

PROCESSO CONSTRUTIVO E EXPRESSÃO DAS CASCAS EM CONCRETO ARMADO NO BRUTALISMO

Célia Regina Moretti Meirelles

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua Consolação, 900, São Paulo, Brasil, cerellesm@gmail.com

Ricardo Hernan Medrano

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua Consolação, 900, São Paulo, Brasil, hmedrano@gmail.com

RESUMO

Arquitetos e engenheiros como Felix Candela, Eduardo Torroja buscavam formas geométricas reconhecidas, formas curvas, de modo a trabalhar com um procedimento de cálculo que permite a vantagem de obter cascas finas e sem flexão, a teoria da membrana. A pesquisa relaciona duas obras onde a forma é determinante, com soluções plásticas e estruturais, que remetem as obras de Felix Candela, mas com características brutalistas. As duas obras selecionadas traduzem a expressão de Candela na arquitetura Paulista: o projeto o mercado de Pirituba de Abelardo de Souza de 1966-1972; e o conjunto de estações do metrô vila Mariana e Ana Rosa, da linha norte sul construídos por volta de 1974. A metodologia parte da revisão da literatura, da investigação em campo, realiza uma análise do processo construtivo empregado e das tecnologias disponíveis no período no Brasil e discute a relação com os problemas vivenciados hoje. A cobertura do Mercado de Pirituba, construída por volta de 1966, é composta de 12 cascas curvas independentes, estaiadas em um mastro central. A expressão plástica compete com o restaurante Los Manantiales no México, mas com tecnologia e processos construtivos bem diferentes. No Restaurante Candela trabalha no processo contínuo de produção da casca, com quatro paraboloides hiperbólicos de borda curvas que se interceptam formando uma cúpula com oito cascas e descarregam em oito pontos de apoio. As coberturas do terminal de ônibus da estação de Metrô Vila Mariana e Ana Rosa, foram projetadas por Marcelo Fragelli e por um grupo de arquitetos brasileiros que trabalhavam para as empresas alemãs HMD "Hochtief, Montreal, Deconsult". As coberturas apresentam a mesma forma e proposta tecnológica de Candela, chamadas de hyper, quatro paraboloides hiperbólicos de bordas retas apoiadas no pilar central gerando grandes balanços como a cobertura de Coyoacán Market na cidade do México. As obras com concreto exposto, construídas neste período, apresentam em sua grande maioria as marcas do tempo, desgastes, do seu envelhecimento, como manchas, fissuras e corrosão da armadura. Os monumentos arquitetônicos, como o mercado de Pirituba, demonstram a necessidade de manutenção, ou de recuperação em função da porosidade do concreto aplicado, da inexistência de aditivos, da exposição contínua as intempéries, impondo um maior custo e manutenção das estruturas. Entretanto, são obras de grande beleza, e expressam a linguagem de Felix Candela na grande São Paulo, suas formas são referenciais na paisagem da cidade.

Palavras-chave: Cascas; Concreto; Manutenção.

ABSTRACT

Architects and engineers as Felix Candela, Eduardo Torroja sought recognized geometric shapes, curved shapes to work with a calculation procedure that allows the advantage of obtaining thin shells without bending, the theory of the membrane. The research relates two works where the shape is crucial, with plastic and structural solutions, which refer the works of Felix Candela, but with features brutalist. The two works selected reflect the expression of Candela in the Paulista architecture: market of Pirituba-SP, built years 1966-1972, and the of subway stations, Vila Mariana and Ana Rosa, of the line north south, built around 1974. The methodology of the literature review, research in the field, makes an analysis of the construction process employed and the technologies available in the period in Brazil and discusses the relationship with the problems experienced today Coverage Market of Pirituba, design Abelardo de Souza, is composed of twelve independent curves shells tensioned in a central mast. The plastic expression competes with restaurant Los Manantiales in Mexico, but with technology and construction processes quite different. At Restaurant Candela works in continuous process production of the shell, with four hyperbolic paraboloids edge curves that intersect forming a dome with eight shells and discharging into eight points of support. Marcelo Fragelli designed the roofs of the bus terminal subway station Vila Mariana and Ana Rosa, and a group of Brazilian architects who worked for German companies HMD "Hochtief, Montreal, Deconsult". The covers have the same shape and technological proposal Candela, calls hyper four hyperbolic paraboloids straight edges supported in the central post generating large balance as coverage of Coyoacan Market in Mexico City. Works with exposed concrete, built during this period, have mostly the marks of time, wear, of aging, such as stains, cracks and corrosion of reinforcement. The architectural monuments, as the market Pirituba, demonstrate the need for maintenance or recovery depending on the porosity of the concrete used the absence of additives, the exhibition continues the weather, imposing a higher cost and maintenance of the structures. However, they are works of great beauty, and express language of Felix Candela in greater São Paulo their shapes are for reference in the city landscape.

