

Referências Bibliográficas

ACI – AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirements for structural concrete**. ACI Committee 318. Detroit, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM - D3039/D3039 M, 2000 – **Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials**. USA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738: **Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739: **Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova de Concreto Cilíndricos – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto Armado**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6152: **Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração de Materiais Metálicos – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 7222. **Argamassa e Concreto – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos-de-prova Cilíndricos – Método de Ensaio**, Brasil, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – NBR 8522 **Concreto – Determinação dos Módulos Estáticos de Elasticidade e de Deformação e da Curva Tensão-Deformação**, Brasil, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9062: **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2001.

CARBONFIBER – Site sobre Fibras de Carbono; www.carbonfiber.gr.jp/english/, visitado em 2008

CEB–FIP Bulletin D' Information n° 203, **Model Code for Concrete Structures**, Thomas Telford Services Ltda., July, 1990.

CESEC, **Centro de Estudos de Engenharia Civil Professor Inaldo Ayres Vieira da Universidade Federal do Paraná**, www.cesec.ufpr.br, visitado em 2008.

COMPOSITES WORLD, www.compositesworld.com, visitado em 2006.

CORRY, R. W.; DOLAN, C. W., **Strengthening and Repair of a Column Bracket Using a Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) FABRIC**. PCI Journal, Vol. 46, No 1, p. 54 – 63, 2001.

ELGWADY, M. A.; RABIE, M.; MOSTAFA M. T., **Strengthening of Corbels Using CFRP an Experimental Program**. Proceedings of the Third International Conference on Composites in Infrastructure ICC'02. San Francisco, California, USA, 2002.

FIBERTEX – **Catálogo Eletrônico dos Produtos**; www.fibertex.com.br, visitado em 2008

FRANZ, G., **Tratado del hormigon armado**. Barcelona : G. Gili, 1969.

KABBANI CONSTRUCTION GROUP, www.kcg.cc , visitado em 2009.

LEONHARD, F.; MÖNNIG, E., **Construções de Concreto Vol.2** . Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1978.

LEONHARD, F.; MÖNNIG, E., **Construções de Concreto Vol.3** . Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1978.

MACGREGOR, J. G., **Reinforced Concrete : Mechanics and Design**. Englewood Cliffs, N. J. : Prentice-Hall, Inc.,1988.

NAEGELI, C. H., **Estudo Experimental de Consolos em Concreto Armado**. Dissertação de Mestrado, PUC–RIO, Rio de Janeiro, 1988.

NALLAR, A. E.; OLIVEIRA, A.; LA ROVERE, H. L.; MARCELINO, N. A., **Análise de Consolo Curto de Concreto Armado pelo Modelo de Bielas e Tirantes e Método dos Elementos Finitos**. Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio de Janeiro, 2006.

NIELSEN, M. P. Limit Analysis and Concrete Plasticity. CRC Press USA. 1999.

PARK, R.; PAULAY, T., **Reinforced Concrete Structures**. New York : J. Wiley, 1975.

RIBEIRO, T. G.; OLIVEIRA, M. P.; OLIVEIRA, D. R. C., **Análise Experimental de Consolos Curtos Reforçados com CFRP**. Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio de Janeiro, 2006.

SCHAFER, K.; SCHLAICH, J., **Consistent Design of Structural Concrete Using Strut and Tie Models**. Colóquio sobre Comportamento e Projeto de Estruturas, Rio de Janeiro, 1988.

SIKA – **Catálogo Eletrônico de Produtos**, www.sika.com.br, visitado em 2008.

SILVA FILHO, J. J. H., **Reforço à Torção de Vigas de Concreto Armado com Compósitos de Fibras de Carbono**. Tese de Doutorado, PUC–RIO, Rio de Janeiro, 2007.

SÁNCHEZ, **Análise Limite de Consolos Curtos de Concreto Armado Reforçados com Compósitos de Fibras de Carbono** (a ser publicado).

SOUZA, R.; TRANALLI, P.; MARTIN, G. G.; BITTENCOURT, T., **Análise Experimental e Analítica de Consolos Curtos de Concreto Armado Reforçados com Fibras de Carbono**. Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio de Janeiro, 2006.

SPAGNOLO JUNIOR, L. A., **Estudo Experimental do Reforço à Força Cortante de Vigas de Concreto Armado com Compósitos de Fibras de Carbono**. Dissertação de Mestrado, PUC–RIO, Rio de Janeiro, 2008.

Anexo A Registros Fotográficos

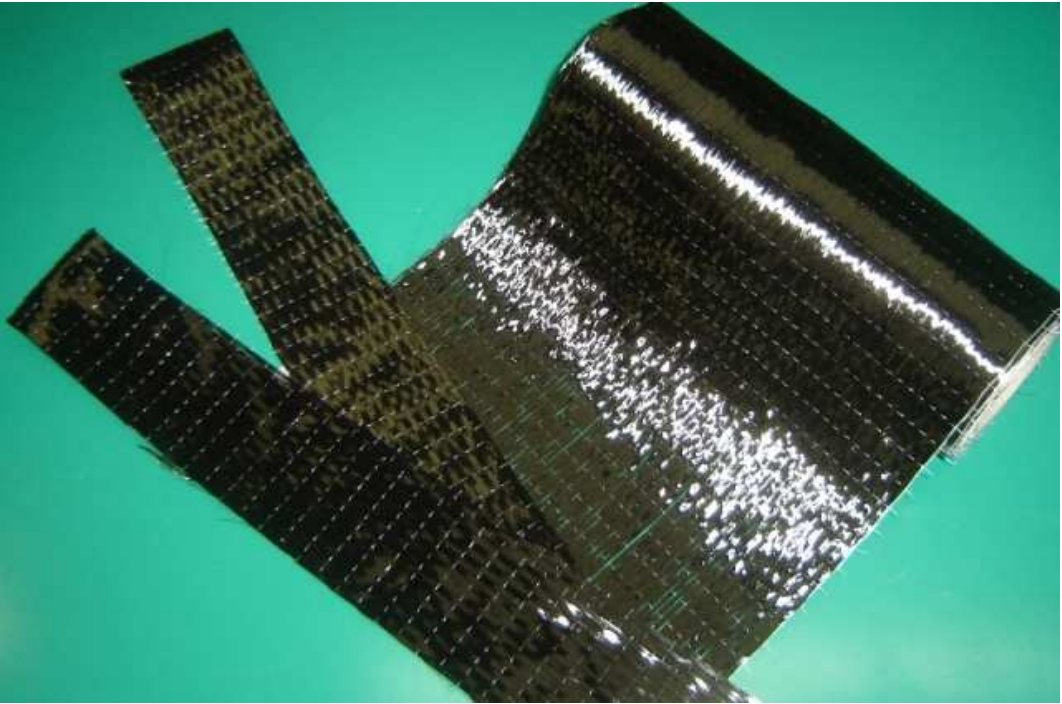


Figura A.1 – Tecido de fibras de carbono.



Figura A.2 – Resina epoxídica componentes A e B.



Figura A.3 – Rolo: material utilizado para aplicação da resina.



Figura A.4 – Armaduras dos consoles.



Figura A.5 – EER sendo colado na armadura interna.



(a)



(b)

Figura A.6 – Formas e armaduras.



Figura A.7 – Montagem dos consoles antes do recebimento do concreto.



Figura A.8 – Enchimento do carrinho de mão com o concreto do caminhão betoneira.



Figura A.9 – Vista superior de todos os consoles preparados para receber o concreto.



Figura A.10 – Consoles concretados.



Figura A.11 – Transporte das peças.



Figura A.12 – Arrumação das peças a serem ensaiadas.



Figura A.13 – Série H.

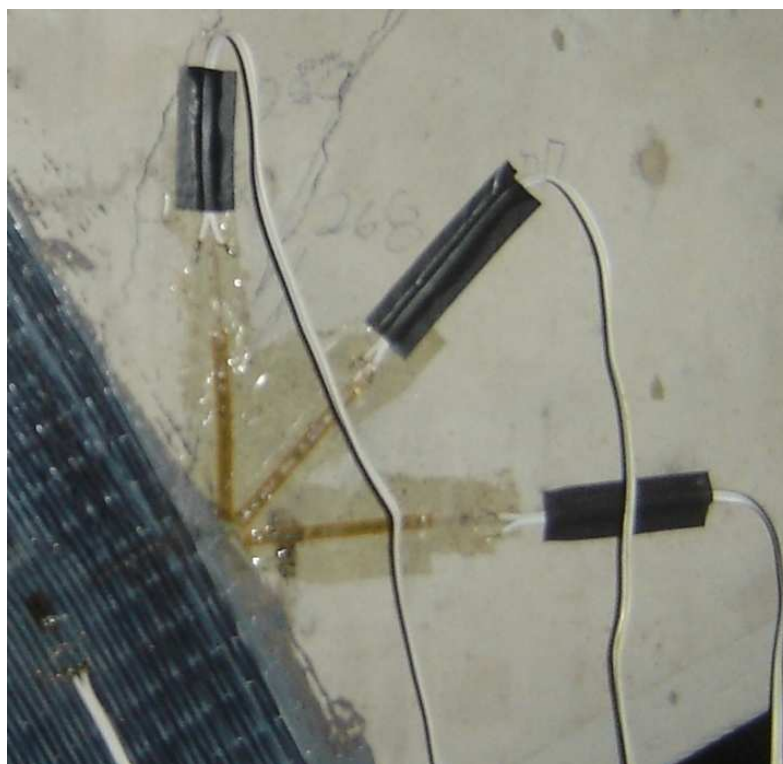


Figura A.14 – Detalhe da roseta.



Figura A.15 – Detalhe do console RUD1.



Figura A.16 – Console RUD2, ruptura do CFC na face lisa.



Figura A.17 – Console RUD2, ruptura do CFC na face rugosa.



Figura A.18 – Ensaio do console RUH1.



Figura A.19 – Ensaio do console RUH2, descolamento do CFC na face rugosa.



Figura A.20 – Detalhe do console RUH2.



Figura A.21 – Ensaio do console RUH3.



Figura A.22 – Bombas hidráulicas de pressão controlada, marca AMSLER.



Figura A.23 – Prensa Contenco com capacidade de 2400kN.



Figura A.24 – Atuadores Hidráulicos.

Anexo B Resultados dos Ensaio dos Consoles

Tabela B.1 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console de referência.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
1,41	0,037	0,036	-0,044	0,075	0,029	-0,001	-0,353	0,014	-0,168
6,66	0,044	0,043	-0,045	0,087	0,032	-0,003	-0,241	0,014	-0,116
14,83	0,058	0,055	-0,048	0,106	0,038	-0,006	-0,046	0,014	-0,014
22,46	0,075	0,068	-0,051	0,128	0,045	-0,008	0,189	0,014	0,106
32,72	0,097	0,094	-0,055	0,156	0,053	-0,012	0,484	0,014	0,242
42,41	0,121	0,127	-0,060	0,181	0,062	-0,015	0,769	0,014	0,400
51,21	0,152	0,167	-0,066	0,214	0,072	-0,019	1,084	0,014	0,584
61,92	0,193	0,216	-0,074	0,255	0,083	-0,025	1,434	0,014	0,758
72,38	0,265	0,296	-0,085	0,327	0,114	-0,033	1,812	0,013	0,970
81,47	0,353	0,365	-0,095	0,423	0,175	-0,044	2,156	0,014	1,162
91,56	0,448	0,455	-0,102	0,541	0,268	-0,053	2,501	0,013	1,392
102,31	0,557	0,565	-0,107	0,680	0,380	-0,058	2,908	0,011	1,607
112,19	0,652	0,662	-0,110	0,803	0,481	-0,060	3,268	0,010	1,818
122,63	0,767	0,786	-0,115	0,951	0,606	-0,060	3,649	0,007	2,059
132,28	0,872	0,907	-0,121	1,084	0,730	-0,061	4,004	0,005	2,269
141,89	0,967	1,013	-0,127	1,201	0,844	-0,064	4,334	0,002	2,454
153,83	1,110	1,164	-0,132	1,370	1,029	-0,066	4,827	-0,001	2,733
162,42	1,184	1,253	-0,137	1,476	1,152	-0,069	5,080	-0,002	2,915
172,05	1,259	1,352	-0,141	1,588	1,291	-0,071	5,395	-0,003	3,119
183,29	1,353	1,426	-0,146	1,754	1,487	-0,075	5,793	-0,007	3,401
191,83	1,441	1,518	-0,149	1,888	1,660	-0,078	6,158	-0,009	3,657
200,13	1,785	1,622	0,337	1,933	1,920	-0,040	6,470	-0,012	4,089
211,09	1,944	1,714	0,516	2,057	2,060	-0,042	6,841	-0,016	4,337
222,26	2,069	1,795	0,606	2,179	2,182	-0,042	7,213	-0,022	4,603
232,75	2,172	1,875	0,665	2,296	2,292	-0,041	7,571	-0,029	4,848
241,23	2,256	1,945	0,696	2,390	2,381	-0,039	7,874	-0,033	5,067
251,97	2,352	2,033	0,724	2,504	2,487	-0,036	8,260	-0,042	5,310
262,16	2,415	2,092	0,743	2,580	2,553	-0,035	8,479	-0,049	5,470
271,81	2,499	2,176	0,763	2,685	2,637	-0,032	8,748	-0,056	5,686

