

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BIANCA DANIELE LOURENÇO PINTO

**O PROTAGONISMO DA ESTRUTURA ENQUANTO FORMA ARQUITETÔNICA:
UM ESTUDO DE OBRAS SELECIONADAS DE VILANOVA ARTIGAS**

GUARAPUAVA

2023

BIANCA DANIELE LOURENÇO PINTO

**O PROTAGONISMO DA ESTRUTURA ENQUANTO FORMA ARQUITETÔNICA:
UM ESTUDO DE OBRAS SELECIONADAS DE VILANOVA ARTIGAS**

**The protagonism of structure as an architectural form: a study of selected
works by Vilanova Artigas**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof. Me. Dyorgge Alves Silva.
Coorientador(a): Prof. Me. Bianca Paola Comin.

GUARAPUAVA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BIANCA DANIELE LOURENÇO PINTO

**O PROTAGONISMO DA ESTRUTURA ENQUANTO FORMA ARQUITETÔNICA:
UM ESTUDO DE OBRAS SELECIONADAS DE VILANOVA ARTIGAS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, da Coordenação de
Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal
do Paraná.

Data de aprovação: 06 de julho de 2023

Bianca Paola Comin
Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dyorgge Alves Silva
Mestre em Estruturas e Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Joel Larocca Júnior
Doutor em Arquitetura e Urbanismo
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Paulo Henrique Carvalho Mello
Pós-graduado em Engenharia de Estruturas de Concreto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GUARAPUAVA

2023

Dedico este trabalho aos meus pais, os maiores
apoiadores para que este se realizasse.

AGRADECIMENTOS

Sem dúvida eu precisaria de mais do que algumas folhas para mencionar todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa. Portanto, apesar de não citadas, todos e todas que passaram pela minha vida nesses anos, mesmo que por um curto período, e colaboraram para que eu chegasse até aqui, tenham certeza de que têm minha gratidão.

Meu principal agradecimento vai para minha família, que não deixou de me apoiar em nenhum momento, mas principalmente aos meus pais e principais fontes de inspiração, Marcos e Sandra. Obrigado por estarem por mim sempre, nos momentos nos quais eu comemorei minhas realizações e nos que eu só precisava do seu consolo, o amor que tenho por vocês transcende o tempo e o espaço. Também agradeço a minha irmã Mônica, que sempre atendia as minhas ligações quando eu não estava bem, sempre me dava conselhos e, principalmente, sempre torcia por mim, eu não esqueceria o tanto que te amo mesmo se fosse diagnosticada com perda de memória recente.

Agradeço a todos os meus amigos, de perto e de longe, que foram um alicerce para me manter firme todo esse período. Heloisa Barbosa, Geilton Barbosa, Clara Loss, Jaqueline Oliveira, Lucas Prado, Isabela Maximowski, Nathan Ulian, Eduarda Vornes, Gilvania Kavétski, Camila Limeira, Thiago Castro, Isabella Schon, Emanuel Schon, Nathalia Reda, Danilo Hayne, Luis Mai, Abimael Oliveira, Fernanda Ribeiro, Rafael Silveira, Natanael Melo e Kedima Oliveira. Vocês me deram uma força surreal, principalmente nos últimos meses, obrigada por tanto.

Agradeço à Bateria Lobatuque e a todos os amigos provenientes dessa jornada, na qual três desses anos da graduação foram pertencendo a essa família, criando laços e se apaixonando pelo samba e pelas coisas boas que ele traz. Obrigada por todos os ensinamentos, todas as lembranças boas que carregarei comigo por muitos anos e pela confiança depositada para esse último desafio.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Msc. Dyorgge Alves Silva, por aceitar o desafio do meu tema e me guiar por esse, e a minha coorientadora Prof. Msc. Bianca Paola Comin, que tanto me inspirou e inspira não só na engenharia como na vida.

Enfim, fica registrado o meu agradecimento a todos que fizeram parte dessa jornada e colaboraram para que ela chegasse até aqui. Muitíssimo obrigada.

Tudo vem de trás e mais de trás, de nossas mães
e pais e dos que vieram antes deles. Somos
marionetes a dançar, presos aos cordéis daqueles
que chegaram antes de nós, e um dia nossos
filhos ficarão com nossos cordéis e dançarão em
nosso lugar.

(MARTIN, 2000).

RESUMO

Vilanova Artigas enfatiza a importância da integração entre arquitetura e estrutura, no entanto, é comum observar uma separação entre esses dois temas na construção civil. Este trabalho apresenta obras significativas em que o sistema estrutural desempenhou um papel crucial na definição do desenho arquitetônico, explorando as contribuições do arquiteto João Batista Vilanova Artigas, conhecido por sua habilidade excepcional em unir arquitetura e estrutura. Sua arquitetura evidencia uma relação direta entre forma e estrutura, influenciada pelo movimento modernista de Le Corbusier, que chegou ao Brasil no início de sua carreira e que Artigas ajudou a revolucionar. Entre suas obras mais importantes, destacam-se aquelas em que o brutalismo e a verdade estrutural foram valorizados. A primeira delas é a Garagem de Barcos Santa Paula Iate Clube, na qual os pilares triangulares em concreto aparente destacam-se como elementos estruturais. A segunda é a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, em que grandes vigas-parede conferem imponência à estrutura. A terceira é o Ginásio de Itanhaém, que demonstra as potencialidades plásticas e estruturais do concreto por meio de seus pórticos. Através da análise realizada com o auxílio de um programa computacional amplamente utilizado no meio acadêmico, foram coletados dados que permitiram compreender como as escolhas das soluções estruturais adotadas pelo arquiteto e pelos engenheiros durante o processo de projeto resultaram em realizações estéticas grandiosas.

Palavras-chave: estrutura; concreto; arquitetura; Vilanova Artigas.

ABSTRACT

Vilanova Artigas emphasizes the importance of integration between architecture and structure, however, it is common to observe a separation between these two elements in civil construction. This work presents significant works in which the structural system played a crucial role in defining the architectural design, exploring the contributions of architect João Batista Vilanova Artigas, known for his exceptional ability to unite architecture and structure. Its architecture shows a direct relationship between form and structure, influenced by Le Corbusier's modernist movement, which arrived in Brazil at the beginning of his career and which Artigas helped to revolutionize. Among his most important works, those in which brutalism and structural truth were valued stand out. The first of these is the Garagem de Barcos Santa Paula late Clube, in which the triangular pillars in exposed concrete stand out as structural elements. The second is the Faculdade de Arquitetura e Urbanismo at USP, where large wall-beams lend grandeur to the structure. The third is the Ginásio de Itanhaém, which demonstrates the plastic and structural potential of concrete through its porticoes. Through the analysis carried out with the aid of a computer program widely used in academia, data were collected that allowed understanding how the choices of structural solutions adopted by the architect and engineers during the design process resulted in grandiose aesthetic achievements.

Keywords: structure; concrete; architecture; Vilanova Artigas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Barco de Lambot.....	19
Figura 2 - Ponte em concreto armado, projetada e construída por Monier em 1875	20
Figura 3 - Museu de Arte de São Paulo, pilares de concreto aparente	24
Figura 4 - O arquiteto Vilanova Artigas	27
Figura 5 - Organograma representativo da metodologia	29
Figura 6 - Garagem de Barcos Santa Paula late Clube	37
Figura 7 - Cortes longitudinais do projeto da Garagem de Barcos Santa Paula late Clube	38
Figura 8 - Detalhe dos apoios articulados.	38
Figura 9 - Cálculo do peso próprio da viga transversal.	39
Figura 10 - Carga total resultante para efeitos de cálculos	40
Figura 11 - Esquema estrutural da primeira análise	41
Figura 12 – Diagrama de momento Fletor relativo à primeira análise	41
Figura 13 - Esquema estrutural da segunda análise	41
Figura 14 - Diagrama de momento Fletor relativo à segunda análise	42
Figura 15 - Gráficos da primeira e segunda análise sobrepostos	42
Figura 16 - Esquema estrutural da terceira análise – dois apoios.....	43
Figura 17 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise - dois apoios....	43
Figura 18 - Esquema estrutural da quarta análise – dois apoios.....	43
Figura 19 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise - dois apoios	43
Figura 20 - Esquema estrutural da terceira análise – quatro apoios	44
Figura 21 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise - quatro apoios .	44
Figura 22 - Esquema estrutural da quarta análise – quatro apoios	44
Figura 23 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise - quatro apoios ...	45
Figura 24 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos ..	46
Figura 25 - Vista externa da empena lateral do edifício da FAU	47
Figura 26 - Fachada do edifício da FAU.....	48
Figura 27 - Vista interna do Salão Caramelo do prédio da FAU.....	49
Figura 28 - Corte transversal do prédio da FAU	49
Figura 29 - Modulação estrutural e posição dos pilares	50
Figura 30 - Cálculo do Peso Próprio da Viga Transversal.....	52
Figura 31 - Carga total resultante para efeitos de cálculo	52
Figura 32 - Esquema estrutural da primeira análise	53
Figura 33 - Diagrama de momento fletor relativo à primeira análise	53
Figura 34 - Esquema estrutural da segunda análise	53
Figura 35 - Diagrama de momento fletor relativo à primeira análise	54
Figura 36 - Diagramas da primeira e segunda análise sobrepostos	54
Figura 37 - Esquema estrutural da terceira análise	55
Figura 38 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise	55
Figura 39 - Esquema estrutural da quarta análise.....	55
Figura 40 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise	55
Figura 41 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos ..	56
Figura 42 - Ginásio de Itanhaém	57
Figura 43 - Amplo espaço coberto do ginásio	58
Figura 44 - Planta baixa do ginásio	59
Figura 45 - Corte transversal do Ginásio de Itanhaém.....	60
Figura 46 - Cálculo do peso próprio da viga transversal	60

Figura 47 - Carga total resultante para efeitos de cálculo	61
Figura 48 - Esquema estrutural da primeira análise	62
Figura 49 - Diagrama de momento fletor relativo à primeira análise	62
Figura 50 - Esquema estrutural da segunda análise	63
Figura 51 - Diagrama de momento fletor relativo à segunda análise	63
Figura 52 - Diagramas da primeira e segunda análise sobrepostos	64
Figura 53 - Esquema estrutural da terceira análise	64
Figura 54 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise	64
Figura 55 - Esquema estrutural da quarta análise.....	65
Figura 56 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise	65
Figura 57 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos ..	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cargas relativas à Garagem de Barcos	39
Tabela 2 - Cargas relativas à FAUUSP	51
Tabela 3 - Cargas relativas ao Ginásio de Itanhaém	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FTOOL	Two-dimensional Frame Analysis Tool
NBR	Normas Brasileiras
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo geral.....	14
1.2	Objetivos específicos.....	14
2	A RELAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA E A ARQUITETURA.....	15
2.1	A dissociação estrutura-arquitetura	15
2.1.1	O engenheiro e o arquiteto	16
2.1.2	Compatibilização de projetos	17
2.2	A associação estrutura-arquitetura	18
2.2.1	Verdade estrutural	18
2.2.2	O movimento modernista e o brutalismo	22
2.2.3	O caso dos engenheiros-arquitetos	25
2.2.4	João Batista Vilanova Artigas	27
3	METODOLOGIA	29
3.1	Escolha das obras	30
3.2	Análise por meio de diagramas de esforços	31
3.3	Análise comparativa dos diagramas de momento fletor da estrutura	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Garagem de Barcos Santa Paula late Clube	37
4.1.1	A concepção projetual.....	37
4.1.2	Estudo dos diagramas de momento fletor.....	39
4.1.2.1	Etapa 1 - Levantamento das cargas.....	39
4.1.2.2	Etapa 2 - Elaboração do esquema estrutural	40
4.1.2.4	Etapa 4 - Sobreposição das ações horizontais	42
4.1.2.5	Etapa 5 - Cargas permanentes, variáveis e ações horizontais.....	42
4.2	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP - FAUUSP	46
4.2.1	A concepção projetual.....	46
4.2.2	Estudo dos diagramas de momento fletor.....	51
4.3.2.1	Etapa 1 - Levantamento das cargas.....	51
4.3.2.2	Etapa 2 - Elaboração do esquema estrutural	52
4.3.2.3	Etapa 3 - Ações horizontais.....	53
4.3.2.4	Etapa 4 - Sobreposição das ações horizontais	54
4.3.2.5	Etapa 5 - Cargas permanentes e ações horizontais.....	54
4.3	Ginásio de Itanhaém	56
4.3.1	A concepção projetual	56

4.3.2	Estudos dos diagramas de momento fletor	59
4.3.2.1	Etapa 1 - Levantamento das cargas	59
4.3.2.2	Etapa 2 - Elaboração do esquema estrutural	61
4.3.2.3	Etapa 3 - Ações horizontais	62
4.3.2.4	Etapa 4 - Sobreposição das ações horizontais	63
4.3.2.5	Etapa 5 - Cargas permanentes e ações horizontais	64
4.3.2.6	Etapa 6 - Sobreposição das cargas permanente e ações horizontais	65
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

No século I a.C. o arquiteto romano Vitrúvio (*Marcus Vitruvius Pollio*), estabeleceu em sua obra os princípios que um objeto arquitetônico deveria cumprir para ser classificado como 'adequado'. Os dez volumes do tratado "*De Architectura*" compreendem preceitos conceituados como fundamentais para estruturar a arquitetura clássica e a engenharia, sendo aplicados até os dias atuais (GOMES e BARROSO, 2017). Para Vitrúvio, a boa arquitetura era definida por três princípios básicos: *firmitas*, *utilitas* e *venustas*. *Firmitas* compreende a firmeza e solidez: uma construção deve obedecer às leis da física e se manter estável; *Utilitas* se refere à utilidade da edificação: os ambientes internos deveriam ser alocados de forma a não se ter dificuldade em acessá-los; e *Venustas* significava beleza: a aparência estética da edificação deveria ser agradável. A esses três elementos foi dado o nome de tríade vitruviana e, nos séculos que se seguiram, foram considerados primordiais para uma concepção arquitetônica eficiente (ROTH, 2017).

Porém, observa-se na arquitetura contemporânea, especialmente nas edificações convencionais de concreto armado, a tendência de se camuflar os elementos estruturais, por estes serem considerados, em sua concepção, apenas por seu aspecto funcional de sustentação. De certa maneira, é uma visão que enxerga esses elementos como prejudiciais à aparência da edificação, o que mostra a dificuldade em associar os princípios de *firmitas* e *venustas* (VIEIRA, 2016). Isso ocorre em grande parte das edificações construídas, onde a estrutura é suprimida dos olhares ou considerada secundária em termos estéticos - tal fato pode ser observado pelo uso de painéis de fachada opacos ou vidros espelhados, forros, divisórias e platibandas para ocultar vigas e outros elementos estruturais, na maioria das soluções projetuais da atualidade (CHARLESON, 2009).

Pensando em tornar a estrutura uma parte visivelmente presente e um elemento de destaque nas construções, o período do movimento modernista (séc. XX) influenciou, na arquitetura, o movimento brutalista, cuja principal característica era a de demonstrar os materiais utilizados nas construções em seu estado natural, o que permitia identificar os elementos estruturais presentes em uma obra arquitetônica e o método construtivo empregado (SANVITTO, 1994 apud ZEVI, 1973, p. 43). No Brasil, o brutalismo difundiu-se a partir da cidade de São Paulo nos anos 1950, principalmente pelos esforços do engenheiro-arquiteto João Batista Vilanova Artigas

(SANVITTO, 1994), porém, outros nomes como Paulo Mendes da Rocha, Oscar Niemeyer e Lina Bo Bardi também assinaram obras arquitetônicas que se destacam pelo protagonismo da estrutura em sua forma (INOJOSA, 2019).

Com isso, visando mostrar que a união entre estrutura e arquitetura desde a concepção projetual pode resultar em obras que aliam majestosamente os princípios de *firmitas* e *venustas*, o presente trabalho irá analisar três obras do período brutalista brasileiro, de autoria de Vilanova Artigas, com o objetivo de elucidar a sinergia existente entre as soluções arquitetônica e estrutural adotadas em seus projetos. O software Ftool foi escolhido para investigar os diagramas de momento fletor presentes nos elementos estruturais das obras escolhidas, e mostrar a influência da forma dos diagramas de esforços na escolha do desenho arquitetônico final de uma ou mais fachadas das edificações em estudo.

1.1 Objetivo geral

O presente trabalho pretende estudar a relação entre a forma dos elementos estruturais e a solução arquitetônica presentes em obras selecionadas do brutalismo brasileiro, de autoria de Vilanova Artigas, enfatizando seus atributos estéticos, a partir do protagonismo da estrutura na composição do edifício.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar, por meio de pesquisa bibliográfica, um estudo de obras arquitetônicas do período brutalista brasileiro cuja estrutura constitui-se como um aspecto estético preponderante, especialmente as de autoria de Vilanova Artigas.
- Elaborar diagramas simplificados para a representação do sistema estrutural dos edifícios selecionados, considerando cargas permanentes, acidentais e horizontais.
- Relacionar a forma da estrutura das obras elencadas e o seu correspondente diagrama de esforços, por intermédio do programa Ftool.
- Analisar o papel da estrutura enquanto elemento funcional e estético para o partido arquitetônico de um edifício, com base no conceito de verdade estrutural.

2 A RELAÇÃO ENTRE A ESTRUTURA E A ARQUITETURA

A elaboração de um projeto arquitetônico exige o atendimento a importantes condições para que seu funcionamento seja completo e que, em simultâneo, esteja aliado a uma estética agradável. Além das condicionantes físicas relacionadas às circunstâncias ambientais, geológicas, topográficas e técnicas, deve-se considerar os fatores culturais, socioeconômicos e os objetivos da obra em questão. A profundidade da concepção arquitetônica de um projeto se dá justamente pela união desses fatores, e a integração estrutura-arquitetura é uma das demandas mais importantes nesse contexto (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020); isso porque não há arquitetura sem estrutura, assim como uma estrutura vazia de arquitetura perde também o seu sentido de ser.

