

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**A ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO
SANTORO EM BRASÍLIA: HISTÓRICO DE PROJETO,
EXECUÇÃO, INTERVENÇÕES E ESTRATÉGIAS
PARA MANUTENÇÃO**

DEISE APARECIDA SILVA SOUZA

**ORIENTADOR: ANTÔNIO ALBERTO NEPOMUCENO
CO-ORIENTADOR: JOÃO CARLOS TEATINI DE SOUZA CLÍMACO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL**

PUBLICAÇÃO: E.DM – 006A/09

BRASÍLIA/DF: ABRIL DE 2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**A ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO EM
BRASÍLIA: HISTÓRICO DE PROJETO, EXECUÇÃO,
INTERVENÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA MANUTENÇÃO.**

DEISE APARECIDA SILVA SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:



Prof. Antônio Alberto Nepomuceno, Dr. Ing (UnB)

(Orientador)



Prof. Luciano Mendes Bezerra, PhD (UnB)

(Examinador Interno)



Prof. José Luiz Rangel Paes, PhD (UFV)

(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 30 DE ABRIL DE 2009.

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, DEISE APARECIDA SILVA

A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção [Distrito Federal] 2009.

xvii, 133p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2009).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Teatro Nacional Claudio Santoro

3. Patologia

I. ENC/FT/UnB

2. Estruturas

4. Manutenção de Estruturas

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOUZA, D. A. S. (2009). A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM–006A/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 133p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Deise Aparecida Silva Souza

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção.

GRAU/ANO: Mestre/2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Deise Aparecida Silva Souza
Rua Ametista, 245/103, Iguaçú
35162-018 - Ipatinga – MG – Brasil.
deiseassouza@gmail.com

Aos meus pais, Ângela e José Aparecido;

À minha irmã Débora.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Antônio Alberto Nepomuceno, pelo incentivo e por ter me orientado durante esta pesquisa de forma objetiva e clara.

Ao Professor João Carlos Teatini, meu co-orientador, por suas sugestões e contribuições muito enriquecedoras para este trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado durante a pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, PECC/UnB, pela dedicação na transmissão dos conhecimentos, dentro e fora da sala de aula.

À secretária do PECC/UnB, Eva, por sua disposição e atenciosidade.

Agradeço em especial, à equipe da Gerência Técnica Operacional do Teatro Nacional: Rinaldo, Gaspar, Emerick e Sebastião Bruno pela disposição em ajudar, me guiar dentro do Teatro, fornecer informações imprescindíveis para a realização deste trabalho, e, a atenciosidade da Ana Cláudia, por me emprestar os projetos de fôrmas e de arquitetura sempre quando precisei. Ao Adauto, Gerente Técnico, por ter cedido livre acesso aos interiores do Teatro.

Ao Arquivo Público do Distrito Federal por ceder fotografias e acesso a projetos.

Ao arquiteto Carlos Armando da HB Engenharia LTDA, por sua atenção e por disponibilizar material a respeito da reforma dos blocos das fachadas norte e sul do Teatro.

Ao engenheiro Bruno Contarini, pela disposição em esclarecer as dúvidas relacionadas a estrutura do Teatro.

Aos colegas Maurício Pina, Carlos Eduardo Luna e José Roberto pela disposição em esclarecer minhas dúvidas relacionadas a modelagem estrutural no programa SAP 2000.

Agradeço aos colegas de trabalho da Larrosa & Santos: Antônio Bom, Kazuo, Geórgene e Helano, pelo apoio, e, em especial, ao Lívio Recedive e Leandro Batista, por me ajudar a aprimorar a formatação do texto.

Aos meus amigos queridos, Iviane, Galileu, Carlos Alberto, Rodrigo e Suelen, por dividir as dificuldades do curso, companhia na sala e a pela amizade.

Agradeço a todos os meus familiares que sempre torceram por mim, em especial às minhas avós; vó Rita e vó Maria; e também, ao meu tio e Doutor Jhone pelo incentivo.

Ao Leo, pelo carinho, companheirismo, incentivo e amor, por confortar meus momentos de preocupação e suportar meus momentos de impaciência, por suas contribuições neste trabalho, e, principalmente, por tornar meus dias em Brasília mais agradáveis.

Aos meus pais, Ângela e José Aparecido e à minha irmã Débora, por suportar as várias vezes em que chorei ao telefone, pelo apoio, pelo amor incondicional, companheirismo e incentivo durante toda minha vida, sempre me impulsionando a seguir em frente.

À um grande amigo, incentivador e mentor, ao Professor José Luiz Rangel Paes, por ter acreditado na minha capacidade, por possibilitar as minhas primeiras oportunidades na academia, pela amizade e pela disposição em sempre me ajudar.

Enfim, agradeço à Deus através da minha fé, por me confiar este trabalho, por todas as minhas outras conquistas e pela simples razão da minha existência.

RESUMO

A ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO EM BRASÍLIA: HISTÓRICO DE PROJETO, EXECUÇÃO, INTERVENÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA MANUTENÇÃO.

Autora: Deise Aparecida Silva Souza

Orientador: Antônio Alberto Nepomuceno

Co-orientador: João Carlos Teatini de Souza Clímaco

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil – PECC/UnB

Brasília, Abril de 2009.

O objetivo deste trabalho é analisar a estrutura de concreto do Teatro Nacional em Brasília, uma edificação semi-enterrada, com projeto arquitetônico de Oscar Niemeyer e cálculo estrutural do engenheiro Bruno Contarini, nos aspectos de concepção e avaliação da situação física do concreto. O trabalho se insere na linha de pesquisa “Patologia, Manutenção e Recuperação de Estruturas” do PECC/UnB, em ênfase dedicada às estruturas dos monumentos do Patrimônio Cultural de Brasília.

O estudo se desenvolveu, inicialmente, mediante a caracterização da estrutura, a partir de coletas de documentos técnicos e depoimentos com pessoas envolvidas direta ou indiretamente em sua concepção. Dessa forma, recuperou-se parte da história do monumento, evidenciando aspectos importantes: as datas relevantes da obra, projetos de arquitetura, de instalações hidráulico-sanitárias e de ar-condicionado, o projeto de fôrmas, responsabilidade técnica e detalhes gerais da edificação.

Os resultados da avaliação da estrutura, segundo a metodologia GDE/UnB (2007) para quantificação de danos em estruturas de concreto, desenvolvida no PECC/UnB, indicaram um grau de deterioração de nível *baixo*, sendo sugerido que sejam planejadas atividades de manutenção preventiva, com o objetivo de garantir a segurança, funcionalidade e estética da edificação.

Foi realizada uma análise da estrutura principal do Teatro, utilizando o programa computacional SAP2000 V.10.0.7, para verificar as influências das variações de temperatura, em razão dos grandes vãos e dimensões das vigas inclinadas. Os resultados mostraram que a estrutura não apresenta deslocamentos lineares significativos, respeitando os limites da norma brasileira em vigor, confirmando a boa qualidade do projeto realizado há 49 anos atrás.

Como conclusão da avaliação da situação física da estrutura, é proposta uma estratégia para a implantação de um programa de manutenção preventiva.

PALAVRAS-CHAVE: Teatro Nacional Claudio Santoro, Monumentos de Brasília, Estruturas de Concreto, Avaliação, Manutenção.

ABSTRACT

THE STRUCTURE OF THE CLAUDIO SANTORO'S NATIONAL THEATRE IN BRASÍLIA: HISTORICAL OF STRUCTURAL CONCRETE DESIGN, CONSTRUCTION, INTERVENTIONS AND MAINTENANCE RECOMMENDATIONS.

Author: Deise Aparecida Silva Souza

Supervisor: Antônio Alberto Nepomuceno

Co- Supervisor: João Carlos Teatini de Souza Clímaco

Pos-graduation Programme on Structures and Construction - PECC/UnB

Brasília, April 2009

The objective of this study is to analyze structure of concrete National Theater in Brasilia, a building half-buried, with architectural project of Oscar Niemeyer and structural calculation by engineer Bruno Contarini, the design and to assess the physical of concrete. The work falls in the research line "Pathology, Maintenance and Rehabilitation of Structures" of PECC/UnB, with emphasis on monuments's structures, dedicated to the cultural heritage of Brasilia.

The study was developed through the characterization of the structure, from collections of technical documents and testimonies with people directly or indirectly involved in its project. Thus, there are part of the history of the monument, emphasizing important aspects: the relevant dates of the work, projects, architecture, water and sanitary facilities and air-conditioning, the design of forms, general liability and technical details of the monument.

The results of the evaluation of the structure, by methodology GDE/UnB (2007) for quantification of damage in concrete structures, developed by PECC/UnB, indicated a degree of deterioration of average *low*, and suggested that activities are planned preventive maintenance, with the objective of ensuring the safety, functionality and esthetics of the building.

An analysis of the structure's main theater was realized, using the computer program SAP2000 V.10.0.7, to verify the influences of temperature variations, because of the large spans and sizes of beams. The results showed that the structure presents no significant linear displacement within the limits of the brazilian standard in place, confirming the good quality of the project is carried out 49 years ago.

Since completion of the evaluation of the physical structure, is proposed a strategy for implementing a program of preventive maintenance.

KEYWORDS: Claudio Santoro's National Theatre, Concrete Structures, Brasília's Monuments, Assessment, Maintenance.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - APRESENTAÇÃO	1
1.2 – MOTIVAÇÃO.....	2
1.3 – OBJETIVOS.....	4
1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2 - INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	7
2.1 – INTRODUÇÃO.....	7
2.2 – ASPECTOS GERAIS SOBRE DURABILIDADE, VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	9
2.3 – MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS.....	12
2.4 - ASPECTOS GERAIS SOBRE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	13
3 - BRASÍLIA: PROJETO URBANÍSTICO E SEUS PRINCIPAIS MONUMENTOS	18
3.1 - INTRODUÇÃO	18
3.2 – O PROJETO URBANÍSTICO DE BRASÍLIA	18
3.3 – PRINCIPAIS MONUMENTOS DE BRASÍLIA	19
3.3.1 - Palácio da Alvorada.....	20
3.3.2 - Palácio do Planalto.....	20
3.3.3 - Congresso Nacional.....	21
3.3.4 - Palácio do Itamaraty	22
3.3.5 - Palácio da Justiça.....	23
3.3.6 - A Catedral Metropolitana de Brasília	24
3.3.7 – Instituto Central de Ciências – ICC	25
3.3.8 – Estação Rodoviária de Brasília	28
4 – O TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO	30
4.1 – INTRODUÇÃO.....	30
4.2 – INFRA-ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO....	31
4.3 – HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO	34
4.4 – A ESTRUTURA	37

4.5 – INTERVENÇÕES REALIZADAS	43
4.5.1 – Restauração da fachada norte e da fachada sul.....	44
4.6 – MEDIÇÕES DE TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO	48
5 - AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO	52
5.1 - INTRODUÇÃO	52
5.2 - IDENTIFICAÇÃO E DIVISÃO DA ESTRUTURA	52
5.3 – METODOLOGIA GDE/UnB PARA QUANTIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	52
5.3.1 - Divisão da estrutura em famílias de elementos.....	54
5.3.2 - Fator de Ponderação.....	54
5.3.3 – Fator de Intensidade	56
5.3.4 – Grau do Dano (D) e Grau de Deterioração do elemento (G_{de}).....	58
5.3.5 – Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df}).....	60
5.3.6 – Grau de deterioração global da estrutura (G_d)	61
6 – ANÁLISE ESTRUTURAL DO TEATRO NACIONAL	64
6.1 – INTRODUÇÃO.....	64
6.2 – CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA DO TEATRO NO SAP2000.....	64
6.2.1 – Concepção do modelo estrutural no programa SAP2000	65
6.2.2 – Condições de contorno e ações consideradas.....	68
6.2.3 – Análise da influência das variações de temperatura.....	70
6.2.4 – Combinação de ações	75
6.3 – RESULTADOS DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NO SAP2000.....	76
6.3.1 – Preliminares.....	76
6.3.2 – Resultados para a condição de apoio.....	78
6.3.2.1 – Deslocamento das vigas inclinadas	78
6.3.2.2 – Reações de apoio	79
6.3.3 – Resultados para a condição de engaste	79
6.3.3.1 – Deslocamento das vigas inclinadas	79
6.3.3.2 – Reações de apoio	79

7 – PROPOSTA PARA UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO	81
7.1 – PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O TEATRO NACIONAL	81
8 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	82
8.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	82
8.2 – CONCLUSÕES	82
8.2.1 – História, projetos e intervenções.....	82
8.2.2 – Quantificação da deterioração da estrutura pela Metodologia GDE/UnB84	
8.2.3 – Análise da estrutura do Teatro Nacional na modelagem computacional ..	84
8.2.4 – Programa de manutenção preventiva para o Teatro Nacional.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
APÊNCIDE A – TABELAS DE AVALIAÇÃO (METODOLOGIA GDE/UNB, 2007)94	
APÊNDICE B – ROTEIRO DE INSPEÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO (FONSECA, 2007)	106
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA	123
C.1 - ENTREVISTA COM A Sra. ASTA-ROSE ALCAIDE	124
C.2 – COMENTÁRIOS SOBRE A ENTREVISTA	126
APÊNDICE D – VERIFICAÇÃO DA FLECHA TOTAL E DA FLECHA LIMITE (NBR 6118:2003)	127
APÊNDICE E – HISTÓRICO PROFISSIONAL DO ENGENHEIRO. BRUNO CONTARINI.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Exemplos de monumentos tombados pelo IPHAN.....	8
Tabela 2.2: Indicação de intervalos de tempos, em anos (FIP,1988).....	15
Tabela 4.1: Umidade relativa do ar e temperatura medidas no interior dos blocos na parte da manhã.	50
Tabela 4.2: Umidade relativa do ar e temperatura medidas no interior dos blocos na parte da tarde.....	50
Tabela 5.1: Família de elementos do Teatro Nacional: danos e fatores de ponderação (continua)	55
Tabela 5.2: Fator de Intensidade de uma manifestação de um dano.....	56
Tabela 5.3: Classificação dos níveis de deterioração do elemento	58
Tabela 5.4: Exemplos da planilha eletrônica desenvolvida para cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de}	59
Tabela 5.5: Classificação dos níveis de deterioração da estrutura	61
Tabela 5.6: Grau de deterioração da estrutura principal do Teatro, G_d	62
Tabela 5.7: Grau de deterioração da estrutura dos muros de arrimo do Teatro, G_d	63
Tabela 6.1: Lista dos projetos obtidos no Teatro	65
Tabela 6.2: Resultados de deslocamentos e esforço axial para $\Delta T = \pm 15^\circ C$	77
Tabela 6.3: Resultados de deslocamentos e esforço axial para para $\Delta T = \pm 25^\circ C$	77
Tabela A.1: Avaliação do pilar principal 1 do Teatro Nacional.	94
Tabela A.2: Avaliação do pilar principal 2 do Teatro Nacional.	94
Tabela A.3: Avaliação do pilar principal 3 do Teatro Nacional.	94
Tabela A.4: Avaliação do pilar principal 4 do Teatro Nacional.	95
Tabela A.5: Avaliação da viga A1 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	95
Tabela A.6: Avaliação da viga A2 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	95
Tabela A.7: Avaliação da viga A3 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	96
Tabela A.8: Avaliação da viga A4 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	96
Tabela A.9: Avaliação da viga A5 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	96
Tabela A.10: Avaliação da viga A6 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	97
Tabela A.11: Avaliação da viga A7 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	97
Tabela A.12: Avaliação da viga A8 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	97
Tabela A.13: Avaliação da viga A9 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	98
Tabela A.14: Avaliação da viga A10 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	98

Tabela A.15: Avaliação da viga A11 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	98
Tabela A.16: Avaliação da viga A12 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	99
Tabela A.17: Avaliação da viga A13 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.....	99
Tabela A.18: Avaliação da viga C1 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.	99
Tabela A.19: Avaliação da viga C2 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	100
Tabela A.20: Avaliação da viga C3 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	100
Tabela A.21: Avaliação da viga C4 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	100
Tabela A.22: Avaliação da viga C5 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	101
Tabela A.23: Avaliação da viga C6 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	101
Tabela A.24: Avaliação da viga C7 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	101
Tabela A.25: Avaliação da viga C8 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	102
Tabela A.26: Avaliação da viga C9 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional. ..	102
Tabela A.27: Avaliação da viga C10 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.	102
Tabela A.28: Avaliação da viga C11 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.	103
Tabela A.29: Avaliação da viga C12 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.	103
Tabela A.30: Avaliação da viga C13 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.	103
Tabela A.31: Avaliação da laje F do espaço Dercy Gonçalves do Teatro Nacional.....	104
Tabela A.32: Avaliação das placas pré-moldadas de concreto do Teatro Nacional.	104
Tabela A.33: Avaliação dos muros de arrimo do Teatro Nacional.....	104
Tabela B.1: Classes de agressividade ambiental (tabela 6.1 – NBR 6118:2003)	107
Tabela B.2: Relação entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c=10$ mm (Tabela 7.2 da NBR-6118/2003)	108
Tabela B.3 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (Tabela 13.3 da NBR-6118/2003)	110
Tabela B.4 – Limites para deslocamentos (Tabela 13.2 da NBR 6118/2003)	114
Tabela B.5 - Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i) (continua)	116
Tabela B.6 – Famílias de elementos estruturais (continua)	118
Tabela B.7 - Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (continua)	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Maquete eletrônica do Teatro Nacional Claudio Santoro (ITS/Brasília)	3
Figura 1.2: Vista aérea de parte do Eixo Monumental (Google Earth).....	3
Figura 2.1: Fases de desempenho de uma estrutura durante sua vida útil. [Adaptada do CEB (1992) e HELENE (1992)]	11
Figura 3.1: Esboço do Plano Piloto de Lúcio Costa (Google Imagens).....	19
Figura 3.2: Palácio da Alvorada (Google Imagens).....	20
Figura 3.3: Palácio do Planalto (Google Imagens)	21
Figura 3.4: Congresso Nacional (Google Imagens).....	22
Figura 3.5: Palácio do Itamaraty (Google Imagens)	23
Figura 3.6: Palácio da Justiça (Google Imagens).....	23
Figura 3.7: Estrutura da Catedral de Brasília (Google Imagens)	25
Figura 3.8: Vista geral da Catedral de Brasília (Google Imagens)	25
Figura 3.9: Corte transversal do ICC (Cedoc-UnB).....	26
Figura 3.10: Montagem das vigas pré-moldadas da cobertura do ICC (Cedoc-UnB)	26
Figura 3.11: Vista aérea do ICC (Google Earth).....	27
Figura 3.12: Estação Rodoviária de Brasília (Google Imagens).....	28
Figura 4.1: Conjunto Cultural da República (Google Earth)	30
Figura 4.2: Corte e localização dos principais espaços do Teatro Nacional (adaptada de VASCONCELOS, 1992)	31
Figura 4.3: Sala Villa-Lobos (SC-GDF)	32
Figura 4.4: Detalhe do Palco da Sala Villa-Lobos	32
Figura 4.5: Sala Martins Pena (SC-GDF)	33
Figura 4.6: Sala Alberto Nepomuceno (SC-GDF).....	33
Figura 4.7: Fôrmas da estrutura e início das obras (ArPDF)	35
Figura 4.8: Execução da obra (ArPDF).....	36
Figura 4.9: Corte transversal da estrutura mostrando as vigas pré- moldadas em “L” e os muros de arrimo (VASCONCELOS, 1992).....	36
Figura 4.10: Vista superior da estrutura principal do Teatro	37
Figura 4.11: Detalhes das vigas que formam a linha “B” do contorno do Teatro.	38
Figura 4.12: Desenho esquemático do funcionamento do guindaste Hyster	38
Figura 4.13: Fachada sul do Teatro formada por placas pré-moldadas (ITS/Brasília)	39
Figura 4.14: Fôrmas e armaduras do Foyer da sala Villa-Lobos (ArPDF)	39

Figura 4.15: Vigas da fachada oeste, Esplanada dos Ministérios ao fundo (ITS/Brasília).....	39
Figura 4.16: Estrutura da fachada oeste, Villa-Lobos (ArPDF).....	40
Figura 4.17: Vigas na fachada leste, entrada da sala Martins Pena (ArPDF)	40
Figura 4.18: Vigas na fachada oeste, foyer da sala Villa-Lobos (ITS/Brasília).....	40
Figura 4.19: Vista geral da obra do Teatro (ITS/Brasília)	41
Figura 4.20: Vista do foyer da Martins Pena (ITS/Brasília)	41
Figura 4.21: Detalhe das vigas inclinadas do foyer da Villa-Lobos (ITS/Brasília)	41
Figura 4.22: Montagem das vigas da fachada oeste (ArPDF).....	43
Figura 4.23: Manchas de corrosão dos blocos da fachada sul (ESTEVEES, 2008).....	44
Figura 4.24: Detalhe de manchas de corrosão das armaduras dos blocos da fachada sul (ESTEVEES, 2008)	44
Figura 4.25: Reforma da fachada norte do Teatro (ESTEVEES, 2008).....	45
Figura 4.26: Detalhe para o sistema de captação de águas pluviais e as mantas de impermeabilização (ESTEVEES, 2008).....	45
Figura 4.27: Andaime desenvolvido especialmente para esta obra (ESTEVEES, 2008).....	46
Figura 4.28: Equipamento para transporte dos novos blocos (ESTEVEES, 2008).....	46
Figura 4.29: Projeto de fôrmas e armações dos novos blocos (HB Engenharia, 2008)	47
Figura 4.30: Aparelho medidor de temperatura e umidade relativa do ar.....	48
Figura 4.31: Realização de um furo no bloco na face lateral	49
Figura 4.32: Detalhes dos furos realizados nos bloco da fachada sul	49
Figura 4.33: Medição da profundidade de carbonatação de um bloco 30 x 90.....	51
Figura 5.1:Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB (adaptada de BOLDO, 2002).....	53
Figura 5.2:Fatores de Intensidade (F_i) para alguns elemento da estrutura do Teatro	57
Figura 5.3: Grau de deterioração das famílias da estrutura principal do Teatro	60
Figura 6.1: Fissuras no encontro da laje com as vigas das fachadas leste e oeste	66
Figura 6.2: Aumento das dimensões de vigas da fachada leste	66
Figura 6.3: Vista geral do modelo da estrutura principal do Teatro Nacional no SAP2000....	67
Figura 6.4: Modelo da estrutura principal do Teatro (SAP2000)	68
Figura 6.5: (a) Viga bi-apoiada (b) Viga bi-engastada.....	71
Figura 6.6: Junta de dilatação da sala Villa-Lobos na parte interna	72
Figura 6.7: Junta de dilatação da sala Villa-Lobos na parte externa (ESTEVEES, 2008)	72
Figura 6.8: Junta de dilatação da sala Martins Pena na parte externa. (ESTEVEES, 2008)	73
Figura 6.9: Temperaturas máximas e mínimas em Brasília, entre 1961 a 1990 (INMET)	74

Figura 6.10: Deslocamentos nas vigas inclinadas em 3D, sem escala (SAP 2000).....	76
Figura 6.11: Deslocamentos nas vigas inclinadas vista em corte, sem escala (SAP 2000)	76
Figura A.1: Esboço do Teatro Nacional feito pelo engenheiro Bruno Contarini.....	105

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações

ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ArPDF	Arquivo Público do Distrito Federal
Cedoc	Centro de Documentação da UnB
D	Grau do dano
E_{ci}	Módulo de elasticidade
E_{cs}	Módulo de elasticidade secante do concreto
ELS	estado limite de serviço
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto
F_i	Fator de intensidade do dano
F_p	Fator de ponderação do dano
F_r	Fator de relevância estrutural
FIP	Federação Internacional de Protensão
G_d	Grau de deterioração da estrutura
G_{de}	Grau de deterioração de um elemento
G_{df}	Grau de deterioração de uma família de elementos
GDE/UnB	Metodologia para a avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto da Universidade de Brasília
ICC	Instituto Central de Ciências
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ITS	Instituto Terceiro Setor
Novacap	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
L	comprimento linear
PECC/UnB	Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília
SC-GDF	Secretaria de Cultura do Governo do Distrito Federal
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UnB	Universidade de Brasília
ΔL	deformação linear do objeto
ΔT	variação de temperatura
α	coeficiente de dilatação térmica linear

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

Prestes a completar 50 anos de inauguração, Brasília é a realização política de um governo, de uma época. A transferência da capital para o centro geográfico do Brasil já era prevista desde 1853 quando o senador Varnhagen apresentou um projeto de lei que apresentava a interiorização da Capital, mas a idéia só foi concretizada no art. 3º da Constituição da República de 1891, onde foi estabelecida legalmente a região que deveria ser instalada a nova Capital.

Decretada como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 1987, pois os monumentos de Brasília significam inovação e arrojo para a engenharia e para a arquitetura brasileira, Brasília é o primeiro núcleo urbano construído no século XX a conseguir este título. Por isso, esse título exige que as edificações que constituem o seu patrimônio tenham um programa de manutenção efetivo que preservem as suas características originais e garantam a sua vida útil. Entretanto, as intervenções que vêm sendo realizadas em suas obras são feitas quando já existe um estado avançado de degradação, o que torna o procedimento mais difícil e mais oneroso. Além disso, como a engenharia brasileira não possui o hábito de registrar a memória de suas obras, na cidade de Brasília não ocorre de maneira diferente, e em muitas de suas edificações importantes já não é possível encontrar os projetos originais ou suas cópias.

Este descaso com a memória da construção de Brasília é ressaltado pelo professor Augusto de Vasconcelos, em seu livro *O Concreto no Brasil* (1992). Ao contrário dos arquitetos que se preocuparam em registrar e documentar, além de preservar a memória da construção de Brasília, como faz a Fundação Oscar Niemeyer, os engenheiros da época não publicaram nada sobre tais realizações.

O Arquivo Público do Distrito Federal - ArPDF, órgão do governo do Distrito Federal que possui o objetivo de preservar documentos e projetos da construção de Brasília, embora não possua todos, possui o devido zelo com tais relíquias e seu quadro é constituído de profissionais capacitados para manuseá-los. No caso do Teatro Nacional, objeto deste

trabalho, tem-se uma exceção à regra, porque além de haver muitos de seus projetos no ArPDF, o próprio Teatro possui cópias dos mesmos na Gerência Técnica Operacional, devidamente arquivados e catalogados.

Para contribuir em sanar a lacuna com relação às deficiências descritas, o Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC/UnB) na Linha de Pesquisa Patologia, Recuperação e Manutenção de Estruturas está desenvolvendo uma série de pesquisas com o objetivo de resgatar o histórico da construção, técnicas construtivas e cálculo estrutural utilizadas na construção de Brasília.

1.2 – MOTIVAÇÃO

A motivação para se realizar um trabalho que envolve aspectos de projeto, construtivos e históricos, sobre a estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro, uma das mais importantes obras de Brasília, é devido ao fato de existir muito pouco publicado, que caracterize a sua concepção, cálculo e execução. Existe um único trabalho técnico sobre a obra do Teatro Nacional, e que se constitui de apenas alguns parágrafos de um capítulo dedicado às obras de Brasília, do livro do professor Augusto Carlos de Vasconcelos (1992).

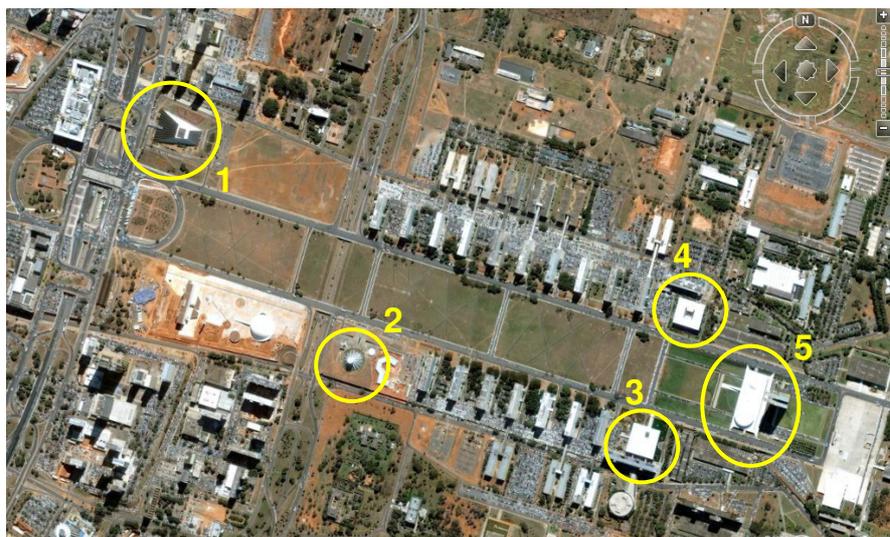
Esta pesquisa dá seqüência a uma série de trabalhos desenvolvidos no PECC/UnB, que foi iniciada com a dissertação de mestrado intitulada “A Estrutura da Catedral de Brasília”, de Diogo Fagundes Pessoa (2002). Soma-se a ela às dissertações de mestrado de Santos Jr. (2004), sobre a Estrutura do Palácio do Itamaraty, Moreira (2007), sobre a Estrutura do Palácio da Justiça, e de Fonseca (2007) sobre a Estrutura do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília.

O Teatro Nacional Claudio Santoro destaca-se por sua forma arquitetônica, pela estrutura simples e coesa, pelos painéis em alto relevo que compõem as fachadas norte e sul do artista plástico Athos Bulcão, pelos painéis de vidros escuros sustentado por vigas que formam as fachadas leste e oeste. O Teatro constitui-se de uma obra semi-enterrada, equivalente a um edifício de aproximadamente 15 andares.



Figura 1.1: Maquete eletrônica do Teatro Nacional Claudio Santoro (ITS/Brasília)

Localiza-se no Setor Cultural Norte (Figura 1.2), compondo o conjunto de obras do Eixo Monumental onde se encontram os principais monumentos arquitetônicos da cidade.



Legenda:

1 - Teatro Nacional Claudio Santoro

2 - Catedral Metropolitana

3 - Palácio do Itamaraty

4 - Palácio da Justiça

5 - Congresso Nacional

Figura 1.2: Vista aérea de parte do Eixo Monumental (Google Earth)

O Teatro Nacional Claudio Santoro, palco dos mais importantes eventos e espetáculos, possui grande importância na história da cidade de Brasília e foi idealizado para ser o núcleo cultural da nova capital federal.

1.3 – OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar as condições atuais da estrutura do Teatro Nacional do ponto de vista de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade.

Nos objetivos específicos, pretende-se:

1. caracterizar a estrutura do monumento, sua história, concepção, projetos estruturais e tecnologia construtiva;
2. quantificar o grau de deterioração da estrutura, por meio da Metodologia GDE/UnB, desenvolvida pelo PECC/UnB e testada em trabalhos anteriores;
3. avaliar o comportamento da estrutura principal frente aos efeitos da variação de temperatura utilizando um programa computacional de análise estrutural de uso corrente (SAP2000 V.10.0.7.);
4. propor estratégias para um programa de manutenção de longo prazo, para garantir e prolongar a vida útil do monumento.

1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em oito capítulos incluindo esta Introdução. Existem cinco Apêndices com informações complementares.

No Capítulo 2 é feita uma análise descritiva sobre inspeção e avaliação de estruturas, enfatizando a importância da conservação do patrimônio histórico, onde se enquadram os monumentos arquitetônicos e urbanísticos de Brasília. Apresentam-se conceitos e metodologias desenvolvidas sobre durabilidade, vida útil e manutenção de estruturas.

No Capítulo 3 tem-se uma revisão da história da concepção urbanística de Brasília e uma descrição sucinta das características estruturais e o histórico dos monumentos arquitetônicos

mais importantes de Brasília, obras de Oscar Niemeyer, e dos monumentos já estudados em dissertações de mestrado anteriores desenvolvidas pelo PECC/UnB.

No Capítulo 4, apresenta-se o Teatro Nacional Claudio Santoro, tema de pesquisa deste trabalho, sua infra-estrutura, o histórico de sua construção, sua estrutura, intervenções realizadas e medições de temperatura, umidade relativa do ar e profundidade de carbonatação no interior de alguns blocos da fachada sul do Teatro.

