



**CONTRIBUIÇÕES DE JOAQUIM CARDOZO
À ARQUITETURA DE OSCAR NIEMEYER**
*CONTRIBUTIONS FROM JOAQUIM CARDOZO
TO OSCAR NIEMEYER'S ARCHITECTURE*

Danilo Matoso Macedo

Arquiteto e Urbanista

Analista Legislativo – Arquiteto – Câmara dos Deputados
Mestre em Arquitetura e Urbanismo – Escola de Arquitetura da UFMG

Doutorando em Arquitetura e Urbanismo – UnB

Câmara dos Deputados

danilo.macedo@camara.gov.br

Elcio Gomes da Silva

Arquiteto e Urbanista

Analista Legislativo – Arquiteto – Câmara dos Deputados

Doutor em Arquitetura e Urbanismo – UnB (2012)

Câmara dos Deputados

elcio.gomes@camara.gov.br

Resumo

A produção arquitetônica de Oscar Niemeyer (1907-2012) pode ser dividida em, pelo menos, três fases principais. A relação entre forma e estrutura – ou sua ausência – está no cerne das transições ocorridas e o diálogo entre arquiteto e engenheiro calculista exerceu papel importante. Nesse contexto, o pernambucano Joaquim Cardozo (1897-1978) foi o interlocutor mais relevante de Niemeyer – se não em número de projetos, certamente em importância. O engenheiro não apenas calculou e projetou as estruturas para as soluções formais do arquiteto, mas também contribuiu significativamente em sua concepção – aporte vastamente documentado em projetos e nos diversos textos que publicou sobre engenharia, estética, história da arte e arquitetura. É no panorama histórico e nos detalhes dessa relação que reside uma importante chave para a compreensão das fases da produção do arquiteto. Por meio da análise da documentação primária, verifica-se que a forma abstrata de pensar do engenheiro foi decisiva no modo de projetar de Niemeyer, sobretudo na transição ocorrida após Brasília, período em que Cardozo teve participação inequívoca, direta ou indireta, na concepção estrutural.

Palavras chave: Cardozo. Niemeyer. Estruturas.

Abstract

The work of Brazilian architect Oscar Niemeyer (1907-2012) may be divided in at least three main phases. The relationship between form and structure – or its absence – is the core of the transitions, in which it was paramount the dialogue between architect and structural engineer. In this scenario, the role of Joaquim Cardozo (1897-1978) stands out – if not in the number of designs, certainly in their importance. This structural engineer not only designed both structure and some of the formal solutions for the architect. He also influenced their very conception – as testified by the documentation of the projects and by the many texts the published about Engineering, Aesthetics, Art History and Architecture. Both in the historical overview and in the details of this relationship we may find a key to the understanding of the phases in the architect's work. The analysis of primary sources leads to the conclusion that the engineer's abstractions were keen to Niemeyer's architectural thought – mainly in the decade after Brasília, when Cardozo had direct and indirect participation in many of the designs.

Keywords: Cardozo. Niemeyer. Structure.

MACEDO, Danilo M.; SILVA, Elcio. **Contribuições de Joaquim Cardozo à arquitetura de Oscar Niemeyer.** In: 11° SEMINÁRIO NACIONAL DO DOCOMOMO BRASIL. Recife: DOCOMOMO_BR, 2016.



1 INTRODUÇÃO

Dentro dessa arquitetura (mais livre e criadora) procuro orientar meus projetos, caracterizando-os sempre que possível pela própria estrutura. Nunca baseada nas imposições radicais do funcionalismo, mas sim, na procura de soluções novas e variadas, se possível lógicas dentro do sistema estático. E isso, sem temer as contradições de forma com a técnica e a função, certo de que permanecem, unicamente, as soluções belas, inesperadas e harmoniosas. Com esse objetivo, aceito todos os artifícios, todos os compromissos, convicto de que a arquitetura não constitui uma simples questão de engenharia, mas uma manifestação do espírito, da imaginação e da poesia. (NIEMEYER, 1960, p.1)

A produção arquitetônica de Oscar Niemeyer (1907-2012) pode ser dividida em, pelo menos, três fases principais. Os trabalhos iniciais, de 1935 a 1955, caracterizados pelo tão aclamado Brazilian Style, que habilmente combinava estrutura independente, cortinas de vidro e telhados jardins, com planos de formas livres, abóbadas curvas, dispositivos de proteção solar e revestimentos coloridos – todos esses elementos integrados a um exuberante paisagismo de espécies tropicais. Em meados da década de 50, sobretudo com o início dos trabalhos de Brasília, Niemeyer progressivamente busca a simplificação da forma plástica em sua arquitetura, preferindo, segundo suas palavras, “soluções compactas, simples e geométricas, com edifícios que não mais se expressem por seus elementos secundários, mas pela própria estrutura, devidamente integrada na concepção plástica original” (NIEMEYER, 1958, p. 4-5).

A partir dos anos 70, a estrutura torna-se completamente subordinada às formas livres, que deixam de ser determinadas pela estática ou por princípios geométricos. A relação entre forma e estrutura – ou a falta dela – é o ponto fulcral nas transições identificadas e, portanto, o diálogo entre arquiteto e engenheiro calculista pode também ser considerado como determinante. Nesse contexto, Joaquim Cardozo (1897-1978) foi o interlocutor mais relevante – se não em número de projetos, certamente o foi em importância. Cardozo não apenas calculou e projetou as estruturas para as soluções formais do arquiteto, mas também com ele estabeleceu uma real colaboração, vastamente documentada em projetos e nos diversos textos que publicou acerca de engenharia, estética, história da arte e, evidentemente, arquitetura. No panorama histórico e nos detalhes dessa relação, reside a chave para compreender as fases da produção de Niemeyer e as contribuições delas advindas para a arquitetura brasileira.