Sabe-se que sem estrutura não existe forma, e não há projeto arquitetônico que seja possível sem a concepção estrutural (PASQUA, 2017). Nesse contexto, existem algumas construções onde a associação direta entre estrutura e arquitetura deu origem a exemplares que, para além dos seus atributos funcionais, compreendem também uma preocupação estética com o todo da edificação. Tais obras, cujas quais marcaram o período da arquitetura modernista, veem na concepção arquitetônica uma oportunidade para explorar os elementos estruturais e torná-los componentes importantes da composição estética (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

Porém, na história da arquitetura e da engenharia, edificações que aludem aos princípios da arquitetura clássica passaram mais a valorizar o efeito estético das estruturas de suporte na concepção arquitetônica de um edifício que a sua própria função enquanto elemento estrutural (SOUSA, 2020). Essa, inclusive, foi uma das críticas trazidas à luz pelo movimento modernista: a ausência da verdade estrutural nas edificações clássicas. Mesmo atualmente observa-se que a arquitetura e a engenharia, áreas que precisam ser complemento uma da outra, tendem a se afastar com o decorrer da história, o que acaba gerando uma falha nas relações entre estética e estrutura (VIEIRA, 2016).

2.1 A dissociação estrutura-arquitetura

Na contemporaneidade, muitas soluções de arquitetura buscam resolver questões estéticas e funcionais sem, necessariamente, fornecer a mesma atenção

aos sistemas estruturais; essa função estrutural, por sua vez, é repassada aos profissionais da engenharia, os quais se preocupam em estabilizar a estrutura e, muitas vezes, consideram a concepção arquitetural como secundária. Esse choque entre as profissões acaba sendo gerado desde a graduação, pois as duas áreas acabam sendo direcionadas para vertentes diferentes de conhecimento (VIEIRA, 2016).

Uma das consequências disso é que a maioria das edificações ditas convencionais construídas atualmente escondem a sua estrutura. De alguma maneira, existe uma predisposição ao entendimento de que a estrutura é constituída por elementos de valor estético inferior que necessitam ser camuflados por outras estruturas/materiais, compreendidos como “mais nobres”. Externamente vê-se painéis de fachada opacos ou painéis de vidro espelhado utilizados ao redor do edifício com o objetivo de encobrir a estrutura que o sustenta; no interior, a utilização de forros e divisórias possui essa mesma função de mascaramento (CHARLESON, 2009). Ademais, o uso de vigas e pilares com dimensões que os permitam embutir-se nas paredes e torná-los não aparentes também é questão comum em termos de projeto, especialmente quando se trata de construções em concreto armado.

Isso se dá pois, no cotidiano das duas profissões, a relação estrutura-arquitetura não é, necessariamente, concomitante, e não existe uma sinergia completa entre esses dois campos no momento da concepção projetual. O que se vê é, normalmente, a elaboração do projeto arquitetônico e posterior adequação do projeto estrutural a ele: de maneira sequencial, não conjunta. Existe também a ideia de que os engenheiros não se interessam por arquitetura ou de que não é, necessariamente, uma função da engenharia preocupar-se com as questões de conceito e partido, o que pode resultar na produção de obras de baixo valor estético quando concebidas por profissionais deste campo, exclusivamente. Da mesma maneira, acredita-se também que a formação dos arquitetos não lhes fornece o domínio necessário do conhecimento estrutural da edificação que idealizam (LOPES, BOGÉA e REBELLO, 2006), gerando um hiato nesse sentido.

2.1.1 O engenheiro e o arquiteto

Na Pré-História, onde os primeiros sistemas estruturais surgiram, os modelos e técnicas construtivas eram simples, e pode-se dizer que a arquitetura e a estrutura

eram relativamente ligadas. Não existia, portanto, a dissociação entre arquitetura e engenharia, logo arquitetura e estrutura caminhavam juntas. Também não existia o registro em papel da ideia construtiva, sendo assim, o indivíduo que projetava deveria também participar da construção da obra, e os conhecimentos acerca desse campo eram passados verbalmente a cada nova geração. Isso caracteriza o período como um momento da história no qual arquitetura e estrutura não possuíam divisão, e eram planejadas e executadas por uma só pessoa ou um só grupo, que detinha o conhecimento do processo completo (SOUSA, 2007).

Foi durante a Revolução Industrial que se passou a existir uma separação de atribuições entre o profissional encarregado de planejar a forma e o espaço de um edifício - o arquiteto - e outro incumbido de projetar a estrutura e os sistemas auxiliares a este - o engenheiro. Essa divisão surgiu a partir da criação da *École Polytechnique de Paris* em 1794, dando origem à profissão de engenheiro civil. Alguns anos depois, em 1863, foi fundada também a *École de Beaux-Arts*, que abrangia os cursos de arquitetura e artes plásticas. Essas ações culminaram no afastamento dos arquitetos do canteiro de obras e criaram uma nova conjuntura para os campos da engenharia e da arquitetura (SOUSA, 2007).

No período colonial do Brasil, alguns engenheiros militares enviados pela metrópole eram chamados de “engenheiro-mor”, “engenheiro-arquiteto”, “arquiteto-mor”, “Sua Majestade” ou “mestre-pedreiro”, sendo “arquiteto” uma das formas de tratamento para os que se distinguiam na arte de construir. O termo engenheiro como conhecemos atualmente não existia no Código Civil Brasileiro de 1900, que citava apenas “empreiteiro”, “construtor” e “arquiteto”, quando se referia a direitos, deveres e responsabilidades de quem executava obras (TELLES, 1984).

2.1.2 Compatibilização de projetos

A compatibilização de projetos, ou seja, a adequação entre os diversos sistemas que compõem um edifício, é uma etapa necessária a toda obra de engenharia, e que garante o bom funcionamento do seu conjunto. A integração entre os projetos arquitetônico e estrutural é uma das etapas mais importantes nesse quesito, uma vez que pode ser entendida como o coração da associação entre *firmitas*, *utilitas* e *venustas*. A necessidade da compatibilização estrutura-arquitetura nasce, especialmente, da cisão existente entre as diferentes atribuições profissionais

de engenheiros e arquitetos. Comumente, isso se dá pelo fato de que, na grande maioria dos casos, os profissionais da arquitetura tendem a considerar as questões estruturais apenas de maneira bastante generalista na etapa de concepção. Também se vê um afastamento do calculista em relação à parte do projeto atribuída à arquitetura. Por conta disso, observam-se construções nas quais a estrutura se torna um aspecto secundário em relação à concepção arquitetônica, mesmo ela sendo fundamental para a viabilização da edificação (SALVATORI, 2011).

Essa dificuldade de integração também pode ser entendida pelo viés da formação profissional. Muitas escolas de engenharia e arquitetura têm grades curriculares que não integram as disciplinas das duas profissões, contribuindo para a formação de profissionais que reproduzem esse modelo por terem certa dificuldade de visualizar a arquitetura como parte constituinte da engenharia e vice-versa. A visão da relação entre a concepção de um projeto e a sua execução acaba sendo dificultada ao acadêmico, em parte também por conta das metodologias de ensino (ARSENIC *et al*, 2011).

Esse distanciamento entre as atribuições de cada uma das duas profissões acaba fazendo com que estrutura e arquitetura sejam complementares, mas numa relação pouco sinérgica, isto é, os elementos estruturais são considerados somente como meios de sustentação da forma e, por muitas vezes não contribuirão positivamente para o conjunto estético, tendem a ser camuflados. A dificuldade de integração entre projetos se dá pela falta de interesse em se pensar na estrutura como parte integrante e importante do projeto arquitetônico, o que torna a compatibilização de projetos mais custosa (VIEIRA, 2016).

2.2 A associação estrutura-arquitetura

2.2.1 Verdade estrutural

O uso do concreto como material estrutural desempenhou um papel fundamental tanto na concepção espacial da arquitetura moderna quanto na criação de seu valor estético (PINTO, 2012). Na verdade, os primeiros registros do uso de concreto remontam ao século III a.C., durante a construção de muralhas, fundações e edifícios do Império Romano. Nessa época, eram empregadas misturas de cal e pozolana para formar argamassa. Os romanos já adotavam algumas técnicas, como

a adição de leite, gordura e sangue animal como aditivos ao concreto, que mudavam as propriedades da argamassa ao incorporar ar à mistura. Além disso, eles também incluíam barras metálicas na pedra ou argamassa para aumentar a resistência da estrutura (KAEFER, 1998).

No século V d.C., após a queda do Império Romano do Ocidente, o uso do concreto foi praticamente esquecido e permaneceu em grande parte ignorado por aproximadamente 1400 anos. No entanto, no ano de 1824, John Aspdin fez uma descoberta crucial ao inventar o cimento Portland (FAZIO et al, 2011).

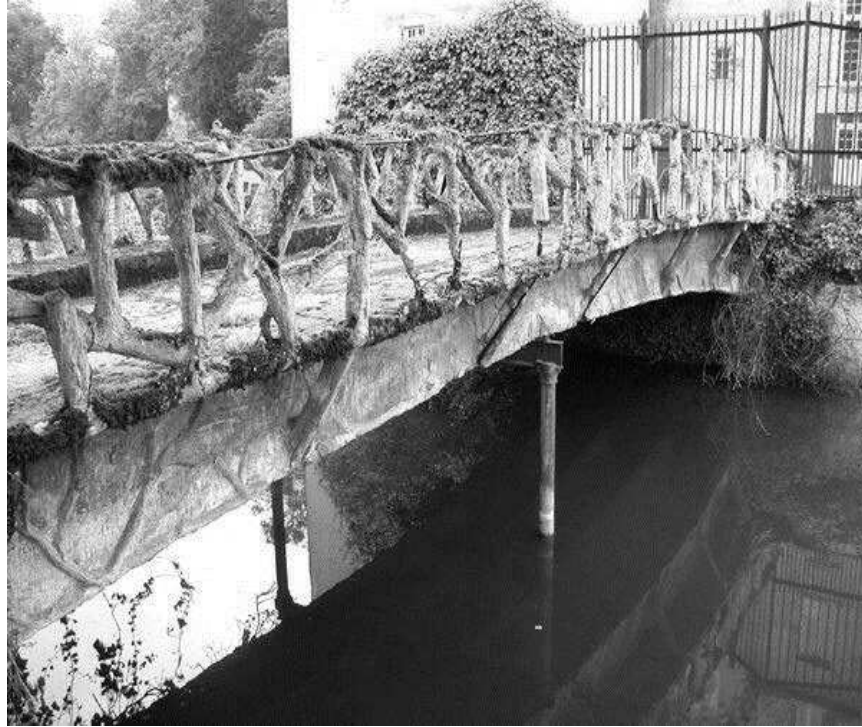
Trinta anos após essa descoberta, o engenheiro francês Joseph Louis Lambot publicou o primeiro trabalho sobre o Cimento Armado, nome pelo qual o concreto armado era conhecido até meados dos anos 1920, de acordo com Vasconcelos (1922). Em 1855, na Exposição Universal de Paris, ele apresentou um barco construído com uma estrutura de malha de ferro coberta por uma fina camada de argamassa, conforme a Figura 1. Pouco tempo depois, Joseph Monier, também francês, conduziu outras experiências com concreto armado (Figura 2). Entre 1880 e 1910, esse material começou a ser amplamente utilizado em várias construções, graças aos métodos de cálculo propostos por Mörch e Köenen na Alemanha, e Coignet e Hennebique na França. Especialmente este último, foi fundamental na divulgação e popularização da técnica no Brasil, estabelecendo uma de suas quarenta e três representações na cidade do Rio de Janeiro (ISAIA, 2011).

Figura 1 - Barco de Lambot



Fonte: Escales Maritimes (2008)

Figura 2 - Ponte em concreto armado, projetada e construída por Monier em 1875



Fonte: Afonso (2013)

É evidente que as primeiras explorações do concreto armado, tal como conhecemos atualmente, surgiram após um longo período de experimentação e descobertas empíricas, seguido por uma evolução gradual dos cálculos e da compreensão de suas aplicações e limitações. Inicialmente, o material foi utilizado como uma alternativa às paredes maciças, criando uma espécie de pedra artificial. Somente no final do século XIX é que as estruturas esqueléticas de pilares e vigas se tornaram mais populares, resultando em um aumento significativo no uso do concreto em relação ao ferro (GIANNECCHINI, 2009). A inclusão do concreto como material estrutural ocorreu ao superar uma das principais limitações enfrentadas na época romana: a resistência à tração. A adição de aço à sua composição transformou-o em um sistema construtivo capaz de suportar tanto esforços de tração quanto compressão, permitindo a construção de estruturas mais altas e com vãos maiores (PINTO, 2012).

No entanto, o concreto ainda não era amplamente aceito pela sociedade, não apenas devido às preocupações com sua resistência, eficácia e durabilidade, mas principalmente por razões estéticas. Nessa fase inicial, o uso do concreto aparente não era aceito devido à sua aparência cinza e à irregularidade de suas superfícies. O

material era considerado antiestético e, na maioria das vezes, era coberto com alvenarias e argamassas (CURTIS, 2008).

Conseqüentemente, surgiram inúmeras discussões para determinar como o concreto poderia ser esteticamente aceitável, evitando imitar outros materiais sem abandonar completamente sua verdadeira natureza. A crença de que um material não deveria imitar de forma alguma outro material foi uma das premissas fundamentais da arquitetura moderna, evidenciada primeiramente por John Ruskin e, algumas décadas depois, por Adolf Loos (PINTO, 2012).

Para Ruskin, na área da arquitetura, é possível comprometer a autenticidade ao tentar esconder a essência de um material ou distorcer o tempo investido na construção. Segundo ele, também podemos não ser capazes de nortear uma boa arquitetura, que seja, ao mesmo tempo bonita e criativa; mas podemos criar uma arquitetura honesta (RUSKIN, 1849). Já para Loos, cada material possui sua própria expressão visual única, e nenhum material deve tentar assumir a forma de outro. Nenhum material permite a interferência em sua linguagem visual característica (LOOS, 1982).

Tendo em vista os ideais de Ruskin e Loos, pode-se concluir que a verdade estrutural, que também é chamada de verdade construtiva ou clareza estrutural é um movimento que busca dar ao edifício um aspecto verdadeiro e honesto que revele seus materiais e formas livres de revestimentos (SOUSA, 2020). A verdade estrutural e a verdade dos materiais são conceitos fundamentais em diferentes áreas do conhecimento, como arquitetura, engenharia, design e conservação de patrimônio. Essas abordagens buscam compreender e valorizar as características intrínsecas das estruturas e dos materiais utilizados, promovendo uma expressão autêntica e coerente.

Na arquitetura, a verdade dos materiais envolve a utilização honesta e transparente dos materiais de construção. Arquitetos renomados, como Frank Lloyd Wright, valorizavam a expressão genuína dos materiais, como a madeira, a pedra e o concreto. Através da revelação das qualidades naturais desses materiais, buscavam criar uma harmonia entre o ambiente construído e a natureza circundante (FRAMPTON, 1995).

A verdade estrutural, por sua vez, está relacionada à compreensão das forças e sistemas que sustentam uma estrutura. Engenheiros como Gustave Eiffel, responsável pela icônica Torre Eiffel, e Fazlur Rahman Khan, conhecido por suas

inovações estruturais em arranha-céus, reconheciam a importância de compreender a verdade estrutural para garantir a estabilidade e a segurança das construções (ALLEN *et al*, 2011).

A verdade dos materiais, bem como a verdade estrutural, é um ideal bastante comum da arquitetura e dos designs modernos. Esse ideal está atrelado aos anos 1920 e ao movimento brutalista (SOUSA, 2020). A arquitetura modernista tinha o hábito de evitar a honestidade drástica, e uma construção brutalista deveria estar atrelada à verdade estrutural (BANHAM, 2006). Analogamente, a demonstração dos materiais e também da técnica construtiva adotada em uma construção, resultava em uma construção honesta, e a sua beleza era ligada à verdade construtiva (SANVITTO, 2013).

Desse modo, observa-se que a verdade estrutural desempenha papel crucial na arquitetura, engenharia e conservação de patrimônio. Essa abordagem valoriza a compreensão das características intrínsecas das estruturas e materiais, buscando uma expressão autêntica e coerente, seja na criação de novas construções ou na preservação de um legado.

2.2.2 O movimento modernista e o brutalismo

Nascido no início do século XX, o movimento modernista foi uma corrente artística e cultural que teve um impacto significativo na construção civil. Influenciado pelos ideais progressistas, o modernismo buscou romper com as tradições arquitetônicas e estéticas consideradas ultrapassadas, promovendo uma abordagem inovadora e funcional na concepção e construção de edifícios (BRUAND, 2010).

Uma das principais características do movimento modernista na construção civil foi a ênfase na funcionalidade e no uso eficiente do espaço. Os arquitetos modernistas, como Le Corbusier e Walter Gropius, acreditavam que a arquitetura deveria atender às necessidades práticas e funcionais da sociedade moderna. Assim, eles buscaram criar espaços flexíveis e adaptáveis, que pudessem ser utilizados de forma eficiente e que se adequassem às novas demandas da vida urbana (PEVSNER, 2005) - o que remete aos princípios vitruvianos para uma boa arquitetura.

Outra característica marcante do modernismo na construção civil foi o uso de materiais industriais e técnicas construtivas inovadoras. O movimento abraçou o concreto armado, o aço e o vidro como materiais principais, permitindo a criação de

estruturas mais leves, flexíveis e amplas. Esses materiais também viabilizaram o uso de formas geométricas e estruturas diferentes das que, até então, eram tidas como usuais, desafiando as práticas tradicionais da arquitetura da época (COSTA, 1995).

O movimento também buscou uma integração harmoniosa entre o edifício e o ambiente que o cercava. Os arquitetos modernistas valorizavam a relação entre o elemento construído e o ambiente natural, buscando criar espaços que tivessem um vínculo com o contexto urbano e a paisagem ao seu redor. Essa abordagem resultou em projetos que integravam de forma espontânea o interior e o exterior, com a utilização de janelas amplas, terraços e varandas (COSTA, 1995).

Na construção civil, o modernismo tinha uma grande dimensão social e política. Os arquitetos adeptos ao movimento acreditavam que a arquitetura poderia transformar a sociedade, melhorando a vida das pessoas e promovendo a igualdade. Dessa forma, eles passaram a defender a ideia de habitação social, projetando edifícios acessíveis e práticos para as classes trabalhadoras, com ênfase na criação de ambientes coletivos (BRUAND, 2010).

