

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

RUTE CAVALCANTE PEREIRA

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE PÓRTICOS
PLANOS EM CONCRETO ARMADO SUJEITOS A DIFERENTES CONDIÇÕES
DE APOIO**

Cajazeiras-PB, 2021

RUTE CAVALCANTE PEREIRA

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE PÓRTICOS
PLANOS EM CONCRETO ARMADO SUJEITOS A DIFERENTES CONDIÇÕES
DE APOIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. José Lucas Pessoa de Oliveira.

Cajazeiras-PB, 2021

Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

F383e

Pereira, Rute Cavalcante

Estudo sobre o comportamento estrutural de pórticos planos em concreto armado sujeitos a diferentes condições de apoio / Rute Cavalcante Pereira; orientador José Lucas Pessoa de Oliveira.- 2021.

36 f.: il.

Orientador: José Lucas Pessoa de Oliveira.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

1. Pórticos planos 2. Interação solo-estrutura 3. Concreto armado I.

Título

692.8(0.067)

RUTE CAVALCANTE PEREIRA

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE PÓRTICOS
PLANOS EM CONCRETO ARMADO SUJEITOS A DIFERENTES CONDIÇÕES
DE APOIO**

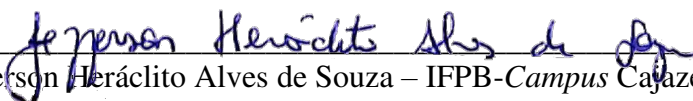
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 28 de abril de 2021.

BANCA EXAMINADORA



José Lucas Pessoa de Oliveira – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Jefferson Heráclito Alves de Souza – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1



Daniel Torres Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, inteligência suprema do universo, Pai de amor, bondade e misericórdia, pela graça de poder viver e buscar conhecimento.

Aos meus pais, Luiz Pereira e Maria Socorro por terem me concedido todo o apoio e privilégio nos estudos. Aos meus irmãos, Natã e Beatriz, pelo apoio e por serem meus verdadeiros amigos e companheiros nos momentos bons ou difíceis.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras pela oportunidade de realização de um curso de qualidade e reconhecido.

Ao professor e orientador José Lucas Pessoa de Oliveira pela contribuição no trabalho, disponibilidade, orientação e paciência. Minha eterna gratidão em ter recebido auxílio do seu conhecimento e inteligência para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos Natália Rodrigues e Alan Rafael, que estando longe ou perto sempre me incentivaram e vibraram com minhas conquistas.

RESUMO

Nas análises de estruturas convencionais, superestrutura e infraestrutura são calculadas separadamente, desprezando os efeitos das deformações do solo, considerando que as condições de apoio se comportam como rótulas ou engastes perfeitos. Entretanto, com o aumento da complexidade das obras é importante avaliar modelos estruturais que simulem o comportamento do solo, considerando a Interação Solo-Estrutura (ISE). Um desses modelos foi proposto por Winkler, no qual o solo é considerado como um apoio elástico, com coeficiente de reação para cada direção de solicitação. Esse trabalho analisou um pórtico plano submetido a três condições de apoio para as fundações, sendo elas: engaste, rótula e apoio elástico. Foi utilizado o *software* Ftool para auxiliar na análise estrutural dos pórticos, e o Excel para organização e tabulação dos dados. Apesar de se tratar de uma análise simplificada, foi possível representar de forma satisfatória o comportamento da estrutura para cada tipo de apoio. Com a consideração da ISE, nota-se que houve uma tendência do apoio central (mais carregado e com maior recalque) ter um alívio no seu carregamento, enquanto nos pilares de extremidade houve um aumento de carga.

Palavras-Chave: Pórticos planos. Interação solo-estrutura. Reações. Deslocamentos.

ABSTRACT

In the analysis of conventional structures, superstructure and infrastructure are calculated separately, dismissing the effect of soil deformation, that is, considering that the conditions of support behave as rollers or perfect mounting. However, with the increase in construction complexity, it is important to evaluate structural models that simulate the behavior of the soil, that is, to consider the Soil-Structure interaction (SSI). One of these models was proposed by Winkler, in which soil is considered as an elastic support, with a reaction coefficient for each request direction. This work analyzed plane frames subjected to three condition of support for the foundations, them being: mounting, roller and elastic support. The software used was Ftool to assist in the structural analysis of the plane frames, and Excel for organization and tabling of data. In spite of being a simplified analysis, it was possible to satisfactorily represent the behavior of the structure for each type of support. With the consideration of the SSI, it was noted that was a tendency of the central support (more loaded and with more settlement) having a relief on its loading, while at the extremity pillars there was an increase of load.

