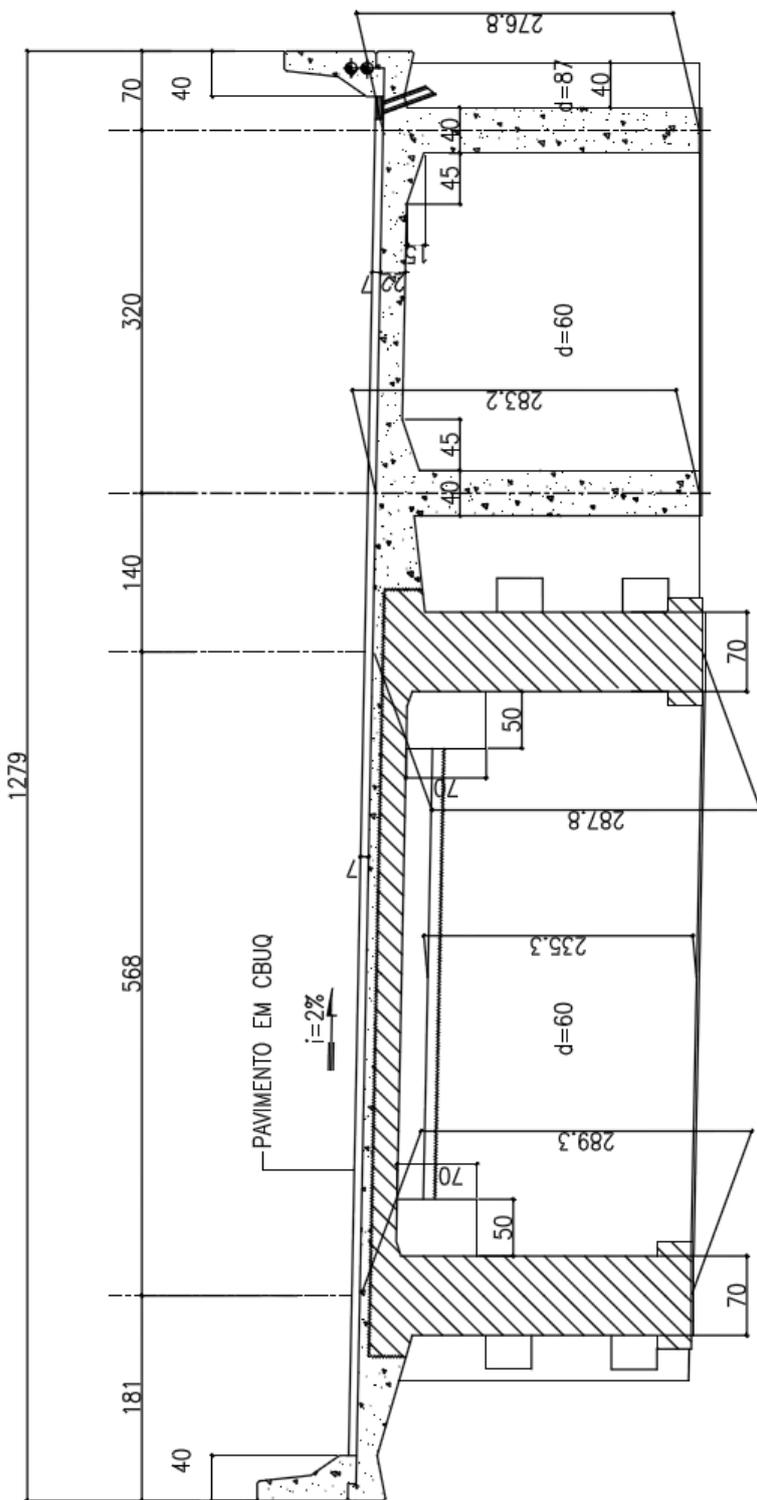
| Propriedades | | Protensão limitada | |
|---------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------|
| Área (m ²) | 1,5722 | Aço | CP-190 RB |
| Perímetro (m) | 10,13 | f_{ptk} (kN/cm ²) | 190 |
| I_y (m ⁴) | 1,2313 | f_{pyk} (kN/cm ²) | 170 |
| y_i (m) | 1,011 | σ_{pi} (kN/cm ²) | 140,6 |
| y_s (m) | 1,757 | E_p (kN/mm ²) | 195 |
| Tipo cimento | CPV-ARI | A_p (mm ²) | 1184,0 |
| f_{ck} (MPa) | 40 | μ | 0,28 |
| E_c (MPa) | 35417,5 | k | 0,0028 |
| γ_c (kN/m ³) | 25 | δ (mm) | 7 |
| abatimento (cm) | 5 - 9 | | |
| Vida útil (anos) | 50 | | |
| CAA | III | | |
| Temperatura (°C) | 25 | | |
| Umidade (%) | 75 | | |