2 ANTECEDENTES

Arquitetura e engenharia não eram atividades dissociadas no Brasil até 1933, momento a partir do qual essas profissões foram regulamentadas. Niemeyer e Cardozo pertenceram a uma tradição em que os arquitetos de formação em Belas Artes detinham tanta capacitação técnica sólida quanto os engenheiros politécnicos possuíam conhecimentos humanísticos aprofundados. Ao menos até os anos 50, teoria clássica e história da arquitetura mereceram alguns capítulos nos manuais de construção brasileiros, bem como detalhamento estrutural e desenhos de fundação fizeram parte de tratados sobre filosofia da arquitetura.¹ Nesse contexto de intercâmbio, desenvolvera-se no país uma

¹ Veja-se, a esse respeito, tanto o livro do professor da Escola Nacional de Belas Artes, Adolfo Morales de los Rios Filho, sobre *Teoria e filosofia da arquitetura* (1955), com um capítulo inteiro dedicado a fundações, bem como o célebre *Manual do Construtor*, de João Baptista Pianca (1977), com capítulos dedicados a proporções e elementos ornamentais clássicos. Ambos editados originalmente na década de 1950.



sólida tradição de cálculo e construção de estruturas em concreto armado. Tal avanço foi possibilitado por um ambiente de intenso intercâmbio tecnológico com centros de pesquisa europeus –sobretudo franceses e alemães –, lastreado na emigração de jovens para formar-se em universidades estrangeiras, na permanente imigração de profissionais na segunda metade do século XIX e início do século XX e na criação de centros de pesquisa locais, como o pioneiro Gabinete de Resistência dos Materiais, fundado em 1893 na Escola Politécnica de São Paulo por Antônio Francisco de Paula Sousa (1843-1917) (cf. VARGAS, 1994, p. 218).

O acentuado crescimento urbano, sobretudo de São Paulo e Rio de Janeiro, naquele período, aliado à implementação de redes telegráficas, ferroviárias e rodoviárias, proporcionou notáveis feitos da engenharia e da arquitetura brasileiras, mesmo em âmbito internacional. Foi o caso, por exemplo, dos edifícios Martinelli, em São Paulo, ou A Noite, no Rio de Janeiro, a disputar entre si o título de maior arranha-céu com estrutura de concreto armado no mundo, no início da década de 1930 – o primeiro com a consultoria e o segundo com o cálculo do notável engenheiro Emílio Baumgart (1889-1943).

O prestígio dos engenheiros de estruturas do Brasil atraiu pesquisadores estrangeiros. São célebres, por exemplo, as visitas ao país de Arthur Boase, editor da norte-americana Engineering News Record, ocorridas a partir de 1944. O editor publicou uma série especial sobre as realizações brasileiras, com ênfase nas normas de cálculo, que proporcionavam maior “esbeltez” das peças (VASCONCELOS, 1985, p. 23, 173-181, 190-192).

Antes de graduar-se em engenharia civil na Escola Livre de Engenharia de Recife, em 1930, Joaquim Cardozo fazia parte, como escritor e ilustrador, de um grupo local de poetas e pintores que deu início a um dos primeiros movimentos modernos no Brasil (Cf. MARQUES; NASLAVSKY, 2007). Como engenheiro, já na década seguinte a sua formação, Cardozo foi o responsável pelos cálculos estruturais de diversos edifícios da Diretoria de Arquitetura e Construção da Prefeitura, projetados pelo arquiteto Luiz Nunes. Dentre as obras, algumas soluções excepcionais, como a utilizada na Escola Alberto Torres, com sua rampa de acesso suportada por um conjunto de arcos parabólicos (MARQUES; NASLAVSKY, 2007).

Em palestra proferida no ano de 1939 para o curso de engenharia, Cardozo fez veementes recomendações sobre a importância de uma sólida base matemática para a atuação do engenheiro, citando resultados recentes de Georg Cantor, Sierpinski e Luzin, dentre outros. Pesquisadores cujos princípios seriam mais tarde utilizados como base para investigações sobre a teoria do caos e fractais (CARDOZO, 2009a). Em outra palestra, no mesmo ano, ele explicou que utilizou nas obras do Recife estruturas especiais para a realização de formas puras, que somente com o concreto se pode realizar e que são soluções mais livres e perfeitas do que, por exemplo, a coluna e a arquitrave ou a abóbada estrelada. Cardozo alega ter usado, pela primeira vez em Pernambuco, o sistema flat-slab (laje plana) e o Zeiss-Dyvidag (geodésicas) para vencer grandes vãos (CARDOZO, 2009b). O contato com a elite intelectual brasileira trouxe Cardozo ao Rio de Janeiro em 1939 para lidar com inventários de patrimônio histórico no recém-criado Instituto do Patrimônio Artístico Nacional, IPHAN, onde Lucio Costa e Oscar Niemeyer atuavam como arquitetos.

