



ANÁLISE COMPARATIVA DE SOLUÇÕES ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO PARA UM EDIFÍCIO COM TRÊS PAVIMENTOS

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL SOLUTIONS IN REINFORCED CONCRETE FOR A THREE-FLOOR BUILDING

André Pinto Morais¹; Felipe Ferreira Oliveira²

RESUMO: O concreto armado é o material mais utilizado pela construção civil no Brasil, por se tratar de um material de fácil manuseio e por não precisar de mão de obra qualificada na sua execução. Sendo um material heterogêneo, mas que trabalha de forma homogênea, resistindo muito bem os esforços solicitados. A utilização dos softwares são cada vez mais utilizadas nos projetos estruturais, isso se dá ao grande avanço da tecnologia, pois entrega resultados precisos e com grande rapidez e qualidade. O objetivo deste trabalho é realizar análise comparativa de soluções estruturais em concreto armado para um edifício comercial com três pavimentos. A análise e o dimensionamento estrutural serão realizados nos parâmetros da NBR 6118/2014 auxiliado pelo software TQS, que têm grande prestígio dos escritórios de cálculo estrutural no Brasil. Entretanto é imprescindível a análise de um engenheiro, que sempre deve examinar os resultados entregues pelo software. Onde os resultados mostraram que nem sempre o primeiro lançamento vai ser o melhor para contemplar todos os requisitos de uma boa estrutura, sendo interessante a realização de testes e simulações até chegar a um lançamento que apresente um melhor custo – benefício, melhor arquitetura, e aproveitamento dos elementos.

Palavras-chave: Concreto Armado; Estruturas; Dimensionamento.

ABSTRACT: Reinforced concrete is the material most used by civil construction in Brazil, because it is an easy-to-handle material and because it does not require qualified labor in its execution. Being a heterogeneous material, but that works homogeneously, resisting the requested efforts very well. The use of software is increasingly used in structural projects, this is due to the great advancement of technology, as it delivers accurate results with great speed and quality. The objective of this work is to carry out a comparative analysis of structural solutions in reinforced concrete for a commercial building with three floors. The analysis and structural design will be carried out within the parameters of NBR 6118/2014, aided by the TQS software, which has great prestige among structural calculation offices in Brazil. However, the analysis of an engineer is essential, who must always examine the results delivered by the software. Where the results showed that not always the first release will be the best to contemplate all the requirements of a good structure, being interesting to carry out tests and simulations until arriving at a release that presents a better cost - benefit, better architecture, and utilization of the elements.

Keywords: Reinforced Concrete, Structures, Sizing.

INTRODUÇÃO

Mesmo com a evolução dos materiais da construção civil, o concreto armado continua sendo o mais utilizado nas estruturas, devido à sua alta resistência à compressão, apesar da baixa resistência à tração. A combinação com o aço, que possui alta resistência à tração, torna essa união eficaz para resistir aos esforços estruturais, desde que haja boa aderência entre os materiais.

¹ Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: andre_morais89@hotmail.com

² Curso de Engenharia Civil, Universidade Ceuma. E-mail: felipe005228@ceuma.com.br

As estruturas de concreto armado são fáceis de manusear, têm custo menor e materiais abundantes no Brasil, sendo a metodologia construtiva mais utilizada. É crucial que o engenheiro domine essa metodologia, pois as estruturas convencionais devem resistir tanto ao peso próprio quanto às ações variáveis como uso e vento.

A análise estrutural é fundamental para entender o comportamento da estrutura e realizar o dimensionamento nos estados-limite último (ELU) e de serviço (ELS). O uso de softwares, como o TQS, traz velocidade e precisão aos projetos, permitindo otimização de custos e maior confiabilidade. O pré-dimensionamento, primeira etapa do dimensionamento, é essencial para reduzir o trabalho posterior, utilizando técnicas de autores renomados. O estudo do trabalho será de um edifício residencial com três pavimentos tipo, onde a sua localização é na cidade de São Luís-MA. Uma cidade de alto grau de agressividade ambiental, o que impacta no dimensionamento. A simulação do edifício será no bairro Tirirical, onde o mesmo fica distante da salinidade das praias da cidade, entretanto fica localizada em uma ilha.

O objetivo deste trabalho é realizar simulações de soluções estruturais em concreto armado para um edifício comercial com três pavimentos, utilizando o software TQS

