

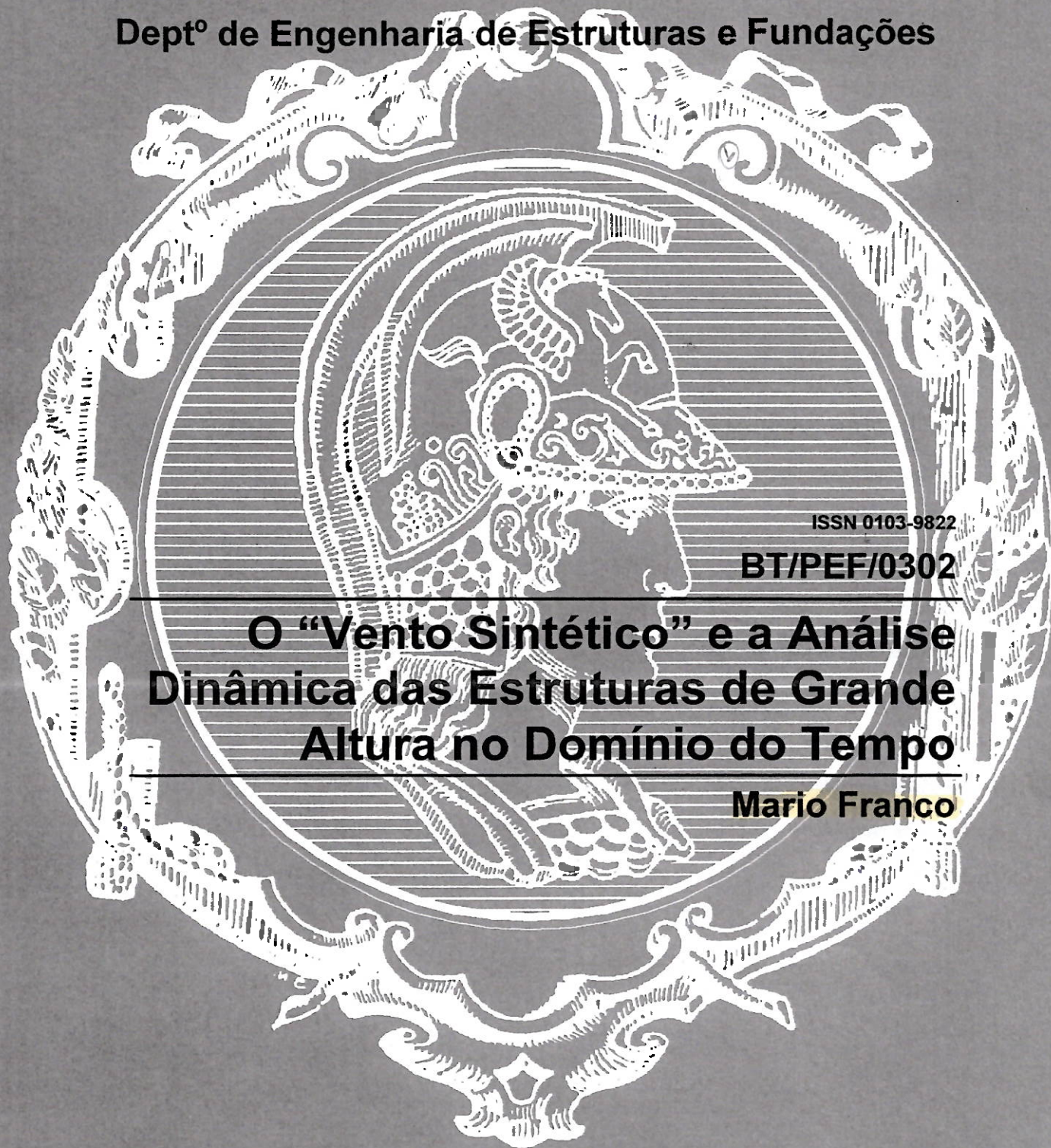
Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Deptº de Engenharia de Estruturas e Fundações

ISSN 0103-9822

BT/PEF/0302

**O “Vento Sintético” e a Análise
Dinâmica das Estruturas de Grande
Altura no Domínio do Tempo**

Mario Franco



Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações

Diretor: Prof. Dr. Vahan Agopyan

Vice-Diretor: Prof. Dr. Ivan Gilberto Sandoval Falleiros

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Waldemar Coelho Hachich

Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. João Cyro André

Conselho Editorial

Dinâmica e Estabilidade das Estruturas	Prof. Dr. C. E. N. Mazzilli
Engenharia de Solos	Prof. Dr. W. Hachich
Estruturas de Concreto, Metálicas, de Madeira	Prof. Dr. P. B. Fusco
Interação Solo-Estrutura	Prof. Dr. C. E. M. Maffei
Mecânica Aplicada	Prof. Dr. P. M. Pimenta
Métodos Numéricos	Prof. Dr. J. C. André
Teoria das Estruturas	Prof. Dr. V. M. Souza Lima

Coordenador Técnico: Prof. Dr. Luiz Antonio Cortese Diogo

Esta é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade

5- 1762044

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Deptº de Engenharia de Estruturas e Fundações

12 MAI 2004

ISSN 0103-9822

BT/PEF/0302

**O “Vento Sintético” e a Análise
Dinâmica das Estruturas de Grande
Altura no Domínio do Tempo**

Mario Franco



Escola Politécnica - EPBC



31200053812

São Paulo – 2003

O “vento sintético” e a análise dinâmica
de estruturas de grande altura
no domínio do tempo

Eng. Mario Franco

Abril 2003

O “vento sintético” e a análise dinâmica das estruturas de grande altura no domínio do tempo.

Eng. Mario Franco

Durante os dez anos que se seguiram à publicação por Franco⁽¹⁾ do artigo “Direct Along Wind Dynamic Analysis of Tall Structures” o método ali proposto foi utilizado em grande número de projetos de edifícios, torres e chaminés de concreto armado e de aço. Além disso, diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado o utilizaram como ferramenta para a análise dinâmica no domínio do tempo do efeito do vento em estruturas metálicas de comportamento linear⁽²⁾ e não-linear (método das rótulas plásticas)⁽³⁾, bem como para a análise da ação do vento em tensoestruturas⁽⁴⁾. A aplicação desse método em situações estruturais diversas tem sugerido alguns refinamentos que, sem alterar-lhe a essência, permitem obter maior precisão e utilidade. Apresentaremos a seguir de maneira sucinta os princípios daquele que vem sendo chamado “método do vento sintético”; serão apresentados também os mencionados refinamentos propostos pelo autor e por outros pesquisadores.

1. A estrutura.

- 1.1. A análise dinâmica no domínio do tempo de estruturas de comportamento suposto elástico-linear pode ser efetuada utilizando um dos diversos programas gerais de análise de estruturas, tais como o SAP-2000, o STRAP e outros. Assim sendo, podem ser utilizados todos os recursos desses programas, como:
 - análise tridimensional;
 - inserção, no modelo de barras, de elementos de placa;
 - inserção de elementos sólidos;
 - consideração de um número qualquer de modos de vibração.
- 1.2. É possível também levar-se em conta, de forma aproximada, a não-linearidade geométrica do comportamento estrutural através de análise “ $P - \Delta$ ” refinada (SAP-2000): a matriz de rigidez da estrutura é modificada através dessa análise, e é posteriormente utilizada nas análises dinâmicas em regime elástico-linear.
- 1.3. A não-linearidade física não precisa, em princípio, ser considerada nas análises que visam o estudo da estrutura em regime de utilização. Para o estado limite último de ruptura, ela deve, no entanto, ser levada em conta:
 - nas estruturas de concreto é suficiente considerar fatores de redução da rigidez à flexão dos elementos; a NB-1/2000 indica valores de 0,8 para os pilares, 0,5 para as vigas e 0,3 para as placas. Esses fatores resultam de ensaios físicos e de estudos numéricos efetuados por diversos autores;
 - nas estruturas de aço foi recentemente proposto⁽³⁾ o emprego do método das rótulas plásticas, restrito por ora a estruturas planas simples.
- 1.4. Quanto ao amortecimento a ser considerado nas análises, é oportuno apresentar as seguintes considerações:
 - estruturas de concreto:
 - a) estados limites de utilização: considera-se em geral, nos edifícios, coeficiente de amortecimento $\xi = 2\%$ do crítico; para chaminés, o Código Modelo CICIND⁽⁵⁾ impõe $\xi = 1,6\%$, valor a ser adotado também para torres.

- b) estados limite últimos: sabe-se que o amortecimento cresce com a progressiva fissuração dos elementos estruturais, podendo atingir 5 % ou mais do crítico, o que constitui um importante freio às oscilações de grande amplitude; recomenda-se utilizar $\xi = 3\%$ para torres e chaminés, e $\xi = 5\%$ para estruturas de edifícios.
- estruturas de aço:
- a) no estado limite de utilização adota-se geralmente $\xi = 1\%$ para todos os modos de vibração.
- b) Mita e Fuchimoto⁽⁶⁾, a partir de medições efetuadas em diversos edifícios metálicos altos do Japão, propõem a seguinte expressão para o amortecimento modal, em função do período T_i do modo i considerado:
- $$\xi_i = 0,008 / T_i + 0,0173. \quad (1)$$
- c) Em princípio, parece razoável dobrar esses valores quando se efetua análise em estado limite último, tendo em vista a progressiva formação de rótulas plásticas e o conseqüente acréscimo da dissipação de energia.
- Em geral, falta pesquisa, tanto ensaios em modelos reduzidos quanto medições em protótipos, no que diz respeito ao amortecimento estrutural, principalmente no estado limite último.

2. O vento.

Como se sabe, a velocidade do vento pode ser decomposta em uma parcela constante (vento médio) e outra variável no tempo (vento flutuante, ou rajada). Essa decomposição é possível devido ao fato de o espectro de potência das flutuações apresentar valores muito pequenos na zona situada entre as baixas frequências (que em nada influem no comportamento dinâmico da estrutura) e as de alta frequência (onde se situam as frequências próprias das estruturas como pontes e edifícios); esta região de baixa intensidade espectral ocorre nas proximidades do período de 1 h; veja-se a fig. 1, onde se apresenta o espectro de Van der Hoven (1957)⁽⁷⁾, observando-se a clara separação entre a macro e a micrometeorologia. A parte do espectro de energia que interessa ao projeto estrutural é portanto a que se situa entre períodos de 1 hora e 1 segundo.

2.1. Distribuição da energia das rajadas.

No domínio micrometeorológico, o espectro de potência das velocidades $S(z,n)$ é função da altitude z e da frequência n ; a potência elementar dW associada ao intervalo de frequências dn é:

$$dW = S(z,n) dn \quad (2)$$

É conveniente adotar escala logarítmica para as frequências n , utilizando-se então o espectro reduzido $S_r(z,n)$:

$$S_r(z,n) = \frac{n S(z,n)}{u_*^2} \quad (3)$$

onde u_* é a chamada velocidade de atrito, função da rugosidade do solo. Resulta:

$$S_r(z,n) d(\log n) = \frac{n S(z,n)}{u_*^2} \frac{1}{n} dn = \frac{dW}{u_*^2} \quad (4)$$

ou seja, o espectro reduzido respeita, a menos do quociente u_*^2 , a igualdade (2). Ver Fig.2.

Diversos autores propuseram expressões analíticas para o espectro reduzido. Uma das mais conhecidas é a de Kaimal⁽⁸⁾:

$$\frac{nS(z,n)}{u_*^2} = \frac{200f}{(1+50f)^{5/3}}, \text{ com } f = \frac{nz}{U(z)} \quad (5)$$

onde $U(z)$ é a velocidade média à altitude z .

Muito utilizada é também a expressão de Davenport⁽⁸⁾, independente de z :

$$\frac{nS(n)}{u_*^2} = 4 \frac{x^2}{(1+x^2)^{4/3}}, \text{ com } x = \frac{1200n}{U_o} \quad (6)$$

onde U_o é a velocidade média à altitude de referência $z_o = 10 \text{ m}$.

Examinando a fig. 3, onde se representa o espectro de Davenport, bem como os de Kaimal para altitudes de 100, 200 e 300 m, observa-se que na faixa de interesse do espectro, entre $n=0,05 \text{ hz}$ ($T=20 \text{ seg}$) e $n=0,5 \text{ hz}$ ($T=2 \text{ seg}$) (que abrange as frequências próprias usuais das estruturas elevadas) a expressão de Davenport fornece valores mais altos que os de Kaimal, mesmo para altitude de 100m, podendo a expressão (6) ser utilizada, por simplicidade e a favor da segurança, no método que estamos apresentando.