Niemeyer graduou-se arquiteto em 1934 pela Escola Nacional de Belas Artes. Participou da equipe de Lucio Costa que trabalhou com Le Corbusier em 1936, por ocasião de sua visita no Rio de Janeiro, a fim de desenvolver o projeto para o campus da Universidade e o edifício para o Ministério da



Educação e Saúde. Como se sabe, com a partida do arquiteto franco-suíço, o mesmo grupo acabou projetando o edifício, com esqueleto estrutural em concreto calculado por Emílio Baumgart (Cf. VASCONCELOS, 1985, p. 29). O Ministério seria um dos primeiros arranha-céus modernistas no mundo. Niemeyer e Lucio Costa também projetaram nos Estados Unidos o elegante pavilhão brasileiro em formas livres para a Feira Mundial de Nova Iorque em 1939. Ambos tornaram-se funcionários públicos do Instituto do Patrimônio Histórico, onde Niemeyer projetou o hotel no centro colonial de Ouro Preto – então em processo de tombamento como patrimônio nacional.

3 CONTRIBUIÇÕES NOS PRIMEIROS TRABALHOS

Joaquim Cardozo e Oscar Niemeyer iniciaram sua colaboração em 1940, com o Cassino e a Igreja da Pampulha, na cidade de Belo Horizonte. O Brasil já firmara uma sólida base na tecnologia do concreto armado, e ambos os profissionais já tinham experimentado soluções inovadoras propiciadas pelos trabalhos em equipe. Entretanto, enquanto Niemeyer apenas iniciaria a manifestação sistemática de suas ideias por escrito mais de uma década depois, com a criação da revista *Módulo*, Cardozo costumava publicar com frequência suas poesias e artigos sobre arte e literatura. Enquanto o arquiteto privilegiava explicações práticas e específicas baseadas em seus projetos, o discurso do engenheiro era sempre mais idealista e platônico, provavelmente, devido ao seu profundo conhecimento matemático.

Niemeyer adotava uma forma anti-intelectual, quase vernácula, de escrever, e Cardozo sempre apresentava em seus textos referências de outros autores – a maioria da Rússia, da Alemanha e do Leste Europeu –, que o tinham levado a um pensamento específico, citando-os nas línguas originais. Quando Niemeyer inventou seu vocabulário inicial com pilares esbeltos, lajes planas, abóbodas e formas livres, baseado em princípios estruturais, foi Cardozo que o adaptou a formas geométricas e matemáticas em um caminho que buscava não subordinar a invenção arquitetônica a ela, mas, sim, obter o máximo desempenho de formas visivelmente coerentes estaticamente e também ajudar a conciliar o ajuste que – embora estruturalmente necessário – poderia comprometer a pureza pretendida. Diante da constatação de que Cardozo já havia empregado arcos parabólicos na escola Alberto Torres, é plausível que ele provavelmente tenha contribuído decisivamente pela adoção da abóbada parabólica mundialmente conhecida da Igreja da Pampulha, projetada em 1943.

Apesar da composição geométrica pura que essa igreja possa aparentar, ela oculta uma série de expedientes para torná-la viável construtivamente e adequada ao uso. As abóbodas menores não são parabólicas, mas arcos circulares travados com vigas ocultas nas paredes. A abóboda maior suporta o coro e a marquise frontal, o que resultou em cargas pontuais que também tiveram que ser compensadas com reforços de aço escondidos na casca. A casca de concreto, na verdade, teve sua espessura aumentada devido às camadas externas de isolamento térmico, impermeabilização, cobertura em porcelanato e revestimento interno em placas de madeira. É, de fato, uma complexa solução construtiva com aparência de forma pura, tal como desejado pelos autores (Figura 1).

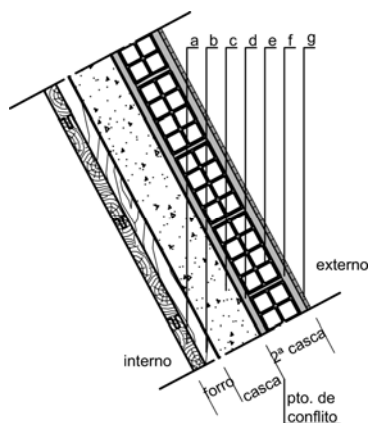


Figura 1a – Igreja da Pampulha, 1943. Oscar Niemeyer, Arquitetura. Joaquim Cardozo e Ruy Moreira, Cálculo Estrutural.



Fonte: Foto, Danilo Matoso.

Figura 1b – Possível corte esquemático original da casca da Igreja da Pampulha.



Legenda:

- a- Forro em pranchas de cerejeira com encaixe macho-fêmea. Largura variável de 30 cm/40 cm aproximadamente.
- b- Barroteamento de fixação do forro.
- c- Casca estrutural em concreto armado moldado in loco.
- d- Reboco
- e- Enchimento em alvenaria.
- f- Reboco
- g- Revestimento em pastilhas de porcelana azul 20mm x 20mm assentadas a 45°. Rejuntamento branco.

Fonte: Desenho, Danilo Matoso.

Como regra geral, o teto plano constituído por uma laje sem vigas foi adotado na maioria de seus trabalhos, em busca de assegurar a continuidade visual através da cortina de vidro. Sempre que o vão era muito grande para permitir lajes cogumelo, a solução comum era inverter vigas e executar pisos elevados. Lajes nervuradas também eram frequentemente adotadas, tanto com tijolos como fôrma perdida quanto com grelhas de malha mais aberta e maior altura, para vencer vãos mais avantajados (Figura 2).

Até então, os prédios de Niemeyer eram objeto de detalhamento cuidadoso. Uma diversificada paleta de materiais e cores era devidamente harmonizada com o paisagismo circundante por meio das paredes de vidro protegidas por elementos sombreadores, como os brise-soleil e os cobogós.



Figura 2a – Marquise com teto plano e vigamento invertido na Casa do Baile. Oscar Niemeyer, Arquitetura. Albino Froufe, Cálculo Estrutural.



Fonte: Foto, Alexandre Brasil.