O Capítulo 5 traz a avaliação da situação física atual da estrutura principal do Teatro. A avaliação do grau de deterioração da estrutura de concreto do Teatro foi realizada de acordo com a Metodologia GDE/UnB (2007).

No Capítulo 6, tem-se a análise estrutural da estrutura principal do Teatro, com ênfase no deslocamentos das vigas inclinadas das fachadas sob o efeito das alta variações de temperatura da cidade de Brasília. Esta análise foi desenvolvida com o programa computacional de análise estrutural SAP 2000 v10.0.7.

Com os resultados obtidos neste trabalho, no Capítulo 7 apresenta-se uma proposta de estratégias para um programa de manutenção para o Teatro, com o objetivo de contribuir para garantia e prolongamento sua vida útil.

No Capítulo 8 têm-se as conclusões obtidas neste trabalho e as sugestões para trabalhos futuros relacionados ao tema de estudo.

O Apêndice A apresenta as tabelas de avaliação dos elementos que compõem a estrutura do Teatro Nacional. Essas tabelas foram desenvolvidas utilizando-se planilhas eletrônicas, seguindo as prescrições da Metodologia GDE/UnB (2007), e traz a quantificação do grau de deterioração da estrutura. Contém uma cópia do esboço feito à mão pelo engenheiro Bruno Contarini especialmente para esclarecer a concepção da estrutura principal do Teatro.

O Apêndice B tem por objetivo conceituar os danos mais freqüentes em estruturas de concreto. O texto foi extraído do Roteiro de Inspeção, parte integrante da Metodologia GDE/UnB, destinada à avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de

concreto, a partir de sua última modificação feita por Fonseca (2007). Apresenta-se também uma planilha para descrição da estrutura.

O Apêndice C traz um questionário elaborado para entrevista de profissionais envolvidos no processo construtivo de uma edificação ou que conheçam a história de sua construção. Desta forma, apresenta-se uma entrevista com a Sra. Asta-Rose Alcaide, ex-diretora do Teatro, que acompanhou indiretamente as diversas fases da construção.

O Apêndice D apresenta os cálculos da flecha total, composta pela flecha inicial e pela flecha diferida no tempo para as vigas inclinadas da fachada do foyer da sala Villa-Lobos.

Os Apêndice E apresenta um breve histórico profissional do engenheiro Bruno Contarini, autor do projeto estrutural de alguns monumentos de Brasília, visto que o mesmo possui autoria e participação em grandes e importantes obras e projetos para a sociedade brasileira.

2 - INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.1 – INTRODUÇÃO

A conservação do patrimônio cultural, histórico e artístico de uma população é uma ferramenta importante para contar a história de um povo e de uma época, mas no Brasil constitui um desafio para a sociedade, pois é possível ver claramente o descaso ou falta de cuidados necessários com o patrimônio cultural; sejam edificações, objetos ou características populares regionais.

Existem, no entanto, pequenas ações para preservação de patrimônio histórico no Brasil de longa data, como afirma Funari (2001): “A preservação dos edifícios de igrejas coloniais poderia ser considerada, no Brasil e no resto da América Latina como o mais antigo manejo patrimonial”, devido ao interesse da Igreja Católica em preservar seu patrimônio, que também pode ser considerado parte da história do Brasil.

Atualmente, a Constituição Federal dispõe no Art. 216, o conceito constitucional para patrimônio cultural brasileiro:

“Art. 216 – Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

I – as formas de expressão;

II – os modos de criar, fazer e viver;

III – as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico – culturais;

V – os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico”.

Para preservar e proteger os bens materiais e imateriais, que possuem valor histórico, cultural, artístico, arquitetônico e ambiental, previsto na Constituição que possua importância para a

população brasileira, é realizado o instituto do *tombamento*, caracterizado pela intervenção do Estado na propriedade e regulamentado pelas normas do Direito Público.

O IPHAN, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, é o responsável pelo tombamento, na esfera federal, representando a União. Na esfera estadual cada estado possui sua Secretaria de Cultura, e, na esfera municipal, o tombamento é realizado se o município dispuser de legislação específica.

O tombamento do patrimônio histórico e cultural também pode ocorrer em nível mundial, realizado pela UNESCO, Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura. Neste caso, o patrimônio receberá o título de Patrimônio Cultural da Humanidade, a exemplo do conjunto urbanístico da cidade de Brasília, título concedido em 1987, e outros casos expostos na tabela 2.1.

Tabela 2.1: Exemplos de monumentos tombados pelo IPHAN

Monumento	Localização	Data do tombamento	Patrimônio	
			Nacional	Mundial
Centro Histórico de Salvador: conjunto arquitetônico, urbanístico, paisagístico e histórico	Salvador (BA)	IPHAN: Julho, 1984	x	x
		UNESCO: Dezembro, 1985		
Pirenópolis: conjunto arquitetônico, urbanístico, paisagístico e histórico	Pirenópolis (GO)	IPHAN: Janeiro, 1990	x	
Ouro Preto: conjunto arquitetônico e urbanístico	Ouro Preto (MG)	IPHAN: Abril, 1938	x	x
		UNESCO: Setembro, 1980		
Estádio Maracanã	Rio de Janeiro (RJ)	IPHAN: Dezembro, 2000	x	
Ver-o-Peso: conjunto arquitetônico e paisagístico	Belém (PA)	IPHAN: Novembro, 1977	x	
Catedral Metropolitana de Brasília	Brasília (DF)	IPHAN: Junho, 1967	x	

As atividades de manutenção das edificações são de grande importância na preservação do patrimônio brasileiro, visto que contribuem decisivamente com a preservação da história brasileira, contada através de monumentos arquitetônicos.

2.2 – ASPECTOS GERAIS SOBRE DURABILIDADE, VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Grande parte das obras construídas no Brasil e no mundo utilizam o concreto em suas estruturas. Especialmente no Brasil, desde a vigência das primeiras normas, “NB 1/1960 – Cálculo e execução de obras de concreto armado” e a sua sucessora “NB 1/1978 – Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento”, as estruturas eram projetadas para satisfazer às exigências de segurança e estabilidade a que estavam submetidas, porque se acreditava que o concreto era um material indestrutível, ou seja, acreditava-se que o concreto mantinha suas propriedades físicas, químicas e mecânicas inalteráveis ao longo do tempo. Assim, os projetos não consideravam aspectos gerais de durabilidade e de vida útil das estruturas.

O ritmo crescente da construção civil, no entanto, ditou a necessidade de inovações de materiais, de evolução de processos construtivos e de técnicas de análise numérica e, conseqüentemente, trouxe o aumento do conhecimento tecnológico sobre as estruturas e materiais.

Enquanto isso, muitos autores no Brasil e no mundo, têm publicado vários trabalhos a respeito de manutenção e recuperação de estruturas de concreto enfatizando aspectos de durabilidade e vida útil das estruturas de concreto.

Como exemplo, Souza e Ripper (1998) definem durabilidade como “o parâmetro que relaciona a aplicação das características de deterioração do material concreto a uma determinada construção, individualizando-a pela avaliação da resposta que dará aos efeitos da agressividade ambiental, e definindo, então, a vida útil da mesma”.

Apesar disto, têm-se constatado que as estruturas brasileiras vêm apresentando precocemente um alto grau de deterioração em suas estruturas, e em março de 2003, passou a vigorar a nova norma de concreto envolvendo parâmetros de durabilidade, vida útil e desempenho de estruturas: “NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, aplicando-se às estruturas de concreto em geral; concreto simples, armado e protendido.

O conceito de durabilidade prescrito na NBR 6118:2003 é “a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. Em seguida, no item 6 desta norma, estão definidas as *Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto*.

A durabilidade, no entanto, não é função somente das condições específicas definidas no projeto, mas depende de outros parâmetros tais como: agressividade ambiental a que a estrutura está inserida, execução correta, especificação de materiais, projeto, sistema construtivo, etc.

Associado ao conceito de durabilidade encontra-se o conceito de *vida útil* que depende do fator tempo e das influências ambientais, e aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. “Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e de manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais” (NBR 6118:2003).

Acrescenta-se o conceito de *desempenho em serviço*, que segundo esta mesma norma, consiste na “capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada”.

Estes conceitos estão diretamente ligados ao conceito de patologia das construções porque com o passar dos anos, as estruturas de concreto envelhecem e apresentam danos que estão relacionados com queda de desempenho das estruturas, perda de durabilidade, e, conseqüentemente, redução de sua vida útil.

Para recuperar a estrutura é importante conhecer o mecanismo de cada dano, suas origens e conseqüências, para que sejam feitas as intervenções necessárias e corretas, e para alcançar o desempenho satisfatório da estrutura ao longo do tempo, é necessário realizar uma série de atividades rotineiras que tem por finalidade garantir a vida útil da estrutura, denominadas de manutenção (SOUZA e RIPPER, 1998), como mostra a figura 2.1.

2.3 – MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS

As edificações são compostas de materiais que, expostos às condições ambientais e de serviço, envelhecem e deterioram com o passar dos anos, mas podem ser restauradas para que recuperem os níveis de desempenho desejáveis.

A simples correção dos problemas patológicos não configura uma estratégia de manutenção, pois muitos defeitos podem ser evitados ou poderiam ter seus efeitos minimizados se o tratamento fosse efetuado de forma preventiva (ZIEGLER e CARMO, 2003).

Assim, a manutenção de estruturas pode ser entendida como o conjunto de atividades periódicas necessárias a serem realizadas pelo usuário, que possibilitem manter o desempenho requerido dos componentes e dos materiais durante a vida útil da estrutura.

O texto da NBR 6118:2003 contempla aspectos de durabilidade e manutenção de estruturas em concreto, descrito anteriormente no Capítulo 2, mas cabe ao projetista ser cauteloso para evitar a ocorrência de problemas patológicos que possam colocar em risco a vida útil da estrutura. Para isso, o texto engloba questões relacionadas à qualidade no concreto de cobrimento, formas arquitetônicas, drenagem, detalhamento das armaduras, etc.

As atividades de manutenção constituem-se de um elemento muito importante para garantir a vida útil da estrutura, já comprovada em diversos trabalhos anteriores, pois a ocorrência de eventuais problemas estruturais tornam os gastos cada vez mais onerosos à medida que se aumenta o intervalo entre as inspeções, como afirma a lei de evolução dos custos, de Sitter.

As atividades de manutenção compreendem uma série de atividades técnicas a serem desempenhadas em etapas distintas:

- *Manutenção preventiva*: conjunto de atividades técnicas que buscam prevenir a ocorrência de falhas e danos, programadas com antecedência e em intervalos de tempo regulares. Estas atividades serão baseadas no diagnóstico apropriado decorrente de inspeções periódicas;

- *Manutenção corretiva*: compreendem as atividades técnicas que são realizadas a partir do diagnóstico do problema, que causem mau desempenho ou afetem a funcionalidade da edificação. Tais atividades podem ser para recuperação, reforço ou substituir parte da estrutura.

2.4 - ASPECTOS GERAIS SOBRE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

A avaliação estrutural permite conhecer a situação atual da estrutura, sua capacidade estrutural, e a integridade do conjunto ou das partes.

Para isso é realizada uma série de verificações para análise e diagnóstico das condições da estrutura perante aos estados limites últimos adequados. Tais atividades não são padronizadas e definidas, porque não existe um procedimento único que traga a resposta imediata para a avaliação estrutural desejada.

Devido às particularidades que cada estrutura possui, para se obter uma avaliação estrutural coerente é prática comum adotar alguns procedimentos, a serem seguidos que consistem em:

- obtenção de dados qualitativos: consiste na fase de investigação;
- obtenção de dados quantitativos: consiste em fazer uma análise do desempenho estrutural.

Os dados qualitativos da estrutura são obtidos por meio da investigação da estrutura, que é caracterizada por ser uma abordagem interdisciplinar que tem por objetivo colher dados históricos, informações sobre sua concepção e informações atuais sobre a estrutura.

Primeiramente, é realizada uma pesquisa histórica sobre a vida da estrutura com a identificação de todos os tipos de intervenções já ocorridos na mesma. Para isso é necessário buscar documentos tais como, memoriais de cálculo, projetos estruturais, relatório de sondagens, diários de obras, fotografias, relatórios de inspeções anteriores, etc., qualquer documento que esclareça de forma confiável a história da estrutura.

Em seguida, inspeções técnicas devem ser realizadas porque são de extrema importância para observação direta da situação atual da estrutura, para definir qual será a metodologia apropriada para as demais investigações a serem realizadas.

As inspeções têm por objetivo identificar os danos e a deterioração da estrutura, definir se existe risco estrutural imediato e as medidas urgentes a serem adotadas se for necessário, caracterizar a agressividade ambiental em que a estrutura está inserida e definir se os fenômenos estão estabilizados.

Para tal é de uso corrente fazer um registro fotográfico e levantamento de dados geométricos para identificar os problemas patológicos nos elementos estruturais. É interessante mapear os danos para verificar sua frequência de ocorrência de acordo com sua localização.

A Federação Internacional de Protensão (FIP, 1988) estabelece uma metodologia direcionada à inspeção de estruturas de concreto armado e protendido. Esta metodologia determina os intervalos de tempo para as inspeções que é função das categorias de inspeção e da combinação da classe da estrutura com os tipos de condições ambientais e de carregamento, (Tabela 2.2).

a) Classes de estruturas:

Classe 1 – onde a ocorrência de ruptura pode ter conseqüências catastróficas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de vital importância para a comunidade;

Classe 2 – onde a ocorrência de ruptura pode custar vidas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de considerável importância;

Classe 3 – onde é improvável que a ocorrência de uma ruptura leva a conseqüências fatais e/ou onde um período com a estrutura fora de serviço possa ser tolerado.

b) Categorias de inspeção:

Rotineira: realizada em intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas conjuntamente por técnicos responsáveis pelos projetos e pela manutenção;

Extensiva: realizada em intervalos regulares, alternadamente com as rotineiras, com o objetivo de investigar mais minuciosamente os elementos e as características dos materiais componentes da estrutura.

c) Tipos de condições ambientais e de carregamento:

Muito severa: o ambiente é agressivo com carregamento cíclico com possibilidade de fadiga;

Severa: o ambiente é agressivo com carregamento estático ou o ambiente é normal com carregamento cíclico com possibilidade de fadiga;

Normal: o ambiente é normal com carregamento estático.

Tabela 2.2: Indicação de intervalos de tempos, em anos (FIP,1988)

Classes de estruturas						
Condições ambientais e de carregamento	1		2		3	
	Inspeção rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção Extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção Extensiva
Muito Severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	-
Normal	10*	10	10*	-	**	**

* Intercalada entre inspeções extensivas

** Apenas inspeções superficiais

Este trabalho utilizará a Metodologia GDE/UnB, a ser detalhada no Capítulo 5 para a realização das inspeções na estrutura do Teatro Nacional e para determinação do Grau de deterioração da mesma.

Se os resultados das inspeções forem insuficientes ou, até mesmo inconsistentes, recomenda-se realizar ensaios e/ou testes de laboratórios específicos para esclarecer as dúvidas. Os ensaios devem ser especificados de acordo com os fenômenos identificados na estrutura que possam afetar o seu desempenho.

A ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (2005), separa os ensaios em duas categorias:

- *Estrutural*: Perda de seção da armadura por corrosão, resistência à compressão e tração de testemunhos extraídos do concreto e de amostras de aço, dureza superficial do concreto, etc.;

- *Durabilidade*: Profundidade de carbonatação do concreto, medida da espessura da camada do concreto de cobertura, taxa de corrosão do aço, etc.

A obtenção dos dados quantitativos pode ser feita por meio de uma análise do desempenho estrutural, onde é feito um modelo estrutural que deve se aproximar ao máximo possível da estrutura real, levando-se em consideração parâmetros como a heterogeneidade do material concreto armado (concreto + aço), seu comportamento não linear, fluência, rigidez das ligações, etc. Também pode ser realizadas provas de cargas para a obtenção dos dados quantitativos.

É importante ressaltar que as propriedades básicas, resistência à compressão e módulo de elasticidade, do concreto podem ser modificadas com o tempo devido ao mecanismo de envelhecimento das estruturas.

De acordo com a NBR 6118:2003 deve ser considerada na análise estrutural a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura, considerando-se os Estados Limites Últimos e de Serviço.

Após a realização da avaliação estrutural, deve-se elaborar o diagnóstico que consiste na etapa final do trabalho. Por meio deste documento busca-se identificar as causas dos danos e deterioração encontrados na análise e os mecanismos de deterioração instalados na estrutura, embora seja uma tarefa de grande dificuldade, mas possui suma importância para tomada correta das intervenções.

Cabe ressaltar que a metodologia de avaliação de estruturas permite elaborar apenas um diagnóstico mais provável a respeito dos problemas patológicos instalados na mesma, uma vez que toda análise está submetida a erros. Por isso, é passível de correções e existem muitas incertezas atribuídas aos dados obtidos na pesquisa e a dificuldade de representar de forma real os fenômenos instalados na estrutura de forma precisa.

Este documento deve conter a avaliação da segurança determinando a real necessidade das intervenções. A experiência de um profissional envolvido é importante para a tomada correta de decisões baseado no diagnóstico e não deve se basear somente em cálculos feitos, mas deve considerar as informações obtidas em outras abordagens e a experiência descrita na literatura de casos semelhantes.

3 - BRASÍLIA: PROJETO URBANÍSTICO E SEUS PRINCIPAIS MONUMENTOS

3.1 - INTRODUÇÃO

Atendendo aos anseios políticos do candidato à presidência da república, Juscelino Kubitschek, a transferência da capital federal para o planalto goiano deixou de ser apenas uma meta estabelecida no 51º tópico de sua plataforma eleitoral para tornar-se fato. Após eleger-se em 1956, Juscelino deu início a realização deste grande empreendimento: a construção da nova capital federal, já denominada de Brasília. O primeiro passo foi a elaboração de um projeto de lei dispendo sobre a mudança da sede do governo brasileiro e criando a Companhia Urbanizadora da Nova Capital, a NOVACAP, empresa responsável pela construção de Brasília.

Como Brasília foi projetada para ser o centro das decisões políticas e administrativas do Brasil, os seus idealizadores também desejavam que se tornasse um grande centro cultural no país.

3.2 – O PROJETO URBANÍSTICO DE BRASÍLIA

O projeto urbanístico apresentado pelo arquiteto e urbanista Lúcio Costa foi o vencedor do *Concurso Nacional do Plano Piloto da Nova Capital do Brasil* em 1956, embora ele não tenha participado formalmente como candidato.

Lúcio Costa enviou suas idéias na forma de alguns esboços e um memorial para a banca examinadora na condição de consultor e foram aceitas; “Não pretendia competir e, na verdade, não concorro – apenas me desvencilho de uma solução possível, que não foi procurada, mas surgiu, por assim dizer, já pronta”.

Seu projeto constitui-se de traços simples, diferente de tudo que se conhecia sobre urbanismo até então. Brasília toma a forma de um avião, com suas asas, Asa Norte e Asa Sul, cruzando o Eixo Monumental, onde se situa a Esplanada dos Ministérios, sede administrativa e política do governo brasileiro, e os mais importantes monumentos de Brasília (Figura 3.1).

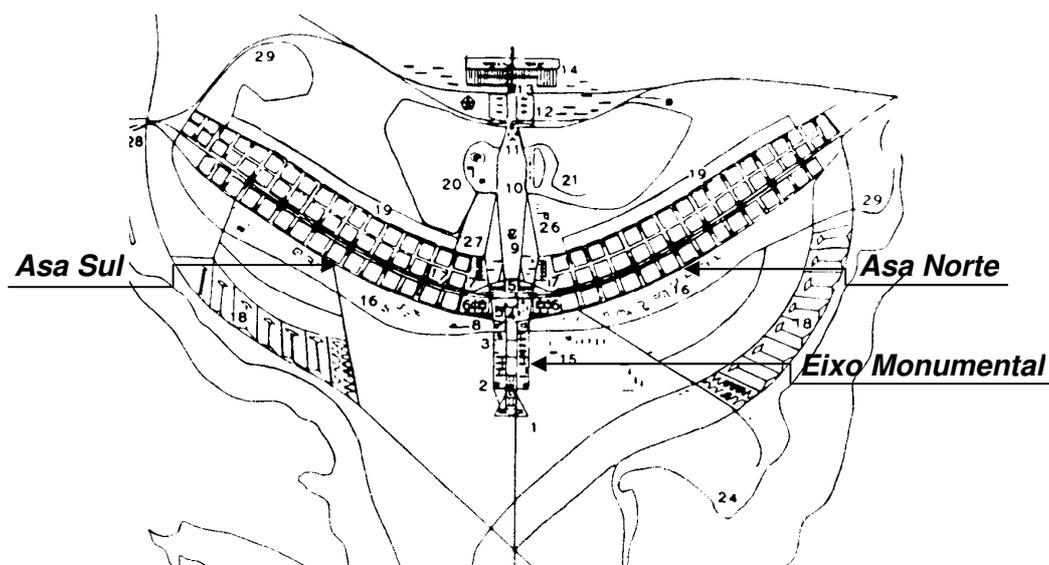


Figura 3.1: Esboço do Plano Piloto de Lúcio Costa (Google Imagens)

3.3 – PRINCIPAIS MONUMENTOS DE BRASÍLIA

O arquiteto Oscar Niemeyer é o autor dos principais monumentos da cidade, tais como, o Palácio da Alvorada, o Congresso Nacional, o Supremo Tribunal Federal, o Panteão da Pátria, o Palácio do Planalto, o Palácio do Itamaraty, as sedes dos Ministérios, a Catedral Metropolitana de Brasília e o Teatro Nacional Claudio Santoro.

Niemeyer fez uso do concreto armado, juntamente com o concreto protendido e estruturas metálicas, para dar a forma plástica e funcionalidade desejada às suas edificações. O papel do engenheiro estrutural foi de grande importância, pois os espaços desejados eram amplos e flexíveis, de forma que a estrutura passou a caracterizar a sua própria arquitetura.

As primeiras obras da cidade foram concluídas três anos e dez meses após o seu início em 1957, no dia 21 de abril de 1960 para a inauguração de Brasília e transferência da capital federal. Assim, na data de sua inauguração, Brasília não possuía todas as suas obras finalizadas e outras nem haviam sido iniciadas, como a obra do Teatro Nacional.

A seguir é feita uma descrição sucinta de algumas características estruturais dos monumentos de Brasília que representaram novidade e arrojo para a época para a engenharia estrutural brasileira.

3.3.1 - Palácio da Alvorada

Residência oficial do chefe de estado brasileiro, inaugurado pelo presidente Juscelino Kubitschek, com área de 13.400 m² de edificação, foi construído em 15 meses sob responsabilidade do engenheiro Darcy de Amora Pinto e cálculos do engenheiro Joaquim Cardozo. Projeto arquitetônico de Oscar Niemeyer, suas características técnicas e plásticas sempre foram temas de grande repercussão. Ele projetou uma estrutura diferente do que aparenta. As colunas da fachada frontal possuem uma “leveza arquitetural” dando a sensação de estarem pousadas sobre o solo. Estas colunas (Figura 3.2) possuem pilares internos recuados fora do plano da fachada que recebem a maior parcela de cargas provenientes da laje de cobertura e do piso avarandado.



Figura 3.2: Palácio da Alvorada (Google Imagens)

3.3.2 - Palácio do Planalto

Sede do Poder Executivo Federal, inaugurado no dia 21 de abril de 1960 simbolizando a transferência da Capital Federal para o interior do país. Oscar Niemeyer também procurou dar leveza ao edifício, aparentemente solto ou apenas tocando o solo. Os pilares externos possuem uma aresta retilínea e curvas superiores e inferiores, parabolóides, na parte externa. Possuem espaçamento de 12,5 m com exceção da região da chegada da rampa que possui um espaçamento de 37,5 m. De acordo com Vasconcelos (1992) as cargas nestes pilares recebem a reação da laje de cobertura e mais o peso próprio. Entretanto, as seções destes pilares no topo e na base, são tão reduzidas que o engenheiro Joaquim Cardozo, responsável pelo cálculo estrutural, dimensionou tais peças para que somente o aço resistisse às solicitações. O

concreto envolvente tem apenas a função de proteger e garantir a posição das armaduras. A laje de cobertura é uma laje nervurada em caixão perdido e possui sua espessura variando em direção à borda. A construção do palácio foi realizada pela Construtora Pacheco Fernandes Dantas S/A, sob responsabilidade do engenheiro Fausto A. F. Favale.



Figura 3.3: Palácio do Planalto (Google Imagens)

3.3.3 - Congresso Nacional

Compõe a Praça dos Três Poderes, ao lado do Supremo Tribunal Federal e do Palácio do Planalto. Abriga a Câmara dos Deputados e o Senado Federal. Esta edificação ponto de referência na Esplanada dos Ministérios, é obra de Oscar Niemeyer, e ele quis dar ao edifício um caráter monumental. Joaquim Cardozo foi o responsável pelos cálculos estruturais. As obras foram iniciadas com os serviços de fundações em outubro de 1957 pela empresa Estacas Franki e foi construída pela Companhia Construtora Nacional.

A cúpula invertida da Câmara dos Deputados é um sistema estrutural de anéis de aço, com uso de vergalhões embutidos no concreto, recebendo uma casca de cobertura que recebe o forro horizontal em forma de coroa de círculo. O empuxo elevado gerado por essa cobertura é resistido pelos anéis de aço, característica fundamental do projeto dessa cúpula invertida (VASCONCELOS, 1992). Esta cúpula possui 60 m de diâmetro.



Figura 3.4: Congresso Nacional (Google Imagens)

A cúpula do Senado Federal voltada para baixo, é uma laje em concreto armado com 40 m de diâmetro. As torres do edifício em anexo possuem 28 andares em estrutura metálica e lajes de concreto armado.

3.3.4 - Palácio do Itamaraty

Trata-se de um projeto arquitetônico de Oscar Niemeyer e cálculos de Joaquim Cardozo, com a participação do arquiteto Milton Ramos e sua equipe, responsável pela execução. As obras foram executadas pela Construtora Paineiras, iniciadas em 1963 e finalizadas em 1970. As fundações foram executadas pela empresa Estacas Franki (SANTOS Jr., 2004). A estrutura do palácio, toda em concreto armado aparente foi inaugurada em 1966. Possui 15 linhas de pilares na sua fachada principal, com vão entre pilares de 6 m e suas vigas em concreto armado possuem alturas fixadas pela arquitetura de 1,2 m e vão livres de 36 e 30 m. O edifício não possui juntas de dilatação.

Este palácio foi tema de estudo da dissertação de Santos Jr. (2004), nesta mesma linha de pesquisa do Programa de Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC/UnB). O autor avaliou a estrutura com auxílio do programa computacional SAP2000 e encontrou valores de reações verticais nas fundações muito próximos ao descrito no projeto original por Joaquim Cardozo.



Figura 3.5: Palácio do Itamaraty (Google Imagens)

3.3.5 - Palácio da Justiça

Primeira sede própria deste ministério da República, foi projetado por Oscar Niemeyer e o projeto estrutural realizado pelo Escritório Técnico Arthur Luiz Pitta (Etalp). A construção do palácio iniciou-se em 1963 com a realização da sondagem de caracterização do solo. Em 1964 foi montado o canteiro de obras e, em 1965 houve a escavação e remoção da terra do subsolo e execução das fundações. Entre os anos de 1966 a 1969 ocorreu a execução da estrutura em concreto armado pela construtora Civilsan – Engenharia Civil e Sanitária S/A.

O núcleo do palácio é constituído por lajes nervuradas, vigas e vigas-faixa em concreto armado. Somente os banheiros possuem lajes planas convencionais executadas com rebaixo em relação ao nível do pavimento.



Figura 3.6: Palácio da Justiça (Google Imagens)

Este palácio foi tema de pesquisa da dissertação de Moreira (2007), onde ele avaliou as condições da estrutura do ponto de vista de segurança, funcionalidade, durabilidade e estética. Este autor caracterizou a história da engenharia estrutural do palácio, avaliou a situação física segundo a Metodologia GDE/UnB e obteve o grau de deterioração da estrutura como “*crítico*”. Em função disso, o autor propôs uma estratégia para a implantação de um programa de manutenção visando atingir níveis aceitáveis de desempenho da estrutura.

Baseado nos projetos originais, Moreira (2007) realizou uma análise da estrutura do palácio com o auxílio de um programa computacional CAD/TQS. Os resultados atestam a boa qualidade do projeto original, uma vez que os valores dos deslocamentos admitidos e os valores dos deslocamentos calculados utilizando a ferramenta computacional estão compatíveis.

3.3.6 - A Catedral Metropolitana de Brasília

Esta obra possui arquitetura definida por Oscar Niemeyer e cálculo estrutural de Joaquim Cardozo. Teve sua construção em duas fases: fase inicial de 1959 a 1960 onde foi construída a estrutura da nave da Catedral; e a fase final de 1969 a 1970 onde foram construídas as estruturas do espelho d’água e o Batistério (Pessoa, 2002 apud Fundação O. Niemeyer, 2001). A Catedral foi tema de pesquisa da dissertação de Pessoa (2002) no PECC/UnB, na qual se caracterizou a estrutura do monumento, sua história e sua concepção.

Pessoa (2002) realizou uma avaliação da situação física da Catedral na época e avaliou seu comportamento estrutural. A cobertura da nave principal é composta por uma estrutura auto-equilibrada, composta por 16 pilares dispostos circunferencialmente em relação à planta, por dois anéis de concreto armado, sendo que o anel da parte inferior ao nível do piso, absorve os esforços de tração e funciona como um tirante, reduzindo as cargas nas fundações que recebem apenas esforços verticais. O anel superior absorve os esforços de compressão e está aproximadamente a 10 m de altura em relação ao topo dos pilares. Pessoa (2002) também analisou o comportamento da estrutura utilizando modelos estruturais por meio de programas computacionais, o SAP2000 e o ANSYS, e os resultados mostraram que o modelo se comportava da forma semelhante ao projeto original de Joaquim Cardozo.



Figura 3.7: Estrutura da Catedral de Brasília (Google Imagens)



Figura 3.8: Vista geral da Catedral de Brasília (Google Imagens)

3.3.7 – Instituto Central de Ciências – ICC

Projetado por Oscar Niemeyer esse edifício foi construído no período entre 1962 a 1975 pela Construtora Rabello S.A., sob responsabilidade do engenheiro Murilo S. Andrade. Sérgio Marques de Souza é o autor do projeto estrutural, que contou com a participação do engenheiro Bruno Contarini. O ICC situa-se sobre solo argiloso com pequena capacidade de suporte, onde foi retirada parte do solo para a execução do subsolo e a adoção de uma camada de cascalho de campo para melhorar sua capacidade resistente, que recebeu as fundações diretas (sapatas). O cascalho funcionou como um radier que transferiu para o solo a mesma

tensão antes retirada do solo primitivo, obtendo recalques na ordem 1 mm (VASCONCELOS, 1992).

Mais conhecido por “Minhocão” o ICC é formado por dois blocos com 720 m de extensão separados por jardins e são simétricos em relação a eixo central. É o prédio principal da Universidade de Brasília, pois abriga a maioria dos departamentos, faculdades, laboratórios e anfiteatros. Os blocos possuem subsolo, térreo e sobreloja e se desenvolvem com dois trechos retilíneos que foi chamado de ala dos auditórios e ala dos laboratórios.

O ICC é considerado um monumento de Brasília porque sua construção foi um grande laboratório de experimentação tecnológica de pré-moldado. Sua estrutura é composta por elementos pré-moldados, com 4 linhas de pilares retangulares de seção 0,20 m x 1,50 m, com aproximadamente 10 m de altura e 3 m de espaçamento ao longo do edifício. Suas vigas são isostáticas em concreto protendido em seção “T” (FONSECA, 2007).