2.2. Intensidade da turbulência.

A intensidade da turbulência τ_z pode ser definida pela relação entre a pressão flutuante p_f e a pressão instantânea total p_t :

$$\tau_z = \frac{p_f}{p_t} \quad (7)$$

A pressão total p_t corresponde aproximadamente ao valor p_3 medido em intervalo de 3 seg.; a pressão flutuante p_f é dada pela diferença entre o valor total p_3 e o valor médio p_{600} medido em intervalo de 600 seg.:

$$\tau_z = \frac{p_3 - p_{600}}{p_3} \quad (8)$$

Para rugosidade do solo da Cat. II (terreno aberto), a 10 m de altitude, a NBR-6123 indica: $p_{600} = 0,69^2 p_3$, resultando:

$$\tau_{II,10} = 0,52 \quad (9)$$

o que significa que neste caso, 52% da pressão é flutuante. No trabalho citado⁽¹⁾ foi proposto adotar essa intensidade para qualquer tipo de terreno e para qualquer altitude. Pode-se adotar, com maior precisão, a exemplo do que propôs Carril⁽²⁾, para o cálculo da intensidade τ_z da turbulência os valores de S_2 (coeficiente que leva em conta a rugosidade do solo e a altitude) apresentados à pag 51 da mencionada NBR-6123.

Resulta:

$$\text{Cat. I } \tau_z = 1 - 0,595(z/10)^{0,07} \quad (10)$$

$$\text{Cat. II } \tau_z = 1 - 0,476(z/10)^{0,13} \quad (11)$$

$$\text{Cat. III } \tau_z = 1 - 0,399(z/10)^{0,17} \quad (12)$$

$$\text{Cat. IV } \tau_z = 1 - 0,325(z/10)^{0,22} \quad (13)$$

$$\text{Cat. V } \tau_z = 1 - 0,217(z/10)^{0,32} \quad (14)$$

z (m)	Cat.I	Cat.II	Cat.III	Cat.IV	Cat.V
5	0,433	0,565	0,645	0,721	0,826
10	0,405	0,524	0,601	0,675	0,783
20	0,375	0,479	0,551	0,621	0,729
30	0,357	0,451	0,519	0,586	0,692
40	0,344	0,430	0,495	0,559	0,662
50	0,334	0,413	0,475	0,537	0,637
60	0,325	0,399	0,459	0,518	0,615
70	0,318	0,387	0,445	0,501	0,596
80	0,312	0,376	0,432	0,486	0,578
90	0,306	0,367	0,420	0,473	0,562
100	0,301	0,358	0,410	0,461	0,547
110	0,296	0,350	0,400	0,449	0,533
120	0,292	0,342	0,391	0,439	0,519
130	0,288	0,336	0,383	0,429	0,507
140	0,284	0,329	0,375	0,419	0,495
150	0,281	0,323	0,368	0,410	0,484

Tabela 1 . Valores da intensidade τ_z da turbulência

Dos valores acima (ver também Fig. 4), conclui-se que:

- a intensidade τ_z aumenta com a rugosidade do solo;
- a intensidade τ_z diminui com a altitude;
- a hipótese de intensidade $\tau = 0,52$ adotada em⁽¹⁾ para todas as categorias de solo e suposta independente de z , é em geral a favor da segurança, tendo em vista que as rajadas junto ao topo, onde τ_z é menor, são as mais críticas para a estrutura.

A Fig. 5 apresenta gráfico da variação da turbulência com a altitude (curva à esquerda) medido no túnel de vento do *Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory* de London, Ont., Canada para o projeto da Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas (CENU)⁽⁹⁾ (Exposição B, correspondente à Cat.II da NBR 6123.) Na mesma figura é apresentada a variação da velocidade média, ambas definidas até o topo da camada limite.

2.3. Decomposição espectral das pressões flutuantes.

A partir do espectro de potência adotado (Kaimal, Davenport ou outro) é indicado em⁽¹⁾ como decompor a pressão flutuante $p_f(t)$ num número finito r de funções harmônicas (uma das quais corresponde obrigatoriamente à frequência do 1º modo) cujas amplitudes C_k são dadas por:

$$C_k = \sqrt{2 \int_{(k)} S_r(n) dn} \quad (15)$$

onde a integral corresponde à área subtendida pelo espectro reduzido na faixa de frequências do harmônico k (Fig. 6) . Naquele trabalho propõe-se utilizar apenas 11

funções harmônicas separadas por intervalos constantes em escala logarítmica, escolhidas de modo a abranger todo o espectro micrometeorológico e de modo a que um dos harmônicos (harmônico ressonante) tenha período coincidente com período T_1 da estrutura; o pequeno número de funções utilizadas obriga a se efetuar⁽¹⁾ uma correção nos coeficientes C_k de modo a não superestimar o efeito da frequência ressonante. Se for utilizado um número muito maior de funções (por exemplo, $r=50$) aquela correção não será necessária.

Os ângulos de fase das funções harmônicas devem ser gerados por processo pseudo-aleatório; devem ser efetuadas $m \geq 20$ combinações aleatórias das 11 funções, gerando outros tantos processamentos.

Um refinamento do método consiste em se escolher um intervalo de frequências tal que além de uma das 11 funções (geralmente a de número 4) corresponder ao 1º modo, outra (geralmente a de número 2), corresponda ao 2º modo.

Convém observar que a função ressonante, mesmo após a correção dos coeficientes C_k acima mencionada, contribui de forma preponderante na resposta da estrutura, sendo importante que a sintonização de seu período com o do 1º modo seja muito precisa; no caso de análises incrementais que levem em conta a não-linearidade física, como por exemplo no método das rótulas plásticas apresentado por Lazanha⁽³⁾ para estruturas metálicas, a cada incremento do carregamento os períodos naturais (autovalores) se modificam; neste caso, deve-se:

- modificar a cada iteração a decomposição espectral de modo a manter a sintonia do 1º modo (e eventualmente a do 2º como se viu acima), o que complicaria o já trabalhoso método, ou;
- utilizar um grande número m de funções harmônicas (da ordem de pelo menos 50) de modo que sempre haverá uma muito próxima da ressonância, dispensando-se então, como dissemos, a correção dos coeficientes C_k .

2.4. Correlação das flutuações de pressão.

Ao ocorrer uma rajada, ou seja, uma grande flutuação de pressões, ela não atinge simultaneamente todos os pontos da estrutura. A partir do centro da rajada, de cota z_{cr} , ponto no qual a velocidade do vento é, num determinado instante, máxima, esse aumento de intensidade (acima do valor médio constante) vai diminuindo a medida que nos afastamos daquele ponto, tanto na direção horizontal quanto na vertical. A função que descreve o enfraquecimento espacial das pressões, chamada coerência, é, para cada um dos harmônicos considerados, dependente de sua frequência n_k : quanto maior n_k tanto mais rapidamente a pressão p_k diminui com a distância Δy (coerência horizontal) ou Δz (coerência vertical) ao ponto de pico.

Em ⁽¹⁾ é apresentada uma expressão experimental da coerência vertical, devida a Davenport, que é a que interessa para as edificações de grande altura:

$$Coh(p)(\Delta z, n_k) = \exp\left(-\frac{14 \Delta z n_k}{U_o}\right) \quad (16)$$

onde :

Δz é a distância em valor absoluto do ponto considerado, de cota z , ao centro da rajada, de cota z_{cr} (suposta, a favor da segurança, igual para todos os harmônicos);

n_k é a frequência do harmônico k considerado;

U_o é a velocidade média do vento a 10 m de altitude em terreno aberto.

Substituindo, por simplicidade (mas não seria indispensável) a lei exponencial de variação da coerência por uma lei linear, de modo a se ter equivalência de áreas subtendidas, a “dimensão” (termo utilizado por Davenport) z_o da rajada de ordem k (medida acima e abaixo do ponto de pico) é obtida por integração de (16):

$$\Delta z_k = 2 \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{7 \Delta z n_k}{U_o}\right) d(\Delta z) = \frac{U_o}{7 n_k} \quad (17)$$

A Fig. 7 mostra registros de coerência vertical das flutuações de velocidade. Na fig. 8 é apresentado o aspeto de uma rajada concebido de acordo com os conceitos acima expostos: para cada função harmônica foi traçado o correspondente gráfico dos coeficientes de influência η_{ik} pelos quais devem ser multiplicadas as forças flutuantes calculadas de acordo com o par. 2.3.; esses coeficientes variam linearmente de 1 a zero. Sua expressão é:

$$\eta_{ik} = 1 - (z_{cr} - z) / \Delta z_k \quad (18)$$

Um possível refinamento consistiria em utilizar as expressões exponenciais, mais exatas, em lugar das linearizadas, com pequeno acréscimo de esforço computacional.

3. A interação vento-estrutura.

Definidos os 11 carregamentos harmônicos a serem introduzidos na estrutura, obtidos da decomposição espectral descrita no § 2.3. e modificados pelos coeficientes de influência apresentados no § 2.4., serão definidos aleatoriamente os angulos de fase daquelas funções para os m casos de carregamento dinâmico.

Efetuada as $m \geq 20$ análises dinâmicas escolher-se-á um parâmetro significativo $\mathfrak{R}$ de resposta (por exemplo o deslocamento do topo ou o momento na base) e determinar-se-á para cada um dos m casos seu valor máximo (em valor absoluto) dentro de sua respectiva série temporal. Obter-se-á um conjunto de respostas máximas diferentes. Em se tratando de valores máximos, dever-se-ia utilizar o método de Gumbel para determinar o valor máximo provável $\overline{\mathfrak{R}}$ da resposta; no entanto, é aceitável uma análise estatística gaussiana que, para quantil de 5%, fornece:

$$\overline{\mathfrak{R}} = \mathfrak{R}_m + 1,65 \sigma \quad (19)$$

onde $\overline{\mathfrak{R}}$ é a resposta máxima, $\mathfrak{R}_m$ é a resposta média e σ é o desvio padrão do universo analisado.

Obtida a resposta máxima provável $\overline{\mathfrak{R}}$, adotar-se-á, dentre as m combinações analisadas, aquela cuja resposta se aproxime mais de $\overline{\mathfrak{R}}$; esta combinação será considerada a combinação característica, e ela nos fornecerá todos os valores característicos dos parâmetros de resposta de interesse: esforços solicitantes, deslocamentos, velocidades e acelerações.

4. Exemplo numérico.

Será apresentada a seguir a análise dinâmica da ação do vento numa chaminé de concreto armado com 113 m de altura, atualmente em fase de construção (Fig. 9.)

4.1. A estrutura.

O diâmetro interno da casca de concreto armado é de 4,70 m, constante; o diâmetro externo é de 5,40 m desde a fundação até a altura de 20 m, passando depois para 5,14 m. As paredes têm portanto espessura de 35 cm na parte inferior, até 20 m, e 22 cm na parte superior. Internamente é previsto o fuste destinado à passagem dos gases, com 2,70 m de diâmetro interno, constituído por tijolos refratários de 11,4 cm de espessura; o volume total do refratário é de 126 m³, e seu peso é de 290tf. O peso da estrutura de concreto é de 1.068 tf. Adotou-se, de acordo com o código modelo CICIND⁽⁵⁾, amortecimento $\xi = 1,6\%$.

4.2. O vento

O mapa de isopletas da NBR-6123 indica para Blumenau: $V_o = 42,5 \text{ m/s}$

Temos também:

- fator topográfico: $S_1 = 1$;

- fator de rugosidade e altitude: $S_2 = 1,00 \times 1,00 \times (z/10)^{0,085}$ (terreno aberto, Classe II, Cat. A, intervalo de medição das rajadas 3 seg.);

- fator estatístico: $S_3 = 0,95$ (edificação industrial com baixo fator de ocupação);

- coeficiente de arrasto: $C_a = 0,6$ (cilindro liso, $Re > 4,2 \times 10^5$).

i	z (m)	F_z (tf)	F_m (m)	F_f (m)
1	0 [10]	0,83	0,40	0,43
2	5 [10]	1,65	0,79	0,86
3	10	1,65	0,79	0,86
4	15	1,77	0,85	0,92
5	20	1,81	0,87	0,94
6	25	1,84	0,88	0,96
7	30	1,90	0,91	0,99
8	35	1,95	0,93	1,01
9	40	1,99	0,96	1,04
10	45	2,03	0,98	1,06
11	50	2,07	0,99	1,08
12	55	2,10	1,01	1,09
13	60	2,13	1,02	1,11
14	65	2,16	1,04	1,12
15	70	2,19	1,05	1,14
16	75	2,22	1,06	1,15
17	80	2,24	1,08	1,16
18	85	2,26	1,09	1,18
19	90	2,29	1,10	1,19
20	95	2,31	1,11	1,20
21	100	2,33	1,12	1,21
22	105	2,35	1,13	1,22
23	110	2,36	1,14	1,23
24	113	2,38	1,14	1,24

Tabela 2. Forças médias e flutuantes para $\tau_z = 0,52$ constante

As forças totais de vento F_z (médias + flutuantes) para rajada de 3 seg. resultam:

- para $z \leq 20 \text{ m}$: $F_z = 1,652 (z/10)^{0,17} (tf)$

- para $z > 20 \text{ m}$: $F_z = 1,573 (z/10)^{0,17} (tf)$.

Assumindo intensidade da turbulência $\tau_z = 0,52$ (constante com a altura) temos:
força média: $F_m = 0,48 F_z$; força flutuante: $F_f = 0,52 F_z$. Ver Tabela 2 acima.