Pode-se afirmar que o movimento modernista marcou a história da construção civil. Desde sua abordagem prática, uso de materiais industriais, integração com o entorno até a preocupação com questões sociais, colaboraram para o modo como os edifícios são construídos atualmente. O modernismo na construção civil foi uma manifestação da busca por uma arquitetura mais ajustada ao mundo contemporâneo, que refletisse as mudanças sociais, tecnológicas e culturais da época (PEVSNER, 2005).

O brutalismo e o modernismo são dois movimentos artísticos e arquitetônicos que surgiram em momentos distintos, mas que dividem certos aspectos e influências em comum, principalmente no contexto da construção civil. O modernismo foi uma resposta à revolução industrial e ao avanço tecnológico, buscando uma linguagem artístico-arquitetônica que representasse os ideais de progresso, utilidade e simplicidade das formas e o uso de materiais industriais. Já o movimento brutalista surgiu na década de 1950 como uma reação ao racionalismo modernista e se concentrou em formas e materiais brutos e expressivos, como no uso do concreto aparente. Embora existam essas diferenças, existe uma relação entre os dois movimentos, sobretudo em relação ao uso da forma natural e à expressão da estrutura (GOLDHAGEN, 2019).

O movimento modernista e o brutalismo se relacionam principalmente por ambos valorizarem o uso do concreto na construção civil. Apesar de abordarem o material de forma distinta, tanto o modernismo quanto o brutalismo valorizavam o concreto como material de construção. No modernismo, o uso concreto armado era focado na racionalidade e na sua funcionalidade, proporcionando a elaboração de construções leves e espaços internos amplos (BOTELHO *et al*, 2015). Já no brutalismo, o concreto tinha uma abordagem mais expressiva, com superfícies ásperas e texturizadas, revelando a forma como foi moldado, incluindo marcas de formas. Os arquitetos brutalistas buscavam projetar edifícios vultosos e de grande impacto visual (FORTY, 2012).

Um outro ponto em comum entre o movimento modernista e o brutalismo é a ênfase dada à expressão da estrutura. Tanto no modernismo quanto no brutalismo, valorizava-se a arquitetura estrutural, expondo-a visualmente no projeto. No modernismo, essa expressão era alcançada através do uso de elementos estruturais, como pilares e vigas, de forma aparente e proeminente (CURTIS, 2008). No brutalismo, essa ênfase na estrutura era levada ao extremo, com grandes superfícies de concreto que destacavam a forma como o edifício foi construído. (FORTY, 2012). Um exemplo de concreto aparente e valorização do material em sua forma honesta é o Museu de Arte de São Paulo, no qual pode ser observado a ênfase à estrutura em sua forma e aparência, conforme observado na Figura 3.

Figura 3 - Museu de Arte de São Paulo, pilares de concreto aparente



Fonte: ArchDaily (2018)

Ademais, ambos os movimentos compartilharam uma abordagem escultural na arquitetura. No modernismo, os edifícios eram contemplados como esculturas tridimensionais, explorando formas autênticas e geometrias simples (CHOAY, 2014). O brutalismo também adotou essa abordagem, porém com uma estética mais robusta e monumental, resultando em edifícios que se destacavam de forma imponente no ambiente urbano (GOLDHAGEN, 2019).

Uma outra ligação entre o modernismo e o brutalismo está relacionada à atenção dada à escala humana e à relação com o contexto urbano. O modernismo enfatizou a criação de edifícios funcionais e acessíveis, adaptados às necessidades das pessoas e buscando melhorar a qualidade de vida. De maneira semelhante, o brutalismo também se preocupou com a criação de espaços públicos inclusivos e coletivos, levando em consideração o impacto social dos edifícios na comunidade (COSTA, 2007).

Em suma, embora o modernismo e o brutalismo possuam características distintas, eles compartilham algumas associações significativas na construção civil. A valorização da expressão da estrutura, a utilização autêntica dos materiais, a preocupação com a escala humana e a relação com o contexto urbano são pontos de convergência entre esses movimentos, que influenciaram a arquitetura do século XX e continuam a ser objeto de estudo e apreciação.

2.2.3 O caso dos engenheiros-arquitetos

Durante a Idade Média, as funções de arquitetura e a engenharia eram frequentemente exercidas pela mesma pessoa, como faziam os mestres construtores das catedrais góticas. Esses mestres possuíam conhecimentos em geometria, matemática e técnicas construtivas avançadas, permitindo-lhes criar estruturas impressionantes. No entanto, com o Renascimento, houve uma separação gradual das duas disciplinas, com arquitetos focando mais no design e na estética, e engenheiros dedicados às questões técnicas (MURRAY, 1997).

A separação tradicional entre arquitetura e engenharia, iniciada após a Revolução Industrial, começou a ser questionada no movimento modernista do século XX, que teve um papel fundamental na transformação das práticas arquitetônicas e na emergência dos engenheiros-arquitetos. Arquitetos como Le Corbusier buscavam uma abordagem integrada, em que a forma, a função e a estrutura dos edifícios

estivessem intrinsecamente relacionadas. Essa visão mais abrangente exigia uma aproximação e colaboração humilde entre arquitetos e engenheiros, o que culminou no surgimento dos engenheiros-arquitetos como profissionais com conhecimento combinado em ambas as áreas (LE CORBUSIER, 1986).

O surgimento dos engenheiros-arquitetos remonta aos tempos da Antiguidade, quando as civilizações começaram a construir estruturas cada vez mais complexas. Historicamente, as atribuições de arquitetos e engenheiros eram diferentes. Na Grécia Antiga, por exemplo, os arquitetos eram responsáveis pelo projeto e pela estética das construções, enquanto os engenheiros se concentravam na execução e na parte técnica. No entanto, à medida que os projetos arquitetônicos se tornaram mais complexos, surgiu a demanda por profissionais capazes de unir conhecimentos técnicos e estéticos abordando os desafios cada vez mais complexos das duas profissões (BARRINGTON, 2012).

Um exemplo notável na história da arquitetura e engenharia é o arquiteto romano Vitruvius. No século I a.C., ele escreveu o tratado conhecido como "*De Architectura*", no qual ele discutia os princípios da arquitetura e a importância da colaboração entre arquitetos e engenheiros. Vitruvius defendia que o arquiteto deveria ter conhecimentos em matemática, geometria e engenharia, a fim de projetar edifícios sólidos e funcionais (VITRUVIUS, 2009).

O desenvolvimento tecnológico e a evolução dos materiais de construção também influenciaram o surgimento dos engenheiros-arquitetos. Conforme novos materiais, como o concreto armado e o aço, se tornaram mais acessíveis, os desafios técnicos e estruturais se ampliaram. Os engenheiros-arquitetos emergiram como profissionais com capacidade de lidar com esses avanços e aplicá-los de maneira criativa e eficiente em projetos de estruturas (TARANATH, 2011).

Na atualidade, os engenheiros-arquitetos desempenham um papel importante na concepção e na realização de projetos arquitetônicos. Sua formação híbrida em arquitetura e engenharia admite que os mesmos considerem aspectos estéticos, técnicos e estruturais de forma integrada, conservando a beleza sem perder a forma. Para além disso, possuem competência para aplicar tecnologias e práticas sustentáveis na busca por soluções inovadoras e eficientes.

2.2.4 João Batista Vilanova Artigas

Nascido em junho de 1915 em Curitiba, João Batista Vilanova Artigas desempenhou um papel fundamental nas primeiras expressões do movimento modernista na arquitetura dessa cidade. Ele obteve seu diploma de engenheiro-arquiteto na Escola Politécnica da USP em 1937 (PURGAZ et al, 2017).

Artigas é amplamente reconhecido como um dos arquitetos mais importantes do Brasil no século XX e, talvez, o mais influente na cena arquitetônica de São Paulo. Sua obra foi caracterizada por várias transformações, impulsionadas pelos avanços tecnológicos, debates sobre correntes artísticas locais e internacionais, bem como questões políticas. No início de sua carreira, de 1937 a 1945, seus projetos foram fortemente influenciados por Frank Lloyd Wright. Nesse período, o arquiteto utilizou em seus projetos elementos como grandes beirais, integração entre espaços internos e externos, elementos volumétricos destacados e materiais expostos, como madeira e tijolos (GIANNECCHINI, 2009).

Figura 4 - O arquiteto Vilanova Artigas



Fonte: Casacor (2021)

Em 1946, recebeu uma bolsa de estudos da Fundação Guggenheim para explorar a arquitetura contemporânea nos Estados Unidos. Após seu retorno, ele

estabeleceu uma conexão com o movimento da arquitetura modernista brasileira, que se fundamentava nas ideias de Le Corbusier. Esse movimento teve seu surgimento na cidade do Rio de Janeiro, com figuras como Oscar Niemeyer e Lucio Costa (ALPISTE, 2006). A partir de 1952 até o término de sua trajetória profissional, Artigas ingressa em sua fase brutalista, na qual surgem seus projetos de maior destaque. É nesse último período que a estrutura assume uma importância ainda maior na configuração de suas obras, tornando-se sua essência fundamental (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

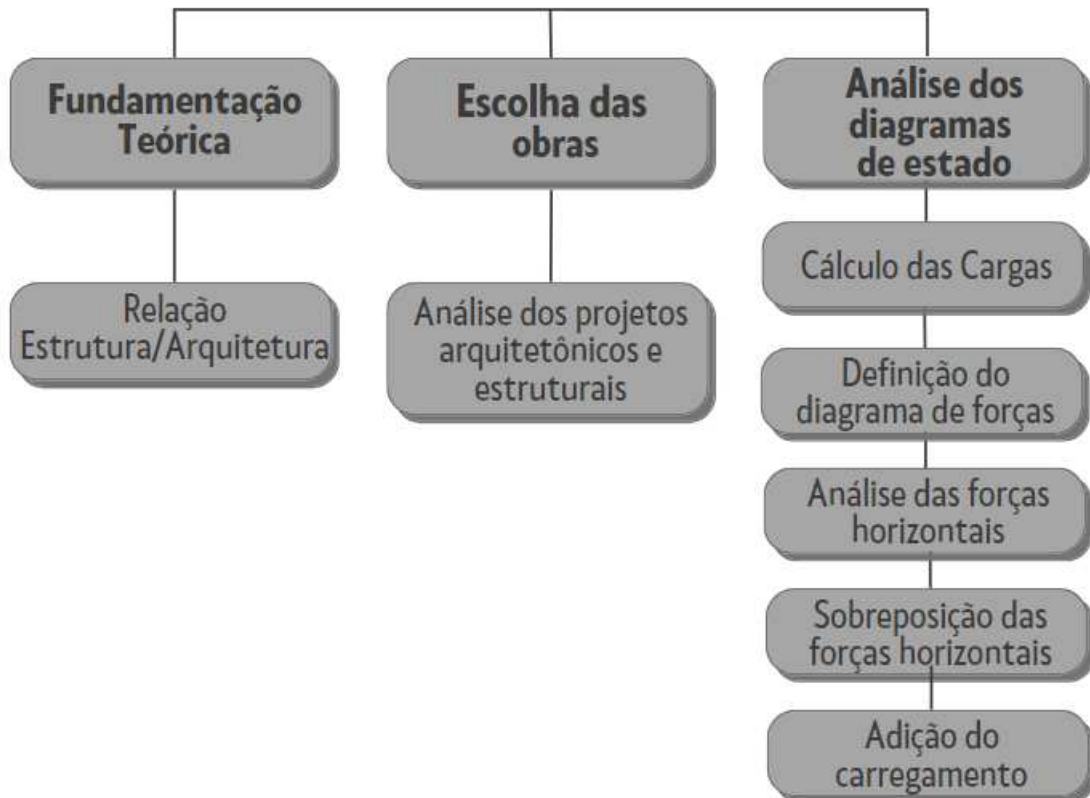
A arquitetura de Artigas se fundamentou em formas geométricas puras e na utilização do concreto como elemento estrutural. Embora suas ideias tenham evoluído consideravelmente desde seu primeiro período, ele manteve a continuidade do espaço e a variação de níveis, por meio da criação de amplos vazios e do uso de mezaninos conectados por inclinações, que conferem um efeito dramático às suas edificações. Em 1961, foi encarregado de projetar o novo edifício da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, além de participar do planejamento do novo campus da universidade (ALPISTE, 2006).

Vilanova Artigas faleceu em 12 de janeiro de 1985, deixando como legado aproximadamente 700 obras espalhadas pelo Brasil. Algumas das principais são: a Casa do Arquiteto em 1942; a Residência Rio Branco Paranhos em 1943; a Residência em Benedito Levi em 1944; o Edifício Louveira em São Paulo em 1946; o Estádio do Morumbi em 1953; a Casa Baeta em São Paulo em 1956; o Ginásio de Itanhaém em 1959; o Ginásio Guarulhos em 1960; a FAUUSP em São Paulo em 1961; a Estação Rodoviária de Jau em 1973, entre outras (ALPISTE, 2006).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi estruturado da seguinte forma:

Figura 5 - Organograma representativo da metodologia



Fonte: A autora (2023)

Inicialmente, foi conduzida uma etapa de fundamentação teórica, aprofundando-se na compreensão da estreita relação entre estrutura e arquitetura. Em um segundo momento, foram selecionadas as obras a serem estudadas, e a análise dos projetos arquitetônicos e estruturais foi executada. Em seguida, por meio da utilização do Ftool, foram elaborados os diagramas de estado simplificados para o corte longitudinal das estruturas em estudo. Com esses diagramas em mãos, procedeu-se à comparação entre eles e as fachadas correspondentes, revelando as interações entre forma e suporte.

3.1 Escolha das obras

Três obras de João Batista Vilanova Artigas foram escolhidas para estudo neste trabalho, são elas: a Garagem de Barcos Santa Paula late Clube, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e o Ginásio de Itanhaém. A escolha dessas obras justifica-se devido às suas características arquitetônicas e estruturais, que representam de forma significativa o movimento brutalista no Brasil e, por consequência, tendem a aplicar conceitos de verdade estrutural.

A Garagem de Barcos Santa Paula late Clube é um exemplo emblemático da arquitetura modernista brasileira. Localizada em São Paulo, Brasil, essa obra se destaca por sua estética minimalista, com linhas retas e formas geométricas puras. A utilização do concreto armado e do vidro evidencia a busca pela funcionalidade e a integração com o entorno. Sua estrutura inteligente permite espaços amplos e abertos, sem a necessidade de pilares internos, proporcionando uma sensação de liberdade e fluidez espacial (ARCHDAILY, 2015).

A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo é uma obra icônica do modernismo brasileiro. Caracterizada pela arquitetura brutalista, a FAUUSP se destaca pela exposição do concreto aparente, enfatizando a honestidade dos materiais utilizados. Sua configuração espacial inteligente combina espaços abertos e fechados, criando um ambiente propício à interação social e à integração com a natureza. A ênfase na horizontalidade e a conexão fluida entre os ambientes internos e externos são características marcantes dessa obra (CONTIER, 2015).

O Ginásio de Itanhaém também se destaca como uma obra significativa do modernismo brasileiro. Sua estrutura é caracterizada por vigas e pilares aparentes, que conferem robustez e solidez à edificação. A forma do ginásio é resultado direto da estrutura, com uma composição angulada que proporciona uma aparência dinâmica.

O uso do concreto aparente e das formas geométricas fortes são características típicas do estilo brutalista, presente na obra de Artigas, sendo essa obra uma das pioneiras nesse tipo de arquitetura (VITRUVIUS, 2014).

Essas obras selecionadas apresentam características arquitetônicas e estruturais que são representativas do modernismo brasileiro. A relação entre estrutura e arquitetura é explorada de forma expressiva, revelando a força da estrutura

e sua influência na concepção dos espaços. A estética brutalista, com o uso de concreto aparente e a valorização dos elementos estruturais, é uma característica comum nas obras selecionadas. Além disso, a simplicidade das formas, a funcionalidade e a integração com o contexto são aspectos relevantes presentes nas três obras.

A análise dessas obras permitirá um estudo aprofundado das características arquitetônicas e estruturais do modernismo brasileiro, destacando a contribuição de Vilanova Artigas para o movimento. As obras selecionadas representam diferentes contextos e programas arquitetônicos, mas compartilham a abordagem expressiva da estrutura e a busca por uma arquitetura que reflita a identidade e as necessidades da sociedade. As características apresentadas justificam a escolha dessas obras para análise aprofundada das mesmas no presente trabalho.

3.2 Análise por meio de diagramas de esforços

Neste trabalho, a análise será comparativa, reconstituindo, de maneira simplificada, alguns cortes das estruturas presentes nas obras em questão em diagramas de estado. A definição das dimensões das peças estruturais e dos vãos utilizados no esquema simplificado foi realizada por meio da consulta a projetos, croquis e outros trabalhos. O objetivo é analisar a correlação existente entre a concepção estrutural e o desenho das fachadas, através dos diagramas mencionados.

Diagramas de estado, ou linhas de estado, que também podem ser chamados de diagramas de esforços solicitantes, são o estudo gráfico dos esforços simples em um elemento. Os gráficos gerados mostram os valores dos esforços ao longo da estrutura, o que permite visualizar as variações desses esforços a cada seção da estrutura (EDMUNDO *et al*, 2018).

Um diagrama de estado para estruturas é uma representação gráfica que ilustra as diferentes fases de um sistema estrutural ao longo do tempo. Ele descreve as transições e os estados que a estrutura pode assumir, considerando as condições de carga, deformação e o comportamento estrutural do elemento estudado. Trata-se de uma ferramenta fundamental para entender e analisar o desempenho estrutural, permitindo a identificação de estados críticos, a avaliação da estabilidade e a tomada de decisões em relação ao projeto e à manutenção da estrutura (UNDERWOOD *et al*, 2007).

No contexto estrutural, um diagrama de estado pode representar as diferentes fases que a estrutura atravessa, como a fase construtiva, a fase operacional normal, a fase de sobrecarga, a fase de falha estrutural e assim por diante. Cada um desses estados é definido pelas propriedades e pelo comportamento estrutural correspondentes, abrangendo também a distribuição de cargas, deformações, tensões, momentos, deslocamentos e outros parâmetros pertinentes. Por meio do diagrama de estado, pode-se visualizar e entender as mudanças estruturais em diferentes condições e eventos (CHOPRA, 2014).