Keywords: Plane frames. Soil-structure interaction. Reactions. Settlements.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 AÇÕES E LEVANTAMENTO DE CARGAS | 10 |
| 2.2 RECALQUES EM EDIFICAÇÕES..... | 10 |
| 2.3 INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA..... | 12 |
| 3 MÉTODO DA PESQUISA | 15 |
| 4 RESULTADOS DA PESQUISA | 21 |
| 5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES..... | 29 |
| REFERÊNCIAS | 31 |

1 INTRODUÇÃO

A análise estrutural consiste na avaliação do comportamento de uma estrutura diante das solicitações externas a que estão submetidas, e sua resposta em termos de mobilização de esforços internos e deslocamentos. Na elaboração de um projeto estrutural, trata-se de uma das etapas mais importantes, pois é a partir dos dados obtidos na análise que o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais é feito, bem como a avaliação do seu desempenho em serviço.

Um pórtico plano é um modelo estrutural, contido em um plano, que simplifica o comportamento tridimensional de uma estrutura, sendo formado por barras que se conectam através de ligações rígidas (MARTHA, 2017). Por ser um modelo simplificado, os pórticos planos não representam com exatidão o real comportamento de uma estrutura, mas é possível obter bons resultados em critérios de análise estrutural.

No modelo estrutural, sempre haverá um elemento da estrutura em contato com o solo, de modo que haja transferência de carregamento da estrutura para o terreno de fundação através desse elemento. Dessa forma, a análise estrutural considera que as edificações são constituídas por três partes: superestrutura, infraestrutura, e o terreno de fundação (GUSMÃO, 1990).

Nas análises de estruturas convencionais, a superestrutura é calculada com base em tudo que esteja acima da superfície do terreno; o cálculo das fundações é feito separadamente da superestrutura, considerando nas fundações somente as reações de apoio que são obtidas do modelo de cálculo adotado para a estrutura, normalmente adotando-se condições de apoio do tipo engaste (impedindo todos os tipos de deslocamentos) ou tipo rótula (impedindo somente deslocamentos translacionais).

No entanto, não é levado em consideração as redistribuições de esforços na estrutura, que são causadas pelo recalque (deslocamento) dos elementos de fundações, que podem ocorrer de forma uniforme ou desuniforme, alterando a magnitude ou até mesmo o sentido dos esforços internos da estrutura. Com isso, despreza-se as deslocabilidades do solo causadas pelo carregamento aplicado, o que pode resultar em recalques excessivos.

Esse modelo é o mais acessível e o mais fácil de ser aplicado no cálculo de estruturas devido à dificuldade de obter informações do solo e a complexidade de modelá-lo a fim de conseguir uma aproximação do seu comportamento real. Entretanto, o comportamento de uma edificação é o resultado da interação entre superestrutura, infraestrutura e o terreno de fundação, num processo conceituado como o fenômeno mecânico da interação solo-estrutura (ISE), que

relaciona o comportamento da edificação com a interação entre todas as interfaces componentes do modelo estrutural (GUSMÃO, 1990; PAVAN *et al.*, 2014).

A partir disso, dá-se a importância de avaliar a estrutura com outra condição de apoio que considere a interação entre os elementos estruturais e o solo que serve de suporte. Na atualidade, existem *softwares* de análise e projeto de estruturas que consideram a interação solo-estrutura, porém são métodos complexos e custosos, que, juntamente com outras razões, dificultam a prática rotineira do cálculo estrutural considerando a ISE (ALBORTA, 2018).

Desse modo, a fim de facilitar o estudo da ISE e ao mesmo tempo incluí-lo como etapa importante no cálculo de estruturas, considera-se um pórtico plano apoiado sobre bases deslocáveis baseado na hipótese de Winkler (1867), onde o solo funciona como uma série de molas elásticas lineares independentes, e os esforços internos da estrutura são obtidos a partir de um coeficiente de reação vertical, que relaciona a pressão no solo com seu respectivo recalque. É uma análise simples e pouco aproximada da realidade, porém apresenta diferenças significativas quando comparada às análises convencionais (GUSMÃO, 1990; ANTONIAZZI, 2011; BEZERRA; ALMEIDA, 2018).

Este trabalho avalia o comportamento estrutural de pórticos planos com diferentes condições de apoio; sejam eles rótulas, engastes perfeitos e molas (apoios deslocáveis), através de um *software* simples e de fácil acesso, a fim de analisar os esforços internos gerados pelos carregamentos propostos, e através destes resultados, perceber diferenças nas solicitações de cálculo que possam influenciar no futuro dimensionamento da estrutura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AÇÕES E LEVANTAMENTO DE CARGAS

A NBR 6120/2019 define que as ações são as causas que provocam os esforços solicitantes que atuam sobre a estrutura, podendo produzir ou alterar as deformações ou o estado de tensão nos elementos estruturais. Essas ações são cargas distribuídas ao longo de uma seção ou aplicadas pontualmente sobre os elementos, que podem ser permanentes, variáveis e excepcionais.

As ações permanentes atuam com valores constantes ou com variações mínimas durante a vida útil da edificação, como o peso próprio da estrutura e dos demais elementos construtivos. As ações variáveis compreendem as ações com variações significativas durante a vida da edificação, e que possuem probabilidade de ocorrência significativa, portanto, devem ser consideradas no projeto; por exemplo, ações de uso e ocupação, forças devido ao vento, variações de temperatura. As demais ações são de curta duração e baixa probabilidade de ocorrência, logo, a norma sugere que são facultativas às considerações de projeto.