Tabela B.1 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
282,62	2,588	2,269	0,786	2,799	2,729	-0,027	9,098	-0,062	5,888
291,71	2,682	2,370	0,807	2,902	2,823	-0,022	9,445	-0,067	6,167
301,92	2,783	2,475	0,827	2,995	2,913	-0,015	9,697	-0,073	6,400
310,76	2,908	2,594	0,845	3,054	2,996	-0,003	10,029	-0,079	6,671
315,76	2,998	2,663	0,859	3,177	3,075	0,009	10,190	-0,081	6,807
319,04	3,042	2,696	0,865	3,193	3,086	0,016	10,262	-0,081	6,874
331,63	3,329	2,929	0,899	3,196	3,171	0,077	10,628	-0,088	7,240
340,15	3,895	3,192	0,918	3,204	3,176	0,103	10,920	-0,097	7,571
350,10	3,284	3,574	0,953	3,231	3,245	0,171	11,215	-0,103	7,932
352,11	3,138	3,688	0,963	3,259	3,260	0,187	11,285	-0,105	8,041
354,26	3,186	3,784	0,969	3,270	3,270	0,197	11,330	-0,106	8,113
356,17	3,178	3,877	0,975	3,289	3,287	0,211	11,393	-0,107	8,213
358,40	3,245	4,226	0,973	3,371	3,333	0,235	11,501	-0,110	8,501
360,81	3,275	3,930	0,979	3,410	3,372	0,246	11,563	-0,111	8,686
362,49	3,206	3,905	1,000	3,761	3,417	0,267	11,670	-0,112	8,964
282,62	2,588	2,269	0,786	2,799	2,729	-0,027	9,098	-0,062	5,888
291,71	2,682	2,370	0,807	2,902	2,823	-0,022	9,445	-0,067	6,167

Tabela B.2 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console de referência.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
1,41	-0,010	-0,015	0,001	-0,009	-0,006	0,008
6,66	-0,010	-0,018	-0,001	-0,008	-0,009	0,007
14,83	-0,009	-0,023	-0,004	-0,008	-0,013	0,004
22,46	-0,007	-0,029	-0,008	-0,007	-0,018	0,001
32,72	-0,005	-0,035	-0,013	-0,007	-0,024	-0,002
42,41	-0,003	-0,041	-0,019	-0,007	-0,029	-0,005
51,21	-0,001	-0,048	-0,025	-0,006	-0,036	-0,010
61,92	0,003	-0,054	-0,032	-0,004	-0,043	-0,015
72,38	0,008	-0,058	-0,041	-0,002	-0,050	-0,022
81,47	0,014	-0,062	-0,050	0,001	-0,057	-0,030
91,56	0,019	-0,066	-0,058	0,004	-0,063	-0,039
102,31	0,024	-0,069	-0,067	0,008	-0,070	-0,047
112,19	0,027	-0,074	-0,073	0,011	-0,076	-0,053
122,63	0,027	-0,081	-0,080	0,012	-0,082	-0,057
132,28	0,027	-0,087	-0,085	0,013	-0,087	-0,061
141,89	0,027	-0,094	-0,090	0,014	-0,093	-0,065
153,83	0,026	-0,104	-0,097	0,015	-0,103	-0,070
162,42	0,024	-0,111	-0,102	0,015	-0,109	-0,073
172,05	0,024	-0,118	-0,107	0,016	-0,116	-0,077
183,29	0,025	-0,125	-0,114	0,016	-0,126	-0,081
191,83	0,026	-0,133	-0,120	0,016	-0,135	-0,085
200,13	0,062	-0,130	-0,151	-0,027	-0,166	-0,131
211,09	0,049	-0,143	-0,157	-0,039	-0,188	-0,144
222,26	0,045	-0,154	-0,164	-0,045	-0,204	-0,154
232,75	0,043	-0,163	-0,170	-0,049	-0,217	-0,163
241,23	0,042	-0,169	-0,176	-0,053	-0,227	-0,170
251,97	0,042	-0,178	-0,183	-0,057	-0,240	-0,178
262,16	0,041	-0,183	-0,188	-0,059	-0,248	-0,184
271,81	0,042	-0,191	-0,195	-0,062	-0,258	-0,191
282,62	0,043	-0,200	-0,202	-0,065	-0,269	-0,200
291,71	0,043	-0,209	-0,210	-0,067	-0,280	-0,209
301,92	0,042	-0,219	-0,216	-0,070	-0,291	-0,224

Tabela B.2 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
310,76	0,041	-0,230	-0,223	-0,072	-0,302	-0,242
315,76	0,039	-0,236	-0,226	-0,071	-0,307	-0,251
319,04	0,038	-0,239	-0,228	-0,072	-0,309	-0,255
331,63	0,033	-0,258	-0,235	-0,069	-0,317	-0,272
340,15	0,028	-0,273	-0,243	-0,068	-0,324	-0,282
350,10	0,027	-0,286	-0,253	-0,067	-0,330	-0,289
352,11	0,026	-0,290	-0,256	-0,067	-0,331	-0,292
354,26	0,026	-0,292	-0,258	-0,067	-0,333	-0,294
356,17	0,026	-0,294	-0,260	-0,067	-0,335	-0,295
358,40	0,025	-0,298	-0,263	-0,066	-0,336	-0,299
360,81	0,025	-0,301	-0,265	-0,066	-0,338	-0,300

Tabela B.3 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console RUH1.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
1,04	0,043	-	0,007	0,042	0,018	0,003	-	0,018	-0,452
5,43	0,048	-	0,006	0,048	0,022	0,002	-	0,019	-0,454
10,85	0,055	-	0,005	0,054	0,026	0,001	-	0,019	-0,454
20,53	0,072	-	0,002	0,073	0,036	-0,002	-	0,019	-0,460
41,74	0,113	-	-0,005	0,119	0,059	-0,005	-	0,003	-0,463
50,69	0,140	-	-0,010	0,154	0,069	-0,007	-	-0,009	-0,463
59,73	0,176	-	-0,015	0,206	0,083	-0,008	-	-0,016	-0,454
70,80	0,224	-	-0,023	0,264	0,105	-0,010	-	-0,030	-0,277
80,10	0,270	-	-0,029	0,316	0,133	-0,012	-	-0,036	-0,078
91,79	0,365	-	-0,043	0,424	0,209	-0,023	-	-0,051	0,209
99,98	0,470	-	-0,049	0,548	0,316	-0,031	-	-0,059	0,359
110,86	0,585	-	-0,053	0,694	0,456	-0,035	-	-0,066	0,592
120,76	0,687	-	-0,056	0,822	0,583	-0,039	-	-0,073	0,762
130,31	0,789	-	-0,058	0,952	0,716	-0,042	-	-0,079	0,950
140,79	0,910	-	-0,060	1,095	0,869	-0,045	-	-0,084	1,226
151,54	1,031	-	-0,064	1,233	1,017	-0,049	-	-0,091	1,513
161,13	1,134	-	-0,066	1,348	1,148	-0,052	-	-0,099	1,711
171,32	1,240	-	-0,069	1,468	1,287	-0,055	-	-0,105	1,909
179,77	1,340	-	-0,072	1,581	1,441	-0,056	-	-0,111	2,142
189,65	1,423	-	-0,074	1,686	1,573	-0,057	-	-0,117	2,334
200,40	1,510	-	-0,078	1,800	1,713	-0,057	-	-0,126	2,555
211,15	1,599	-	-0,082	1,926	1,867	-0,056	-	-0,136	2,810
220,85	1,680	-	-0,085	2,046	2,009	-0,053	-	-0,143	2,977
229,96	1,747	-	-0,088	2,150	2,132	-0,050	-	-0,152	3,135
240,90	1,829	-	-0,091	2,277	2,277	-0,042	-	-0,160	3,363
250,55	1,910	-	-0,098	2,389	2,401	-0,029	-	-0,165	3,567
260,55	2,179	-	-0,051	2,662	2,711	-0,031	-	-0,173	4,165
269,93	2,266	-	-0,049	2,758	2,788	-0,028	-	-0,180	4,344
280,06	2,380	-	-0,045	2,890	2,890	-0,023	-	-0,189	4,579
289,82	2,475	-	-0,043	3,009	2,998	-0,016	-	-0,196	4,766
301,13	2,579	-	-0,040	3,138	3,116	-0,006	-	-0,205	4,955
310,31	2,683	-	-0,035	3,275	3,367	0,008	-	-0,211	5,152
319,91	2,803	-	-0,022	3,484	3,713	0,031	-	-0,218	5,364

Tabela B.3 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
329,77	2,926	-	0,013	3,628	4,044	0,063	-	-0,225	5,553
340,23	3,056	-	0,075	3,641	4,330	0,095	-	-0,229	5,788
350,11	3,242	-	0,123	3,663	5,288	0,154	-	-0,235	6,041
360,83	3,585	-	0,176	3,671	5,657	0,245	-	-0,241	6,360
362,22	3,619	-	0,180	3,671	5,663	0,252	-	-0,241	6,391
364,65	3,812	-	0,200	3,673	5,707	0,290	-	-0,245	6,516
366,90	3,945	-	0,213	3,685	5,751	0,314	-	-0,248	6,594
368,38	3,979	-	0,216	3,688	5,763	0,320	-	-0,248	6,607
370,46	4,171	-	0,230	3,696	5,805	0,349	-	-0,248	6,689
371,71	4,826	-	0,248	3,711	5,879	0,381	-	-0,252	6,785
372,81	5,357	-	0,253	3,717	5,917	0,392	-	-0,252	6,815

Tabela B.4 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console RUH1.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
1,04	-0,007	0,003	0,006	-0,007	0,001	0,010
5,43	-0,007	-0,001	0,003	-0,007	-0,003	0,008
10,85	-0,008	-0,005	0,001	-0,007	-0,008	0,006
20,53	-0,008	-0,015	-0,004	-0,006	-0,017	0,001
41,74	-0,010	-0,035	-0,014	-0,005	-0,038	-0,008
50,69	-0,011	-0,044	-0,019	-0,005	-0,048	-0,014
59,73	-0,010	-0,053	-0,025	-0,004	-0,058	-0,019
70,80	-0,010	-0,065	-0,033	-0,002	-0,071	-0,027
80,10	-0,009	-0,075	-0,040	0,000	-0,083	-0,034
91,79	-0,006	-0,087	-0,054	0,003	-0,099	-0,046
99,98	-0,002	-0,094	-0,067	0,005	-0,110	-0,055
110,86	0,001	-0,102	-0,079	0,007	-0,123	-0,064
120,76	0,002	-0,110	-0,090	0,008	-0,136	-0,072
130,31	0,002	-0,119	-0,099	0,009	-0,148	-0,078
140,79	0,002	-0,128	-0,106	0,010	-0,163	-0,084
151,54	0,001	-0,137	-0,114	0,010	-0,178	-0,091
161,13	0,000	-0,146	-0,121	0,011	-0,192	-0,096
171,32	-0,002	-0,156	-0,130	0,012	-0,209	-0,101
179,77	-0,005	-0,167	-0,139	0,013	-0,228	-0,105
189,65	-0,006	-0,177	-0,147	0,015	-0,247	-0,110
200,40	-0,008	-0,187	-1,082	0,018	-0,268	-0,114
211,15	-0,011	-0,198	-1,094	0,022	-0,295	-0,103
220,85	-0,014	-0,206	-1,099	0,021	-0,325	-0,100
229,96	-0,018	-0,214	-1,105	0,021	-0,346	-0,094
240,90	-0,025	-0,225	-1,110	0,022	-0,371	-0,072
250,55	-0,042	-0,253	-1,113	0,024	-0,392	0,035
260,55	-0,089	-0,337	-1,179	-0,124	-0,540	-
269,93	-0,095	-0,349	-0,615	-0,130	-0,566	-
280,06	-0,103	-0,367	-0,525	-0,138	-0,598	-
289,82	-0,106	-0,380	0,400	-0,143	-0,621	-
301,13	-0,113	-0,395	0,368	-0,150	-0,645	-
310,31	-0,120	-0,409	0,174	-0,156	-0,667	-
319,91	-0,128	-0,427	0,164	-0,163	-0,693	-