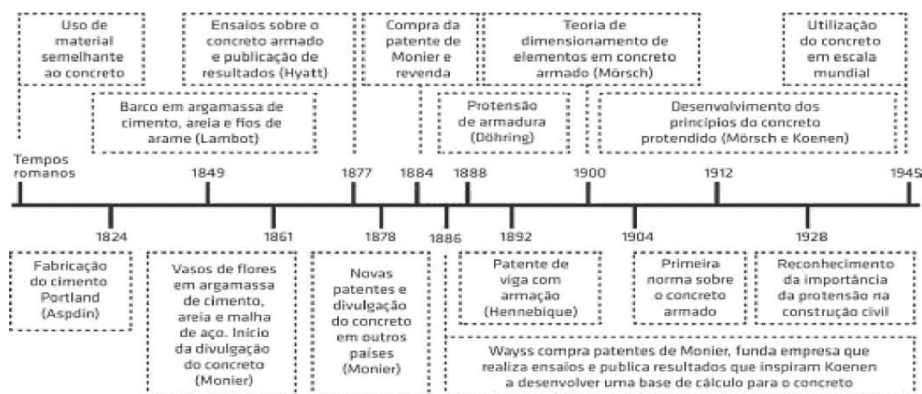
REFERENCIAL TEÓRICO

CONCRETO

O concreto vem sendo utilizado há muito tempo, onde não se sabe ao certo a quanto tempo o homem se favorece deste material para suas construções. Sendo uma substância comum composta por uma mistura de água, areia, brita e cimento o que faz desse material o mais utilizado na construção civil.

Sua trajetória vem desde o tempo pré-histórico, onde o homem saiu das cavernas e evoluiu seus abrigos, construindo-os agora de pedra e preenchendo os vazios de argila. Observando assim os primeiros agregados para se adquirir maior dureza, já os egípcios antigos serviram-se de um certo cimento de calcário e gipsita que foi identificado nas pirâmides, o que mais tarde os gregos melhoraram e aplicaram terras vulcânicas que também endureciam em contato com a água, até que os romanos descobrirem o “concreto romano”, composto por areia, (pozzolana) cinzas vulcânicas, pedras de telhas e calcário calcinado. O que fez dessa mistura romana uma grande descoberta, pois conseguiram descobrir o primeiro material que permanecia duro depois de seco, mesmo em contato com a água (SOARES, VASCONCELOS, NASCIMENTO, 2015).

Figura 1- Evolução do concreto



Fonte: Porto, Fernandes (2015).

A figura 1 acima descreve em anos e acontecimentos toda a evolução do concreto armado, que surge como um material parecido ao concreto, utilizado por diversos povos na história até a evolução para o concreto armado que conhecemos hoje.

Quase não se sabe quando de fato o concreto e sobretudo o concreto armado foi evidenciado no Brasil. A primeira informação que se teve do concreto armado no país foi registrada em 1904, no Rio de Janeiro, pelo

professor Antônio de Paula Freitas que denominava o concreto armado como “cimento armado” e teve sua utilização em obras habitacionais de Copacabana pela “Empresa de Construções Civis” VASCONCELOS (1985 apud PORTO, FERNANDES, 2015).

O concreto sendo um material composto de água, cimento e agregados, a combinação desses materiais surgirá como resultado: a pasta, composta da mistura de cimento e água, a argamassa, composta da mistura da pasta mais o agregado miúdo, o concreto, argamassa mais o agregado graúdo, o microconcreto, que é a definição para quando o agregado graúdo tem dimensão reduzida e o concreto de alto desempenho, que é aquele que ultrapasse os 50 Mpa (CARVALHO, FILHO, 2014). “Para a utilização estrutural, o concreto sozinho não é adequado

como elemento resistente, pois, enquanto tem uma boa resistência a compressão, pouco resiste á tração (cerca de 1/10 da resistência a compressão)” (CARVALHO, FILHO, 2014).

O concreto armado é uma combinação de materiais distintos, o concreto simples que tem uma boa resistência a compressão e o aço que tem uma excelente resistência a tração, onde esses aços trabalham como armaduras. Uma vez que os dois materiais devem cooperar um com o outro, para que consigam resistir os esforços solicitados, contudo essa colaboração se dá através da aderência (LIBANIO, MUZARDO, SANTOS, 2007).

MATERIAL E METÓDOS

O tipo de pesquisa utilizada neste trabalho será quantitativo e qualitativo, visto que vai ser realizado um levantamento dos dados por tabelas e a análise delas, trazendo uma discussão sobre o tema.

O procedimento empregado será de pesquisa – ação, onde realizaremos duas simulações de lançamentos estruturais distintos, para podermos extrair os dados das áreas de aço, volume de concreto, rigidez. O dimensionamento e as análises estruturais serão realizados utilizando o software TQS, pois se trata de um software de relevância no estudo de estruturas de concreto armado. O estudo será realizado em uma planta arquitetônica de um edifício com 3 pavimentos, onde será estudado sua construção na cidade de São Luís – MA, no bairro tirirical. Realizado os três lançamentos estruturais e seus respectivos dimensionamentos, a última parte do trabalho consiste em reunir os dados dos dimensionamentos dos três lançamentos em planilhas e fazer as comparações para conseguir mostrar o quanto de fato uma concepção estrutural é de extrema importância para elaboração de um projeto. Onde o pré-projeto e o arquitetônico estão em anexo.

O TQS é software de análise e dimensionamento estrutural, onde ele trabalha com seis possibilidades de modelos estruturais. Nesse trabalho será realizado utilizando o modelo IV do TQS, que é o modelo de pórtico espacial + vigas contínuas, onde os efeitos nas lajes só serão considerados os verticais, e para pilares e vigas serão calculados como pórtico espacial. O cobrimento mínimo para a localização do edifício é de 4 cm para vigas e pilares e lajes. Onde a classe de agressividade é de grau III, pois o empreendimento é situado em um ambiente marinho.