Figura 2b – Casa do Baile, salão com estrutura em grelha e forro originalmente plano. Oscar Niemeyer, Arquitetura. Albino Froufe, Cálculo Estrutural.



Fonte: Foto, Danilo Matoso (durante obras de reforma em 2002).

Essa rica combinação de texturas e formas livres adotada pelos arquitetos brasileiros contrastava, e muito, com o purismo europeu – sempre criticado por seu ascetismo – e criou uma nova síntese, tornando-se parte do mundialmente conhecido *Brasileian Style*.² Um claro e racional sistema estrutural que poderia facultar planos mais flexíveis e formas incomuns, não apenas independentes das estruturas, mas articulados com eles de maneira a permitir que os elementos secundários e os materiais também fizessem parte da composição. É presumível que essa seja uma harmonia difícil de ser obtida sem a estrita supervisão do autor. Niemeyer admitiria posteriormente que, em certo momento, assumiu “trabalhos em demasia, executando-os às pressas, confiante na habilidade e na capacidade de improvisação” (NIEMEYER, 1958, p. 3-4).

De fato, na primeira metade dos anos 50, os adeptos do *Brasileian Style* e Niemeyer eram alvo de uma forte onda de críticas e acusações de formalismo. As investidas vinham de grupos opostos. De representantes da esquerda radical, como Bruno Zevi, para quem a abordagem das formas livres pareciam frívolas e sem justificativa (ZEVI, 1950, cap. IX; TINEM, 2002, p. 95-101), a defensores puristas, como Max Bill, pouco afeito ao que não fosse composto por austeros prismas ideais (BILL, 1953). Evidentemente, as críticas tinham muito do etnocentrismo que ainda hoje inspira os historiadores da arquitetura, estudiosos daquele período.³

² Conforme nos diz Zilah Deckker, sobre a exposição *Brazil Builds* realizada no MoMA, em Nova Iorque, organizada por Phillip Goodwin em 1943: “In spite of Goodwin’s caution not to label it, the ‘Brazilian Style’ came to be known through the illustrations in ‘Brazil Builds’; its seemingly regional image was seen as the expression of necessity. ‘Brise-soleils, pilotis, azulejos’ and the tropical landscape became the icons of the style. According to most contemporary interpretations, the ‘Brazilian Style’ expressed a stage forward in the maturity of the Modern Movement” (DECKKER, 2001, p. 160-161).

³ Para um desenvolvimento aprofundado do debate de Niemeyer com Max Bill e Lina Bo Bardi, bem como sua repercussão, veja-se o nosso capítulo *Do combate à autocrítica* (MACEDO, 2008, p. 85-121).



4 BRASÍLIA

Em Brasília, Niemeyer e Cardozo trabalharam juntos como técnicos contratados pela Novacap, empresa estatal responsável pela construção da nova capital, a ser concluída em três anos e meio. A mudança visível em sua arquitetura produzida entre 1955 e 1958 ocorreu tanto como uma reação aos problemas identificados a partir das experiências anteriores do arquiteto quanto como uma estratégia de projeto, a fim de atender ao cronograma de curto prazo e ao caráter simbólico demandado pela encomenda.

Em mais de 20 trabalhos produzidos por Niemeyer, nesse período, Cardozo foi encarregado dos projetos estruturais. A forma abstrata de pensar do engenheiro foi decisiva nessa transição, como descreveu o próprio Niemeyer, em 1958:

As obras de Brasília marcam, juntamente com o projeto para o Museu de Caracas, uma nova etapa no meu trabalho profissional. Etapa que se caracteriza por uma procura constante de concisão e pureza, e de maior atenção para com os problemas fundamentais da arquitetura.

Esta etapa, que representa uma mudança no meu modo de projetar e, principalmente, de desenvolver os projetos, não surgiu sem meditação. Não surgiu como fórmula diferente, solicitada por novos problemas. Decorreu de um processo honesto e frio de meu trabalho de arquiteto.

[...]

passaram a me interessar as soluções compactas, simples e geométricas; os problemas de hierarquia e de caráter arquitetônico; as conveniências de unidade e harmonia entre os edifícios e, ainda, que estes não mais se expressem por seus elementos secundários, mas pela própria estrutura, devidamente integrada na concepção plástica original (NIEMEYER, 1958, p. 3-5).

Nas obras de Brasília, Niemeyer voltou seus esforços para princípios clássicos de ordenação da composição e a sua explicitação por meio de ritmo, forma e transparência (Cf. MACEDO; SILVA, 2011). Embora ainda abundante, o detalhamento foi reduzido drasticamente para sintetizar o modo como os elementos seriam articulados (assentamento de pedras, modulação das janelas, padrões de revestimentos, etc.). Até mesmo os elementos estruturais transformaram-se em representações esquemáticas nos desenhos de arquitetura – depois desenvolvidos à exaustão nos desenhos de Cardozo, em que fórmulas matemáticas determinavam a forma exata para ajustar o perfil originalmente previsto.⁴

Tal foi o caso das colunas do Palácio da Alvorada, duplamente enrijecidas no ponto em que tocam a laje de piso: um enrijecimento transversal retilíneo e o perfil longitudinal parabólico que configuram o famoso peristilo do edifício. Cardozo definiu precisamente a forma como o segmento da curva de uma parábola de quarto grau, com armaduras de aço numa interessante disposição diagonal. A base, abaixo do nível da laje intermediária, também conforma uma finíssima articulação estrutural (Figura 3). As colunas do Palácio do Planalto – sede do Poder Executivo – possuem tratamento similar, embora construídas geometricamente a partir da correlação entre arcos de círculos e linhas retas (Figura 4).