Tabela B.4 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
329,77	-0,136	-0,442	0,155	-0,168	-0,715	-
340,23	-0,145	-0,459	0,148	-0,173	-0,736	-
350,11	-0,156	-0,477	0,141	-0,179	-0,761	-
360,83	-0,171	-0,500	0,134	-0,186	-0,787	-
362,22	-0,172	-0,502	0,133	-0,186	-0,788	-
364,65	-0,178	-0,511	0,131	-0,188	-0,796	-
366,90	-0,180	-0,515	0,129	-0,190	-0,801	-
368,38	-0,181	-0,517	0,129	-0,190	-0,802	-
370,46	-0,184	-0,522	0,128	-0,192	-0,806	-
371,71	-0,188	-0,527	0,124	-0,195	-0,812	-
372,81	-0,189	-0,529	0,124	-0,195	-0,813	-

Tabela B.5 – Leitura dos extensômetros colados no CFC do console RUH1.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
1,04	0,007	0,005	0,011	0,003	0,000	0,004
5,43	0,008	0,007	0,012	0,005	0,001	0,006
10,85	0,009	0,008	0,014	0,006	0,001	0,007
20,53	0,012	0,012	0,019	0,009	0,003	0,010
41,74	0,019	0,019	0,029	0,017	0,006	0,015
50,69	0,022	0,023	0,034	0,021	0,008	0,018
59,73	0,025	0,027	0,040	0,025	0,008	0,020
70,80	0,028	0,033	0,047	0,031	0,008	0,023
80,10	0,032	0,038	0,054	0,037	0,008	0,027
91,79	0,043	0,054	0,072	0,057	0,014	0,041
99,98	0,055	0,072	0,096	0,083	0,017	0,059
110,86	0,066	0,091	0,123	0,112	0,011	0,075
120,76	0,074	0,106	0,145	0,133	0,003	0,083
130,31	0,084	0,126	0,170	0,160	-0,005	0,097
140,79	0,094	0,144	0,198	0,193	-0,018	0,109
151,54	0,100	0,161	0,225	0,225	-0,032	0,120
161,13	0,106	0,176	0,248	0,250	-0,044	0,128
171,32	0,111	0,190	0,272	0,276	-0,053	0,134
179,77	0,103	0,181	0,268	0,274	-0,085	0,112
189,65	0,107	0,184	0,283	0,286	-0,104	0,109
200,40	0,112	0,192	0,318	0,305	-0,107	0,111
211,15	0,109	0,200	0,369	0,326	-0,111	0,115
220,85	0,111	0,209	0,396	0,342	-0,116	0,116
229,96	0,115	0,220	0,414	0,352	-0,118	0,116
240,90	0,118	0,226	0,428	0,363	-0,117	0,116
250,55	0,129	0,231	0,439	0,378	-0,113	0,116
260,55	0,234	0,305	0,556	0,493	-0,087	0,137
269,93	0,240	0,305	0,559	0,489	-0,087	0,129
280,06	0,246	0,303	0,558	0,476	-0,089	0,119
289,82	0,251	0,304	0,562	0,472	-0,095	0,113
301,13	0,270	0,301	0,573	0,473	-0,089	0,111
310,31	0,290	0,299	0,592	0,481	-0,078	0,114
319,91	0,313	0,299	0,619	0,492	-0,064	0,119

Tabela B.5 – Continuação.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
329,77	0,337	0,303	0,656	0,508	-0,047	0,127
340,23	0,356	0,290	0,677	0,527	-0,028	0,136
350,11	0,387	0,277	0,694	0,563	-0,001	0,152
360,83	0,411	0,242	0,685	0,592	0,028	0,168
362,22	0,413	0,239	0,682	0,595	0,031	0,170
364,65	0,414	0,213	0,663	0,609	0,044	0,177
366,90	0,418	0,207	0,653	0,619	0,054	0,184
368,38	0,418	0,204	0,650	0,622	0,056	0,185
370,46	0,420	0,193	0,633	0,629	0,065	0,191
371,71	0,420	0,183	0,610	0,642	0,077	0,199
372,81	0,420	0,180	0,603	0,647	0,082	0,202

Tabela B.6 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console RUH2.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
4,08	0,034	0,038	0,011	0,049	0,016	0,027	-0,387	0,001	-0,001
9,42	0,039	0,043	0,009	0,055	0,019	0,026	-0,387	0,001	-0,001
13,40	0,043	0,051	0,009	0,065	0,023	0,024	-0,387	0,001	-0,001
18,20	0,050	0,058	0,007	0,074	0,028	0,023	-0,388	0,000	-0,002
29,06	0,062	0,073	0,004	0,094	0,036	0,020	-0,396	-0,001	-0,002
38,81	0,084	0,094	0,001	0,121	0,046	0,017	-0,325	-0,001	-0,001
48,34	0,114	0,118	-0,004	0,152	0,055	0,014	-0,203	-0,002	0,084
58,82	0,147	0,150	-0,008	0,195	0,065	0,011	-0,086	-0,004	0,180
68,85	0,181	0,195	-0,014	0,257	0,075	0,007	0,028	-0,006	0,258
78,98	0,216	0,241	-0,021	0,307	0,089	0,003	0,169	-0,009	0,356
90,23	0,253	0,292	-0,029	0,364	0,103	-0,001	0,297	-0,011	0,452
99,09	0,295	0,351	-0,037	0,423	0,124	-0,006	0,406	-0,015	0,536
109,93	0,338	0,419	-0,045	0,481	0,155	-0,012	0,523	-0,018	0,623
119,78	0,396	0,483	-0,054	0,532	0,239	-0,020	0,657	-0,021	0,695
129,95	0,457	0,555	-0,058	0,596	0,336	-0,029	0,858	-0,024	0,801
139,59	0,529	0,645	-0,063	0,677	0,439	-0,034	0,933	-0,028	0,909
150,34	0,632	0,759	-0,067	0,800	0,570	-0,033	1,063	-0,032	1,038
159,70	0,742	0,883	-0,071	0,933	0,717	-0,032	1,179	-0,036	1,151
169,60	0,820	0,968	-0,076	1,025	0,819	-0,033	1,295	-0,040	1,259
179,91	0,907	1,069	-0,081	1,142	0,941	-0,037	1,445	-0,046	1,365
191,02	1,006	1,178	-0,086	1,242	1,069	-0,039	1,592	-0,051	1,510
199,49	1,089	1,264	-0,091	1,317	1,167	-0,029	1,718	-0,056	1,628
208,97	1,192	1,373	-0,097	1,393	1,286	0,010	1,850	-0,061	1,765
218,66	1,305	1,480	-0,102	1,471	1,458	0,112	1,999	-0,067	1,941
230,31	1,492	1,574	-0,060	1,577	1,711	0,248	2,169	-0,075	2,132
238,96	1,647	1,628	0,091	1,671	1,883	0,350	2,306	-0,078	2,270
248,51	1,811	1,682	0,177	1,775	2,035	0,445	2,451	-0,084	2,428
259,83	2,067	1,745	0,307	1,882	2,161	0,591	2,603	-0,091	2,620
267,98	2,222	1,803	0,374	1,974	2,257	0,676	2,741	-0,102	2,783
278,73	2,421	1,845	0,453	2,084	2,371	0,761	2,902	-0,119	2,944
288,18	2,523	1,903	0,496	2,178	2,462	0,820	3,044	-0,131	3,079
298,93	2,625	1,978	0,543	2,292	2,570	0,881	3,213	-0,152	3,234
305,57	2,676	2,023	0,566	2,351	2,627	0,909	3,297	-0,166	3,304

Tabela B.6 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
307,94	2,699	2,049	0,576	2,381	2,657	0,924	3,336	-0,171	3,344
318,86	2,778	2,136	0,607	2,480	2,756	0,971	3,526	-0,195	3,492
329,57	2,847	2,224	0,639	2,575	2,855	1,013	3,696	-0,221	3,644
338,80	2,907	2,314	0,674	2,668	2,964	1,036	3,890	-0,251	3,820
349,60	2,971	2,399	0,708	2,752	3,171	1,068	4,010	-0,270	3,972
358,85	3,021	2,484	0,743	2,831	3,355	1,103	4,191	-0,298	4,149
363,37	3,059	2,530	0,761	2,877	3,455	1,122	4,276	-0,310	4,245
370,42	3,112	2,592	0,791	2,957	3,635	1,149	4,421	-0,333	4,369
381,15	3,192	2,694	0,839	3,074	4,200	1,193	4,596	-0,370	4,582
391,30	3,270	2,792	0,892	3,176	5,753	1,242	4,756	-0,409	4,784
400,22	3,384	2,885	0,964	3,129	7,934	1,283	4,927	-0,442	4,969
410,73	2,790	3,011	1,061	3,196	11,420	1,346	5,164	-0,489	5,298
420,19	2,869	3,089	1,142	3,243	15,143	1,423	5,338	-0,522	5,525
430,19	1,786	3,225	1,378	3,290	17,657	1,571	5,507	-0,553	6,003
432,17	1,966	3,362	1,439	3,296	17,558	1,630	5,544	-0,560	6,141
434,09	2,060	3,449	1,473	3,306	17,572	1,677	5,569	-0,565	6,238
436,02	2,049	5,053	1,555	3,295	17,589	1,881	5,629	-0,581	6,562
438,29	2,094	8,093	1,579	3,325	17,949	1,949	5,689	-0,588	6,737
440,80	2,128	4,140	1,607	3,345	18,456	1,995	5,732	-0,594	6,882
441,37	2,124	4,057	1,623	3,352	18,661	2,014	5,742	-0,596	6,941
442,24	2,112	4,032	1,629	3,354	18,756	2,022	5,745	-0,597	6,967
442,80	2,111	4,028	1,630	3,354	18,775	2,023	5,745	-0,597	6,971
443,07	2,087	3,895	1,641	3,359	19,077	2,045	5,780	-0,601	7,054
443,61	2,083	3,865	1,640	3,363	19,161	2,051	5,780	-0,602	7,090
443,94	2,082	3,861	1,638	3,364	19,174	2,052	5,781	-0,602	7,094

Tabela B.7 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console RUH2.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
4,08	-0,005	-0,004	-	-0,006	-0,001	0,016
9,42	-0,005	-0,009	-	-0,006	-0,003	0,014
13,40	-0,005	-0,013	-	-0,006	-0,005	0,013
18,20	-0,004	-0,018	-	-0,005	-0,008	0,011
29,06	-0,003	-0,027	-	-0,004	-0,013	0,008
38,81	-0,003	-0,036	-	-0,003	-0,019	0,004
48,34	-0,002	-0,046	-	-0,002	-0,025	0,000
58,82	0,000	-0,055	-	-0,001	-0,030	-0,004
68,85	0,002	-0,064	-	0,001	-0,036	-0,010
78,98	0,005	-0,074	-	0,003	-0,043	-0,016
90,23	0,007	-0,084	-	0,005	-0,049	-0,022
99,09	0,010	-0,092	-	0,008	-0,055	-0,028
109,93	0,013	-0,101	-	0,011	-0,061	-0,035
119,78	0,017	-0,111	-	0,014	-0,066	-0,043
129,95	0,020	-0,121	-	0,017	-0,070	-0,048
139,59	0,023	-0,129	-	0,020	-0,074	-0,054
150,34	0,025	-0,138	-	0,022	-0,079	-0,057
159,70	0,026	-0,146	-	0,022	-0,084	-0,060
169,60	0,026	-0,155	-	0,024	-0,089	-0,065
179,91	0,027	-0,166	-	0,025	-0,096	-0,070
191,02	0,027	-0,178	-	0,029	-0,100	-0,078
199,49	0,028	-0,189	-	0,030	-0,102	-0,088
208,97	0,030	-0,202	-	0,029	-0,105	-0,093
218,66	0,032	-0,213	-	0,023	-0,117	-0,095
230,31	0,043	-0,224	-	0,019	-0,133	-0,102
238,96	0,048	-0,228	-	0,019	-0,144	-0,110
248,51	0,051	-0,236	-	0,020	-0,156	-0,121
259,83	0,049	-0,247	-	0,022	-0,163	-0,141
267,98	0,050	-0,258	-	0,022	-0,170	-0,151
278,73	0,051	-0,271	-	0,019	-0,180	-0,160
288,18	0,053	-0,283	-	0,019	-0,188	-0,167
298,93	0,055	-0,297	-	0,018	-0,199	-0,174
305,57	0,057	-0,305	-	0,018	-0,205	-0,178