Tabela 1- pré-dimensionamento.

PRÉ - DIMENSIONAMENTO		
ELEMENTO ESTRUTURAL	SEÇÃO (cm)	
LAJES TRELIÇADA	10	
VIGAS CONTÍNUAS	15x40	
PILAR DE CANTO	15x30	
PILAR DE EXTREMIDADE	15x40	
PILAR INTERMEDIÁRIO	15x50	

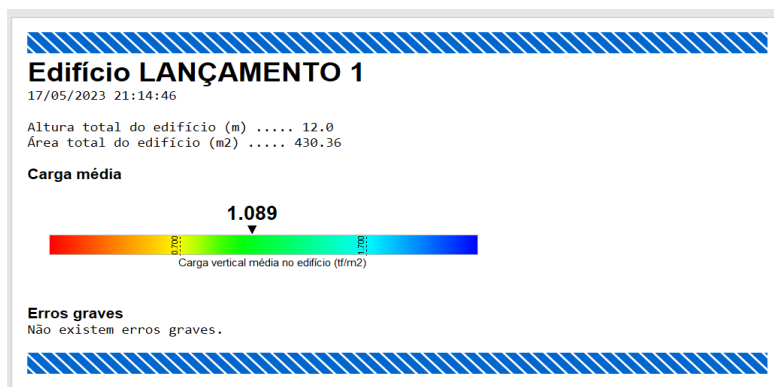
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1 foi elaborada para iniciarmos o dimensionamento da estrutura com essas seções e ver se eles passam pelo crivo do TQS, munido da NBR 6118/2014.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse primeiro dimensionamento, foi realizado o lançamento de 18 pilares, 9 vigas e 9 lajes distribuídos na planta baixa. Onde foi respeitado os parâmetros da NBR 6118.

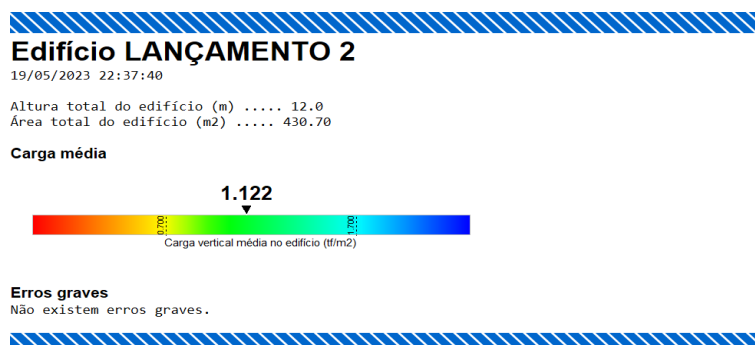
Figura 2 – Processamento global da estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 2 exibe o resultado desse processamento, que é uma análise do edifício realizada pelo modelo do pórtico espacial + grelha. Neste mesmo processamento já é realizado o dimensionamento e detalhamento do edifício, que não é objeto de estudo deste trabalho.

Figura 3 – Processamento global da estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor.

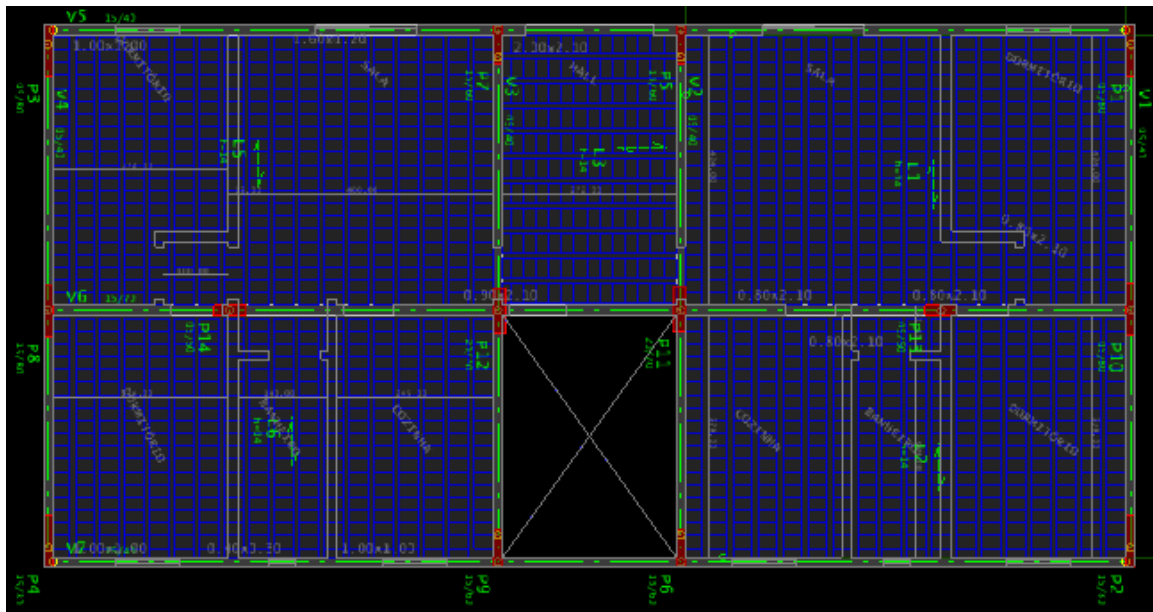
A Figura 3, mostra o processamento global da estrutura, onde é realizado o dimensionamento e detalhamento da estrutura, é mostrado pelo software que não há erros graves. O que nos garante que foi respeitado o modelo IV do tqS e os padrões da NBR 6118.