⁴ Para uma análise aprofundada das estruturas dos palácios de Brasília, veja-se Silva (2012).

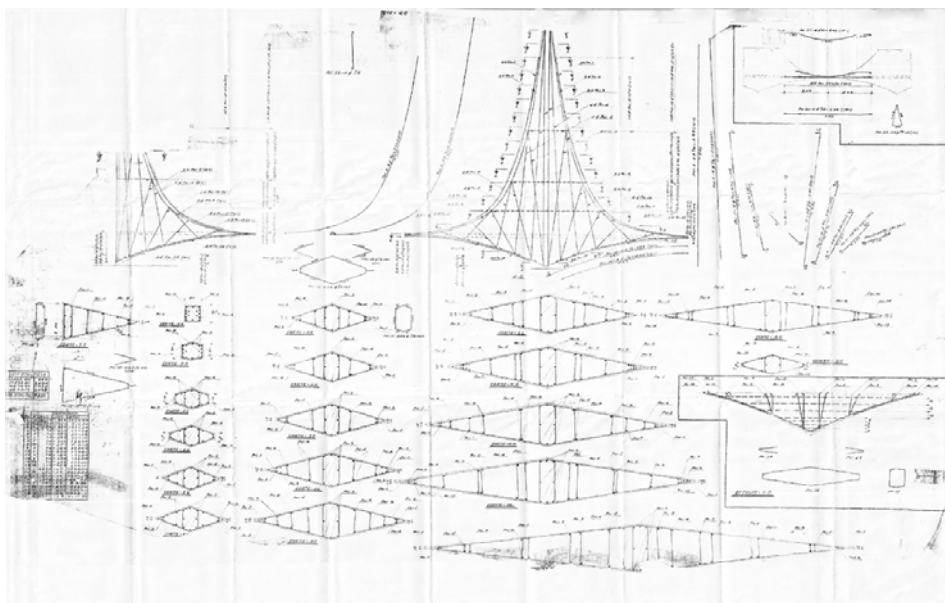


Figura 3a – Palácio da Alvorada, 1957. Oscar Niemeyer, Arquitetura. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Foto, Danilo Matoso.

Figura 3b – Palácio da Alvorada, detalhamento de armação das colunas externas, 1957. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Acervo Novacap.

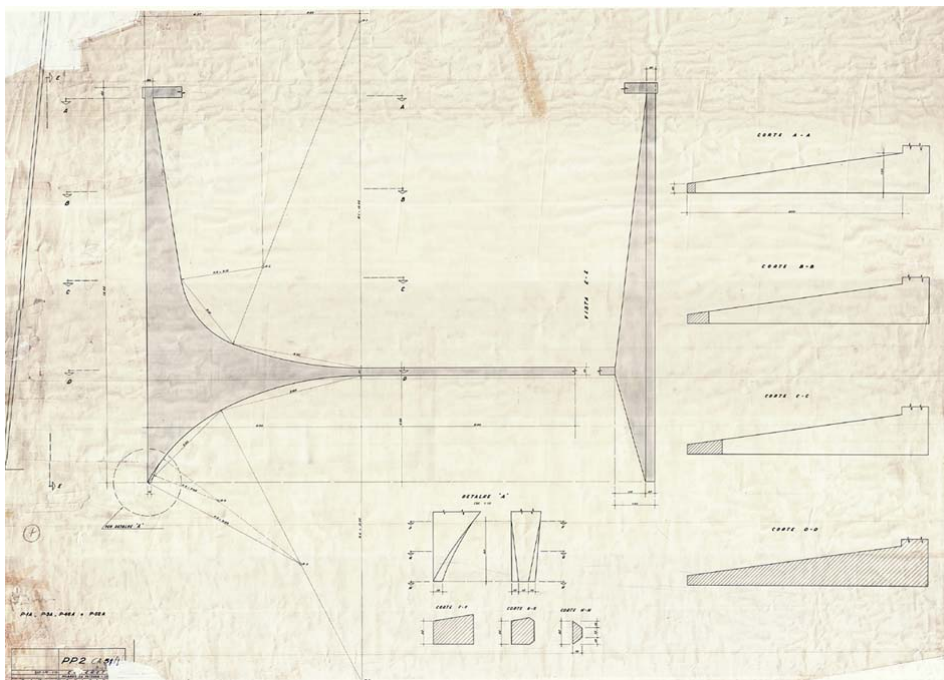


Figura 4a – Palácio do Planalto, 1957-1958. Oscar Niemeyer, Arquitetura. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Foto, Danilo Matoso.

Figura 4b – Palácio do Planalto, Pilares da fachada – fôrma. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Acervo Arquivo Público do Distrito Federal.

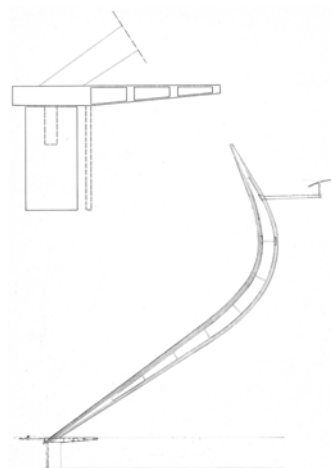
As cúpulas do Palácio do Congresso Nacional também foram matematicamente definidas. A cúpula menor de 39 metros, correspondente ao Senado Federal, é um parabolóide de revolução com uma parábola de segunda ordem como geratriz, que suporta apenas tensões de compressão. A cúpula invertida maior, da Câmara dos Deputados, é resultado de uma composição complexa. A casca



exterior visível é um elipsoide de revolução combinado com um tronco de cone invertido, com 62 metros de diâmetro no topo e 16 metros de balanço. Ela está coberta por uma segunda cúpula rebaixada que suporta tanto a laje de forro, atirantada abaixo com uma elaborada grelha de vigas, quanto o anel de concreto que define a cobertura acima. Niemeyer frequentemente se lembraria em suas memórias da ligação telefônica recebida de Cardozo, na qual o engenheiro exultava: “Consegui a tangente que vai deixar a cúpula da Câmara solta sobre a laje, como você preferia” (NIEMEYER, 1980, p. 96).