4.3. Decomposição das forças flutuantes.

Os três primeiros períodos naturais da estrutura, com fuste de refratário instalado, são:

$$T_1 = 3,839 \text{ s}; T_2 = 0,661 \text{ s}; T_3 = 0,252 \text{ s}.$$

Atribuindo período T_1 à função nº4 e período T_2 à função nº2, o intervalo logarítmico (constante) deverá ser: $\log_e \sqrt{T_1/T_2} = 0,898$. Os períodos das 11 funções harmônicas estão apresentados na Tabela 3 (note-se que $T_k/T_{k-1} = 2,41$):

k	$T_k \text{ (seg)}$
1	0,274
2 (2ºmodo)	0,661
3	1,593
4 (1ºmodo)	3,839
5	9,251
6	22,29
7	53,72
8	129,5
9	312,0
10	751,7
11	1812

Tabela 3. Períodos das 11 funções harmônicas

O espectro reduzido de Davenport (Eq.6) é decomposto em 11 trechos de igual largura. A determinação das áreas desses trechos é efetuada pela regra de Simpson e fornece os valores dos coeficientes C_k . Esses coeficientes são em seguida normalizados (valores c_k) e é efetuada a correção referente ao coeficiente da função nº 4 (ressonante) e das adjacentes (nº 3 e nº 5) resultando os valores $\bar{c}_k$. Essas operações são indicadas Tabela 4, à pag 9. O valor de U_o é dado por:

$$U_o = \frac{V_o}{1,5} = \frac{42,50}{1,5} = 28,3 \text{ m/s}$$

4.4. Correlação espacial das forças flutuantes.

As faixas de influência das rajadas correspondentes às 11 funções harmônicas, supondo decremento linear, são dadas pela eq. 17:

$$z_k = \frac{U_o}{7 n_k} = \frac{28,3}{7 n_k} = 4,043 T_k$$

Os valores de Δz_k estão apresentados na Tabela 4.

k	T_k (s)	$10^3 S_R$	$\Delta \ln(x) / 2$	c_k	$c_k (norm)$ %	$\bar{c}_k (corr.)$ %	Δz_k (m)
	0,177	25,93					
1	0,274	34,69	0,4398	7,90	5,16	5,2	1
	0,426	46,56					
2	0,661	62,39	"	10,59	6,91	6,9	3
	1,026	83,60					
3	1,593	111,97	"	14,18	9,25	12,7	6
	2,473	149,72					
4	3,839	199,95	"	20,72	13,52	6,7	16
	5,959	263,36					
5	9,251	340,63	"	24,50	15,99	19,4	37
	14,36	420,38					
6	22,29	470,47	"	28,16	18,38	18,4	90
	34,60	442,18					
7	53,72	326,63	"	23,78	15,52	15,5	217
	83,39	190,26					
8	129,5	93,59	"	13,58	8,86	8,9	534
	201,0	41,99					
9	312,0	18,02	"	6,14	4,01	4,0	∞
	484,4	7,58					
10	751,7	3,17	"	2,59	1,69	1,7	∞
	1167	1,32					
11	1812	0,55	"	1,08	0,71	0,6	∞
	2813	0,23					
			$\Sigma =$	153,22	100	100	

Tabela 4. Coeficientes $\bar{c}_k$ corrigidos. Semialturas Δz_k das faixas de influência

Na Fig. 9 é apresentada graficamente a rajada de projeto pela superposição das 11 funções harmônicas. O centro de rajada é definido de modo que a rajada ressonante (Função nº 4) se situe na posição mais alta possível.

Na Tabela 5 (pag. 10) é apresentada a matriz dos coeficientes de influência das funções. A amplitude de cada uma das forças harmônicas (I) a (II) é calculada, em cada nó i da estrutura, multiplicando o valor correspondente da força flutuante $F_{f,i}$ (Tabela 2) pelo respectivo coeficiente de influência $\eta_{i,k}$ calculado de acordo com a eq. 18 e pelo coeficiente $\bar{c}_k$, dado pela Tabela 4.

4.5. Limite superior das respostas.

As forças $F_{m,i}$ constituem o carregamento constante no tempo devido ao vento médio; aplicando essas forças à estrutura obtêm-se os deslocamentos e esforços estáticos. Os 11 carregamentos harmônicos são constituídos pelas forças $\bar{F}_{i,k} = F_{i,k} \bar{c}_k \eta_{i,k}$ calculadas a partir da Tabela 5. Excitando a estrutura separadamente com cada um desses 11 carregamentos e somando as respectivas respostas de interesse, obtemos os limites superiores totais dessas respostas. Note-se que a probabilidade de os ângulos de fase das forças flutuantes se combinarem de modo a se obterem esses valores limites é praticamente nula.

i	$F_{m,i}$	$F_{f,i}$	$k \rightarrow$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	Δz_k (m)	1	3	6	16	37	90	217	∞	∞	∞	∞
			$\bar{c}_k$ (%)	5,2	6,9	12,7	6,7	19,4	18,4	15,5	8,9	4,0	1,7	0,6
24	1,14	1,24					0,19	0,65	0,86	0,94	1	1	1	1
23	1,14	1,23		0	0	0	0,38	0,73	0,89	0,95	1	1	1	1
22	1,13	1,22		0,50	0,50	0,50	0,69	0,86	0,94	0,98	1	1	1	1
21	1,12	1,21	c.r.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1,11	1,20		0,50	0,50	0,50	0,69	0,86	0,94	0,98	1	1	1	1
19	1,10	1,19		0	0	0	0,38	0,73	0,89	0,95	1	1	1	1
18	1,09	1,18					0,06	0,59	0,83	0,93	1	1	1	1
17	1,08	1,16					0,06	0,59	0,83	0,93	1	1	1	1
16	1,06	1,15					0	0,46	0,78	0,91	1	1	1	1
15	1,05	1,14						0,32	0,72	0,88	1	1	1	1
14	1,04	1,12						0,19	0,67	0,86	1	1	1	1
13	1,02	1,11						0,05	0,61	0,84	1	1	1	1
12	1,01	1,09						0	0,56	0,82	1	1	1	1
11	0,99	1,08							0,50	0,79	1	1	1	1
10	0,98	1,06							0,44	0,77	1	1	1	1
9	0,96	1,04							0,39	0,75	1	1	1	1
8	0,93	1,01							0,33	0,72	1	1	1	1
7	0,91	0,99							0,28	0,70	1	1	1	1
6	0,88	0,96							0,22	0,68	1	1	1	1
5	0,87	0,94							0,17	0,65	1	1	1	1
4	8,85	0,92							0,11	0,63	1	1	1	1
3	0,79	0,86							0,06	0,61	1	1	1	1
2	0,79	0,86							0	0,59	1	1	1	1
1	0,40	0,43								0,54	1	1	1	1

Tabela 5. Matriz dos coeficientes de influência η_{ik}

A Tabela 6 apresenta os valores flutuantes dos deslocamentos $u_{f,24}$ e rotações $\theta_{f,24}$ do topo (nó 24) bem como os momentos fletores $M_{f,i}$ e as forças cortantes $Q_{f,i}$ na base (nó 1.)

A Fig. 11 mostra o espectro de resposta para o momento flutuante $M_{f,i}$; o momento flutuante total é proporcional à área sob a curva. Há uma perceptível embora pequena, influência do 2º modo.

Os limites superiores totais das respostas são obtidos somando os da Tabela 6 (dinâmicos) com os estáticos decorrentes do carregamento devido ao vento médio (forças $F_{m,i}$), como segue:

$$u_{tot,i} = u_{est,i} + u_{f,i} = 9,3 + 17,7 = 27,0 \text{ cm} \quad (\text{deslocamento do topo})$$

$$\theta_{tot,i} = \theta_{est,i} + \theta_{f,i} = 1,17 + 2,29 = 3,46 \text{ mrd} \quad (\text{rotação do topo})$$

$$M_{tot,i} = M_{est,i} + M_{f,i} = 1462 + 1974 = 3436 \text{ tfm} \quad (\text{momento na base})$$

$$Q_{tot,i} = Q_{est,i} + Q_{f,i} = 23 + 26 = 49 \text{ tf} \quad (\text{força cortante na base})$$

$$M_{medio.f,1} = 1678 \text{ tfm}$$

(média)

$$\sigma = 63 \text{ tfm}$$

(desvio padrão)

$$\bar{M}_{f,1} = 1678 + 1,65 \times 63 = 1782 \text{ tfm}$$

(máximo provável)

A combinação cuja resposta mais se aproxima de $\bar{M}_{f,1}$ é a de nº 19, que será portanto adotada como sendo a combinação característica. Dela se obterão as respostas das grandezas de interesse em todos os nós da estrutura. Na Tabela 8 estão apresentados os momentos ao longo da altura da estrutura, a saber:

ΔM_i : momentos devidos a desaprumo accidental de 1:400;

$M_{m,i}$: momentos estáticos devidos ao vento médio;

$M_{f,i}$: momentos dinâmicos devidos ao vento flutuante.

M_i : momentos totais característicos.

$$G = \frac{M_{m,i} + M_{f,i}}{M_{m,i}} : \text{fator de rajada.}$$

i	z (m)	ΔM_i (tfm)	$M_{m,i}$ (tfm)	$M_{f,i}$ (tfm)	M_i (tfm)	G
1	0	190	1462	1779	3431	2,22
2	5	174	1346	1661	3181	2,23
3	10	158	1235	1545	2938	2,25
4	15	143	1128	1429	2700	2,27
5	20	129	1025	1314	2468	2,28
6	25	115	926	1200	2241	2,30
7	30	103	832	1102	2037	2,32
8	35	91	742	1008	1841	2,36
9	40	79	657	915	1651	2,39
10	45	69	577	823	1469	2,43
11	50	59	501	732	1242	2,46
12	55	50	431	645	1126	2,50
13	60	42	365	560	967	2,53
14	65	34	305	477	816	2,56
15	70	28	250	397	675	2,59
16	75	21	200	325	546	2,63
17	80	16	156	257	429	2,65
18	85	12	116	191	319	2,65
19	90	8	83	132	223	2,60
20	95	5	55	88	148	2,60
21	100	3	32	50	85	2,56
22	105	1	15	21	37	2,40
23	110	0	3	2	5	1,67
24	113	0	0	0	0	-

Tabela 8. Momentos estáticos, dinâmicos e totais. Fator de rajada

Na fig. 12 apresenta-se a série temporal do momento flutuante na base $M_{f,1}$, considerando-se a hipótese de a intensidade da turbulência ser constante: $\tau_z = 0,52$.

Todo o cálculo foi repetido adotando-se a lei de variação de τ_z da eq. (11), para rugosidade do solo da Cat. II da NBR-6123:

$$\tau_z = 1 - 0,476 (z / 10)^{0,13}$$

Resultaram os seguintes momentos fletores na base:

$$\Delta M_1 = 190 \text{ tfm (inalterado);}$$

$$M_{m,1} = 1883 \text{ tfm (aumentou a parcela devida ao vento médio;)}$$

$$M_{f,1} = 1232 \text{ tfm (diminuiu a parcela devida ao vento flutuante;)}$$

$$M_1 = 190 + 1883 + 1232 = 3305 \text{ tfm (contra } 3431 \text{ tfm do caso anterior.)}$$

A consideração, mais correta, da variação da turbulência com a altitude, implica uma redução de 126 tfm na base. Neste caso a hipótese simplificadora de turbulência de intensidade constante fica 4% a favor da segurança.

Na fig. 13 é apresentada a série temporal do momento flutuante $M_{f,i}$ na base para este último caso.

5. Conclusões.

Foi revisitado o “método do vento sintético”, que nos 10 anos que se passaram desde a sua publicação tem sido aplicado em diversos projetos estruturais de edifícios⁽¹⁰⁾, torres de telecomunicação de concreto armado, de aço e mistas, bem como em chaminés. Diversos trabalhos científicos⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾ têm sido publicados tendo como base esse método, inclusive dissertações de mestrado⁽³⁾ e teses de doutorado⁽²⁾⁽⁴⁾. Alguns refinamentos foram aqui apresentados, a saber: a) sintonização do 2º modo de vibração; b) consideração da variação de intensidade da turbulência com a rugosidade do solo e com a altitude. Apresentou-se um exemplo numérico que diz respeito a uma chaminé de concreto armado com 113 m de altura atualmente em fase de construção; nesta, a análise dinâmica foi efetuada com os refinamentos acima indicados; comparou-se a resposta dinâmica calculada assumindo intensidade constante da turbulência $\tau_z = 0,52$ com aquela determinada levando em conta sua variação com a altitude, verificando-se que o cálculo mais exato levou a um momento na base 4% menor do que com a hipótese simplificadora do método original. Observou-se nessas análises que o coeficiente de rajada $G = \text{resposta total/resposta estática}$ variou de 2,22 na base para 2,65 à cota + 85 m (Tab. 8), o que indica que mesmo numa estrutura de geometria praticamente constante a amplificação dinâmica é consideravelmente maior na parte superior da estrutura. Este efeito, que em fenômenos sísmicos já era conhecido e chamado “efeito chicote”, é importante principalmente nos casos de estruturas com rigidez variável com a altura, como é o caso da Torre Cultura e da Torre Bandeirantes, ambas em São Paulo (nesta última, a análise dinâmica levou a $G = 2,91$ no topo), e é de suma importância para o dimensionamento estrutural de antenas e de outros elementos flexíveis situados no topo. Os métodos simplificados como o da Norma Canadense⁽¹¹⁾ e o de Solari⁽¹²⁾ conduzem à determinação de um único fator de rajada G a

a estrutura, o que é aceitável no caso de edifícios regulares, mas certamente não o é no caso de estruturas com rigidez decrescente com a altura.