Tabela B.7 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
307,94	0,059	-0,309	-	0,017	-0,208	-0,180
318,86	0,064	-0,321	-	0,017	-0,219	-0,187
329,57	0,069	-0,333	-	0,016	-0,229	-0,194
338,80	0,075	-0,344	-	0,014	-0,240	-0,201
349,60	0,082	-0,355	-	0,012	-0,251	-0,208
358,85	0,094	-0,367	-	0,011	-0,262	-0,217
363,37	0,098	-0,373	-	0,010	-0,267	-0,221
370,42	0,108	-0,381	-	0,009	-0,275	-0,229
381,15	0,123	-0,394	-	0,008	-0,287	-0,240
391,30	0,144	-0,406	-	0,006	-0,298	-0,254
400,22	0,161	-0,414	-	0,005	-0,309	-0,264
410,73	0,192	-0,426	-	0,004	-0,321	-0,281
420,19	0,210	-0,437	-	0,004	-0,332	-0,292
430,19	0,254	-0,445	-	0,000	-0,346	-0,307
432,17	0,274	-0,441	-	0,000	-0,348	-0,310
434,09	0,294	-0,438	-	0,000	-0,349	-0,313
436,02	0,320	-0,441	-	0,004	-0,347	-0,320
438,29	0,331	-0,445	-	0,002	-0,351	-0,323
440,80	0,341	-0,450	-	0,000	-0,353	-0,326
441,37	0,346	-0,452	-	0,000	-0,355	-0,326
442,24	0,348	-0,453	-	-0,001	-0,355	-0,327
442,80	0,348	-0,453	-	-0,001	-0,355	-0,327
443,07	0,355	-0,461	-	-0,003	-0,356	-0,328
443,61	0,348	-0,483	-	-0,006	-0,357	-0,328
443,94	0,345	-0,490	-	-0,007	-0,357	-0,329

Tabela B.8 – Leitura dos extensômetros colados no CFC do console RUH2.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
4,08	0,010	0,028	0,011	0,009	0,005	0,011
9,42	0,012	0,035	0,013	0,012	0,008	0,013
13,40	0,013	0,041	0,014	0,011	0,008	0,012
18,20	0,016	0,049	0,015	0,013	0,011	0,014
29,06	0,020	0,066	0,020	0,016	0,017	0,016
38,81	0,026	0,090	0,024	0,019	0,026	0,019
48,34	0,031	0,116	0,028	0,021	0,035	0,021
58,82	0,036	0,155	0,032	0,022	0,052	0,021
68,85	0,041	0,208	0,035	0,022	0,072	0,023
78,98	0,048	0,249	0,039	0,024	0,093	0,024
90,23	0,055	0,307	0,043	0,025	0,127	0,026
99,09	0,065	0,377	0,048	0,026	0,171	0,029
109,93	0,075	0,445	0,052	0,030	0,208	0,032
119,78	0,095	0,497	0,052	0,036	0,288	0,035
129,95	0,123	0,557	0,055	0,044	0,358	0,040
139,59	0,163	0,647	0,060	0,051	0,489	0,049
150,34	0,263	0,760	0,070	0,065	0,614	0,062
159,70	0,439	0,866	0,085	0,097	0,655	0,090
169,60	0,527	0,922	0,096	0,131	0,651	0,118
179,91	0,615	0,979	0,123	0,167	0,666	0,220
191,02	0,741	1,009	0,147	0,243	0,695	0,294
199,49	0,797	1,026	0,162	0,329	0,718	0,346
208,97	0,849	1,027	0,193	0,548	0,711	0,391
218,66	0,884	1,018	0,209	0,777	0,683	0,434
230,31	0,919	1,037	0,246	0,915	0,619	0,425
238,96	0,947	1,063	0,313	0,861	0,606	0,421
248,51	0,973	1,101	0,374	0,805	0,572	0,414
259,83	0,985	1,128	0,439	0,768	0,535	0,405
267,98	1,005	1,151	0,491	0,760	0,526	0,408
278,73	1,038	1,193	0,560	0,629	0,459	0,388
288,18	1,058	1,225	0,606	0,643	0,478	0,391
298,93	1,060	1,243	0,631	0,624	0,472	0,404
305,57	1,062	1,252	0,641	0,622	0,470	0,411

Tabela B.8 – Continuação.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
307,94	1,065	1,258	0,650	0,625	0,472	0,419
318,86	1,079	1,277	0,688	0,637	0,475	0,446
329,57	1,107	1,297	0,723	0,670	0,476	0,491
338,80	1,149	1,321	0,760	0,812	0,482	0,525
349,60	1,176	1,344	0,796	0,780	0,484	0,551
358,85	1,209	1,368	0,832	0,769	0,486	0,562
363,37	1,230	1,386	0,855	0,758	0,488	0,570
370,42	1,256	1,406	0,883	0,743	0,485	0,578
381,15	1,306	1,445	0,925	0,819	0,497	0,587
391,30	1,362	1,485	0,962	0,777	0,485	0,612
400,22	1,464	1,556	1,014	0,615	0,412	0,594
410,73	1,571	1,642	1,064	0,674	0,438	0,626
420,19	1,727	1,729	1,113	0,730	0,469	0,673
430,19	1,965	1,931	1,327	0,735	0,502	0,702
432,17	1,968	1,958	1,388	0,799	0,544	0,727
434,09	1,968	1,971	1,445	0,825	0,495	1,012
436,02	1,807	1,924	1,450	0,938	0,627	1,117
438,29	1,881	1,973	1,490	1,066	0,695	1,127
440,80	1,964	2,048	1,577	1,088	0,728	1,135
441,37	1,999	2,092	1,619	1,109	0,743	1,135
442,24	2,013	2,111	1,636	1,119	0,751	1,137
442,80	2,016	2,115	1,639	1,124	0,753	1,138
443,07	2,052	2,211	1,676	1,132	0,767	1,139
443,61	2,066	2,250	1,698	1,130	0,768	1,129
443,94	2,069	2,256	1,702	1,127	0,766	1,121

Tabela B.9 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console RUH3.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
8,46	0,182	0,030	-0,056	0,033	0,027	0,049	-0,014	0,000	-0,035
14,70	0,190	0,036	-0,057	0,040	0,035	0,047	-0,014	0,000	-0,035
23,69	0,203	0,047	-0,059	0,052	0,046	0,045	-0,014	0,000	-0,036
28,43	0,210	0,051	-0,060	0,057	0,052	0,044	-0,015	-0,004	-0,035
39,46	0,234	0,064	-0,062	0,077	0,072	0,040	0,006	-0,016	0,007
49,56	0,257	0,078	-0,064	0,101	0,092	0,036	0,487	-0,021	0,228
59,20	0,282	0,090	-0,065	0,123	0,112	0,033	0,809	-0,025	0,399
69,91	0,317	0,107	-0,067	0,155	0,141	0,029	1,295	-0,028	0,668
82,60	0,365	0,145	-0,068	0,203	0,182	0,023	1,972	-0,029	0,994
89,81	0,405	0,197	-0,064	0,252	0,221	0,016	2,473	-0,031	1,315
100,94	0,437	0,287	-0,056	0,324	0,263	0,004	2,907	-0,034	1,672
107,89	0,485	0,352	-0,053	0,410	0,316	-0,005	3,297	-0,033	1,952
118,35	0,558	0,420	-0,055	0,516	0,388	-0,016	3,566	-0,035	2,237
129,39	0,620	0,485	-0,051	0,623	0,456	-0,019	3,817	-0,039	2,442
138,38	0,708	0,575	-0,044	0,773	0,546	-0,021	4,367	-0,044	2,585
148,63	0,785	0,653	-0,037	0,900	0,627	-0,023	4,526	-0,049	2,725
158,58	0,866	0,743	-0,028	1,042	0,720	-0,026	4,865	-0,052	2,970
168,79	0,937	0,831	-0,022	1,178	0,809	-0,028	5,211	-0,053	3,186
179,15	1,013	0,912	-0,020	1,309	0,893	-0,031	5,572	-0,054	3,432
187,84	1,080	0,992	-0,019	1,439	0,969	-0,033	6,084	-0,056	3,694
198,39	1,155	1,072	-0,017	1,577	1,047	-0,034	6,885	-0,060	4,149
208,74	1,228	1,170	-0,120	1,711	1,127	-0,031	7,824	-0,063	4,701
218,81	1,300	1,231	-0,114	1,820	1,203	-0,028	8,566	-0,064	5,121
229,15	1,378	1,300	-0,119	1,934	1,280	-0,023	9,200	-0,064	5,465
239,24	1,473	1,377	-0,130	2,041	1,350	-0,009	9,720	-0,063	5,783
243,46	1,546	1,478	-0,086	2,252	1,457	0,002	9,798	-0,063	6,175
248,87	1,583	1,519	-0,083	2,289	1,488	0,002	9,898	-0,063	6,253
259,00	1,667	1,607	-0,079	2,378	1,558	0,003	10,180	-0,063	6,527
269,40	1,745	1,685	-0,074	2,461	1,622	0,004	10,448	-0,064	6,747
279,11	1,829	1,766	-0,068	2,549	1,691	0,006	10,733	-0,063	6,943
288,84	1,909	1,844	-0,063	2,635	1,754	0,007	10,966	-0,063	7,115
299,84	1,999	1,942	-0,059	2,742	1,832	0,009	11,240	-0,063	7,343
307,69	2,072	2,045	-0,054	2,828	1,894	0,011	11,455	-0,074	7,532

Tabela B.9 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
323,79	2,211	2,184	-0,047	2,972	1,997	0,015	11,802	-0,074	7,784
327,67	2,253	2,232	-0,047	3,019	2,029	0,016	11,904	-0,074	7,862
340,01	2,330	2,333	-0,046	3,118	2,098	0,019	12,091	-0,080	8,037
348,72	2,377	2,447	-0,046	3,221	2,170	0,024	12,313	-0,080	8,233
359,19	2,446	2,565	-0,046	3,318	2,231	0,028	12,594	-0,086	8,480
369,23	2,521	2,658	-0,047	3,617	2,288	0,030	12,679	-0,085	8,635
372,10	2,554	2,701	-0,047	3,690	2,315	0,032	12,724	-0,090	8,717
380,63	2,657	2,821	-0,048	4,017	2,375	0,036	12,900	-0,090	8,935
382,34	2,679	2,847	-0,048	4,102	2,387	0,037	12,919	-0,090	8,973
383,85	2,695	2,870	-0,048	4,215	2,397	0,038	12,949	-0,090	9,012
386,31	2,721	2,902	-0,048	4,378	2,417	0,040	12,982	-0,093	9,060
388,04	2,744	2,937	-0,049	4,552	2,438	0,041	13,021	-0,095	9,135
390,11	2,752	2,949	-0,049	4,878	2,446	0,042	13,035	-0,095	9,158
391,11	2,770	2,973	-0,048	5,460	2,460	0,043	13,053	-0,095	9,210
392,53	2,817	3,028	0,066	7,023	2,477	0,040	13,094	-0,094	9,371
393,28	2,822	3,032	0,073	7,143	2,479	0,040	13,098	-0,094	9,381
393,48	2,836	3,047	0,091	7,749	2,481	0,039	13,114	-0,094	9,433

Tabela B.10 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console RUH3.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
8,46	-0,005	-0,011	-0,005	0,002	-0,010	0,039
14,70	-0,004	-0,014	-0,005	-0,002	-0,010	0,037
23,69	-0,004	-0,018	-0,006	-0,009	-0,010	0,033
28,43	-0,003	-0,020	-0,006	-0,012	-0,010	0,032
39,46	-0,002	-0,025	-0,008	-0,021	-0,010	0,027
49,56	-0,001	-0,029	-0,009	-0,029	-0,010	0,023
59,20	0,001	-0,031	-0,010	-0,036	-0,010	0,019
69,91	0,003	-0,035	-0,011	-0,045	-0,009	0,013
82,60	0,007	-0,038	-0,012	-0,054	-0,008	0,005
89,81	0,012	-0,039	-0,014	-0,062	-0,007	-0,002
100,94	0,019	-0,038	-0,016	-0,072	-0,006	-0,011
107,89	0,025	-0,036	-0,017	-0,080	-0,004	-0,019
118,35	0,031	-0,034	-0,020	-0,090	-0,001	-0,029
129,39	0,034	-0,035	-0,021	-0,097	0,001	-0,037
138,38	0,036	-0,037	-0,021	-0,105	0,003	-0,045
148,63	0,036	-0,041	-0,022	-0,113	0,005	-0,053
158,58	0,035	-0,045	-0,023	-0,122	0,006	-0,058
168,79	0,034	-0,051	-0,022	-0,131	0,008	-0,064
179,15	0,031	-0,056	-0,023	-0,141	0,009	-0,069
187,84	0,028	-0,063	-0,024	-0,150	0,010	-0,072
198,39	0,024	-0,070	-0,026	-0,161	0,010	-0,072
208,74	0,016	-0,080	-0,028	-0,172	0,011	-0,065
218,81	0,007	-0,089	-0,029	-0,177	0,012	-0,015
229,15	-0,006	-0,102	-0,033	-0,191	0,000	0,037
239,24	-0,038	-0,129	-0,036	-0,211	-0,019	-0,013
243,46	-0,142	-0,262	-0,074	-0,337	-0,103	-0,067
248,87	-0,140	-0,263	-0,077	-0,347	-0,107	-0,075
259,00	-0,143	-0,275	-0,083	-0,369	-0,115	-0,091
269,40	-0,146	-0,285	-0,088	-0,388	-0,123	-0,107
279,11	-0,150	-0,296	-0,094	-0,408	-0,131	-0,124
288,84	-0,154	-0,306	-0,099	-0,428	-0,138	-0,143
299,84	-0,158	-0,319	-0,105	-0,454	-0,148	-0,182
307,69	-0,160	-0,327	-0,111	-0,476	-0,158	-0,214