Um diagrama de estado para estruturas pode ser elaborado a partir de uma infinidade de técnicas e representações gráficas. Os diagramas podem ser desenhados manualmente, com o uso de esboços e símbolos específicos para representar os diferentes estados e transições. Além disso, ferramentas computacionais e software de modelagem estrutural avançado podem ser utilizados para criar diagramas de estado mais detalhados e precisos, incorporando cálculos numéricos e simulações de comportamento estrutural realistas (AISC, 2011).

Um dos softwares existentes que permite o desenvolvimento de diagramas de estado e a análise dos mesmos não somente em termos visuais, mas também numéricos, é o Ftool. O Ftool (Two-dimensional Analysis Tool) é um programa gráfico interativo para uso em engenharia civil. O software foi desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro com o intuito de auxiliar no estudo do comportamento estrutural de pórticos planos. O programa permite a definição de modelos estruturais de forma simples e eficiente, analisando um modelo fornecido trazendo resultados simples, como os diagramas de esforços e deformações, ou linhas de influência em quaisquer pontos da estrutura. Desse modo pode-se visualizar os diagramas tanto em termos visuais quanto numéricos (FTOOL, s.d).

Sua principal vantagem reside no fato de ser um programa educacional projetado para o ensino do comportamento estrutural de elementos planos, preenchendo uma lacuna pouco explorada por outros programas educativos. Enquanto muitos programas se concentram principalmente no ensino de técnicas numéricas de análise, e versões educacionais de programas comerciais estão mais preocupadas em familiarizar os estudantes com sua interface, este programa se destaca por se dedicar especificamente ao ensino do comportamento estrutural (KAEFER *et al*, 2000)

Por ser um software intuitivo, gratuito e apresentar diversas vantagens mencionadas anteriormente, a escolha da análise visual desse trabalho será feita utilizando-se o software Ftool, no qual serão reconstituídos elementos presentes nas obras analisadas e assim verificando a motivação arquitetônica por meio da análise estrutural.

Numa fase inicial, no intuito de abordar a análise das estruturas, procedeu-se à utilização de uma representação unifilar simplificada do esquema estrutural da obra em consideração, a qual se definiu por meio de um corte longitudinal em planta. Tal corte foi obtido a partir de croquis e plantas disponibilizados em outras obras, publicações e sítios eletrônicos pertinentes. A escolha do corte longitudinal como referência de estudo reside no fato de que são nesses cortes que, na maioria dos casos, estão presentes os maiores vãos e, portanto, os esforços de momento fletor mostram-se mais significativos.

Posteriormente, identificaram-se as prováveis cargas atuantes nas estruturas (permanentes, variáveis e horizontais), as quais foram adicionadas ao esquema estrutural de maneira simplificada. A partir disso, elaboraram-se os respectivos diagramas de momento fletor, com objetivo de os mesmos serem submetidos a análise.

Vale lembrar que a elaboração de diagramas simplificados do esquema estrutural justifica-se neste trabalho porque o objetivo aqui não é o de estudar o comportamento estrutural da obra com precisão. Antes, o propósito concentra-se em testar hipóteses onde seja possível estabelecer uma relação visual entre os diagramas de estado (mais precisamente os de momento fletor) e o aspecto geral das obras em termos de desenho de fachada.

A metodologia adotada na presente pesquisa inspirou-se no trabalho de Santos (2013), pesquisadora que também analisou trabalhos anteriores para incorporar sua pesquisa, que foi ampliada e aplicada nas obras emblemáticas de Vilanova Artigas escolhidas para análise neste estudo. Em consonância com a abordagem metodológica previamente estabelecida por Santos (2013), buscou-se aprofundar a compreensão das relações entre estrutura e arquitetura nas obras selecionadas, explorando os aspectos intrínsecos de cada projeto e revelando suas nuances artísticas e estruturais. Assim, a metodologia aqui empregada expande os horizontes e enriquece o conhecimento acerca do legado arquitetônico de Vilanova Artigas.

Nesta investigação, empreendeu-se uma simplificação do esquema estrutural das obras examinadas, almejando-se estabelecer uma possível relação entre a forma e o desenho das fachadas com os diagramas esforços de momento fletor obtidos. Cumpre ressaltar que o propósito não consistiu em obter um diagrama estrutural exato, mas sim compreender as interações entre a forma arquitetônica e os esforços estruturais, vislumbrando-se uma análise que transcende os limites precisos da estrutura em si. Nesse contexto, busca-se desvendar a harmonia e a essência estética inerentes à interação entre a forma e a estrutura, conferindo uma abordagem refinada e inspiradora ao estudo em questão.

Para a análise dos diagramas de esforços das obras estudadas, seguimos o passo a passo, tal qual descrito a seguir:

- a. Etapa 1 - Levantamento das cargas: a título ilustrativo e, de maneira simplificada, as cargas utilizadas nos diagramas levaram em consideração o peso próprio da estrutura, a influência do peso da laje, uma carga acidental e uma carga horizontal no valor de 500 kN. Essa carga horizontal seria representativa de uma força relativa à ação do vento, por exemplo. A carga de vento em uma estrutura é influenciada por uma variedade de fatores, como a localização geográfica, a altura da estrutura, a configuração da superfície exposta, entre outros aspectos (NBR 6123, 1988). Portanto, é importante considerar essas características específicas do projeto ao determinar a carga de vento adequada, em vez de estabelecer um valor fixo indiscriminadamente. No entanto, no contexto desta análise, foi adotado o valor de 500 kN com o propósito exclusivo de investigar o comportamento estrutural da obra em questão diante da ação de forças horizontais, sem a pretensão de obter um diagrama preciso da influência do vento nessa estrutura.
- b. Etapa 2 - Elaboração do esquema estrutural: com base nas informações de projeto, foram definidos os valores dos vãos e as dimensões das vigas e, juntamente com as forças estimadas anteriormente, foram inseridos no programa Ftool.
- c. Etapa 3 – Ações horizontais: comportamento do esquema estrutural com relação à carga horizontal, aplicada na direção horizontal, com sentido para a esquerda (primeira análise) e depois para a direita (segunda análise).

- d. Etapa 4 – Sobreposição das ações horizontais: comportamento do esquema estrutural quando da sobreposição dos gráficos relativos às forças horizontais (primeira e segunda análise).
- e. Etapa 5 – Cargas permanentes e ações horizontais: comportamento do esquema estrutural quando aplicadas as forças verticais relativas ao peso próprio, à laje e as cargas acidentais, juntamente com a ação de forças horizontais, primeiramente à esquerda (terceira análise) e depois à direita (quarta análise).
- f. Etapa 6 – Sobreposição das cargas permanente e ações horizontais: comportamento do esquema estrutural quando da sobreposição dos gráficos da terceira e quarta análises.

3.3 Análise comparativa dos diagramas de momento fletor da estrutura

A análise comparativa será realizada entre fotografias das fachadas de edificações representativas do período modernista brasileiro e os diagramas aproximados das estruturas que as sustentam, a partir de um corte longitudinal da planta, no Ftool. A fim de obter os diagramas aproximados dessas estruturas no Ftool, foram consultados os projetos arquitetônicos e estruturais das edificações estudadas, visando identificar a presença dos elementos de sustentação dos edifícios.

Ao comparar as fotografias das fachadas dos edifícios com os diagramas de momento fletor no Ftool, busca-se estabelecer uma relação entre a forma externa e a distribuição das forças internas na estrutura. Essa análise permitirá compreender como os elementos estruturais contribuem para a estabilidade e estética dos edifícios, revelando a harmonia entre forma e função.

Por meio da correlação entre as fotografias das fachadas e os diagramas de momento fletor, será possível identificar a presença de elementos estruturais como pilares, vigas e lajes, bem como compreender como esses elementos suportam as cargas e distribuem as forças ao longo da estrutura. Essa análise contribuirá para a compreensão da intencionalidade dos profissionais na concepção dos edifícios e sua relação com a estrutura.

A utilização do software Ftool como ferramenta de análise estrutural permite uma representação simplificada dos diagramas de momento fletor, considerando as características geométricas e as propriedades dos materiais utilizados nas edificações

estudadas. Dessa forma, é possível realizar uma análise comparativa mais precisa e visualmente compreensível dos elementos estruturais presentes nas fotografias e nos diagramas.

Em resumo, a análise comparativa entre as fotografias das edificações do período modernista brasileiro e os diagramas aproximados das estruturas no Ftool proporciona uma compreensão mais aprofundada da relação entre forma arquitetônica e sistema estrutural. Essa abordagem permite identificar a influência dos elementos de sustentação na estética dos edifícios e enriquece nosso conhecimento sobre a concepção e a eficiência das estruturas concebidas nesse período.

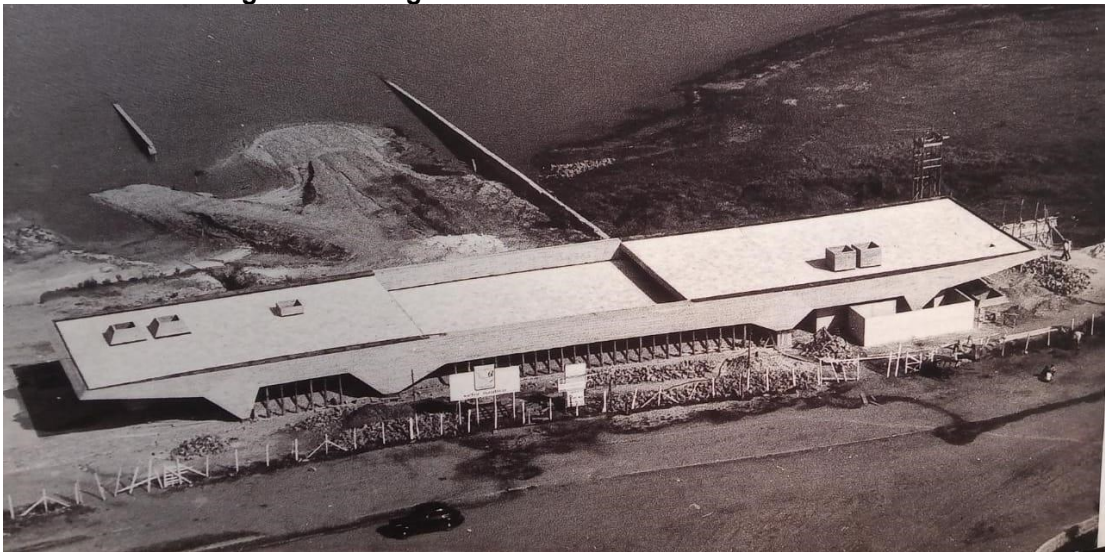
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Garagem de Barcos Santa Paula late Clube

4.1.1 A concepção projetual

A Garagem de Barcos do Santa Paula late Clube, construída entre 1961 e 1964, é um exemplo notável de projeto com uma compreensão estrutural excepcional. Carlos Cascaldi, em São Paulo, participou ativamente dessa obra em 1961. A construção em análise foi projetada com um programa básico que incluía um espaço central de atracamento de barcos em um nível inferior, depósitos de motores e vestiários em um lado, e um restaurante e cozinha no outro (KAMITA, 2001).

Figura 6 - Garagem de Barcos Santa Paula late Clube

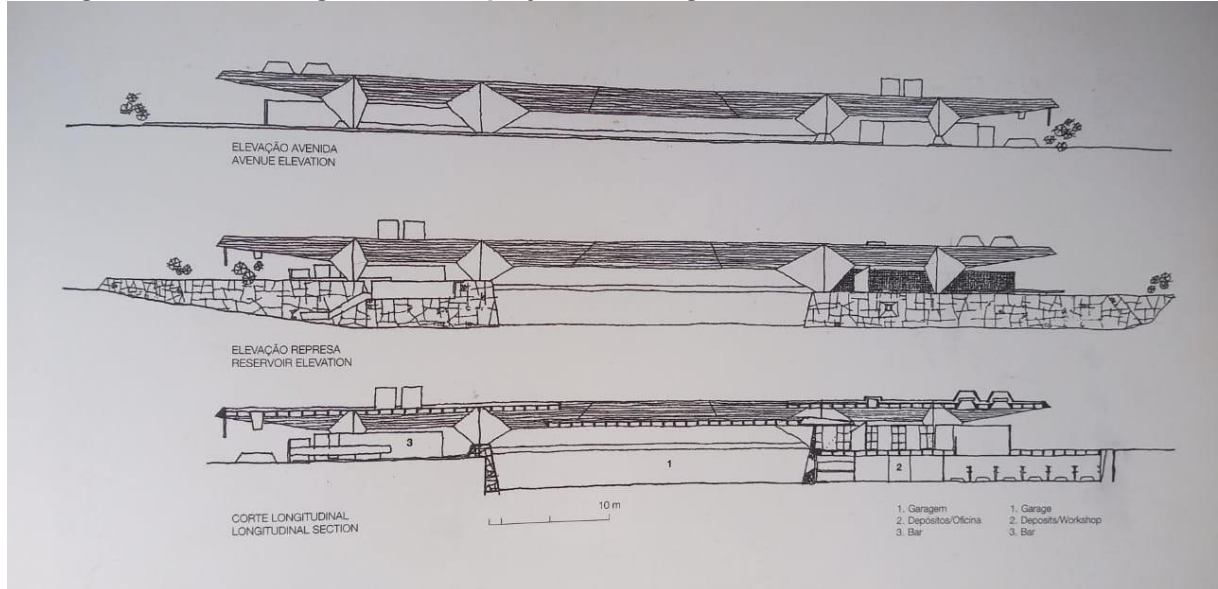


Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

O conceito adotado para o projeto dessa obra consistiu em um terrapleno e uma estrutura de cobertura. Foi idealizada uma cobertura alongada, composta por vigas principais de concreto protendido, com 70 metros de comprimento total, incluindo balanços de 10 metros em cada extremidade, além de dois vãos de 10 metros entre pilares e um vão central de 30 metros. Essa cobertura é conectada por vigas nervuradas dispostas transversalmente e reforçadas por duas vigas longitudinais. As vigas transversais estão posicionadas em três seções com alturas

diferentes, permitindo que a laje de cobertura que elas suportam seja dividida em três segmentos distintos (SANTOS, 2013).

Figura 7 - Cortes longitudinais do projeto da Garagem de Barcos Santa Paula late Clube



Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

As vigas descansam sobre quatro apoios triangulares que se integram perfeitamente ao desenho das vigas, conectando-se a apoios inferiores formados pelos muros de arrimo de pedra/concreto ciclópico ou sobre plintos de concreto apoiados no solo. As juntas entre os elementos são definidas por dispositivos maciços de aço, apresentando desenhos únicos em cada apoio. A solução técnica adotada é totalmente isostática, de forma que a cobertura se apoia de maneira independente no chão preparado, composto pelos muros e pelos apoios que poderiam ser considerados como fundações expostas (SANTOS, 2013).

Figura 8 - Detalhe dos apoios articulados.



Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

4.1.2 Estudo dos diagramas de momento fletor

4.1.2.1 Etapa 1 - Levantamento das cargas

Para fins de cálculo, adotou-se a largura da viga como sendo 0,19m e a da altura da laje como 0,10 m. Essa escolha baseou-se na constatação de que essa mesma largura é utilizada em outro projeto de Artigas que também será estudado posteriormente, além de estar em conformidade com a norma NBR 6118, que estabelece a largura mínima adequada para vigas de concreto.

Também para este estudo foram considerados os valores referentes a norma NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. A Tabela 1 apresenta as cargas relativas a estrutura da obra estudada.

Tabela 1 - Cargas relativas à Garagem de Barcos

<u>Incidência</u>	<u>Força</u>
Laje	250 kgf/m ²
Carga Acidental	255 kgf/m ²
Peso Total	505 kgf/m ²

Fonte: NBR 6120 (2019)

A largura adotada para a faixa de influência da laje foi de 1,0 metro.

Figura 9 - Cálculo do peso próprio da viga transversal



$$A = 0,19 \times 0,8 \times 2500 \text{ kg} = 380 \text{ kgf/m}$$

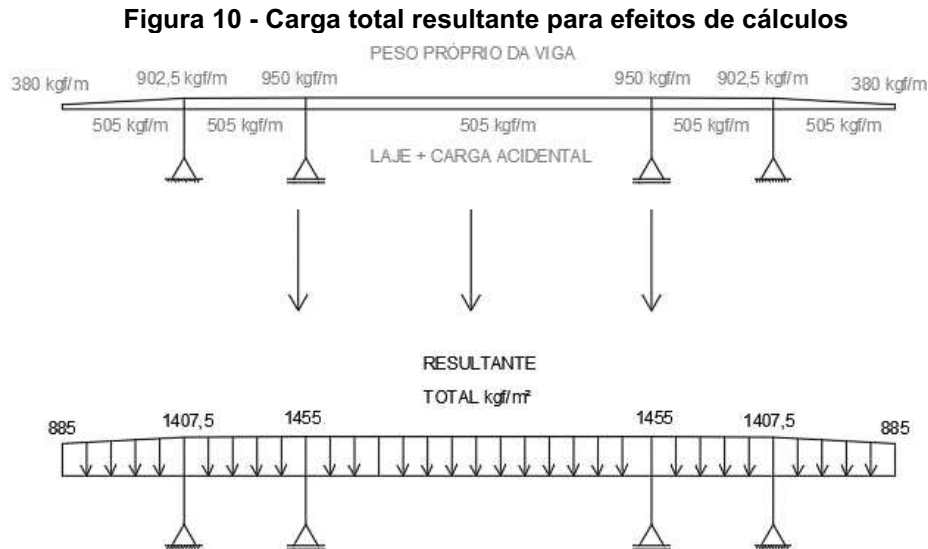
$$B = 0,19 \times 1,9 \times 2500 \text{ kg} = 902,5 \text{ kgf/m}$$

$$C = 0,19 \times 2,0 \times 2500 \text{ kg} = 950 \text{ kgf/m}$$

Fonte: A autora (2023)

4.1.2.2 Etapa 2 - Elaboração do esquema estrutural

A Figura 10 traz um esquema da carga total aplicada sobre a estrutura, em diagrama de forças.