Concluindo, o “método do vento sintético” que, utilizado em conjunto com os grandes programas estruturais genéricos disponíveis apresenta total flexibilidade na modelagem tanto da estrutura como do vento (inclusive a correlação vertical e – se necessário – horizontal das rajadas) continua sendo uma ferramenta útil para a análise dinâmica das estruturas de grande altura submetidas à ação do vento. Ele apresenta resultados mais precisos do que os métodos aproximados das Normas disponíveis, e sua utilidade é aumentada através do emprego dos refinamentos aqui apresentados.

6. Bibliografia.

- (1). Franco, M., “Direct Along Wind Dynamic Analysis of Tall Structures”, in *International Conference on Tall Buildings, Proceedings*, Rio de Janeiro, 1993.
- (2). Carril Jr., C. F., “Análise numérica e Experimental do Efeito Dinâmico do Vento em Torres Metálicas Treliçadas para Telecomunicações”, *Tese de Doutorado*, Escola Politécnica da U.S.P., São Paulo, 2000.
- (3). Lazanha, E. C., “Análise Dinâmica Elasto-Plástica de Estruturas Metálicas sob Excitação Aleatória do Vento”, *Dissertação de Mestrado*, Escola Politécnica da U.S.P., São Paulo, 2003.
- (4). Cerqueira Leite, W. de, “Análise Dinâmica Estocástica de Estruturas de Cabos de Comportamento não Linear sob a Ação de Vibrações Aleatórias devidas ao Vento”, *Tese de Doutorado*, Escola Politécnica da U.S.P., São Paulo, 2003.
- (5). Comité International des Cheminées Industrielles – CICIND – “Model Code for Concrete Chimneys, Part A: The Shell”, 2nd Edition, Hemel Hempstead, U.K., 2001.
- (6). Mita, A, Fuchimoto, M., “Soil-Structure Interaction Effects on the 121-Story SSH Building”, in *International Conference on Tall Buildings, Proceedings*, Rio de Janeiro, 1993.
- (7). Janeiro Borges, A. R., “Aerodinâmica das Estruturas Verticais Esbeltas”, *Tese de Doutorado*, Lisboa, 1977.
- (8). Simiu, E., Scanlan R. H., “Wind Effects on Structures”. 3rd Edition, New York, 1996.
- (9). Hangan, H., Edey R. T., Isyumov, N., “A study of wind effects for the Centro Empresarial Nações Unidas (CENU)”, *The Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory*, London, Ontario, CA., 1997.
- (10). Franco, M., Isyumov, N., “Overview of Procedures for Evaluating the Effects of Wind on Tall Buildings”, 2nd *International Conference, C.T.B.U.H., High Technology Buildings*, São Paulo, 1997.
- (11). National Research Council Canada, “User’s Guide –NBCC 1995 – Structural Commentaries (Part 4), Ottawa”, 1996.
- (12). Solari, G. “Along Wind Response: Closed Form Solution”, *J. Str. Div., ASCE*, 108, No.STI, 1982.
- (13). Brasil, R, Lazanha, E., C., “Dinâmica Não Linear de Estruturas Metálicas sob Excitação Aleatória do Vento”, in *XXX Jornadas Sul-americanas de Engenharia Estrutural*, Brasília, 2002.
- (14). Lazanha, E., Brasil, R., “Elastic-plastic behavior of structures under random vibrations excited by the wind”, in *CONEM 2000, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, João Pessoa, 2002.
- (15). Carril Jr., C. F., Isyumov, N., Brasil, R., “Investigation on the wind dynamic response of a freestanding latticed telecommunication tower”, in *XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural*, Montevideo, 2001.
- (16). Carril Jr., Isyumov, N., Brasil, R., “Wind forces on a freestanding latticed telecommunication tower”, in *ICONE 2000 – 3rd International Conference on Nonlinear Dynamics, Chaos, Control and their Applications in Engineering Sciences*, Campos do Jordão, 2000.
- (17). Carril Jr., Brasil, R., “Estudo sobre o efeito dinâmico do vento em torres de telecomunicações”, *Boletim Técnico de Escola Politécnica da U.S.P.*, São Paulo, 2000.

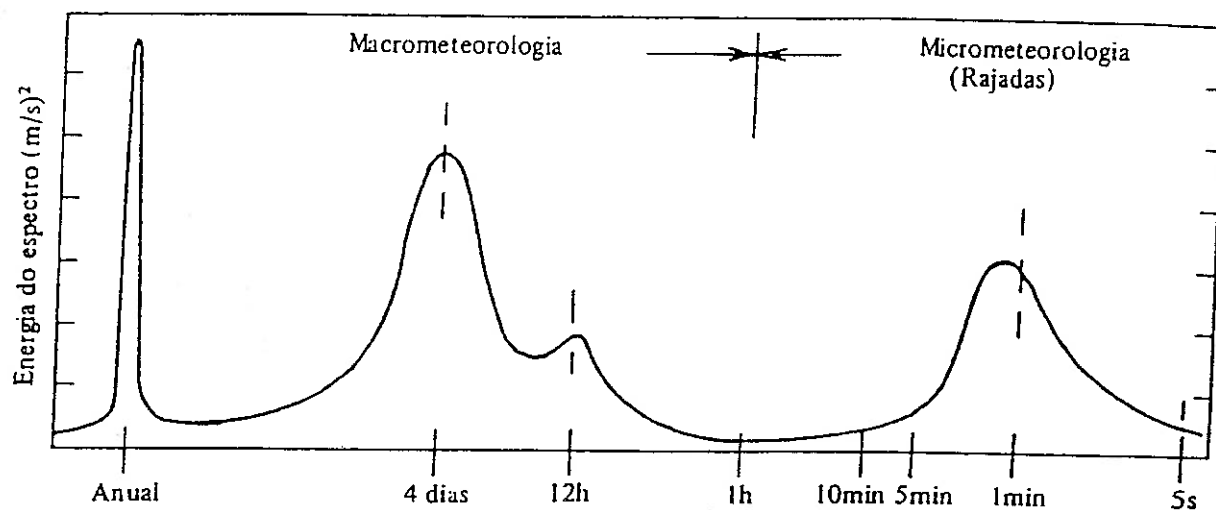


Fig. 1. Espectro de potência medido em grande intervalo de frequências
(Van der Hoven, 1957)⁽⁷⁾

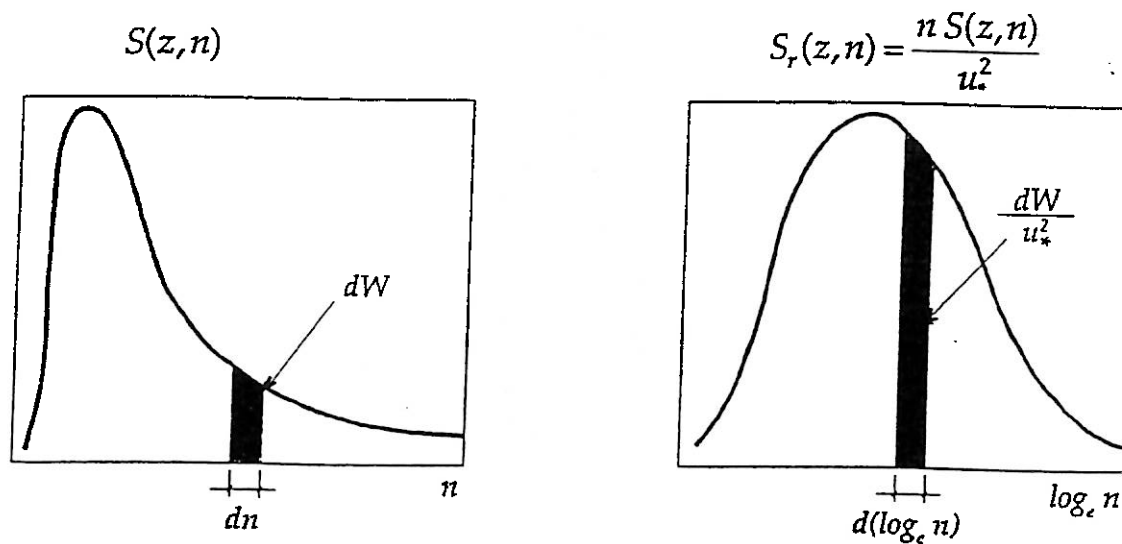


Fig. 2. Espectro $S(z,n)$ e espectro reduzido $S_r(z,n)$ ⁽¹⁾

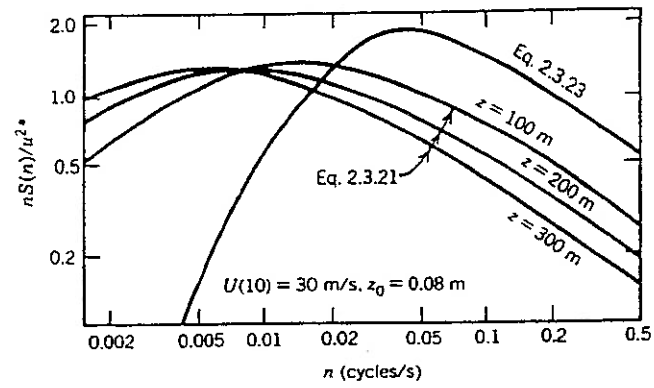


Fig. 3. Espectro de Davenport e espectros de Kaimal para 10, 200 e 300 m de altitude⁽⁸⁾

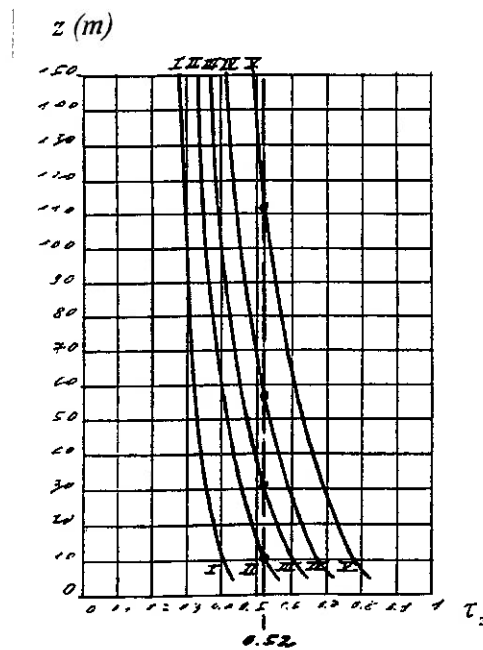


Fig. 4. Turbulência τ_z em função da altitude para as categorias de rugosidade do solo da NBR-6123

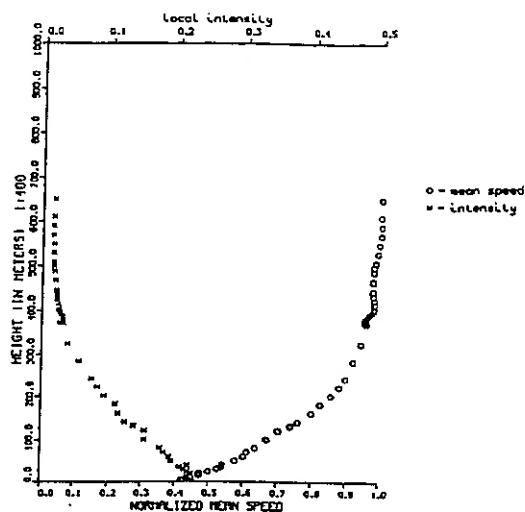


Fig. 5. Turbulência e velocidade média medidas no túnel do *Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory* durante os ensaios da Torre Norte do CENU⁽⁹⁾