Tabela B.10 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
323,79	-0,166	-0,344	-0,118	-0,512	-0,174	-0,286
327,67	-0,169	-0,349	-0,120	-0,524	-0,180	-0,310
340,01	-0,174	-0,359	-0,124	-0,549	-0,191	-0,348
348,72	-0,181	-0,370	-0,126	-0,577	-0,208	-0,373
359,19	-0,189	-0,380	-0,129	-0,604	-0,227	-0,365
369,23	-0,195	-0,390	-0,132	-0,620	-0,237	-0,312
372,10	-0,197	-0,394	-0,133	-0,625	-0,242	-0,242
380,63	-0,206	-0,405	-0,136	-0,642	-0,255	0,384
382,34	-0,208	-0,407	-0,136	-0,647	-0,258	0,676
383,85	-0,210	-0,409	-0,136	-0,651	-0,260	0,992
386,31	-0,213	-0,412	-0,137	-0,656	-0,262	1,347
388,04	-0,216	-0,414	-0,136	-0,662	-0,266	1,959
390,11	-0,217	-0,414	-0,136	-0,664	-0,267	2,127
391,11	-0,219	-0,415	-0,136	-0,665	-0,270	2,655
392,53	-0,224	-0,420	-0,138	-0,658	-0,271	-
393,28	-0,225	-0,420	-0,138	-0,657	-0,271	-
393,48	-0,226	-0,420	-0,138	-0,653	-0,270	-

Tabela B.11 – Leitura dos extensômetros colados no de CFC do console RUH3.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
8,46	0,020	0,038	0,005	0,026	0,051	0,046
14,70	0,024	0,047	0,010	0,030	0,059	0,051
23,69	0,031	0,061	0,017	0,037	0,071	0,058
28,43	0,033	0,068	0,020	0,040	0,077	0,062
39,46	0,042	0,096	0,031	0,048	0,104	0,072
49,56	0,049	0,129	0,041	0,054	0,138	0,080
59,20	0,055	0,159	0,052	0,059	0,179	0,086
69,91	0,062	0,204	0,065	0,065	0,229	0,096
82,60	0,072	0,266	0,077	0,075	0,299	0,108
89,81	0,079	0,318	0,085	0,091	0,342	0,114
100,94	0,093	0,374	0,091	0,121	0,386	0,118
107,89	0,108	0,424	0,095	0,141	0,464	0,124
118,35	0,138	0,487	0,109	0,156	0,638	0,141
129,39	0,182	0,564	0,125	0,179	0,782	0,165
138,38	0,268	0,674	0,146	0,225	0,944	0,209
148,63	0,379	0,777	0,174	0,290	1,082	0,258
158,58	0,511	0,884	0,216	0,452	1,217	0,315
168,79	0,651	0,970	0,284	0,748	1,320	0,377
179,15	0,779	1,057	0,355	1,181	1,376	0,475
187,84	0,894	1,138	0,428	1,745	1,441	0,558
198,39	1,016	1,215	0,497	1,870	1,493	0,656
208,74	1,131	1,288	0,585	1,998	1,523	0,715
218,81	1,212	1,323	0,709	2,122	1,573	0,795
229,15	1,299	1,393	0,802	2,213	1,630	0,892
239,24	1,370	1,450	0,877	2,183	1,689	1,015
243,46	1,528	1,616	1,024	2,102	1,639	1,010
248,87	1,550	1,654	1,061	2,119	1,664	1,035
259,00	1,609	1,740	1,150	2,151	1,726	1,100
269,40	1,666	1,816	1,228	2,176	1,780	1,144
279,11	1,728	1,893	1,308	2,202	1,841	1,184
288,84	1,792	1,968	1,389	2,226	1,898	1,244
299,84	1,874	2,061	1,478	2,258	1,959	1,337
307,69	1,946	2,135	1,549	2,250	1,978	1,389

Tabela B.11 – Continuação.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
323,79	2,052	2,231	1,653	2,273	2,029	1,448
327,67	2,085	2,262	1,682	2,275	2,042	1,490
340,01	2,154	2,326	1,737	2,284	2,074	1,578
348,72	2,228	2,393	1,798	2,297	2,109	1,682
359,19	2,291	2,451	1,857	2,316	2,134	1,816
369,23	2,350	2,507	1,907	2,336	2,157	1,915
372,10	2,379	2,535	1,932	2,350	2,168	1,952
380,63	2,437	2,589	1,999	2,367	2,094	1,952
382,34	2,448	2,598	2,008	2,375	2,096	1,972
383,85	2,457	2,607	2,015	2,378	2,102	2,003
386,31	2,478	2,625	2,029	2,387	2,117	2,052
388,04	2,494	2,644	2,040	2,392	2,128	2,086
390,11	2,504	2,653	2,046	2,396	2,133	2,095
391,11	2,521	2,667	2,054	2,405	2,143	2,114
392,53	2,546	2,675	2,060	2,430	2,174	2,171
393,28	2,548	2,676	2,060	2,433	2,178	2,176
393,48	2,555	2,677	2,061	2,445	2,189	2,192

Tabela B.12 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console RUD1.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
8,71	0,040	0,029	-0,016	0,057	0,021	0,051	0,000	0,006	-0,023
10,67	0,041	0,031	-0,017	0,059	0,022	0,050	0,000	0,006	-0,024
23,15	0,053	0,042	-0,020	0,080	0,032	0,047	0,000	0,006	0,060
34,59	0,069	0,059	-0,023	0,114	0,045	0,043	0,155	0,003	0,276
40,35	0,078	0,067	-0,026	0,128	0,052	0,041	0,324	0,002	0,381
50,06	0,098	0,082	-0,030	0,156	0,063	0,038	0,616	0,000	0,560
60,92	0,137	0,105	-0,033	0,191	0,077	0,035	0,898	-0,005	0,696
70,41	0,180	0,133	-0,037	0,230	0,093	0,031	1,156	-0,024	0,856
82,12	0,227	0,182	-0,042	0,284	0,112	0,026	1,402	-0,029	0,976
90,87	0,267	0,236	-0,048	0,341	0,132	0,019	1,619	-0,037	1,097
99,90	0,314	0,305	-0,056	0,422	0,160	0,010	1,810	-0,042	1,219
111,34	0,375	0,396	-0,066	0,525	0,226	0,001	2,054	-0,047	1,401
122,05	0,446	0,484	-0,070	0,651	0,333	-0,002	2,222	-0,053	1,532
131,49	0,530	0,569	-0,067	0,786	0,498	0,001	2,422	-0,062	1,677
142,95	0,653	0,694	-0,064	0,939	0,776	-0,001	2,659	-0,069	1,867
152,61	0,739	0,749	-0,063	1,038	0,956	-0,002	2,825	-0,077	1,979
161,07	0,823	0,816	-0,064	1,134	1,118	-0,004	2,979	-0,086	2,105
171,33	0,913	0,896	-0,066	1,239	1,284	-0,005	3,151	-0,091	2,251
180,73	0,994	0,984	-0,067	1,341	1,430	-0,008	3,326	-0,098	2,409
191,48	1,084	1,080	-0,069	1,446	1,592	-0,010	3,514	-0,103	2,554
200,07	1,175	1,177	-0,071	1,548	1,751	-0,015	3,731	-0,109	2,737
209,85	1,262	1,275	-0,072	1,652	1,900	-0,017	3,920	-0,119	2,937
220,79	1,344	1,371	-0,076	1,753	2,039	-0,020	4,092	-0,123	3,030
231,94	1,705	1,506	-0,017	1,893	2,291	0,020	4,326	-0,135	3,354
238,42	1,786	1,560	-0,013	1,953	2,351	0,019	4,438	-0,138	3,422
242,94	1,836	1,595	-0,008	1,995	2,392	0,019	4,509	-0,141	3,470
248,08	1,897	1,640	0,001	2,048	2,446	0,018	4,599	-0,143	3,536
249,84	1,938	1,670	0,008	2,085	2,483	0,018	4,654	-0,146	3,585
259,56	2,040	1,760	0,053	2,192	2,587	0,018	4,817	-0,149	3,754
270,93	2,142	1,860	0,119	2,307	2,704	0,018	5,008	-0,154	3,940
281,21	2,237	1,957	0,168	2,421	2,819	0,018	5,184	-0,159	4,081
289,65	2,322	2,044	0,211	2,526	2,924	0,018	5,356	-0,163	4,249
291,88	2,341	2,063	0,221	2,550	2,949	0,018	5,401	-0,165	4,284
300,32	2,424	2,145	0,265	2,653	3,053	0,018	5,570	-0,170	4,438

Tabela B.12 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
310,08	2,516	2,240	0,314	2,776	3,175	0,019	5,787	-0,174	4,633
321,23	2,607	2,328	0,357	2,885	3,290	0,019	5,977	-0,180	4,855
330,55	2,699	2,408	0,406	3,005	3,464	0,019	6,190	-0,185	4,961
340,45	2,716	2,495	0,458	3,121	3,760	0,020	6,421	-0,191	5,159
349,83	2,805	2,608	0,509	3,326	5,026	0,021	6,664	-0,199	5,315
360,58	2,917	2,732	0,535	3,562	-	0,023	6,900	-0,207	5,546
370,81	3,042	2,862	0,575	3,621	-	0,028	7,120	-0,212	5,766
380,53	3,173	3,163	0,614	3,695	-	0,035	7,299	-0,220	6,036
390,14	3,349	4,767	0,659	3,719	-	0,047	7,491	-0,228	6,408
400,33	3,823	3,521	0,797	4,182	-	0,063	7,801	-0,240	7,225
402,20	8,141	3,461	0,847	11,029	-	0,058	7,901	-0,243	7,691
404,03	4,186	3,475	0,885	13,928	-	0,071	7,961	-0,245	8,009
406,05	3,972	3,398	0,944	14,972	-	0,090	8,079	-0,248	8,475
408,65	3,848	3,398	0,967	16,261	-	0,089	8,155	-0,251	8,783
409,27	3,698	2,699	0,983	-	-	0,084	8,240	-0,254	9,424
410,21	3,699	2,695	0,983	-	-	0,084	8,242	-0,254	9,434
411,31	3,848	2,195	1,003	-	-	0,082	8,333	-0,256	10,127
412,33	3,784	2,118	1,007	-	-	0,083	8,347	-0,256	10,319
411,60	3,781	2,113	1,008	-	-	0,083	8,349	-0,257	10,334
413,89	3,764	1,981	1,028	-	-	0,084	8,391	-0,257	10,725

Tabela B.13 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console RUD1.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
8,71	-0,008	-0,012	0,030	-0,008	-0,001	0,022
10,67	-0,008	-0,013	0,029	-0,008	-0,002	0,021
23,15	-0,008	-0,021	0,026	-0,008	-0,012	0,016
34,59	-0,008	-0,029	0,022	-0,007	-0,022	0,011
40,35	-0,008	-0,033	0,021	-0,007	-0,028	0,008
50,06	-0,007	-0,040	0,017	-0,007	-0,037	0,003
60,92	-0,006	-0,047	0,013	-0,006	-0,047	-0,003
70,41	-0,005	-0,053	0,009	-0,006	-0,058	-0,009
82,12	-0,003	-0,061	0,002	-0,004	-0,070	-0,017
90,87	-0,001	-0,067	-0,004	-0,003	-0,081	-0,025
99,90	0,003	-0,072	-0,011	-0,001	-0,092	-0,034
111,34	0,006	-0,079	-0,019	0,001	-0,105	-0,046
122,05	0,010	-0,083	-0,025	0,005	-0,117	-0,057
131,49	0,013	-0,087	-0,030	0,008	-0,128	-0,067
142,95	0,014	-0,093	-0,035	0,011	-0,141	-0,078
152,61	0,015	-0,098	-0,038	0,012	-0,153	-0,085
161,07	0,015	-0,104	-0,041	0,012	-0,165	-0,091
171,33	0,015	-0,111	-0,044	0,014	-0,180	-0,096
180,73	0,015	-0,119	-0,048	0,014	-0,195	-0,101
191,48	0,013	-0,127	-0,052	0,016	-0,214	-0,105
200,07	0,008	-0,135	-0,055	0,017	-0,251	-0,107
209,85	0,004	-0,144	-0,058	0,015	-0,278	-0,108
220,79	-0,002	-0,153	-0,061	0,013	-0,300	-0,098
231,94	0,033	-0,168	-0,146	-0,042	-0,387	2,658
238,42	0,031	-0,176	-0,155	-0,042	-0,404	-
242,94	0,030	-0,182	-0,160	-0,044	-0,415	-
248,08	0,028	-0,189	-0,167	-0,048	-0,428	-
249,84	0,027	-0,194	-0,171	-0,049	-0,436	-
259,56	0,023	-0,206	-0,182	-0,054	-0,460	-
270,93	0,022	-0,219	-0,194	-0,057	-0,485	-
281,21	0,019	-0,230	-0,205	-0,061	-0,508	-
289,65	0,018	-0,240	-0,215	-0,064	-0,530	-
291,88	0,017	-0,242	-0,217	-0,065	-0,535	-
300,32	0,015	-0,252	-0,227	-0,068	-0,556	-