Com base nas plantas, cortes, croquis e estudos realizados acerca da obra do Santa Paula late Clube, foram gerados diversos gráficos de momento fletor com auxílio do programa Ftool. O objetivo da análise desses gráficos é obter um melhor entendimento da estrutura, resultando na concepção plástica da Garagem de Barcos de Artigas. Para ter uma melhor compreensão dos esforços, as análises foram feitas com base no tamanho real da estrutura, com intenção de se obter valores dos esforços mais próximos possíveis da realidade da obra estudada.

Em uma análise inicial a cobertura foi feita com apoios fixos em x e em y nas extremidades, enquanto no centro foram adotados apoios livres no eixo x e fixos no eixo y, levando em conta os balanços laterais, os vãos entre pilares e um vão central correspondente à obra como um todo. As forças obtidas anteriormente em kgf/m^2 foram transformadas em kN/m^2 para uso no Ftool. Também foi posicionada uma força da direita para a esquerda do gráfico para simular o comportamento da estrutura quando submetida a uma carga horizontal, como pode-se observar na Figura 11.

4.1.2.3 Etapa 3 – Ações horizontais

Os resultados dos gráficos direcionaram a atenção para a influência ações horizontais, cujo esquema estrutural e diagrama de momento fletor relativos à primeira análise estão presentes nas Figuras 11 e 12, e os relativos à segunda análise, nas Figuras 13 e 14.

Figura 11 - Esquema estrutural da primeira análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 12 – Diagrama de momento Fletor relativo à primeira análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 13 - Esquema estrutural da segunda análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 14 - Diagrama de momento Fletor relativo à segunda análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

4.1.2.4 Etapa 4 – Sobreposição das ações horizontais

Observando as análises feitas acima, com ajuda do software Ftool, percebe-se que ao sobrepor a primeira e a segunda análise, é obtida uma configuração semelhante à da fachada da obra escolhida para análise, o que pode ter influenciado a escolha do arquiteto na adoção de pilares em formato de triângulo.

Figura 15 - Gráficos da primeira e segunda análise sobrepostos



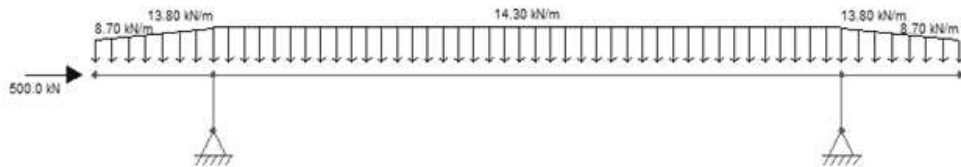
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

4.1.2.5 Etapa 5 - Cargas permanentes, variáveis e ações horizontais

Após a realização das análises referentes às ações horizontais, as forças relativas ao peso próprio da viga, cargas acidentais e a força horizontal foram incorporadas ao software, a fim de obter valores mais precisos e condizentes com a realidade. Inicialmente, a análise foi conduzida considerando a estrutura com apenas dois apoios simples (Figuras 16 e 18), visando estudar o comportamento do momento nessa configuração (Figuras 17 e 19). Em seguida, os apoios reais da estrutura foram

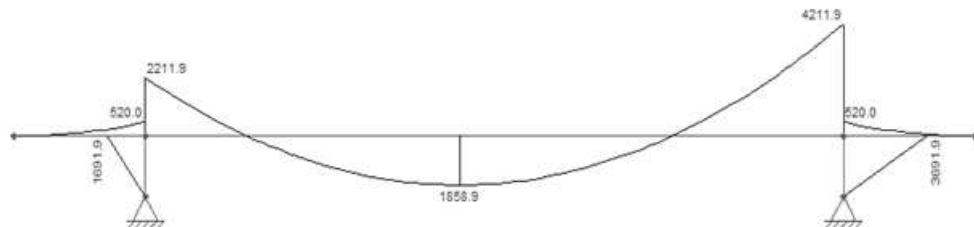
adicionados, a fim de analisar o comportamento estrutural da obra de acordo com a solução adotada pelo projetista, como demonstrado a seguir:

Figura 16 - Esquema estrutural da terceira análise – dois apoios



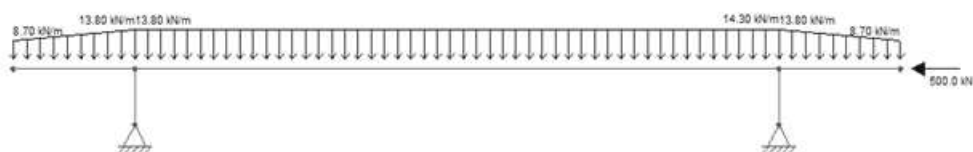
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 17 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise - dois apoios



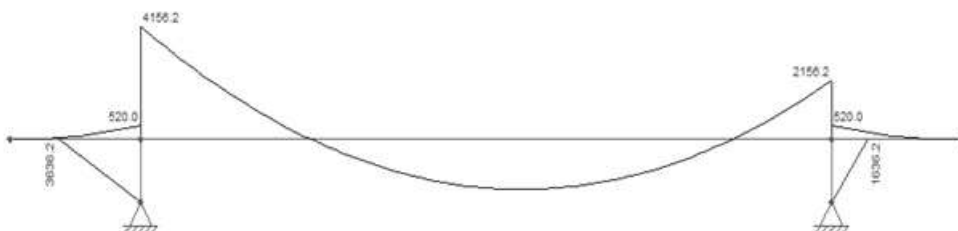
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 18 - Esquema estrutural da quarta análise – dois apoios



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 19 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise - dois apoios

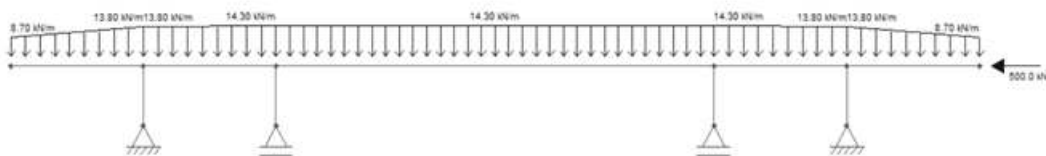


Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Ao analisar as forças em ambos os cenários, ou seja, tanto na terceira como na quarta análise considerando apenas dois apoios fixos, é evidente a manifestação do grande momento fletor no centro da viga. Tal observação ressalta a significativa disparidade que ocorre nessa região específica da estrutura, onde a magnitude do momento fletor se revela excessivamente maior em relação às demais partes da viga.

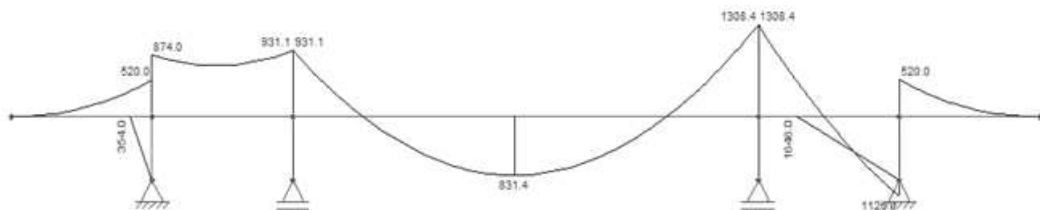
Após essa consideração, os efeitos da carga horizontal foram sobrepostos para a estrutura com quatro apoios.

Figura 20 - Esquema estrutural da terceira análise – quatro apoios



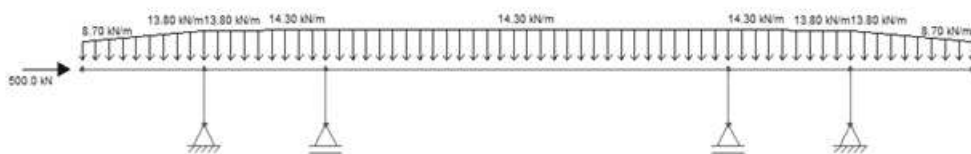
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 21 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise - quatro apoios



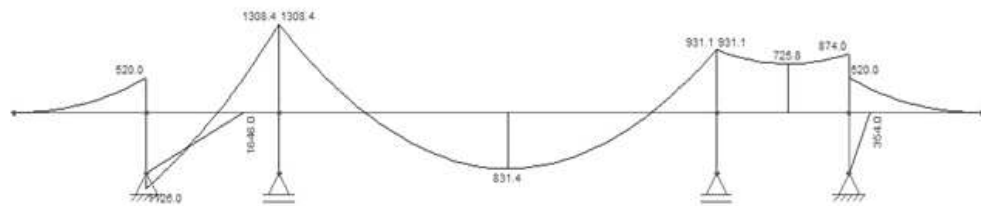
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 22 - Esquema estrutural da quarta análise – quatro apoios



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 23 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise - quatro apoios



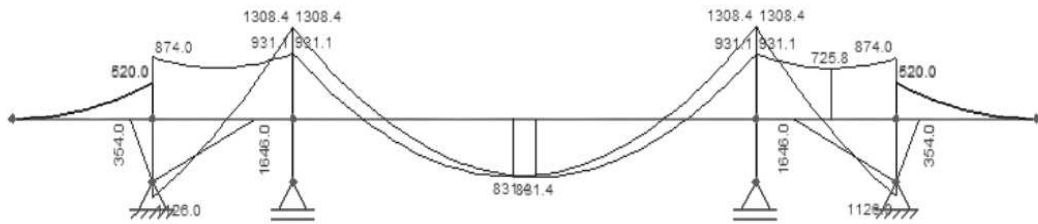
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Ao analisar os diagramas apresentados acima, é possível observar que nas análises em que foram considerados apenas dois apoios fixos, embora os momentos em torno dos apoios assumam uma forma triangular - o que pode justificar a escolha do formato dos pilares na estrutura - o momento fletor a ser suportado pela estrutura no vão central é excessivamente grande. Portanto, a utilização de quatro apoios também se faz necessária para superar a flecha do momento no ponto médio. A justificativa para o uso de pilares triangulares nos apoios fixos presentes na análise com os quatro apoios pode estar relacionada às ações horizontais, como evidenciado nas análises anteriores. Embora os apoios móveis não sejam significativamente afetados pela força horizontal, a utilização do mesmo formato para esses apoios pode ser fundamentada pela estética da construção.

4.1.2.6 Etapa 6 – Sobreposição das cargas permanente e ações horizontais

Sobrepondo os diagramas das Figuras 21 e 23, observa-se que as forças horizontais possuem um impacto expressivo nos gráficos de momento fletor da estrutura, mesmo quando estão presentes as demais forças atuantes verticalmente na estrutura. Isso é demonstrado nas imagens a seguir:

Figura 24 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

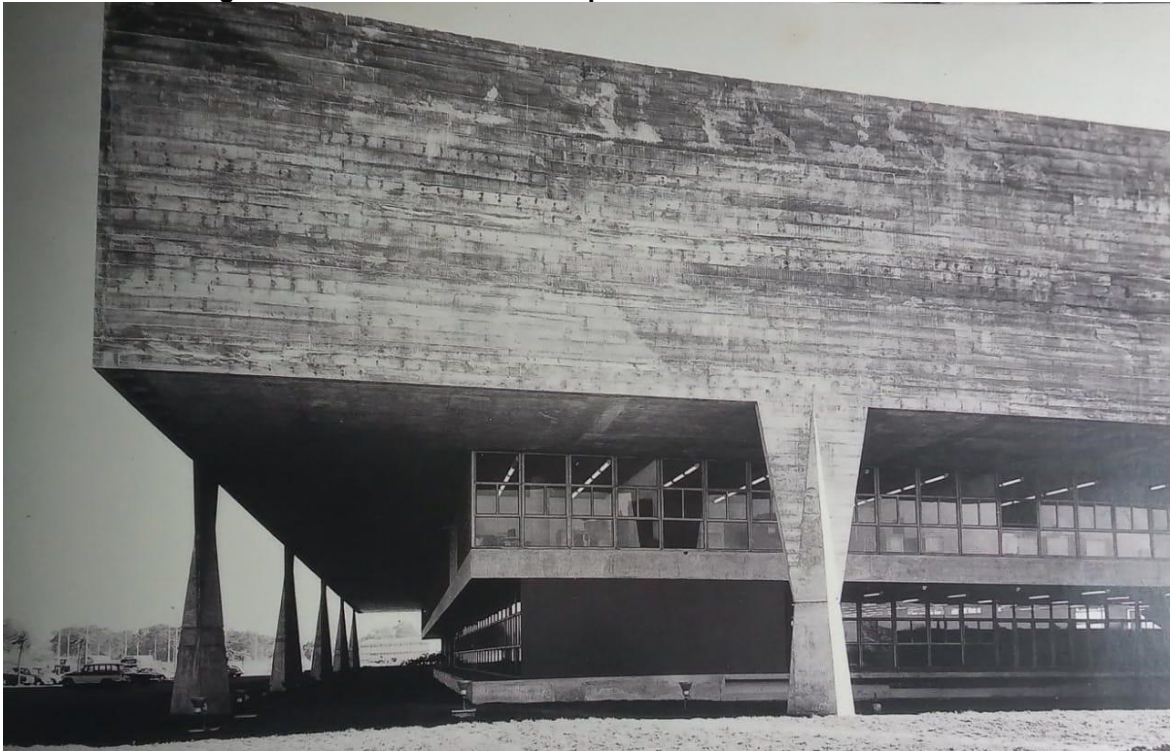
É perceptível uma discrepância nas flechas de momento entre as análises realizadas, ressaltando as diferenças quando da aplicação de forças horizontais opostas. Portanto, essas forças representam um impacto que pode comprometer significativamente a integridade estrutural da obra em questão, e colaboram para a escolha do desenho estrutural de modo a superar a ação dessas forças.

4.2 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP - FAUUSP

4.2.1 A concepção projetual

O projeto arquitetônico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) tem como premissa a busca pela continuidade espacial e a racionalidade construtiva. Os seis pavimentos do edifício são conectados por rampas suaves e espaçosas, criando desníveis que proporcionam a sensação de um único plano. Existe uma integração física contínua em todo o prédio, onde o espaço é aberto e as divisões e andares têm a função de complementá-lo, ao invés de segmentá-lo (INSTITUTO LINA BO E P. M. BARDI, 1997).

Figura 25 - Vista externa da empena lateral do edifício da FAU



Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

O edifício apresenta uma característica externa marcante, com um volume retangular em concreto aparente, suspenso do chão e suportado por pilares de aspecto escultural, conforme visto nas figuras 25 e 27. Os dois pavimentos localizados abaixo desse volume principal, ou seja, o térreo e o primeiro pavimento, estão recuados em relação aos pilares da fachada, formando um peristilo ao redor da construção. A vedação desses pavimentos é composta por caixilharia que se estende do piso ao teto, com exceção da parte frontal do prédio, onde não há portas ou fechamentos, criando um acesso amplo e convidativo, que integra harmoniosamente os espaços internos e externos (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

Figura 26 - Fachada do edifício da FAU



Fonte: Vitruvius (2016)

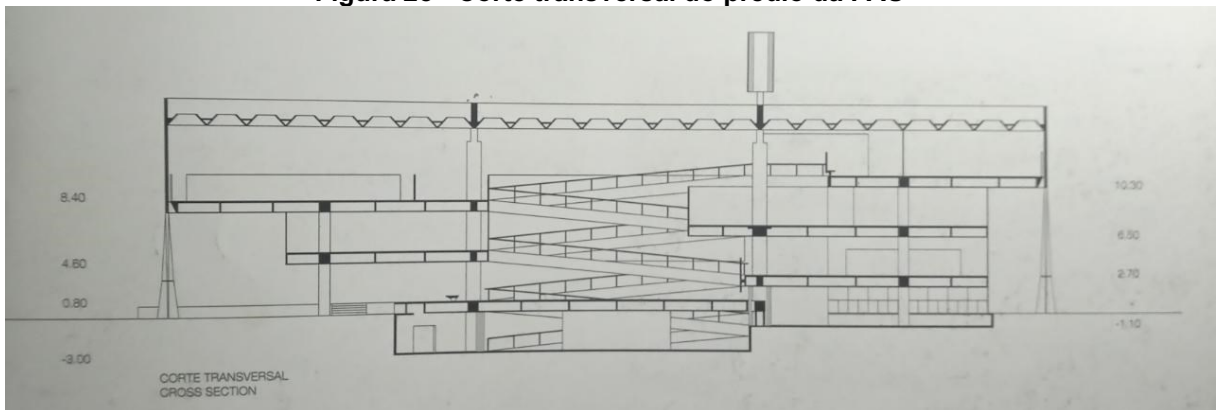
No interior, percebe-se a presença de dois volumes com quatro pavimentos cada, separados por um vazio central, além de uma diferença de meio nível entre os pavimentos dos lados opostos desse vazio. Para unificar esses volumes, uma cobertura com 960 domos é utilizada. Ao contrário da sobriedade e uniformidade da forma externa, a espacialidade interna é extremamente dinâmica, resultado do jogo de avanços e recuos das lajes sobre o vazio central, da alternância entre aberturas e fechamentos, e da amplidão dos espaços de circulação. Além disso, as aberturas na cobertura, fechadas apenas pelos domos, permitem a entrada de luz natural em quase todo o edifício, de acordo com as figuras 27 e 28 (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

Figura 27 - Vista interna do Salão Caramelo do prédio da FAU



Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

Figura 28 - Corte transversal do prédio da FAU

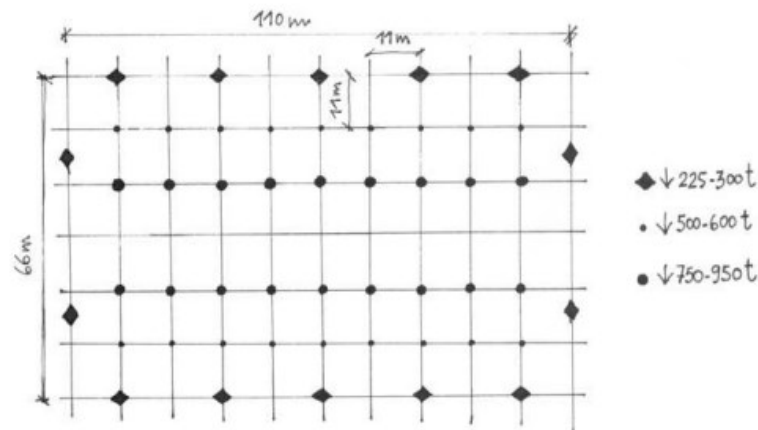


Fonte: Instituto Lina Bo e P.M Bardi (1997)

O uso do concreto armado foi adotado como técnica construtiva em quase todas as partes do edifício, desde as fundações até as vigas, pilares, cobertura e grande parte das vedações. A estrutura do prédio é hiperestática e as lajes, juntamente com as vigas, formam caixões perdidos. O edifício segue uma modulação de 11x11 metros, e a cobertura é sustentada por quatro vigas invertidas dispostas longitudinalmente, com uma separação de 22 metros entre elas. No sentido transversal, há vigas invertidas a cada 11 metros. A Figura 29 apresenta a planta de modulação, destacando a posição dos pilares. As linhas destacadas na figura indicam a localização das vigas que possuem a junta de dilatação (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020). Para Artigas, o uso do concreto no prédio da FAU não seria apenas

uma alternativa mais econômica, e sim corresponderia à necessidade do arquiteto de se expressar artisticamente (INSTITUTO LINA BO E P. M. BARDI, 1997).