O presente artigo traz de maneira detalhada a definição estrutural do terceiro modelo, que fora comparado com os seus antecessores.

Terceiro Lançamento Estrutural

Neste terceiro lançamento, tivemos um aumento na seção de todos os pilares. E também diminuimos o número de vigas, retiramos 2, fazendo com que o número de lajes também fosse diminuído.

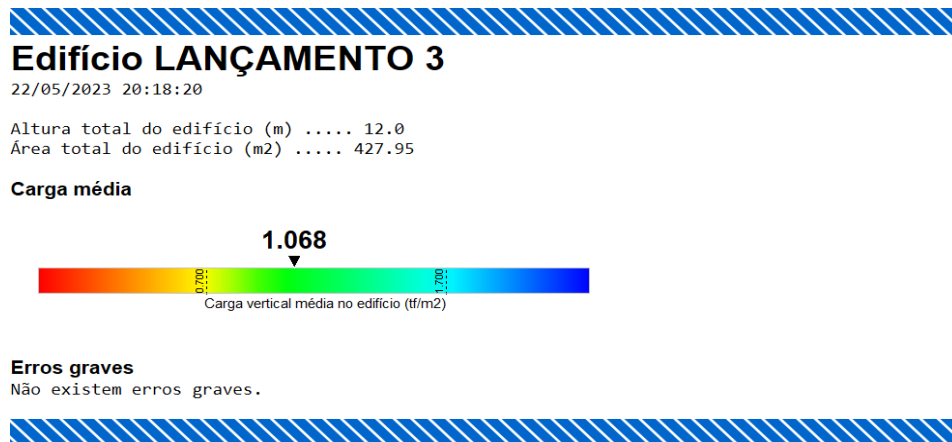
Figura 4 - Modelador estrutural do lançamento 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 4 mostra o modelador estrutural do lançamento 3, onde podemos observar todas as seções dos pilares, que tiveram todas as suas seções aumentadas. As vigas mantiveram suas seções, pois mantivemos seus vãos e diminuimos para 7 vigas, já as lajes tiveram um aumento na altura, passou a ser de 16 cm e reduzimos para 6 lajes.

Figura 5 – Processamento global da estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 mostra o resultado do processamento global (dimensionamento e detalhamento) do lançamento estrutural no tq. Nele observamos que é inexistente os erros graves, o que significa que o prédio cumpriu com todos os requisitos da NBR 6118/2014.

Pilares

Nesse lançamento três mantivemos os mesmos número de pilares que o lançamento 2, entretanto tivemos um carregamento maior, o que será mostrado na tabela a seguir

Tabela 1 – relatório dos pilares

Pilar	Lances	Seção (cm)	Parede	σ (kgf/cm ²)	ν	λ	ρ	Taxa de aço (kgf/m ³)
P1	1 a 3	15X80	Sim	8.3 a 25.5	0.039 a 0.119	13 a 69	1.64 a 3.35	303.7
P2	1 a 3	15X80	Sim	7.8 a 23.7	0.036 a 0.11	13 a 69	1.05 a 2.68	245.9
P3	1 a 3	15X80	Sim	8.4 a 25.7	0.039 a 0.12	13 a 69	1.64 a 3.35	303.7
P4	1 a 3	15X80	Sim	7.8 a 23.7	0.036 a 0.111	13 a 69	1.31 a 2.68	248.3
P5	1 a 4	15X60	-	1.9 a 48.9	0.009 a 0.228	17 a 70	0.82 a 1.36	127.7
P6	1 a 3	15X60	-	14.6 a 40	0.068 a 0.187	17 a 69	0.87 a 1.36	136.0
P7	1 a 4	15X60	-	1.9 a 48.9	0.009 a 0.228	17 a 70	0.82 a 1.36	127.7
P8	1 a 3	15X80	Sim	6.8 a 20.8	0.032 a 0.097	13 a 73	0.52 a 0.52	77.6
P9	1 a 3	15X60	-	14.6 a 39.9	0.068 a 0.186	17 a 69	0.87 a 1.36	136.0
P10	1 a 3	15X80	Sim	7 a 21.3	0.033 a 0.1	13 a 73	0.52 a 0.52	77.6
P11	1 a 4	20X70	-	1.4 a 29.8	0.007 a 0.139	15 a 55	0.45 a 0.45	64.9
P12	1 a 4	20X70	-	1.4 a 30.5	0.007 a 0.142	15 a 55	0.45 a 0.45	64.9
P13	1 a 4	15X50	-	1.3 a 69.8	0.006 a 0.326	20 a 140	0.63 a 1.64	119.1
P14	1 a 4	15X50	-	1.3 a 69.8	0.006 a 0.326	20 a 140	0.63 a 1.64	119.1

Fonte: Elaborado pelo autor.