A NBR 6120/2019 indica que, na falta de determinação experimental, as ações permanentes sejam determinadas de acordo com os valores nominais das tabelas da seção 5 da norma, sendo que, para o peso próprio da estrutura são considerados o valor médio do peso específico do material e as dimensões do elemento. As ações variáveis de uso e ocupação são determinadas com base nos valores da seção 6 da norma.

As forças devido a ação do vento são calculadas com base na NBR 6123/1988, que leva em consideração os seguintes fatores: V_0 a velocidade básica do vento; S_1 o fator topográfico; S_2 o fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação, e de sua altura sobre o terreno; F_r o fator de rajada; b e p são parâmetros para obter S_2 obtidos na norma; e S_3 o fator baseado em conceitos probabilísticos.

2.2 RECALQUES EM EDIFICAÇÕES

Cintra, Aoki, Albiero (2011) definem o recalque de uma sapata como sendo o deslocamento vertical descendente da base da sapata em relação a uma referência indeslocável, proveniente das deformações do maciço de solo compreendido entre a base da sapata e o

indeslocável. Dependendo da sua intensidade, esses deslocamentos podem gerar sérios danos a estrutura, portanto, devem fazer parte das considerações de projeto para que seus valores sejam iguais ou inferiores aos valores admissíveis.

Gusmão (1990) aponta três situações conduzidas pela deformação no terreno de fundação e os danos associados a estas: recalques uniformes, que ocasionam danos estéticos e funcionais; recalques desuniformes sem distorção, responsável por desaprumos; e, recalques desuniformes com distorção, que causam danos arquitetônicos e danos estruturais. A depender da ordem de grandeza, os recalques uniformes (totais ou absolutos, em outras bibliografias) e os diferenciais resultantes do desaprumo podem ser tolerados, pois os recalques diferenciais devidos à distorção é que são os preocupantes.

Segundo Thomaz (2003), a estimativa dos recalques absolutos é uma tarefa extremamente difícil, e como o interesse recai sobre os recalques diferenciais devido aos danos estruturais, como no caso de trincas, é válida a tentativa de quantificar esses recalques admitindo parâmetros elásticos para o solo com valores aproximados, na falta de experimentações precisas.

Nesse sentido, o cálculo direto de recalques pode ser feito através das soluções da teoria da elasticidade, onde para uma sapata sob carga centrada apoiada em solo coesivo saturado o recalque pode ser previsto por (VELLOSO; LOPES, 2011), de acordo com a Equação 1.

$$w = q \times B \times \left(\frac{1 - \nu^2}{E_s} \right) \times I_s \quad (1)$$

Onde,

q = pressão média aplicada

B = menor dimensão em planta da sapata

Es = módulo de deformação do solo

ν = coeficiente de Poisson do solo

Is = fator de forma da sapata e de sua rigidez

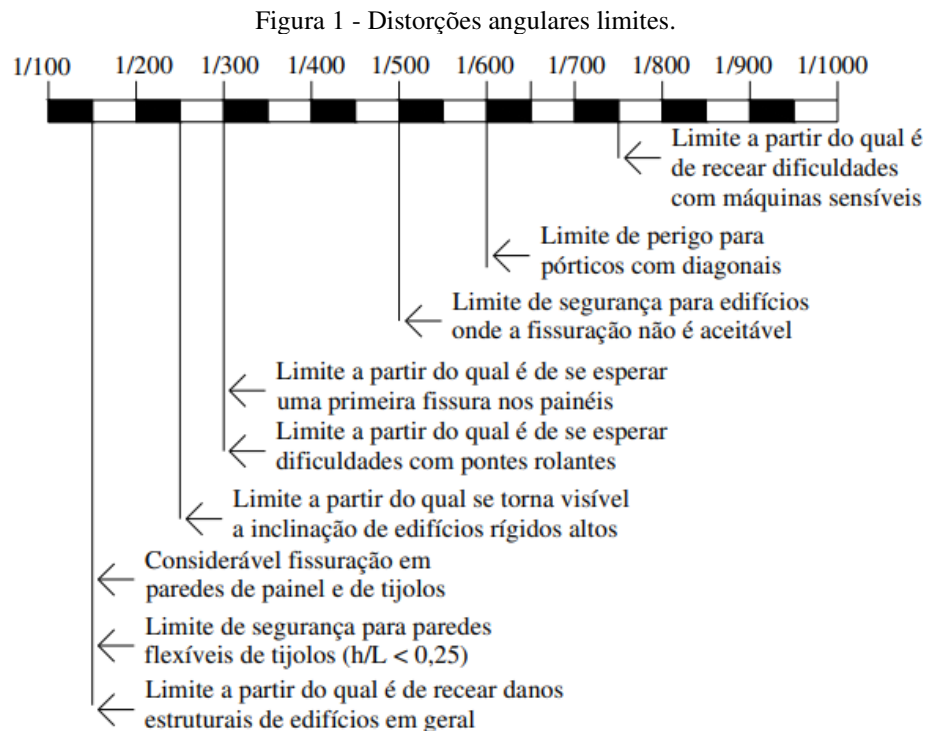
O módulo de deformação (Es) e o coeficiente de Poisson (ν) são sugeridos por Bowles (1982, *apud* THOMAZ, 2003) baseados em ensaios triaxiais com amostras indeformadas. Os fatores de forma (Is) para carregamentos na superfície de um meio de espessura infinita são propostos por Perloff (1975, *apud* VELLOSO; LOPES, 2011).