Keywords: shells; Concrete; Maintenance.

PROCESSO CONSTRUTIVO E EXPRESSÃO DAS CASCAS EM CONCRETO ARMADO NO BRUTALISMO

INTRODUÇÃO

Os abrigos representaram o longo da história a preservação da humanidade, e o domínio tecnológico dos materiais possibilitou a construção dos abrigos. No início os materiais naturais como o gelo, a pedra, a madeira, e argilas, obras mais antigas associadas a transformação da argamassas, são obras romanas com mais de 2000 anos de existências, construções de aquedutos, portos, pontes, cúpulas. As técnicas empregadas nas obras romanas está sendo estudado por um grupo de pesquisadores renomados devido a sua resistência e durabilidade frente ao desgastes naturais. (JACKSON et al,2013) Somente após a revolução industrial com a descoberta do aço é que ocorreu domínio tecnológico do concreto armado. Diversos autores consideram que o primeiro elemento em concreto armado, foi o barco desenvolvido por Lambot na França, em 1848, entretanto e os primeiros elementos aplicados a construção civil são atribuídos a Joseph Monier, com patentes de “floreiras em 1849, casas e tubos em 1867 e pontes em arco em 1873”. (APPLETON,2005)

No Brasil os primeiras obras construídas em concreto armado, datam de 1904, um conjunto de seis edifícios construídos no Rio de Janeiro, com um sistema patenteado chamado de “cimento armado” sob responsabilidade do “engenheiro Carlos Poma”. Sua consolidação como material nacional irá ocorrer após 1930, com a implantação de arquitetura com reconhecimento internacional, como a obra de Oscar Niemeyer, Yves Bruan, Vila Nova Artigas, entre outros, em especial com características modernas. (VASCONCELOS, CARRIERI, 2005)

O concreto é hoje um dos materiais mais consumidos no mundo, uma de suas principais características é a possibilidades de modelagem em formas ousadas como as cascas de concreto armado. As cascas em concreto armado apresentaram uma grande aplicação no período de 1950 a 1970 após este período o número de construções em casca foi diminuindo, devido ao alto custo para sua construção com formas e escoramentos, etc. Entretanto os fatores que mais influenciaram a diminuição de sua aplicação foram as diferentes patologias e o custo de manutenção das grandes superfícies.

As primeiras teorias sobre a aplicação do concreto armado nas estruturas em cascas é atribuído a Eduardo Torroja em 1930, mas os o desenvolvimento das teorias das estruturais das cascas curvas foi creditado ao engenheiro aeronáutico americano Donnell, entretanto foi Felix Candela, entre 1950 a 1970, quem mais estimulou os projetistas do mundo a aplicar as cascas em concreto armado, devido ao uso do concreto de modo escultural, a diversidade de formas e a exuberância da formas construídas. Candela projetava diferentes formas a partir de uma mesma geometria a do paraboloide hiperbólico. (ASCE, 2002)

Felix Candela e Nervi aplicavam as formas geométricas reconhecidas, formas funiculares, de modo a trabalhar com um procedimento de cálculo que permite a vantagem de obter cascas finas e sem flexão, chamada de teoria da membrana gerando um procedimentos de cálculo mais simplificado com menor quantidade de equações. (TORROJA, 1960) (HOLGATE,1997)

A pesquisa relaciona duas obras onde a forma é determinante, com soluções plásticas e estruturais, que remetem as obras de Felix Candela, mas alinhado as características brutalistas. A duas obras selecionadas traduzem a expressão de Candela na arquitetura Paulista: o mercado de Pirituba construído entre 1968-1972; e o conjunto de estações do metrô vila Mariana e Ana Rosa, da linha norte sul construídos por volta de 1974. (VASCONCELOS, 1991)

A metodologia parte da revisão da literatura, da investigação em campo, realiza uma análise do processo construtivo empregado e das tecnologias disponíveis no período no Brasil e discute a relação com os problemas vivenciados hoje.

