

## **O SISTEMA ESTRUTURAL E AS INOVAÇÕES NA OBRA DA CÚPULA INVERTIDA DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, DEVIDO AOS DESENHOS E CONTORNOS DE OSCAR NIEMEYER**

**Resumo:** *Esse trabalho busca investigar o desenvolvimento estrutural na cúpula da câmara dos deputados em Brasília-DF, projeto do arquiteto Oscar Niemeyer. Como também elucidar as inovações desenvolvidas na concepção do projeto. No desenvolvimento da pesquisa foram enfatizadas diversas particularidades. Uma delas é o perfil dos profissionais envolvidos no projeto. Na confecção do projeto é notável a integração dos profissionais engenheiro e arquiteto para realização de um bem comum, além da cooperação de conhecimentos e o conhecimento prévio de um sob a área do outro e vice-versa. Ou seja, a realização de uma grande obra, original tanto do ponto de vista arquitetônico quanto da adaptabilidade da técnica construtiva utilizada contou com uma grande parceria entre os profissionais. No detalhamento estrutural da obra é mostrado como foi feito o sistema de cascas esféricas em conformidade com os esforços em que a estrutura está sujeita. Como também a busca de soluções e conhecimento teórico para dar maior fundamentação e garantia ao que foi realizado. O presente trabalho foi feito com base na literatura da área, através de desenhos e plantas do projeto. Assim, na análise final mereceu um grande destaque a parceria firmada entre os profissionais, e a inovação desenvolvida ao adaptar a técnica usual para uma forma menos utilizada, o que necessitou do engenheiro a busca de uma solução original e inovadora para a estrutura.*

**Palavras-chave:** *Estrutura, inovação, arquitetura.*

### **1 Introdução:**

O arquiteto Oscar Niemeyer (1907-2012) foi um dos grandes profissionais do Brasil, que desde muito cedo conseguiu grande notoriedade pelo desenvolvimento do seu trabalho. Em suas obras é clara e evidente o rompimento com o tradicionalismo e o padrão estético vigente na época, ele sempre propôs dos engenheiros soluções arrojadas dando liberdade plástica ao concreto armado, com formas ousadas e exuberantes, combinando invenção e função através das técnicas do concreto e fazendo desse material a matéria-prima de sua arte. Niemeyer desenvolveu seu estilo próprio, as vezes apelando a curvas, mas sempre relacionando engenharia e arquitetura como coisas que nascem juntas e dessa forma sem compõem e se fortalecem. Nesse trabalho busca-se desenvolver uma relação entre o desenho arquitetônico e a engenharia estrutural buscando evidenciar inovações tecnológicas e descrever algumas soluções técnicas originais utilizadas pelos engenheiros através das obras do arquiteto. Como também elucidar a importância do desenho na compreensão desses aspectos.

Sua carreira também é marcada pela presença de grandes engenheiros entre ele destacam-se: Emilio Baumgart, Joaquim Cardozo, Bruno Contarini e José Carlos Sussekind que desenvolveram obras icônicas pelo desafio estrutural e pela originalidade tecnológica, como também é defendido por outros autores que disseram sobre o tema:

Niemeyer utilizava um método que o acompanhou durante toda a carreira

Em seu método, Niemeyer inicialmente procura as diretrizes para o desenvolvimento da obra; toma conta do programa a ser seguido e informa-se sobre alguns fatores condicionantes do projeto, como as necessidades do empreendedor, os custos e a finalidade do empreendimento, e o terreno e o ambiente em que o projeto será construído. Em seguida, o arquiteto procura a solução através de croquis e redige um texto explicativo sobre a alternativa. Se os argumentos não lhe convenceram, Niemeyer convoca o engenheiro estrutural de sua confiança para discutirem os problemas estruturais e explica ao projetista os pontos mais importantes a serem preservados (a forma, espaço, etc.).