Figura 29 - Modulação estrutural e posição dos pilares



Fonte: Contier (2015)

Existe um total de 14 pilares distribuídos no edifício, sendo 5 em cada fachada longitudinal, com um espaçamento de 22 metros entre eles e balanços de 11 metros nas extremidades. Em cada uma das fachadas transversais, há 2 pontos de apoio, com um espaçamento de 33 metros entre eles e balanços de 16,50 metros nas extremidades. Os pilares externos possuem um design oblíquo e seção variável, e eles sustentam um grande volume de concreto que abriga, internamente, os estúdios de um lado e as salas de aula do outro (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

Os pilares são compostos por duas pirâmides que se encaixam nas extremidades, onde a base não converge para o mesmo ponto que a parte superior. Os vetores dos dois elementos se cruzam no meio do caminho, resultando em uma composição dinâmica. Essa configuração dá a sensação de que a pirâmide superior representa toda a carga do edifício, enquanto a pirâmide inferior simboliza a força de reação proveniente da fundação (PASQUA, 2017).

Uma característica marcante na arquitetura do edifício em análise são as imponentes empenas de concreto aparente nas fachadas. Essas empenas proporcionam a sensação de um grande paralelepípedo de concreto cru suspenso pelos pilares esculturais mencionados anteriormente. Essa abordagem demonstra como o arquiteto Vilanova Artigas explorou os principais conceitos de sua visão arquitetônica, em busca de beleza nas técnicas construtivas e nos sistemas

estruturais puros, como coberturas, balanços, grandes vãos e articulações estruturais (CONTIER, 2013).

As empenas presentes no prédio da FAU-USP são nada mais que grandes vigas-parede, com dimensões significativas. A parede frontal e a parede lateral possuem uma altura de 8,15 metros. A parede frontal se estende por 110 metros de comprimento e possui 5 pontos de apoio, com vãos de 22 metros e balanços de 11 metros para cada lado. As paredes laterais têm um comprimento de 66 metros e contam com 2 pontos de apoio, apresentando vãos de 33 metros e balanços de 16,5 metros. A parede posterior possui uma altura de 7,25 metros e segue as mesmas dimensões e pontos de apoio da parede frontal, estendendo-se por 110 metros (INOJOSA; BUZAR; PASQUA, 2020).

4.2.2 Estudo dos diagramas de momento fletor

4.3.2.1 Etapa 1 - Levantamento das cargas

Para fins de cálculo, nesta obra também foi adotada a largura da viga como sendo 0,19 m e a da altura da laje como 0,10 m. Como o acesso aos projetos estruturais não foi possível, a escolha foi baseada em outra obra de Artigas que possui a mesma largura de vigas, e está em conformidade com a norma NBR 6118, que estabelece a largura mínima adequada para vigas de concreto.

Também para este estudo foram considerados os valores referentes a norma NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

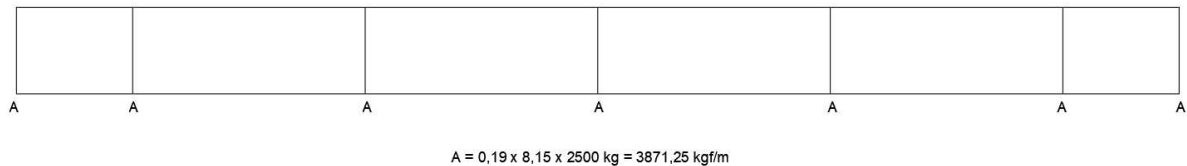
Tabela 2 - Cargas relativas à FAUUSP

Incidência	Força
Laje	250 kgf/m ²
Carga Acidental	255 kgf/m ²
Peso Total	505 kgf/m ²

Fonte: NBR 6120 (2019)

A largura da faixa de influência da laje adotada para esse caso também foi de 1,0 m. Para o cálculo do peso próprio da viga, utilizou-se o esquema mostrado na Figura 30.

Figura 30 - Cálculo do Peso Próprio da Viga Transversal

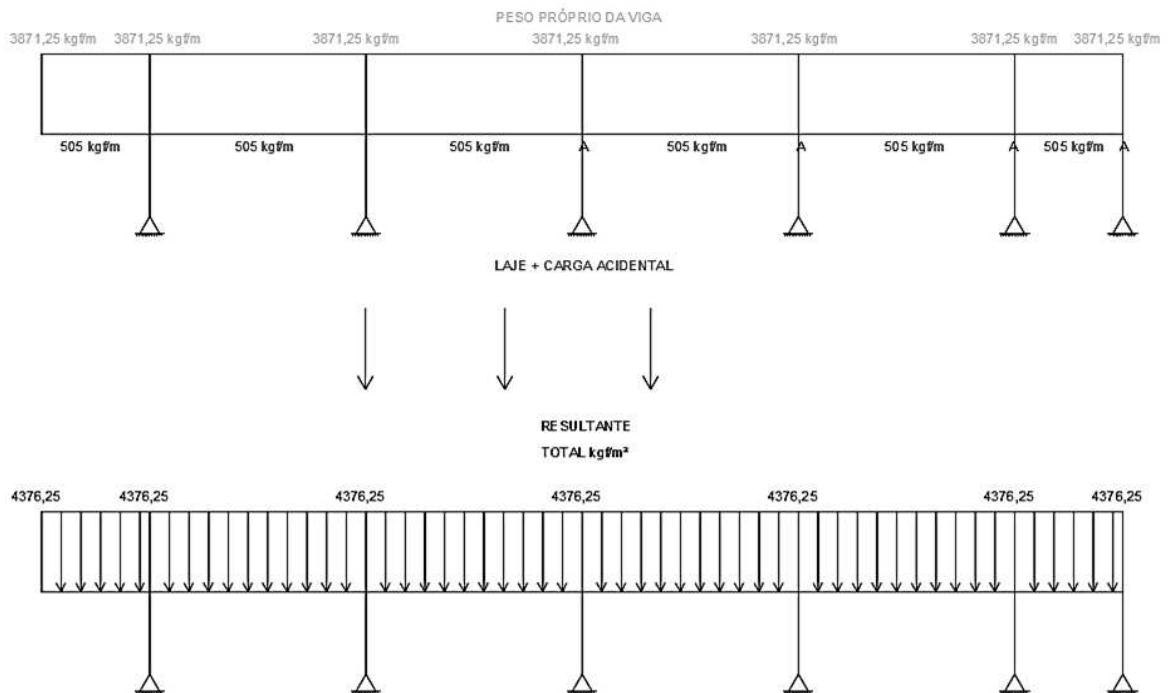


Fonte: Desenho da autora (2023)

4.3.2.2 Etapa 2 – Elaboração do esquema estrutural

A Figura 31 mostra um esquema da carga total aplicada sobre a estrutura.

Figura 31 - Carga total resultante para efeitos de cálculo



Fonte: Desenho da autora (2023)

A partir da análise das plantas, cortes, croquis e estudos realizados sobre a obra da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, diversos gráficos de momento fletor foram elaborados com auxílio do Ftool. Essa análise também objetiva entender melhor a estrutura e contribuir para a concepção estética da FAUUSP. Para obter uma

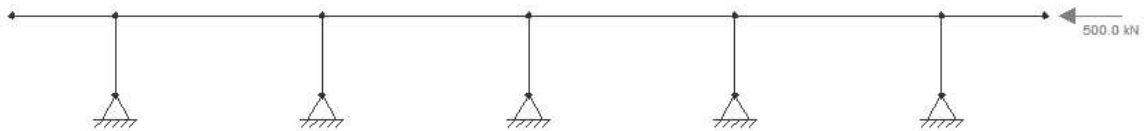
compreensão mais precisa dos esforços, as análises foram realizadas considerando as dimensões reais da estrutura, visando obter valores de esforços o mais próximo possível da realidade da obra em questão, assim como na obra estudada anteriormente.

A fachada estudada possui uma grande viga-parede que possui cinco apoios, fixos nos eixos x e y. As forças previamente obtidas em kgf/m^2 foram convertidas para kN/m^2 para serem aplicadas no Ftool.

4.3.2.3 Etapa 3 – Ações horizontais

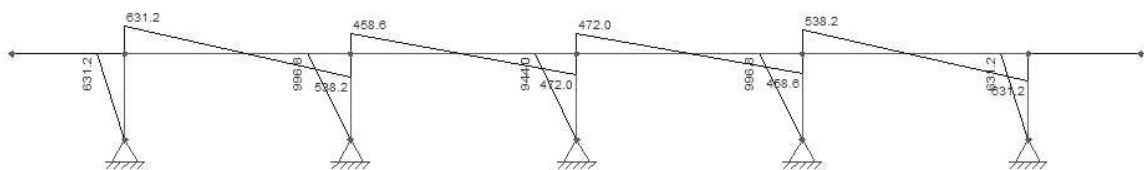
Uma força foi posicionada da direita para a esquerda nos gráficos para simular o comportamento estrutural sob a ação de uma carga horizontal (Figuras 32 e 34), cujos diagramas obtidos podem ser observados nas Figuras 33 e 35 a seguir:

Figura 32 - Esquema estrutural da primeira análise



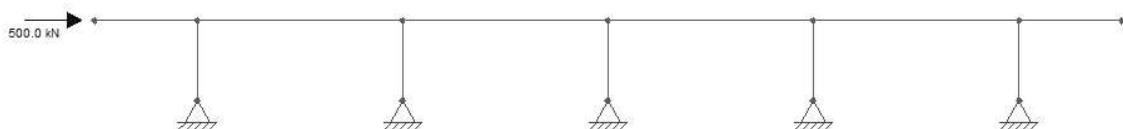
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 33 - Diagrama de momento fletor relativo à primeira análise



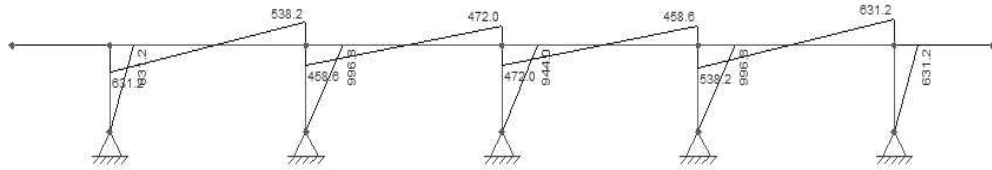
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 34 - Esquema estrutural da segunda análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 35 - Diagrama de momento fletor relativo à segunda análise



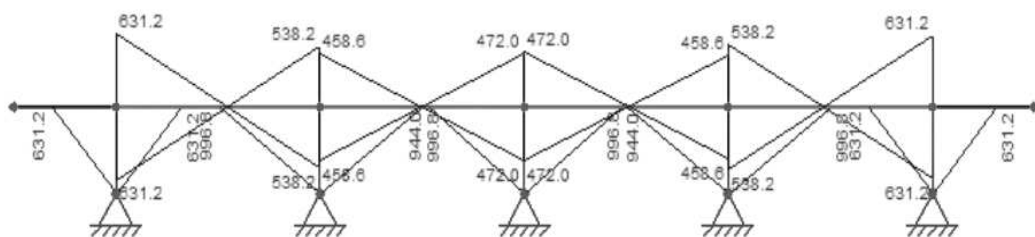
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Analisando os gráficos gerados acima, nota-se que, do mesmo modo que na obra da Garagem de Barcos, os gráficos de momento fletor gerados movem-se no sentido da ação estipulada.

4.3.2.4 Etapa 4 – Sobreposição das ações horizontais

Ao sobrepor as duas análises de momento fletor (Figura 36), observa-se que os gráficos adquirem nos pontos de apoio o formato triangular, considerando que a solução estrutural adotada para os pilares é de duas pirâmides que se encaixam pelas pontas, pode-se justificar essa escolha não somente por fatores estéticos, mas também estruturais.

Figura 36 - Diagramas da primeira e segunda análise sobrepostos

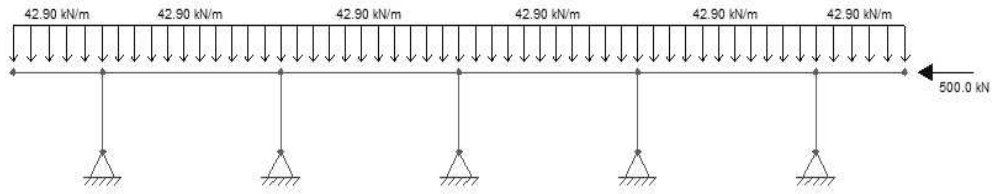


Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

4.3.2.5 Etapa 5 – Cargas permanentes e ações horizontais

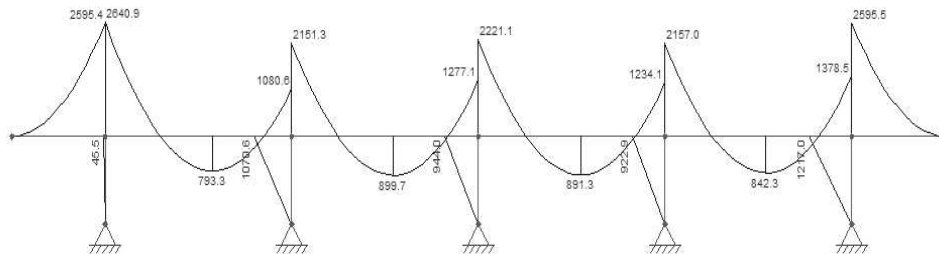
Seguindo as análises para essa obra, as forças relativas ao peso próprio da viga, cargas acidentais e a força horizontal foram adicionadas ao programa.

Figura 37 - Esquema estrutural da terceira análise



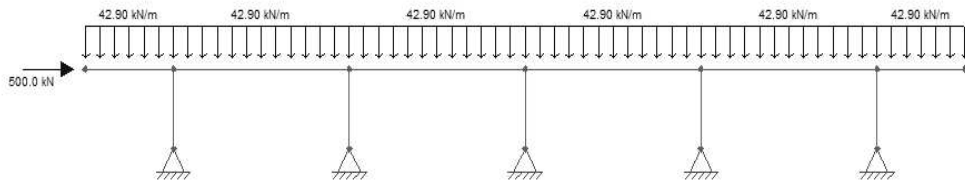
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 38 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise



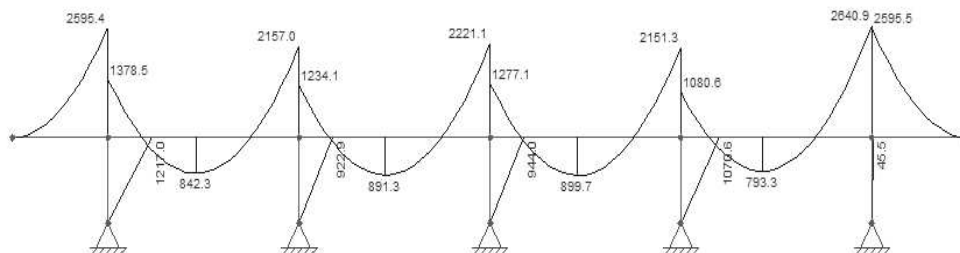
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 39 - Esquema estrutural da quarta análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 40 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise



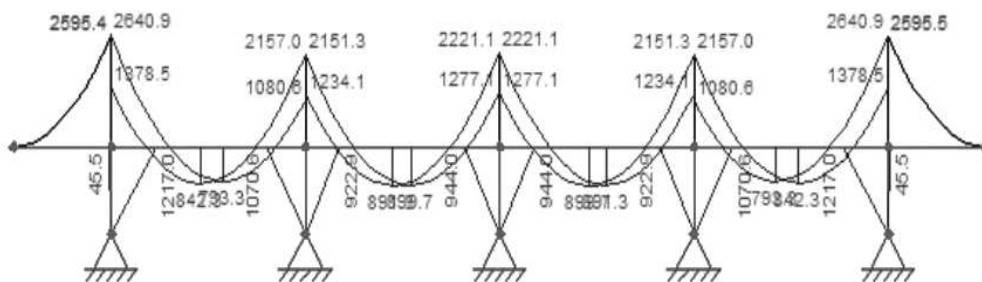
Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Ao analisar os gráficos que representam as forças combinadas, é possível observar que o momento sobre os pilares produz um formato triangular, que é mais pronunciado nos pilares das extremidades, mas também está presente nos pilares centrais.

4.3.2.6 Etapa 6 – Sobreposição das cargas permanente e ações horizontais

Ao sobrepor os diagramas das Figuras 38 e 40, o diagrama resultante apresenta a seguinte configuração:

Figura 41 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

É perceptível que os pilares centrais adotaram a forma de um triângulo isósceles, enquanto os pilares nas extremidades assumiram a configuração de um triângulo retângulo. A escolha do formato para os pilares na estrutura portanto pode ter sido inspirada tanto da distribuição das forças atuantes como de considerações estéticas, como pode se observar nas imagens relativas à obra (Figuras 25 e 26). A geometria das pirâmides proporciona uma resposta estrutural eficiente diante das cargas aplicadas, ao mesmo tempo em que confere um apelo estético à composição arquitetônica.