ALGUMAS OBRAS DE FELIX CANDELA NO MÉXICO

Brown(2012) busca estabelecer a forte influência do modernismo em Candela, em especial de “Le Corbusier e Mies Van der Rohe”, e discute que os projetos de Candela tem uma forte influência latina na diversidade de formas, e no uso de concreto de forma escultural, como as obras de Oscar Niemeyer. Felix Candela ao longo de sua carreira buscou estruturas eficientes, como as propostas por Gaudi, Nervi, Torroja e Tedesco.

Alguns autores acreditam que uma das principais influências de Candela foi seu primo o arquiteto cubano Hilário Candela, considerado “como um membro da escola brutalista”, aos 28 anos projeta o estádio de Miami. Suas influências, levam Candela a conhecer e experimentar as diversas possibilidades formais de expressão permitidas pelo concreto (BROW,2012)

Segundo Medrano; Meirelles (2005)

Uma estrutura em casca é uma superfície curva contínua onde a espessura é bem menor que as outras dimensões. O comportamento estrutural da casca é dividido em duas parcelas: a teoria da membrana e a teoria da flexão. Na primeira é considerado o mecanismo resistente de membrana, que resulta em solicitações por força normal e cisalhamento (análogas às da chapa). Na segunda são consideradas as flexões, que resulta na casca curva em solicitações por momentos fletores, momentos de torção, esforços normais (forças de membrana), cortante e cisalhamento longitudinal. No projeto das cascas deve-se ter uma especial atenção nas regiões dos apoios, pois nestas regiões podem ocorrer solicitações de flexão significativas.

ALANIS(2008) afirma que não foi Candela quem desenvolveu o processo construtivos das cascas finas, mas desenvolveu a teoria das tensões de membrana para as cascas finas, tornando possível através de seus experimentos. Diante do domínio das teorias de cálculo e do conhecimento do comportamento físico do concreto na época, Candela propõe abandonar os métodos usuais de cálculo, por serem extremamente inexatos, e aplicar a teoria da membrana em formas geométricas reconhecidas.(CANDELA, 1961). Candela aplica a teoria da membrana às geometrias de suas cascas em paraboloides hiperbólicos conseguindo, uma simplificação

considerável no cálculo, além de trabalhar com modelos muito mais precisos resultando em estruturas mais esbeltas e econômicas.

O parabolóide hiperbólico é uma das formas mais versáteis para aplicação nos projetos de coberturas devido a possibilidade de variação de suas composições é uma forma de dupla curvatura definida pela combinação de conjuntos de duas parábolas opostas e perpendiculares. Cada ponto da superfície curva de um parabolóide hiperbólico pode ser definido por duas linhas retas. Os parabolóides de bordas curvas conhecido como sela de cavalo e os parabolóides hiperbólicos de bordas retas e suas composições entre eles o guarda-chuva.

Os parabolóides hiperbólicos de bordas retas, chamadas hyper podem ser isolados ou associados, dois, quatro parabolóides, apoiados em quatro pilares ou em um pilar central gerando a forma da cobertura de Coyoacán Market na cidade do México, assim como a composição da cobertura da fábrica de Rum Bacardi. Peedermam (2008) afirma que a busca de Candela era por soluções eficientes, com um custo reduzido e adaptado aos problemas locais como um terreno de baixa capacidade de carga. A fundação tem a mesma forma da cobertura mas invertida apoiando no solo, a forma um prisma com pequenas espessuras.



Figura 01 Fábrica de Rum da Bacardi na Cidade do México.