(GALVANE, Junior, 2010 pag: 45)

Assim fica mais claro o desenvolvimento da sua arquitetura, o uso de soluções pouco convencionais e a interação dos profissionais, que é uma das principais marcas do desenvolvimento do trabalho do arquiteto

A obra de Niemeyer é um dos raros casos em que o arquiteto entende de estrutura e o engenheiro é um apreciador da estética da arquitetura. Estes dois atores, representando majestosamente o papel de criador de formas inovadoras e ricas estruturalmente, projetaram o Brasil do futuro como o que foi capaz de conceber e executar os maiores vãos e espaços livres do mundo.

(PORTO, Claudia Estrela, 2015, pág 13)

### **1.1 Estudo da relação arquitetura estrutura:**

Propondo seu estilo novo original Niemeyer ele trouxe a estrutura que sempre esteve escondida debaixo do rebolco para ser a delimitadora da forma, a mesma agora era o elemento primordial definidor da forma e que essencialmente compõem a edificação. Segundo o próprio Oscar: “ Quando a Estrutura está finalizada a Arquitetura já está lá “ (Oscar Niemeyer. A vida é um sopro)

Entre outras palavras o desenho arquitetônico meramente pode ser constituído em quanto desenho na forma de expressionismo, da mesma forma que fazem os diversos outros artistas, ou seja o arquiteto expressa seus desejos como a arte primordial que no fim é usado como definidor do espaço e ornamentador da construção e o engenheiro por sua vez, geralmente usa o desenho em outro sentido, nesse caso como instrumento de desenvolvimento e especificação de um projeto estrutural criando formas e limites novos para a instalação desse sistema, essa forma última de utilização do desenho padece de exuberância pois; é meramente, instrucional e informacional, essa lógica fundada em duas classes de desenho é a tradicionalmente usada. Mesmo sabendo que esses projetos podem estar separados; por outro ponto de vista, tudo isso depende de uma integração entre os desenhos, de forma que, um projeto não existe sem o outro, e nenhum dos dois existe sem expressar nenhuma idealização do seguinte. É importante como defendido por (REBELLO, 2006) que diz que “não se pode imaginar uma forma que não necessite de uma estrutura ou uma estrutura que não tenha uma forma. ” “Logo, quem cria forma cria estrutura. ” Ele explica que “o que acontece é que nem sempre o criador da arquitetura tem consciência de que seu ato criador dos espaços está intrínseco o ato criador da estrutura. ”, porém o que é discutido é o nível dessa integração que pode ser irrelevante ou extremamente alto como nos projetos do arquiteto em que ele mesmo afirmava que na finalização da estrutura a arquitetura já está lá.

Assim, Niemeyer quebra essa lógica e desenvolve, na maioria das vezes, tudo isso em uma só vertente, o próprio desenho que o arquiteto usou para expressar seu capricho, sua suavidade, beleza e exuberância e o mesmo que servirá para o engenheiro enquanto base para

o desenvolvimento do projeto de estrutura com suas formas e espaços já pré-definidos e delimitados cabendo ao profissional adequar a técnica de concretagem no confinamento que já foi definido com sua própria participação desde o início. Dessa forma foram concebidas tais estruturas plásticas e diferentes, respondendo aos moldes do projeto.

O arquiteto Oscar Niemeyer é apontado como uma referência no Brasil em relação à boa integração na concepção arquitetônica e estrutural das edificações projetadas por ele. Assim, um dos pontos em que sua obra mais se sobressai é o fato de que em sua obra a arquitetura e a estrutura são pensadas como um só elemento. Sobre o processo criativo de Niemeyer TELLES apud (PONTES, 2004) argumenta que o desenho de Niemeyer pressupõe a submissão da técnica ao processo criativo, pois suas formas são livremente imaginadas sem a expressão das contingências relativas às tensões e à resistência concreta dos materiais.