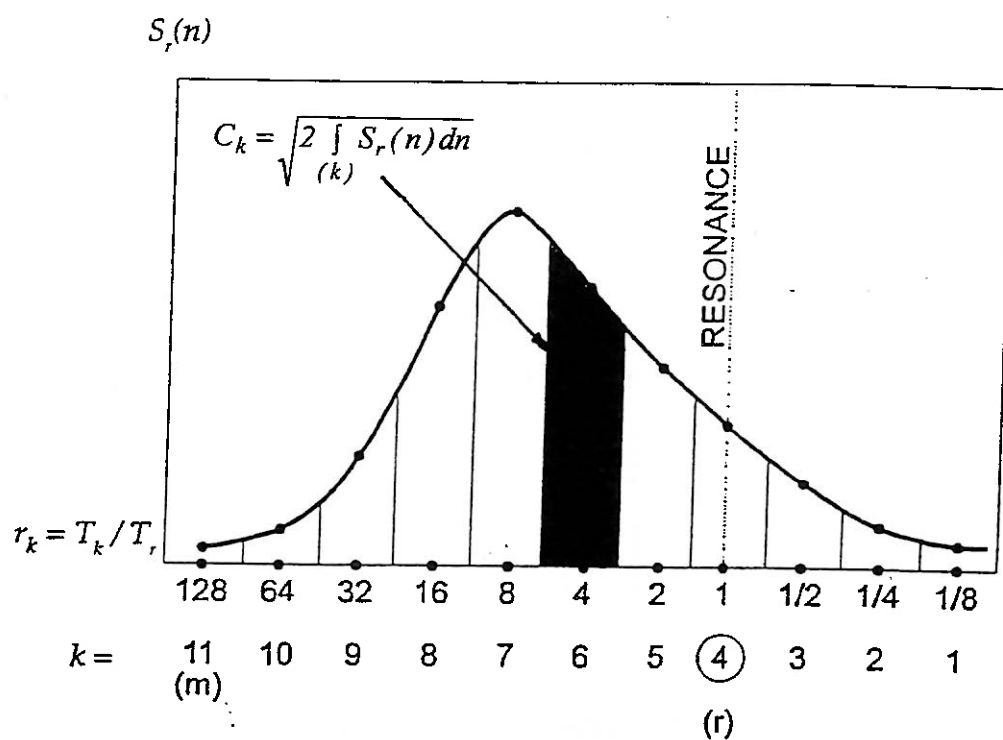


Fig. 6. Determinação dos coeficientes C_k a partir do espectro de Davenport⁽¹⁾

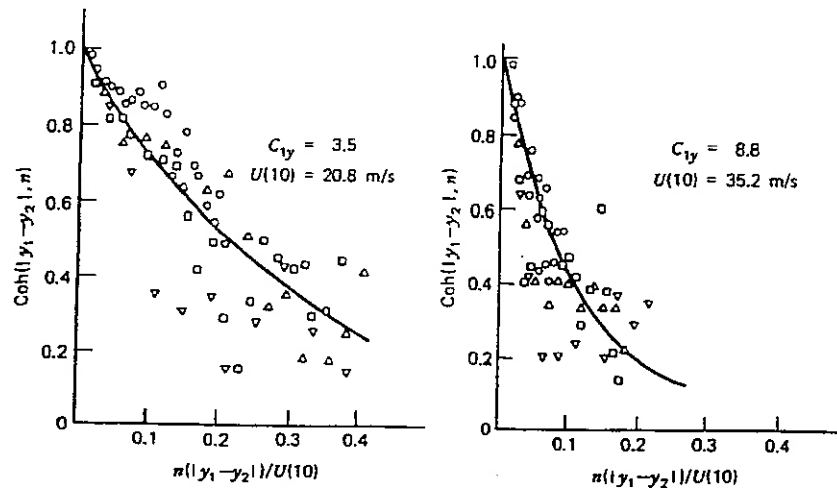


Fig. 7. Registros da coerência vertical das flutuações da velocidade horizontal⁽⁸⁾

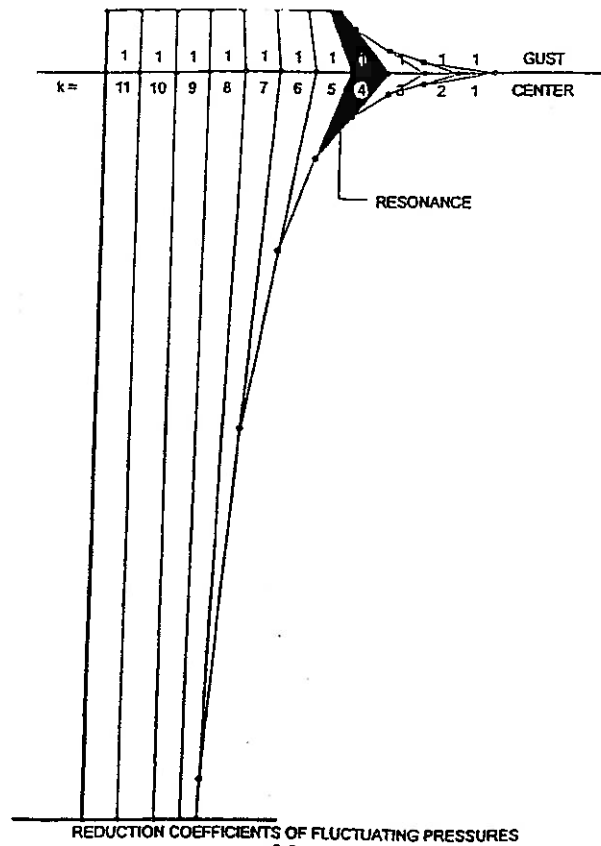


Fig. 8. Coeficientes de influência para as 11 funções harmônicas⁽¹⁾

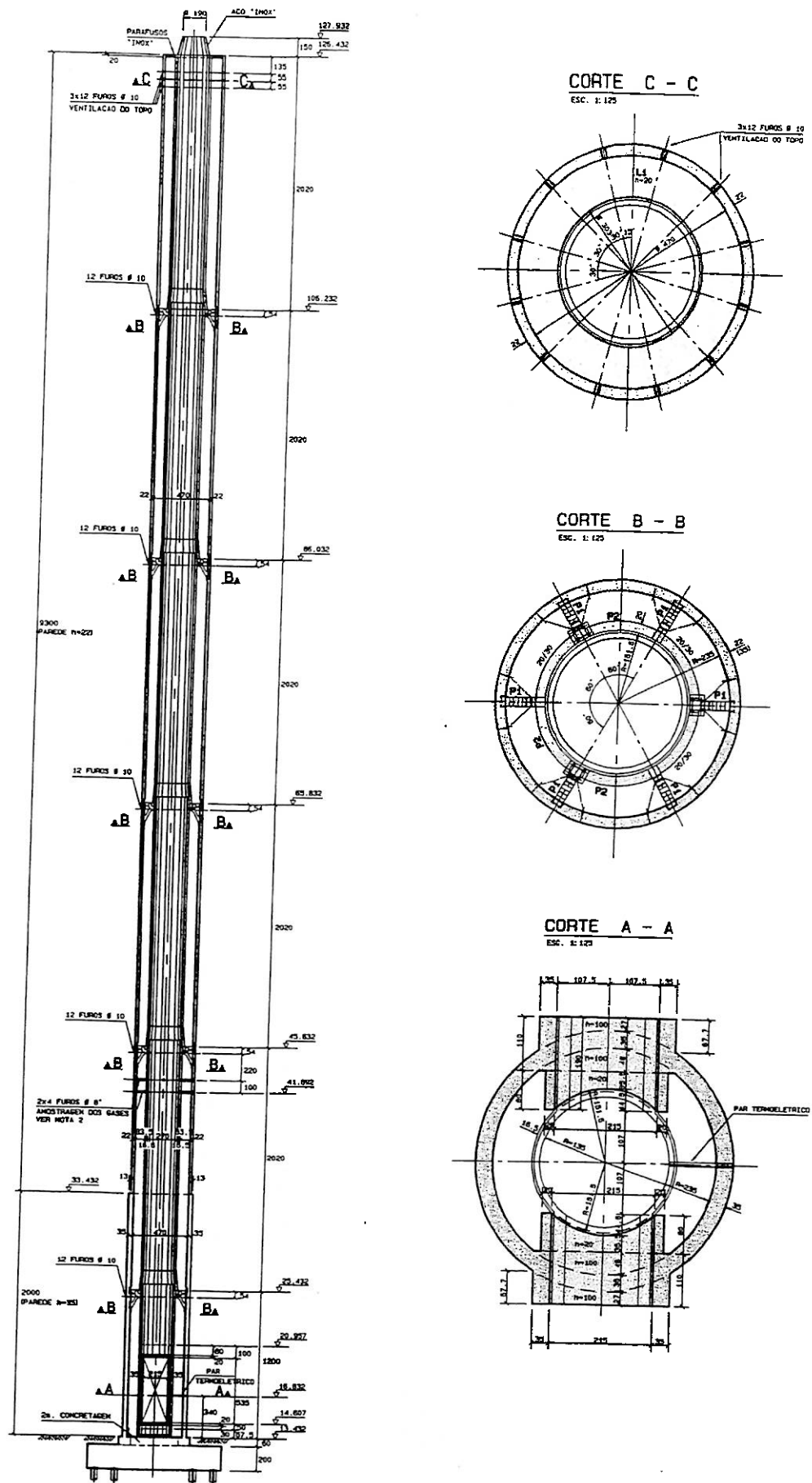


Fig. 9. Chaminé em Blumenau (exemplo numérico)

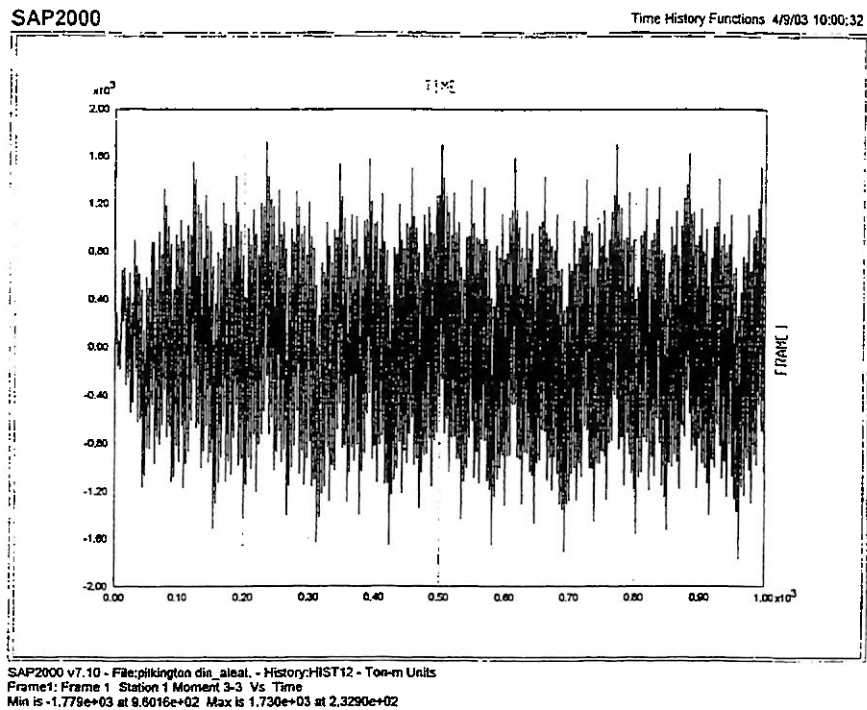


Fig. 12. Série temporal do momento flutuante M_{f1} , considerando intensidade da turbulência $\tau_z = 0,52$ const.

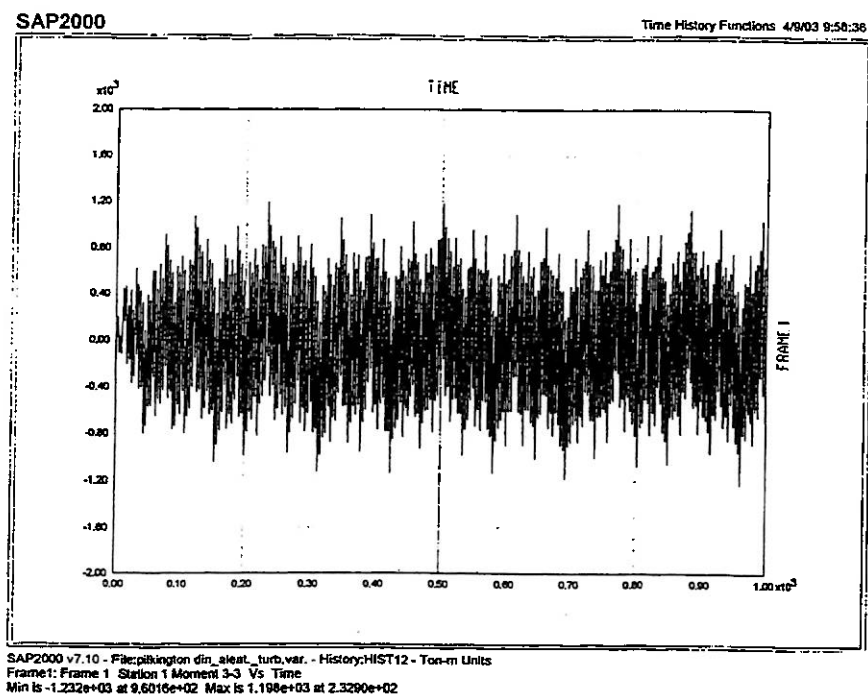


Fig. 13. Série temporal do momento flutuante M_{f1} , considerando intensidade da turbulência τ_z variável segundo eq. (11)