Fonte: dos autores

Um exemplo da forma de parabolóide de bordas curvas é a Capela Lomas de Cuernavaca em Morelos, no México com curvatura acentuada e assimétrica, testando os limites do concreto armado. O projeto foi realizado com participação dos “arquitetos Guillermo Rosell e Manuel Larrosa em 1958” no projeto da capela a harmonia é muito interessante pois o interior e o exterior se dissolvem integrados a estrutura, sua forma é extremamente delicada e harmoniosa. (PRINCETON UNIVERSITY ART MUSEUM, 2008)

A estudo da Universidade de Princeton(2008) discute que no caso da Capela Lomas de Cuernavaca vários paradigmas estruturais foram quebrados devido a sua pequena espessura e a curvatura acentuada

Ao explorar essa fronteira, Candela estava tentando transformar a mera arquitetura em arte estrutural. Nada foi feito para ter um efeito puramente estético, a escolha da forma estava intimamente ligada à sua finalidade estrutural. Embora o próprio nome sugere uma complexidade matemática, a forma de sela, na

verdade, possui a vantagem estrutural das tensões de dupla curvatura e a vantagem econômica de construção através de formas retas. Candela, com a educação de um arquiteto e conhecimento técnico de um engenheiro, considerava-se em primeiro lugar e acima de tudo um construtor. Suas comissões eram para sua construção. Uma estrutura que não foi construída solidamente, competentemente, e economicamente não pode ser considerada bem sucedida por Candela.

Na Capela grande parte da estrutura de concreto, é de apenas 4 centímetros de espessura, no entanto nas laterais da capela junto a fundação, as tensões de membrana estão concentradas, portanto Candela engrossou o suficientemente para reduzir a tensões na estrutura. As extremidades abertas da capela, por sua vez, aumentará dramaticamente, até uma altura de 21 metros.

A figura 02 mostra a imagem da capela no seu interior.



Figura 02: Capela Lomas de Cuernavaca. Fonte: dos autores

Um dos trabalhos mais reconhecidos de Candela é a do restaurante Los Manantiales na região de Xochimilco nos arredores da cidade do México, construído em 1957, localizado originalmente as bordas de um riacho. A forma lembra a uma “flor” flutuando em um lago. (BROWN,2012) A estrutura é formada pela intersecção de 4 paraboloides hiperbólicos de bordas curvas. A forma e a composição das cascas promove um espaço amplo de 30 metros de vão livre, cada gomo um cria uma abertura para o exterior. A figura 3 mostra a composição da cobertura de grande ousadia estrutural e beleza plástica, calculada pela teoria da membrana, com camadas extremamente finas de concreto, espessura média em torno de 6 cm. (BURGER, 2007)



Figura 03: Restaurante Los Manantiales (México) Félix Candela. Fonte: dos autores

CASCAS EM PARABOLÓIDE HIPERBÓLICO NA CIDADE DE SÃO PAULO

A pesquisa relaciona duas obras na grande São Paulo, onde a forma é determinante, com soluções plásticas e estruturais, que remetem as obras de Felix Candela, com características brutalistas. Segundo ZEIN(2013) “o concreto armado deixado aparente, ressaltando o desenho impresso pelas formas de madeira natural” com a estrutura integrada a solução estética.

O mercado de Pirituba é uma das ousadas do mundo em termos estruturais com projeto do arquiteto Abelardo de Souza construído entre 1968 e 1972. Formado no Rio de Janeiro na Escola Nacional de Belas Artes, veio para São Paulo e lecionou aula na FAU-USP em conjunto com Vila Nova Artigas.

O conceito do projeto do Mercado de Pirituba segundo Constantino (2004) o “projeto concebido dentro dos ideais da “moderno democrático”, um centro de convivência. Sob uma estrutura aparente se desenvolve um ambiente fluído, no qual de qualquer ponto se tem um domínio espacial.” (CONSTANTINO, 2004)

No conceito do projeto original não existiam as vedações entre os box a cobertura como mostra o corte original (figura 04), ao longo do tempo o projeto sofreu intervenções e recebeu uma vedação entre o box e a cobertura devido aos fortes ventos da região, como mostra a figura 04 que apresenta uma visão atual do mercado.