(COELHO. Nathalia Pereira, 2012, pág. 62)

Toda essa ideia defendida por (PEREIRA 2012) mostra que no desenho de Niemeyer essa integração é um aspecto importante, dando à técnica a possibilidade de adaptação à arquitetura pensada, sem a incerteza de possibilidade usando a inovação para construção em concreto. Isso mostra como a engenharia teve que se adaptar a tais aspectos

## 2 Estrutura e sistemas estruturais:

A estrutura de uma edificação ou de outro objeto qualquer é um sistema composto por elementos que se inter-relacionam para desempenhar uma função essencial, para isso, estes elementos fundamentais unidos compõem o sistema estrutural que pode ser de uma edificação, de um animal, de uma planta, ou de quaisquer outros elementos da natureza. Visto que, em estruturas de concreto a função primordial de um sistema estrutural é garantir o equilíbrio estático transmitindo os esforços de toda a extensão da edificação para o solo. Inicialmente estas cargas são do carregamento próprio da estrutura proeminente da força da gravidade que age sobre a massa do corpo e de as outras matérias que compõem e carregam o que está sendo estruturado, também podem existir cargas acidentais previsíveis como ventos, grande movimentação de pessoas e outras intervenções naturais. Todo esse processo de sustentação é feito pela associação de elementos estruturais, como: viga, pilar, pórtico, arcos, grelhas, placas e etc. onde entende-se por estrutura:

O sistema material da edificação capaz de transmitir cargas e absorver esforços de modo a garantir a estabilidade, a segurança e a integridade da construção, cooperando na sua organização espacial e na sua expressão, mediante o adequado emprego dos materiais, das técnicas, dos processos e dos recursos econômico-financeiros.

(WEIDLE, 2002 apud SILVA, 2000, p. 13).

Ou seja, a estrutura é um sistema elementar com uma função inicial definida de transmitir os esforços de carregamento até o solo, porém todo esse processo é definido através de múltiplas variáveis, que não representam apenas entes físicos, mas também as possibilidades financeiras, de segurança e toda a variação espaço-organizacional possível, em toda concepção estrutural há um conjunto de possibilidades que a estrutura pode se arranjar e ocupar para desempenhar sua função, por fim as dimensões finais deste corpo estrutural são definidas usando as teorias modernas de cálculo estrutural de acordo com a técnica construtiva utilizada; concreto armado, concreto protendido, associação de ambas, ou qualquer outra. Quando as delimitações feitas a partir dos cálculos matemáticos ultrapassam os limites pré-estabelecidos busca-se novas soluções, os mesmos uma revisão das possibilidades técnicas utilizadas,

procurando inovações possíveis no intuito de responder a uma estrutura sutil, esbelta, com delimitações curvas, com uma maior liberdade plástica; como no estilo desenvolvido por Niemeyer.

## 2.1 Estudo de caso:

O palácio do Congresso nacional foi um marco na utilização do concreto armado pela Arquitetura Moderna Brasileira, o conjunto é formado por dois edifícios e um conjunto de cúpulas uma côncava e outra convexa, ambas apoiadas em dois andares que são os pisos iniciais de todo o palácio, inicialmente o edifício apresenta uma forma original e inovadora dentro da construção civil pela disposição peculiar das cúpulas que lhe compõem, como mostrado na Figura 1 abaixo. Nessa análise o foco será dado para a cúpula invertida da câmara dos deputados, devido ao seu formato exuberante, e sua estrutura única e inovadora.

Figura 1: Foto do palácio do congresso nacional



Figura: <https://www.flickr.com/photos/aragao/15821929202>.

Tal estrutura foi edificada em concreto armado usando anéis de aço moldados em vergalhão com uma cobertura utilizando um sistema de lajes atirantadas em formato de coroa, o que possibilitou um espaço interno da construção totalmente livre de pilares e colunas, como mostrado nas Figuras 2 e 3 abaixo. Outro aspecto importante é o fato a cúpula da laje parecer apenas tocar a estrutura.