A NBR 6122/2019 define que a tensão admissível, máxima tensão aplicada no terreno pela sapata, deve satisfazer os valores limites associados a problemas de desempenho, como é o caso das trincas causadas por recalques excessivos. A partir disso, surge a necessidade de

quantificar os recalques diferenciais admissíveis, dito pela norma que estes valores de deslocamentos admissíveis máximos devem ser definidos pelos projetistas da edificação.

Assim, Soares (2005, p.14) afirma que “o limite que separa o admissível e o inadmissível, ao se tratar de recalques, mostra-se uma questão subjetiva”. O que significa que, para um mesmo valor de recalque estimado, o recalque real pode variar de valores muito baixos a valores muito próximos ao calculado, a depender do estabelecido pelo projetista.

Skempton e MacDonald (1956) sugerem o valor limite de distorção angular (dado por δ/L , em que δ é o recalque entre dois pontos e L a distância entre eles) de 1/300 para o aparecimento de trincas em paredes de edifícios (*apud* COLARES, 2006). A partir disto, Bjerrum (1963, *apud* COLARES, 2006) propôs os limites de distorção angular para vários tipos de obra, assim como várias outras publicações importantes se seguiram (Figura 1).



Fonte: Bjerrum (1963, *apud* Colares, 2006).

2.3 INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA

O estudo da interação solo-estrutura propõe uma visão integrada dos elementos estruturais com o maciço de solo, considerando as fundações partes constituintes da estrutura, pois, devido às deformações do solo, as fundações solicitam à estrutura um fluxo de carregamento diferente da hipótese de apoios indeslocáveis (IWAMOTO, 2000). Com isso, a

interação solo-estrutura possibilita estimar as redistribuições de esforços na estrutura, que são causadas pelos recalques diferenciais, e a intensidade desses recalques.

Nesse caso, o estudo requer a adoção de um modelo para simular o comportamento do terreno de fundação. Devido à complexidade de considerar todas as características do comportamento tensão-deformação de um solo em geral, Gusmão (1990) propõe a modelagem do solo como sendo um material elástico linear que, apesar de suas limitações, é a idealização mais simples do comportamento do solo.

Com esse modelo de solo, é possível aplicar a hipótese de Winkler que considera molas sob cada apoio da superestrutura, admitindo que as pressões de contato são proporcionais aos recalques, através de Equação 2.

$$q = k_v \times w \quad (2)$$

Onde k_v é uma constante de proporcionalidade comumente chamada de coeficiente de recalque ou coeficiente de reação vertical. Esse modelo também despreza a interação entre sapatas, ou seja, o recalque em cada fundação depende apenas do seu próprio carregamento. Velloso e Lopes (2011) resumiram que o coeficiente de reação vertical pode ser obtido pelo ensaio de placa, por tabelas de valores típicos ou correlações, e pelo cálculo do recalque da fundação real.

Berberian (2015) afirma que a melhor forma para determinação do coeficiente de recalque é o ensaio de placa, entretanto, na falta de ensaios apropriados recomenda-se utilizar valores de bibliografias conhecidas para o módulo de reação vertical obtidos através de correlações com ensaios de placa, outros ensaios *in situ*, ou com o módulo de elasticidade. Alguns autores estimaram esses valores: Terzaghi (1955), Morrison (1993), Berberian (2015), entre outros.

O coeficiente de reação vertical também pode ser estimado a partir do cálculo do recalque da fundação, como sugerem Velloso e Lopes (2011), supondo uma fundação rígida submetida a um carregamento vertical. Dessa forma, o coeficiente de reação pode ser obtido na Equação 3 por meio da equivalência das Equações 1 e 2:

$$k_v = \frac{E_s}{(1 - \nu^2) \times B \times I_s} \quad (3)$$

Tendo posse dos valores de k_v para cada sapata e suas dimensões, é possível estimar os coeficientes de mola de cada sapata da estrutura. Este coeficiente de mola é, basicamente, a relação entre a carga aplicada e o recalque consequente, e pode ser obtido pela relação entre o

coeficiente de reação vertical k_v e as propriedades geométricas da sapata. O coeficiente de mola à translação (recalque vertical) é dado pela Equação 4, em que k_v é multiplicado pela área da sapata em planta, e o coeficiente de mola à rotação (giro em torno de z) é dado pela Equação 5, em que I_y é o momento de inércia. Adaptado de acordo com o trabalho de Antoniazzi (2011), os coeficientes de mola são dados por:

$$K_{mv} = k_v \times A_{base} \quad (4)$$

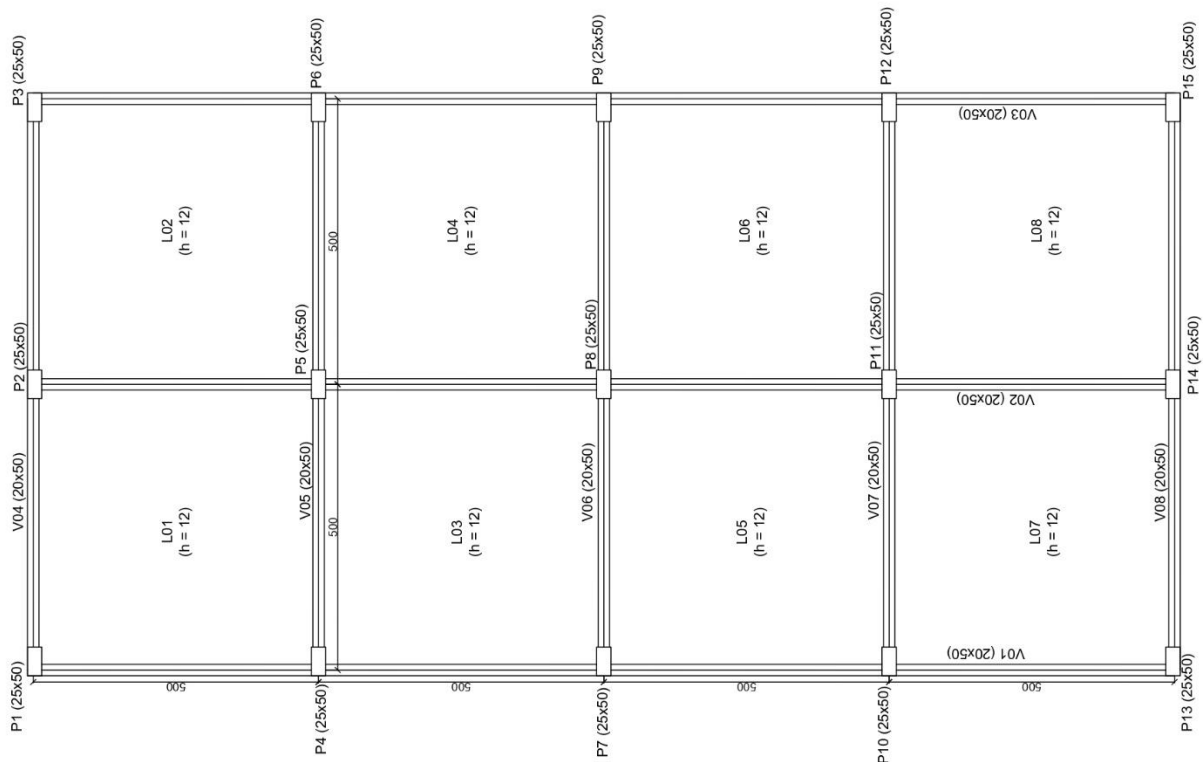
$$K_{m\theta} = k_v \times I_y \quad (5)$$

3 MÉTODO DA PESQUISA

Para desenvolvimento desse trabalho foi admitido um modelo estrutural de pórtico plano, simulando um alinhamento de três pilares com 8 níveis de vigas (pavimentos, incluindo cobertura). A estrutura foi assumida como sendo construída em concreto armado, com módulo de elasticidade $E_c = 25$ GPa. A fundação é do tipo sapata rígida centrada, a qual é considerada em três situações: fixa (engaste), apoiada (rotula) e flexível (mola de Winkler).

Na etapa de concepção estrutural, foi proposta a planta de forma do pavimento tipo (Figura 2) de acordo com o pré-dimensionamento dos elementos estruturais: vigas e pilares. Os demais pavimentos, incluindo a cobertura, seguem a mesma configuração do pavimento tipo.