Segundo a autora a “expressividade faz supor o conhecimento das formas” de Felix Candela, mas a ausência de vedação demonstra alinhado as correntes presentes em São Paulo”. Abelardo estudou no Rio de Janeiro na Escola Nacional de Belas Artes, veio para São Paulo em durante anos administrou aula da FAU-USP em conjunto com Vila Nova Artigas.

A cobertura é composta de 12 cascas curvas, estaiadas em um mastro central. A expressão plástica compete com o restaurante Los Manantiales no México, mas com tecnologia e processos construtivos bem diferentes. (CONSTANTINO, 2004)

No Restaurante Candela trabalha no processo contínuo de produção da casca, com quatro paraboloides hiperbólicos de borda curvas que se interceptam formando uma cúpula com oito cascas que descarregam em oito pontos de apoio. O projeto trabalha com as tensões de membrana, minimizando tensões e material.

A teoria da membrana continua a ser um conceito decisivo na forma final da casca, pois se projetamos a forma da casca a partir do conceito da teoria da membrana poderemos gerar uma estrutura mais esbelta e mais leve. A cobertura do mercado de Pirituba tem uma planta circular com um diâmetro 70 metros, permitindo que a cobertura projete um grande balanço. A cobertura foi atirantada ao pilar central de 20 metros de altura. Em função das cascas ter uma espessura muito pequena, os cabos de aço não pode ficar presos diretamente na casca pois geraria tensões muito elevadas na casca, portanto sobre a casca existem elementos de transição para distribuir os esforços, nervuras de borda em cada casca intertravadas por três anéis circulares sobre a casca

como pode ser observada na figura 04, e um desenho em 3D desenhado a partir de uma foto satélite. Cada casca está pendurada por seis tirantes. A estabilidade do conjunto as ações do vento é realizada por doze elementos pendurais “dispostos em círculo, à volta do pilar central”. A obra recebeu reconhecimento internacional em função da ousadia estrutural, foi premiada no ‘México e no Japão’. (PIRITUBANET, 2013)



Figura 04 A) mercado de Pirituba vista das cobertura, dos cabos e da cinta de amarração
Figura B) Desenho 3 D da vista superior da cobertura. Fonte: do autor.

A coberturas do terminal de ônibus da estação de Metrô Vila Mariana e Ana Rosa, foram projetadas por um grupo de arquitetos brasileiros que trabalhavam para as empresas alemãs HMD “Hochtief, Montreal, Deconsult” em 1974 coordenados por Marcelo Fragelli. (CMSP, 2013)

Fragelli (2010) afirma que nunca considerou “o concreto como uma solução plástica ou moda mas sempre o vi como uma expressão de linguagem. Trata-se de conferir aos elementos constitutivo do prédio a expressão da arquitetura”.

ZEIN(2005) afirma que “os elementos arquitetônicos mais visíveis e públicos da tendência brutalista da arquitetura paulista são provavelmente as estações da linha Norte-Sul do metrô”. Os elementos arquitetônicos foram projetados para

dar maior qualidade e visibilidade ao metrô e suas estações da linha norte-sul logrando igualmente uma certa “identidade”, caracterizada pela homogeneidade na linguagem plástica e nos materiais empregados (basicamente o concreto aparente, frequentemente protendido) e pelo exercício importante de modelagem das formas, quer externas, nas estações elevadas, quer das formas internas, algumas subterrâneas e “escavadas”, complementando, regulando e ajustando as proporções dos espaços de pequena ou grande altura, realizando sempre que possível volumes em balanços, desenhando a alocação de grandes massas de concreto que chegam a ser tratadas de maneira quase escultórica, em grandes panos lisos ou parcialmente vincados, em contraponto com volumes menores, incrementados por talhos, torções, perfurações e expansões.

Nas estações elevadas os arquitetos “conjugaram as necessidades funcionais com desenho brutalista dos volumes das estações e acessos, sempre buscando um maior relevo das mesmas na inserção e conexão com seus sítios de implantação.” (ZEIN, 2013)

As coberturas dos terminais elevadas na estação Ana Rosa e Vila Mariana apresentam a composição em parabolóide hiperbólico um pilar central gerando grandes balanços, a mesma forma e proposta tecnológica de Candela, chamadas de hyper, como a cobertura do Jamaica Wholesale Market na cidade do México.(ALANIS,2008) A expressão plástica se alinha ao pensamento de Candela assim como a busca de soluções mais leves e econômicas, mas sem deixar de ser consistente com o projeto da linha norte-sul em concreto armado.