Na Catedral, também definida por Cardozo, um conjunto de 16 pilares parabólicos com seção diamante e um perfil descrito por ele como “uma série de superfícies tangentes: tronco de cone, zona de pseudo-esfera, duas zonas de toxo (internas), e na parte mais alta, uma zona de hiperbolóide de uma folha, e de revolução” (CARDOZO, 2009c, p. 179) (sic). Enquanto uma solução construtiva para a vedação em vidro era estudada, ao longo dos anos 60, o prédio manteve-se apenas como esqueleto estrutural, seguramente uma das imagens mais impactantes do trabalho de Niemeyer (Figura 5).

Figura 5 – Catedral Metropolitana de Brasília, Armação das Colunas [1958]. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Módulo, v. 6, n. 26, p. 22, 1961.

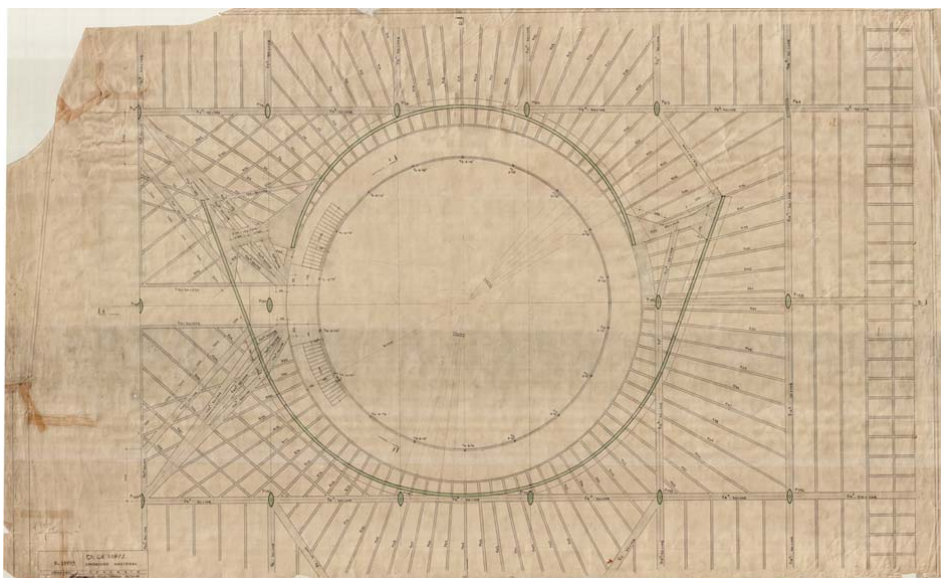
Esses exemplos visíveis em Brasília parecem materializar a formulação teórica de Cardozo:

Presente-se uma tendência para a fuga [...] para se voltar à intuição de uma geometria natural [...]. Não mais uma geometria cartesiana – dominada, conduzida pelo formalismo algébrico – porém, uma outra mais moderna, emancipada desses sistemas que lhe vêm de fora e lhe restringe o campo de existência. É pelo emprego dessa realidade geométrica, [...] que atingimos nos tempos que correm a um critério de molduração ou de modenatura, [...] uma molduração mais intrínseca às linhas, superfícies e volumes que constituem o espaço arquitetônico e se define no emprego dos campos de tangência, de curvatura ou de contatos de ordem mais elevada entre aqueles seres geométricos [...]. Agora poder-se-á perguntar: e as soluções de equilíbrio para essas formas? São dadas pela física experimental, pela ótica dos estados reológicos, pela foto-elasticidade; entre o polarizador e o analisador aparecerão as linhas dos esforços e das deformações, sobretudo as isoclínicas, isostáticas e isocromáticas, três famílias de curvas que são o exemplo natural daquele objeto geométrico descoberto por Veblen e que se enquadram também no domínio da geometria dos tecidos (Geometrie der Gewebe), isto é, a geometria têxtil criada por Blaschke (CARDOZO, 1963, p. 3-4).



Alguns dos mais intrigantes efeitos dessa filosofia são revelados quando analisamos o sistema de vigas ocultas das lajes duplas ou dos planos nervurados dos palácios. Uma vez que todos eles possuem uma malha regular de distribuição dos pilares, poder-se-ia deduzir um conjunto de nervuras regularmente distribuídas para reforço das lajes correspondente à disposição visível. No entanto, sempre que carregamento assimétrico é acrescentado ou um grande vão é exigido, um conjunto de vigas diagonais, semelhantes a estruturas da natureza, distribuem os esforços e conduzem as cargas aos apoios regulares. O plano do Palácio do Planalto e do Alvorada, por exemplo, possuem diagonais onde o intervalo regular da colunata foi interrompido. Na plataforma do Palácio do Congresso, o peso das cúpulas é distribuído através de vigas que se assemelham a raízes que buscam os suportes (Figura 6).

Figura 6 – Palácio do Congresso Nacional, detalhe das fôrmas da laje da plataforma, 1958. Joaquim Cardozo, Cálculo Estrutural.