σ tensão de cálculo (carga vertical: combinação 1) u força normal adimensional

λ índice de esbeltez

ρ taxa geométrica da armadura

taxa de aço: massa de aço por volume de concreto

por parte da gestão em resolver os problemas.

A Tabela 1 mostra o relatório dos 14 pilares que foram lançados no modelador estrutural. Onde podemos observar um aumento considerável na taxa geométrica da armadura, isso estando ligado a área de influência em que agora os pilares P1, P2, P3 e P4, onde todos esses tiveram um aumento considerável da área de influência. Outro ponto observado é que os pilares P13 e P14, passaram a ser considerados pilar esbelto, o que faz que esses pilares tenham que ser dimensionados considerando o efeito de segunda ordem. O que também aumentou bastante a taxa média de aço, ficando agora em 148.2 kgf/m³, que resulta em um aumento considerável no orçamento da obra.

Tabela 2 – Volume de concreto dos pilares

P1	.12	5.70	.36	.05
P2	.12	5.70	.36	.05
P3	.12	5.70	.36	.05
P4	.12	5.70	.36	.05
P5	.09	4.50	.27	.04
P6	.09	4.50	.27	.04
P7	.09	4.50	.27	.04
P8	.12	5.70	.36	.08
P9	.09	4.50	.27	.04
P10	.12	5.70	.36	.08
P11	.14	5.40	.42	.10
P12	.14	5.40	.42	.10
P13	.07	3.90	.22	.05
P14	.07	3.90	.22	.05
	-----	-----	-----	-----
	1.51	70.80	4.53	.80

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 2, mostra os resultados da planta de forma do lançamento 3 para pilares, sendo demonstrado na imagem 21 do modelador estrutural. Sendo o volume de concreto dos pilares de 4.53 m³.

Vigas

As vigas desse lançamento, foram aumentados os seus vãos e também foi realizado a retirada de 2 vigas, sendo ela as vigas V1 e V5, fazendo que as lajes aumentaram seus vãos. Que resultou no crescimento das cargas dos pilares de canto.

Tabela 3 – relatório vigas

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V1	307.3 a 348.7	2	15X40	11.47 a 13.02	0.17 a 0.34 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	36.0 <input type="checkbox"/>
V2	333.1 a 372.9	2	15X40	10.73 a 12.01	0.17 a 0.34 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	37.0 <input type="checkbox"/>
V3	330.3 a 375.7	2	15X40	10.65 a 12.11	0.17 a 0.34 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	37.2 <input type="checkbox"/>
V4	305.3 a 350.7	2	15X40	11.41 a 13.1	0.17 a 0.34 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	35.9 <input type="checkbox"/>
V5	287.1 a 704	3	15X40	5.68 a 13.93	0.43 a 0.79 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	58.5 <input type="checkbox"/>
V6	271.1 a 408.5	5	15X40	9.79 a 14.75	0.17 a 0.34 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	38.2 <input type="checkbox"/>
V7	287 a 704	3	15X40	5.68 a 13.94	0.43 a 0.79 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	58.5 <input type="checkbox"/>

Fonte: Elaborado pelo autor.

L comprimento dos vãos das vigas

H/L relação da altura e comprimento dos vãos das vigas

ρ_s taxa geométrica de armadura longitudinal. Obtidas em diversas seções ao longo do vão, não considerando armadura longitudinal.

ρ_{sw} taxa geométrica da armadura transversal. Obtida nas faixas dos vão Taxa de aço por volume de aço

A Tabela 3 nos mostra que as vigas não sofreram muita alteração, mas sim melhorou onde é evidenciado na tabela o efeito de torção desapareceu com esse lançamento. A taxa média de aço passou para 46.0 kgf/m³, isso se dá muito a direção em que as lajes foram apoiadas, fazendo que tivéssemos maiores vão a serem vencidos.

Tabela 4 – Volume de concreto das vigas

Elemento	Área Estruturada (m ²)	Área de formas (m ²)	Volume de concreto (m ³)	Comprimento linear (m)	Comprimento médio vãos (m)
V1	.91	4.92	.36	6.08	3.04
V2	.99	4.84	.39	6.58	3.29
V3	.99	5.00	.39	6.78	3.39
V4	.91	4.92	.36	6.08	3.04
V5	2.47	13.36	.99	16.50	5.50
V6	2.31	19.93	1.62	15.40	3.08
V7	2.47	13.75	.99	16.50	5.50
	11.05	66.73	5.11	73.92	3.891

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 4, mostra o resultado da planta de forma do modelador estrutural da segunda modelagem, onde foi realizado o seu lançamento. Sendo o volume de concreto total das vigas de 5,11 m³.

Lajes

As lajes tiveram suas alturas modificadas no lançamento 2, visto na imagem 21, isso se dá pelo aumento pelo vão que ela vai ter que vencer. Outro fator importante é que as lajes agora foram lançadas de modo a ajudar na rigidez da estrutura, sendo lançada na direção de menor inercia da edificação.