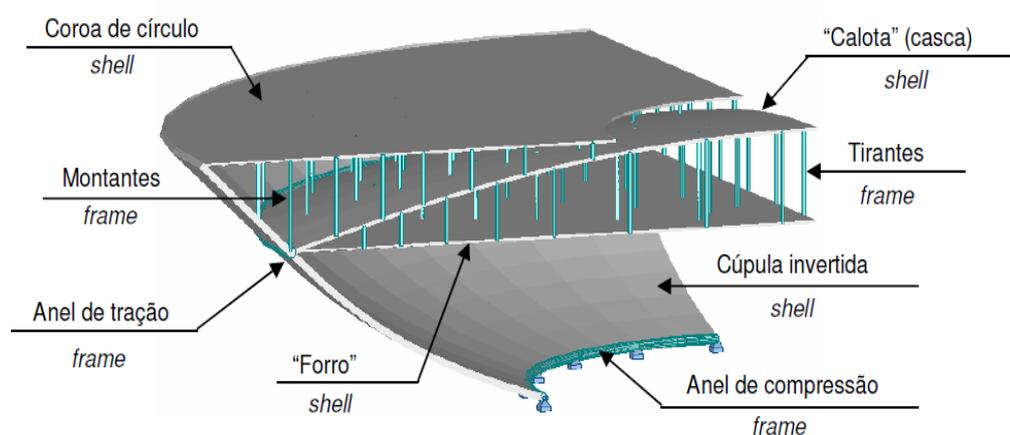
Figuras 2 e 3: Imagem interna e externa da cúpula da câmara dos Deputados



Fonte: <http://ultimosegundo.ig.com.br/politica/2017-09-20/reforma-politica.html>.

O projeto estrutural da cúpula foi concebido pelo engenheiro Joaquim Cardozo assim como diversos outros projetos em Brasília. A estrutura em destaque evidencia o fato de tocar a laje de apoio através de uma leve tangente sendo apoiada por uma viga em formato de anel localizada dentro dos andares inferiores, as dimensões de tais estruturas fizeram com que o engenheiro buscasse materiais mais resistentes para que a construção estivesse de acordo ao programa arquitetônico

Figura 4 : Trecho de um quarto da cúpula em 3D



Fonte: TEATINI, João Carlos. A estrutura da cúpula da câmara dos Deputados.

A estrutura é formada inicialmente por um elipsoide de revolução, gerado pela rotação de uma elipse em torno do seu eixo menor, essa é a forma da primeira casca cilíndrica que delimita parte da cúpula. Essa volumetria delimitada pela zona elipsoidal da casca cilíndrica começa desde a base da cúpula até o ponto onde é instalado o anel de compressão até a parte onde está indicado o anel de tração na Figura 4 acima, que também serve de apoio para o sistema em continuidade, a cobertura. A continuidade da casca, a partir do Anel de tração, foi feita por um formato diferente a casca sequencial é em formato de tronco de cone apoiado na elipsoide de revolução sobre um ponto de mesma tangência, a partir do referido ponto é instalado o sistema de cobertura, a continuidade da cúpula já é definida pela volumetria determinada pelo tronco de cone, como pode ser evidenciado pela figura acima.

Esse sistema forma a primeira casca da cúpula limitada pela superfície de uma “zona de elipsoide de revolução, abaixo do equador” onde está apoiada a arquibancada da galeria do plenário. Essa casca tem espessura variável, possuindo 86cm no ponto onde encontra o anel inferior e 60cm no ponto onde encontra o anel superior. Esse anel superior absorve grande empuxo da casca e também está ligado as vigas de laje forro que ajudam na resistência das forças horizontais de tração, atuando como tirantes. (TEATINI, 2009).