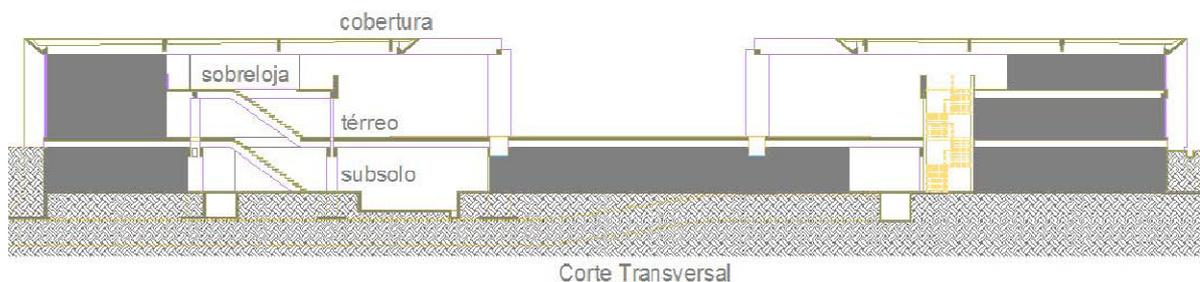


Figura 3.9: Corte transversal do ICC (Cedoc-UnB)



Figura 3.10: Montagem das vigas pré-moldadas da cobertura do ICC (Cedoc-UnB)

O ICC foi estudado por Fonseca (2007), como tema de pesquisa de sua Dissertação de Mestrado, que resgatou parcialmente a história do projeto estrutural do edifício. Ele avaliou a situação física do edifício baseado na Metodologia GDE/UnB e encontrou o resultado “*sofrível*” determinando um prazo de seis meses para realização das intervenções propostas em seu trabalho visando garantir a funcionalidade da edificação.

Foi elaborado um modelo estrutural da estrutura de cobertura para análise no programa computacional SAP2000 para verificar a influência das variações de temperatura em razão dos comprimentos das vigas e seus apoios. Os resultados mostram deslocamentos significativos provocados pelas platibandas que compõem as fachadas. Baseado nos deslocamentos e reações de apoio, Fonseca (2007) dimensionou novos aparelhos de apoio de neoprene para as ligações viga-pilar, que podem contribuir para corrigir os problemas dos deslocamentos citados.



Figura 3.11: Vista aérea do ICC (Google Earth)

Dentre as obras mais importantes de Brasília, destaca-se a Estação Rodoviária de Brasília, por se tratar de uma obra importante para a história da engenharia brasileira, e encontra-se em fase de estudos nesta mesma linha de pesquisa do PECC/UnB. A seguir, é apresentado um resumo das suas principais características construtivas.

3.3.8 – Estação Rodoviária de Brasília

A Estação Rodoviária de Brasília está localizada no centro da capital federal, no cruzamento entre o Eixo Rodoviário e o Eixo Monumental. O projeto estrutural foi elaborado pelo engenheiro Bruno Contarini. Sua construção foi iniciada em 1958, e a data de inauguração foi em 12 de setembro de 1960. Primeiramente, a estrutura foi construída para funcionar como terminal interestadual e urbano, porém em 1980, passou a funcionar somente como estação urbana, atendendo apenas às cidades de Brasília e da região do entorno do Distrito Federal.

Todo vigamento da estrutura é de concreto protendido. A estrutura principal da estação é constituída pela plataforma superior, que fica a 9 m do solo e possui, em planta, a forma da letra “H”. Cada perna do “H” no sentido norte sul, possui 265 m de comprimento por 45,54 m de largura. A parte central desse “grande “H” , possui 39,72 m de largura por 78,85 m de comprimento, no sentido leste oeste.

Abaixo da parte central existe um mezanino a 4,50 m do solo, onde existem lojas comerciais e outros estabelecimentos. A plataforma do mezanino é composta de 266 vigas longitudinais, com comprimento aproximado de 30 m, apoiadas em vigas com o formato de “T” invertido no sentido transversal, sustentadas cada uma por 3 pilares em concreto armado. Entre as vigas longitudinais existem lajes superiores que foram moldadas *in loco* e, lajes inferiores pré-moldadas, formando um espaço fechado denominado de galeria.



Figura 3.12: Estação Rodoviária de Brasília (Google Imagens)

Além da estrutura da plataforma superior, existe a plataforma inferior onde os ônibus estacionam para o embarque e desembarque dos passageiros. Abaixo desta plataforma, existe um túnel, popularmente conhecido como *Buraco do Tatu*, para a passagem de veículos de passeio na direção norte-sul. Cerca de 600 mil pessoas circulam diariamente por esta estação.

A estação rodoviária já recebeu intervenções para recuperar o desempenho da estrutura de partes da estrutura. Estes trabalhos foram desenvolvidos pela equipe técnica da Linha de Pesquisa sobre Patologia, Recuperação e Manutenção de Estruturas do PECC/UnB.

Atualmente, a Estação Rodoviária é tema de uma Dissertação de Mestrado em desenvolvimento pelo engenheiro Rodrigo Portal de Matos, dentro da supracitada Linha de Pesquisa do PECC/UnB, e tem por objetivos principais estudar a estrutura da plataforma superior da Estação Rodoviária de Brasília, mostrar as intervenções já realizadas e fazer uma avaliação pós-reparo destas intervenções.

4 – O TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO

4.1 – INTRODUÇÃO

Localizado no Setor Cultural Norte, no Eixo Monumental, situa-se ao lado da Estação Rodoviária de Brasília com uma das frentes voltadas para o Setor de Diversões Norte e a outra para a Esplanada dos Ministérios (Figura 4.1).

Palco de grandes eventos e espetáculos, o Teatro faz parte do Conjunto Cultural da República, projetado por Oscar Niemeyer, do qual também pertencem a Biblioteca Nacional e o Museu da República no Setor Cultural Sul. Atualmente só o Teatro Nacional existe no Setor Cultural Norte, mas no projeto original inclui ainda o Centro Musical, o Conjunto Multiplex de Cinemas e Lojas e um Cinema 180°.

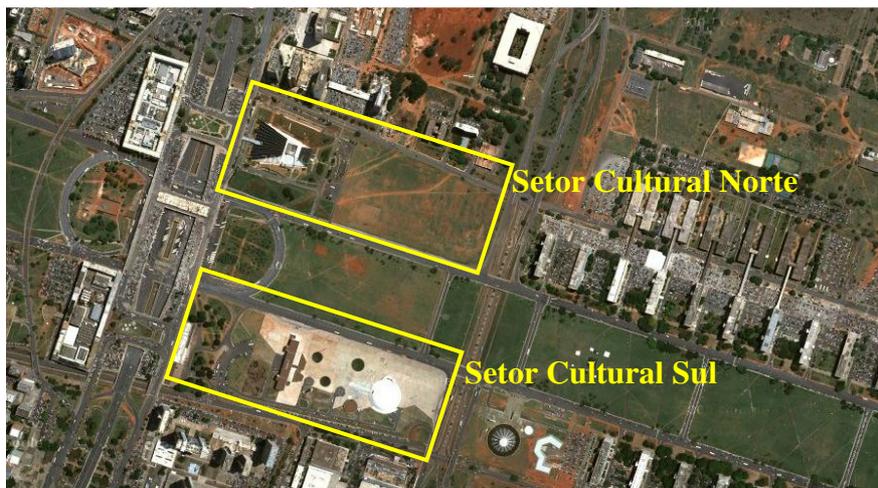


Figura 4.1: Conjunto Cultural da República (Google Earth)

Anteriormente conhecido como “*Teatro Nacional de Brasília*”, em 1989 recebeu o seu novo nome oficial: *Teatro Nacional Claudio Santoro*, promulgado na Lei nº 37 no Diário Oficial do Distrito Federal, em homenagem ao maestro criador e regente da Orquestra Sinfônica do Teatro Nacional durante muitos anos.

4.2 – INFRA-ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO

O Teatro Nacional possui três salas de espetáculos, denominadas salas Villa-Lobos, Martins Pena e Alberto Nepomuceno. Possui a galeria Athos Bulcão, o Foyer da sala Villa-Lobos, o Mezanino da sala Villa-Lobos, o Foyer da sala Martins Pena e o Espaço Cultural Dercy Gonçalves (Figura 4.2).

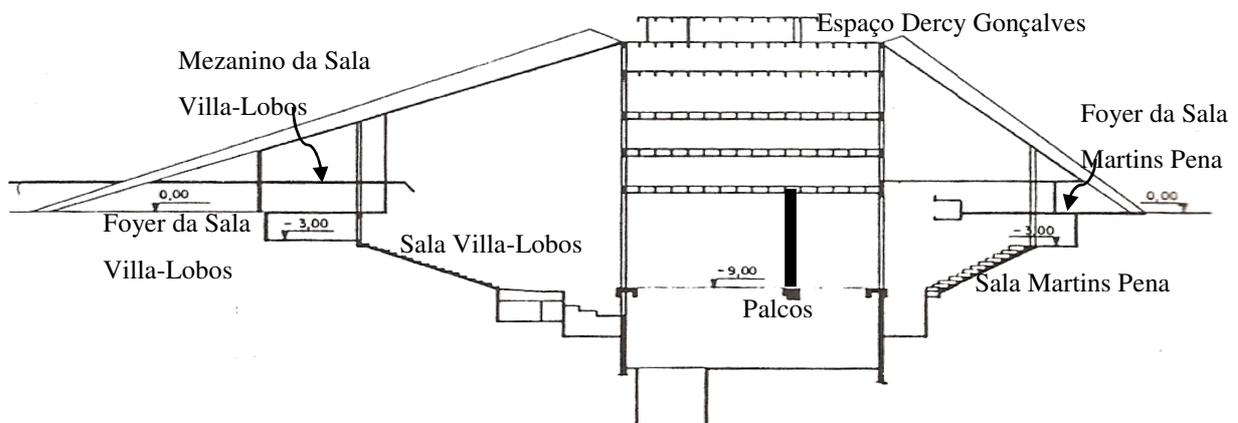


Figura 4.2: Corte e localização dos principais espaços do Teatro Nacional (adaptada de VASCONCELOS, 1992)

A seguir é feita uma descrição sucinta da infra-estrutura do Teatro Nacional, obtidas por meio da página na internet da Secretaria de Cultural do Governo do Distrito Federal. (www.sc.df.gov.br/paginas/tncs/tncs.htm).

Sala Villa-Lobos: É a maior sala com 1307 poltronas enumeradas, em 5 setores, um gabinete presidencial para 15 espectadores, um palco em piso fixo de tábua corrida com quarteladas de 450 m² e profundidade de 25 m, largura mínima de 12,80 m e máxima de 16 m, com elevador de palco, incluindo as coxias com 8 m de profundidade, 17 camarins, sendo 6 coletivos com capacidade para 60 pessoas, (Figura 4.3). Temperatura média de 25 °C. Inaugurada em 1979 com o primeiro concerto da Orquestra Sinfônica do Teatro Nacional regida por Cláudio Santoro. Com seu falecimento em 1989, o Teatro foi renomeado em sua homenagem. Possui foyer para exposições e eventos.



Figura 4.3: Sala Villa-Lobos (SC-GDF)



Figura 4.4: Detalhe do Palco da Sala Villa-Lobos

Sala Martins Pena: foi a primeira sala a receber o público. Tem a entrada pela fachada leste do Teatro, voltada para a Esplanada dos Ministérios com capacidade para 437 espectadores com poltronas numeradas, um palco italiano de 235 m² em piso de tábua corrida e profundidade de 7,5 m, largura mínima de 8,4 m e máxima de 14 m, um elevador de palco, dez camarins individuais e três coletivos (Figura 4.5). A altura mínima da boca de cena é de 6 m e máxima de 9 m, com reguladores horizontais e verticais. Possui foyer para exposições.



Figura 4.5: Sala Martins Pena (SC-GDF)

Sala Alberto Nepomuceno: é a menor sala e foi construída a partir de um pequeno vão que sobrou do projeto inicial. Possui 95 poltronas enumeradas, um palco fixo de 12 m em tábua corrida, profundidade de 2,3 m e comprimento de 5,5 m com trilho eletrificado e capacidade para seis spots. Seu acesso se dá pelo foyer da sala Villa-Lobos (Figura 4.6).



Figura 4.6: Sala Alberto Nepomuceno (SC-GDF)

Galberia Athos Bulcão: situada na entrada do Anexo do Teatro Nacional. Área de 600 m². Pé direito de 4,6 m e outro de 2,6 m.

Foyer da sala Villa-Lobos: tem uma área de 514 m² na ala sul, 200 m² na ala norte e mais 120 m² em frente a sala Alberto Nepomuceno. Destaca-se pelo jardim concebido por Burle Marx, as esculturas de Ceschiatti e de Mariane Perreti. Abriga a bilheteria em mesa de concreto armado.

Mezanino da sala Villa-Lobos: é constituído de uma área de 468 m² com galeria para exposições. Seu acesso se dá através de uma passarela externa ligada ao Eixo Rodoviário, ou internamente a partir do foyer por uma escada circular.

Foyer da sala Martins Pena: possui uma área de 412 m². Local utilizado para exposições, saraus, performances, lançamentos de livros, coquetéis e exposições. Possui um busto de Ludwig Van Beethoven.

Espaço Cultural Dercy Gonçalves: é um espaço aberto no dia 26 de julho de 2000 com 840 m², área útil de 500 m², ampla copa e capacidade para 300 pessoas. Localizado na cobertura do Teatro, possui rampa e elevador de acesso exclusivo.

4.3 – HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO

Este é o primeiro grande Teatro da nova capital brasileira, fundada pelo presidente, Juscelino Kubitschek e o único no Brasil que leva a expressão ‘*Nacional*’ em seu nome. O projeto original foi adaptado ao longo das obras e também foi modificado de acordo com as necessidades de condições do tempo e espaço.

Foi a obra mais demorada da construção de Brasília, marcada por muitas interrupções e reformas, porém o Teatro sempre foi utilizado sem deixar de contemplar o público com grandes espetáculos, mesmo com suas instalações precárias.

Oscar Niemeyer, em texto de sua autoria, *Problemas na Arquitetura*, (Revista *Módulo* número 17), disse que, embora a arquitetura do edifício aparente a forma de uma pirâmide asteca sem ápice, a forma não foi intencional. Niemeyer disse que projetou um edifício com a função de abrigar dois teatros com os palcos unificados para formar um grande teatro de arena quando se desejasse. Ele projetou o Teatro enquanto acompanhava outras obras da nova capital, em três noites de Carnaval, em reclusão no Planalto Central. Depois de pronto, associaram a forma arquitetônica do Teatro com a de pirâmides astecas e assim ficou conhecido. A ausência de curvas, linhas retilíneas e padronizadas diferencia o Teatro dos demais monumentos projetados por Niemeyer em Brasília.

O projeto estrutural foi elaborado pelo engenheiro Bruno Contarini que também acompanhou toda a execução da estrutura. Após a entrega da estrutura, o arquiteto Milton Ramos foi designado pela NOVACAP – Companhia Urbanizadora da Nova Capital para detalhar o Teatro e acompanhar os trabalhos de acabamento interno e externo da obra. Segundo Milton Ramos (ITS, 2004) os projetos estruturais haviam sido extraviados, e foi necessário contratar uma equipe de topógrafos para levantar todas as dimensões geométricas da estrutura que durou cerca de dois meses.

As obras do Teatro iniciaram-se em julho de 1960 e estiveram a cargo da Construtora Rabelo S/A e o prazo de entrega era o dia 30 de janeiro de 1961. De acordo com o depoimento do engenheiro Bruno Contarini, foi estabelecido multa de 1% por dia de atraso sobre o valor total da obra e os cálculos estruturais foram feitos em 45 dias.

Para cumprir o prazo determinado, a equipe técnica responsável pela obra adotou soluções simples e precisas. O professor Furtado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB, à época, estagiário do escritório do arquiteto Milton Ramos, em depoimento (FURTADO, 2008), disse que em algumas situações, partes da estrutura do Teatro eram executadas antes do projeto chegar na obra, devido ao curtíssimo prazo para a execução da estrutura.

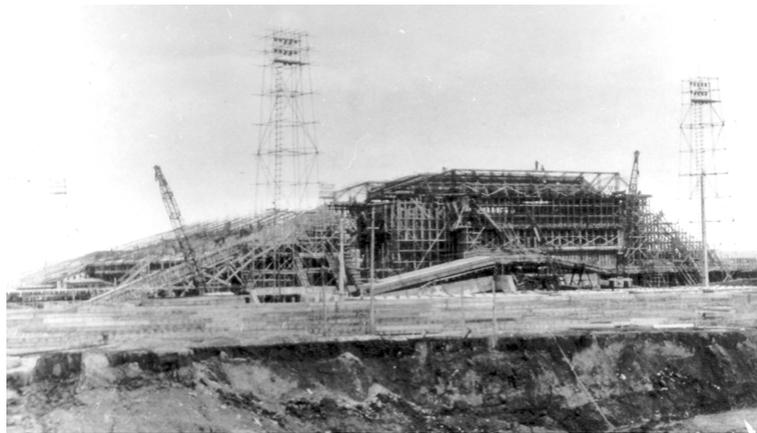


Figura 4.7: Fôrmas da estrutura e início das obras (ArPDF)

Foi projetada uma estrutura composta de muros de arrimos auto-portantes com duas lajes de equilíbrio nas cotas $-9,0$ e $-13,5$ m (Figuras 4.8 e 4.9). Toda a parte enterrada, que é mais profunda na região do palco, foi executada na época da seca. Nas regiões distantes dos palcos, em sua extremidade, os muros de arrimos possuem a cota de $-3,20$ m.



Figura 4.8: Execução da obra (ArPDF)

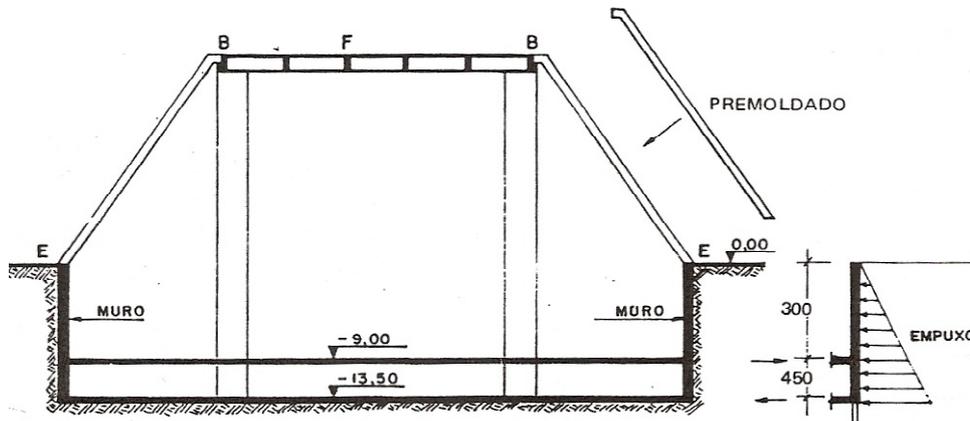


Figura 4.9: Corte transversal da estrutura mostrando as vigas pré- moldadas em “L” e os muros de arrimo (VASCONCELOS, 1992)

Em janeiro de 1961, a estrutura foi concluída e as obras foram interrompidas. Em 21 de abril de 1966, a sala Martins Pena foi aberta ao público. Aproximadamente um ano depois, a sala Martins Pena foi fechada para reformas do Teatro.

Em março de 1979, foram entregues as obras do Teatro com apresentação da Orquestra Sinfônica do Teatro Nacional regida pelo Maestro Claudio Santoro. A sala Martins Pena também foi reinaugurada em março de 1979 juntamente com a abertura da sala Alberto Nepomuceno.

Entretanto, o arquiteto Milton Ramos deixou a obra antes de sua inauguração porque acreditava que precisava de mais tempo para finalizá-la. Em dezembro de mesmo ano, o

Teatro novamente foi fechado para reformas. Outra equipe foi contratada para terminar o Teatro internamente e modificou muitas áreas resultando em espaços ociosos e inutilizáveis que se constituem de salas fechadas ou grandes vãos que não possuem funcionalidade de utilização para o Teatro. Em março de 1981, o Teatro foi reaberto com todas as salas funcionando.

4.4 – A ESTRUTURA

As fundações do Teatro são compostas por tubulões que possuem até 20 m de profundidade, e diâmetros variando entre 60 a 200 cm. Foram consumidos, aproximadamente 16.000 m³ de concreto e 1600 toneladas de aço (VASCONCELOS, 1992).

A tecnologia construtiva utilizada no vigamento da estrutura foi o concreto protendido. A estrutura principal do Teatro constitui-se de quatro pilares principais que suportam toda a estrutura, os pilares 1, 2, 3 e 4 (Figura 4.10), que recebem diretamente as cargas das vigas; A, B, C e D que definem o contorno do Teatro. A linha E constitui o apoio da estrutura na borda superior do muro de arrimo, não visível externamente porque está enterrado, voltado para o Setor Bancário Norte e para o Eixo Monumental.

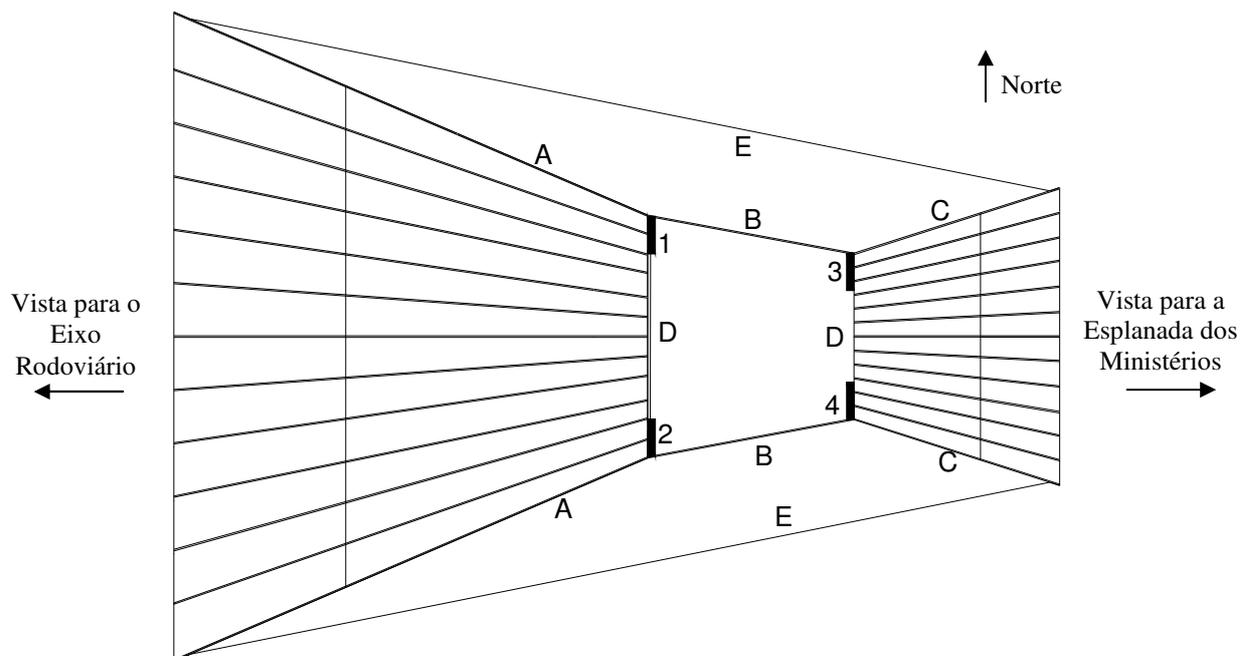


Figura 4.10: Vista superior da estrutura principal do Teatro

Entre os pilares 1 e 2 (Figura 4.10) está a boca do Teatro maior com 24 m de vão livre da sala Villa-Lobos, e entre os pilares 3 e 4 localiza-se a boca do Teatro menor da sala Martins Pena.

As fachadas leste e oeste são formadas por um conjunto de 13 vigas inclinadas que compõem a estrutura e também trabalham como suporte para os elementos de fechamento e vedação, formado por um painel de vidros escuros.

As fachadas norte e sul são formadas por vigas pré-moldadas de uma única peça em forma de “L”, apoiadas nas linhas B e na linha E, como mostrado na Figura 4.10. Estas vigas em forma de “L” ficam escondidas, por debaixo de placas pré-moldadas de fechamento, com 8 m de vão, encaixadas entre elas, que estão escondidas pelo painel de volumes cúbicos do artista plástico Athos Bulcão.

A linha B é formada por uma viga com 4,5 m de altura, possui seção em forma de “T” e lajes pré-fabricadas, que foram encaixadas nas abas da seção da viga (Figura 4.11). De acordo com Contarini (2008), estas lajes foram colocadas com um guindaste tipo *Hyster*. A armação desta viga é uma treliça que vence o vão de 30 m (Ver Apêndice A.1).

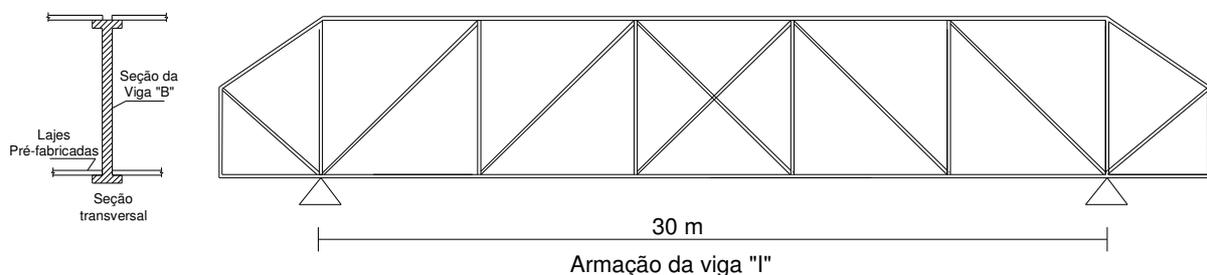


Figura 4.11: Detalhes das vigas que formam a linha “B” do contorno do Teatro.

O *Hyster* era pequeno e possuía o braço de alavanca de $\pm 3,0$ m. Colocado sobre a laje, ele colocava as outras lajes, como mostrado na figura 4.12 (CONTARINI, 2008).

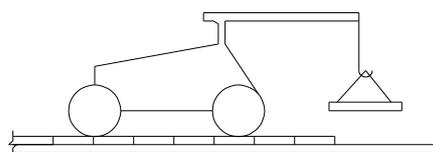


Figura 4.12: Desenho esquemático do funcionamento do guindaste Hyster



Figura 4.13: Fachada sul do Teatro formada por placas pré-moldadas (ITS/Brasília)

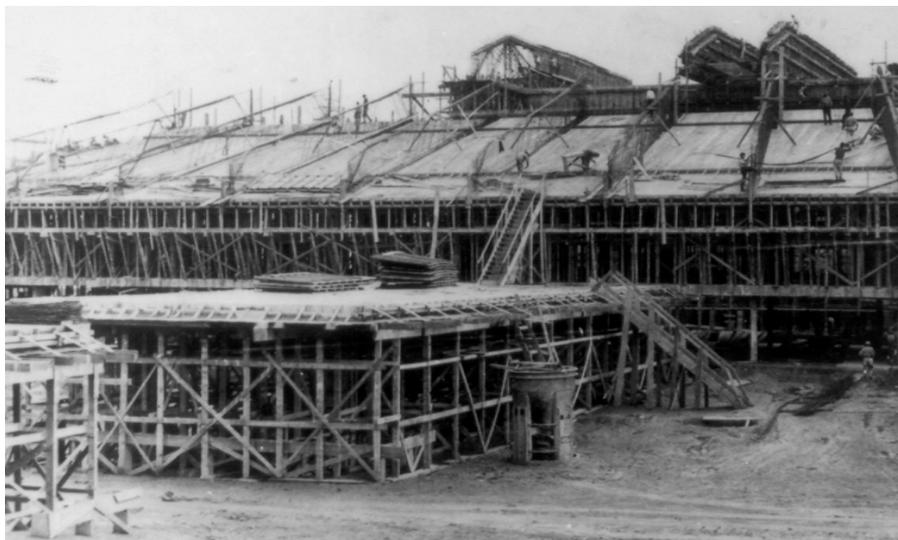


Figura 4.14: Fôrmas e armaduras do Foyer da sala Villa-Lobos (ArPDF)



Figura 4.15: Vigas da fachada oeste, Esplanada dos Ministérios ao fundo (ITS/Brasília)



Figura 4.16: Estrutura da fachada oeste, Villa-Lobos (ArPDF)

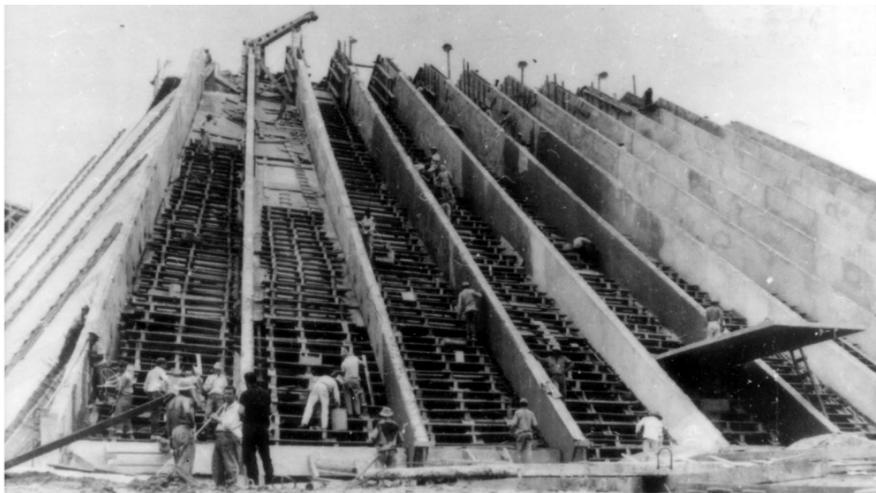


Figura 4.17: Vigas na fachada leste, entrada da sala Martins Pena (ArPDF)



Figura 4.18: Vigas na fachada oeste, foyer da sala Villa-Lobos (ITS/Brasília)

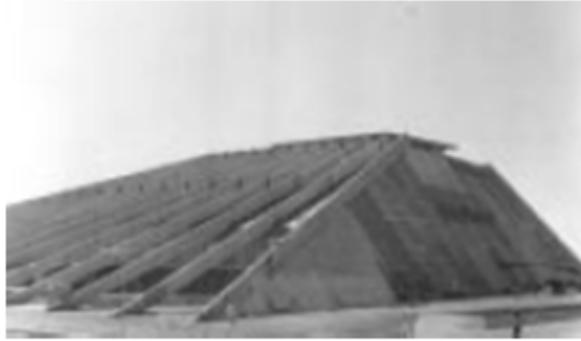


Figura 4.19: Vista geral da obra do Teatro (ITS/Brasília)



Figura 4.20: Vista do foyer da Martins Pena (ITS/Brasília)



Figura 4.21: Detalhe das vigas inclinadas do foyer da Villa-Lobos (ITS/Brasília)

De acordo com Bruno Contarini (2008), no projeto original existia uma grande parede móvel entre os palcos das duas salas, definida por Niemeyer, cuja intenção era elevar quando

necessário, para formar um grande palco de Teatro de arena. Porém, seria uma estrutura muito pesada e de custo elevado, e por isso, foi substituída por uma parede de alvenaria fixa e dupla, separando os palcos das duas salas.

Toda a parte enterrada foi executada com processos convencionais de concretagem no local. Os pilares e as vigas foram concretados primeiro. Toda a estrutura acima da cota 0,00 foi executada com peças pré-moldadas fabricadas no canteiro de obras. Terminado o período de seca, todas as peças já estavam concretadas e o trabalho posterior se limitou a montagem das peças pré-moldadas.

A utilização de pré-moldados foi a única alternativa encontrada para entregar a estrutura no prazo determinado e foi uma novidade na época, e a cidade de Brasília foi pioneira em utilizar esta tecnologia em algumas obras, como por exemplo na Estação Rodoviária de Brasília e no Instituto Central de Ciências da UnB.

Embora o prazo para construção do Teatro Nacional tenha sido muito curto, o seu cálculo apresenta algumas particularidades neste projeto. A geometria das peças pré-moldadas que possuem diversas inclinações e níveis variados, exigiram elaboração de cálculos específicos para a montagem.