Tabela 5 - Tabela com características das lajes

Lajes Nervuradas

HN	Altura da nervura (cm)
CAPA	Altura da capa (cm)
LNx	Largura inferior e superior das nervuras horizontais (cm)
DNx	Distância média entre faces das nervuras horizontais (cm)
LNy/DNy	Idem na direção vertical
ENCH	Peso específico do enchimento, (tf/m ³)
HmedC	Espessura média do concreto (cm)
HmedE	Espessura média do enchimento (cm)
PP	Peso próprio médio por área (tf/m ²)

Laje	HN	CAPA	LNx	DNx	LNy	DNy	ENCH	HmedC	HmedE	PP
1	8	6	9	30	0	0	0.75	8	6	0.242
	Treliçada Vigota		13 X		3	'Cerâmica'	'Blo08/30/20'			
2	8	6	9	30	0	0	0.75	8	6	0.242
	Treliçada Vigota		13 X		3	'Cerâmica'	'Blo08/30/20'			
3	8	6	9	30	0	0	0.75	8	6	0.242
	Treliçada Vigota		13 X		3	'Cerâmica'	'Blo08/30/20'			
5	8	6	9	30	0	0	0.75	8	6	0.242
	Treliçada Vigota		13 X		3	'Cerâmica'	'Blo08/30/20'			
6	8	6	9	30	0	0	0.75	8	6	0.242
	Treliçada Vigota		13 X		3	'Cerâmica'	'Blo08/30/20'			

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 5 lajes, mostra um aumento significativo na altura das lajes. Pois nesse lançamento aumentamos a área das lajes e diminuimos o número que antes era de 8 e ficou com 6, contudo a altura ficou com 16 cm, e respeitou os limites normativos da NBR 6118.

Tabela 6 – volume de concreto das lajes

L1	29.21	.00	2.29	H	14 (	8+	6) Blo08/30/20
L2	26.11	.00	2.05	H	14 (	8+	6) Blo08/30/20
L3	11.51	.00	.89	H	14 (	8+	6) Blo08/30/20
L5	29.21	.00	2.29	H	14 (	8+	6) Blo08/30/20
L6	26.11	.00	2.05	H	14 (	8+	6) Blo08/30/20
	-----	-----	-----				
	122.15	.00	9.58				

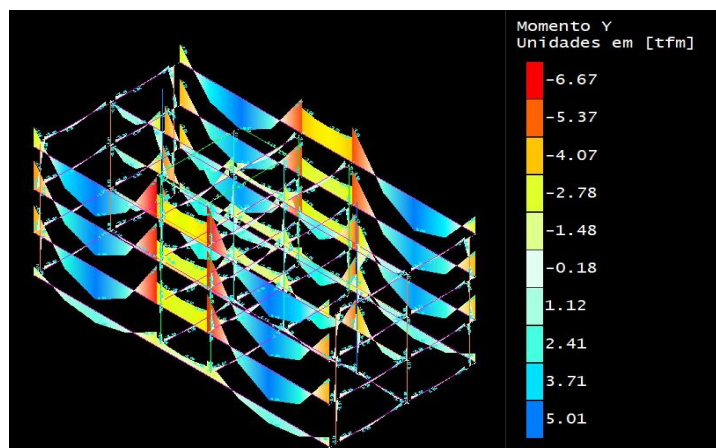
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 6, mostra o resultado da planta de forma do lançamento 3, para lajes, onde é expresso na imagem 21, no modelador estrutural. Sendo seu volume total de 9.58 m³.

Momento Fletor

Um dos pontos importantes deste trabalho é mostrar o comportamento do momento fletor no pórtico espacial, e vemos como cada lançamento modifica esse comportamento.

Figura 6 – Momento fletor do pórtico espacial

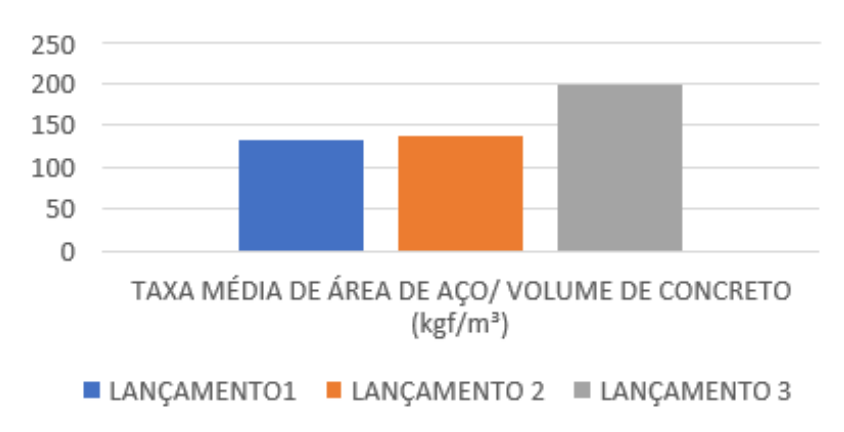


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 6 os momentos do pórtico do lançamento 3, podemos observar o grande aumento da taxa média de aço na estrutura, onde nem sempre se aumentar os vãos, e retirar pilar ou vigas, resultará em economias. Em muitos casos aumentara o custo da obra. Observamos na imagem 23 os aumentos nos momentos das vigas V5 e V7, pois agora elas estão recebendo as cargas das lajes, nos outros lançamentos isso não ocorria e elas só precisavam vencer seu peso próprio e o peso da alvenaria.