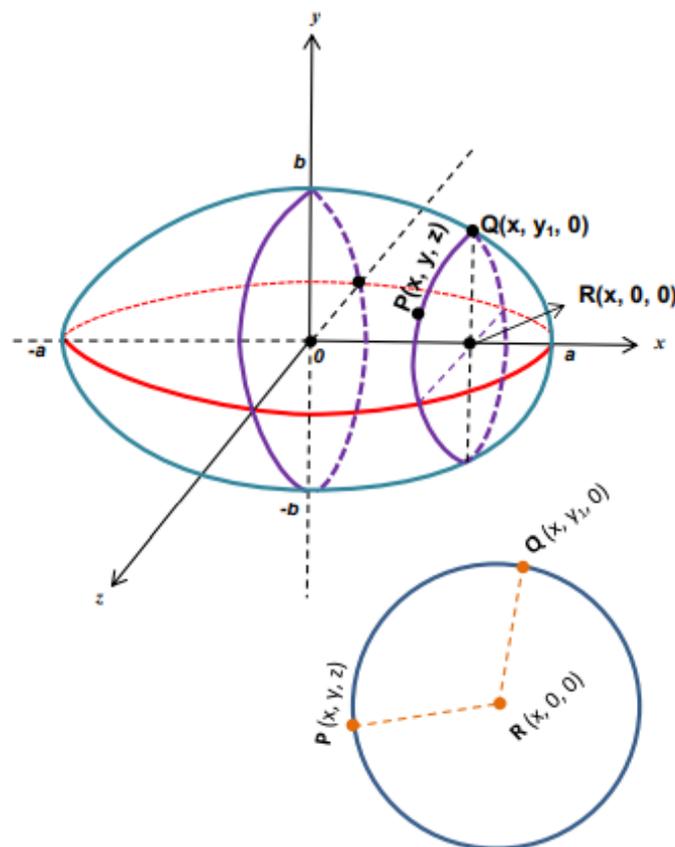
(INOJOSA apud TEATINI 2009, 2010 pág. 122)

Os referidos anéis indicados na imagem acima fazem parte da estrutura e estão alocados na parte inferior funcionando como uma base de sustentação da carga e dos

momentos referidos, e na parte superior atuando como base para sustentação da cobertura e parte integrante da união entre as duas cascas.

A laje final nesse sistema é executada sob a técnica de caixão perdido, nesse sistema são colocadas matérias inertes entre as camadas que compõem a espessura da laje. Isso provoca um afastamento em parte do material para as áreas mais solicitadas, o que torna a laje mais leve e mais resistente podendo vencer vãos maiores com um maior desempenho, esse tipo de laje também apresenta uma maior inercia, propondo uma maior rigidez. Essa iniciativa possivelmente possibilitou uma maior resistência da laje de acordo aos esforços solicitantes.

Figura 5: Perfil esquemático de um elipsoide de revolução



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/7972073/>

A Figura 5 acima ilustra o que chamamos de elipsoide de revolução, quando uma elipse é girada em torno do eixo ( $\vec{Y}$ ), criando um sólido o que dar forma a primeira casca, nesse caso desconsidere as proporções das medidas na imagem, tal exemplo serve apenas para ilustrar como foi concebida tal forma: A casca é delimitada por uma porção de volume abaixo do eixo ( $\vec{X}$ ) da imagem, que também é chamado de eixo equador na citação acima, e inicia-se acima do ponto indicado pela letra ( $-b$ ), onde é instalado o anel inferior. Essa parte intermediária e que lhe confere determinado formato.

Entretanto, em engenharia, costuma associar esse formato ao que chamamos de Casca invertida, como é tratado na teoria das cascas e placas da resistência dos materiais. A primeira casca está ligada aos anéis de compressão intermediários e inferior, e também nessa faixa estão apoiadas as arquibancadas da estrutura. Analisando essa casca é notável não só o peso que essa estrutura descarrega nas vigias e pilares da grande laje, mas também o momento estático desenvolvido por ela no sentido de abertura; extensão do diâmetro superior. Porém esse movimento é estabilizado pelo fato da casca ser circular, contendo uma alta densidade de armadura, a anel intermediário também atua comprimindo toda a estrutura inicial, assim é possível evitar maiores deslocamentos radiais na estrutura, garantindo uma maior rigidez do sistema.

Em sequência fazendo a análise inicial dos volumes que configuram a forma da parte externa. Tem-se a segunda casca que instalada encima da primeira, através de transição cônica, e sua fixação é reforçada pelas armaduras do anel intermediário, tal anel está atuando como uma junção rígida, entre a primeira, e a segunda casca que delimita o sistema de cobertura.