4.3 Ginásio de Itanhaém

4.3.1 A concepção projetual

O Ginásio de Itanhaém foi concebido e projetado nos anos 1960/61. Representando uma inovação, foi o primeiro ginásio a abandonar o tradicional sistema de galpão para adotar o sistema de recreio coberto. Sua abordagem consistiu em direcionar o pátio coberto para, posteriormente, transformá-lo em uma área destinada a festas e prática de basquete. Esse ginásio introduziu uma forma de distribuir o espaço sob uma cobertura por meio de três blocos distintos: salas de aula, administração e sanitários. A interação entre esses três elementos deu origem aos espaços abertos presentes na edificação (ACROPOLE, 1970).

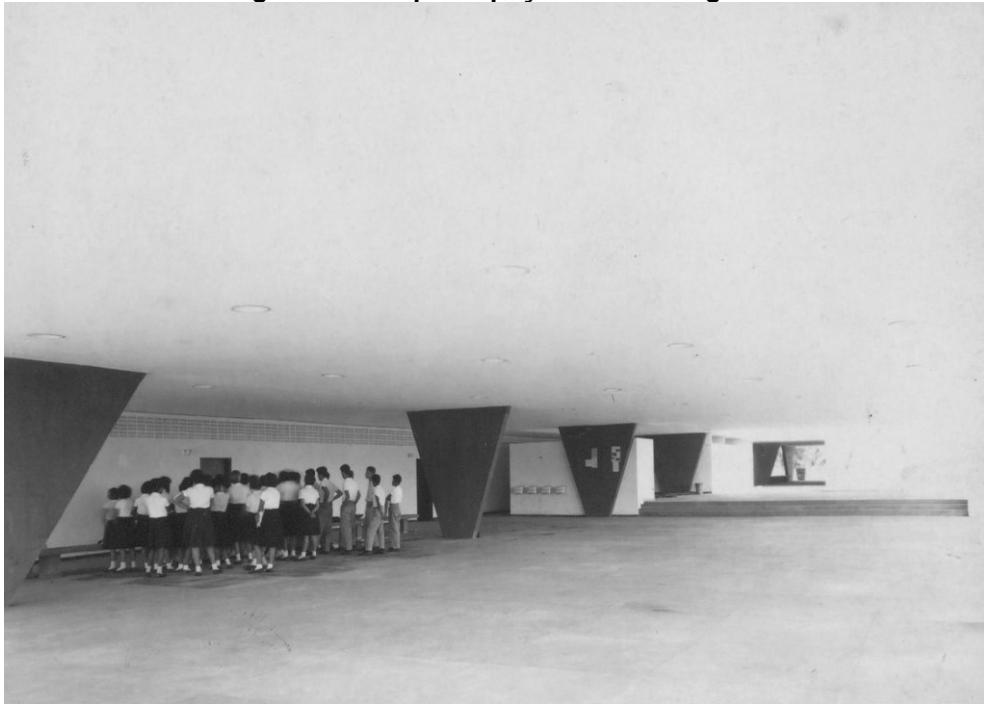
Figura 42 - Ginásio de Itanhaém



Fonte: ArquivoArq (2023)

A escola de Itanhaém possui sete salas de aula e equipamentos de apoio. A disposição das salas de aula em uma fileira contínua, voltada para o sudeste, determina o comprimento do edifício, que tem aproximadamente 67 metros. A cobertura, estruturada em dois vãos transversais com uma distância de 11 metros entre os eixos de apoio, abrange uma área além da largura das salas de aula, resultando em um amplo espaço coberto. Os pilares possuem um desenho triangular que ajuda a suportar balanços, resultando em uma largura total de cerca de 27,5 metros e proporcionando sombreamento nas fachadas longitudinais (ZEIN, 2005).

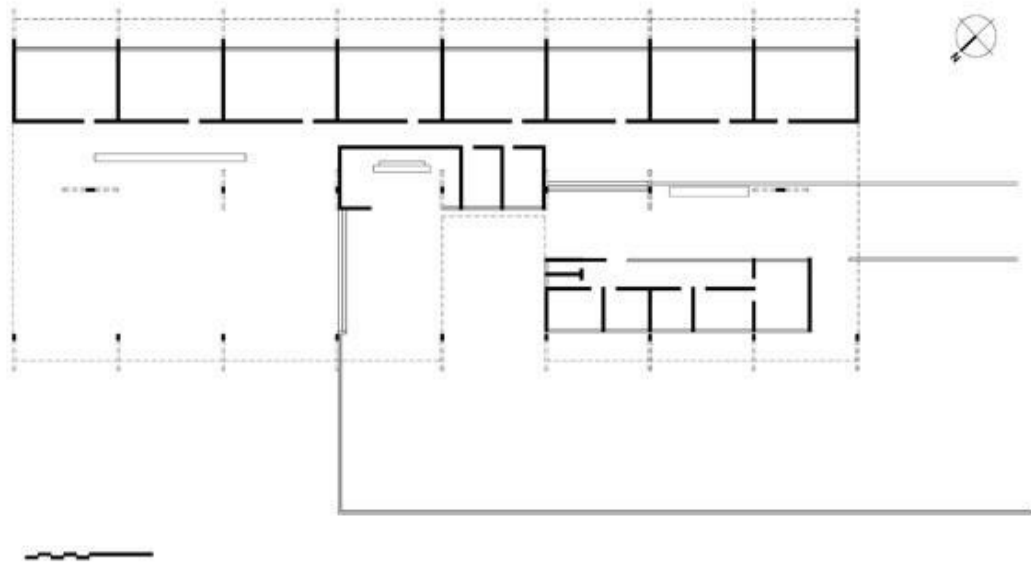
Figura 43 - Amplo espaço coberto do ginásio



Fonte: ArquivoArq (2023)

As salas de aula possuem fechamentos independentes da cobertura. Além disso, existem dois blocos adicionais, também com estrutura independente em paredes de alvenaria, que abrigam uma cantina e sanitários, ocupando cerca de um terço da área coberta destinada ao pátio de recreação. Um recorte na cobertura permite a entrada de luz nos sanitários e cria um jardim. O terço sul da cobertura abriga o bloco administrativo, localizado em oposição às salas de aula, e o espaço entre ambos configura o pátio de acesso vestibular (ZEIN, 2005).

Figura 44 - Planta baixa do ginásio



Fonte: Arquitetura Brutalista ([s.d.]

A estrutura, apesar de aparentemente simples, utiliza recursos altamente sofisticados: o eixo central de pilares conta com sete apoios, em vez dos nove presentes nos eixos laterais, permitindo que os dois pórticos finais abranjam todo o vão de aproximadamente 22,5 metros. Para equilibrar essa diferença, o pilar do eixo central, que normalmente possui o lado mais longo na direção transversal, é posicionado perpendicularmente à fachada menor nos penúltimos eixos de cada extremidade, deslocando-se cerca de 2 metros em direção às fachadas menores. Essa configuração compensa o balanço e o maior vão final, ao mesmo tempo em que ajuda a "esconder" visualmente o pilar, tornando-o quase imperceptível. Assim, o pórtico não é tratado como uma solução padronizada e repetitiva, mas leva em consideração a necessidade compositiva de finalizar as extremidades do edifício de maneira extremamente habilidosa (ZEIN, 2005).

4.3.2 Estudos dos diagramas de momento fletor

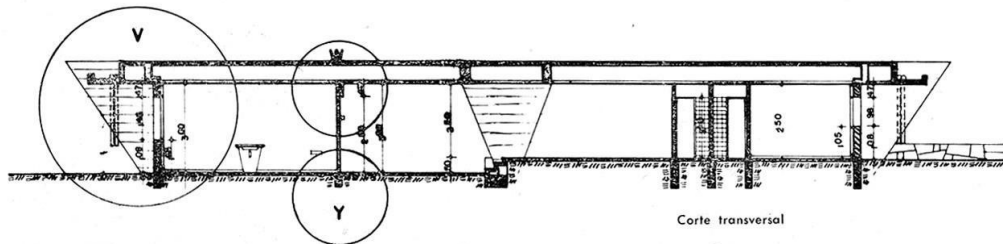
4.3.2.1 Etapa 1 - Levantamento das cargas

Nesta obra também a largura da viga é de 0,19 m, a qual foi obtida através de um corte transversal da estrutura (Figura 45), e a altura da laje foi adotada como

0,10m. A altura da viga está em conformidade com a norma NBR 6118, que estabelece a largura mínima adequada para vigas de concreto.

Também para este estudo foram considerados os valores referentes a norma NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

Figura 45 - Corte transversal do Ginásio de Itanhaém



Fonte: Arquivo Arq (2023)

Tabela 3 - Cargas relativas ao Ginásio de Itanhaém

<u>Incidência</u>	<u>Força</u>
Laje	250 kgf/m ²
Carga Acidental	255 kgf/m ²
Peso Total	505 kgf/m ²

Fonte: NBR 6120 (2019)

Para análise do Ginásio de Itanhaém, também foi utilizada a largura de 1,0 metro para a faixa de influência da laje.

Figura 46 - Cálculo do peso próprio da viga transversal

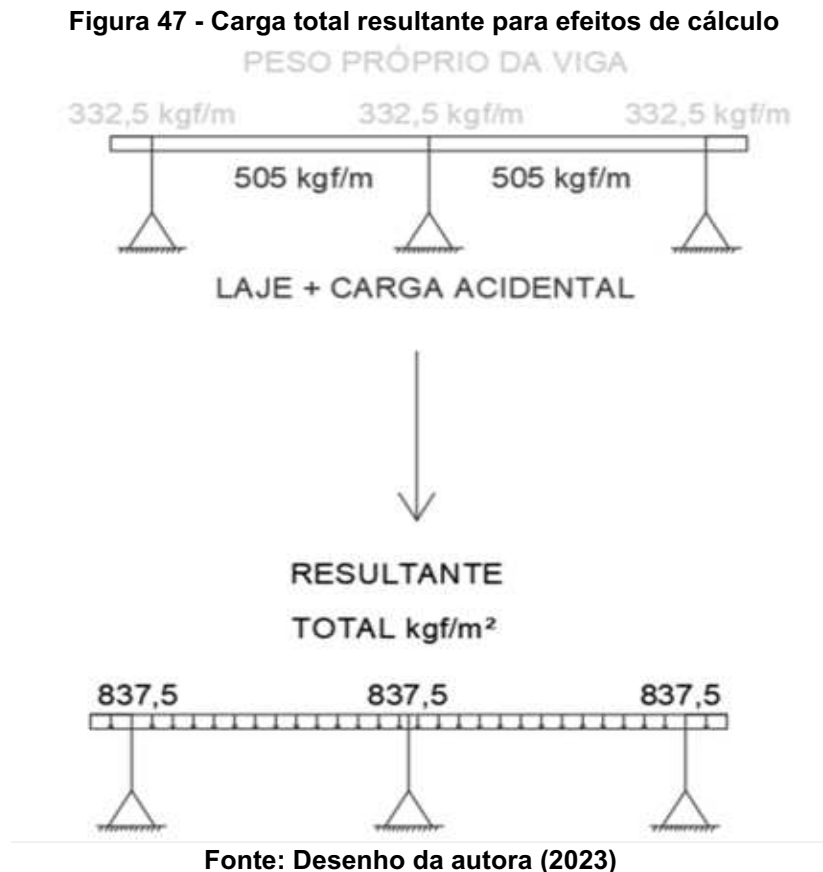


$$A = 0,19 \times 0,7 \times 2500 \text{ kg} = 332,5 \text{ kgf/m}$$

Fonte: Desenho da autora (2023)

4.3.2.2 Etapa 2 – Elaboração do esquema estrutural

A Figura 47 mostra o diagrama da carga total aplicada na estrutura analisada.



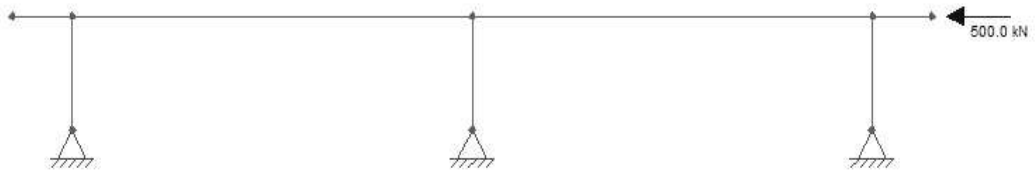
A partir da investigação das plantas, cortes, croquis e estudos realizados sobre o Ginásio de Itanhaém, diferentes gráficos de momento fletor foram criados com auxílio do Ftool. O estudo dos gráficos também tem o propósito de melhor compreender a estrutura e observar a contribuição estética dos mesmos para com a obra. Para se obter uma compreensão mais precisa dos esforços, as análises foram conduzidas levando em consideração as dimensões reais da estrutura, com o intuito de obter valores de esforços que se aproximem aos dos valores reais da obra em estudo, assim como nas demais obras já analisadas.

A fachada estudada possui três apoios, fixos nos eixos x e y. As forças previamente obtidas em kgf/m² foram convertidas para kN/m² para serem aplicadas no Ftool. Também foi posicionada uma força da direita para a esquerda nos gráficos

para simular o comportamento estrutural sob uma ação horizontal, como ilustrado na Figura 48.

4.3.2.3 Etapa 3 – Ações horizontais

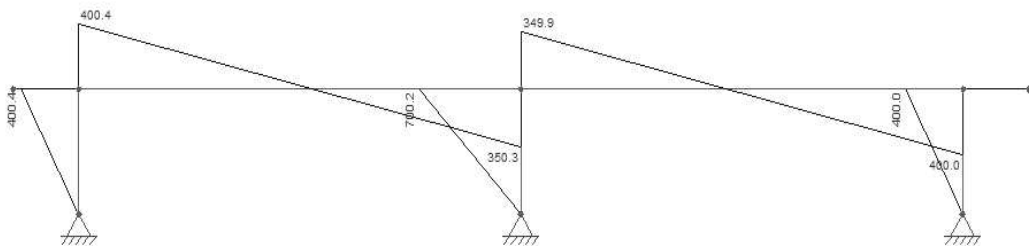
Figura 48 - Esquema estrutural da primeira análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Neste primeiro momento, a força de 500 kN foi inserida na direção horizontal, especificamente no sentido esquerdo do diagrama. Essa escolha foi feita com o objetivo de analisar a influência de uma ação horizontal nessa direção nos três pontos de apoio da estrutura.

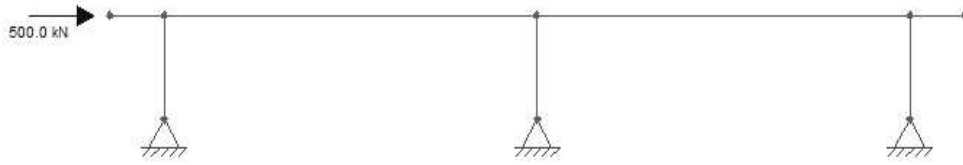
Figura 49 - Diagrama de momento fletor relativo à primeira análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

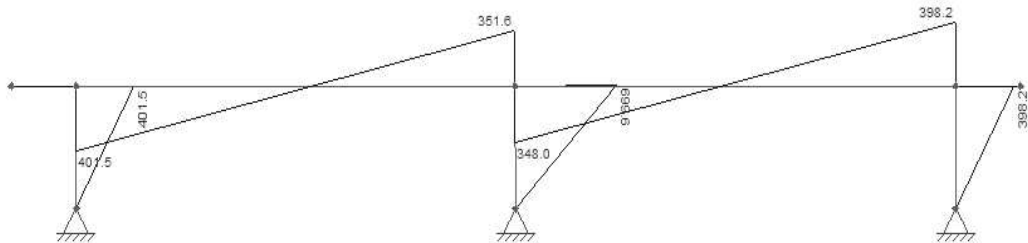
Repetiu-se o processo a fim de obter a segunda análise, com a força horizontal orientada no sentido contrário.

Figura 50 - Esquema estrutural da segunda análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 51 - Diagrama de momento fletor relativo à segunda análise

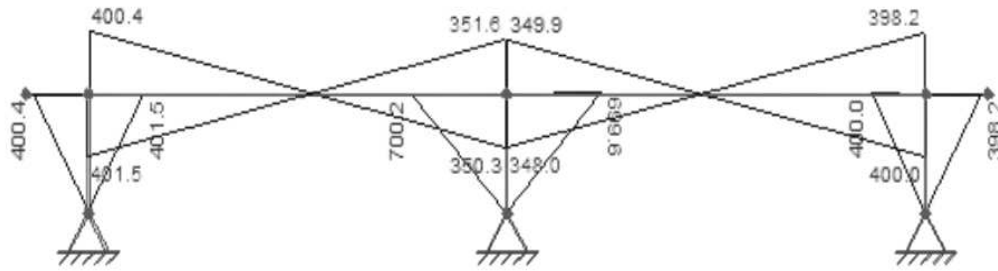


Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Analisando os gráficos gerados acima, pode-se observar que, de semelhante modo que as obras estudadas anteriormente, os gráficos de momento fletor obtidos se movem no sentido da ação estipulada para a carga horizontal. Sobrepondo as duas análises, obtêm-se pontos de apoio com formato de triângulo, considerando que a solução estrutural adotada para os pilares é de dois triângulos retângulos e um triângulo isósceles, justifica-se a escolha do formato dos pilares também por conta dos efeitos das ações horizontais sobre eles.

4.3.2.4 Etapa 4 – Sobreposição das ações horizontais

Figura 52 - Diagramas da primeira e segunda análise sobrepostos

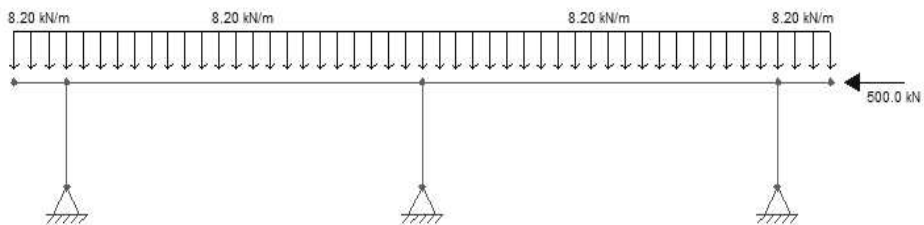


Fonte: FTOOL, elaborado pela autora (2023)

4.3.2.5 Etapa 5 – Cargas permanentes e ações horizontais

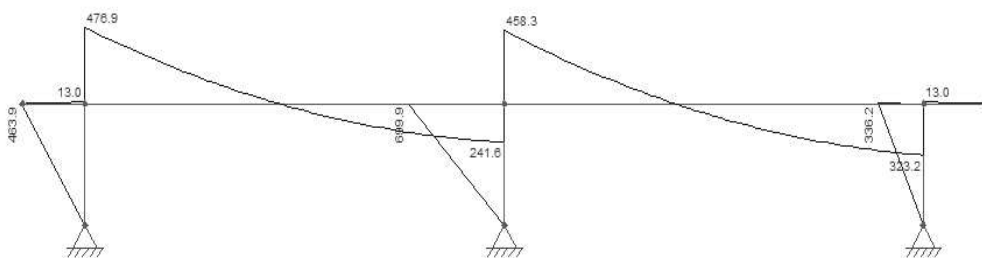
Após as análises iniciais dessa obra, as forças relativas ao peso próprio da viga, cargas acidentais e a força horizontal foram inseridas também ao programa. As forças, obtidas anteriormente em kgf/m^2 , foram devidamente convertidas para utilização no software.