Essas vigas pré-moldadas das fachadas possuem comprimentos de até *72 m, 50 cm* de largura e são inclinadas (Figura 4.22). Devido às suas grandes dimensões geométricas, para a montagem dessas vigas tomou-se cuidado especial para evitar flambagem lateral conhecida como efeito “Kippe” (VASCONCELOS, 1992), típico em elementos estruturais sem contenção lateral, ou seja, sem travamento lateral. Esse efeito é comum em estruturas de aço, e também aplica-se à peças pré-moldadas de concreto armado e protendido.



Figura 4.22: Montagem das vigas da fachada oeste (ArPDF)

De acordo com Vasconcelos, (1992) outro exemplo é a laje “F” que possui vão de 32 m nas duas direções (Figura 4.9 e Figura 4.10). Esta é a parte mais alta do Teatro e, sobre ela se situa o Espaço Dercy Gonçalves. Para sua execução foi utilizado o processo construtivo denominado de Processo da Resistência Progressiva.

A armadura desta laje era uma treliça de barras redondas soldadas e foi projetada para suportar seu peso próprio e mais um terço da altura da viga. Na segunda fase, foi concretado mais um terço da altura da viga. Este procedimento foi usado porque o guindaste utilizado não tinha condições de montar a viga por completo devido ao grande braço de alavanca gerado com as condições do canteiro de obras (VASCONCELOS, 1992).

4.5 – INTERVENÇÕES REALIZADAS

Desde a completa abertura do Teatro ao público em 1981 ele já sofreu diversas intervenções e reformas, tais como, troca de carpetes das salas e intervenções na acústica para melhorar a capacidade funcional da edificação de maneira que possa abrigar as atividades para as quais foi projetado.

As fachadas leste e oeste, compostas pelas vigas e pelo conjunto de vidros escuros, já sofreram intervenções, entre elas, a de 2001 para impermeabilizar as vigas e corrigir pontos de entrada de água, patrocinada pelo Banco do Brasil.

4.5.1 – Restauração da fachada norte e da fachada sul

Uma reforma iniciada no ano de 2008, está sendo realizada nas fachadas norte e sul do Teatro, que são compostas do painel de volumes cúbicos do artista Athos Bulcão, e apresentavam um alto grau de deterioração do concreto com muitas manchas de corrosão provenientes das armaduras dos blocos (Figuras 4.23 e 4.24).



Figura 4.23: Manchas de corrosão dos blocos da fachada sul (ESTEVEES, 2008)



Figura 4.24: Detalhe de manchas de corrosão das armaduras dos blocos da fachada sul (ESTEVEES, 2008)

Inicialmente, foram removidos todos os blocos e as barras de aço que servem de ancoragem para os mesmos. Em seguida, realizou-se uma limpeza e uma nova impermeabilização das fachadas (Figura 4.25), e foi feito um novo sistema de drenagem para captação das águas pluviais (Figura 4.26) que escorrem pelas fachadas, pois anteriormente, as águas das chuvas percolavam por entre as fissuras das placas pré-moldadas da fachada, chegava ao interior do Teatro causando manchas de umidade e deslocamento de tintas. Novas barras de aço de diâmetro $\phi = 12,5 \text{ mm}$ e 20 cm de comprimento foram fixadas (Figura 4.26).



Figura 4.25: Reforma da fachada norte do Teatro (ESTEVES, 2008)



Figura 4.26: Detalhe para o sistema de captação de águas pluviais e as mantas de impermeabilização (ESTEVES, 2008)

Devido à dificuldade de trabalhar numa fachada inclinada, a HB Engenharia, responsável pelas obras de reformas das fachadas, desenvolveu um andaime específico para que seus operários tivessem mais segurança para executar as tarefas de recuperação e, ao mesmo tempo, aumentassem a produtividade da obra (Figura 4.27).



Figura 4.27: Andaime desenvolvido especialmente para esta obra (ESTEVEVES, 2008)

Também foi desenvolvido um equipamento para transportar os novos blocos de concreto, de forma a evitar que os operários o manuseassem, fazendo esforço físico adicional, evitando quedas, perda de material e proporcionando maior segurança à obra, como pode ser visto na figura 4.28.



Figura 4.28: Equipamento para transporte dos novos blocos (ESTEVEVES, 2008)

A substituição dos blocos antigos será feita com a colocação de novos blocos impermeabilizados nas faces interna e externa. Estes blocos possuem as mesmas dimensões geométricas dos antigos blocos (Figura 4.29).

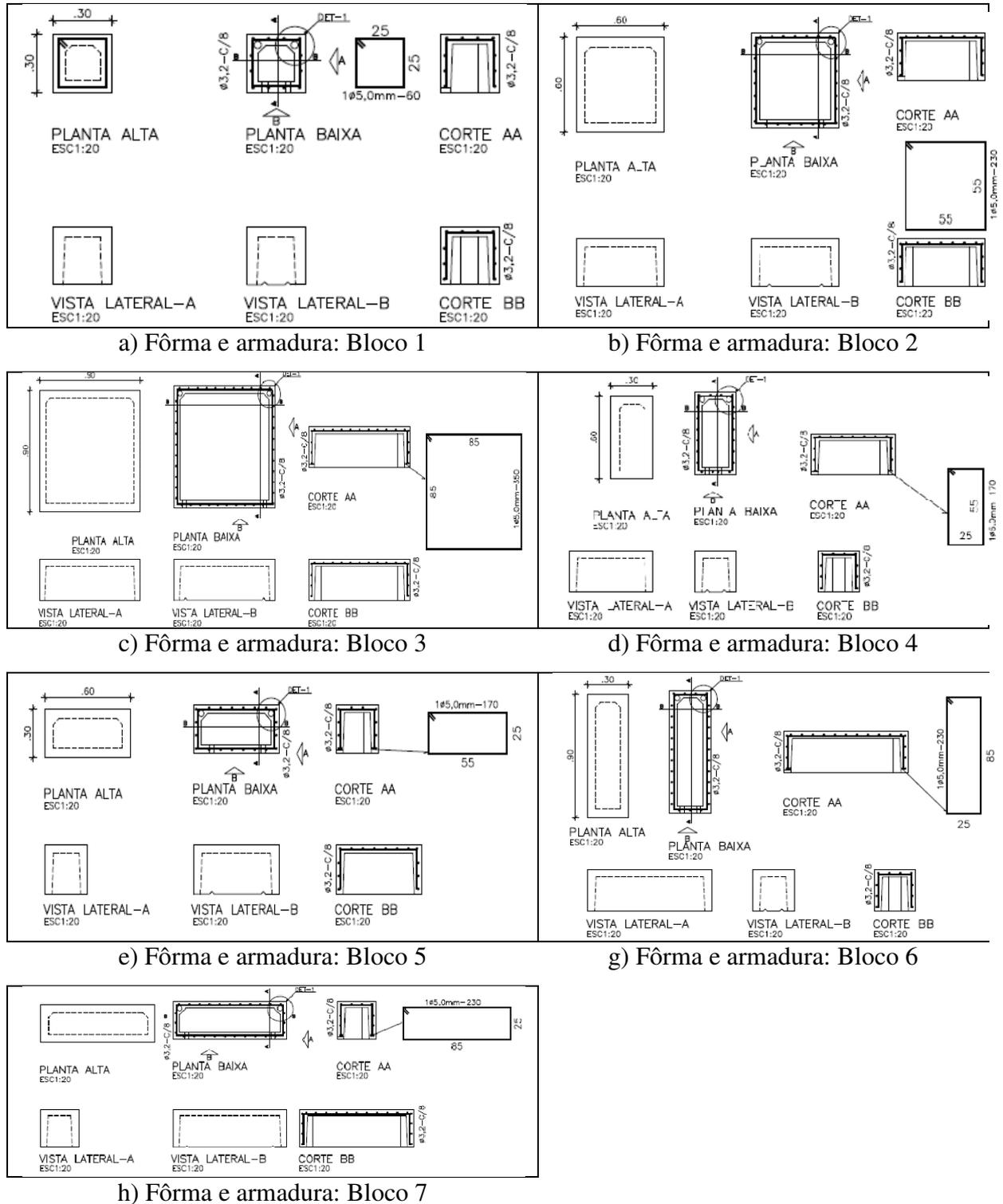


Figura 4.29: Projeto de fôrmas e armações dos novos blocos (HB Engenharia, 2008)

Estes blocos serão fixados através dos chumbadores e será utilizado graute nos furos feitos na laje e no bloco. Em seguida, receberão uma camada de impermeabilização na face externa, no trecho de transição entre a laje e o bloco. Para finalizar, toda a fachada receberá uma nova pintura na cor branca.

Até o fechamento deste trabalho, os blocos ainda não haviam sido recolocados nas fachadas norte e sul do Teatro, e a obra encontrava-se paralisada.

4.6 – MEDIÇÕES DE TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

Aproveitando a obra de recuperação dos blocos das fachadas, foram realizadas medições no interior de alguns blocos da fachada sul do Teatro, com o objetivo de conhecer os parâmetros físicos no interior dos blocos: umidade relativa do ar, U.R (%), temperatura, T (°C).

Para entender o processo de deterioração dos blocos, foram realizadas medições em blocos com a mesma dimensão geométrica e situação física diferentes, e, para isso foram escolhidos blocos considerados *deteriorado* e blocos considerados *íntegro*.

Foram realizadas medições em horários distintos, uma na parte da manhã e outra na parte da tarde (Tabela 4.1), para isso realizou-se um furo por meio de uma furadeira elétrica, por um funcionário da empresa HB Engenharia, na face inferior dos blocos, mas em alguns blocos foram feitos furos na face lateral devido à dificuldade de acesso e ao risco de acidente (Figura 4.31). Em seguida, outro funcionário introduzia o aparelho medidor de temperatura e umidade relativa do ar no interior do bloco, o *Vaisala*, pertencente ao Laboratório de Ensaio de Materiais da UnB (Figura 4.30).



Figura 4.30: Aparelho medidor de temperatura e umidade relativa do ar



Figura 4.31: Realização de um furo no bloco na face lateral

Após as primeiras medições, realizadas na parte da manhã, os furos foram tampados com manta asfáltica, para conservar as condições físicas internas dos mesmos até a próxima medição.

Na parte da tarde, foram realizadas medições de temperatura e umidade relativa do ar nos mesmos blocos, a partir dos furos que haviam sido feitos, e, para isso foi removido a manta asfáltica que selava os mesmos (Figura 4.32).



a) Detalhe dos furos selados com manta asfáltica



b) Detalhe do furo aberto

Figura 4.32: Detalhes dos furos realizados nos bloco da fachada sul

Feitas as medições, os blocos foram demolidos das fachadas e os resultados encontram-se na Tabela 4.1 e na Tabela 4.2.

Tabela 4.1: Umidade relativa do ar e temperatura medidas no interior dos blocos na parte da manhã.

Data: 12/08/2008		Horário: 09:20		
<i>Temperatura local (°C) = 26°C</i>		<i>U.R. externa. (%) = 30%</i>		
<i>Bloco</i>	<i>Dimensões</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>U.R.(%)</i>	<i>Situação</i>
1	30 x30	22,3	55,8	Íntegro
1*		21,4	69,0	Deteriorado
2	30 x 60	21,3	58,6	Íntegro
3	30 x 90	20,8	69,2	Íntegro
3*		21,2	54,3	Deteriorado
4	60 x 60	21,6	60,3	Íntegro
5	90 x 90	20,7	54,5	Íntegro
5*		20,9	48,2	Deteriorado
6	60 x 30	20,6	54,2	Íntegro
7	90 x 30	23,4	55,8	Íntegro

Tabela 4.2: Umidade relativa do ar e temperatura medidas no interior dos blocos na parte da tarde.

Data: 12/08/2008		Horário: 15:50		
<i>Temperatura local (°C) = 25°C</i>		<i>U.R. externa (%) = 35%</i>		
<i>Bloco</i>	<i>Dimensões</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>U.R.(%)</i>	<i>Situação</i>
1	30 x30	25,8	66,7	Íntegro
		26,1	74,6	Deteriorado
2	30 x 60	26,1	63,1	Íntegro
3	30 x 90	26,2	58,4	Íntegro
		25,9	74,1	Deteriorado
4	60 x 60	25,9	70,1	Íntegro
5	90 x 90	25,6	58,1	Íntegro
		25,2	30,1	Deteriorado
6	60 x 30	25,7	58,1	Íntegro
7	90 x 30	25,9	73,2	Íntegro

Também, foi realizado a medida da profundidade de carbonatação das paredes dos blocos, para isso, utilizou-se a fenolftaleína como indicador de pH. Os blocos foram escolhidos de forma aleatória, pois esta medição possui o objetivo de conhecer a situação física do concreto das paredes desses blocos, perante ao fenômeno da carbonatação do concreto.

Os valores de umidade relativa interna nos blocos analisados são muito mais elevados que a umidade relativa externa. Para a situação de UR% externa de 35% a umidade relativa interna chegou a valores em torno de 70% de UR que é bastante propício à carbonatação (NEPOMUCENO, 2005). Para o período chuvoso, quando a umidade relativa chega a valores acima de 80%, é de se supor que a umidade relativa interna chegue a valores que sejam bastante importante para favorecer o fenômeno da corrosão.

Apresenta-se na figura 4.33 a título de ilustração, imagens desta medição realizadas nos blocos de dimensão 30 x 90.



Figura 4.33: Medição da profundidade de carbonatação de um bloco 30 x 90

Os resultados dessas medições variaram muito para exemplares de blocos de mesmas dimensões geométricas, a exemplo do bloco de 30 x 90, onde um exemplar apresenta paredes com pequena profundidade de carbonatação, em torno de 0,5 cm (Figura 4.33 a), e outro exemplar desse bloco com paredes completamente carbonatadas (Figura 4.33 b).

5 - AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO

5.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo possui o objetivo de descrever as condições atuais da estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília, incluindo a identificação dos danos, da deterioração e de possíveis fenômenos instalados nos elementos estruturais.

5.2 - IDENTIFICAÇÃO E DIVISÃO DA ESTRUTURA

Principais características do Teatro:

- 1) Localização do edifício: Setor Cultural Norte, Brasília – D.F.;
- 2) Obra semi-enterrada;
- 3) Grande parte da estrutura principal possui concreto aparente em contato com o meio ambiente;
- 4) O edifício possui cobertura plana e inclinada;
- 5) Existem problemas de infiltrações por entre as vigas que formam os elementos de suporte para os vidros escuros;
- 6) Umidade relativa do ar varia anualmente entre, 46% a 78 %;
- 7) Possui jardins sobre a parte enterrada ao redor do edifício.
- 8) A estrutura possui 49 anos de idade.

Optou-se por dividir a estrutura em três grupos:

- **Grupo A:** Fachadas, coberturas, vigas de concreto aparente.
- **Grupo B:** Muros de arrimo.
- **Grupo C:** Ambientes internos secos: salas, corredores, pilares principais, etc.

5.3 – METODOLOGIA GDE/UnB PARA QUANTIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Com o emprego desta metodologia quantifica-se o grau de deterioração de estruturas de concreto. Foi desenvolvida por Castro (1994) a partir da metodologia de Klein et alli (1991).

Inicialmente formulada para avaliar obras de arte, a metodologia *GDE/UnB*, também conhecida por *PECC/UnB*, já sofreu modificações em trabalhos de mestrado desenvolvidos por Lopes (1998), Boldo (2002) e Fonseca (2007). Foi testada em diversas edificações de natureza distintas nos trabalhos de mestrado mencionados e em trabalhos de Projeto Final no curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília.

A aplicação correta desta metodologia depende da realização de inspeções e a atribuição da pontuação deve ser baseada no “Roteiro de Inspeção” que se encontra no APÊNDICE B.

O presente trabalho utilizará esta metodologia a partir de sua última modificação feita por Fonseca (2007), está apresentada na forma de um fluxograma na Figura 5.1, que determina os procedimentos a serem seguidos para a realização das inspeções estruturais e avaliação dos resultados.

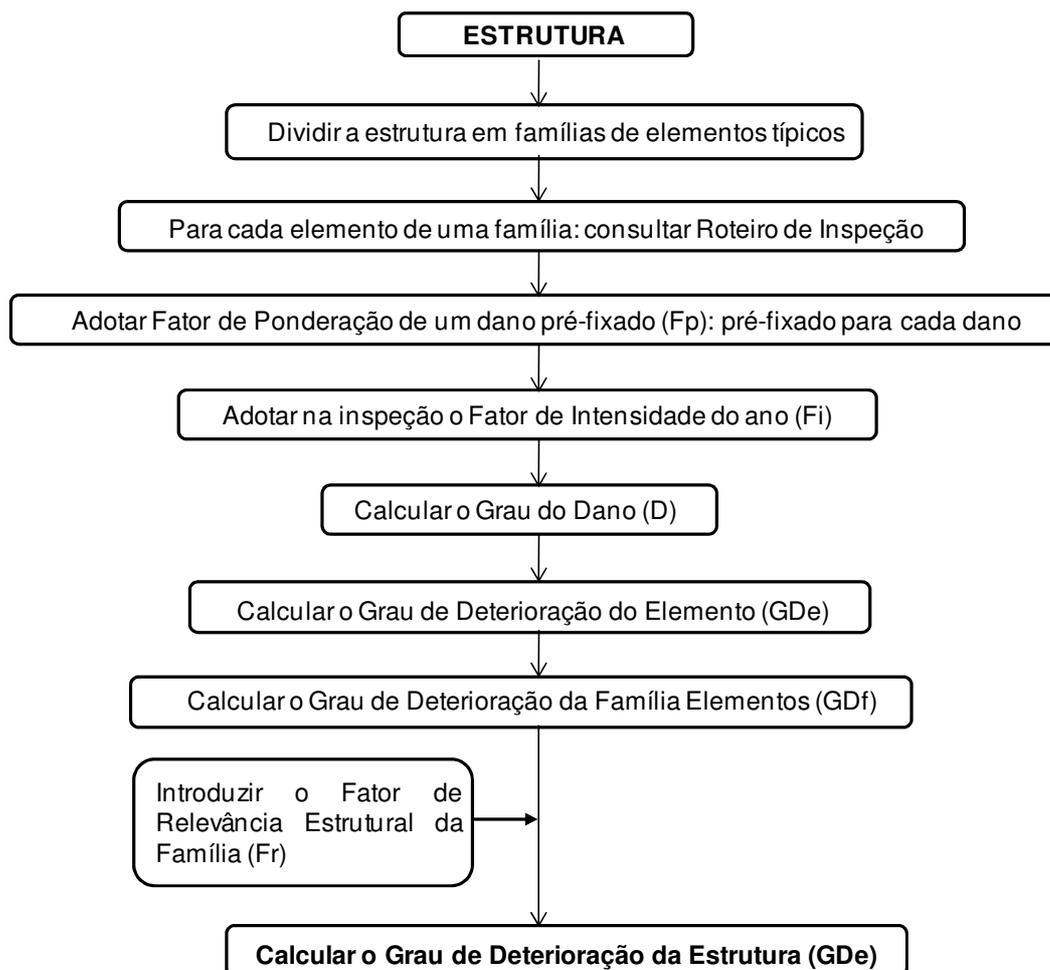


Figura 5.1: Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB (adaptada de BOLDO, 2002)

5.3.1 - Divisão da estrutura em famílias de elementos

Para uma melhor avaliação da estrutura será mantida a divisão em grupos de acordo com o realizado no item 5.2. Esta divisão tornou-se necessária devido à dificuldade encontrada em se avaliar todos os elementos estruturais durante as inspeções.

Para o grupo A, formado pelos elementos estruturais externos, foi possível inspecionar todos os elementos e aplicar integralmente a metodologia. Para os grupos B e C, formado pelos elementos estruturais internos do Teatro, não foi possível fazer uma avaliação completa pois estes elementos encontram-se revestidos por elementos de arquitetônicos e alguns locais são de difícil acesso. Desta forma, a inspeção foi realizada em algumas áreas com características semelhantes.

Dividiu-se a estrutura em estudo de acordo com as características estruturais de seus elementos. Desta forma, foram definidas as seguintes famílias:

- Lajes;
- Vigas;
- Pilares;
- Muros de arrimo;
- Placas de concreto pré-moldado de fechamento do Teatro.

5.3.2 - Fator de Ponderação

O Fator de ponderação (F_p) de um dano é um parâmetro que representa a importância relativa de um dano, em relação à estética, funcionalidade e estabilidade, de acordo com as manifestações patológicas, e em função da família de elementos que apresentam o problema, que pode variar de 1 a 5.

A Tabela 5.1 mostra os danos possíveis em cada família de elementos e os respectivos fatores de ponderação atribuídos na estrutura do Teatro Nacional de acordo com os valores adotados no “Roteiro de Inspeção”.

Tabela 5.1: Família de elementos do Teatro Nacional: danos e fatores de ponderação (continua)

PILARES	
Danos	F_p
<i>Carbonatação</i>	3
<i>Cobrimento deficiente</i>	3
<i>Contaminação por cloretos</i>	4
<i>Corrosão das armaduras</i>	5
<i>Desagregação</i>	3
<i>Desplacamento</i>	3
<i>Desvio de geometria</i>	4
<i>Eflorescência</i>	2
<i>Falhas de concretagem</i>	3
<i>Fissuras</i>	2 a 5*
<i>Manchas</i>	3
<i>Recalque</i>	5
<i>Sinais de esmagamento</i>	5
<i>Umidade na base</i>	3

VIGAS	
Danos	F_p
<i>Carbonatação</i>	3
<i>Cobrimento deficiente</i>	3
<i>Contaminação por cloretos</i>	4
<i>Corrosão das armaduras</i>	5
<i>Desagregação</i>	3
<i>Desplacamento</i>	3
<i>Eflorescência</i>	2
<i>Falhas de concretagem</i>	2
<i>Fissuras</i>	2 a 5*
<i>Flechas</i>	5
<i>Manchas</i>	3
<i>Sinais de esmagamento</i>	4
<i>Umidade</i>	3

LAJES	
Danos	F_p
<i>Carbonatação</i>	3
<i>Cobrimento deficiente</i>	3
<i>Contaminação por cloretos</i>	3
<i>Corrosão das armaduras</i>	5
<i>Desagregação</i>	3
<i>Desplacamento</i>	3
<i>Eflorescência</i>	2
<i>Falhas de concretagem</i>	2
<i>Fissuras</i>	2 a 5*
<i>Flechas</i>	5
<i>Manchas</i>	3
<i>Umidade</i>	3

* Esta manifestação patológica possui Fatores de Ponderação (Fp) diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das conseqüências que o dano possa acarretar.

Tabela 5.1: Família de elementos do Teatro Nacional: danos e fatores de ponderação (continuação)

CORTINAS DE CONTENÇÃO		ELEMENTOS DE COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	
Danos	F_p	Danos	F_p
<i>Carbonatação</i>	3	<i>Carbonatação</i>	3
<i>Cobrimento deficiente</i>	3	<i>Cobrimento deficiente</i>	3
<i>Contaminação por cloretos</i>	4	<i>Contaminação por cloretos</i>	4
<i>Corrosão das armaduras</i>	5	<i>Corrosão das armaduras</i>	5
<i>Desagregação</i>	3	<i>Desagregação</i>	3
<i>Deslocamento por empuxo</i>	5	<i>Deslocamento</i>	5
<i>Desplacamento</i>	3	<i>Desplacamento</i>	3
<i>Desvio de geometria</i>	3	<i>Eflorescência</i>	2
<i>Eflorescência</i>	2	<i>Falhas de concretagem</i>	2
<i>Falhas de concretagem</i>	2	<i>Fissuras</i>	2 a 5*
<i>Fissuras</i>	2 a 5*	<i>Manchas</i>	3
<i>Manchas</i>	3	<i>Sinais de esmagamento</i>	5
<i>Sinais de esmagamento</i>	5	<i>Umidade</i>	3
<i>Umidade</i>	3		

* Esta manifestação patológica possui Fatores de Ponderação (F_p) diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das conseqüências que o dano possa acarretar.

5.3.3 – Fator de Intensidade

O Fator de Intensidade (F_i) identifica as possíveis lesões que o elemento pode apresentar, sua gravidade e evolução de uma manifestação patológica, varia de 0 a 4, de acordo com a classificação da Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Fator de Intensidade de uma manifestação de um dano

- Elemento sem lesões	$F_i = 0$
- Elemento com lesões leves	$F_i = 1$
- Elemento com lesões toleráveis	$F_i = 2$
- Elemento com lesões graves	$F_i = 3$
- Elemento em estado crítico	$F_i = 4$

Na figura 5.2 ilustra-se a aplicação do F_i para alguns elementos que compõe a estrutura do Teatro, através de registro fotográfico obtido durante as vistorias, seguindo as indicações do roteiro.



a) Viga do foyer da Villa-Lobos
Manchas superficiais – $F_i = 2$



b) Ligação viga-pilar da sala Martins
Pena (Vista interna)

Manchas superficiais – $F_i = 2$

Eflorescências – $F_i = 1$



c) Viga do foyer da Villa-Lobos
Manchas superficiais – $F_i = 2$
Corrosão das armaduras – $F_i = 2$



d) Vigas da Martins Pena

Fissuras – $F_i = 1$

Figura 5.2:Fatores de Intensidade (F_i) para alguns elemento da estrutura do Teatro

5.3.4 – Grau do Dano (D) e Grau de Deterioração do elemento (G_{de})

Grau do Dano (*D*) é calculado através de Fatores de Ponderação (*F_p*) e do Fator de Intensidade (*F_i*) através das equações 5.1 e 5.2 a seguir.

Grau do Dano (D)

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad , \text{ para } F_i \leq 2,0 \quad (5.1)$$

$$D = (12 \cdot F_i - 28) F_p \quad , \text{ para } F_i \geq 3,0 \quad (5.2)$$

A partir da definição do Grau do Dano, pode-se calcular o Grau de Deterioração do Elemento Estrutural, através da equação 5.3.

Grau de deterioração de um elemento (G_{de})

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right] \quad (5.3)$$

A Tabela 5.3 classifica o *G_{de}* calculado a partir do nível de deterioração que o elemento se encontra, e o relaciona com a ação a ser adotada.

Tabela 5.3: Classificação dos níveis de deterioração do elemento

<i>Nível de Deterioração</i>	<i>G_{de}</i>	<i>Ações a serem adotadas</i>
Baixo	0 – 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 – 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).
Alto	50 – 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).
Sofrível	80 – 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Foi desenvolvida uma planilha eletrônica para automatizar o cálculo do Grau do Dano (D), e o Grau de Deterioração do Elemento (G_{de}). A seguir é apresentado, como exemplo, tabelas dos resultados encontrados nas inspeções realizadas em elementos diferentes famílias: laje, viga, pilar. Todas as tabelas de todos os elementos vistoriados e avaliados encontram-se no Apêndice A.

Tabela 5.4: Exemplos da planilha eletrônica desenvolvida para cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de}

Identificação do elemento: Pilar Principal 1				Data da Vistoria: 12/08/2008	
Local: Interno - Palco da Sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
carbonatação	3	0	0	Pilar revestido com tinta na cor preta.	 <p>Não foi possível obter fotografias do elemento.</p>
cobrimento deficiente	3	1	2,4		
contaminação pro cloretos	4	0	0		
corrosão de armaduras	5	0	0		
desagregação	3	0	0		
desplacamento	3	0	0		
desvio de geometria	4	0	0		
eflorescência	2	1	1,6		
falhas de concretagem	3	1	2,4		
fissuras	2	1	1,6		
manchas	3	0	0		
recalque	5	0	0		
sinais de esmagamento	5	0	0		
umidade na base	3	0	0		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, G_{de} = 4				G_{de} < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Identificação do elemento: Viga A12				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, G_{de} = 14					

Identificação do elemento: Laje F				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Espaço Dercy Gonçalves				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	O piso desta laje encontra-se completamente revestido por de granito	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	3	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	0	0		
Falhas de concretagem	2	0	0		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	0	0		
Umidade	3	1	2,4		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, G_{de} = 13				G_{de} < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

5.3.5 – Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

Para o cálculo do Grau de Deterioração de uma Família de Elementos, toma-se como base apenas os elementos com $G_{de} > 15$, conforme Tabela 5.3, pois de acordo com Castro (1994), quando em uma família de elementos se verificarem graus de deterioração $G_{de} < 15$ para todos os elementos, o Grau de Deterioração da Família será $G_{df} = 0$, não contribuindo para o cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura.

Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

$$G_{df} = G_{demáx} \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right] \quad (5.4)$$

A Figura 5.3 apresenta o Grau de Deterioração das Famílias da estrutura principal do Teatro Nacional Cláudio Santoro.

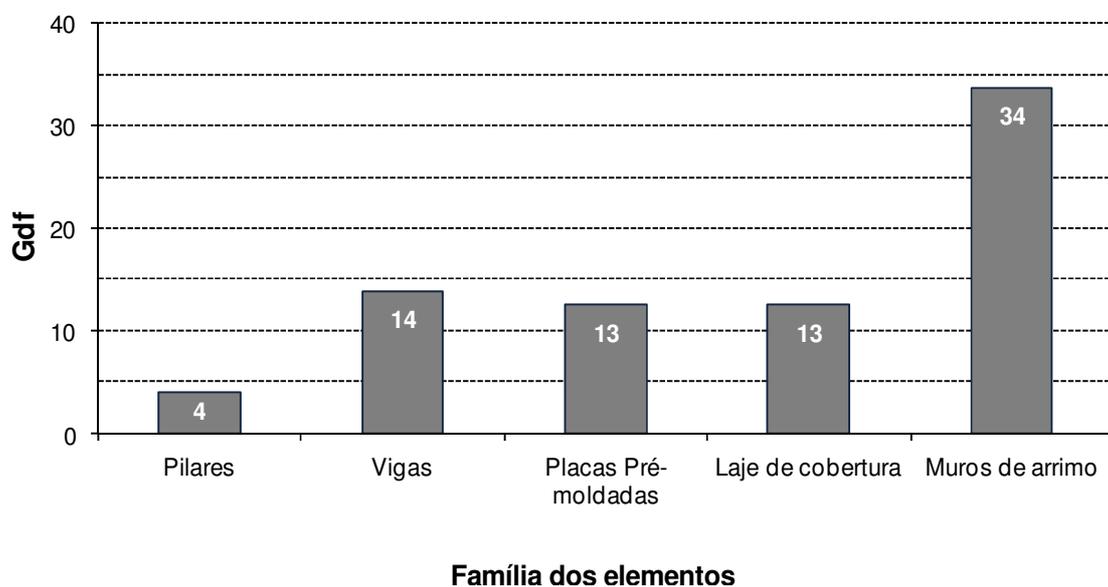


Figura 5.3: Grau de deterioração das famílias da estrutura principal do Teatro

O alto valor encontrado para o grau de deterioração da família de muros de arrimos se deve ao fato que foram atribuídos aos fatores de intensidade F_i elevados para os danos encontrados.

5.3.6 – Grau de deterioração global da estrutura (G_d)

O Grau de Deterioração Global da estrutura, equação 5.5, é calculado em função dos diferentes Graus de Deterioração das Famílias de elementos da edificação, afetados pelos Fatores de Relevância Estrutural, F_r , que tem por objetivo considerar a importância relativa das diversas famílias que compõem a estrutura, quanto ao comportamento e ao desempenho da mesma.

Fator de relevância estrutural (F_r)

- Elementos de composição arquitetônica $F_r = 1,0$
- Reservatório superior $F_r = 2,0$
- Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação. $F_r = 3,0$
- Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários. $F_r = 4,0$
- Vigas e pilares principais. $F_r = 5,0$

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum F_{r(i)}} \quad (5.5)$$

Tabela 5.5: Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

<i>Nível de Deterioração</i>	G_d	<i>Ações a serem adotadas</i>
Baixo	0 – 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 – 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).
Alto	50 – 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).
Crítico	80 – 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).
Sofrível	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Após adotar os fatores de relevância estrutural para as famílias de elementos da estrutura é possível obter o Grau de Deterioração da estrutura por meio da equação 5.5, conforme os resultados apresentado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Grau de deterioração da estrutura principal do Teatro, G_d

Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$
Obs.: Ambiente externo			
Vigas	14	5	69
Placas Pré-moldadas	13	3	38
Laje de cobertura	13	4	50
GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA, G_d:			13
0 < G_d < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva			

Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$
Obs.: Ambiente interno seco			
Pilares Principais	4	5	20
GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA, G_d:			4
0 < G_d < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva			

A estrutura principal do Teatro é composta pelas famílias do Grupo A (vigas, laje de cobertura e placas pré-moldadas de fechamento) e pela família do grupo C (pilares principais da estrutura).