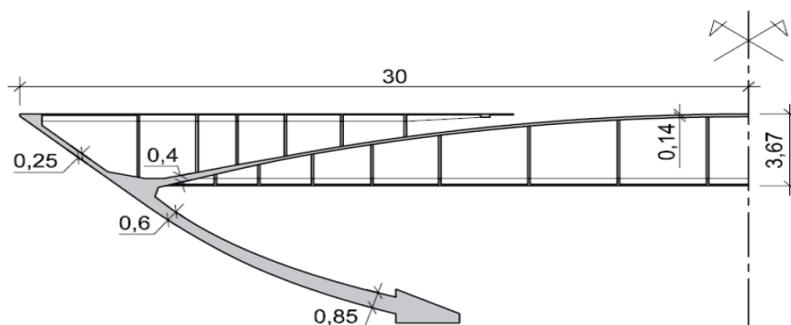
A laje superior do sistema que fecha a cúpula se apresenta em formato de coroa circular, esse sistema tem fundação de vedação e em última análise também contribui para a estabilidade da cúpula, como também é defendido na citação abaixo.

A coroa circular tem diâmetro externo de 60m e interno de 20m, com altura máxima de 10,3m com relação à base da cúpula. É constituída por lajes quadradas com espessura uniforme de 4cm e vãos de 3,0x3,0m, apoiadas em vigas ortogonais de seção transversal 12x40cm, que por meio de montantes, de seção transversal 12x12cm, transferem cargas verticais a uma casca abatida.

(TEATINI, João Calos. A estrutura da cúpula da Câmara dos Deputados, pág:5 )

Em resumo é apresentado a Figura 5 que mostra o corte lateral das cúpulas e do sistema de cobertura com suas respectivas dimensões.

Figura 6 : Corte longitudinal da cúpula



Fonte: TEATINI, João Carlos. A estrutura da cúpula da câmara dos Deputados.

Após toda essa análise geométrica e funcional de todos elementos estruturais identificados que compõem a construção, faz-se algumas considerações generalizadas sobre tal questão. Além disso, podemos considerar que não só o carregamento pode atuar na estrutura, outras ações como: variação de temperatura, deformações impostas por retração ou movimentos de apoios e possíveis sobrecargas assimétricas. Em algumas declarações sobre as construções e projetos concebidos em Brasília, Joaquim Cardozo engenheiro calculista desta obra e de

muitas outras ao longo da carreira de Niemeyer, enuncia; em parte, a filosofia da sua formulação teórica, para a determinação das soluções de tais feitos.

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, Revista Módulo 1963, p. 3-4)

Nesse trecho escrito por Cardozo é evidente a busca de outras teorias matemáticas e físicas para análise prévia dos comportamentos dos sistemas estruturais, pois para tais estruturas, apenas as teorias clássicas das estruturas pareciam não ser suficiente para ter uma maior previsão do comportamento e desempenho de formas e concepções arquitetônicas originais. Porém tais formulações matemáticas podem usar de aproximações, hipóteses, analogias até abstrações de algumas variáveis, no intuito de elucidar os cálculos matemáticos a seu respeito, entretanto, os resultados determinados com esses modelos podem apresentar erros percentuais embutidos mesmo quando as medidas e as proporções geométricas são as mais precisas possíveis. Como também é descrito na citação anterior

O cálculo estrutural existe para comprovar e corrigir o que se intuiu. Não é o cálculo que concebe uma forma, mas sim o esforço idealizador da mente humana. O cálculo é uma ferramenta com a qual se manipula um modelo físico, e por mais precisos que sejam os cálculos, nem sempre conseguem descrever com precisão a realidade

(REBELLO, Yopanan C. P. A concepção Estrutural e a Arquitetura. Pág: 36 )

Nesse trecho descrito acima Rebello destaca o papel do cálculo como ferramenta para o engenheiro corroborar a intuição primordial do arquiteto na estrutura. Dessa forma destaca-se também que o conhecimento do arquiteto no campo da estrutura é vasto e com um amadurecimento notável, pois tais estruturas criadas por ele são exequíveis usando as tecnologias de ponta para a época, usando os limites aos esforços dos materiais utilizadas e a proeza de grandes engenheiros. Como descrito na citação anterior a citação acima.