Fonte: Acervo Técnico da Câmara dos Deputados.

Com uma equipe de projetos entrosada e a possibilidade de acompanhamento em tempo integral da execução das obras, nesses edifícios, os elementos estruturais nos desenhos de concepção da arquitetura foram reduzidos a simples representações esquemáticas, a serem inteiramente desenvolvidos somente no projeto estrutural de Cardozo. Tal foi o caso, por exemplo, da seção dos pilares para o Palácio do Congresso, representados com simples retângulos nos desenhos de arquitetura e posteriormente detalhados por Cardozo como elipses. A relação aproximada com a engenharia alcançada permitiu Niemeyer declarar, anos mais tarde, o seguinte:

[...] nos palácios de Brasília, essa seria minha escolha, caracterizando-os pelas próprias estruturas, dentro das formas concebidas. Com isso, detalhes menores que compõem a arquitetura racionalista se diluíam diante da presença dominante das novas estruturas. Se examinarem o Congresso de Brasília ou os palácios nela realizados, verão que, terminadas suas estruturas, a arquitetura já estava presente (NIEMEYER, 1998, p. 265).



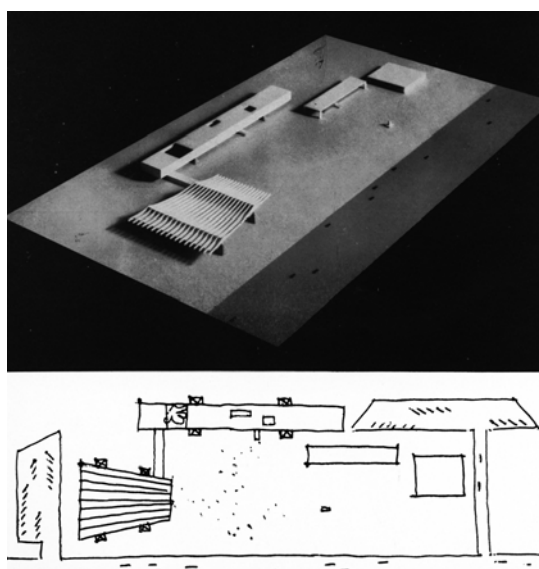
As reflexões de Cardozo sobre esse fenômeno seriam ainda mais aprofundadas. Em 1965 ele escrevera

sobre o problema do ser e do estruturalismo arquitetônico, onde associava a esbeltez das novas estruturas e dos materiais, suas novas propriedades físicas, com novos valores estéticos: sente-se em tudo o predomínio do pensamento lógico, do pensamento racional; entretanto sempre se insinua em tudo um pouco do pensamento sentimental, afetivo, do pensamento mítico, este pensamento que insistentemente comparece, através de Platão, até mesmo na rígida maiêutica socrática (CARDOZO, 2009d, p. 157)

Elogiando a nova geometria complexa dos trabalhos do arquiteto, Cardozo o descreveria em 1968 como um cântico das superfícies – citando Perret, para quem “a arquitetura é a arte de fazer cantar os pontos de apoio, onde arquitetura e estrutura deveriam atingir uma nova unidade, na qual todo o edifício se tornaria uma estrutura acompanhando os pontos de apoio” (CARDOZO, 1968).

Antes de 1960, quando da inauguração de Brasília, a pré-fabricação já havia estado presente no trabalho de Niemeyer nos esqueletos metálicos das torres do Congresso e nos Ministérios de dez pavimentos na Esplanada. Com a efetiva ocupação da cidade, porém, persistia uma certa urgência em se construir a infraestrutura necessária à vida de seus habitantes. Niemeyer enviou o arquiteto João Filgueiras Lima – o Lelé – à União Soviética para passar por um treinamento técnico em pré-fabricação com concreto, e com esse sistema eles projetariam os edifícios da Universidade de Brasília em 1962. Prosseguindo com sua nova linguagem clássica, por assim dizer, Niemeyer tirou vantagem plástica da ideia de viga aparente em uma direção que caracteriza o trabalho com pré-moldados – sobretudo na cobertura. Ele levaria essa ideia a um nível ainda mais radical de desenvolvimento no Museu da Universidade – não construído –, em que o edifício inteiro se tornaria um elemento estrutural: uma ponte com um gigantesco vão de 100 metros e balanços periféricos de 25 metros (Figura 7).

Figura 7 – Praça Maior da Universidade de Brasília, Estudo Preliminar [Edifício do Museu à esquerda, acima] [1962]. Oscar Niemeyer, Arquitetura.



Fonte: Módulo, v. 8, n. 32, p. 32, 1963.



Tal estratégia se tornaria um novo tipo no léxico arquitetônico de Niemeyer, levado a cabo, por exemplo, com vãos de apenas 65 metros na escola de Curitiba (1967) – recentemente transformada em Museu Niemeyer; com vãos de 50 metros na universidade de Constantine, na Argélia (1969) e na estação ferroviária de Brasília (1975); e como uma variação no edifício da Fata, em Turim (1975). Em 1968, Cardozo calcularia uma destas obras: o Pavilhão de Exposições da Gameleira, em Belo Horizonte, encomendado pelo então governador Israel Pinheiro (antigo diretor da Novacap em Brasília).