BOLETINS PUBLICADOS

- 8501 - "Métodos Variacionais Aplicados à Estabilidade dos Taludes e Fundações" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8502 - "O Processo de Cross Derivado do Método dos Deslocamentos" - JOÃO CYRO ANDRÉ
- 8503 - "Fundações por Bloco" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8504 - "Investigação Experimental sobre o Valor Limite Wu das Tensões de Cisalhamento no Concreto Estrutural" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8505 - "Investigação Experimental sobre o Cisalhamento em Lajes de Concreto Armado" - PERICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8506 - "Cálculo das Alterações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Peças de Concreto Protendido: Procedimentos Diretos, Simples, Alternativos ao do CIB" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8507 - "Elementos de Cálculo Variacional e suas Aplicações nas Estruturas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8508 - "Spline Cúbico e suas Aplicações" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8509 - "Correlação Paramétrica Deformatória Flexão Composta, Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8510 - "Lugares Geométricos Notáveis na Flexão Composta - Concreto Armado" - PIETRO CANDREA
- 8511 - "Regiões Deformatórias Notáveis Flexão Composta - Concreto Armado" - PIETRO CANDREVA
- 8512 - "Diagramas Momentos - Curvaturas Flexão Composta Normal - Seções Retangulares Armadura Qualquer nas Barras" - PIETRO CANDREVA
- 8601 - "Alterações, ao Longo do Tempo, dos Estados de Tensão nas Seções de Concreto, Armadas para Diferentes Etapas de Carregamento" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8602 - "Peças de Concreto Armadas com Barras Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8603 - "A Relaxação do Concreto e a Redistribuição das Tensões nas Peças Armadas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8604 - "Análise Não Linear de Treliças Especiais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8605 - "Variação, no Tempo, do Estado de Tensão nas Seções de Concreto Armado" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8606 - "Evolução ao Longo do Tempo, das Tensões de Cisalhamento nas Vigas de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8607 - "Cômputo de Fluência por Problemas de Estabilidade" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8608 - "Erros Usuais Cometidos nas Determinações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Altura Variável" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8609 - "Contribuição da Fluência do Aço, da Fluência e Retração do Concreto nos Deslocamentos Devidos à Flexão, nas Peças de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8610 - "Sistema VX-IQB para Processamento de Textos Científicos" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8611 - "Análise Não Linear de Pórticos Planos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8612 - "Erros a Serem Evitados no Cálculo de Pórticos, em Particular no dos Edifícios" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8613 - "Minima Correctio Methodi Inveniendi Lineas Curvas Elastici" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8614 - "Nova Técnica para Codificações de Procedimentos Envolvendo Matrizes - Avaliação de Desempenho" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 8615 - "Casos Especiais de Flambagem de Pórticos de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8616 - "Vigas Protendidas: Alterações das Tensões, das Deformações e dos Deslocamentos ao Longo do Tempo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8701 - "Consideração sobre Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Reticuladas Planas" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8702 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminas Planas" - Parte I - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8703 - "Consideração da Não-Linearidade Geométrica em Estruturas Laminas Planas" - Parte II - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8704 - "Estado Plano de Tensão (Método dos Resíduos Ponderados e Método dos Elementos Finitos)" - VICTOR M. DE SOUZA LIMA

- 8705 - "Aplicação das Equações de diferenças a um Caso Particular de Estrutura" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8706 - "Verificação da Estabilidade dos Pilares de Pontes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8707 - "Aplicação do Método Variacional ao Cálculo do Empuxo sobre as Paredes de Arrimo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8708 - "Análise das Chapas em Regime Elasto - Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8709 - "Análise das Placas em Regime Elasto-Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8710 - "A Flambagem de Euler e a "Elástica" Revisitadas: Uma Formulação Unificada para os Cinco Casos Clássicos" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8711 - "Laje Protendida e Perdas de Protensão Resultantes da Retração, Fluência do Concreto e do Aço" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8712 - "O Método dos Elementos Finitos na Solução de Placa, Solicitadas no seu Plano ou Fletidas. Vinculação com o Método de Ritz" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8713 - "Sobre o Conceito de Corpo Material Linearmente Elástico" - PAULO BOULOS
- 8714 - "Rotações Finitas" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8715 - "Efeitos Estruturais de Segunda Ordem nas Treliças" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, YZUMI TAGUTI
- 8716 - "Estudo das Placas: Resíduos Ponderados e Elementos Finitos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VÍCTOR M. DE SOUZA LIMA
- 8717 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Uniforme" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8718 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Triangular" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8719 - "Estacas com Diversos Vínculos de Extremidades - Modelo de Winkler. Coeficiente de Reação Lateral do Solo com Distribuição Trapezoidal" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8720 - "Sobre a Matriz de Rigidez Tangente das Barras de Treliças Planas Sujeitas a Rotações Grandes" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8721 - "Um Método Geral para a Redução da Matriz de Rigidez Tangente de Elementos Finitos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8722 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Plano - Teoria de Timoshenko" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8801 - "Distribuição Transversal de Carga nas Pontes de Vigas Justapostas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8802 - "O Método de Galerkin no Problema das Placas Fletidas - Teoria de Reissner" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 8803 - "Um Algoritmo para o Cálculo da Tensão Rotação e do Tensô de Deformações Logarítmicas em Problemas Incrementais" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8804 - "Um Algoritmo para a Integração das Tensões na Plasticidade Perfeita" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8805 - "Análise das Cascas Cilíndricas em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8806 - "Consideração do Efeito de Membrana nas Placas pelo Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 8807 - "Alteração do Estado de Tensão nas Estruturas Hiperestáticas Devida à Fluência do Aço, do Concreto e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8808 - "O Método dos Mínimos Quadrados no Exame de alguns Casos de Instabilidade, Computada à Fluência do Material" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8809 - "A Matriz de Rigidez Tangente do Elemento de Pórtico Espacial" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8810 - "Consideração da Fluência do Material na Determinação da Carga Crítica das Barras Mergulhadas em Meio Elástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8811 - "Um Programa para Solução do Problema Generalizado de Autovalores e Autovetores para Matrizes Reais Densas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL, MARCIA CIMERMAN
- 8812 - "Pilar de Pontes: Riscos dos Cálculos Correntes" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8813 - "Sugestões à Norma, em Discussão, sobre Projeto de Estrutura de Concreto Protendido" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8814 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8815 - "Tabelas Momento - Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS

- 8816 - "Análise Não-Linear de Arcos" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8817 - "Estados Limites das Unies Pregadas de Madeira" - PERICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 8818 - "O Emprego da Técnica de Aceleração da Convergência para a Resolução de Problemas Estruturais Através do Método dos Elementos Finitos por Algoritmo do Tipo Resíduo das Tensões" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., RUBENS AKEL
- 8819 - "Um Critério para o Estabelecimento dos Estimadores de Erro para os Elementos Finitos Adaptativos na Modalidade P" - FRANCISCO BRASILIENSE FUSCO JR., JARBAS A. GUEDES
- 8820 - "Non-Linear Finite-Element Formulation in Dynamic" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 8821 - "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica de Newton: 300 Anos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8822 - "A Estabilidade das Fundações Arenosas Estratificadas, Segundo V. V. Sokolovisky" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8823 - "Flambagem de Estacas Totalmente Enterradas. Solo com Coeficiente de Reação Variável" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8824 - "As Equações de Vlasov e a Estabilidade Espacial das Barras de Seção Delgada" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8825 - "Um Programa para Solução de Sistemas Lineares de Grande Porte - Aplicação à Engenharia de Estruturas" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 8826 - "Sobre a Aceleração do Centro Instantâneo de Rotação" - NELSON ACHCAR, PAULO BOULOS
- 8827 - "Esforços Resistentes do Concreto" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8828 - "Tabelas Momento-Curvatura" - LAURO MODESTO DOS SANTOS
- 8901 - "A Estimativa da Coesão para o Cálculo da Estabilidade de Aterros e Fundações sobre Argilas Moles" - CARLOS DE SOUSA PINTO
- 8902 - "Treliças Espaciais de Madeira em Regime Viscoelástico sob Não-Linearidade Geométrica" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 8903 - "O Método dos Prismas Equivalentes Aplicado ao Cálculo das Variações de Tensão, ao Longo do Tempo, nas Seções de Concreto" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8904 - "Efeitos de Laje Concretada Posteriormente sobre Viga Protendida" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ, JOSÉ LOURENÇO BRAGA DE ALMEIDA CASTANHO
- 8905 - "O Cálculo das Grelhas de Pontes pelo Método de Courbon: Uma Hipótese por Demonstrar" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8906 - "Erosão em Área Urbana - Erosão Associada à Construção de Estradas Vicinais" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8907 - "Solos Tropicais - Proposta de Classificação Baseada nas Características de Compactação" - VERA MARY NINETA COZZOLINO
- 8908 - "Método Variacional de Cálculo de Construções Estaiadas sob Cargas Dinâmicas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8909 - "Métodos Aproximados de Determinação de Frequência de Vibração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8910 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer I. Quasi-Static Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8911 - "Non-Linear Analysis of Plane Framer II. Dynamic Analysis of Plane Framer with Initially Curved Members" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8912 - "Derivation of Tangent Stiffness Matrices of Simple Finite Elements 1. Straight Bar Elements" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8913 - "A Stress Integration Algorithm for the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Element Method I. Small Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8914 - "A Stress Integration Algorithm For the Analysis of Elastic-Plastic Solids by the Finite Elements Method II. Large Deformation Analysis" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8915 - "Flambagem de Estacas Parcialmente Enterradas Solo com Coeficiente de Recalque Constante" - CARLOS ALBERTO SOARES
- 8916 - "Caracterização da Deformabilidade na Elasticidade Linear" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 8917 - "Um Pacote de Subrotinas Matemáticas para o LMC" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8918 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (I)" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 8919 - "Relatório de Subrotinas Matemáticas (II)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8920 - "Viga Contínua Mista Aço-Concreto, Conectada Elasticamente, sob a Aço da Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 8921 - "Relatórios de Subrotinas Matemáticas (III)" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 8922 - "O Problema da Flexão Plana na Teoria da Elasticidade dos Corpos Não Homogêneos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 8923 - "Alterações das Tensões de Cisalhamento nas Peças de Concreto Protendido, devidas à Fluência e Retração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9001 - "Os Deslocamentos Devidos a Flexão das Vigas Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9002 - "Dinâmica das Estruturas Apoiadas Planas e Comportamento Geometricamente Não Linear" - REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL, CARLOS E. N. MAZZILLI
- 9003 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9004 - "Influência das Tensões de Cisalhamento na Deformação da Viga sob o Regime Elasto-Plástico" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9005 - "Ainda a Estabilidade dos Sistemas Elásticos. Aceno Histórico. O Erro de Euler" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9006 - "A Origem das Funções de Bessel com algumas Aplicações em Problemas Estruturais" - AUGUSTO CARLOS DE VASCONCELOS
- 9007 - "Considerações sobre o Emprego do Teorema dos Trabalhos Virtuais na Resolução de Estruturas Hiperestáticas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9008 - "Non-linear Finite-element Formulation in Dynamics II" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9009 - "Fatores de Forma e Fatores de Carga Generalizados" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9010 - "Corpos Hiperelásticos Homogêneos Transversalmente Isotrópicos no Ortotrópicos" - NELSON ACHCAR
- 9011 - "Análise das Cascas de Revolução em Regime Elasto Plástico pelo Método dos Elementos Finitos" - JOSÉ MARQUES FILHO, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9012 - "O Algoritmo de Mínimo Grau para Reordenação e Solução de Sistemas Lineares Esparsos" - PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL, SÉRGIO PINHEIRO
- 9101 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte 1" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9102 - "Introdução ao Estudo dos Pórticos Esbeltos - Matriz de Rigidez Secante" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, ALFONSO PAPPALARDO JR.
- 9103 - "Cálculo de Estruturas Sujeitas a Terremotos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA H. SHIMURA
- 9104 - "Análise Não - Linear de Pórticos Espaciais - Parte I: Teoria e Método dos Elementos Finitos" - PAULO M. PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9105 - "Flambagem de Edifícios Altos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9106 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas nos Domínios do Tempo e da Frequência" - REYOLANDO M. L. R. DA F. BRASIL
- 9107 - "Variação nas Peças Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9108 - "Análise das Placas Sujeitas a Grandes Rotações Mediante o Uso do Método dos Elementos Finitos" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9109 - "Consideração Tópica sobre o Código Modelo 1990 do CEB-FIP" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9110 - "Materiais Compatíveis com as Barras Cujas Seções Normais Permanecem Planas" - NELSON ACHCAR
- 9111 - "Dinâmica das Placas: Elementos Finitos via Resíduos Ponderados" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, FLAVIO JOSÉ GARZERI, REYOLANDO M. L. R. FONSECA BRASIL
- 9112 - "Estabilidade do Equilíbrio dos Sistemas no Campo Conservativo de Forças" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9113 - "Sobre a Estabilidade Elástica de Arcos Abatidos" - REYOLANDO M. L. R. FONSECA BRASIL, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9114 - "Considerações Teóricas sobre o Adensamento Secundário" - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9115 - "Teoria de Vlasov sobre Barras, Placas e Cascas, de Parede Fina, Protendidas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9201 - "Consideração da Não-Linearidade Física e da Não-Linearidade Geométrica na Análise das Placas pelo Método dos Elementos Finitos - Parte II" - LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9202 - "Sobre a Interpretação de Provas de Carga em Estacas Considerando as Cargas Residuais de Ponta e a Reversão do Atrito Lateral" - FAIÇAL MASSAD
- 9203 - "Um Programa para Análise Limite de Pórticos Planos em Regime Elasto-Plástico" - REYOLANDO M. L. R. DA FONSECA BRASIL