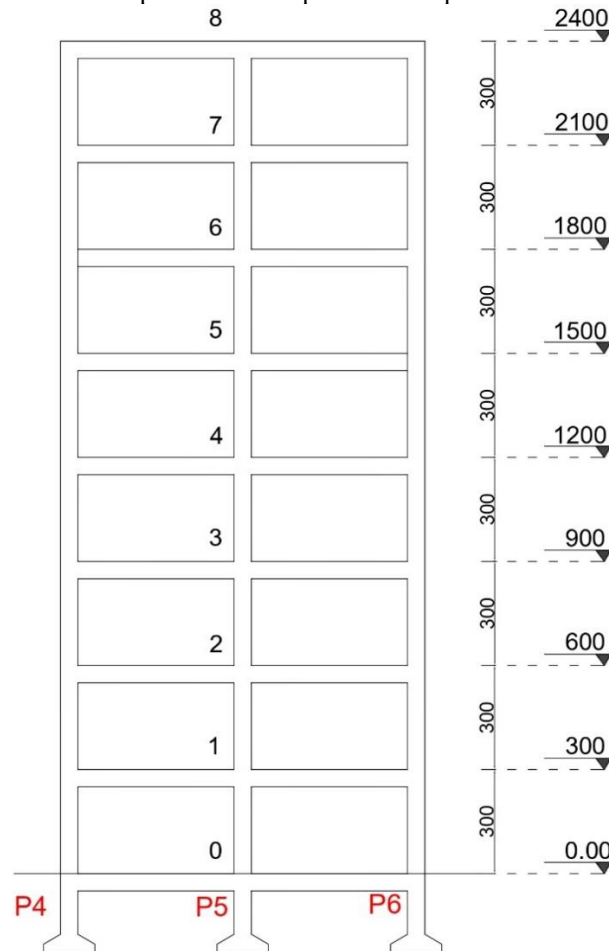
Figura 2 - Planta de formas estruturais do pavimento-tipo da edificação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A análise estrutural foi realizada no pórtico plano formado pela viga V05 apoiada nos pilares P04, P05 e P06, por ligações rígidas, conforme o corte esquemático apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Pórtico plano formado pelo corte esquemático do edifício.

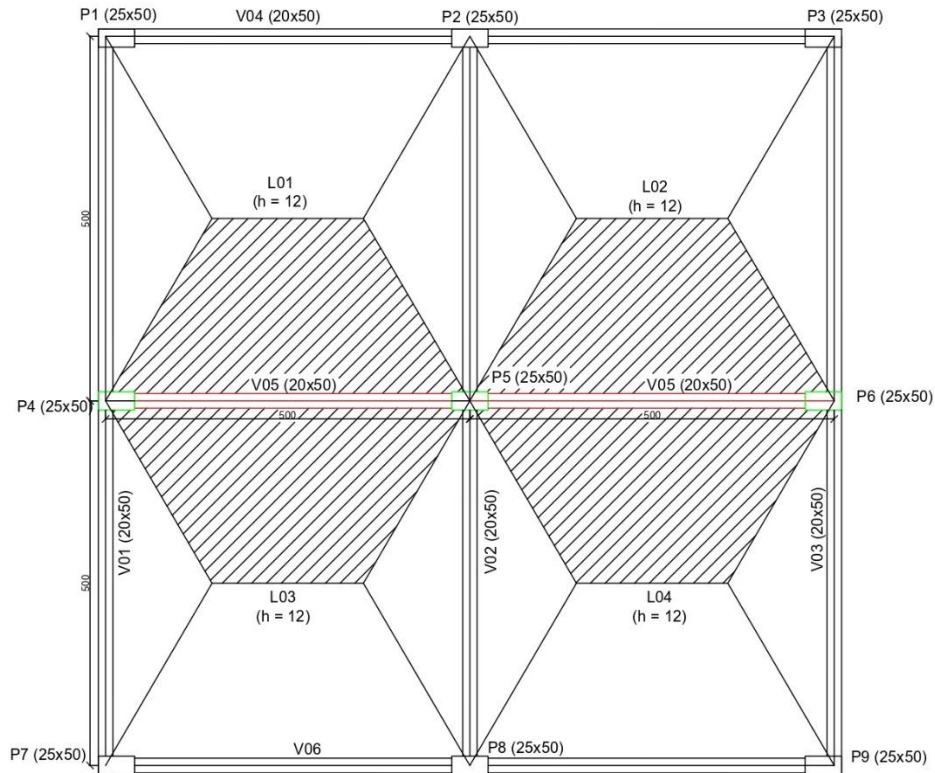


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Com base na planta de formas estruturais do pavimento tipo, foi feito o levantamento de cargas verticais atuantes na estrutura de acordo com as ações permanentes, variáveis e as sobrecargas de utilização. Foi considerado uma distância de 3,00 metros de eixo a eixo das vigas para todos os pavimentos, e vãos uniformes de 5,00 metros, de forma que as cargas verticais aplicadas tivessem a mesma intensidade em todos os pavimentos, diferente apenas para a cobertura.

Para o cálculo das ações verticais permanentes, foi considerado o peso próprio da estrutura e dos elementos construtivos. Conforme indicado pela NBR 6120/2019, para o peso próprio de um elemento de concreto armado considera-se a área do elemento multiplicado pelo seu peso específico de 25 kN/m³. Assim, foi calculado o peso próprio da viga, dos pilares, e a parcela de contribuição do peso das lajes em função das áreas de influência marcadas conforme a Figura 4. A área total de influência sobre a viga é de 35,4 m².