## 2.2 Considerações finais:

Pelos fatos discutidos é evidente o destaque aos grandes profissionais que lideraram as grandes construções de tal época e deixaram seu legado para os profissionais de área e para toda a sociedade. Porém o que dá o destaque primordial a estes atores é principalmente sua formação tanto do grande arquiteto como do engenheiro, ambos foram permeadores de seu campo de instrução e demonstrar ter um breve conhecimento sob a área de formação do outro, o que

resultou em muitos casos uma integração maior, neste caso uma grande inovação, formada pela genialidade e capacidade de profissionais diferentes mais que se somaram para a formalização de um bem comum. Isso mostra como a união é importante no desenvolvimento de qualquer produto, toda inovação surge de reunião de pequenas ideias estruturadas, provinda de várias pessoas, com certeza se o engenheiro e o arquiteto não tivessem essa sintonia e reciprocidade com o outro, a cúpula não teria sua leveza e sinuosidade que culminou por caracterizar essa obra como grande marco do Brasil. Outro fator importante, é a busca de soluções arrojadas o retorno a literatura mostrado pela busca de novas técnicas pouco usuais além da busca do amplo desenvolvimento do que já está sendo utilizado. Isso mostra, como as inovações tecnológicas foram conseguidas e carrega um grande exemplo de cooperação e responsabilidade profissional para os dias de hoje.

### Referências Bibliográficas:

CARDOZO, Joaquim. **Algumas ideias novas sobre arquitetura**. Módulo, v. 33, p. 1-7, 1963.

GALVANE, Júnior. **O Sistema Estrutural na Obra de Oscar Niemeyer**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010.

INOJOSA, Leonardo. **O sistema estrutural na obra de Oscar Niemeyer**. 2010. 159 folhas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília-DF.

PEREIRA, Nathalia C. **Concepção Arquitetônica e Estrutural de Duas Obras de Oscar Niemeyer; Igreja da Pampulha e Pavilhão da Gameleira**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília. Brasília. 2012

PORTO, Cláudia E. Soluções Estruturais nas Obras de Oscar Niemeyer. **Revista Paranoá**. Brasília v. 16, n. 15. Pág 25-51, 2015

REBELLO, Yopanan C. P.. **A concepção Estrutural e a Arquitetura**. 1º. ed. São Paulo. Ed Zigurate, 2000.

SILVA, D. M., SOUTO, A. K. **Estruturas uma abordagem arquitetônica**. Ed. Sagra Luzzatto, Porto Alegre, 2000

TEATINI, João Carlos. **A Estrutura da Cúpula da Câmara dos Deputados em Brasília**. Capítulo do Livro: Forma estática - Forma estética: Ensaios de Joaquim Cardozo sobre Arquitetura e Engenharia, 1º ed, Brasília, Ed Câmara, 2009, pág 31-49.

## THE STRUCTURAL SYSTEM AND INNOVATIONS IN THE CONSTRUCTION OF THE INVERTED SUMMIT OF THE CHAMBER OF MEMBERS, REGARDING OSCAR NIEMEYER'S DRAWINGS AND CONTORNS

***Abstract:** This work seeks to investigate the structural development at the top of the Chamber of Deputies in Brasília-DF. The project of the dome is of the architect Oscar Niemeyer. It also seeks to elucidate the innovations developed in the design of the project. In the development of the research, several peculiarities were emphasized. One of them is the profile of the professionals involved in the project. In the design of the project, the integration of the professional engineer and architect to realize a common good, besides the cooperation of knowledge and the prior knowledge of one professional under the area of the other and vice versa, is remarkable. That is, the realization of a great work, original both from the architectural point of view and the adaptability of the construction technique used had a great partnership among professionals. In the structural detailing of the work it is shown how the spherical shell system was made in accordance with the efforts in which the structure is subjected. As well as the search for solutions and theoretical knowledge to give more foundation and guarantee to what was done. The present work was done based on the literature of the area and through drawings and plans of the project. Thus, in the final analysis, the partnership established between the professionals and the innovation developed by adapting the usual technique to a less used form deserved special mention, which required the engineer to search for an original and innovative solution for the structure.*

**Key-words:** Structure, innovation, architecture.