Tabela B.13 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
310,08	0,014	-0,264	-0,240	-0,072	-0,580	-
321,23	0,014	-0,275	-0,251	-0,074	-0,602	-
330,55	0,014	-0,286	-0,263	-0,077	-0,622	-
340,45	0,014	-0,299	-0,274	-0,080	-0,642	-
349,83	0,016	-0,315	-0,295	-0,081	-0,665	-
360,58	0,016	-0,331	-0,328	-0,084	-0,684	-
370,81	0,013	-0,346	-0,356	-0,084	-0,698	-
380,53	0,009	-0,362	-0,388	-0,084	-0,708	-
390,14	0,006	-0,377	-0,419	-0,083	-0,715	-
400,33	-0,010	-0,396	-0,456	-0,080	-0,713	-
402,20	-0,014	-0,402	-0,467	-0,077	-0,715	-
404,03	-0,019	-0,407	-0,472	-0,075	-0,721	-
406,05	-0,021	-0,414	-0,481	-0,073	-0,733	-
408,65	-0,022	-0,417	-0,487	-0,073	-0,738	-
409,27	-0,023	-0,421	-0,491	-0,071	-0,742	-
410,21	-0,023	-0,422	-0,491	-0,071	-0,742	-
411,31	-0,024	-0,426	-0,496	-0,069	-0,748	-
412,33	-0,026	-0,428	-0,496	-0,069	-0,750	-
411,60	-0,026	-0,428	-0,496	-0,069	-0,750	-
413,89	-0,028	-0,430	-0,496	-0,069	-0,752	-

Tabela B.14 – Leitura dos extensômetros colados no CFC do console RUD1.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
8,71	0,004	0,029	-0,005	-0,004	-0,023	-0,033
10,67	0,004	0,029	-0,005	-0,004	-0,022	-0,033
23,15	0,005	0,038	-0,004	-0,002	-0,012	-0,031
34,59	0,007	0,047	-0,004	0,000	-0,002	-0,030
40,35	0,007	0,049	-0,003	0,001	0,001	-0,030
50,06	0,008	0,054	-0,003	0,003	0,005	-0,030
60,92	0,009	0,061	-0,002	0,004	0,009	-0,029
70,41	0,010	0,068	-0,002	0,006	0,012	-0,029
82,12	0,012	0,079	-0,002	0,009	0,014	-0,029
90,87	0,014	0,089	-0,002	0,011	0,014	-0,029
99,90	0,015	0,105	-0,002	0,012	0,014	-0,030
111,34	0,017	0,114	-0,001	0,012	0,014	-0,030
122,05	0,018	0,122	-0,001	0,002	0,012	-0,031
131,49	0,017	0,144	-0,001	-0,012	0,017	-0,030
142,95	0,015	0,154	-0,001	-0,021	0,026	-0,030
152,61	0,013	0,158	-0,001	-0,023	0,034	-0,029
161,07	0,012	0,166	-0,001	-0,022	0,040	-0,028
171,33	0,014	0,180	-0,001	-0,021	0,047	-0,028
180,73	0,015	0,198	-0,001	-0,021	0,055	-0,027
191,48	0,016	0,221	-0,001	-0,022	0,065	-0,026
200,07	0,018	0,238	0,000	-0,024	0,076	-0,026
209,85	0,021	0,253	-0,002	-0,027	0,094	-0,025
220,79	0,024	0,271	-0,001	-0,030	0,123	-0,024
231,94	0,759	0,293	-0,002	0,725	0,179	-0,025
238,42	0,752	0,310	-0,002	0,976	0,187	-0,025
242,94	0,755	0,321	-0,002	1,134	0,193	-0,024
248,08	0,762	0,334	-0,002	1,380	0,205	-0,023
249,84	0,769	0,343	-0,002	1,497	0,213	-0,023
259,56	0,785	0,369	-0,002	1,781	0,259	-0,022
270,93	0,797	0,399	-0,002	2,026	0,310	-0,021
281,21	0,785	0,434	-0,002	2,221	0,360	-0,020
289,65	0,770	0,476	-0,002	2,396	0,399	-0,019
291,88	0,773	0,489	-0,002	2,437	0,409	-0,019
300,32	0,781	0,521	-0,002	2,599	0,454	-0,018

Tabela B.14 – Continuação.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
310,08	0,794	0,549	-0,002	2,741	0,520	-0,017
321,23	0,808	0,575	-0,002	2,840	0,587	-0,016
330,55	0,820	0,602	-0,003	2,923	0,661	-0,016
340,45	0,818	0,628	-0,003	3,016	0,730	-0,015
349,83	0,839	0,651	-0,002	3,116	0,860	-0,014
360,58	0,838	0,661	-0,003	3,186	1,033	-0,013
370,81	0,801	0,659	-0,002	3,082	1,203	-0,012
380,53	0,781	0,666	-0,002	3,222	1,465	-0,012
390,14	0,714	0,715	-0,002	3,435	1,848	-0,012
400,33	0,708	0,913	-0,002	3,586	3,007	-0,012
402,20	0,783	1,006	-0,001	3,712	3,732	-0,011
404,03	0,750	0,989	-0,001	3,909	4,258	-0,010
406,05	0,849	1,036	0,000	4,311	5,153	-0,005
408,65	0,921	1,052	0,000	4,493	5,600	-0,001
409,27	1,272	1,079	0,003	4,704	5,962	0,150
410,21	1,269	1,079	0,003	4,706	5,971	0,153
411,31	1,646	1,098	0,005	4,913	6,235	2,290
412,33	1,678	1,123	0,006	4,776	6,083	1,317
411,60	1,680	1,125	0,007	4,775	6,087	1,285
413,89	1,747	1,174	0,010	4,681	5,763	0,518

Tabela B.15 – Leitura dos TD e extensômetros colados no aço do console RUD2.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
7,03	0,053	0,045	-0,019	0,064	0,026	0,030	-0,001	-0,009	0,142
22,15	0,067	0,064	-0,021	0,090	0,038	0,027	0,190	-0,027	0,397
31,34	0,078	0,077	-0,023	0,111	0,046	0,025	0,461	-0,036	0,557
43,45	0,093	0,095	-0,026	0,138	0,055	0,022	0,801	-0,049	0,753
53,62	0,117	0,126	-0,029	0,187	0,065	0,019	1,210	-0,059	0,988
65,79	0,158	0,180	-0,036	0,255	0,084	0,013	1,691	-0,066	1,280
77,23	0,207	0,227	-0,042	0,304	0,112	0,009	2,002	-0,076	1,453
85,74	0,244	0,269	-0,047	0,349	0,141	0,004	2,250	-0,087	1,598
97,78	0,305	0,340	-0,054	0,421	0,212	-0,006	2,578	-0,098	1,796
106,35	0,383	0,439	-0,053	0,495	0,310	-0,015	2,823	-0,103	1,957
115,77	0,458	0,539	-0,051	0,558	0,418	-0,019	3,052	-0,105	2,089
126,48	0,571	0,692	-0,050	0,699	0,570	-0,019	3,354	-0,112	2,277
137,48	0,660	0,814	-0,051	0,815	0,694	-0,019	3,614	-0,119	2,455
146,37	0,739	0,923	-0,053	0,911	0,812	-0,022	3,869	-0,124	2,607
155,91	0,815	1,060	-0,055	1,034	0,973	-0,025	4,146	-0,131	2,781
166,50	0,893	1,206	-0,059	1,174	1,150	-0,028	4,411	-0,140	2,970
176,96	0,946	1,306	-0,062	1,284	1,270	-0,029	4,621	-0,147	3,108
186,61	1,004	1,417	-0,064	1,406	1,401	-0,030	4,898	-0,156	3,279
195,74	1,060	1,520	-0,066	1,522	1,533	-0,031	5,175	-0,164	3,416
207,08	1,133	1,634	-0,068	1,660	1,683	-0,032	5,490	-0,173	3,603
217,15	1,198	1,715	-0,069	1,772	1,809	-0,032	5,754	-0,180	3,778
227,30	1,272	1,802	-0,070	1,890	1,931	-0,031	6,017	-0,188	3,941
237,82	1,708	1,887	0,032	2,152	2,236	0,018	6,451	-0,200	4,509
247,22	1,801	1,942	0,048	2,228	2,285	0,017	6,543	-0,203	4,631
257,85	1,916	2,020	0,137	2,336	2,360	0,018	6,804	-0,208	4,822
277,13	2,122	2,163	0,226	2,549	2,515	0,020	7,275	-0,227	5,169
285,70	2,226	2,226	0,265	2,653	2,594	0,021	7,531	-0,227	5,340
297,12	2,371	2,291	0,325	2,787	2,695	0,025	7,852	-0,238	5,567
306,08	2,475	2,341	0,360	2,883	2,765	0,028	8,078	-0,242	5,737
312,95	2,553	2,365	0,386	2,960	2,823	0,028	8,257	-0,250	5,863
321,91	2,662	2,403	0,420	3,069	2,907	0,031	8,511	-0,261	6,068
331,90	2,780	2,466	0,447	3,186	3,003	0,034	8,773	-0,271	6,272
340,26	2,891	2,522	0,464	3,279	3,092	0,039	9,005	-0,279	6,457

Tabela B.15 – Continuação.

Força no console	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TD1	TD2	TD3
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(mm)	(mm)	(mm)
352,18	3,085	2,614	0,487	3,368	3,433	0,048	9,302	-0,293	6,686
360,70	3,416	2,704	0,510	3,406	4,426	0,059	9,542	-0,301	6,900
365,90	3,763	2,797	0,529	3,426	1,882	0,066	9,695	-0,307	7,042
371,56	4,511	2,877	0,552	3,441	1,824	0,076	9,847	-0,313	7,192
372,43	4,731	2,890	0,556	3,445	1,828	0,078	9,870	-0,314	7,210
376,05	5,547	2,941	0,573	3,469	1,852	0,084	9,971	-0,316	7,359
381,79	5,014	3,023	0,602	3,494	1,897	0,094	10,127	-0,318	7,485
386,20	3,076	3,098	0,634	3,517	1,911	0,107	10,251	-0,324	7,649
390,99	2,914	3,189	0,663	3,540	1,936	0,116	10,370	-0,331	7,800
397,27	2,882	3,409	0,698	3,598	2,054	0,133	10,537	-0,343	8,054
400,10	2,908	3,591	0,708	3,627	2,144	0,145	10,637	-0,349	8,219
402,30	2,876	3,662	0,705	3,666	2,222	0,157	10,720	-0,350	8,344
404,17	2,903	3,762	0,690	3,882	2,444	0,195	10,749	-0,354	8,570

Tabela B.16 – Leitura dos extensômetros colados na superfície do concreto do console RUD2.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
7,03	-0,007	-0,013	-0,006	-0,009	0,001	0,023
22,15	-0,006	-0,023	-0,011	-0,009	-0,008	0,018
31,34	-0,005	-0,030	-0,014	-0,009	-0,013	0,016
43,45	-0,004	-0,037	-0,018	-0,009	-0,020	0,012
53,62	-0,003	-0,045	-0,022	-0,008	-0,027	0,007
65,79	-0,002	-0,056	-0,027	-0,008	-0,037	0,000
77,23	0,000	-0,063	-0,033	-0,006	-0,045	-0,006
85,74	0,001	-0,069	-0,038	-0,005	-0,051	-0,011
97,78	0,003	-0,077	-0,044	-0,003	-0,059	-0,020
106,35	0,006	-0,080	-0,050	0,000	-0,067	-0,029
115,77	0,008	-0,084	-0,054	0,002	-0,073	-0,037
126,48	0,009	-0,090	-0,059	0,005	-0,080	-0,046
137,48	0,009	-0,097	-0,062	0,007	-0,086	-0,052
146,37	0,009	-0,104	-0,066	0,008	-0,092	-0,057
155,91	0,009	-0,112	-0,069	0,008	-0,099	-0,062
166,50	0,009	-0,120	-0,073	0,007	-0,107	-0,066
176,96	0,009	-0,127	-0,076	0,007	-0,113	-0,069
186,61	0,009	-0,135	-0,080	0,007	-0,120	-0,072
195,74	0,010	-0,142	-0,085	0,008	-0,127	-0,075
207,08	0,010	-0,151	-0,090	0,013	-0,134	-0,073
217,15	0,009	-0,159	-0,094	0,017	-0,139	-0,071
227,30	0,008	-0,168	-0,099	0,023	-0,143	-0,062
237,82	0,030	-0,186	-0,152	-0,080	-0,259	2,508
247,22	0,028	-0,196	-0,157	-0,088	-0,271	2,730
257,85	0,026	-0,205	-0,167	-0,096	-0,287	2,953
277,13	0,025	-0,222	-0,187	-0,107	-0,312	3,306
285,70	0,025	-0,229	-0,198	-0,113	-0,324	3,465
297,12	0,021	-0,238	-0,213	-0,119	-0,338	3,592
306,08	0,021	-0,247	-0,219	-0,123	-0,349	3,456
312,95	0,021	-0,248	-0,222	-0,127	-0,358	3,452
321,91	0,022	-0,250	-0,228	-0,131	-0,368	3,488
331,90	0,022	-0,258	-0,237	-0,135	-0,382	3,560
340,26	0,021	-0,266	-0,247	-0,138	-0,392	3,624

Tabela B.16 – Continuação.