Figura 4 - Áreas de influência das lajes L1, L2, L3 e L4 sobre a viga V05.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Como elementos construtivos foram considerados os pesos de $2,1 \text{ kN/m}^2$ para alvenaria de bloco cerâmico vazado, $1,0 \text{ kN/m}^2$ para carga de revestimento (piso), e $0,5 \text{ kN/m}^2$ para a cobertura. Como ação vertical variável foi considerada uma carga de utilização de $2,0 \text{ kN/m}^2$. A partir disso, as cargas distribuídas nas vigas foram obtidas pela combinação de todas as ações, multiplicando as cargas oriundas das ações pela área de influência obtida. As cargas aplicadas nos pilares foram seus respectivos pesos próprios.

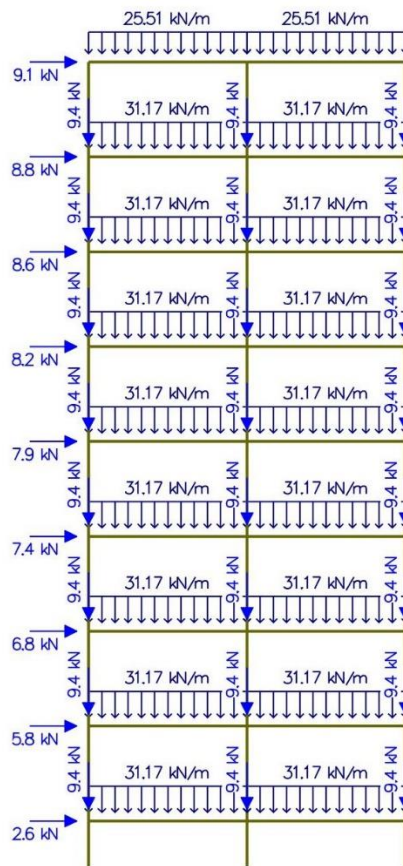
Para o cálculo das ações variáveis horizontais, foram consideradas as forças devido ao vento a 90° atuante na estrutura utilizando a velocidade básica $V_o = 30 \text{ m/s}$, $S_1 = 1,0$ admitindo o terreno plano, $S_3 = 1,0$ pois se trata de um edifício residencial. O fator S_2 que considera a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e sua altura sobre o terreno, foi calculado para cada altura, ou seja, para cada pavimento.

Dessa forma, a velocidade característica que é função de V_o , S_1 , S_2 e S_3 nos leva a um valor de pressão dinâmica em N/m^2 para cada altura, que, juntamente com a área efetiva de cada altura e com o coeficiente de arraste (constante que é função das dimensões do edifício), resulta na força do vento aplicada em cada ponto. Na situação de vento a 90° , existe a formação de 5 pórticos, de forma simplificada foi considerado que cada pórtico recebe $1/5$ do carregamento total de vento nessa direção.

O carregamento final do pórtico (Figura 5) contém as combinações das ações propostas, somadas de forma unitária sem ser adicionada majoração ou minoração de cargas. Os modelos propostos nesse trabalho foram considerados em regime elástico-linear de tensões e deformações. Não foi considerado efeitos de não-linearidade física do material (concreto armado), como também a não-linearidade geométrica não foi considerada.

Vale ressaltar que o modelo simplificado de pórtico plano foi admitido com o carregamento total imposto de uma única vez, situação que foge um pouco da realidade, ao qual o carregamento seria imposto de maneira incremental, compatibilizando assim as deformações nos lances de pilares. Com isso, para uma melhor visualização dos efeitos da ISE, e para levar em conta a imposição total dos carregamentos, foi desconsiderado a energia de deformação referente a ações axiais, ou seja, desconsiderado a deformação devido a força axial nos pilares.

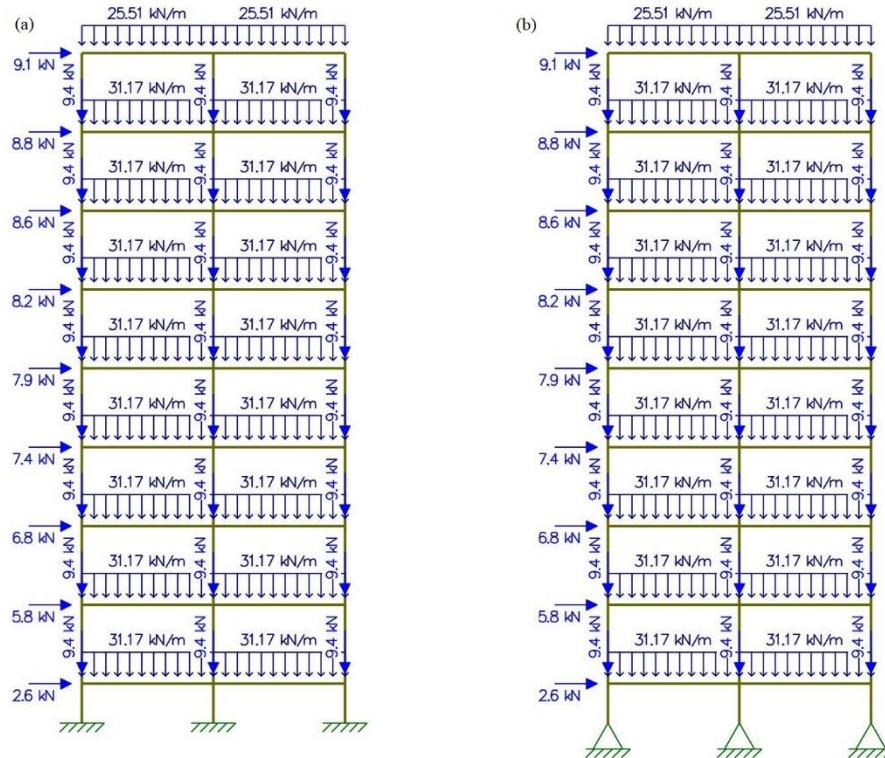
Figura 5 - Pórtico plano com carregamento final oriundo da combinação das ações.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Para o referido carregamento foram obtidas as reações nos apoios, os deslocamentos e os esforços solicitantes do pórtico, com o auxílio do *software Ftool*, para o pórtico com bases engastadas como mostra a Figura 6 (a), e outro com bases rotuladas conforme Figura 6 (b).