O lançamento estrutural foi realizado respeitando os limites impostos pela NBR 6118, onde é comprovado no processamento global da estrutura, visto nas Imagens 18, Imagem 21 e Imagem 24.

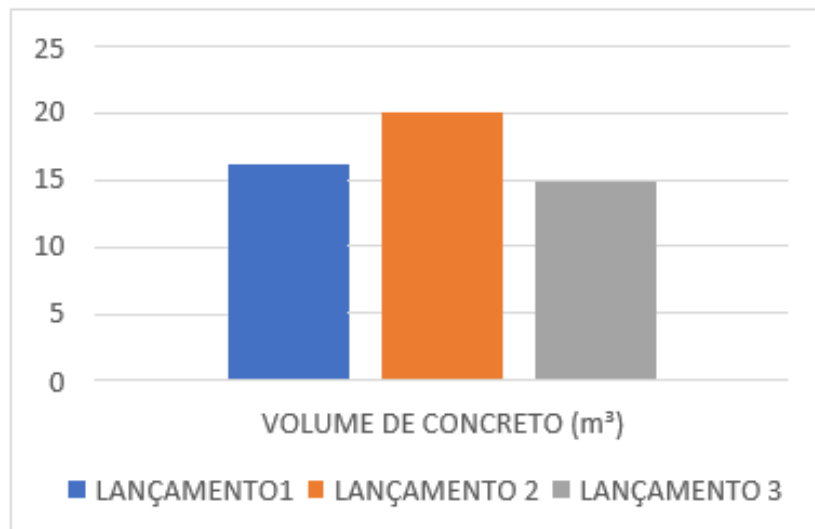
Figura 7 – Taxa média de aço



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 7 demonstra que a cada lançamento é aumentado a taxa média de aço da estrutura, pois se dá pelo aumento dos vãos. Pois a concepção estrutural de uma arquitetura pode ser de muitas formas, dependendo do calculista.

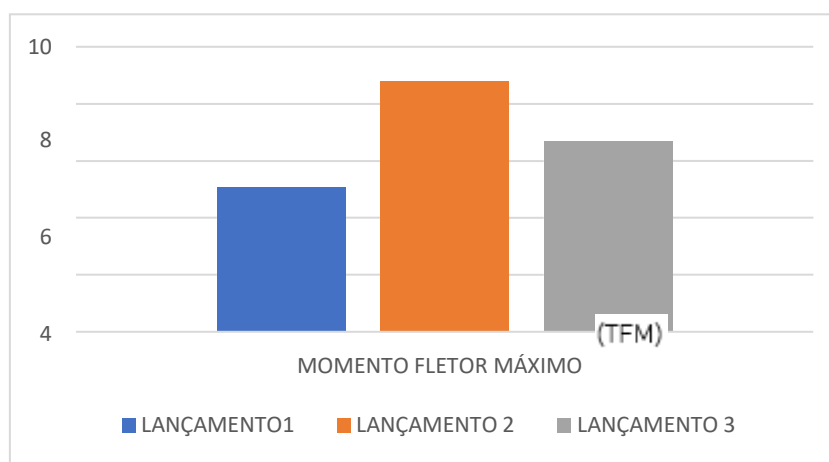
Figura 8 – volume de concreto



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 8, mostra o quantitativo de concreto dos lançamentos, onde o lançamento 2 foi menor, pois o foi diminuído em 4 pilares em comparação ao primeiro lançamento, e continuou como mesmo número de lajes que o primeiro lançamento, fazendo que as lajes permanecem com 14 cm de altura, diferente do terceiro lançamento que foi aumentado a área da laje, fazendo a laje aumentar sua altura para 16 cm. TFM

Figura 9 – Momento fletor



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 9, mostra os momentos dos lançamentos, onde foi explicitado de cada lançamento o seu maior momento no pórtico. O lançamento 2 teve maior momento, pois houve uma maior área de influência nos pilares centrais, uma vez que os vãos das vigas foram aumentados. Outro fator é que foi colocado 2 vigas de transição para diminuir a área das lajes, o que fez aumentar muito o momento nesses pilares. Já os lançamentos 1 e 3, tiveram seus momentos controlados. (TFM)

CONCLUSÃO

Ao iniciarmos o lançamento 1, feito como padrão, as decisões de tirarmos os pilares P5, P6, P11 e P12, não obteve uma alteração significativa na taxa de aço e já a taxa de concreto teve um aumento de $4,32 \text{ m}^3$, um aumento muito pequeno em relação ao ganho que obtivemos com vãos maiores. No entanto, nos momentos teve um aumento de 3,7 tfm, e não alterando significativamente a taxa de aço, onde isso pode ser justificado pois as vigas de bordo estarem trabalhando com sua armadura mínima e quando removemos os pilares citados acima, fez com que essas vigas máis utilizadas pelo fato da metodologia da laje treliçada nascerem bi - apoiadas, trabalhassem agora em prol de fato das cargas e não aumentando a taxa média de aço. O que mostra que o lançamento 2 tem grande vantagem em relação ao lançamento 1, pois ao removermos os pilares e mantendo controlado as análises acima, conseguimos vãos maiores, tivemos um melhor aproveitamento da arquitetura e teremos uma redução nas fundações uma vez que teremos menos sapatas.