O grupo A apresentou um grau de deterioração global da estrutura, $G_d = 13$ e o grupo C, apresentou um grau de deterioração global da estrutura, $G_d = 4$.

Em ambos os casos, a estrutura avaliada por meio da Metodologia GDE/UnB (2007) apresenta um nível de deterioração considerado *baixo* ($G_d < 15$), sugerindo que a estrutura apresenta um estado aceitável de deterioração, e propõe que seja planejado um programa de manutenção preventiva, para garantir a segurança, funcionalidade e estética da estrutura.

A estrutura de muros de arrimos, grupo B, apresenta um grau de deterioração global da estrutura, $G_d = 34$ (Tabela 5.7), e, de acordo com a Metodologia GDE/UnB (2007) apresenta um nível de deterioração considerado *médio* ($15 < G_d < 50$). Tal fato indica que devem ser

planejadas atividades de intervenções de médio prazo, no máximo 2 anos, para recuperar a segurança da estrutura, sua funcionalidade e estética.

Tabela 5.7: Grau de deterioração da estrutura dos muros de arrimo do Teatro, G_d

Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$
Obs.: Ambiente interno em contato com solo			
<i>Muros de arrimo</i>	34	3	101
GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA, G_d:			34
0 < G_d < 50: Nível de Deterioração MÉDIO			
Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos)			

6 – ANÁLISE ESTRUTURAL DO TEATRO NACIONAL

6.1 – INTRODUÇÃO

A concepção de um modelo estrutural é uma etapa indispensável para identificar os seus elementos componentes e as partes resistentes aos esforços solicitantes. Entretanto, uma representação simplificada do arranjo estrutural e do comportamento dos materiais constitutivos, juntamente com as hipóteses e simulações adotadas nas teorias de análise, podem conduzir a resultados diferentes da situação real.

A análise estrutural é realizada por meio de modelos físicos, matemáticos e computacionais, que permite comparar estes resultados da análise com o comportamento real da estrutura.

Este capítulo objetiva avaliar a influência que as elevadas variações de temperatura, características de Brasília, exercem sobre a estrutura principal de concreto do Teatro Nacional. A análise foi realizada utilizando o programa computacional *SAP2000 v.10.0.7*, da empresa *Computer and Structures Ind.(CSI)*, cuja formulação numérica é baseada no Método dos Elementos Finitos (MEF).

6.2 – CONCEPÇÃO DA ESTRUTURA DO TEATRO NO SAP2000

Na modelagem e análise estrutural do Teatro realizadas pelo SAP2000 com o MEF, caracteriza-se por uma decomposição virtual da estrutura, ou discretização, de um meio físico contínuo em um número finito de partes ou elementos, conectados entre si por intermédio de pontos discretos, denominados *nós*.

A subdivisão da estrutura em elementos finitos resulta em um conjunto de elementos e nós que é denominado *malha*. O MEF possui a vantagem de trabalhar com funções matemáticas mais simples, para se obter uma solução aproximada da análise de cada elemento estrutural constituinte.

Os elementos estruturais utilizados na modelagem do Teatro constituem-se de elementos do tipo *frame*, barras unidimensionais utilizadas para modelagem de peças unidimensionais lineares (vigas, pilares, tirantes e arcos).

As unidades escolhidas para esta análise são *kN* para força e *m* para comprimento.

6.2.1 – Concepção do modelo estrutural no programa SAP2000

Grande parte das plantas dos projetos arquitetônico e de fôrmas do Teatro Nacional foram obtidas no Arquivo Público do Distrito Federal, no Arquivo da Diretoria de Edificações da NOVACAP (Companhia Urbanizadora da Nova Capital) e na Gerência Técnica Operacional do Teatro Nacional. No entanto, as plantas disponíveis referem-se apenas à arquitetura da edificação e às fôrmas da estrutura de concreto, elaboradas sob a coordenação do arquiteto Milton Ramos, em 1975, quando ele assumiu a condução das obras de acabamento do Teatro.

A Tabela 6.1 mostra a lista dos projetos de fôrmas e de arquitetura obtidos na Gerência Técnica Operacional do Teatro e utilizados neste trabalho, com a nomenclatura em que se encontram arquivados naquela sala. Todos os projetos são de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer e detalhados no escritório Milton Ramos Arquitetura.

Tabela 6.1: Lista dos projetos obtidos no Teatro

<i>Local</i>	<i>Arquivo</i>		<i>Descrição</i>
	<i>Pasta n°</i>	<i>N° do desenho</i>	
Teatro Nacional Claudio Santoro	04	021	Planta dos níveis -15.05; -23.95
		022	Planta dos níveis -13.85
		023	Planta dos níveis – 9.05
		024	Planta dos níveis – 6.45
		025	Planta dos níveis – 3.85
		026	Planta dos níveis – 0.00
		027	Planta dos níveis + 3.28
		028	Planta dos níveis + 7.70
		029	Planta dos níveis +17.60
	05	030	Planta dos níveis + 21.58
		031	Planta dos níveis + 24.55
		32	Corte 1-1 Distribuição Estrutural
		33	Corte 2-2 Distribuição Estrutural
	08	56	Planta do nível -3.80 Arquitetura - Execução
	09	63	Corte 1-1
65		Corte 3-3	

Não foram localizadas as plantas referentes ao detalhamento das armaduras da estrutura. Neste trabalho, foram realizados diversos contatos com o engenheiro Bruno Contarini, responsável pelo projeto estrutural, com a finalidade de se obter plantas e mais informações sobre a estrutura. Contarini declarou não possuir cópias e que a única possibilidade seria o arquivo do escritório do engenheiro Sérgio Marques de Souza, em um depósito da família com a documentação de seus projetos, mas que foram perdidos em uma inundação.

Ao longo dos anos, alguns elementos estruturais, como as vigas inclinadas das fachadas leste e oeste da edificação, foram modificados, pois as dimensões da largura das vigas nos projetos não são compatíveis com as encontradas na estrutura existente. Essas vigas receberam uma espessa camada de argamassa de revestimento, foram pintadas e foi realizado um aumento nas dimensões das vigas, aparentemente com finalidade arquitetônica, como pode ser notado pela diferença de tonalidade entre materiais incorporados e os originais (Figuras 6.1 e 6.2). Atualmente, esse revestimento das vigas encontra-se fissurado, como mostra a Figura 6.1.



Figura 6.1: Fissuras no encontro da laje com as vigas das fachadas leste e oeste



Figura 6.2: Aumento das dimensões de vigas da fachada leste

O Teatro Nacional é uma edificação famosa pela sua estrutura suportada apenas por quatro pilares principais, sobre os quais se apóiam o vigaamento que sustenta as vigas das fachadas, que definem o contorno do Teatro. Essa estrutura principal foi o objetivo da modelagem e análise estrutural realizadas neste trabalho, por meio do programa computacional SAP2000, ilustrada na Figura 6.3. O esquema de cores adotado foi intencional, para reforçar a distinção entre as características dos elementos, por exemplo, segmentos das vigas e dimensões geométricas semelhantes.

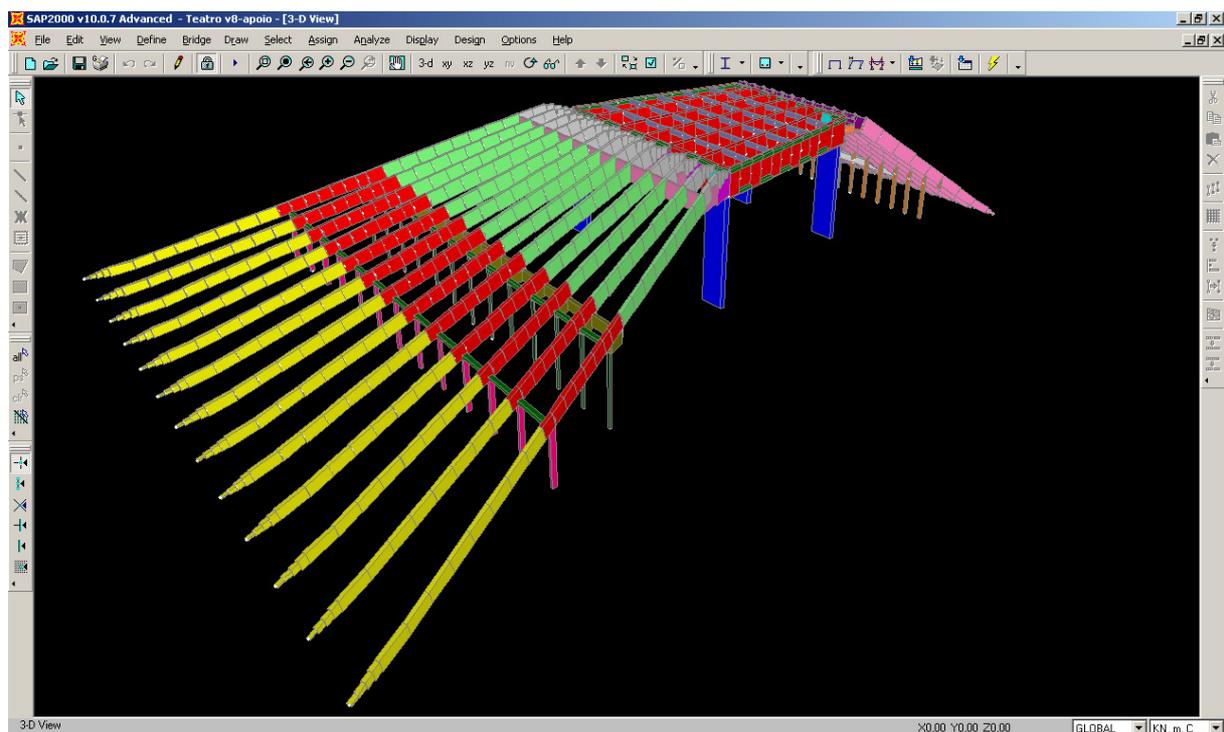


Figura 6.3: Vista geral do modelo da estrutura principal do Teatro Nacional no SAP2000

Por meio de um levantamento geométrico para verificou-se as seções das vigas inclinadas e dos pilares principais da estrutura. Todos os elementos estruturais possuem seção transversal retangular. As vigas inclinadas possuem altura variável ao longo do comprimento, compreendendo valores entre $30\text{ cm} < h < 276\text{ cm}$ no *foyer* da Villa-Lobos e valores entre $30\text{ cm} < h < 278\text{ cm}$ no *foyer* da Martins Pena, onde estes valores estão compatíveis com as dimensões definidas na planta de fôrmas. O mesmo não ocorre com a largura da seção dessas vigas, que apresentam dimensões *in loco*, $b = 50\text{ cm}$, pois na planta de fôrmas obtidas, o valor definido para a base varia entre $b = 25\text{ cm}$ à 50 cm .

Nessa análise, não foi possível avaliar a espessura da camada de cobrimento das vigas, e por isso foram consideradas as dimensões reais, para fins de definição do peso próprio das vigas, ou seja, $b = 50 \text{ cm}$, e a sua altura variável foi considerada dividindo-a em vários segmentos de elementos de barras, e adotou-se uma altura média para cada segmento de viga.

Não foi possível avaliar todos os espaços internos do Teatro. Muitos ambientes não possuem iluminação suficiente para uma documentação fotográfica adequada e para uma boa avaliação visual. Além disso, alguns ambientes são de difícil acesso ou não possuem nenhuma conectividade com outros ambientes acessíveis, de forma que tornasse o trânsito possível. Essas limitações contrariam, inclusive, as disposições sobre manutenção estrutural da norma NBR 6118: 2003 nos itens 7.8 e 25.4.

As vigas foram divididas em 1129 elementos de barras e o modelo da estrutura totaliza 261 nós. O esquema estrutural da estrutura indeformada está mostrado na figura 6.4.

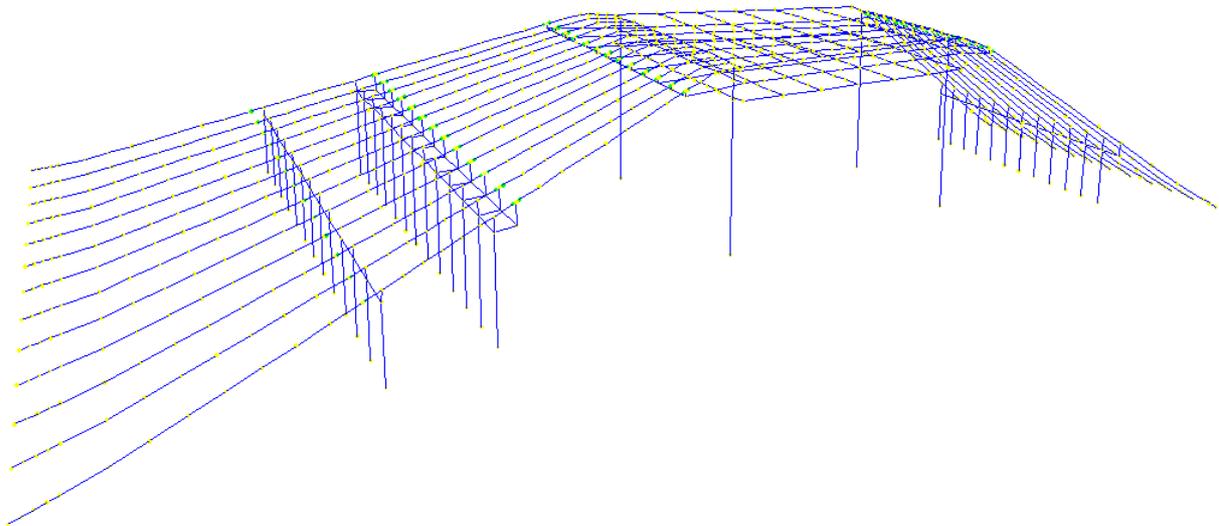


Figura 6.4: Modelo da estrutura principal do Teatro (SAP2000)

6.2.2 – Condições de contorno e ações consideradas

Todas as vigas principais constituem-se de peças pré-fabricadas e foi utilizado o concreto protendido. As vigas inclinadas da fachada oeste são formadas por 4 segmentos de viga, como pode ser visto na figura 6.3, onde cada trecho de cor representa um segmento da viga, e, as vigas da fachada leste são constituídas por dois segmentos de viga. No modelo estrutural, os

pilares principais foram considerados como apoios de primeiro gênero e os pilares intermediários foram considerados apoios de segundo gênero.

As ações consideradas nesta análise estrutural foram: variações de temperatura, carga permanente, (composta pelo peso próprio da estrutura e dos vidros instalados sobre as vigas), e sobrecarga nas lajes (devido às paredes, pisos e revestimento).

A resultante dessas ações das lajes foram distribuídas uniformemente ao longo das vigas de apoio das mesmas. A ação do vento foi desconsiderada, por ter pouca relevância perante ao grande peso próprio das peças estruturais de concreto protendido.

O peso próprio da estrutura é considerado pelo programa SAP2000, fornecendo ao programa o peso específico do concreto armado, de 25 kN/m^3 , conforme o item 8.2.2 da NBR 6118:2003).

Para as sobrecargas de utilização nas lajes foi considerado um valor de $3,0 \text{ kN/m}^2$, para as lajes de pavimento com acesso ao público, conforme a NBR 6122:1980.

Por se tratar de uma estrutura de concreto protendido, a resistência à compressão do concreto é normalmente superior a das peças de concreto armado. Como não foi possível obter as plantas originais da estrutura e as informações sobre a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) das vigas das fachadas, admitiu-se um valor de $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, valor encontrado em estudos sobre outras estruturas de monumentos de Brasília daquela época, como o Palácio do Itamaraty (SANTOS Jr., 2004) e da Catedral Metropolitana de Brasília (PESSOA, 2002).

Para o valor do módulo de elasticidade, o item 8.2.8 da NBR 6118:2003 preconiza que, quando não forem feitos ensaios e não existirem dados mais precisos sobre o concreto usado na idade de 28 dias, pode se estimar o valor do módulo de elasticidade tangente usando a expressão 6.1:

$$E_{ci} = 5600 f_{ck}^{1/2} \quad (6.1)$$

Este item ainda estabelece que o módulo de elasticidade secante, a ser utilizado nas análises elásticas de projetos, especialmente para determinação de esforços solicitantes e verificação de estados limites de serviço, deve ser calculado pela expressão 6.2:

$$E_{cs} = 0,85 E_{ci} \quad (6.2)$$

Desta forma, o valor do módulo de elasticidade secante para um concreto, onde foi admitido a resistência característica à compressão, $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ é, de aproximadamente $E_{cs} = 26 \times 10^3 \text{ MPa}$, um valor considerado alto para a época da construção do Teatro devido à utilização de seixo rolado como agregado graúdo, que possui baixa deformabilidade. Como não foi possível fazer a realização de ensaios para obter o módulo de elasticidade, sugere-se que este estudo seja feito em trabalho futuros.

De acordo com o item 14.5.2 da NBR 6118:2003, deve-se admitir o comportamento elástico-linear para os materiais na verificação aos estados limites de serviço, que é o aspecto de maior interesse deste trabalho.

6.2.3 – Análise da influência das variações de temperatura

Em razão de sua limitada resistência à tração, os elementos estruturais de concreto são sensíveis às variações de temperatura e, dependendo da intensidade dessa variação, das dimensões relativas das peças, e da amplitude dos movimentos, as tensões provocadas podem superar a resistência à tração do concreto e provocar fissuração nociva.

A norma brasileira NBR 6118:2003 considera as variações de temperatura em estruturas de concreto como ações variáveis indiretas, que, se desprezadas ou consideradas incorretamente no projeto estrutural, podem levar ao surgimento de esforços indesejados nas peças da estrutura.

A equação da Física que rege o comportamento dos elementos lineares perante as variações de temperatura é expressa como segue:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T \quad (6.3)$$

Onde,

ΔL = deformação térmica linear (m)

α = coeficiente de dilatação térmica linear do material

L = comprimento linear (m)

ΔT = variação de temperatura ($^{\circ}C$)

No caso específico do material concreto e do aço, o coeficiente de dilatação térmica de acordo com a NBR 6118:2003 no item 8.3.4 corresponde a $\alpha = 10^{-5}/^{\circ}C$.

Dessa forma, o comportamento de elementos lineares, como vigas e pilares, depende de suas características geométricas, tendendo a sofrer alongamentos com aumentos de temperatura e encurtamentos com diminuições de temperatura. Se esses movimentos são restringidos por vínculos, surgem tensões de compressão, no primeiro caso, e de tração no segundo.

O concreto não responde de modo uniforme em diferentes partes da estrutura porque possui baixa condutividade térmica e o efeito nos elementos depende das variações localizadas entre as temperaturas máxima e mínima. Em longo prazo, esse ciclo de encurtamento-alongamento pode ser significativo e a matriz de concreto endurecido pode não ser capaz de absorver as deformações geradas pela variação de tensões internas, especialmente de tração.

Os tipos de vinculação da estrutura podem influenciar o seu comportamento perante as variações térmicas. Uma viga bi-apoiada, por exemplo, é capaz de deformar-se livremente na direção paralela do seu eixo, ao contrário de uma viga bi-engastada, que impedida de se deformar na direção paralela do seu eixo, produz tensões internas de tração, como pode ser visto na Figura 6.5, a título de ilustração.

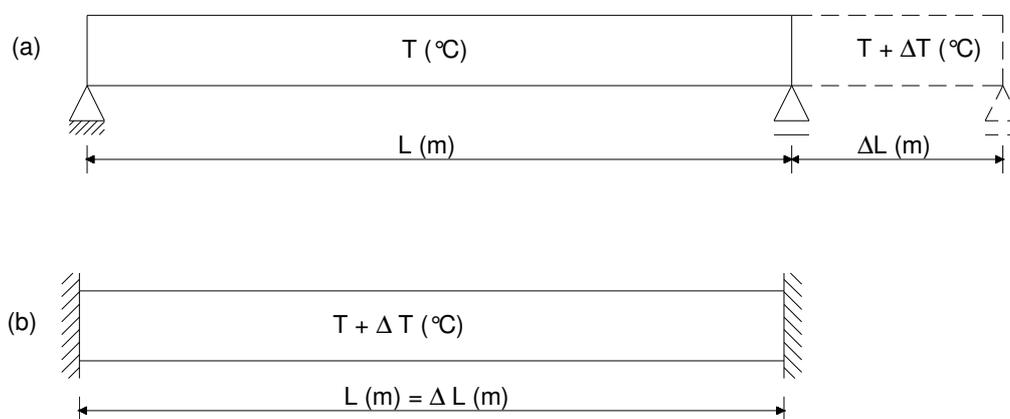


Figura 6.5: (a) Viga bi-apoiada (b) Viga bi-engastada

Na época da construção do Teatro, as construções executadas total ou parcialmente em concreto armado deveriam seguir as prescrições da norma brasileira NB1/1960, que prescrevia variações uniformes de temperatura ao longo da estrutura, salvo quando a desigualdade dessas variações fosse muito acentuada entre partes diferentes da estrutura.

O Teatro foi construído com juntas de dilatação, do lado leste e do lado oeste. A junta de dilatação localizada no lado oeste, ou seja, no ambiente da sala Villa-Lobos, pode ser facilmente percebida na parte externa e na parte interna, como é mostrado nas Figuras 6.6 e 6.7, a seguir. Tais juntas estão funcionando satisfatoriamente, como pode se ver nessas figuras.



Figura 6.6: Junta de dilatação da sala Villa-Lobos na parte interna



Figura 6.7: Junta de dilatação da sala Villa-Lobos na parte externa (ESTEVEVES, 2008)

No lado da sala Martins Pena é difícil visualizar internamente a localização desta junta, pois esta sala e seus ambientes são menos utilizados no Teatro, e, quase sempre está fechada e com iluminação dos ambientes desligada, que dificulta o registro fotográfico. Mas, do lado externo foi possível localizá-la devido a obra de substituição dos blocos das fachadas (Figura 6.8).



Figura 6.8: Junta de dilatação da sala Martins Pena na parte externa.
(ESTEVES, 2008)

O cálculo de esforços resultantes da influência de variações de temperatura de acordo com a NBR 6118/2003, poderia ser dispensado em peças permanentemente envolvidas por terra ou água e em edificações que não tivessem, em planta, dimensões não interrompidas superiores a 30 m. Dependendo da localização da obra, deveria ser considerada uma variação de temperatura entre $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, em torno da média. Para peças maciças ou ocas (desde que os espaços vazios sejam inteiramente fechados), cuja menor dimensão não fosse superior a 70 cm, admitia-se que essa variação fosse reduzida, respectivamente, para $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A norma NBR 6118:2003 não introduziu grandes modificações em seu texto e, para elementos estruturais cuja menor dimensão não seja superior a 50 cm, considera a mesma variação de temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, em torno da média. No entanto, a norma não deixa explícita uma dimensão máxima em planta para a adoção de juntas de dilatação, apenas menciona que devem ser respeitadas as exigências construtivas para a minimização dos efeitos da variação de temperatura sobre a estrutura da construção.

A figura 6.9 apresenta um gráfico das temperaturas máximas e mínimas registradas em Brasília no período entre os anos de 1961 a 1990.

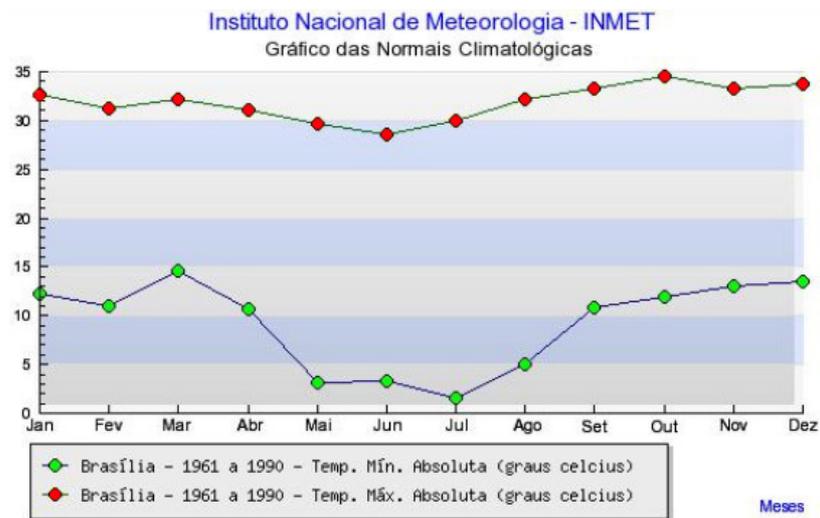


Figura 6.9: Temperaturas máximas e mínimas em Brasília, entre 1961 a 1990 (INMET)

Observando a figura acima obtém-se os seguintes valores para temperaturas máximas e mínimas:

- Média das temperaturas mínimas: 10° C
- Média das temperaturas máximas: 32° C

Fonseca (2007) mediu as temperaturas na superfície do concreto das vigas de cobertura do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília, utilizando o termômetro *Logen Scientific*, durante 15 dias seguidos e em horário fixos. Os resultados apresentaram uma variação máxima de temperatura na superfície do concreto da ordem de $\pm 23^{\circ}C$.

Dessa forma, será considerada a influência de uma variação de temperatura $\Delta T = \pm 15^{\circ}C$ baseado nas limitações da NBR 6118:2003, em função dos dados observados na Figura 6.9, e dos dados obtidos por Fonseca (2007), também, será considerada a influência de uma variação de temperatura $\Delta T = \pm 25^{\circ}C$, aplicadas aos elementos estruturais da cobertura, nível mais exposto às intempéries.

A ação da temperatura foi considerada como variável indireta. Como mostrado anteriormente, as vigas foram executadas de forma que alguns de seus apoios permitissem a movimentação na direção paralela a seu eixo.

As junta de dilatação foram consideradas na modelagem da estrutura por meio da liberação dos nós, inserindo os *releases* nos elementos de barras. Esse artifício não permite a transmissão de momentos fletores e de esforços axiais de uma barra para a outra.

Infelizmente, como não foi possível obter as plantas de detalhamento de armaduras, foram consideradas duas hipóteses de vinculação das vigas inclinadas no encontro com os blocos de fundação:

- a) Viga bi-apoiada;
- b) Viga engastada e apoiada.

Essas hipóteses foram adotadas para comparação dos deslocamentos obtidos em função dos tipos de vinculação das vigas no ponto de encontro com as fundações.

6.2.4 – Combinação de ações

Para analisar as estruturas de edifícios, é necessário considerar as combinações últimas e de serviço para as ações atuantes nos elementos componentes. Serão analisados os resultados obtidos na aplicação das combinações de serviço no modelo estrutural do Teatro, ou seja, um estudo do comportamento no Estado Limite Serviço (ELS).

De acordo com a NBR 6118: 2003, um carregamento é constituído pela combinação de ações com probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente na estrutura, durante um período de tempo pré-estabelecido.

As cargas consideradas nas combinações de ações na modelagem computacional foram: o peso próprio dos elementos estruturais, a carga dos vidros aplicada sobre as vigas inclinadas, a carga das lajes e as variações de temperatura de ± 15 °C e ± 25 °C. Considerou-se combinação de ações quase permanentes, determinada pela equação 6.4 da NBR 6118:2003:

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^n F_{Gi,k} + \sum_{i=1}^n \varphi_{2j} F_{Qj,k} \quad (6.4)$$

A modelagem computacional da estrutura permite analisar as combinações preponderantes que conduzam aos resultados mais desfavoráveis perante às variações de temperatura, avaliando o comportamento frente às ações conjuntas.

6.3 – RESULTADOS DA MODELAGEM COMPUTACIONAL NO SAP2000

6.3.1 – Preliminares

De uma forma geral, a estrutura deforma-se de acordo com o ilustrado na Figura 6.10 e 6.11.

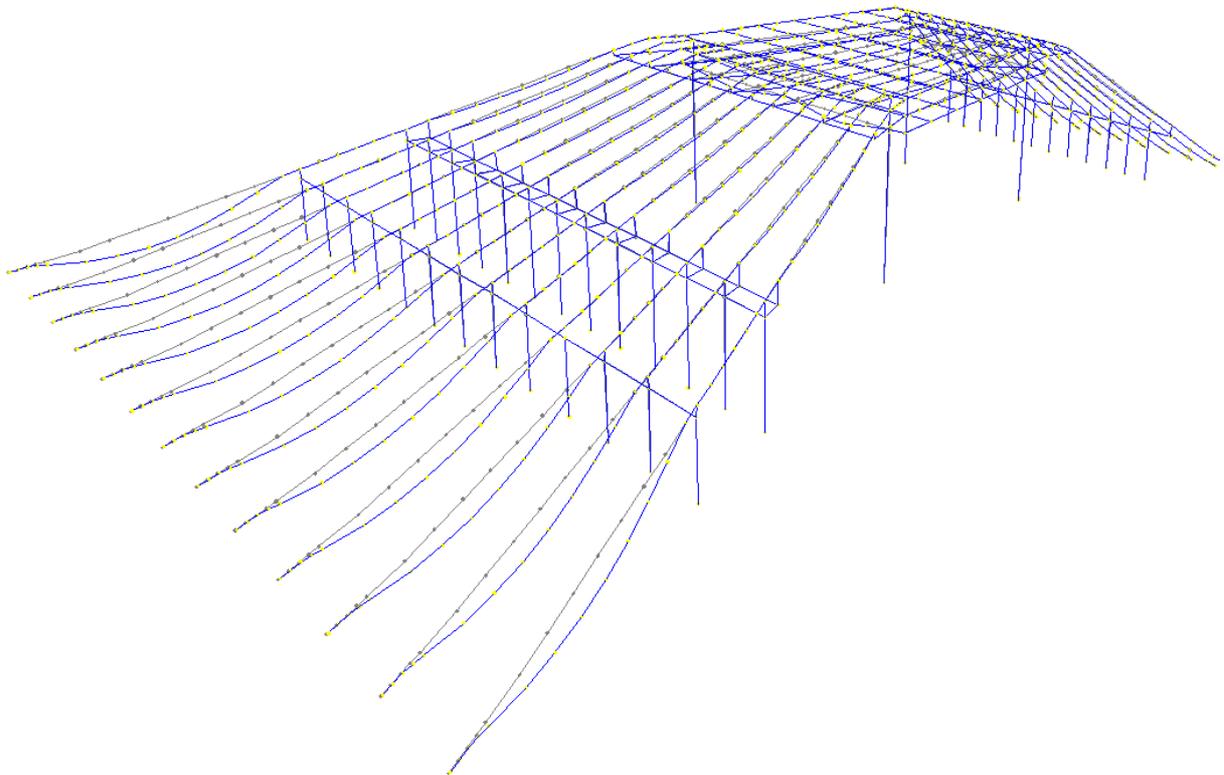


Figura 6.10: Deslocamentos nas vigas inclinadas em 3D, sem escala (SAP 2000)

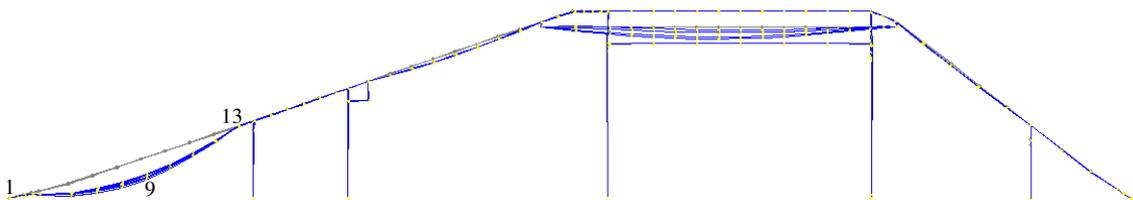


Figura 6.11: Deslocamentos nas vigas inclinadas vista em corte, sem escala (SAP 2000)

Os resultados da presente análise são apresentados nas tabelas abaixo, que apresentam um resumo dos valores de deslocamentos e rotações dos nós do trecho que foi considerado o mais crítico, que corresponde ao primeiro segmento das vigas principais da fachada do foyer da sala Villa-Lobos (Figura 6.3).