5 CONTRIBUIÇÃO INTERROMPIDA

Era 4 de fevereiro de 1971, um dia quente de verão. Os operários da obra do Pavilhão descansavam após o almoço sob a generosa sombra da cobertura de concreto. As últimas escoras das fôrmas haviam sido removidas naquela manhã. Com um estalo e um ruído ensurdecedor, a estrutura em balanço veio abaixo. Mais de 120 operários morreram naquela manhã. A justiça condenaria, na primeira decisão, tanto a construtora quanto o calculista. Cardozo provaria, em instâncias superiores, que não houvera erro de cálculo e que a principal causa havia sido a remoção de escoramento na ordem invertida. As últimas escoras retiradas estavam na ponta do balanço, o que teria carregado a estrutura repentinamente, causando o desabamento. Mas não havia mais futuro profissional para Joaquim Cardozo, então com 74 anos. O engenheiro jamais se recuperaria emocionalmente do episódio e não voltaria à prática projetual como calculista até sua morte em 1978.

No terceiro momento de sua carreira, Niemeyer trabalhou ainda com outros talentosos engenheiros estruturais – dentre os quais Bruno Contarini e José Carlos Sussekind. Entretanto, o delicado equilíbrio entre a abstração de Cardozo e a desenvoltura de Niemeyer não voltou a se repetir. Um equilíbrio que Cardozo elaborara pouco antes do início de sua parceria com o arquiteto, ainda em 1939:

O método matemático, força mágica em ação sobre o mundo das formas, encontra nos modelos de ensaio e nos campos de prova um universo arbitrário onde pode se exercer no sentimento da unidade que é perfeição e da economia que é vida. Os calculadores modernos, na sua meditação prática, não se deixam mais entrar pelas fórmulas empíricas, são agora guiados pela experimentação. É nesse mundo reduzido, nesse cosmos plasmado especialmente para uma cômoda indagação da natureza que sentimos o maravilhoso contato entre o espírito sagaz e criador e a natureza vencida e torturada, ponto crítico em que se confundem a teoria e a técnica, o sábio e o artista (CARDOZO, 2009a, p. 61).

Sobretudo após Brasília, o trabalho de Oscar Niemeyer teve influência inequívoca, direta ou indireta, da concepção estrutural desenvolvida em conjunto com Joaquim Cardozo. Em Brasília, de fato, o arquiteto mudara radicalmente seu método de trabalho, e a linguagem de sua obra atingiu um novo patamar de síntese e concisão.



REFERÊNCIAS

- BILL, M. **Max Bill: o inteligente iconoclasta**. Habitat, v. 12, p. 34-35, set. 1953.
- CARDOZO, Joaquim. **Algumas idéias novas sobre arquitetura**. Módulo, v. 33, p. 1-7, 1963.
- _____. **O canto arquitetural de Niemeyer**. Quase memórias: viagens: tempos de entusiasmo e revolta – 1961-1966. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968.
- _____. **Discurso de paraninfo: Engenharia**. In: D. M. MACEDO; F. J. A. SOBREIRA (org.). Forma estática – forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009a. p. 59-64.
- _____. **Aula magna: Escola de Belas Artes**. In: D. M. MACEDO; F. J. A. SOBREIRA (org.). Forma estática – forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009b. p. 53-58.
- _____. **A construção de Brasília**. In: D. M. MACEDO; F. J. A. SOBREIRA (org.). Forma estática – forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009c. p.177-179.
- _____. **Sobre o problema do ser e do estruturalismo arquitetônico**. In: D. M. MACEDO; F. J. A. SOBREIRA (org.). Forma estática – forma estética: ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009d. p. 153-159.
- DECKKER, Zilah. Q. **Brazil Built: the architecture of the modern movement in Brazil**. London: Spon Press, 2001.
- MACEDO, Danilo Matoso. **Da matéria à invenção: as obras de Oscar Niemeyer em Minas Gerais, 1938-1955**. Série Arte e cultura. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2008.
- MACEDO, Danilo M.; SILVA, Elcio. **Ordens tectônicas no Palácio do Congresso Nacional**. Vitruvius – Arquitectos, n. 131.00. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/11.131/3829>, 2011> . Acesso em: 8 ago. 2013.
- MARQUES, S.; NASLAVSKY, G. **Eu vi o modernismo nascer... e ele começou no Recife**. In: F. D. MOREIRA (org.). Arquitetura moderna no Norte e Nordeste do Brasil: universalidade e diversidade. Recife: FASA, 2007. p. 81-105.
- MORALES DE LOS RIOS FILHO, Adolfo. **Teoria e filosofia da arquitetura**. Rio de Janeiro: A Noite; Borsoi, 1955.
- NIEMEYER, Oscar. **Depoimento**. Módulo, v. 2, n. 9, p. 2-6, 1958.
- _____. **Forma e função na arquitetura**. Módulo, v. 4, n. 21, p. 2-7, 1960.
- _____. **Problemas da arquitetura, 6: o problema estrutural e a arquitetura contemporânea**. Módulo, n. 57, p. 94-97, 1980.
- _____. **As curvas do tempo: memórias**. Rio de Janeiro: Revan, 1998.
- PIANCA, J. B. **Manual do construtor**. 9ª ed. Porto Alegre: Globo, 1977. [1. ed. Porto Alegre: Globo, 1955-1968].
- SILVA, Elcio. **Os palácios originais de Brasília**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 408p.
- TINEM, N. **O alvo do olhar estrangeiro: o Brasil na historiografia da arquitetura moderna**. João Pessoa: Manufatura, 2002.
- VARGAS, M. **História da técnica e da tecnologia no Brasil**. Biblioteca Básica. São Paulo: Universidade Estadual Paulista/Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.
- VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil: recordes, realizações, história**. São Paulo: Copiare, 1985. v. 1.
- ZEVI, B. **Storia dell'architettura moderna**. Torino: [Einaudi], 1950.