Força no console	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
352,18	0,022	-0,279	-0,270	-0,141	-0,406	3,723
360,70	0,022	-0,291	-0,282	-0,142	-0,413	3,803
365,90	0,022	-0,297	-0,291	-0,141	-0,417	3,852
371,56	0,020	-0,306	-0,302	-0,141	-0,421	3,893
372,43	0,020	-0,307	-0,306	-0,141	-0,421	3,900
376,05	0,019	-0,314	-0,313	-0,140	-0,423	3,928
381,79	0,018	-0,321	-0,322	-0,139	-0,426	3,956
386,20	0,014	-0,331	-0,330	-0,137	-0,428	3,928
390,99	0,010	-0,338	-0,336	-0,134	-0,428	3,911
397,27	0,006	-0,352	-0,345	-0,128	-0,425	3,737
400,10	0,007	-0,356	-0,352	-0,125	-0,432	3,612
402,30	0,008	-0,354	-0,353	-0,123	-0,446	3,371
404,17	0,007	-0,350	-0,350	-0,116	-0,492	2,970

Tabela B.17 – Leitura dos extensômetros colados no CFC do console RUD2.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
7,03	0,004	0,093	0,004	-0,001	-0,019	-0,027
22,15	0,006	0,116	0,006	0,005	0,003	-0,023
31,34	0,007	0,137	0,007	0,008	0,016	-0,021
43,45	0,009	0,167	0,008	0,010	0,033	-0,019
53,62	0,010	0,219	0,008	0,013	0,054	-0,018
65,79	0,009	0,229	0,007	0,012	0,052	-0,020
77,23	0,009	0,240	0,007	0,014	0,068	-0,019
85,74	0,009	0,249	0,007	0,015	0,080	-0,018
97,78	0,007	0,256	0,007	0,017	0,105	-0,017
106,35	0,007	0,278	0,007	0,012	0,149	-0,016
115,77	0,005	0,288	0,007	0,008	0,190	-0,015
126,48	0,000	0,345	0,008	0,002	0,252	-0,014
137,48	-0,002	0,368	0,008	0,002	0,306	-0,013
146,37	-0,003	0,381	0,008	0,001	0,372	-0,011
155,91	-0,004	0,394	0,008	0,002	0,470	-0,010
166,50	-0,003	0,422	0,009	0,002	0,708	-0,007
176,96	-0,003	0,447	0,010	0,003	0,772	-0,004
186,61	-0,002	0,465	0,010	0,004	0,778	-0,001
195,74	-0,001	0,486	0,011	0,002	0,892	0,002
207,08	0,001	0,515	0,010	0,001	0,946	0,006
217,15	0,001	0,539	0,011	0,002	1,011	0,009
227,30	0,003	0,561	0,013	0,003	1,076	0,014
237,82	1,067	0,589	0,013	0,200	1,017	0,021
247,22	0,854	0,594	0,015	0,217	1,030	0,021
257,85	0,731	0,604	0,015	0,358	1,045	0,023
277,13	0,635	0,624	0,017	0,568	1,072	0,036
285,70	0,611	0,637	0,019	0,676	1,103	0,045
297,12	0,585	0,650	0,020	1,475	1,085	0,061
306,08	0,538	0,650	0,022	1,524	1,108	0,078
312,95	0,532	0,658	0,023	1,698	1,114	0,091
321,91	0,533	0,668	0,025	1,735	1,105	0,116
331,90	0,541	0,671	0,027	1,728	1,111	0,151
340,26	0,544	0,671	0,031	1,755	1,138	0,173

Tabela B.17 – Continuação.

Força no console	F1	F2	F3	F4	F5	F6
(kN)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)	(‰)
352,18	0,554	0,671	0,035	1,751	1,175	0,220
360,70	0,571	0,676	0,037	1,755	1,201	0,297
365,90	0,575	0,673	0,038	1,749	1,216	0,369
371,56	0,572	0,673	0,038	1,772	1,218	0,503
372,43	0,570	0,674	0,038	1,785	1,219	0,517
376,05	0,554	0,679	0,039	1,809	1,230	0,579
381,79	0,577	0,690	0,042	1,774	1,247	0,665
386,20	0,588	0,694	0,044	1,714	1,258	0,745
390,99	0,605	0,699	0,047	1,756	1,259	0,801
397,27	0,616	0,708	0,051	1,762	1,279	0,883
400,10	0,660	0,725	0,054	1,814	1,318	0,909
402,30	0,639	0,748	0,059	1,861	1,369	0,952
404,17	0,620	0,801	0,073	1,903	1,391	1,063

Anexo C Rotinas de Cálculo das Forças Teóricas

C.1.

Console de Referência

Dados de Entrada:

$$a=0,24\text{ m}$$

$$h=0,43\text{ m}$$

$$b=0,25\text{ m}$$

$$\phi = 6,3\text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41\text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0\text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12\text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52\text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07\text{ MPa}$$

$$A_{s1} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4\text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405\text{ m}$$

$$d_2 = 0,39\text{ m}$$

$$d_3 = 0,275\text{ m}$$

$$d_4 = 0,16\text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$h_2 = 0,2215\text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065\text{ m}$$

Força última teórica segundo o modelo de Bielas e Tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando a parcela da armadura de costura tem-se :

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$\nu_c = \frac{0,60(2-0,4\frac{a}{h})(\rho+2)(1-0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$\nu_c = \frac{0,60(2-0,4\times\frac{0,24}{0,43})(0,41\%+2)(1-0,25\times0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + \nu_t f_t b h + A_f f_f \nu_f}{(\nu_c f_c + \nu_t f_t) b}$$

$$\sum A_{si} f_{yi} = (1,58 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,145m$$

$$x^2 \left(\frac{1}{2} \nu_c f_c b + \frac{1}{2} \nu_t f_t b \right) + x (\nu_c f_c + \nu_t f_t) ab - A_{si} f_{yi} (d_i - y)$$

$$- \frac{1}{2} \nu_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} \nu_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f \nu_f (d_f - y) = 0$$

$$A = \frac{1}{2} \nu_c f_c b + \frac{1}{2} \nu_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 1,57 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (\nu_c f_c + \nu_t f_t) ab$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 kN$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} \nu_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} \nu_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f \nu_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,145)$$

$$+ 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,145) + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,145)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,145)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 55,31 kNm$$

$$\frac{1}{2} \nu_c f_c b y^2 = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,145^2 = 28,29$$

$$\frac{1}{2} \nu_t f_t b (h - y)^2 = \frac{1}{2} 0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,145)^2 = 17,90$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -55,31 - 28,29 - 17,90 - 0 = -101,50$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 1,57 \times 10^3 \times (-101,50)}}{2 \times 1,57 \times 10^3} = 0,110 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_2 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 1,57 \times 10^3 \times (-101,50)}}{2 \times 1,57 \times 10^3} = -0,5897 \text{ m}$$

Portanto, o valor de $x = 0,110 \text{ m}$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2)}{(a + x)} + \frac{\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,110^2 + 0,145^2) = 44,52$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,145)^2 + 0,110^2] = 20,54$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{55,31 + 0 + 44,52 + 20,54}{0,35} = 344,26 \text{ kN}$$

C.2.

Console RUH1

Dados de Entrada:

$$a = 0,24 \text{ m}$$

$$h = 0,43 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

$$\phi = 6,3 \text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41 \text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0 \text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12 \text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07 \text{ MPa}$$

$$A_f = 0,366 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,39 \text{ m}$$

$$d_3 = 0,275 \text{ m}$$

$$d_4 = 0,16 \text{ m}$$

$$d_{f1} = 0,3550 \text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$\nu_f = 0,20$$

$$h_2 = 0,2215 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065 \text{ m}$$

$$E_f = 255,17 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_f = 0,647\%$$

Força última teórica segundo o modelo de bielas e tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando-se a parcela da armadura de costura segue-se para a força última teórica :

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Parcela do reforço:

$$F_{xf} = E_f \times \varepsilon_f \times A_f$$

$$F_{xf} = 255,17 \times 10^6 \times 0,000647 \times 0,0000366 = 6,04 \text{ kN}$$

Portanto, a força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a} + \frac{F_{xf} \times d_{f1}}{a}$$

$$V_{teórica} = 329,94 + \frac{6,04 \times 0,355}{0,24} = 338,88 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \frac{a}{h})(\rho + 2)(1 - 0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \times \frac{0,24}{0,43})(0,41\% + 2)(1 - 0,25 \times 0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + v_t f_t b h + A_f f_f v_f}{(v_c f_c + v_t f_t) b}$$

Cálculo da parcela da armadura interna:

$$\sum A_{si} f_{yi} = (158 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

Portanto, o valor de y é:

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43 + 3,66 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,152 \text{ m}$$

Cálculo do valor de x:

$$x^2 \left(\frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b \right) + x (v_c f_c + v_t f_t) a b - A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y) = 0$$

Cálculo dos parâmetros da equação do 2º grau:

$$A = \frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 157 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (v_c f_c + v_t f_t) a b$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 \text{ kN}$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 158 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,152)$$

$$+ 158 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,152) + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 53,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b y^2 = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,152^2 = 31,06$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 = \frac{1}{2} 0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,152)^2 = 17,04$$

$$A_f f_f v_f (d_f - y) = 3,6 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20 \times (0,355 - 0,152) = 4,42$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -53,47 - 31,06 - 17,04 - 4,42 = -105,99$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-105,99)}}{2 \times 157 \times 10^3} = 0,114 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-105,99)}}{2 \times 157 \times 10^3} = -0,5937 \text{ m}$$

Portanto, o valor de $x = 0,114 \text{ m}$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2)}{(a + x)} + \frac{\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,114^2 + 0,152^2) = 48,52$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,152)^2 + 0,114^2] = 19,88$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{53,47 + 4,42 + 48,52 + 19,88}{0,354} = 357,04 \text{ kN}$$

C.3.

Console RUH2

Dados de Entrada:

$$a = 0,24 \text{ m}$$

$$h = 0,43 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

$$\phi = 6,3 \text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41 \text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0 \text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12 \text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07 \text{ MPa}$$

$$A_f = 0,366 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,39 \text{ m}$$

$$d_3 = 0,275 \text{ m}$$

$$d_4 = 0,16 \text{ m}$$

$$d_{f1} = 0,3925 \text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$\nu_f = 0,20$$

$$h_2 = 0,2215 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065 \text{ m}$$

$$E_f = 255,17 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_f = 2,256\%$$

Força última teórica segundo o modelo de Bielas e Tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando-se a parcela da armadura de costura segue-se para força última teórica :

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Parcela do reforço:

$$F_{xf} = E_f \times \varepsilon_f \times A_f$$

$$F_{xf} = 255,17 \times 10^6 \times 0,002256 \times 0,0000366 = 21,07 \text{ kN}$$

Portanto, a força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a} + \frac{F_{xf} \times d_{f1}}{a}$$

$$V_{teórica} = 329,94 + \frac{21,07 \times 0,3925}{0,24} = 364,40 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \frac{a}{h})(\rho + 2)(1 - 0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \times \frac{0,24}{0,43})(0,41\% + 2)(1 - 0,25 \times 0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + v_t f_t b h + A_f f_f v_f}{(v_c f_c + v_t f_t) b}$$

Cálculo da parcela da armadura interna:

$$\sum A_{si} f_{yi} = (1,58 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

Portanto, o valor de y é:

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43 + 3,66 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,152 \text{ m}$$

Cálculo do valor de x:

$$x^2 \left(\frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b \right) + x (v_c f_c + v_t f_t) a b - A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y) = 0$$

Cálculo dos parâmetros da equação do 2º grau:

$$A = \frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 1,57 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (v_c f_c + v_t f_t) a b$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 \text{ kN}$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,152)$$

$$+ 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,152) + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 53,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b y^2 = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,152^2 = 31,06$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 = \frac{1}{2} 0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,152)^2 = 17,04$$

$$A_f f_f v_f (d_f - y) = 3,6 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20 \times (0,3925 - 0,152) = 5,23$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -53,471 - 31,06 - 17,04 - 5,23 = -106,81$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-106,81)}}{2 \times 157 \times 10^3} = 0,114 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-106,81)}}{2 \times 157 \times 10^3} = -0,5945 \text{ m}$$

Portanto, o valor de $x = 0,114 \text{ m}$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) + \frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,114^2 + 0,152^2) = 48,75$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,152)^2 + 0,114^2] = 19,92$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{53,47 + 5,23 + 48,75 + 19,92}{0,354} = 359,34 \text{ kN}$$

C.4.