Tabela B.2: Propriedades do Viaduto da Guarita - Pista Norte. Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁶



(a) Planta e elevação do viaduto

Figura B.2: Formas e protensão do Viaduto da Guarita - Pista Norte. Fonte: Adaptadas do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁶



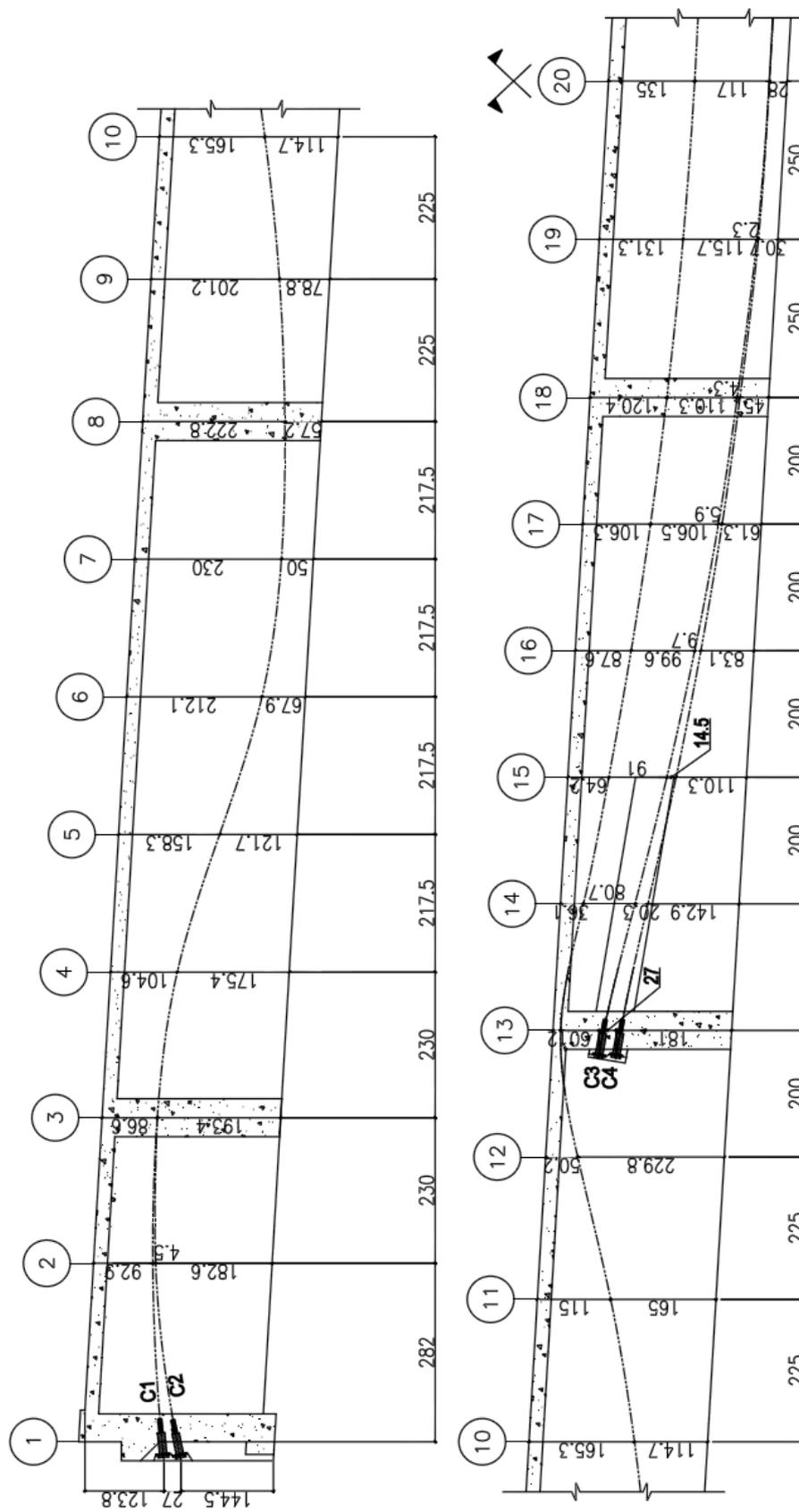
(b) Seção transversal e dados da protensão das vigas