- 9204 - "Equação Constitutiva das Barras Hiperelásticas Transversalmente Isotrópicas" - NELSON ACHCAR
- 9205 - "Análise Não-Linear de Pórticos Espaciais de Madeira" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, TAKASHI YOJO
- 9206 - "Perda de Estabilidade à Tração" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9207 - "Teoria de Segunda Ordem das Placas - Estudo da Rigidez Tangente" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9208 - "Vibrações Não-Lineares de Placas" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, REYOLANDO M. L. R. DA FONSECA BRASIL, PAULO SHIGUEME IDE
- 9209 - "Variedades Vinculadas Reduzidas" - PAULO BOULOS, NELSON ACHCAR,
- 9210 - "Estudo da Perda de Estabilidade Segundo Critérios Dinâmicos" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9211 - "Programas de Microcomputador para Análise Dinâmica de Estruturas - Parte II - Vários Graus de Liberdade" - REYOLANDO M. L. R. DA FONSECA BRASIL
- 9212 - "Otimização da Deposição de Rejeitos" - LUIZ GUILHERME F. S. DE MELLO
- 9213 - "Andros - a Finite Element Program From Nonlinear Dynamics" - CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI, REYOLANDO M. L. R. DA FONSECA BRASIL
- 9214 - "Considerações sobre o Cálculo Dinâmico de Estruturas Usando Transformadas de Fourier" - ALFREDO PINTO DA CONCEIÇÃO NETO, VICTOR M. DE SOUZA LIMA
- 9215 - "Placas Delgadas" - ALFONSO PAPPALARDO JUNIOR, HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 9216 - "Excitação Paramétrica em Sistemas com um Grau de Liberdade" - MARIO EDUARDO SENATORE SOARES, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9301 - "PEFMAT - Relatórios de Subrotinas Matemáticas - Parte IV" - PRISCILA GOLDENBERG, PAULO DE MATTOS PIMENTA, MARCIA CIMERMAN
- 9302 - "Vibrações de Pórticos com Vigas de Rigidez Infinita" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9303 - "Direct Along - Wind Dynamic Analysis of Tall Structures" - MARIO FRANCO
- 9304 - "Comportamento Pós-Crítico de Barra Delgada Protendida" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9305 - "Os Polinômios Trigonômétricos na Solução de Problemas de Vibração Mecânica" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9306 - "Linhas de Influência Dinâmicas para Deslocamentos, Momentos Fletores e Forças Cortantes nas Vigas Simples" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9307 - "O Modelo Clam-Clay Revisto" - JOSÉ JORGE NADER
- 9308 - "Patologia da Concepção Estrutural: Danos por Efeitos de Segunda Ordem em Edifícios Altos, um Exemplo" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9309 - "Vibração de Sistemas Não Lineares: Método de Aproximações Sucessivas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9310 - "Normalização dos Símbolos Gráficos para Projetos de Estruturas de Madeira" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9311 - "Ensaio de Adensamento" - HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9312 - "Comentários sobre a Normalização das Ações e Segurança nas Estruturas" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9313 - "Introdução à Análise Dinâmica de Estruturas por Meio de Elementos Finitos - Parte I - Galerkin e Elementos Finitos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, SELMA HISSAE SHIMURA
- 9314 - "Vibrações Aleatórias na Dinâmica de Estruturas" - REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 9315 - "Determinação da Equação para Cálculo do Momento Crítico à Flambagem Lateral" - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9316 - "Efeito dos Sismos nas Estruturas Aporticadas" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9317 - "As Estruturas Aporticadas com Vigas de Rigidez Infinita, Submetidas ao Sismo" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9318 - "Uma Proposta de Normalização das Resistências da Madeira Estrutural" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9319 - "Resistência dos Materiais Anisotrópicos" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9401 - "Soluções Analíticas para a Deformação do Material Elasto - Plástico Cam - Clay úteis na Interpretação de Ensaio Triaxiais com Diferentes Trajetórias de Tensão" - JOSÉ JORGE NADER
- 9402 - "Introdução à Fotoelasticidade por Reflexão" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, FRANCISCO ROURE FERNANDEZ, FREDERIC MARINON CARVAJAL
- 9403 - "Numerical Conditioning in Structural Solutions: a Proposal for a new Condition Number" - HENRIQUE LINDENBERG NETO
- 9404 - "A Esbelteza Estrutural e sua Influência nas Frequências de Vibrações" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ

- 9405 - "Determinação do Momento Crítico à Flambagem Lateral de Viabilizadas de Aço" - VALDIR PIGNATTA E SILVA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9406 - "Uma Análise dos Parâmetros de Ensaios Utilizados para Cálculo de Recalques por Adensamento"- HELOISA HELENA SILVA GONÇALVES
- 9407 - "Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas" I - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9408 - "Programação Matemática Aplicada à Análise Limite de Estruturas II" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, ERNESTO COUTINHO COLLA
- 9409 - "Formulação de um Elemento Finito de Cabo Incorporando o Efeito do Atrito" - RUY M. PAULETTI, PAULO M. PIMENTA
- 9410 - "A Descrição do Domínio para o Projeto por Elementos Finitos" - JOSÉ ANTONIO LEROSA SIQUEIRA, JOÃO CYRO ANDRÉ
- 9411 - "O Método dos Elementos Finitos Aplicado a uma Formulação Mista da Teoria das Placas" - MYRIAM RENATA DIAS FERREIRA, HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 9412 - "Problemas Envolvendo Ponto, Reta e Plano, Tratados Vetorialmente" - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- 9413 - "Auto - Sincronização de Motores Não - Ideais Apoiados em Estruturas Elásticas" - PETRUS GORGONIO BULHES DA NOBREGA, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9501 - "Global and Local Instability of Concrete Tall Buildings" - M. FRANCO
- 9502 - "Um Elemento Finito Giroscópio" - MARCELO GONZALES BERGWEILER, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9503 - "Teoria da Segunda Ordem das Placas - Uma Formulação Mista" - SELMA HISSAE SHIMURA, HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 9504 - "Modelagem de Corpos Sólidos: Topologia e Operadores de Euler" - BENEDITO ROQUE DE GUIMARÃES ARANTES JUNIOR, JOÃO CYRO ANDRÉ, JOSÉ ANTONIO LEROSA DE SIQUEIRA
- 9505 - "Investigação Experimental em Laje de Concreto Armado Apoiada em Vigas Flexíveis" - ANTONIO RUBENS PORTUGAL MAZZILLI
- 9506 - "Influência da Flexibilidade das Vigas e das Lajes nos Esforços das Estruturas de Concreto Armado" - ANTONIO RUBENS PORTUGAL MAZZILLI
- 9507 - "A Calibração da Segurança na Nova Norma de Projeto de Estruturas de Madeira" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9508 - "Método de Ensaio de Punção Excêntrica em Placa de Concreto" - FÁBIO ARMANDO BOTELHO CORDOVID, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9509 - "Ensaios de Placas de Concreto Armado - Punção Excêntrica" - FÁBIO ARMANDO BOTELHO CORDOVID, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9510 - "Armadura de Cisalhamento para Punção em Placas de Concreto" - FÁBIO ARMANDO BOTELHO CORDOVID, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9511 - "Aspectos Normativos sobre Punção em Placas de Concreto Armado" - FÁBIO ARMANDO BOTELHO CORDOVID, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9512 - "Alternativas de Representação da Protensão, no Projeto de Estruturas de Concreto" - KALIL J. SKAF, FERNADO R. STUCCHI
- 9513 - "Aplicações do Lagrangeano Aumentado em Otimização Estrutural" - PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG, REYOLANDO BRASIL
- 9514 - "Análise Linear da Estabilidade de Trelças Utilizando o Método de Lanczos" - CÉLIA REGINA MORETTI MEIRELLES, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9515 - "Análise Dinâmica de Pórticos Planos sob Ação de Carregamentos Transientes Considerando Formação de Rótulas Plásticas"- REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL, CESAR FERNANDES JUNIOR
- 9516 - "A Engenharia da Fusão Termonuclear Controlada. Sua História e seu Futuro" - RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI, VICTOR MANOEL DE SOUZA LIMA
- 9517 - "Considerações sobre o Emprego do Teorema dos Trabalhos Virtuais na Resolução de Estruturas Hiperestáticas: - Pórticos" - HENRIQUE DE BRITTO COSTA, LUIZ ANTONIO CORTESE DIOGO
- 9518 - "Flambagem Lateral de Vigas de Madeira" - VALDIR PIGNATTA E SILVA
- 9519 - "Diagramas Tensão-Deformação dos Aços Estruturais Submetidos a Altas Temperaturas" - VALDIR PIGNATTA E SILVA, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9520 - "Uma Aplicação da Teoria Constitutiva dos Materiais Elásticos-Lineares Sujeitos a Vínculos Internos: Dedução Exata da Equação de Lagrange para Placas Finas" - JOÃO MAURÍCIO SAPIENZA, NELSON ACHCAR
- 9521 - "Conceitos Básicos sobre Geração Automática de Malha" - JOSÉ FERNANDO MANTOVANI MICALI, JOÃO CYRO ANDRÉ
- 9522 - "Equações Constitutivas do Concreto Baseadas na Mecânica do Dano Contínuo" - FLÁVIO LUIZ DE S. BUSSAMRA, PAULO DE M. PIMENTA

- 9601 - "Engineering Design of the Central Core of the TBR-E Small Aspect Ratio Tokamak" - R. M. O. PAULETTI, R. M. O. GALVÃO, G. O. LUDWIG, F. T. DEGASPERI, I. C. NASCIMENTO
- 9602 - "Norma de Projeto de Estruturas de Madeira" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, CARLITO CALIL JÚNIOR, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9603 - "Desenho de Estruturas de Madeira" - CARLITO CALIL JÚNIOR, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9604 - "Determinação das Propriedades das Madeiras para Projeto de Estruturas" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, CARLITO CALIL JÚNIOR, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9605 - "Determinação de Resistências das Ligações Mecânicas das Estruturas de Madeira" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, CARLITO CALIL JÚNIOR
- 9606 - "Recomendações Sobre a Durabilidade das Madeiras" - CARLITO CALIL JÚNIOR, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9607 - "Valores Médios Usuais de Resistência e Rigidez de Algumas Madeiras Nativas e de Florestamento" - CARLITO CALIL JÚNIOR, ALMIR SALES, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9608 - "Isotropia e Ortotropia em Lajes de Concreto Armado, Chameiras Plásticas - Apoios Rígidos" - ANTONIO RUBENS PORTUGAL MAZZILLI
- 9609 - "Considerações sobre a Resistência da Madeira Serrada Brasileira" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9610 - "LAOS - Um Pacote Computacional Orientado para Objetos para Manipulação de Matrizes e Vetores" - I. Q. BARROS, T. N. BITTENCOURT, C. WAKAMATSU
- 9611 - "Computer Simulation of Arbitrary, Cohesive Crack Propagation in Concrete" - T. N. BITTENCOURT, A. R. INGRAFFEA, J. LLORCA
- 9612 - "Métodos Numéricos para Análise Dinâmica de Estruturas Duplamente Calçadas" - LAU KWAN FU, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9613 - "Análise Não-Linear de Treliças Espaciais: Teoria Exata vs. Teoria de Segunda Ordem" - PAULO M. PIMENTA
- 9614 - "Gradientes Conjugados Pré-Condicionados: Aplicação em Problemas Estruturais" - MARCIA CIMERMAN, PRISCILA GOLDENBERG, PAULO M. PIMENTA
- 9615 - "Sugestões para um Curso Intuitivo de Teoria das Estruturas" - MARTIN PAUL SCHWARK
- 9616 - "A Investigação Experimental de Estruturas" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9617 - "Charneiras Plásticas - Considerações Iniciais Lajes de Concreto Armado Apoios Rígidos - Carga Concentrada" - ANTONIO RUBENS PORTUGAL MAZZILLI
- 9618 - "Análise Não-Linear de Pórticos Planos: Teoria Exata vs. Teoria de Segunda Ordem" - PAULO M. PIMENTA
- 9619 - "Dinâmica dos Sólidos Rígidos: Uma Formulação Lagrangiana" - PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9620 - "Demonstração do Pacote LAOS na Programação de um Problema de Elementos Finitos" - IVAN DE QUEIROZ BARROS
- 9621 - "O Túnel de Vento de Camada Limite do Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais" - CÉLIO FONTÃO CARRIL JUNIOR
- 9622 - "Dimensionamento de Elementos de Fôrmas de Madeira para o Concreto Armado em Edifícios de Andares Múltiplos" - JOSÉ EDWARD RODRIGUES CRISTIANI, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9623 - "Curvas Temperatura-Tempo de um Incêndio" - VALDIR PIGNATTA E SILVA, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9624 - "Determinação da Curva Temperatura-Tempo de um Incêndio Natural Compartimentado" - VALDIR PIGNATTA E SILVA, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9625 - "Estabilidade Elástica de Treliças Espaciais Simples" - GRACIA MENEZES VIANNA DE ASSIS, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI, ODULPHO BARACHO NETO
- 9626 - "A Estabilidade no Método de Newmark" - GENY PAULA SLUYTMAN RODRIGUEZ, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9627 - "Configuração Básica de Chameiras em Lajes de Concreto Armado Carga Concentrada Apoios Rígidos Contorno Convexo Simplesmente Apoiado" - ANTONIO RUBENS PORTUGAL MAZZILLI
- 9701 - "Integração Explícita Aplicada à Análise Dinâmica de Treliças Espaciais de Comportamento Elasto-Plástico" - REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL, ALEXANDRE F. BARTOLOMUCCI
- 9702 - "Estudo da Estabilidade de uma Estrutura Simples sob Carregamento Dinâmico de Impacto" - FLÁVIO JOSÉ GARZERI, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 9703 - "Um Elemento Finito Triangular de Casca de Sete Nós Baseado no Conceito de Degeneração e na Interpolação Mista" - DANIEL LEPIKSON C. DE OLIVEIRA, MIGUEL L. BUCALEM
- 9704 - "Alvenaria Estrutural sob Ações de Longa Duração" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, JEFFERSON SIDNEY CAMACHO
- 9705 - "Alvenaria Estrutural: Aplicação da Técnica de Modelagem Física Reduzida" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, JEFFERSON SIDNEY CAMACHO