Figura 53 - Esquema estrutural da terceira análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 54 - Diagrama de momento fletor relativo à terceira análise

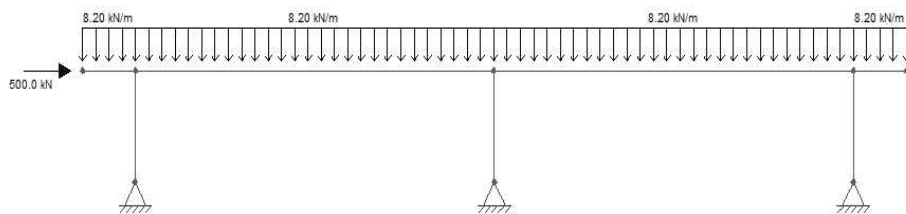


Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Na primeira análise, além da força horizontal atuando no sentido esquerdo, também foram consideradas as forças verticais atuantes, que foram devidamente inseridas no gráfico. Essas forças verticais são essenciais para compreender a resposta estrutural da obra em questão e sua interação com uma possível força horizontal. Dessa forma, a análise abrange tanto os esforços horizontais quanto verticais das forças atuantes na estrutura.

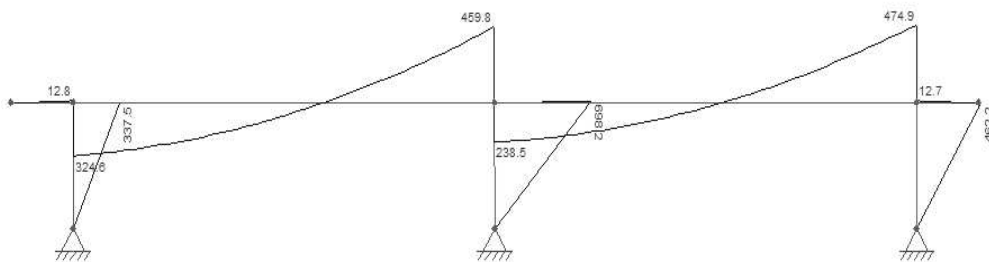
Na quarta análise, apenas o sentido da força horizontal foi alterado, permanecendo as forças verticais as mesmas da análise anterior.

Figura 55 - Esquema estrutural da quarta análise



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

Figura 56 - Diagrama de momento fletor relativo à quarta análise

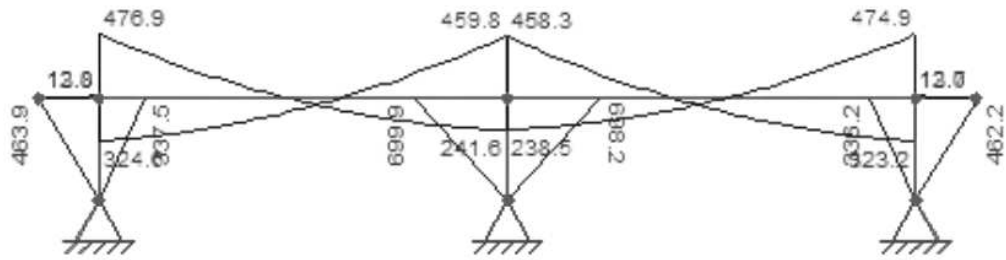


Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

4.3.2.6 Etapa 6 – Sobreposição das cargas permanente e ações horizontais

Analisando os gráficos obtidos referente à combinação de forças adotada (Figuras 54 e 56), observa-se que o momento fletor atuante nos apoios adquire o formato da solução estrutural real adotada para o pilar da obra em questão.

Figura 57 - Diagrama de momento fletor de terceira e quarta análise sobrepostos



Fonte: A autora. Programa Ftool (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as informações apresentadas, fica evidente a interdependência entre estrutura e arquitetura, em que uma não pode existir sem a outra. A estrutura desempenha o papel de esqueleto que sustenta e preserva a forma arquitetônica. Segundo Billington (1983), a arte estrutural ocorre quando o projetista consegue harmonizar eficiência, economia e elegância em uma obra, ou seja, quando a estrutura é considerada na definição da forma.

Com base nesse contexto, foram conduzidos estudos e análises nas obras do arquiteto Vilanova Artigas, como a Garagem de Barcos Santa Paula late Clube, a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP e o Ginásio de Itanhaém. Através da geração de gráficos computacionais, constatou-se que o arquiteto, com seus conhecimentos em engenharia e arquitetura, explorava a arte estrutural em suas obras, seguindo os preceitos do modernismo brasileiro que valorizava a integração entre estrutura e forma arquitetônica, resultando em uma plasticidade arquitetônica marcante.

A realização desse trabalho também permitiu aprofundar conhecimentos em termos de leitura de projeto, uma vez que foi necessário o estudo de desenhos e representações técnicas das obras selecionadas. Em termos de pesquisa, a necessidade de leituras e da busca por acervo, inerente aos trabalhos acadêmicos, permitiu aliar o conhecimento técnico, característico da engenharia, à criatividade na criação de formas construídas que respondam tanto aos aspectos de firmatas quanto de venustas, característico da arquitetura. Portanto, este trabalho mostrou-se válido no que se refere, também, à criação de repertório.

Embora os valores utilizados para os carregamentos aqui estudados não sejam exatos e perfeitamente condizentes com os aplicados nos cálculos estruturais utilizados pelo projetista, pode-se dizer que o objetivo da pesquisa foi atingido. Isso porque a intenção era a de, justamente, investigar possíveis relações que possam ter sido adotadas para conceber a forma das edificações, partindo do princípio da dupla formação de Artigas.

Portanto, com base nos conhecimentos adquiridos nessa pesquisa, conclui-se que as obras de Vilanova Artigas incorporam a arte estrutural, em que a estrutura dos projetos define a forma arquitetônica. Comprovou-se que a forma arquitetônica das obras analisadas pode ter sido um resultado direto do comportamento estrutural ao

qual a estrutura foi submetida, e o arquiteto reflete esse conhecimento na forma final adotada.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. Ponte de Chazelet. **As pontes da minha vida**, 2013. Disponível em: <https://pontesvida.wordpress.com/2013/11/19/53-ponte-de-chazelet/>. Acesso em 21 jun. 2023.
- ALLEN, E. IANO, J. **Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- ALPISTE, Fernanda Dias. **Elementos de herança**: a influência da matriz iniciada por Vilanova Artigas na arquitetura contemporânea paulista. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC). **Steel Construction Manual**. 4. ed. American Institute of Steel Construction, 2011. Disponível em: http://www.16streets.com/MacLaren/Misc/Launch%20Complex%2039-B%20Construction%20Photos%20-%20Space%20Shuttle/Photos/AISC_Steel_construction_manual_fourteenth_edition.pdf. Acesso em: 07 jun. 2023.
- ARSENIC, N. LONGO, O. C. BORGES, M. M. O ensino e a aprendizagem da disciplina Projeto no curso de Arquitetura e Urbanismo. **CES revista**, Juiz de Fora, v.25, p. 49-64, 2011. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/cesRevista/article/viewFile/639/500>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- BANHAM, R. **Teoria e projeto na primeira era da máquina**. Tradução de Ana Maria Goldberger Coelho. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2006.
- BARRATO, R. MASP de Lina Bo Bardi completa 50 anos. **ArchDaily**, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/905090/masp-de-lina-bo-bardi-completa-50-anos>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- BARRINGTON, B. F. **Architecture: The Making of Metaphors**. New Castle: Cambridge Scholars Publishing, 2012.
- BILLINGTON, D. P. **The Tower and the Bridge**: The New Art of Structural Engineering. Princeton, Universidade de Princeton, 1983.

BOTELHO, M. H. C. MARCHETTI, O. **Concreto Armado: Eu te amo**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BRUAND, Y. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. Tradução de Ana Maria Goldberger Coelho. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

CAVALALARI, D. Sobre escolas que contam estórias. **Vitruvius**, 2014. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/drops/15.084/5284>. Acesso em: 22 jun. 2023.

CHARLESON, Andrew W. **Estrutura aparente: um elemento de composição em arquitetura**. Tradução de Alexandre Salvaterra. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CHOPRA, A. **Dinâmica de estruturas**. 4. ed. Ciudad del México: Pearson, 2014.

CLARK, R. PAUSE, M. **Precedents in Architecture: Analytic Diagrams, Formative Ideas, and Partis**. New Jersey: Wiley, 2005.

COELHO, Y. Mestres da Arquitetura: Vilanova Artigas, o arquiteto modernista. **Casacor**, 2021. Disponível em: <https://casacor.abril.com.br/especiais/vilanova-artigas/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

CONTIER, F. A. **O edifício da faculdade de arquitetura e urbanismo na cidade universitária: projeto e construção da escola de Vilanova Artigas**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Área de Concentração em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

COSTA, L. **Registro de uma vivência**. 2. ed. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

COSTA, L. **Sobre a arquitetura**. 2. ed. Porto Alegre: UniRitter, 2007.

CURTIS, W. J. R. **Arquitetura Moderna desde 1900**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DANTO, A. **A transfiguração do lugar-comum**. Tradução de Vera Pereira. São Paulo: Cosac & Naify, 2005.

FAZIO, M; MOFFETT, M; WODEHOUSE, L. **A História da Arquitetura Mundial**. Porto Alegre: AMGH, 2011..

FORTY, A. **Concrete and Culture: A Material History**. London: Reaktion Press, 2012.

FRACALOSSO, I. Clássicos da Arquitetura: Santa Paula Iate Clube / Vilanova Artigas. **ArchDaily**, 2015. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/01-142684/classicos-da-arquitetura-santa-paula-iate-clube-slash-vilanova-artigas?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. Acesso em: 22 jun. 2023.

FRAMPTON, K. **Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture**. Cambridge: MIT Press, 2001.

FRAMPTON, K. **História crítica da arquitetura moderna**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

GIANNECCHINI, A. C. **Técnica e estética no concreto armado**: um estudo sobre os edifícios do MASP e da FAUUSP. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GIEDION, S. **Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition**. 5. ed. Cambridge: Harvard University Press, 2009.

GINÁSIO de Itanhaém. **Acrópole**, São Paulo, ano 32, n. 377, p. 18 - 19, setembro, 1970. Disponível em: <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/377/18>. Acesso em: 23 jun. 2023.

GINÁSIO de Itanhaém. **Arquitetura Brutalista**, [s. d.]. Disponível em: <http://www.arquiteturabrutalista.com.br/fichas-tecnicas/DW%201960-42/1960-42-fichatecnica.htm>. Acesso em: 23 jun. 2023.

GINÁSIO de Itanhaém. **ArquivoArq**, c2023. Disponível em: <https://arquivo.arq.br/projetos/ginasio-de-itanhem>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GOLDHAGEN, S. W. **Welcome to Your World: How the Built Environment Shapes Our Lives**. 1ed. New York: HarperCollins, 2019.

GOMES, R. A. BARROSO, B. **Princípios de Vitruvius e arquitetura nos jogos digitais**. In Conferência Avança | Cinema, Portugal, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rogério-Gomes-2/publication/328829371_Principios_de_Vitruvio_e_arquitetura_nos_jogos_digitais/links/5c8b7eb692851c1df941dac2/Principios-de-Vitruvio-e-arquitetura-nos-jogos-digitais.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

HEINICH, N. **The Glory of Van Gogh: An Anthropology of Admiration**. Princeton: Princeton University Press, 1996.

INOJOSA, L. S. P. **O protagonismo da estrutura na concepção da arquitetura moderna brasileira**. 2019. Dissertação (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) -

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37784>. Acesso em: 27 abr. 2022.

INOJOSA, L. S. P. BUZAR, M. A. R. PASQUA, J. F. S. O protagonismo da estrutura na arquitetura do edifício Vilanova Artigas - FAU-USP. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Brasília, Paranoá 26, p. 67 - 81, maio, 2020. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/39532/1/ARTIGO_ProtagonismoEstruturaArquitetura.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

FERRAZ, M. C.; PUNTONI, Á.; PIRONDI, C.; LATORRACA, G.; ARTIGAS, R. (org.). **Vilanova Artigas**. São Paulo: Fundação Vilanova Artigas; Instituto Lina Bo e P. M. Bardi, 1997.

ISAIA, G. C. A Evolução do Concreto Estrutural. *In*: BATTAGIN, Inês; ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.); PACHECO, Fernanda; TUTIKIAN, Bernardo. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: Ibracon, 2011, cap. 1, p. 1- 55.

KAEFER, L. F.. **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo: EPUSP, 1998.

KAEFER, L.F. MARTHA, L.F. BITTENCOURT, T.N. **Ftool: Ensino de Comportamento de Estruturas com Múltiplos Casos e Combinações de Carregamento**. Anais do IV SIMMEC – Simpósio Mineiro de Mecânica Computacional, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, p. 305-312, maio, 2000.

KAMITA, J. M. **Vilanova Artigas**. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.

LANG, J. **Creating Architectural Theory: The Role of the Behavioral Sciences in Environmental Design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

LASEAU, P. **Graphic Thinking for Architects and Designers**. New Yourk: Wiley, 2000.

LEACH, N. **Rethinking Architecture: A Reader in Cultural Theory**. London: Routledge, 1997.

LE CORBUSIER. **Towards a New Architecture**. New York: Dover Publications, 1986.

L'INCROYABLE filiation d'un petit bateau un peu fou. **Escapes Maritimes**, 2008. Disponível em: <https://escapes.wordpress.com/2008/11/18/l%e2%80%99incroyable-filiation-d%e2%80%99un-petit-bateau-un-peu-fou/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

LOOS, A. **Spoken into the void**. Collected Essays, 1897-1900. Cambridge: The MIT Press, 1982, p.66-69.

LOPES, J. M. BOGÉA, M. REBELLO, Y. **Arquitetura da engenharia, ou, engenharia da arquitetura**. São Paulo: Mandarin, 2006.

MURRAY, P. **The Architecture of the Italian Renaissance**. London: Thames & Hudson, 1997.

PASQUA, J. F. S. **O papel da estrutura na definição da arquitetura - Estudo de caso do prédio da FAU/USP**. Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista - Curso de pós-graduação lato sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística, Programa de Pesquisa e Pós-graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

PERRONE, R. A. C. Vilanova Artigas e o edifício da FAU USP. **Vitruvius**, 2016. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.191/6004>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PEVSNER, N. **Pioneers of modern design: from William Morris to Walter Gropius**. 4th ed. New Haven: Penguin Books, 2005.

PINTO, F. L. H. **O concreto aparente como atributo na conservação da arquitetura moderna**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

PURGAZ, K. A. BOEIRA, M. SOUZA, M. SANTINI, G. FESTUGATO, T. **Influência da escola conselheiro crispiniano do arquiteto Vilanova Artigas na arquitetura escolar**. In V Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG - III Salão de Extensão, Caxias do Sul, 2017. Disponível em: <https://ojs.fsg.edu.br/index.php/pesquisaextensao/article/view/2864>. Acesso em: 21 jun. 2023.

ROTH, L. M. **Entender a arquitetura: seus elementos, história e significado**. Tradução de Joana Canêdo. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2017.

RUSKIN, J. **The Seven Lamps of Architecture Lectures on Architecture and Painting: The study of Architecture**. Boston: Dana Estes & Company, 1849.

SALVATORI, M. **Por que os edifícios ficam de pé: a força da arquitetura**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

SANTOS, V. B. **Arte estrutural: arquitetura de Vilanova Artigas**. Artigo (Programa de Iniciação Científica na Universidade Federal do Amazonas) - Pró Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, Departamento de Apoio à Pesquisa, Programa Institucional de Iniciação Científica, Manaus, 2013. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/3224/1/PIB-E-0249-2012_.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

SANVITTO, M. L. A. **Brutalismo Paulista: Uma análise compositiva de residências paulistanas entre 1957 e 1972**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SANVITTO, M. L. A. **Brutalismo Paulista: uma estética justificada por uma ética?** *In* SEMINÁRIO DOCOMOMO BRASIL: ARQUITETURA MODERNA E INTERNACIONAL: CONEXÕES BRUTALISTAS 1955-75, 10, Curitiba, 2013 – X Seminário DOCOMOMO Brasil Arquitetura Moderna e Internacional : conexões brutalistas 1955-75.

SOUSA, M. G. **Histórico da relação e comunicação gráfica entre projeto de arquitetura e o projeto de estrutura**. Curitiba: Graphica, 2007. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/artigos_graphica/HISTORICODARELA CAOECOMUNICA.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

SOUSA, T. E. R. T. **A estrutura como geradora do espaço e expressão arquitetônica**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Beira Interior, Centro Comunitário e Interpretativo de Marvila, 2020.

TARANATH, B. S. **Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction**. Boca Raton: CRC Press, 2011.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil**. Rio de Janeiro: Clube da Engenharia, 1894.

UNDERWOOD, J. CHIUINI, M. **Structural Design: A Practical Guide for Architects**. 2. ed. New Jersey: Wiley, 2007.

UNWIN, S. **Analyzing Architecture**. Abingdon: Routledge, 2009.

VIEIRA, P. C. S. R. **Análise estrutural e arquitetônica das pontes de Robert Maillart com base no software Ansys**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9612/1/21221655.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

VITRUVIUS, M. De Architectura. London: Penguin Books, 2009.

ZEIN, R. V. **A arquitetura da escola paulista brutalista 1953-1973**. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, São Paulo e Porto Alegre, 2005.