- TABELA DE PROTENSÃO -

| CABO | Q | FORÇA DO CABO (kN) | ALONGAMENTO TOTAL TEÓRICO (cm) |
|------|---|--------------------|--------------------------------|
| C1 | 1 | 1665 | 50,3 |
| C2 | 1 | 1665 | 49,4 |
| C3 | 1 | 1665 | 22,1 |
| C4 | 1 | 1665 | 22,1 |

- 1 - Concreto estrutural $f_{ck} \geq 40\text{MPa}$;
- 2 - Os cabos devem ser protendidos na ordem da tabela de protensão e o alongamento teórico dado é calculado antes da cravação do cone;
- 3 - Os cabos podem ser protendidos quando o concreto atingir $f_{cj} \geq 20\text{MPa}$, porém não antes de 3 dias da data da última concretagem;
- 4 - Valores adotados para o cálculo do alongamento teórico:
 $E_g = 195000 \text{ MPa}$;
 $A_p = 11,84\text{cm}^2$

Figura B.2: Formas e protensão do Viaduto da Guarita - Pista Norte. Fonte: Adaptadas do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁶



(c) Traçado da protensão das vigas

Figura B.2: Formas e protensão do Viaduto da Guarita - Pista Norte. Fonte: Adaptadas do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁶

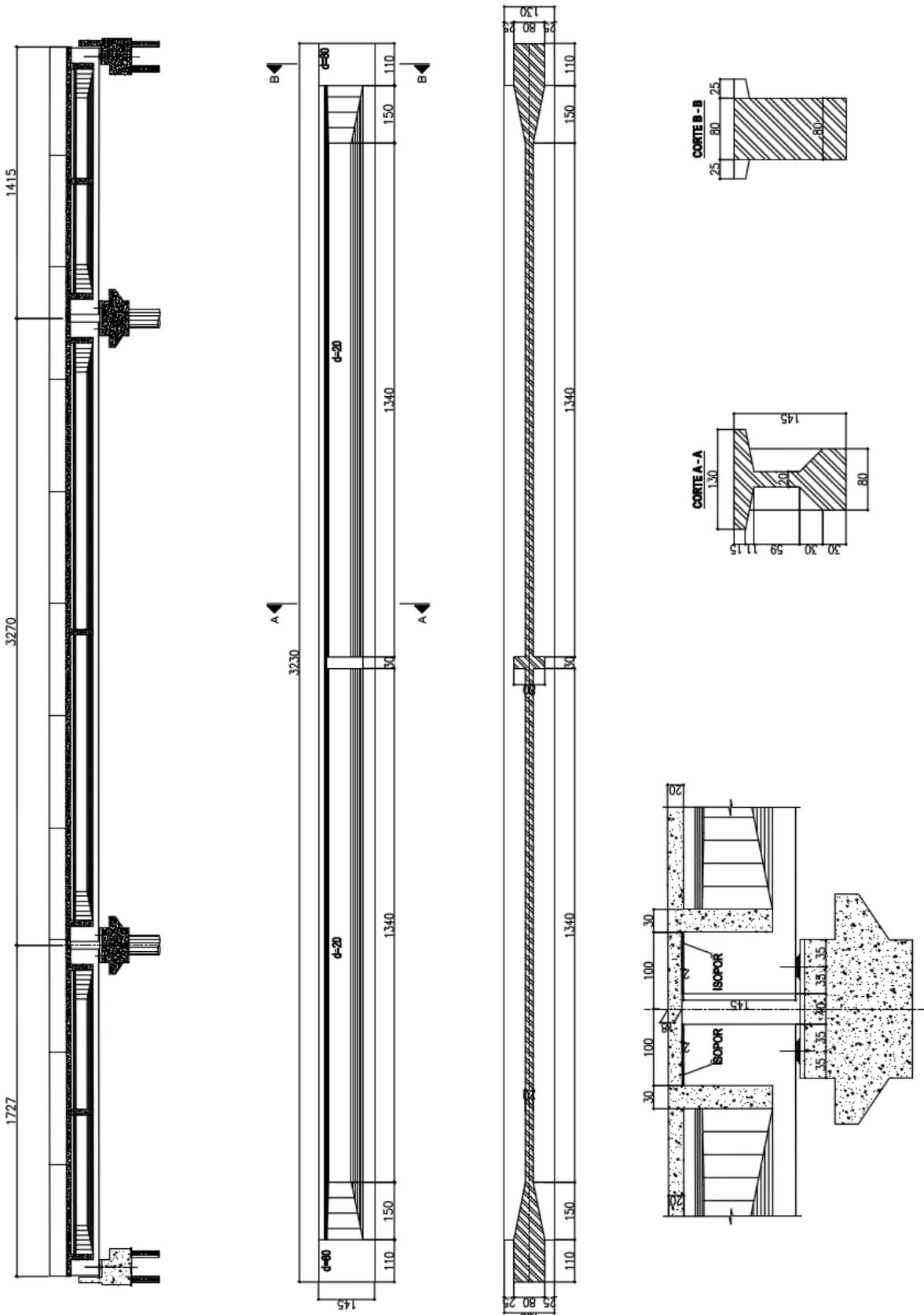
B.3**Viaduto de Jacareí II**

Todos os dados aqui apresentados são obtidos e adaptados do projeto executivo do Viaduto de Jacareí II.⁷

| Propriedades (meio do vão) | | Protensão limitada | |
|---------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------|
| Área (m ²) | 0,7855 | Aço | CP-190 RB |
| Perímetro (m) | 6,15 | f_{ptk} (kN/cm ²) | 190 |
| I_y (m ⁴) | 0,2092 | f_{pyk} (kN/cm ²) | 170 |
| y_i (m) | 0,716 | σ_{pi} (kN/cm ²) | 140,6 |
| y_s (m) | 0,734 | E_p (kN/mm ²) | 195 |
| Tipo cimento | CPV-ARI | A_p (mm ²) | 1260,0 |
| f_{ck} (MPa) | 40 | μ | 0,28 |
| E_c (MPa) | 35417,5 | k | 0,0028 |
| γ_c (kN/m ³) | 25 | δ (mm) | 7 |
| abatimento (cm) | 5 - 9 | | |
| Vida útil (anos) | 50 | | |
| CAA | III | | |
| Temperatura (°C) | 20 | | |
| Umidade (%) | 75 | | |