A tabela 6.2 apresenta os valores dos deslocamentos e esforço axial resultantes de uma aplicação de uma variação de temperatura de $\pm 15^\circ\text{C}$, e a tabela 6.3 apresenta os resultados da aplicação da variação de temperatura de $\pm 25^\circ\text{C}$. Os deslocamentos são crescentes ao longo das vigas, mas apresenta valores máximos no meio do vão e valores mínimos nas extremidades (Figura 6.11).

Tabela 6.2: Resultados de deslocamentos e esforço axial para $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$

<i>Condição de apoio</i>				<i>Condição de engaste</i>			
Nó	u_x (m)	u_z (m)	F_1 (kN)	Nó	u_x (m)	u_z (m)	F_1 (kN)
1	0	0	-250,00	1	0	0	-450,00
2	0,002	0	-	2	0	0	-
3	0,002	0	-	3	0	0	-
4	0,004	0,003	-	4	0,001	0,003	-
5	0,004	0,007	-	5	0,008	0,007	-
6	0,007	0,025	-	6	0,005	0,022	-
7	0,010	0,037	-	7	0,008	0,033	-
8	0,012	0,043	-	8	0,010	0,039	-
9	0,012	0,044	-	9	0,010	0,040	-
10	0,011	0,038	-	10	0,008	0,035	-
11	0,008	0,029	-	11	0,006	0,026	-
12	0,05	0,015	-	12	0,001	0,014	-
13	0	0	-	13	0	0	-

Tabela 6.3: Resultados de deslocamentos e esforço axial para para $\Delta T = \pm 25^\circ\text{C}$

<i>Condição de apoio</i>				<i>Condição de engaste</i>			
Nó	u_x (m)	u_z (m)	F_1 (kN)	Nó	u_x (m)	u_z (m)	F_1 (kN)
1	0	0	-350,00	1	0	0	-550,00
2	0,003	0	-	2	0	0	-
3	0,004	0	-	3	0	0	-
4	0,006	0,006	-	4	0,002	0,006	-
5	0,007	0,013	-	5	0,005	0,013	-
6	0,013	0,045	-	6	0,010	0,043	-
7	0,020	0,066	-	7	0,016	0,065	-
8	0,023	0,078	-	8	0,019	0,076	-
9	0,023	0,079	-	9	0,019	0,076	-
10	0,020	0,070	-	10	0,017	0,068	-
11	0,015	0,046	-	11	0,012	0,050	-
12	0,009	0,026	-	12	0,005	0,026	-
13	0	0	-	13	0	0	-

6.3.2 – Resultados para a condição de apoio

6.3.2.1 – Deslocamento das vigas inclinadas

Os deslocamentos lineares máximos obtidos na direção paralela ao eixo dos elementos estruturais, o Eixo X, com aplicação de variação da temperatura $\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$ e de $\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$, foram respectivamente, de *1,27 cm* e *2,33 cm*.

O valor de flecha máxima admissível, de acordo com a tabela 13.2 da NBR 6118:2003, para aceitabilidade sensorial visual é $L/250$. O trecho mais crítico do Teatro em relação às flechas situa-se no primeiro trecho das vigas inclinadas da fachada oeste, onde se localiza a sala Villa-Lobos. As deformações deste trecho que apresenta a maior flecha, com vão livre de 27,5 m, estão ilustradas na figura 6.11.

Na análise efetuada, a maior flecha obtida nessas vigas foi *4,50 cm*, para variação de temperatura de $\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$, e de *8,00 cm* para variação de $\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$, e o valor máximo admissível pela NBR 6118:2003, corresponde a cerca de *11 cm*. O fato de serem flechas com valores muito próximos mostra o bom comportamento da estrutura com as elevadas variações de temperatura, indicando que o lançamento estrutural foi adequado e o posicionamento correto das juntas.

A título de comparação de resultados, entre os valores de flechas obtidos pelo programa SAP200 e as condições especificadas no item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2003, foi calculada a flecha total deste trecho da viga, composta pela soma da flecha imediata calculada com a seção bruta de concreto com a flecha diferida no tempo. Por falta de dados, foi considerada a viga com seção transversal sem armadura, admitindo-se que a protensão fosse suficiente para evitar a fissuração da viga. Dessa forma, chegou-se a um valor de flecha total de *8,01 cm*, como pode ser verificado no Apêndice D.

Do lado leste, nas vigas da fachada da sala Martins Pena, acontece o mesmo efeito, mas com menor intensidade, para as duas hipóteses de condições de vinculação das vigas.

6.3.2.2 – Reações de apoio

Os resultados das reações de apoio desta análise, representam os esforços gerados pela combinação de ações descritas anteriormente neste capítulo.

O esforço axial gerado por esta combinação de ações nos quatro pilares principais do Teatro corresponde a $F_I = 2450 \text{ kN}$ para a variação de temperatura de $\pm 15^\circ \text{C}$ e $F_I = 4890 \text{ kN}$ para a variação de temperatura de $\pm 25^\circ \text{C}$. Este esforço axial é transmitido ao longo deste pilar, somando-se ao seu peso próprio e a outras cargas até atingir a fundação.

As vigas inclinadas da fachada leste descarregam nas fundações o esforço axial máximo correspondente a $F_I = 250 \text{ kN}$ para a variação de temperatura de $\pm 15^\circ \text{C}$, e o esforço axial máximo, $F_I = 350 \text{ kN}$, para a variação de temperatura de $\pm 25^\circ \text{C}$ este esforço provoca momento fletor nas fundações.

6.3.3 – Resultados para a condição de engaste

6.3.3.1 – Deslocamento das vigas inclinadas

Os deslocamentos lineares máximos obtidos na direção paralela ao eixo dos elementos estruturais, o Eixo X, com aplicação de variação da temperatura $\pm 15^\circ \text{C}$ e de $\pm 25^\circ \text{C}$, foram respectivamente, de $1,00 \text{ cm}$ e $1,90 \text{ cm}$.

Na análise efetuada, a flecha máxima obtida no trecho crítico das vigas do foyer da Villa-Lobos foi $4,0 \text{ cm}$, para variação de temperatura de $\pm 15^\circ \text{C}$, e de $7,60 \text{ cm}$ para variação de $\pm 25^\circ \text{C}$. Neste caso, pode-se notar que os valores obtidos para as flechas estão muito próximos, e, também indica o bom comportamento das juntas e da estrutura.

6.3.3.2 – Reações de apoio

Os resultados das reações de apoio correspondem ao esforço axial gerado por esta combinação de ações nos quatro pilares principais do Teatro corresponde a $F_I = 2500 \text{ kN}$ para a variação de temperatura de $\pm 15^\circ \text{C}$ e $F_I = 4910 \text{ kN}$ para a variação de temperatura de $\pm 25^\circ \text{C}$.

As vigas inclinadas da fachada leste descarregam nas fundações o esforço axial máximo correspondente a $F1 = 450 \text{ kN}$, para a variação de temperatura de $\pm 15^\circ \text{ C}$, e o esforço axial máximo, $F1 = 550 \text{ kN}$ para variação de temperatura de $\pm 25^\circ \text{ C}$. Esses esforços, pela inclinação das vigas provoca momentos fletores, que devem ter sido considerados no dimensionamento das fundações, pois não se notam danos aparentes nas extremidades dessas vigas, no ponto de encontro com as fundações.

7 – PROPOSTA PARA UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, o presente capítulo tem por objetivo propor estratégias para elaboração de um programa de manutenção preventiva para a estrutura do Teatro, visando contribuir para a garantia e o prolongamento de sua vida útil.

7.1 – PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA O TEATRO NACIONAL

As atividades de manutenção preventiva devem, sempre, ser baseadas em resultados obtidos de inspeções periódicas, e a periodicidade dessas inspeções pode ser definida de acordo com a metodologia proposta pela FIP (1998), já descrito no Capítulo 2.

O Teatro Nacional dispõe de uma equipe formada pela Gerência Técnica Operacional do Teatro, responsável pela funcionalidade do mesmo, que realiza pequenos reparos, e alguns membros desta equipe acompanharam todas as intervenções realizadas no Teatro, mas o mesmo não possui um corpo técnico responsável pelo desempenho da edificação.

Desta forma, propõe-se que o Teatro possua equipe técnica, como no caso do Palácio da Justiça que dispõe de uma equipe da Divisão de Engenharia do Ministério da Justiça, composta por 02 engenheiros, 01 arquiteta e 01 técnico em edificações (MOREIRA, 2007).

Essa equipe a ser composta, seria responsável por um planejamento de atividades de inspeções rotineiras, podendo ser baseada na Metodologia GDE/UnB. Os resultados dessas inspeções devem indicar a necessidade de reparos estruturais pontuais ou a necessidade de nova inspeção extensiva, que devem ser realizadas por profissionais especializados e a custos razoáveis.

O ponto de partida para esta equipe seria a elaboração das atividades de manutenção preventiva, por isso sugere-se que seja realizado o acompanhamento das deformações das vigas inclinadas e das lajes por meio de instrumentação adequada, recuperação da camada de cobertura das mesmas e correções das manchas de umidade.

8 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

8.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a situação física atual da estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro e o comportamento das vigas inclinadas das fachadas sob o efeito das variações de temperatura. As informações adquiridas sobre materiais, tecnologia construtivas, projetos arquitetônicos, etc. e informações sobre a história do Teatro foram obtidas através de documentos e depoimentos com pessoas que tiveram envolvimento direto e indireto na história desta obra.

8.2 – CONCLUSÕES

8.2.1 – História, projetos e intervenções

Durante a pesquisa sobre a história do Teatro, foi possível constatar a sua importância cultural e social para a sociedade brasileira. É fácil encontrar reportagens de revistas, jornais e folders contando os momentos de *glamour* vividos no Teatro pela sociedade brasileira, mesmo quando ele ainda era uma obra inacabada. Dentre suas inúmeras utilizações desta época, pode-se citar a Missa do Galo, concursos de *Miss*, campeonatos de voleibol, colação de grau e matinês de Carnaval.

Vale ressaltar que é possível encontrar muitos documentos sobre o Teatro Nacional no Arquivo Público do Distrito Federal, tais como, projetos de arquitetura, de instalações elétricas e hidráulico-sanitárias, plantas de fôrmas e de detalhamento da estrutura de concreto do Anexo do Teatro que abriga a Secretaria de Cultura do Governo do Distrito Federal. Os desenhos de detalhamento da estrutura do Teatro não foram encontrados, ou qualquer outro documento técnico, como as memórias de cálculo da estrutura e registros de controle dos materiais e tecnologias construtivas utilizadas.

Em contato realizado com o engenheiro Bruno Contarini, que participou do projeto estrutural, ele esclareceu que não possui cópias dos projetos, mas deu uma grande contribuição esclarecendo dúvidas em relação à história da construção do Teatro e da sua concepção estrutural.

Confirma-se, neste trabalho o descuido com tais documentos, e esse aspecto tem sido uma constante em trabalhos anteriores desenvolvidos nesta mesma linha de pesquisa, pois esses documentos são de extrema importância para a engenharia estrutural brasileira. Eles registrariam a relevante história das técnicas de projeto estrutural, construtivas e de materiais, mas essa documentação parece estar perdida.

A estrutura do Teatro nunca sofreu intervenções significativas até a presente data, mas foram realizadas algumas intervenções na edificação para melhorar a sua funcionalidade e estética.

Dentre as intervenções, as fachadas leste e oeste receberam uma nova estrutura metálica, para apoiar os vidros escuros, e uma nova impermeabilização foi efetuada, para impedir a entrada de água no foyer das salas Villa-Lobos e Martins Pena. Essa reforma foi realizada em 2001 e patrocinada pelo Banco do Brasil.

Em 2008, foi iniciada a troca dos paralelepípedos vazados de concreto armado, elementos volumétricos decorativos das fachadas norte e sul, de autoria de Athos Bulcão e uma característica marcante da edificação. O excessivo grau de corrosão das armaduras das paredes de espessura reduzida levou esses blocos a uma situação física irreversível, pela presença constante de água de chuvas no seu interior, sem manutenção e previsão para esgotamento, além do concreto com alta permeabilidade e espessura de cobrimento deficiente. Tendo ainda a sujeira acumulada ao longo de mais de 30 anos, as manchas e deslocamentos de concreto se generalizaram nas placas de concreto, causando um efeito visual muito ruim.

Essa reforma está sob responsabilidade da empresa HB Engenharia Ltda. e encontrava-se paralisada até o fechamento deste trabalho. O documento técnico disponibilizado pela empresa foi o detalhamento da geometria dos blocos de substituição dos originais, com a mesma geometria e também de concreto armado.

Com a interrupção da obra em meados de outubro de 2008, o Teatro encontra-se sem os blocos de concreto nas fachadas norte e sul, e sofreu uma agressão física por um vândalo, no dia 17 de março de 2009 que pixou uma frase de letras indecifráveis, na fachada sul do Teatro, utilizando um *spray* de tinta preto. Esta agressão ao patrimônio cultural da humanidade gerou indignação na população brasiliense e foi registrada pela imprensa local. Foi a primeira vez na sua história que o Teatro foi alvo de vandalismo.

8.2.2 – Quantificação da deterioração da estrutura pela Metodologia GDE/UnB

A análise da estrutura de concreto do Teatro, por meio da Metodologia GDE/UnB, indicou uma situação física de deterioração considerada *baixo* e sugere que sejam planejadas atividades de manutenção preventiva para garantir e prolongar a sua funcionalidade, segurança e estética da estrutura.

Por meio das inspeções técnicas, foi constatado que os pilares estão praticamente todos revestidos e suas poucas manifestações patológicas detectadas por inspeção visual são pouco significativas. As mais comuns são pequenas fissuras no revestimento e manchas esparsas de corrosão de armaduras.

As vigas das fachadas leste e oeste estão em contato direto com as intempéries e pode-se perceber visualmente manifestações de danos mais expressivos, tais como: manchas de corrosão das armaduras, com provável carbonatação do concreto, fissuração intensa na argamassa de revestimento do concreto, manchas de umidade e sinais de corrosão da estrutura de sustentação dos vidros escuros.

Os muros de arrimo necessitam de uma avaliação detalhada para que seja possível julgar sua capacidade estrutural e a situação física do concreto.

8.2.3 – Análise da estrutura do Teatro Nacional na modelagem computacional

A análise feita no programa SAP2000 visou avaliar o comportamento das vigas inclinadas sob as altas variações de temperatura típicas na cidade de Brasília.

A modelagem da estrutura principal do Teatro foi realizada por meio das plantas de fôrmas e de arquitetura elaborados por uma equipe de topógrafos, em 1975, a pedido do arquiteto Milton Ramos, a partir da estrutura já pronta. Verificou-se a incompatibilidade de dimensões geométricas das vigas inclinadas, entre as dimensões da estrutura existente e as dimensões descritas nas plantas de fôrmas. Assim, para que o modelo computacional pudesse ser mais realista, foram considerados as dimensões verificadas no local dessas vigas inclinadas.

À época da construção do Teatro, a NB1/1960 dispensava a verificação das estruturas perante os efeitos da influência de variações de temperatura em peças permanentemente envolvidas por terra ou água, e em edificações que não tivessem, em planta, dimensões não interrompidas superiores a 30 m.

Para uma melhor avaliação, foram consideradas duas hipóteses de vinculação das vigas inclinadas devido à falta de dados sobre a estrutura, visando compreender melhor o comportamento de tais vigas a partir dos resultados da análise.

Os resultados mostraram-se coerentes com os fundamentos teóricos de análise estrutural e no aspecto geral as vigas apresentam um bom comportamento estrutural, que indica bom lançamento da estrutura e um bom cálculo, apesar de ter sido elaborado em 45 dias, com poucas ferramentas disponíveis naquela época.

Uma comparação nos resultados mostra uma pequena variação nos deslocamentos lineares paralelos ao eixo das vigas. Na consideração de engaste-apoio, os deslocamentos lineares paralelos ao eixo das vigas são menores que na hipótese dessas vigas serem bi-apoiadas. Isso se deve ao fato do engaste impedir o deslocamento no eixo x na extremidade do nó, como foi explicado no Capítulo 6. O engastamento também propiciou flechas menores no meio do vão das vigas.

A análise também comprovou que os pilares principais recebem uma grande parcela das cargas, pois esta é uma idéia amplamente divulgada em publicações sobre o Teatro.

De acordo com os resultados da análise estrutural e com as prescrições da NBR 6118:2003, a concepção estrutural adotada para o Teatro funciona muito bem. É uma estrutura de traços simples com 49 anos de idade, com pequenas deformações, não visíveis a olho nu. Na região das juntas de dilatação a edificação não apresenta fissuras.

Este resultado soma-se às dissertações desenvolvidas anteriormente dessa mesma linha de pesquisa no PECC/UnB e comprova a boa qualidade dos projetos elaborados pelas equipes técnicas para a construção de Brasília, em curtos espaços de tempo.

Por fim, é preciso reforçar que as plantas ainda existentes devem ser arquivadas em local seguro, pois estes documentos são importantíssimos para contar a história da construção de Brasília, além de permitir fazer uma avaliação física adequada, e uma análise estrutural mais compatível com a estrutura existente em trabalhos futuros.

8.2.4 – Programa de manutenção preventiva para o Teatro Nacional

Os resultados obtidos na avaliação realizada por meio da Metodologia GDE/UnB(2007), indicou um nível de deterioração da estrutura considerado *baixo*, que indica um estado de deterioração aceitável da estrutura e esta metodologia recomenda que sejam planejadas atividades de manutenção preventiva.

Sugere-se a formação de uma equipe técnica responsável por garantir e prolongar o desempenho, funcionalidade e vida útil da estrutura do Teatro, por meio de um planejamento de atividades para um programa de manutenção.

Também recomenda-se que seja realizado a parceria de longo prazo com instituições públicas de ensino e pesquisa, para que possam contribuir com a elaboração e realização de programas de manutenção eficazes para os monumentos de Brasília.

8.3 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Reconhecendo a importância da preservação e manutenção do patrimônio brasileiro construído, em que se enquadram os monumentos arquitetônicos da cidade de Brasília, podem-se listar outras edificações construídas na mesma época do Teatro consideradas ícones para a Arquitetura e Engenharia nacionais e que ainda não tiveram estudo de natureza similar a este trabalho. Dentre eles, destacam-se:

- Palácio da Alvorada;
- Palácio do Planalto;
- Supremo Tribunal Federal;
- Congresso Nacional;
- Edifícios sedes dos Ministérios na Esplanada;
- Memorial JK;
- Igreja Nossa Senhora de Fátima.

Outras sugestões para trabalhos futuros para a continuidade desta linha de pesquisa são:

- a) Desenvolver metodologias de avaliação de estruturas semelhantes a Metodologia GDE/UnB para estrutura metálica, madeira, alvenaria estrutural; e, para elementos não estruturais; paredes, forros, etc;
- b) Reunir a documentação e memória técnica de projeto e execução dos monumentos da Capital, nos seus diversos órgãos públicos, além das coleções e arquivos particulares de profissionais e empresas que participaram da empreitada. Um trabalho dessa natureza poderia culminar em um autêntico museu da Construção de Brasília e deveria merecer o apoio e patrocínio de empresas públicas e privadas, órgãos de classe e agências oficiais de preservação do patrimônio histórico e cultural e de fomento à pesquisa. Soma-se a este projeto o registro audiovisual por meio de depoimentos com os responsáveis técnicos das obras;
- c) Elaboração de um programa estratégico emergencial de manutenção das estruturas dos monumentos de Brasília, com fonte de recursos dos órgãos do governo federal e distrital;
- d) Avaliação estrutural dos muros de arrimos do Teatro, para julgar sua capacidade estrutural e conhecer a situação física do concreto;
- e) Elaboração de um estudo para obtenção de dados qualitativos da resistência característica à compressão do concreto e do módulo de elasticidade dos monumentos de Brasília, que deverão ser obtidos por meio de testemunhos de concretos extraídos de tais monumentos, por meio da realização de ensaios/testes de laboratório para determinar tais características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCAIDE, A (2008). *Depoimento oral à Autora* – Abril, 2008.

ANDRADE, J. J. O (1997). *Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL, ABECE (2005). *Checklist para vistorias de edificações em concreto armado*. Recife, PE.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (1980). *Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento. NBR 6120*. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (2003). *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. NBR 6118*. Rio de Janeiro, RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT (1978). *Projeto e execução e obras de concreto armado – Procedimento. NB-1*. Rio de Janeiro, RJ.

ArPDF (2008). Arquivo Público do Distrito Federal – *Fotografias* – Brasília, DF. Fevereiro, 2008.

BOLDO, P. (2002). *Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro*, Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

BRASIL (1988). *Constituição Federal do Brasil artigo 216 de 05 de outubro de 1988*. 9ª edição. Editora Ícone, São Paulo, SP, 208p.

- CASTRO, E. K (1994). *Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- CONTARINI, B (2008). *Depoimento oral à Autora* – Abril, 2008.
- ESTEVES, L. L (2008). *Fotografias da obra de restauração dos blocos das fachadas do Teatro Nacional*– Brasília, DF. Agosto, 2008.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRÉCONTRAÎNTE – FIP (1988). *Guide to good practice: Inspection and maintenance of reinforced and prestressed concrete structure*. Londres, Thomas Telford Publications.
- FONSECA, R. P. (2007). *A Estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- FUNARI, P. P. A. *Os desafios da destruição e conservação do Patrimônio Cultural no Brasil*. Trabalhos de Antropologia e Etnologia, Porto, 41, ½, 2001, 23-32.
- FURTADO, A. (2008). *Depoimento oral à Autora* – Maio, 2008.
- HB ENGENHARIA LTDA (2008). *Depoimento oral à Autora e documentos*. – Agosto, 2008.
- HELENE, P. R. L. (1992). *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto armado*. Editora PINI, São Paulo, SP.
- INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO ARTÍSTICO NACIONAL, IPHAN (2008). *Livro de Tombo*. Disponível em: < <http://www2.iphan.gov.br/ans/inicial.htm> >. Acesso em 04 de agosto de 2008.

- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET (2008). *Gráficos Climatológicos*. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php> >. Acesso em 06 de maio de 2008.
- INSTITUTO TERCEIRO SETOR (2004). *Teatro Nacional Cláudio Santoro - forma e performance*. Série Memória. Publicação da Secretaria de Cultura do Governo do Distrito Federal.
- KLEIN, D.; GASTAL, F.; CAMPANOLO, J.L.; SILVA FILHO, L.C. (1991). *Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte*. XXV Jornadas Sul americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, Anais, pp 185-196.
- LICHTENSTEIN, N. B (1986). *Patologia das Construções – Boletim técnico*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- LOPES, B. A. R. (1998). *Sistema de Manutenção Predial para Grandes Estoques de Edifícios: Estudo para Inclusão do Componente “Estruturas de Concreto”*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- MANUAL SAP 2000. *Computers and Structures Inc*.
- MOREIRA, A. L. A. (2007). *A estrutura do Palácio da Justiça: aspectos históricos, projeto, execução, intervenções e proposta de estratégias para manutenção*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- NEPOMUCENO, A. A. (2005). *Notas de aulas*. Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- ORICO, O. (1961). *Brasil, capital Brasília*. Brasília - Editora Distribuidora Record, Rio de Janeiro, RJ.

- PESSOA, D. F. (2002). *A estrutura da Catedral de Brasília: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção*. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- PINHEIRO, L. M. (2005). *Fundamentos do concreto e projetos de edifícios*. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP.
- REVISTA MÓDULO (1960), edição nº17, Rio de Janeiro, RJ.
- RUSCHEL, R. (1974). *Curso básico de concreto armado*. Editora Globo, Porto Alegre, RS, 329p.
- SANTOS JÚNIOR, E. C. R. (2004). *A estrutura do Palácio do Itamaraty: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e recomendações para manutenção*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- SOUZA, V. C. M. e RIPPER, T. (1999). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. Editora PINI, São Paulo, SP.
- TAMANINI, L. F. (1994). *Brasília: Memória da Construção*. Editora Royal Court, Brasília, DF.
- TEATRO NACIONAL CLAUDIO SANTORO (2008). *História e apresentação do Teatro*. Disponível em: < http://www.sc.df.gov.br/paginas/tncs/tncs_01.htm>. Acesso em 06 de fevereiro de 2008.
- TOMBAMENTO: CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO, ARTÍSTICO E CULTURAL. (2008) Artigo. Disponível em <<http://www.direitonet.com.br/artigos/x/30/28/3028/>>. Acesso em 04 de junho de 2008.

VASCONCELOS, A. C. de (1992). *O Concreto no Brasil: Recordes – Realizações – História*, Volume I. Editora PINI, São Paulo, SP.

VERÍSSIMO, G. de S.; CÉSAR Jr., K. M. L. (1998). *Concreto Protendido - Fundamentos de Projeto*. 4ª edição. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 78p.

ZIEGLER, G. L. F., CARMO, P. I. O do (2003). *Inspeção e manutenção de estruturas de concreto armado: uso de ensaios não destrutivos*. In: XVIII Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica. Itajaí, SC.

APÊNDICES

APÊNCIDE A – TABELAS DE AVALIAÇÃO (METODOLOGIA GDE/UnB, 2007)

Tabela A.1: Avaliação do pilar principal 1 do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Pilar Principal 1				Data da Vistoria: 12/08/2008	
Local: Interno - Palco da Sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
carbonatação	3	0	0	Pilar revestido com tinta na cor preta.	 <p>Não foi possível obter fotografias do elemento.</p>
cobrimto deficiente	3	1	2,4		
contaminação pro cloretos	4	0	0		
corrosão de armaduras	5	0	0		
desagregação	3	0	0		
desplacamento	3	0	0		
desvio de geometria	4	0	0		
eflorescência	2	1	1,6		
falhas de concretagem	3	1	2,4		
fissuras	2	1	1,6		
manchas	3	0	0		
recalque	5	0	0		
sinais de esmagamento	5	0	0		
umidade na base	3	0	0		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 4				Gde<15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.2: Avaliação do pilar principal 2 do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Pilar Principal 2				Data da Vistoria: 12/08/2008	
Local: Interno - Palco da Sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
carbonatação	3	0	0	Pilar revestido com tinta na cor preta.	 <p>Não foi possível obter fotografias do elemento.</p>
cobrimto deficiente	3	1	2,4		
contaminação pro cloretos	4	0	0		
corrosão de armaduras	5	0	0		
desagregação	3	0	0		
desplacamento	3	0	0		
desvio de geometria	4	0	0		
eflorescência	2	1	1,6		
falhas de concretagem	3	1	2,4		
fissuras	2	1	1,6		
manchas	3	0	0		
recalque	5	0	0		
sinais de esmagamento	5	0	0		
umidade na base	3	0	0		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 4				Gde<15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.3: Avaliação do pilar principal 3 do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Pilar Principal 3				Data da Vistoria: 12/08/2008	
Local: Interno - Palco da Sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
carbonatação	3	0	0	Pilar revestido com tinta na cor preta.	 <p>Não foi possível obter fotografias do elemento.</p>
cobrimto deficiente	3	1	2,4		
contaminação pro cloretos	4	0	0		
corrosão de armaduras	5	0	0		
desagregação	3	0	0		
desplacamento	3	0	0		
desvio de geometria	4	0	0		
eflorescência	2	1	1,6		
falhas de concretagem	3	1	2,4		
fissuras	2	1	1,6		
manchas	3	0	0		
recalque	5	0	0		
sinais de esmagamento	5	0	0		
umidade na base	3	0	0		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 4				Gde<15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.4: Avaliação do pilar principal 4 do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Pilar Principal 4				Data da Vistoria: 12/08/2008	
Local: Interno - Palco da Sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
carbonatação	3	0	0	Pilar revestido com tinta na cor preta.	 <p>Não foi possível obter fotografias do elemento.</p>
cobrimto deficiente	3	1	2,4		
contaminação pro cloretos	4	0	0		
corrosão de armaduras	5	0	0		
desagregação	3	0	0		
desplacamento	3	0	0		
desvio de geometria	4	0	0		
eflorescência	2	1	1,6		
falhas de concretagem	3	1	2,4		
fissuras	2	1	1,6		
manchas	3	0	0		
recalque	5	0	0		
sinais de esmagamento	5	0	0		
umidade na base	3	0	0		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 4				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.5: Avaliação da viga A1 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A1				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimto deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	1	2,4		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.6: Avaliação da viga A2 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A2				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimto deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.7: Avaliação da viga A3 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A3				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.8: Avaliação da viga A4 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A4				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.9: Avaliação da viga A5 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A5				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.10: Avaliação da viga A6 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A6				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.11: Avaliação da viga A7 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A7				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.12: Avaliação da viga A8 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A8				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.13: Avaliação da viga A9 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A9				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.14: Avaliação da viga A10 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A10				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.15: Avaliação da viga A11 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A11				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.16: Avaliação da viga A12 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A12				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.17: Avaliação da viga A13 da fachada da sala Villa-Lobos do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga A13				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Villa-Lobos				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.18: Avaliação da viga C1 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

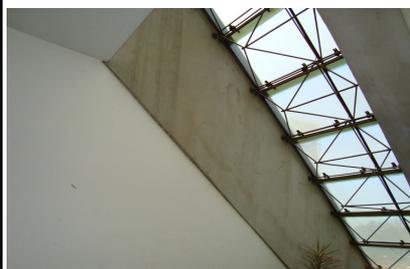
Identificação do elemento: Viga C1				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.19: Avaliação da viga C2 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C2				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.20: Avaliação da viga C3 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C3				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.21: Avaliação da viga C4 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C4				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão na são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.22: Avaliação da viga C5 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C5				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	2	3,2		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.23: Avaliação da viga C6 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C6				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.24: Avaliação da viga C7 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C7				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.25: Avaliação da viga C8 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C8				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.26: Avaliação da viga C9 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C9				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.27: Avaliação da viga C10 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C10				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14					

Tabela A.28: Avaliação da viga C11 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C11				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.29: Avaliação da viga C12 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C12				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	2	3,2		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.30: Avaliação da viga C13 da fachada da sala Martins Pena do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Viga C13				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Foyer da sala Martins Pena				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	As manchas de corrosão são provenientes da estrutura de sustentação dos vidros	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 14				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.31: Avaliação da laje F do espaço Dercy Gonçalves do Teatro Nacional.