O lançamento 3 em relação ao lançamento 1 e lançamento 2, foi retirado também os pilares P5, P6, P11 e P12, que já tinha sido retirado no lançamento 1, além de reduzimos também o número de viga e lajes, onde foi retirado as vigas V2 e V5, e já as lajes L1 e L3 se unificassem e o mesmo ocorrendo com as lajes L2 e L4, também ocorrendo com as lajes L6 e L8, assim como L7 e L9. Onde tivemos uma melhor arquitetura com maiores vãos, lajes com maiores áreas, muito apreciada pelos profissionais de arquitetura, porém a preço de um aumento significativo de taxa de aço que saiu no lançamento 1 e 2 em média de 135 kgf/m^3 para no lançamento 3 com 194 kgf/m^3 , um aumento de 59 kgf/m^3 . Entretanto também teremos um menor número de sapata, assim como no lançamento 2, todavia tem a desvantagem do ganho de aço na estrutura, isso não configura que o lançamento 3 seja ruim, uma vez que os clientes queiram arquiteturas mais ousadas e aprovam gastar mais com uma estrutura mais arrojada.

Então, diante do lançamento 1, lançamento 2 e lançamento 3, o lançamento 2 foi aquele que para essa arquitetura foi aquele que melhor foi aproveitado em todos os aspectos e explicações acima.

Então vê - se a importância do estudo dos lançamentos estruturais, onde a experiência do projetista é de vasta importância e fundamental em um projeto, onde uma estrutura sempre pode ser otimizada, então um dimensionamento racional ele favorece a arquitetura, favorece o trabalho em conjunto dos elementos, e sobretudo favorece o custo total dessa edificação. Onde ficou bem explícito que nem sempre o primeiro lançamento vai ser o melhor, para contemplar todos os requisitos de uma boa estrutura, sendo interessante a realização de testes e simulações até chegar a um lançamento que apresente um melhor custo-benefício, melhor arquitetura, e aproveitamento dos elementos.

Sendo todos os resultados encontrados realizados no TQS, que é um software completo e traz uma transparência, o que também não deixa claro a não substituição do engenheiro especialista pelo software, pois o engenheiro tem papel principal em todos os processos. Onde esse trabalho é importante pois traz estudos que podem ser realizados na prática, e sobretudo pode dar base para possíveis trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO**. 2007. 22 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ARAÚJO, Tiago Mesquita de. **ELABORAÇÃO DE PLANILHAS PARA AUXILIAR O PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM CONCEPÇÕES DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS**. 2018. 86 f. Monografia, Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **AÇO DESTINADO ÀS ARMADURAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO - REQUISITOS: 7480**. Rio de Janeiro, 2022. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **AÇÕES DO VENTO: 6123**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS - PROCEDIMENTO: 8681**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **AÇÕES PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES: 6120**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIS - CLASSIFICAÇÃO PELA MASSA ESPECÍFICA, POR GRUPOS DE RESISTÊNCIA E CONSISTÊNCIA: 8953**. Rio de Janeiro, 2015. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO: 6118**. Rio de Janeiro, 2014.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014. 415 p.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2013.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Estruturas de Concreto: Solicitações Tangenciais**. Pini, 2008.

GONÇALVES, Gabriel Gomes. **ANÁLISE COMPUTACIONAL DA AÇÃO ESTÁTICA DO VENTO EM ESTRUTURAS ESPECIAIS COM GEOMETRIAS NÃO CONTEMPLADAS NA NBR 6123**. 2022. 114 p. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

KIMURA, Alio. **INFORMÁTICA APLICADA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. São Paulo: Pini, 2007. 623 p.

LUKE, Washington Gultenberg de Moura. **ANÁLISE NUMÉRICA NÃO-LINEAR DE ELEMENTOS DE CONCRETO ESTRUTURAL CONSIDERANDO A VARIAÇÃO DE ADERÊNCIA**. 2015. xviii, 166 f., il. **Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)—Universidade de Brasília**, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2015.

DE MELO, Paula Rodrigues de. **PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, DE AÇO E DE CONCRETO PARA AUXÍLIO À CONCEPÇÃO DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS**. 2013. 113 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)—Universidade Federal de Uberlândia**, Faculdade de Engenharia Civil, Uberlândia, 2013.

PINHEIRO, Libânio M. MUZARDO, Cassiane D. SANTOS, Sandro P. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO E PROJETO DE EDIFÍCIOS**. São Carlos: Edufscar, 2007.