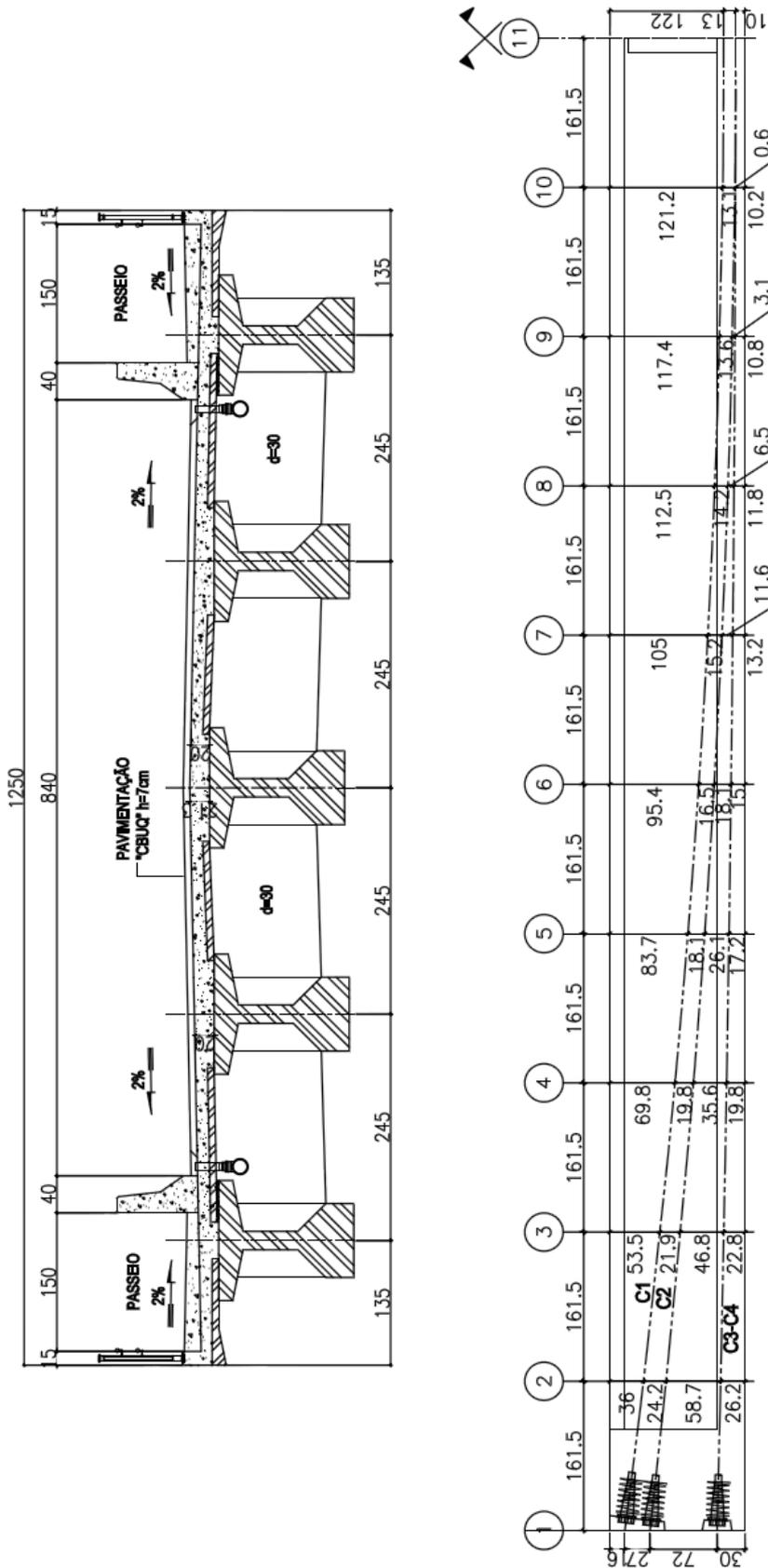
Tabela B.3: Propriedades do Viaduto de Jacareí II. Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁷

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1221659/CA



(a) Planta e elevação do viaduto

Figura B.3: Formas e protensão do Viaduto de Jacareí II. Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁷



(b) Seção transversal e protensão das vigas

NOTAS:

- 1 - Concreto estrutural $f_{ck} \geq 40\text{mpa}$;
- 2 - Os cabos devem ser protendidos na ordem da tabela de protensão e o alongamento teórico dado é calculado antes da cravação do cone;
- 3 - Os cabos só deverão ser protendidos quando o concreto atingir $f_{cj} \geq 25\text{MPa}$, porém não antes de 6 dias da data da última concretagem;
- 4 - Valores adotados para o cálculo do alongamento teórico: $E_s = 195000 \text{ MPa}$; $A_p = 12,6\text{cm}^2$

- TABELA DE PROTENSÃO -

| CABO | Q | FORÇA DO CABO (kN) | ALONGAMENTO TOTAL TEÓRICO (cm) |
|-------|---|--------------------|--------------------------------|
| C3-C4 | 2 | 1772 | 22,6 |
| C1 | 1 | 1772 | 21,8 |
| C2 | 1 | 1772 | 22,0 |

Figura B.3: Formas e protensão do Viaduto de Jacaré II. Fonte: Adaptada do projeto executivo do mesmo desenvolvido pela Cerne Engenharia⁷