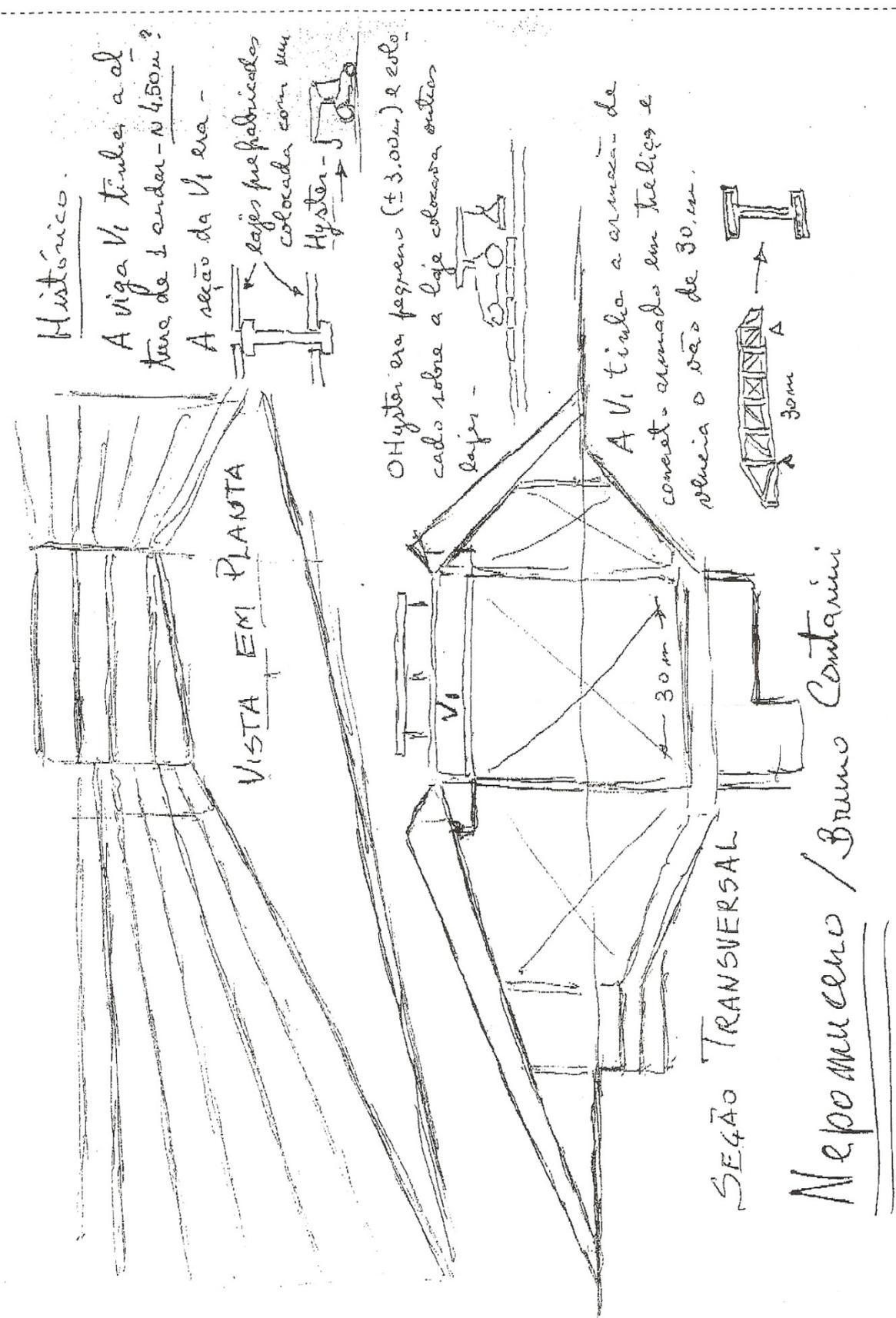
Identificação do elemento: Laje F				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Espaço Dercy Gonçalves				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0	O piso desta laje encontra-se completamente revestido por de granito	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Contaminação por cloretos	3	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Deslocamento	3	0	0		
Eflorescência	2	0	0		
Falhas de concretagem	2	0	0		
Fissuras	2	1	1,6		
Flechas	5	1	4		
Manchas	3	0	0		
Umidade	3	1	2,4		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 13					

Tabela A.32: Avaliação das placas pré-moldadas de concreto do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Placas Pré-Moldadas de concreto				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Fachadas Norte e Sul				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0		Não foi possível obter imagens.
Cobrimento deficiente	3	2	4,8		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Deslocamento	5	0	0		
Deslocamento	3	0	0		
Eflorescência	2	2	3,2		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Manchas	3	0	0		
Sinais de esmagamento	5	0	0		
Umidade	3	2	4,8		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 13				Gde < 15: Nível de Deterioração BAIXO Estado aceitável - Manutenção Preventiva	

Tabela A.33: Avaliação dos muros de arrimo do Teatro Nacional.

Identificação do elemento: Muros de arrimo				Data da Vistoria: 14/08/2008	
Local: Interno e enterrado				Realizada por: Deise	
Danos	F _p	F _i	D	Croquis / Observações	Fotos
Carbonatação	3	0	0		Não foi possível obter imagens.
Cobrimento deficiente	3	0	0		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	0	0		
Desagregação	3	2	4,8		
Deslocamento por empuxo	5	0	0		
Eflorescência	2	2	3,2		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Fissuras	2	1	1,6		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	5	0	0		
Umidade	3	3	24		
GRAU DE DETERIORAÇÃO DO ELEMENTO, Gde = 34					



FROM : BASE.Projetos PHONE NO. : 04++21 5527310 NOV. 14 2008 02:22PM PT

Figura A.1: Esboço do Teatro Nacional feito pelo engenheiro Bruno Contarini

**APÊNDICE B – ROTEIRO DE INSPEÇÃO PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO
(FONSECA, 2007)**

FICHA DESCRITIVA DA EDIFICAÇÃO

Nome: _____

Localização: _____

Natureza do uso: _____

Área construída aproximada: _____

Idade: _____

Número de pavimentos: _____

Sistema Construtivo: _____

Classe de agressividade ambiental / Condições de exposição (Tabela 2, NBR 6114:2003):

Observações:

Data da(s) inspeções: _____

RESPONSÁVEIS PELA INSPEÇÃO:

Nome(s): _____

Profissão: _____

Cargo / Função: _____

Empresa / Órgão: _____

1. INTRODUÇÃO

O presente *Roteiro de Inspeção* é parte integrante de uma metodologia destinada à avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto de edificações usuais. Essa metodologia foi desenvolvida e testada em diversas edificações de naturezas distintas, trabalho constante de projetos de fim de curso e de três dissertações de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB (ver item 5. Referências: Castro, E. K., 1994; Lopes, B.A.R., 1998; Boldo, P., 2002, já tendo sido publicada em vários artigos, com a apresentação, em forma sintética, de resultados de sua aplicação (Castro, Clímaco e Nepomuceno (1995); Castro e Clímaco (1999); Lopes et alli (1999); Boldo e Clímaco (2002).

A avaliação é feita mediante um programa de inspeções periódicas, com o uso deste roteiro, e tem por objetivo contribuir para a definição das ações necessárias à garantia da durabilidade da edificação, nos aspectos de segurança, funcionalidade e estética, auxiliando a tomada de decisões de engenheiros e técnicos da área de manutenção e recuperação de estruturas.

Neste caderno, são consideradas as disposições do texto contido na Norma: Projeto de estruturas de concreto (NBR-6118/2003), referentes à durabilidade de estruturas de concreto.

2 - PARÂMETROS DE INSPEÇÃO

2.1- Considerações Preliminares

2.1.1 - Agressividade do ambiente

A norma NBR 6118/2003 dispõe sobre os requisitos para a durabilidade, considerando a agressividade do meio ambiente, relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

A Tabela B.1, a seguir, apresenta a classificação da agressividade do ambiente, a ser considerada nos projetos de estruturas correntes pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes de acordo com a tabela abaixo:

Tabela B.1: Classes de agressividade ambiental (tabela 6.1 – NBR 6118:2003)

Classes de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural – Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{1,2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹ – Industrial ^{1,2}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{1,3} – Respingos de maré	Elevado

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambiente quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns e fertilizantes, indústrias químicas.

2.1.2 - Identificação dos elementos estruturais

A aplicação da metodologia exige representações gráficas da estrutura (plantas deforma, croquis, etc.), que permitam localizar e identificar, da forma mais clara possível, os elementos vistoriados, quanto à

sua natureza, pavimento, tipo de ambiente, etc. Uma documentação fotográfica da inspeção, pode auxiliar o processo de avaliação de danos, diagnóstico e laudos técnicos.

2.2 - Tipos de danos em estruturas

Apresenta-se, a seguir, uma conceituação dos danos mais freqüentes em estruturas de concreto, em ordem alfabética, visando padronizar a terminologia e, permitir a quantificação dos danos. É importante se recorrer a bibliografia complementar sobre o tema, algumas das quais referenciadas neste texto.

a) Carbonatação: penetração do dióxido de carbono, CO₂, presente na atmosfera, através das redes de poros do concreto, e de sua reação com os alcalinos da pasta de cimento, principalmente o hidróxido de cálcio. Conseqüentemente, tem-se a redução do pH do concreto provocando a despassivação das armaduras, ou seja elas se tornam susceptíveis à corrosão. Ocorre a partir da superfície, avançando progressivamente para o interior do concreto. Segundo o CEB/148(1982), a velocidade de carbonatação aumenta quando o ambiente possui grandes concentrações de CO₂ (garagens, túneis etc.) e em concretos de elevada relação água/cimento (a/c) principalmente em ambientes com umidade relativa entre 50 e 70 °C. É um dano difícil de ser visualizado numa inspeção e para detectar é necessário o uso de um ensaio, com a aplicação de fenolftaleína com indicador na superfície recém fraturada do concreto. A parte do concreto carbonatada fica incolor (pH < 9,3) e a parte não carbonatada adquire a cor vermelho-carmim. Depois de carbonatado o concreto é grande o risco de corrosão de armaduras na presença de umidade.

b) Cobrimento deficiente: é um dano quando o cobrimento da peça de concreto não atende ao cobrimento mínimo exigido pela norma de estruturas de concreto de acordo com a agressividade ambiental. A peça estrutural quando apresenta um cobrimento deficiente é mais suscetível à penetração de agentes agressivos que podem atacar as armaduras e dar início ao processo corrosivo. A NBR 6118/2003, recomenda que o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Quando houver um controle de qualidade rigoroso, pode ser adotado um valor Δc=5 mm especificando este controle nos desenhos de projeto. Em caso contrário, seu valor deve ser de, no mínimo, Δc=10 mm, que determina os cobrimentos nominais indicados na Tabela B.2.

Tabela B.2: Relação entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para Δc=10 mm (Tabela 7.2 da NBR-6118/2003)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto Protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contra piso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Segundo a norma, os cobrimentos nominais e mínimos são sempre, referidos à superfície da armadura externa, em geral a face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

$$c_{nom} \geq \Phi \text{ barra}$$

$$c_{nom} \geq \Phi \text{ feixe} = \Phi n = \Phi n$$

$$c_{nom} \geq 0,5 \Phi \text{ bainha}$$

Ainda segundo a norma, em se tratando de elementos estruturais pré-fabricados, os valores de cobertura mínimo das armaduras devem seguir o disposto na NBR 9062.

c) Contaminação por cloretos: a contaminação do concreto por cloretos pode ser causada: pelo emprego de aditivos à base de cloretos na execução do concreto, principalmente em peças pré-moldadas; pela penetração de cloretos presentes no meio ambiente (como no caso de regiões à beira-mar); pelo uso de sais de degelo usados em climas frios; e água ou agregados contaminados, pelo uso de produtos de limpeza de pisos e fachadas, que contenham cloretos como soluções de HCl em baixas concentrações (ácido muriático) e qualquer ambiente contaminado por cloretos, como caixas d'água (especialmente o fundo da laje da tampa), locais de armazenamento de produtos à base de cloretos, etc. O principal dano que provoca nas estruturas de concreto armado ou protendido é a corrosão das armaduras. As manifestações mais comuns são as fissuras, sobre as armaduras, quando a corrosão já está em estado mais avançado e a presença de manchas no concreto devido à retenção de umidade, frequentemente com a criação de fungos. Existe um valor limite de concentração de íons cloreto para que se possa iniciar o processo de corrosão das armaduras, sendo mais favorável em ambientes úmidos, uma vez que a água presente nos poros facilita o transporte de cloretos por difusão. De acordo com o ACI 318-21 (2001) o conteúdo máximo de cloretos com relação à massa de cimento deve ser $\leq 0,15\%$ em ambientes com cloretos, $\leq 0,3\%$ em ambientes normal, $\leq 1\%$ em ambiente seco e $\leq 0,06\%$ para concreto protendido. Já a NBR 6118/2003 não se reporta ao teor de cloretos, mas enfatiza que não é permitido o uso de aditivos que os contenham em sua composição, tanto para concreto armado como para protendido.

d) Corrosão de armaduras: processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos que ocupam um volume significativamente superior (em até 6 vezes) ao volume corroído das armaduras, provocando no concreto elevadas tensões de tração (de até 15 MPa). Essas tensões ocasionam a fissuração e o posterior deslocamento do revestimento do concreto (Cánovas, 1988). No início, a corrosão pode se manifestar com o aparecimento de manchas marrom avermelhada ou esverdeada na superfície do elemento estrutural, devido à *lixiviação* dos produtos de corrosão. Com sua evolução, pode chegar até à perda total da seção da armadura. Além dos danos ao concreto e da redução da capacidade resistente da armadura, a corrosão provoca a perda de aderência entre o aço e o concreto, e reduz a ductilidade da armadura.

e) Desagregação: separação física de partes de concreto ou dos agregados, principalmente, grãos, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda da capacidade aglomerante entre a pasta e os agregados. Fenômeno característico de ataques químicos do concreto, em formas diversas: reação álcali-agregado, reações expansivas com sulfatos, ataques ácidos e também por ações biológicas (microorganismos). Quando existe a suspeita desses ataques químicos é requerida uma inspeção mais detalhada da sua extensão e causa.

f) Deslocamentos por empuxo: deslocamento de peças estruturais devido ao empuxo de terra, em especial sobre paredes de contenção, proveniente da pressão ativa exercida por um maciço não coesivo, sobre um anteparo vertical. As cortinas devem ser providas de drenos, para evitar o acúmulo de água entre o terrapleno e a mesma, que resultaria em acréscimo do empuxo hidrostático. Além disso, o deslocamento pode ser causado pela saturação do maciço, podendo, ainda, ser agravado pela passagem de veículos.

g) Desplacamento: ocorrência de lascas ou escamas que se destacam do concreto não resultante de ataque químico no concreto, e sim devido a um ou mais fatores: choques, movimentações térmicas, pressão ou expansão das armaduras no interior do concreto (corrosão).

h) Desvios de geometria: perda de alinhamento de elementos estruturais com relação ao seu eixo, produzindo excentricidade de carga. Pode ter como causas: deficiências na execução por movimentação ou incorreção de formas, ou movimentação da estrutura, por esforços não considerados corretamente ou imprevistos.

i) Eflorescência: manifestação da dissolução dos produtos de hidratação do cimento presentes no interior do concreto, principalmente os hidróxidos de sódio e potássio, em água (especialmente a água pura e branda) que são transportados para o exterior (lixiviação). Os produtos alcalinos e o hidróxido de cálcio que se depositam sobre a superfície do concreto, na presença do CO₂ do ambiente, são carbonatados formando carbonatos, um produto insolúvel e esbranquiçado, podendo formar estalactite se a água for abundante. Se a água não for abundante e pressão for pequena, os produtos carbonatados pode colmatar possíveis fissuras ou falhas por onde a água migra. Quando existe a possibilidade da água presente conter algum tipo de ácido que ataque os produtos hidratados (silicatos e aluminatos hidratados) do cimento, deve-se fazer uma avaliação mais detalhada.

j) Falha de concretagem: deficiência na concretagem da peça, com exposição de agregados, devido a um ou mais dos fatores: dosagem inadequada, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e/ou adensamento inadequados, taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por aberturas nas formas. Podem ocorrer situações em que não somente os agregados ficam expostos, como a possibilidade de exposição das armaduras dos elementos estruturais, nesse caso pode-se iniciar o processo corrosivo.

k) Fissuração inaceitável: a NBR 6118/2003 dispõe que a fissuração é nociva quando a abertura das fissuras na superfície do concreto. A abertura máxima característica w_k^* das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm para o concreto armado, conforme a Tabela B.3:

Tabela B.3 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (Tabela 13.3 da NBR-6118/2003)

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	---
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação freqüente
	CAA II a CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto Protendido Nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação freqüente
Concreto Protendido Nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação freqüente
		ELS-D ¹⁾	Combinação quase permanente
Concreto Protendido Nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ¹⁾	Combinação freqüente

¹⁾ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-D com $a_p = 25$ mm (figura 3.1).
NOTAS
1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.
2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

Somente deve-se considerar nesse dano o surgimento de fissuras relacionadas ao estado fresco e endurecido do concreto e fissuras oriundas de cargas impostas. Portanto, aqui, as fissuras de ataque químico responsáveis por desagregação e corrosão devem ser desconsideradas.

* w_k - Abertura característica de fissuras na superfície do concreto.

l) Flechas excessivas: a Norma 6118/2003 apresenta, dentre outros, os limites de deslocamento de peças estruturais, e o que eles podem causar nas estruturas dividindo em 4 grupos básicos ao que se refere à e mostrados na Tabela 4:

- 1) Aceitabilidade sensorial – podem causar vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável;
- 2) Efeitos específicos – podem impedir a utilização adequada da estrutura;

- 3) Efeitos em elementos não estruturais – podem ocasionar defeito em elementos que não fazem parte da estrutura, mas, estão ligados à ela;
- 4) Efeitos em elementos estruturais – podem afetar as peças estruturais provocando afastamentos em relação às hipóteses de cálculos adotadas.

m) Impermeabilização deficiente: a impermeabilização pode ser definida como um sistema de vedação constituído por materiais rígidos, plásticos ou elásticos, com a finalidade de impedir a penetração de umidade ou líquidos no concreto. No caso de reservatórios e cortinas, deve ser projetada para resistir às pressões hidrostáticas, o que não é necessário para as lajes de cobertura, terraços, calhas, onde não ocorre este tipo de pressão. Os danos podem ser causados por ações mecânicas, previsão incorreta de movimentos da estrutura e perda de elasticidade dos materiais utilizados.

n) Manchas: ocorrência de manchas escuras no concreto, devido à contaminação por fungos, mofo, etc., principalmente nas fachadas expostas. Outras manchas como as relacionadas à corrosão e eflorescências, não devem ser consideradas.

o) Obstrução de juntas de dilatação: a junta de dilatação é uma separação física entre duas partes de uma estrutura, para que estas partes possam se movimentar sem transmissão de esforço entre elas. A presença de material rígido ou de material de preenchimento que tenha perdido a sua elasticidade produz tensões indesejáveis na estrutura, podendo ocasionar fissuras nas lajes adjacentes à junta, com a possibilidade de se propagar às vigas e pilares próximos. Os sistemas de vedação/enchimento das juntas devem acomodar a amplitude do movimento da mesma.

p) Recalque: o recalque provoca movimentação na estrutura que, conforme o seu tipo, pode ser afetada pelo assentamento total máximo (recalque uniforme), pela inclinação uniforme (desaprumo) ou pelos assentamentos diferenciais (recalques diferenciais e distorções angulares) Os recalques distorcionais das fundações, inadmissíveis estruturalmente, ocorrem por deformações excessivas e podem ser causados por um ou mais dos seguintes fatores de risco: ausência, insuficiência ou má qualidade das investigações geotécnicas; má interpretação dos resultados da investigação geotécnica; avaliação errônea dos valores dos esforços provenientes da estrutura (sub-dimensionamento); adoção inadequada da tensão admissível do solo ou da cota de apoio das fundações; modelos inconvenientes de cálculo das fundações; cálculo estrutural incorreto; influências externas (escavações ou deslizamentos não previsíveis, agressividade ambiental, enchentes, construções vizinhas, descalçamento das fundações por escavações vizinhas); colapso do solo (por exemplo, devido à ruptura de tubulações subterrâneas ou vazamentos em reservatórios subterrâneos); alteração do nível do lençol freático; modificação no carregamento devido a mudança de utilização da estrutura (acréscimos ou ampliação de áreas), efeito piscina (entupimento de drenos), sobrecargas não previstas; cargas dinâmicas (vibrações, tremores de terra, etc.) e por fim, falha de manutenção em obras críticas.

q) Sinais de esmagamento do concreto: início do processo de desintegração do concreto. No caso de pilares, caracteriza-se pelo aparecimento de fissuras diagonais. É causado por sobrecargas excessivas ou movimentação da estrutura, podendo evoluir para um intenso lascamento do concreto, com perda de seção e flambagem das armaduras.

r) Umidade: penetração de águas, agressivas ou não, em peças estruturais, através de fissuras, ninhos de concretagem, juntas de concretagem mal executadas ou devido à alta porosidade do concreto. Pode ainda, ter origem em danos na impermeabilização, deficiências no escoamento de águas pluviais, vazamento em tubulações, etc. Esse dano pode favorecer: o aparecimento da corrosão; a lixiviação; e danos nos demais elementos da edificação.

s) Umidade na base: a presença de umidade na base de pilares e/ou blocos de fundação, pela sua gravidade, deve ser tratada como dano específico. Podem ser proveniente de deficiência no escoamento de águas pluviais, vazamento em tubulações, vazamento em reservatórios enterrados, etc. A presença de umidade pode favorecer o aparecimento de recalques.

3. CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DOS ELEMENTOS E DA ESTRUTURA

3.1 – Preliminares

São apresentados, a seguir, os parâmetros para aplicação da metodologia que visa quantificar os graus de deterioração dos elementos e da estrutura. Partindo dos fatores de ponderação e de intensidade dos danos nos elementos, faz-se a determinação seqüencial dos graus dos danos existentes em cada elemento estrutural, dos graus de deterioração dos elementos e das famílias de elementos de mesma natureza, e, por fim, do grau de deterioração da estrutura, conforme proposto por Castro, Clímaco e Nepomuceno (1995).

São também apresentadas, ao fim deste caderno, as tabelas B.5, B.6 e B.7, que devem ser preenchidas mediante inspeções da estrutura por técnicos especificamente treinados. Como complemento do trabalho de inspeção/avaliação da estrutura, e com o objetivo de confrontar os resultados obtidos da aplicação da metodologia com a situação física real da edificação, é altamente recomendável que seja feita uma ampla documentação fotográfica, que deverá constar do Relatório de Avaliação.

3.2 - Fator de ponderação do dano (F_p): fator que visa quantificar a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma família, tendo em vista as manifestações patológicas passíveis de serem neles detectadas. Para sua definição são estabelecidos os problemas mais relevantes quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural. Assim, para cada manifestação patológica, e em função da família de elementos que apresentam o problema, foi estabelecido um grau numa escala de 1 a 5. Uma determinada manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das conseqüências que o dano possa acarretar.

3.3 - Fator de intensidade do dano (F_i): fator que classifica a gravidade e evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento, segundo uma escala de 0 a 4, como segue:

- elemento sem lesões $F_i = 0$
- elemento com lesões leves $F_i = 1$
- elemento com lesões toleráveis $F_i = 2$
- elemento com lesões graves $F_i = 3$
- elemento em estado crítico $F_i = 4$

A Tabela B.1, ao fim do texto, apresenta uma classificação dos tipos de danos mais freqüentes em edificações usuais com estrutura de concreto armado, com uma identificação do nível de gravidade das lesões e descrição sucinta das intensidades das manifestações, conforme características específicas, para fins de aplicação desta metodologia.

3.4 - Grau do dano (D), Grau de deterioração de um elemento (Gde), Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf) e Grau de deterioração da estrutura (Gd):

O grau de cada dano no elemento estrutural é calculado em função do fator de ponderação (F_p) e respectivo fator de intensidade (F_i), atribuídos conforme este Roteiro de Inspeção.

O cálculo do Grau do Dano (D), Grau de deterioração do elemento (Gde), Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf) e Grau de deterioração da estrutura (Gd) são calculados de acordo com as equações apresentadas anteriormente no texto (Equação 5.1, Equação 5.2, Equação 5.3, Equação 5.4 e Equação 5.5).

4. PLANILHAS DE DANOS PARA FAMÍLIAS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

A Tabela B.6 apresenta as planilhas específicas para as famílias de elementos mais comuns em estruturas de concreto de edificações usuais, com os danos possíveis e os respectivos fatores de ponderação, para uso na presente metodologia. Os fatores sugeridos na tabela foram definidos a partir de uma gama extensa de testes de aplicação (Castro, 1994; Lopes, 1998; Boldo, 2002).

A Tabela B.7 apresenta a tipologia de fissuras em elementos de concreto armado, com uma descrição sucinta de suas manifestações, croquis para auxiliar na sua identificação e os respectivos fatores de ponderação. Os fatores sugeridos na tabela foram definidos de acordo com a gravidade de cada fissura. Os valores numéricos atribuídos aos fatores não devem, no entanto, ser encarados de forma rígida, podendo ser modificados, segundo as indicações de cada análise específica.

Tabela B.4 – Limites para deslocamentos (Tabela 13.2 da NBR 6118/2003)

Tipo de efeito	Razão da Limitação	Exemplo	Deslocamentos a considerar	Deslocamento limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	l/250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Desvio de cargas	l/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	l/250 ¹⁾
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pista de boliche	Total	l/350 + contraflecha ²⁾
			Ocorrido após a construção do piso	l/600
Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento	
Efeitos nos elementos não estruturais	Paredes	Alvenarias, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	l/500 ³⁾ ou 10 mm ou $q = 0,0017 \text{ rad}^4)$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	l/250 ³⁾ ou 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente ($y_1=0,3$)	H/1700 ou Hi/850 ⁵⁾ entre pavimentos ⁶⁾
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	l/400 ⁷⁾ ou 15 mm
	Forros	Movimentos térmicos horizontais	Provocado por diferença de temperatura	Hi/500
		Revestimentos colados	Ocorrido após construção dos forros	l/350
			Revestimentos pendurados ou com juntas	Deslocamento ocorrido após construção dos forros
	Pontes rolantes	Desalinhamento de trilhos	Deslocamento provocado pelas ações decorrentes de frenação	H/400
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-as ao modelo estrutural adotado.		

¹⁾ As superfícies devem ser suficientemente inclinadas ou o deslocamento previsto compensado por contraflechas, de modo a não se ter acúmulo de água.
²⁾ Os deslocamentos podem ser parcialmente compensados pela especificação de contraflechas. Entretanto, a atuação isolada da contraflecha não pode ocasionar um desvio do plano maior que l/350.
³⁾ O vão l deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.
⁴⁾ Rotação nos elementos que suportam paredes.
⁵⁾ H é a altura total do edifício e Hi o desnível entre dois pavimentos vizinhos.
⁶⁾ Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos devido à atuação de ações horizontais. Não devem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica para o deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando Hi representa o comprimento do lintel.
⁷⁾ O valor l refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.

NOTAS
1 Todos os valores limites de deslocamentos supõem elementos de vão l suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.
2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor l é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.
3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na seção 11.
4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.

5. Referências

1. ABNT (2003) - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003), “Texto concluído da norma NBR 6118/2003: Projeto de estruturas de concreto”.
2. BOLDO, P. (2002) - "Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro", Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, DF, janeiro.

3. BOLDO, P., CLÍMACO, J.C.T.S. (2002) - "Avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto de edificações públicas", resumo aprovado para o ENTAC 2002 - Foz do Iguaçu – PR.
4. BOLDO, P., CLÍMACO, J.C.T.S. (2002) - "Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro", resumo aprovado para as XXX Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural – Brasília - DF.
5. CÁNOVAS, M.F. (1988), "Patologia e terapia do concreto armado", Editora Pini, São Paulo, 522p.
6. CAPUTO, H. P. (1981), "Mecânica dos Solos e suas aplicações", V. 2, Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 488p.
7. CASTRO, E. K. (1994) - "Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado", Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, DF, 185p, dezembro.
8. CASTRO, E.K., CLÍMACO, J.C.T.S., NEPOMUCENO, A.A. (1995) - "Desenvolvimento de uma metodologia de manutenção de estruturas de concreto armado", 37ª Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, Anais, Vol.1, pp. 293-307, Goiânia, julho.
9. CASTRO, E.K., CLÍMACO, J.C.T.S. (1999) - "Avaliação da estrutura de uma edificação residencial após o reparo de elementos danificados", 41o Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON, Anais, Salvador.
10. LOPES, B.A.R. (1998) - "Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente estrutura de concreto". Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p, setembro.
11. ISAIA, G.C., (2005) - "CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações". IBRACON, São Paulo SP, 1600p.
12. LOPES, B.A.R., CLÍMACO, J.C.T.S., NEPOMUCENO, A.A., CASTRO, E.K. (1999) - "Sistema de manutenção para grandes estoques de edifícios", CONPAT 99, Anais, Vol. 3, pp 1897-1905, Montevideo - Uruguai, outubro.
13. MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. (1994), "Concreto, Estrutura, Propriedades e Materiais". Editora PINI, São Paulo, 580p.
14. MOSKVIN, V.; IVANOV, F.; ALEKSEYEV, S.; GUZEYEV, E. (1983), "Concrete and Reinforced Concrete Deterioration and Protection", Mir Publishers, Moscow, Russia, 400p.
15. NEPOMUCENO, A.A. (1999), "Patologia, recuperação e manutenção de estruturas", Notas de Aula, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, Agosto.
16. SOUZA, V.C.M. e RIPPER, T. (1999), "Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto", Editora PINI, São Paulo, 250p.
17. VARGAS, M. (1981), "Introdução à Mecânica dos Solos", Editora McGraw-Hill, São Paulo, 509p.

Tabela B.5 - Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i) (continua)

<i>Tipos de danos</i>	<i>Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação</i>
<i>Carbonatação</i>	1 - localizada, com algumas regiões com $pH < 9$, sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
<i>Cobrimento deficiente</i>	1 - menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 - menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 - deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas
<i>Contaminação por cloretos</i>	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos
<i>Corrosão de armaduras</i>	2 - manifestações leves, pequenas manchas; 3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
<i>Desagregação</i>	2 - início de manifestação; 3 - manifestações leves, início de estofamento do concreto; 4 - por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
<i>Deslocamento por empuxo</i>	3 - deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável; 4 - deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
<i>Desplacamento</i>	2 - pequenas escamações do concreto; 3 - lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção
<i>Desvios de geometria</i>	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ($h = altura$); 3 - pilares e cortinas com excentricidades $h/100 \leq e < h/50$; 4 - pilares e cortinas com excentricidades $\geq h/50$.
<i>Eflorescência</i>	1 - início de manifestações; 2 - manchas de pequenas dimensões; 3 - manchas acentuadas, em grandes extensões. 4 - grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
<i>Falha de concretagem</i>	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - significativa em relação às dimensões da peça; 3 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura 4 - perda relevante da seção da peça.
<i>Fissuras</i>	1 - abertura menores do que as máximas previstas em norma; 2 - estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3 - aberturas excessivas; estabilizadas; 4 - aberturas excessivas; não estabilizadas.
<i>Flechas</i>	1 - não perceptíveis a olho nu; 2 - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma; 3 - superiores em até 40% às previstas na norma; 4 - excessivas

Tabela B.5 - Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i) (continuação)

<i>Tipos de danos</i>	<i>Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação</i>
<i>Manchas</i>	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas (<50% da área visível do elemento estrutural); 3 - manchas escuras de grande extensão (>50%); 4 - manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
<i>Obstrução de juntas de dilatação</i>	2 - perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 3 - presença de material não compressível na junta; grande incidência de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 4 - fissuras em lajes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
<i>Recalques</i>	2 - indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
<i>Sinais de esmagamento do concreto</i>	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento e/ou esmagamento do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de material; deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
<i>Umidade</i>	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.
<i>Umidade na base</i>	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.