Figura 05: estação de ônibus do metro Vila Mariana. Fonte: do Autor

No Ana Rosa os projetos das estações contaram com a colaboração do arquiteto Silvio Heibult e no Vila Mariana com os arquitetos Vasco de Mello e Luiz Gonzaga de Oliveira Camargo. (FRAGELLI,2010)

No Ana Rosa a cobertura do terminal de ônibus é composta de 10 pilares alinhados, já no Vila Mariana a cobertura é composta de duas linhas com 6 coberturas cada, com balanços entre 5 a 6 metros.

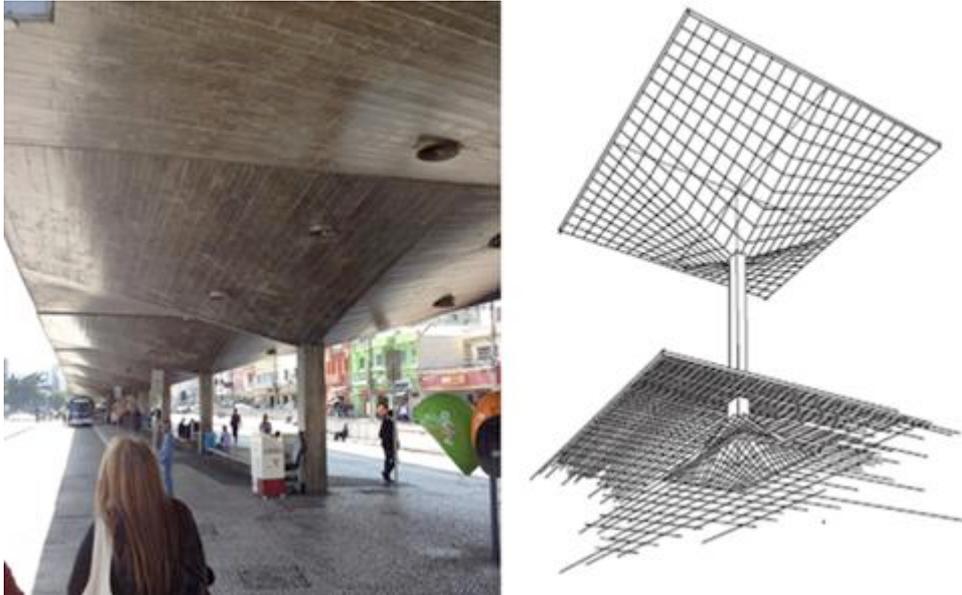


Figura 06 A) estação de ônibus do metro Ana Rosa. Croqui do Parabolóide hiperbólico e sua fundação.
fonte: A) Do Autor B) <http://mcis2.princeton.edu/candela/umbrellas.html>

A forma curva do parabolóide é gerada por elemento retos e armados em direções diferentes para evitar a torção diferencial como mostra e as marcas da forma na execução das coberturas do metro Ana Rosa. Os terminais de ônibus do Metro apresentam a expressão plástica de Candela em função de suas formas e mantém alinhada as características brutalistas conservando uma visão das técnicas aplicadas, com as marcas da formas de madeira no concreto armado.

CONCLUSÃO

As obras com concreto exposto, construídas neste período, apresentam em sua grande maioria as marcas do tempo, desgastes, do seu envelhecimento, como manchas, fissuras e corrosão da armadura. Em geral são monumentos arquitetônicos, premiadas e reconhecidas internacionalmente, como o mercado de Pirituba, após 41 anos demonstra a necessidade de manutenção, devido porosidade do concreto produzido na época, da exposição continua as intempéries, impondo um maior custo e manutenção das estruturas. Entretanto, são obras de grande beleza, e expressam a linguagem de Felix Candela na grande São Paulo, suas formas são referenciais na paisagem da cidade.