Console RUH3

Dados de Entrada:

$$a=0,24\text{ m}$$

$$h=0,43\text{ m}$$

$$b=0,25\text{ m}$$

$$\phi = 6,3\text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41\text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0\text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12\text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52\text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07\text{ MPa}$$

$$A_f = 0,549\text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4\text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405\text{ m}$$

$$d_2 = 0,39\text{ m}$$

$$d_3 = 0,275\text{ m}$$

$$d_4 = 0,16\text{ m}$$

$$d_{f1} = 0,3925\text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$\nu_f = 0,20$$

$$h_2 = 0,2215\text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065\text{ m}$$

$$E_f = 255,17\text{ GPa}$$

$$\varepsilon_f = 2,677\text{‰}$$

Força última teórica segundo o modelo de Bielas e Tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando-se a parcela da armadura de costura segue-se para a força última teórica :

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Parcela do reforço:

$$F_{xf} = E_f \times \varepsilon_f \times A_f$$

$$F_{xf} = 255,17 \times 10^6 \times 0,002677 \times 0,0000549 = 37,50 \text{ kN}$$

Portanto a força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a} + \frac{F_{xf} \times d_{f1}}{a}$$

$$V_{teórica} = 329,94 + \frac{37,50 \times 0,3925}{0,24} = 391,27 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \frac{a}{h})(\rho + 2)(1 - 0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \times \frac{0,24}{0,43})(0,41\% + 2)(1 - 0,25 \times 0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + v_t f_t b h + A_f f_f v_f}{(v_c f_c + v_t f_t) b}$$

Cálculo da parcela da armadura interna:

$$\sum A_{si} f_{yi} = (1,58 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

Portanto, o valor de y é:

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43 + 5,49 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,155m$$

Cálculo do valor de x:

$$x^2 \left(\frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b \right) + x (v_c f_c + v_t f_t) a b - A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y) = 0$$

Cálculo dos parâmetros da equação do 2º grau:

$$A = \frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 1,57 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (v_c f_c + v_t f_t) a b$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 kN$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,155)$$

$$+ 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,155) + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,155)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,155)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 52,55 kNm$$

$$\frac{1}{2}v_c f_c b y^2 = \frac{1}{2}0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,155^2 = 32,50$$

$$\frac{1}{2}v_t f_t b (h-y)^2 = \frac{1}{2}0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,155)^2 = 16,62$$

$$A_f f_f v_f (d_f - y) = 5,49 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20 \times (0,3925 - 0,155) = 7,74$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -52,55 - 32,50 - 16,62 - 7,74 = -109,40$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-109,40)}}{2 \times 157 \times 10^3} = 0,117 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-109,40)}}{2 \times 157 \times 10^3} = -0,5968 \text{ m}$$

Portanto, o valor de $x = 0,117 \text{ m}$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2)}{(a + x)} + \frac{\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,117^2 + 0,155^2) = 50,91$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,155)^2 + 0,1178^2] = 19,62$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{52,55 + 7,74 + 50,91 + 19,62}{0,357} = 366,65 \text{ kN}$$

C.5.

Console RUD1

Dados de Entrada:

$$a=0,24\text{ m}$$

$$h=0,43\text{ m}$$

$$b=0,25\text{ m}$$

$$\phi = 6,3\text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41\text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0\text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12\text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52\text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07\text{ MPa}$$

$$A_f = 0,366\text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4\text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405\text{ m}$$

$$d_2 = 0,39\text{ m}$$

$$d_3 = 0,275\text{ m}$$

$$d_4 = 0,16\text{ m}$$

$$d_{f1} = 0,230\text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$\nu_f = 0,20$$

$$h_2 = 0,2215\text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065\text{ m}$$

$$E_f = 255,17\text{ GPa}$$

$$\varepsilon_f = 5,673\text{‰}$$

Força última teórica segundo o modelo de Bielas e Tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando-se a parcela da armadura de costura segue-se para a força última teórica :

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Parcela do reforço:

$$F_f = E_f \times \varepsilon_f \times A_f$$

$$F_f = 255,17 \times 10^6 \times 0,005673 \times 0,0000366 = 52,98 \text{ kN}$$

Componente x é:

$$F_{xf} = F_f \times \cos \theta$$

sendo $\theta = 64^\circ$

$$F_{xf} = 52,98 \times \cos 64^\circ = 23,23 \text{ kN}$$

Portanto, a força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a} + \frac{F_{xf} \times d_{f1}}{a}$$

$$V_{teórica} = 329,94 + \frac{23,23 \times 0,23}{0,24} = 352,20 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \frac{a}{h})(\rho + 2)(1 - 0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \times \frac{0,24}{0,43})(0,41\% + 2)(1 - 0,25 \times 0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + v_t f_t b h + A_f f_f v_f}{(v_c f_c + v_t f_t) b}$$

Cálculo da parcela da armadura interna:

$$\sum A_{si} f_{yi} = (1,58 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

Portanto, o valor de y é:

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43 + 3,66 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,152 \text{ m}$$

Cálculo do valor de x:

$$x^2 \left(\frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b \right) + x (v_c f_c + v_t f_t) a b - A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y) = 0$$

Cálculo dos parâmetros da equação do 2º grau:

$$A = \frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 1,57 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (v_c f_c + v_t f_t) a b$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 \text{ kN}$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,152)$$

$$+ 1,58 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,152) + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 53,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b y^2 = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,152^2 = 3106$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 = \frac{1}{2} 0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,152)^2 = 17,04$$

$$A_f f_f v_f (d_f - y) = 3,6 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20 \times (0,230 - 0,152) = 1,70$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -53,47 - 3106 - 17,04 - 1,70 = -103,27$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-103,27)}}{2 \times 157 \times 10^3} = 0,111 m$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-103,27)}}{2 \times 157 \times 10^3} = -0,5913 m$$

Portanto, o valor de $x = 0,111 m$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2)}{(a + x)} + \frac{\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,111^2 + 0,152^2) = 47,77$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,152)^2 + 0,111^2] = 19,76$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{53,47 + 1,70 + 47,77 + 19,76}{0,351} = 349,33 kN$$

C.6.

Console RUD2

Dados de Entrada:

$$a=0,24\text{ m}$$

$$h=0,43\text{ m}$$

$$b=0,25\text{ m}$$

$$\phi = 6,3\text{ mm} \rightarrow f_y = 526,41\text{ MPa}$$

$$\phi = 10,0\text{ mm} \rightarrow f_y = 633,12\text{ MPa}$$

$$f_t = 3,52\text{ MPa}$$

$$f_c = 32,07\text{ MPa}$$

$$A_f = 0,366\text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 1,58\text{ cm}^2$$

$$A_{s3} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s4} = 0,62\text{ cm}^2$$

$$A_{s,T} = 4,4\text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s,T}}{b \times h} = \frac{4,4}{25 \times 43} = 0,41\%$$

$$d_1 = 0,405\text{ m}$$

$$d_2 = 0,39\text{ m}$$

$$d_3 = 0,275\text{ m}$$

$$d_4 = 0,16\text{ m}$$

$$d_{f1} = 0,330\text{ m}$$

$$\nu_t = 0,50$$

$$\nu_f = 0,20$$

$$h_2 = 0,2215\text{ m}$$

$$h_3 = 0,1065\text{ m}$$

$$E_f = 255,17\text{ GPa}$$

$$\varepsilon_f = 1903\text{‰}$$

Força última teórica segundo o modelo de Bielas e Tirantes.

$$A_{si} = \frac{T_i}{f_{yi}} \therefore T_i = A_{si} \times f_{yi}$$

$$T_1 = 2 \times 2 \times 0,785 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 = 198,80 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_3 = 2 \times 0,31 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 = 32,82 \text{ kN}$$

$$T = \frac{V_{teórica} \times a}{0,8 \times h} \therefore V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a}$$

Somando-se a parcela da armadura de costura segue-se para a força última teórica:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a}$$

$$V_{teórica} = \frac{198,80 \times 0,8 \times 0,43}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,2215}{0,24} + \frac{32,82 \times 0,1065}{0,24} = 329,94 \text{ kN}$$

Parcela do reforço:

$$F_f = E_f \times \varepsilon_f \times A_f$$

$$F_f = 255,17 \times 10^6 \times 0,00103 \times 0,0000366 = 17,77 \text{ kN}$$

Componente x é:

$$F_{xf} = F_f \times \cos \theta$$

sendo $\theta = 64^\circ$

$$F_{xf} = 17,77 \times \cos 64^\circ = 7,79 \text{ kN}$$

Portanto, a força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{T \times 0,8h}{a} + \sum \frac{T_i \times h_i}{a} + \frac{F_{xf} \times d_{f1}}{a}$$

$$V_{teórica} = 329,94 + \frac{7,79 \times 0,33}{0,24} = 340,66 \text{ kN}$$

Força última teórica segundo o modelo cinemático.

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \frac{a}{h})(\rho + 2)(1 - 0,25h)}{\sqrt{f_c}}$$

$$v_c = \frac{0,60(2 - 0,4 \times \frac{0,24}{0,43})(0,41\% + 2)(1 - 0,25 \times 0,43)}{\sqrt{32,07}} = 0,3367$$

$$y = \frac{\sum A_{si} f_{yi} + v_t f_t b h + A_f f_f v_f}{(v_c f_c + v_t f_t) b}$$

Cálculo da parcela da armadura interna:

$$\sum A_{si} f_{yi} = (158 \times 10^{-4} \times 633,13 \times 10^3) \times 2 + (0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3) \times 2 = 265,34$$

Portanto, o valor de y é:

$$y = \frac{265,34 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,43 + 3,66 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20}{(0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) \times 0,25}$$

$$y = 0,152 \text{ m}$$

Cálculo do valor de x:

$$x^2 \left(\frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b \right) + x (v_c f_c + v_t f_t) a b - A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y) = 0$$

Cálculo dos parâmetros da equação do 2º grau:

$$A = \frac{1}{2} v_c f_c b + \frac{1}{2} v_t f_t b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 = 157 \times 10^3 \frac{kN}{m}$$

$$B = (v_c f_c + v_t f_t) a b$$

$$B = (0,3367 \times 32,07 \times 10^3 + 0,50 \times 3,52 \times 10^3) 0,24 \times 0,25 = 753,49 \text{ kN}$$

$$C = -A_{si} f_{yi} (d_i - y) - \frac{1}{2} v_c f_c b y^2 - \frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 - A_f f_f v_f (d_f - y)$$

Cálculo das parcelas individuais :

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 158 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,405 - 0,152)$$

$$+ 158 \times 10^{-4} \times 633,12 \times 10^3 (0,39 - 0,152 + 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$+ 0,62 \times 10^{-4} \times 526,41 \times 10^3 (0,275 - 0,152)$$

$$\sum A_{si} f_{yi} (d_i - y) = 53,47 \text{ kNm}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b y^2 = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times 0,152^2 = 31,06$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b (h - y)^2 = \frac{1}{2} 0,5 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 (0,43 - 0,152)^2 = 17,04$$

$$A_f f_f v_f (d_f - y) = 3,6 \times 10^{-5} \times 296,9 \times 10^4 \times 0,20 \times (0,330 - 0,152) = 3,88$$

Logo, o valor de C é:

$$C = -53,47 - 31,06 - 17,04 - 3,88 = -105,45$$

Os valores de x_1 e x_2 são:

$$x_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 + \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-105,45)}}{2 \times 157 \times 10^3} = 0,113 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$x_1 = \frac{-753,49 - \sqrt{753,49^2 - 4 \times 157 \times 10^3 \times (-105,45)}}{2 \times 157 \times 10^3} = -0,5932 \text{ m}$$

Portanto, o valor de $x = 0,113 \text{ m}$

Para o cálculo da força última teórica $V_{teórica}$, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$V_{teórica} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{Si} f_{yi} (d_i - y) + A_f f_f v_f (d_f - y) + \frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2)}{(a + x)} + \frac{\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2]}{(a + x)}$$

$$\frac{1}{2} v_c f_c b (x^2 + y^2) = \frac{1}{2} 0,3367 \times 32,07 \times 10^3 \times 0,25 \times (0,113^2 + 0,152^2) = 48,37$$

$$\frac{1}{2} v_t f_t b [(h - y)^2 + x^2] = \frac{1}{2} \times 0,50 \times 3,52 \times 10^3 \times 0,25 [(0,43 - 0,153)^2 + 0,113^2] = 19,86$$

A força última teórica é:

$$V_{teórica} = \frac{53,47 + 3,88 + 48,37 + 19,61}{0,353} = 355,50 \text{ kN}$$