Tabela B.6 – Famílias de elementos estruturais (continua)

▪ **PILARES**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Carbonatação</i>	3			
<i>Cobrimento deficiente</i>	3			
<i>Contaminação por cloretos</i>	4			
<i>Corrosão das armaduras</i>	5			
<i>Desagregação</i>	3			
<i>Desplacamento</i>	3			
<i>Desvio de geometria</i>	4			
<i>Eflorescência</i>	2			
<i>Falhas de concretagem</i>	3			
<i>Fissuras</i>	2 a 5*			
<i>Manchas</i>	3			
<i>Recalque</i>	5			
<i>Sinais de esmagamento</i>	5			
<i>Umidade na base</i>	3			

▪ **VIGAS**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Carbonatação</i>	3			
<i>Cobrimento deficiente</i>	3			
<i>Contaminação por cloretos</i>	4			
<i>Corrosão das armaduras</i>	5			
<i>Desagregação</i>	3			
<i>Desplacamento</i>	3			
<i>Eflorescência</i>	2			
<i>Falhas de concretagem</i>	2			
<i>Fissuras</i>	2 a 5*			
<i>Flechas</i>	5			
<i>Manchas</i>	3			
<i>Sinais de esmagamento</i>	4			
<i>Umidade</i>	3			

▪ **LAJES**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Carbonatação</i>	3			
<i>Cobrimento deficiente</i>	3			
<i>Contaminação por cloretos</i>	3			
<i>Corrosão das armaduras</i>	5			
<i>Desagregação</i>	3			
<i>Desplacamento</i>	3			
<i>Eflorescência</i>	2			
<i>Falhas de concretagem</i>	2			
<i>Fissuras</i>	2 a 5*			
<i>Flechas</i>	5			
<i>Manchas</i>	3			
<i>Umidade</i>	3			

Tabela B.6 – Famílias de elementos estruturais (continuação)

▪ **ESCADAS/RAMPAS**

Nome do elemento				
Local				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão das armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Falhas de concretagem	2			
Fissuras	2 a 5*			
Manchas	3			
Flechas	5			
Sinais de esmagamento	4			
Umidade	3			

▪ **CORTINAS (MUROS DE ARRIMO)**

Nome do elemento				
Local				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão das armaduras	5			
Desagregação	3			
Deslocamento por empuxo	5			
Desplacamento	3			
Desvio de geometria	3			
Eflorescência	2			
Falhas de concretagem	2			
Fissuras	2 a 5*			
Manchas	3			
Sinais de esmagamento	5			
Umidade	3			

▪ **RESERVATÓRIOS – SUPERIOR E INFERIOR**

Nome do elemento				
Local				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão das armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Falhas de concretagem	3			
Fissuras	2 a 5*			
Impermeabilização deficiente	4			
Vazamento	5			

Tabela B.6 – Famílias de elementos estruturais (continuação)

▪ **JUNTAS DE DILATAÇÃO**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Obstrução de junta</i>	5			
<i>Umidade</i>	5			

▪ **BLOCOS DE FUNDAÇÃO**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Carbonatação</i>	3			
<i>Cobrimento deficiente</i>	3			
<i>Contaminação por cloretos</i>	4			
<i>Corrosão das armaduras</i>	5			
<i>Desagregação</i>	3			
<i>Desplacamento</i>	3			
<i>Eflorescência</i>	2			
<i>Falhas de concretagem</i>	3			
<i>Fissuras</i>	2 a 5*			
<i>Recalque</i>	5			
<i>Sinais de esmagamento</i>	5			
<i>Umidade</i>	3			

▪ **ELEMENTOS DE COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA**

Nome do elemento				
Local				
<i>Danos</i>	<i>F_p</i>	<i>F_i</i>	<i>D</i>	<i>Croquis/Observações</i>
<i>Carbonatação</i>	3			
<i>Cobrimento deficiente</i>	3			
<i>Contaminação por cloretos</i>	4			
<i>Corrosão das armaduras</i>	5			
<i>Desagregação</i>	3			
<i>Desplacamento</i>	3			
<i>Eflorescência</i>	2			
<i>Falhas de concretagem</i>	2			
<i>Fissuras</i>	2 a 5*			
<i>Manchas</i>	3			
<i>Sinais de esmagamento</i>	5			
<i>Umidade</i>	3			

Tabela B.7 - Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (continua)

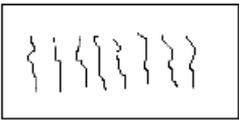
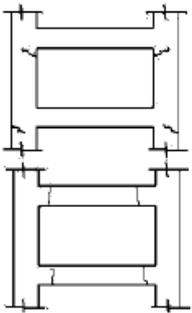
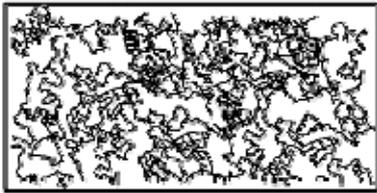
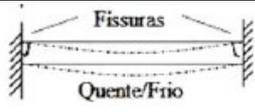
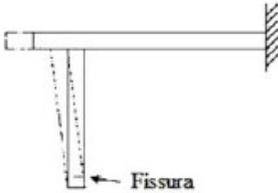
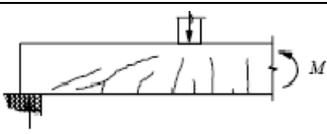
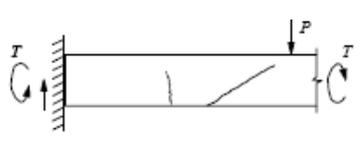
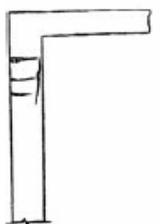
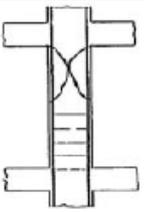
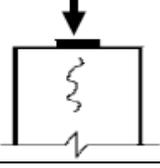
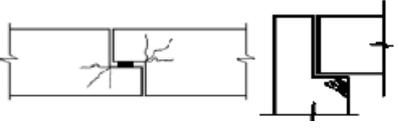
	<i>Fissuras*</i>	<i>Descrição</i>	<i>Croquis</i>	<i>F_p</i>
ESTADO PLÁSTICO	de retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes - paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.		2
	de assentamento do concreto	- acompanham as armaduras - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interação com armaduras vizinhas	 	3
	de movimentação de fôrmas	- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos	 	3
ESTADO ENDURECIDO	de retração do concreto por secagem	- vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e viceversa, por diferenças de rigidez (a) - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b) - indicam restrição de movimentos - profundidade reduzida - aberturas de 0,1 a 0,2 mm	  (a) (b)	3
	mapeadas	- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes - abertura e extensão reduzidas - indicam desempenho excessivo. - danos apenas estéticos, em geral		2
	de variações de temperatura	- em geral, normais ao eixo de elementos lineares - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência	 	3

Tabela B.7 - Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (continuação)

<i>Fissuras*</i>	<i>Descrição</i>	<i>Croquis</i>	<i>F_p</i>
de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4
de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios		4
de cortante, momentos de torção e flexão em vigas	- inclinadas em uma face - na face oposta: menor abertura e inclinação		4
de flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada - paralelas ao eixo na face comprimida, podem indicar esmagamento do concreto - mais próximas de extremidade com maior momento		5
de compressão	- paralelas ao eixo e convergindo para o centro nas proximidades de ruptura - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos		5
de carga concentrada em área reduzida	- comuns em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		5
em apoio do tipo gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas - indicam deficiência de aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado		3
de flexão em lajes	- na face inferior, paralelas aos vãos com continuidade ou vãos maiores, se estendendo em direção aos cantos - na face superior, paralelas aos e bordos c/ continuidade		4
De momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo abrir nas duas faces - influenciadas por variações de temperatura e retração		3
de punção	- traçado circular e/ou radial em torno do pilar		5

ERROS DE PROJETO/EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA

Identificação

Objetivo: *Obter informações a respeito de obras com finalidades acadêmicas de dissertação de mestrado do Programa da Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB.*

Data: ___ / ___ / ___ **Hora:** ___ : ___

Local: _____

Nome: _____

Profissão: _____

Cargo/função: _____

Empresa/Órgão: _____

Obra: _____

Período em que acompanhou a obra: _____

Profissionais responsáveis (Eng./Arquiteto): _____

Empresa responsável: _____

Processo construtivo utilizado: _____

O Sr./Sra. autoriza reproduzir estas informações na dissertação de mestrado de _____ com finalidade exclusivamente acadêmica?

SIM **NÃO**

Brasília, ___ de _____ de 200__

Assinatura do profissional entrevistado

(Segue espaço reservado perguntas específicas)

C.1 - ENTREVISTA COM A Sra. ASTA-ROSE ALCAIDE

Objetivo: Obter informações a respeito de obras com finalidades acadêmicas de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB.

Data: 30 / 04 / 2008

Hora: 10 : 50

Local: Secretaria de Estado de Cultura do DF – via N2, Setor Cultural Norte, Brasília – DF.

Nome: Asta-Rose Alcaide

Cargo/função: Assessora da Diretoria da Orquestra Sinfônica e Ex- Diretora do Teatro Nacional Cláudio Santoro/ Montagem de Ópera.

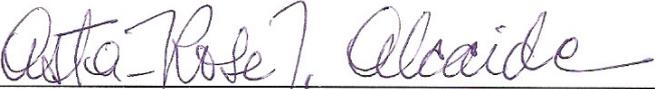
Empresa/órgão: Secretaria de Estado de Cultura do Distrito Federal

Obra: Teatro Nacional Cláudio Santoro, Brasília, DF

A Sra. autoriza reproduzir estas informações na dissertação de mestrado de Deise Aparecida Silva Souza no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília com finalidade exclusivamente acadêmica?

■ **SIM** □ **NÃO**

Brasília, 30 de abril de 2008



Assinatura do profissional entrevistado

- 1) A Sra. está escrevendo um livro sobre a história do Teatro Nacional abordando somente aspectos culturais?

Vou escrever. Estou juntando material mas ainda não tive tempo de começá-lo porque estou envolvida em outros projetos. É importante registrar a verdadeira história do Teatro Nacional que poucos conhecem, o Teatro está longe de possuir o verdadeiro objetivo para o qual foi projetado devido a muitos erros que começaram com os erros de projeto. A sua instalação interna encontra-se miserável. O Teatro Nacional não possui a infra-estrutura digna de um Teatro, e isto sempre foi ignorado pelos nossos governantes, e mesmo assim ele é utilizado.

2) Quando a Sra. começou a trabalhar no TN?

Comecei a trabalhar no Teatro Nacional em Dezembro de 1975, pude acompanhar toda a construção dele. Em pesquisa, descobri que Niemeyer não tinha a intenção de fazer uma pirâmide como se fala. Pude confirmar isso em conversa com ele. Mais tarde, alguém achou que o Teatro Nacional possui uma forma de pirâmide e assim ficou conhecida. Em relação a sua localização, ao lado da Esplanada dos Ministérios que abriga o centro do poder, teria que conter um Teatro, mas o Teatro Nacional não possui nenhuma ligação arquitetônica com a arquitetura dos outros prédios da Esplanada.

Logo após a saída de Milton Ramos, outra equipe foi contratada para terminar o Teatro internamente, mas modificou o Teatro inteiro por dentro, resultando em espaços inutilizáveis, utilização de materiais inadequados como colocar estofado nas poltronas e nos pisos das salas, que é ruim porque absorve o som, o teto ondulado da sala Villa-Lobos prejudica a acústica, e, inicialmente possuía 800 lugares e foi aumentada para 1300 lugares por motivos comerciais. A forma como foi distribuída os camarins também ficou muito ruim, ou seja, quem projetou o Teatro Nacional não sabia nem quais são as necessidades de um Teatro! Não sabia o que estava fazendo.

3) Considerando-se as instalações do prédio antes da conclusão das obras, como era assistir um espetáculo? As salas possuíam o conforto necessário?

Era péssimo porque o Teatro foi inaugurado sem ser concluído. As salas nunca possuíram conforto porque foram feitas erradas. A sala Martins Pena foi feita antes e inaugurada primeiro e um ano depois foi fechada para reformas. Esta sala possui o erro gravíssimo devido o palco ser no mesmo nível da primeira fila da platéia, fato que prejudica a apresentação de óperas e apresentação da Orquestra Sinfônica do Teatro Nacional Claudio Santoro, sendo possível com elementos de improvisação. Parece um Teatro de arena e ainda possui um espaço ocioso em baixo dela devido a modificação de projeto. A sala Villa-Lobos foi aberta ao público e foi utilizada nas mais diversas finalidades, desde missa até colação de grau. Entretanto, o público tinha que sentar no chão de concreto, o palco era improvisado, não tinha parede, era somente a carcaça da sala (estrutura). Os vidros que cobrem o foyer da Villa-Lobos iam somente até a metade das vigas, o restante era tapado com madeiras. O Teatro possui altura equivalente a um edifício de 15 andares.

4) E do ponto de vista dos bastidores, como eram as instalações do TN?

Muito ruins. O Teatro não possui a mobilidade necessária. O elevador de palco não permite que transite com cenários inteiros, é preciso desmontar para transportar. O Anexo do Teatro Nacional foi feito para ser um local de apoio, como montagem e pinturas de cenários, figurinos, etc., mas foi feito errado, como por exemplo, com portas muito pequenas que não permite o trânsito de cenários. Devido a este conjunto de fatores, o Anexo abriga a Secretaria de Cultura do Governo do Distrito Federal.

- 5) O Teatro já passou por muitas reformas. Na opinião estas foram suficientes para melhorar conforto e o desempenho do Teatro?

De forma alguma porque o Teatro não possui a infra-estrutura desejada, foi feito errado. No governo do Cristóvão foi feita uma maquiagem, mas que não adianta de nada, maquiagem uma coisa que já errada. Em 1960, quando o Teatro começou a ser construído, pensava-se que o concreto era um material indestrutível, hoje sabemos que não. Foi utilizado concreto a jato que era uma novidade, mas atualmente apresenta infiltrações. Por isso foi feita a maquiagem patrocinada pelo Banco do Brasil e os problemas continuam.

- 6) Quais melhorias o Teatro ainda precisa para se tornar ideal para a platéia e os bastidores?

É preciso aumentar a platéia, trocar o carpete das paredes da Villa-Lobos por madeira tratada, retirar o carpete do chão e pode-se colocar cimento liso, afinal utiliza-se muito isso nos teatros da Europa, e é preciso rever a inclinação da platéia porque apresenta degraus perigosos.

- 7) Em sua opinião, o Teatro Nacional conseguiu cumprir o objetivo de se tornar o ponto central de cultura de Brasília previsto por Lúcio Costa?

De jeito nenhum! Devido a má organização do Teatro, não possui a função para o qual deveria ter sido projetado. O Teatro Nacional é um galpão de empréstimo, quem chegar primeiro, paga e usa. Atualmente o Teatro está sendo utilizado somente para encher as salas e não deveria ser assim. Por exemplo, as salas já foram utilizadas para os eventos mais inimagináveis. Um dos mais absurdos é show de rock, onde o som era tão alto que vibrava os pisos e as paredes. O Teatro não possui a função de encher as salas e deveria ter autonomia, vida própria ao invés de possuir um organograma baseado no funcionalismo público. A Orquestra Sinfônica do Teatro Nacional Claudio Santoro é formada por funcionários públicos e isto está errado. Devido a isto, o Teatro foi ignorado por todos os governos anteriores e agora chegou numa situação muito precária. A bilheteria repassa uma porcentagem mínima para a manutenção do Teatro. A solução para o Teatro Nacional seria fazer outro.

C.2 – COMENTÁRIOS SOBRE A ENTREVISTA

A Sra. Asta-Rose Alcaide é especialista em montagem de óperas e, possui uma longa relação com o Teatro. Iniciou suas atividades como Diretora, e atualmente, é Assessora da Diretoria da Orquestra Sinfônica. Desde que começou a trabalhar no Teatro, ela acompanhou as fases da obra e suas reformas. Por meio da entrevista, pode-se perceber, que ela deixa claro que o Teatro não possui a funcionalidade desejada para abrigar montagens de ópera, assim ela enfatiza os erros cometidos desde a fase de projeto. Talvez, esta foi a primeira vez que a Sra. Asta-Rose teve a oportunidade de comentar a respeito da obra do Teatro, e sua contribuição foi muito importante, pois esclareceu aspectos do histórico da construção.

APÊNDICE D – VERIFICAÇÃO DA FLECHA TOTAL E DA FLECHA LIMITE (NBR 6118:2003)

O trecho considerado crítico, anteriormente representado em amarelo, das vigas da fachada do foyer da sala Villa-Lobos na análise estrutural, é um trecho de viga que possui vão livre $L = 27,50$ m e seção transversal média de $0,50 \times 1,67$ m, ou seja, é uma estrutura robusta e sem deformações visíveis a olho nu.

Para verificar esta estabilidade foi realizado o cálculo da flecha total e da flecha limite, de acordo com o item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2003.

- a) Flecha imediata em vigas, considerando-se a viga bi-apoiada, a situação mais desfavorável.

$$\text{Flecha imediata: } a_i = \frac{5}{384} \times \frac{p \cdot l^4}{EI}$$

$$\text{Módulo de elasticidade secante: } E = E_{cs} = 0,85 \cdot E_{ci} = 0,85 \times 5600 \times f_{ck}^{1/2}$$

$$E = 0,85 \cdot E_{ci} = 0,85 \times 5600 \times 30^{1/2} = 26 \times 10^3 \text{ MPa} = 2.607 \text{ kN / cm}^2$$

$$\text{Momento de inércia da seção bruta de concreto: } I = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I = \frac{50 \times 167^3}{12} = 19406096 \text{ cm}^3$$

Onde a carga total p , é composta pelo peso próprio das vigas, p_1 , e a carga dos vidros, p_2 :

$$p = p_1 + p_2$$

$$p_1 = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 0,84 \text{ m}^2 = 20,88 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Peso próprio das vigas}$$

$$p_2 = 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \rightarrow \text{Cargas dos vidros}$$

$$\text{Assim: } p = p_1 + p_2 = 20,88 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 22,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Chega-se ao valor da flecha inicial: $a_i = \frac{5}{384} \times \frac{0,22 \frac{kN}{cm} \cdot 2609^4 cm^4}{2.607 \frac{kN}{cm^2} \cdot 19406096 cm^3} = 2,67 cm$

b) Flecha Diferida no Tempo:

$$\alpha_f = \frac{\Delta \xi}{1 + 50 \cdot \rho'} \quad (\text{Item 14.4.2})$$

$t \geq 70$ meses

$$t_0 = \frac{\sum P_i \cdot t_{0i}}{\sum P_i} = \frac{(20,88 \times 0) + (1,5 \times 1)}{22,4} = 0,06 \text{ m\~{e}s} \approx 0 \text{ m\~{e}s}$$

$\rho' = 0$: Armadura simples (Considerando armadura m\u00ednima em vigas)

$$\alpha_f = \frac{2}{1 + 50 \cdot 0} = 2 cm$$

c) Flecha total:

$$a_t = a_i \cdot (1 + \alpha_f) = 2,67 \cdot (1 + 2) = 8,01 cm$$

d) Flecha Limite:

Da Tabela 14.3, para aceitabilidade visual:

$$a_{\text{lim}} = \frac{l}{250}$$

$$a_{\text{lim}} = \frac{2750}{250} = 11 cm$$

APÊNDICE E – HISTÓRICO PROFISSIONAL DO ENGENHEIRO. BRUNO CONTARINI

Nascido no dia 25 de Abril de 1933 na cidade do Rio de Janeiro onde reside atualmente, Bruno Contarini estudou o Primário na Escola Francisco Manuel no bairro Grajaú e o Secundário no Externato São José no bairro da Tijuca, ambos na cidade do Rio de Janeiro. Graduou-se em Engenharia Civil em 1956 pela Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, possui especialização em Arquitetura e cursos de Extensão em Pontes e Grandes Estruturas, Portos de Mar, Rios e Canais.

O engenheiro Bruno Contarini possui uma vasta experiência profissional, é autor de grandes obras e tem participação em importantes projetos para a sociedade brasileira.

Ele começou sua carreira em 1956 como estagiário do Escritório Técnico de Engenharia Ltda do Prof. Sidney Gomes dos Santos, e depois na STUP - Sociedade Técnica de Utilização de Protensão (Processos - Freyssinet).

Sua atuação como engenheiro é muito extensa, como pode ser visto abaixo.

Empresa:	STUP - Sociedade Técnica de Utilização de Protensão
Período:	1956 à 1958
Cargo:	Obra:
Engenheiro Calculista	Viaduto Prefeito Negrão de Lima, Rio de Janeiro, RJ.
	Cais de Mocanguê (Base Naval de Submarinos).
	Hipódromo do Cristal, Porto Alegre, RS.
	Cinema Bruni Flamengo, Rio de Janeiro, RJ.
	Cinema Art-Palácio Tijuca, Rio de Janeiro, RJ.

Contarini atuou no Magistério como professor da disciplina de Concreto Potendido da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro no período de 1966 a 1976. Realizou Conferências sobre concreto protendido no Instituto de Engenharia de São Paulo. Foi representante do Brasil no Comitê Internacional de Estruturas de Concreto Armado e Protendido ("Off Shore") e membro da Comissão de Confecção das Normas de Estruturas OFF SHORE para o CEB-FIP.

Empresa:	Sérgio Marques de Souza S.A. Enga. e Comércio
Período:	1958 à 1967
Cargo:	Obra:
Engenheiro Projetista	Quatro Viadutos em quadro na Rio-Belo Horizonte, Santos Dumont, MG.
	Viaduto da Grota do Inferno na Rio-Teresópolis, RJ.
	Estação Rodoviária de Brasília, Brasília, DF.
	Teatro Nacional de Brasília, DF.
	Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília, Brasília, DF.
	Tribunal Federal de Recursos, Brasília, DF.
	Estádio da Federação Desportiva de Brasília, Brasília, DF.
	Praças de Pedestres, Brasília, DF.
	Ponte sobre o Rio Tocantins, MA.
	Ponte sobre o Rio Pelotas, RS.
	Ponte sobre o Rio Paraná, Presidente Epitácio, PR.
	Estação de Satélites da Embratel, Itaboraí, RJ.
	Apartamentos Pré-Moldados da CODEBRÁS, DF.

No período entre 1969 a 1981, Bruno Contarini atuou na Construtora Rabelo que englobava duas empresas: a Projectum Engenharia Ltda., onde atuou no período entre 1968 a 1981, e, a Construtora Rabello Internacional S/A, atuando em dois no períodos 1969/1981 e 1985/1987.

Em 1967 ingressou na Construtora Rabello S/A para chefiar o Centro de Estudos e Projetos.

Em 1968 fundou a PROJECTUM Engenharia Ltda, firma de projetos normais e especiais, na qual ocupou o cargo de Diretor Presidente desde a criação.

Em 1969 viajou para a Argélia para chefiar a Construtora Rabello Internacional S/A no exterior.

Retornou em Dezembro de 1970 para ocupar o cargo de Diretor Técnico do Consórcio Construtor Guanabara Ltda firma que construiu a Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói). É Responsável Técnico perante o CREA da execução desta obra.

A partir de 1974 dividiu seu tempo entre os projetos da PROJECTUM e da Construtora Rabello no Brasil e na Argélia.

Em 1979 foi morar na Argélia, ocupando o cargo de "Directeur des Travaux" da referida firma para execução da "Barragem de El Izdihar" em Sidi-Abdelli, Argélia.

Em Novembro de 1981 cedeu seus direitos majoritários da PROJECTUM à firma PROMON, desligando-se imediatamente deste grupo.

Como Engenheiro da Construtora Rabello S/A, da PROJECTUM Engenharia Ltda. e da Construtora Rabello Internacional S/A, participou de inúmeras obras, sendo as principais:

Empresa:	Construtora Rabello S.A.
Período:	1968 à 1981.
Cargo:	Obra:
Chefe do Centro de Estudos e Projetos e Diretor Técnico do Consórcio Construtor Guanabara Ltda	<i>Universidade de Constantine, Argélia.</i> Edifício de Classes, Edifício da Administração, Edifício de Ciências, Biblioteca e seu anexo, Restaurante, Auditório.
	Salle Omnisporte de Argel, Argélia.
	<i>Universidade de Argel, Argélia.</i> Edifício de Classes e Anfiteatros Anexos, Biblioteca, Auditório, Village Universitária, Ginásio, Piscina Coberta, Centro Médico, Campos de Esportes.
	Barragem de El Izdihar, Argélia.
	Barragem de Passo Fundo, RS.
	Pontes da Ligação Ferroviária Belo Horizonte - São Paulo - para ENGEFER.
	Pontes da Duplicação da Linha da Estrada de Ferro Vitória - Minas.
	Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói), RJ.
	Hotel Nacional, Rio de Janeiro, RJ.
	Hotel Meridien, Rio de Janeiro, RJ.
	Shopping Center Cassino Atlântico / Rio Palace Hotel, Rio de Janeiro, RJ.
	Shopping Center Ibirapuera, São Paulo, SP.
	Companhia Internacional de Seguro, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
	Torre Rio Sul, Rio de Janeiro, RJ.
	Centro Internacional Riotur, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Sede da Construtora Camargo Correa, Brasília, DF.
	<i>Lote 23 da Linha 1 do Metrô do Rio de Janeiro, RJ.</i>
	Túnel metroviário com 1.500 m de extensão, executado pelo sistema "cut-cover".

	Lote 32 da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, RJ. Túnel metroviário com 4.000 m de extensão, com viaduto de 1.500 m, com vigas e lajes pré-moldadas.
	Barragem de Itaipú, PR.
	Barragem RAUL LEONI, Guri, Venezuela.
	Linhas de Transmissão Jupiá-Cabreúva, SP.
	Cidade Governamental, Argel, Argélia.
	Conjunto Habitacional da Cité Piemont, Argélia.

Empresa:	ESCA - Engenharia de Sistemas e Controle de Automação S.A.
Período:	1982 à 1985.
Cargo:	Obra:
Gerente de Implantação.	Implantação do Sistema de Proteção ao Vôo do Brasil, estando em plena atividade a implantação da Região Sul. Implantação e controle de qualidade das estradas, torres e instalações de todos os equipamentos.
Empresa:	VALEC - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.
Período:	1987 à 1990.
Cargo:	Obra:
Superintendente de Projetos.	Projeto dos 1600 km da Ferrovia Norte-Sul com suas 110 pontes e viadutos.

Empresa:	B. C. Engenharia S/C Ltda.
Período:	a partir de 1987
Cargo:	Obra:
Diretor-Presidente, sendo o responsável técnico por todos os projetos executados.	Elevado das Bandeiras (Joá) parte superior, Rio de Janeiro, RJ.
	Bolsa de Valores do Estado do Rio de Janeiro, RJ.
	Edificação Residencial Multifamiliar - Av. Gastão Senges, Celso Kelly, Rosalina Brand, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Administrativo do IRB - Situado na rua Sacadura Cabral.
	Ponte sobre o Rio São Francisco, Bom Jesus da Lapa, BA.
	Shopping Center Madureira, Rio de Janeiro, RJ.
	Viaduto Negrão de Lima, Rio de Janeiro, RJ.
	Edificação Residencial Multifamiliar - Rua Ten Cel. Muniz Aragão, Rio de Janeiro, RJ.
	Shopping Center Galeria, Campinas, SP.
	Passagem inferior sob a RFFSA e Linha Auxiliar - Barra-Penha, RJ.
	Shopping Center Garden Mall, São Paulo, SP.
	Estação Rodoviária de Brasília, Brasília, DF.
	Superior Tribunal de Justiça, Brasília, DF.
	Shopping Center Matão, SP.
	Edifício Multifamiliar - Av. Gastão Senges - Torre D, Rio de Janeiro, RJ.
	Espaço Cultural Lucio Costa, Brasília, DF.
	Museu de Arte Contemporânea, Niterói, RJ.
	Edifício Multifamiliar - Av. Gastão Senges - Torre A, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Multifamiliar - Av. Gastão Senges - Torre D, Rio de Janeiro, RJ.
	Centro Tecnológico do Exército, Rio de Janeiro, RJ.
	Escada de Emergência do Ministério das Relações Exteriores, Brasília, DF.
	Prédio da Caixa Econômica Federal, Belo Horizonte, MG.
	Dutos de Ventilação - Shopping Center Madureira, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Comesba, Rio de Janeiro, RJ.
	Edifício Multifamiliar - Rua Des. Alfredo Russel, 50, Rio de Janeiro, RJ.
	Clube de Regatas Flamengo, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Praça Ministro Nunes Leal - Lote 2 - Quadra II, Rio de Janeiro, RJ.	
Prédio Multifamiliar - Praça Ministro Nunes Leal - Lote 1 - Quadra II, Rio de Janeiro, RJ.	

SENAI - DR-RJ – CFP, CAMPOS, RJ.
Metrô de Brasília, DF.
Emissário Submarino de Ipanema, Rio de Janeiro, RJ.
SESI-RJ, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Av. Sernambetiba 6900 - Blocos 1 e 2, Rio de Janeiro, RJ.
Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, RJ.
Estádio Jornalista Mário Filho, Rio de Janeiro, RJ.
Residência Unifamiliar, Rio de Janeiro, RJ.
Ginásio Nova Friburgo, RJ.
Prédio Multifamiliar - Rua Gilberto Amado, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Av. Sernambetiba, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Av. Arthur Ramos, Rio de Janeiro, RJ.
Hotel Intercontinental (anexo), Rio de Janeiro, RJ.
Viaduto sobre a via EPIA, Brasília, DF.
Passarela Rodoviária, Taguatinga, DF.
Estrada de Rodagem Cotapata, Santa Bárbara, Bolívia.
Prédio comercial - Rua do Ouvidor, 161 – Centro, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Praça Ministro Nunes Leal - Lote 3 – Quadra II, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Av. Gastão Senges - Torre C, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Praça Ministro Nunes Leal - Lote 4 - Quadra II, Rio de Janeiro, RJ.
Chancelaria da Embaixada do Brasil em Argel, Argélia.
Prédio Multifamiliar - Av. Sernambetiba 9550, Rio de Janeiro, RJ.
Viadutos Rodoviários de Manaus, AM.
Prédio Multifamiliar - Av. Sernambetiba 9500, Rio de Janeiro, RJ.
Posto Marítimo/Rodoviário de abastecimento de combustível, Angra das Reis, RJ.
Linha Amarela - Lote 3.
Prédio Multifamiliar - Praça Advogado Heleno Cláudio Fragoso, 16, Rio de Janeiro, RJ.
Empreendimento Jardim Barro Vermelho, Rio de Janeiro, RJ.
Estádio do Morumbi, SP.
Prédio Comercial - Clínica Médica – Laranjeiras, Rio de Janeiro, RJ.
Academia de Ginástica Henrique IBEAS - Rio Sul, Rio de Janeiro, RJ.
Palácio da Justiça Federal - Av. Rio Branco, 241, Rio de Janeiro, RJ.
Edifício Andorinha - Av. Almirante Barroso, 81, Rio de Janeiro, RJ.
Garagens Subterrâneas Teleporto, Rio de Janeiro, RJ.
Estádio Municipal - Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ.
Chácara do Recreio - Rua Genaro de Carvalho, 315 - Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Multifamiliar - Praça Advogado Heleno C. Fragoso, 6 - Lote 2 - Quadra II, Rio de Janeiro, RJ.
Pier Marítimo, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, RJ.
Prédio Comercial, Alfabarra, Rio de Janeiro, RJ.
Shopping Center - Niterói Center, Niterói, RJ.
Centro Empresarial Mourisco
Edificação Comercial situada à Av. Gastão Senges - Lote 4 do PA 41400.
Shopping Center São Conrado Fashion Mall, RJ.
Ponte Sobre o Rio das Almas - BR - 153 -60.
Prédio Multifamiliar - Rua das Laranjeiras 154, RJ.
Ponte Sobre o Rio Grande.
Prédio Multifamiliar - Barra Golden Green - Edifício Haggim Oaks.
Centro de Formação Profissional, São Raimundo Nonato, PI.
Shopping Citta América, Barra da Tijuca, RJ.
Catedral Igreja Universal do Reino de Deus, RJ.
Palace I – Barra da Tijuca, RJ.
Biodigestor da CEDAE, São Gonçalo, RJ.

Condomínio Alfaport, Barra da Tijuca, RJ.
Disbrave Concessionária, Brasília, DF.
Bolsa de Valores Rio de Janeiro – Nova Sede, RJ.
Condomínio Water Ways – Barra da Tijuca, RJ.
Condomínio Saint Tropes - Barra da Tijuca, RJ.
Centro Educacional Canarinho, Brasília, DF.
Edifício Business Point – Brasília, DF.
Igreja PUC, RJ.
Centro Empresarial Mario Henrique Simonsen – Barra da Tijuca, RJ
Apart. Hotel 25 Pavimentos. Av. Gastão Senges – Barra da Tijuca, RJ.
Laboratório de Tecnologia Oceânica UFRJ/COPPE, RJ.
Resort Costa Bella – Angra dos Reis, RJ.
Shopping da Gávea, RJ.
Estação das Barcas Charitas-Caminho Niemeyer Niterói, RJ.
Park Shopping Barigui, Curitiba, PR.
Ampliação Shopping Tijuca, Rio de Janeiro, RJ.
Estádio Olímpico João Havelange, Rio de Janeiro, RJ.
Vila Olímpica, Rio de Janeiro, RJ.
Shopping Leblon, Rio de Janeiro, RJ.

Possui três prêmios: Prêmio Emilio Baungart 1997 – Estrutura do IBRACON, Prêmio Paulo de Frontin 2003 – Clube de Engenharia e Prêmio Vitória 2005 – Sinaprocim.

Faz parte de sociedades técnicas, tais como, Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Pontes e Estruturas, Association Internationale des Pontes, Comitê Brasileiro de Grandes Barragens e Comitê Permanente da Federation Internationale de La Precontrainte et Comitê Europeu du Béton et Charpenters.

Hoje, aos seus 76 anos de idade, Contarini continua atuando em grandes projetos em todo Brasil.