As obras do Metro apresentam um melhor estado de conservação do concreto aparente em detrimento a cobertura do Mercado de Pirituba que apresenta vários pontos de corrosão e a manchas de infiltração. A importância arquitetônica do mercado de Pirituba merece um olhar mais atento e cuidadoso dos órgãos públicos e da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALANIS, Enrique X. De. **Felix Candela de 1910-1997**. London: Taschen, 2008.
- APPLETON, Julio. **Construções em Betão**: Nota histórica sobre a sua evolução. 2005. Disponível em <<http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/GDBAPE/ConstrucoesEmBetao.pdf>> acesso em 10.jan.2013.
- BURGER, N; BILLINGTON, D.P. **Felix Candela, Elegance and Endurance**: An Examination of the Xochimilco Shell. In: Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures (J. IASS). Vol 47. N. 152. New York: IASS, 2006. Disponível em <www.iass-structures.org/index.cfm/journal.article?aID> acesso em 01.jun.2008.
- BROWN, Nathan A. **Geometric and Structural Feasibility Study of Hypar Shells**. 2012. Bachelor of Science in Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, Architecture and Engineering Program, Princeton University, 2012.
- CANDELA, Felix. **Hacia una nueva filosofia de las estructuras**. México, INBA, 1961.
- CONSTANTINO, Regina Adorno. **A Obra de Abelardo de Souza**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade De São Paulo, São Paulo. 2004.
- CMSP-COMPANHIA METROPOLITANA DE SÃO Paulo. **Arquitetura da linha 1 – Azul**. Disponível em <<http://www.metro.sp.gov.br/tecnologia/arquitetura/linha-1-azul.aspx>> acesso em 10.maio. 2013.
- FRAGELLI, Marcello. **Quarenta anos de prancheta**. São Paulo: Romano Guerra, 2010.
- JACKSON, MARIE D., ET AL. Material and Elastic Properties of Al-Tobermorite in Ancient Roman Seawater Concrete. Journal of the American Ceramic Society. Vol.:10.1111/jace.12407/ 28. MAI.2013.
- HOLGATE, A. **The art of Structural Engineering**: The work of Jorg Schlaich and his team. Stuttgart: Axel Menges, 1997.
- HOLZER, Christin E; GARLOCK, Maria E. M; PREVOST, jean H. **Structural optimization of Felix candela's chapel Lomas de Cuernavaca**. Former Undergraduate, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Princeton University. Disponível em <http://www.princeton.edu/~dynaflow/pub_conf_pdf_files/StructuralOptimizationCandelaChapel.p> acesso em 20.junh.2013.
- MEDRANO, R. H.; MEIRELLES, C. R. M. **Estruturas Espaciais em Cascas**: Estudo de Casos Latino-Americano. In: XXI Conferencia Latinoamericana de Escuelas y Facultades de Arquitectura - CLEFA XXI, 2005.
- PRINCETON UNIVERSITY ART MUSEUM. Felix Candela, engineer, builder, structural artist. 2008 disponível em <<http://mcis2.princeton.edu/candela/cuernavaca.html>> acesso em 13.junh.2013.
- PIRITUBANET. Mercado de Pirituba. Disponível em <http://www.pirituba.net/almanaque/mercado-de-pirituba> acesso em 5.jun.2013.
- TORROJA, E. **Razón y ser de los tipos estructurales**. Madri: Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, 1960.
- VASCONCELOS, A. C. **Estruturas arquitetônicas**: apreciação intuitiva das formas estruturais. São Paulo: Nobel, 1991.
- VASCONCELOS, A. C.; CARRIERI JUNIOR, R. **A escola Brasileira do Concreto Armado**. São Paulo, AXIS MVNDI, 2005.
- ZEIN, Ruth Verde. **Arquitetura Paulista Brutalista de 1953-1973**. Disponível em <<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/index.htm> > acesso em 011.junh.2013 >
- ZEIN, Ruth Verde. **Estação armênia (ponte-pequena)**: Metrô de São Paulo. Disponível em <<http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201968-112/1968-112-fichatecnica.htm>> acesso em 20.jul.2013.