- 9706 - "Cohesive-Crack Modeling for Fiber-Reinforced Ceramic Composites" - TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT, JOSÉ LUIZ ANTUNES DE OLIVEIRA SOUZA
- 9707 - "Crack Evolution in Residual Stress-Strain Fields Driven by Contact Loads" - TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9708 - "A Programação Orientada para Objetos: Conceitos Fundamentais e Introdução à Linguagem de Programação C++" - GILSON FUJII, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9709 - "Aspectos Gerais da Computação Paralela e do Sistema PVM" - CÉLIO ODA MORETTI, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9710 - "Análise Limite de Estruturas Reticuladas" - LILIAN TERESA B. GOLDNER, PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 9711 - "Discrete Approaches to Cohesive-Crack Modeling through the Finite Element Method" - TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9712 - "Aspectos de Monitoração de Estádios de Futebol - Caso Particular de Estudo - Morumbi" - PEDRO AFONSO DE O. ALMEIDA
- 9713 - "Proposta para Método de Monitoração de Edificações Sujeitas a Vibrações Induzidas por Pessoas" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9714 - "Efeitos das Vibrações Sobre os Seres Humanos" - PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9715 - "Uma Introdução à Análise de Problemas de Contato" - ALEX ALVES BANDEIRA, PAULO DE MATTOS PIMENTA, PRISCILA GOLDENBERG
- 9716 - "Determinação da Resistência do Perfil Sigma enrijecido empregado em "Porta-Pallets" - CÉLIO FONTÃO CARRIL JR., PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- 9717 - "Análise Computacional de Estruturas por meio da Programação Orientada para Objetos" - FUJII, G.; MARTHA, L. F.; BITTENCOURT, T. N.
- 9718 - "Critérios de Projeto das Ligações com Chapas de Dentes Estampados" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 9719 - "Estudos das Oscilações não Lineares em Cordas" - FÁBIO MÓDOLO SIQUEIRA, CHRISTIAN BOTELHO BORGES, RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI, HUGO FRANCO
- 9720 - "Overview of Procedures for Evaluating the Effect of Wind on Tall Buildings" - M. FRANCO, N. ISYUMOV
- 9721 - "Análise Não-Linear de Membranas Espaciais" - RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI, JOSÉ BATISTA DAL FARRA MARTINS, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 9722 - "Determinação da Rigidez Efetiva das Vigas de Madeira Composta" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, CHRISTIANEAREIAS TRINDADE FERREIRA
- 9723 - "A Reduction Technique Applied to Discrete Models in Nonlinear Dynamic Analysis" - CARLOS E. N. MAZZILLI, ODULPHO G. P. BARACHO NETO
- 9724 - "Um Modelo Aperfeiçoado, com dois Graus de Liberdade, para a Análise Dinâmica Não-Linear de um Pórtico Simples" - CARLOS E. N. MAZZILLI, ODULPHO G. P. BARACHO NETO
- 9725 - "Geração Automática das Equações Reduzidas de Movimento para a Análise Não-Linear: Aplicação ao Caso de Um Pórtico Biengastado Simples" - CARLOS E. N. MAZZILLI, ODULPHO G. P. BARACHO NETO
- 9726 - "Fabricação e Caracterização de Películas para Fotoelasticidade de Reflexão" - PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA, OSCAR JOSÉ LUIS MAIZMAN MARTÍNEZ
- 9801 - "Identificação de Processos de Fraturamento no Concreto Estrutural" - WANG TAI KANG, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9802 - "Um Sistema Paralelo Integrado para Análise de Estruturas" - C.O. MORETTI, T. N. BITTENCOURT, J. C. ANDRÉ, L. F. MARTHA
- 9803 - "Algoritmos Automáticos de Partição de Domínio" - C.O. MORETTI, T. N. BITTENCOURT, J. C. ANDRÉ, L. F. MARTHA
- 9804 - "FRANC3D: Idéias Básicas, Conceitos Fundamentais e Utilização" - CÉLIO ODA MORETTI, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9805 - "Introdução aos Conceitos Básicos da Mecânica da Fratura Elasto-Plástica" - ESTELA MARI RICETTI BUENO, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9806 - "Sobre o Cabo Pênsil" - LÚCIO MARTINS LAGINHA, HIDEKI ISHITANI
- 9807 - "Determinação Experimental da Tenacidade ao Fraturamento do Concreto com Corpos de Prova do Tipo "Short-Rod" - ANTONIO CARLOS DOS SANTOS, JOSÉ LUIZ ANTUNES O. E SOUZA, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9808 - "A New Procedure For The Long-Term Evaluation Of Structural Effects Due To Alkali-Aggregate Reaction" - RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI, PAULO DE MATTOS PIMENTA, AFONSO PAPPALARDO JUNIOR
- 9809 - "Modos Não-Lineares de Vibração" - MÁRIO EDUARDO SENATORE SOARES, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 9810 - "Augmented Lagrangian Optimization Of Plates Under Dynamic Loading" - M. A. SILVA, R. M. L. F. BRASIL

- 9811 – "Usin Images to Teach the Beginings of Strutral Engineering" – HENRIQUE LINDENBERG NETO, LUIS ALBERTO TELLO AREVALO
- 9901 – "Análise Geométrica de Sistemas Dinâmicos Estruturais Não-Lineares com o Número Finito de Graus de Liberdade. Parte 1: Aspectos Teóricos Preliminares" – J. M. BALTHAZAR, R. M. L. R. F. BRASIL
- 9902 – "Análise Geométrica de Sistemas Dinâmicos Estruturais Não-Lineares com o Número Finito de Graus de Liberdade. Parte 2: Aplicação a uma Estrutura Aporticada Simples" – J. M. BALTHAZAR, R. M. L. R. F. BRASIL
- 9903 – "Avaliação da Capacidade Resistente à Flexão de Vigas de Concreto de Alto Desempenho" – JOSÉ U. A. BORGES, TÚLIO N. BITTENCOURT
- 9904 – "Análise Estrutural de Barras Sujeitas a Fluência" – RUI NOBHIRO OYAMADA, HIDEKI ISHITANI
- 9905 – "Estabilidade de Barras Comprimidadas Imersas em Meio Elástico Não-Linear. Parte 1". - J. M. BALTHAZAR, R. M. L. R. F. BRASIL
- 9906 – "Optimization of Steel Plates Under Dynamic Loading" – M. A. Silva, R. M. L. R. F. Brasil
- 9907 – "Distribuição das Tensões Tangenciais em Seções Transversais Delgadas: Resolução pelo Processo dos Deslocamentos" – EDGARD SANT'ANNA DE ALMEIDA NETO, MATHIAS JUAN PERAZZO
- 9908 – "Estrada de Ferro Curitiba-Paranaguá" – ADRIANE COSTA
- 9909 – "Tensoestruturas – Idéias Básicas" RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 9910 – "Sistema Computacional Gráfico Orientado a Objetos para Modelamento Bidimensional de Problemas de Fraturamento Coesivo" – ESTELA MARI RICETTI BUENO, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 9911 – "Ação Térmica nas Estruturas o Modelo do Incêndio Natural compartimentado" – VALDIR PIGNATTA E SILVA
- 9912 – "Estudo Sobre o Processo de Busca da Forma das Estruturas de Membrana" – FÁBIO MÓDOLO SIQUEIRA, RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 9913 – "Ação Térmica nas Estruturas Determinação da Temperatura nos Elementos Estruturais de Aço sem Proteção Térmica, em Situação de Incêndio" - VALDIR PIGNATTA E SILVA
- 9914 – "Ação Térmica nas Estruturas Determinação da Temperatura nos Elementos Estruturais de Aço com Proteção Térmica, em Situação de Incêndio" - VALDIR PIGNATTA E SILVA
- 9915 – "Evolução das Tensoestruturas - Parte I – Primórdios das Tensoestruturais & Evolução das Pontes Suspensas" – RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 9916 – "Evolução das Tensoestruturas - Parte II – Coberturas de Cabos e Membranas " – RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 0001 – "Estudo Experimental do Fraturamento do Concreto Estrutural por meio de Corpos-de-Prova Cilíndricos" – TÚLIO NOFUEIRA BITTENCOURT, JOSÉ UMBERTO A. BORGES, EDUARDO PARENTE PRADO, ANA ELISABETE P. GUIMARÃES, ANTONIO CARLOS DOS SANTOS, LUIZ EDUARDO T. FERREIRA
- 0002 – "Procedimento para a Determinação Experimental da Tenacidade ao Fraturamento Concreto" – JOSÉ UMBERTO ANAUD BORGES, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT, JAMES HANSON
- 0003 – "Localização de Modos de Vibir em Estruturas quase Periódicas: Modelos Matemáticos" – MARCUS ALEXANDRE O. MENOITA, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 0004 – "Localização de Modos de Vibir em Estruturas quase Periódicas: Investigações Experimentais" – MARCUS ALEXANDRE O. MENOITA, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 0005 – "Estudo Sobre o Efeito Dinâmico do Vento em Torres de Telecomunicações" – CÉLIO FONTÃO CARRIL JÚNIOR, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 0006 – "Rotações Finitas a Parâmetros Vetoriais" – MARCELO GONZÁLEZ BERGWEILER, PAULO DE MATTOS PIMENTA
- 0007 – "Aperfeiçoamento Didático de um Curso de Mecânica das Estruturas" – OSVALDO SHIGUERU NAKAO, HENRIQUE LINDENBERG NETO
- 0101 – "Aplicação das Técnicas de Retroanálise em Escavação de Túneis" – ADRIANE COSTA, JOÃO CYRO ANDRÉ
- 0102 – "Evolução das Tensoestruturas - Parte III – Estruturas Pneumáticas & Miscelâneas" – RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 0103 – "Anotações sobre o Projeto e a Análise das Tensoestruturas" - RUY MARCELO DE OLIVEIRA PAULETTI
- 0104 – "Um Processo dos Esforços Modificado" – MARCUS ROGÉRIO OLIVEIRA DOS SANTOS, HENRIQUE B. COSTA
- 0105 – "Uma Formulação Mista na Resolução do Problema Clássico das Placas" – HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 0106 – "Um Procedimento Experimental para Medição de Momentos de Inércia Utilizando um Pêndulo Torcional" – FLÁVIO JOSÉ GARZERI, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 0107 – "Um Modelo Matemático com 7 Graus de Liberdade para um Veículo Rodoviário " - ADELAIR LINO COLOMBO, REYOLANDO M. L. R. F. BRASIL
- 0108 – "Fracture Modeling of Concrete Using Two Different Microstructural Mechanics Approaches" – T. K. WANG, C. S. CHANG, J. G. M. VAN MIER, T. N. BITTENCOURT

- 0109 – “Uma Técnica Paralela para Geração de Malhas Tridimensionais” – CÉLIO ODA MORETTI, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 0110 – “Influências das Barras Estabilizadoras na Inclinação Lateral e na Distribuição de Carga em um Ônibus com Três Eixos” – WALTER MARTINS DE VARGAS, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 0201 – “Análise Experimental de Pilares de Concreto de Alta Resistência com Adição de Fibras Metálicas” – ANA ELIZABETE P. GUIMARÃES, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT, FERNANDO REBOUÇAS STUCCHI, PEDRO AFONSO DE OLIVEIRA ALMEIDA
- 0202 – “Simulação Computacional de Estruturas de Concreto por meio da Mecânica do Dano” – GUSTAVO DE ASSIS GUELLO, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 0203 – “A Torção nos Edifícios Altos” – MÁRIO FRANCO
- 0204 – “Comparação entre o Processo dos Esforços e o Processo dos Deslocamentos” – HENRIQUE DE BRITTO COSTA
- 0205 – “Study of Crack Propagation in the Specimen Recommended by Rilem TC 162 Based on Linear Elastic Fracture Mechanics” – LUIZ EDUARDO TEIXIERA FERREIRA, RAVINDRA GETTU, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 0206 – “Controle Passivo de Vibrações Induzidas pelo Drapejamento em Pontes Estaiadas” – RENATA BUTKERAITIS, CARLOS EDUARDO NIGRO MAZZILLI
- 0207 – “Utilização de Recursos Multimídia no Ensino de Concreto Armado e Protendido” – WAYNE SANTOS DE ASSIS, TÚLIO NOGUEIRA BITTENCOURT
- 0301 – “Considerações sobre o Cálculo Tensorial” – HENRIQUE DE BRITTO COSTA