Figura 6 - (a) Modelagem do pórtico com bases engastadas. (b) Modelagem do pórtico com bases rotuladas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Para a modelagem do pórtico com apoios móveis, considerando a interação solo-estrutura, é necessário obter o coeficiente de reação vertical k_v dado pela Equação 3, e as dimensões das sapatas. Com base nas reações de apoio obtidas através do pórtico engastado, foram dimensionadas as fundações do tipo sapata centrada para os pilares P4, P5 e P6, considerando o solo como sendo uma argila arenosa média (NSPT médio de 10 golpes) com uma tensão admissível de 200 kN/m^2 . Os valores estão explícitos na Tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões das sapatas em planta.

| Sapata | Dimensões do pilar (m) | Nk (kN) | B (m) | L (m) | Área (m^2) |
|--------|------------------------|---------|-------|-------|-----------------------|
| S1 | 0,25 x 0,50 | 647,7 | 1,7 | 2,0 | 3,40 |
| S2 | 0,25 x 0,50 | 1500,1 | 2,7 | 2,9 | 7,88 |
| S3 | 0,25 x 0,50 | 826,2 | 2,0 | 2,2 | 4,34 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Com as áreas das sapatas e as considerações sobre o solo em questão, obtém-se o coeficiente de reação vertical dado pela Equação 3 para cada sapata. Para isso, pela tabela proposta por Bowles (1982) considerou-se o módulo de deformação do solo $E_s = 25 \text{ MPa}$, e o coeficiente de Poisson 0,3, para um solo homogêneo semi-infinito na forma de uma argila arenosa média. Pela tabela de Perloff (1975), pode-se adotar as sapatas como sendo aproximadamente quadradas rígidas com coeficiente de forma $I_s = 0,99$.

Determinado esse coeficiente, obtém-se o coeficiente de mola à translação (recalque vertical) dado pela Equação 4, e o coeficiente de mola à rotação (giro em torno de z) dado pela Equação 5. Os resultados das Equações 4 e 5 foram inseridos no Ftool para cada apoio do tipo mola do pórtico da Figura 5.

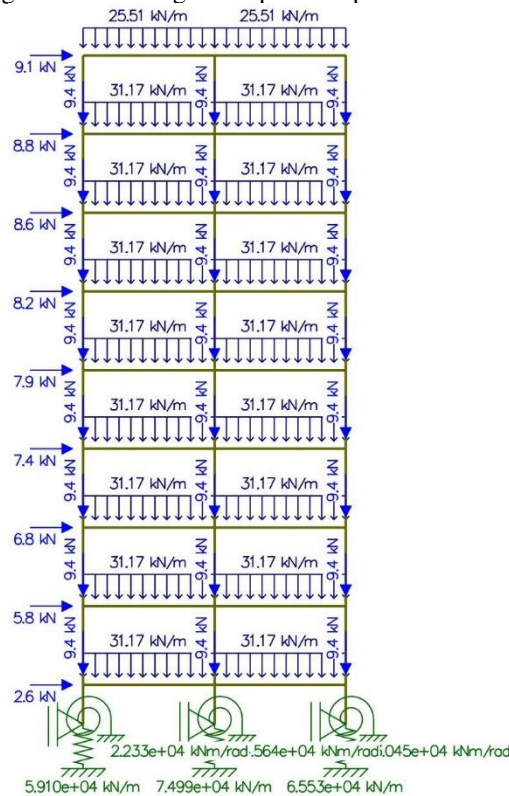
Com as mesmas combinações de ações, foram determinadas as reações nos apoios, os deslocamentos e os esforços solicitantes do pórtico considerando a interação solo-estrutura. O processo de interação consiste em redimensionar as sapatas para os novos valores obtidos, e repetir todo o processo até que os valores comecem a convergir para um certo número, com diferença máxima de $\pm 5\%$ entre uma interação e outra. Após a terceira interação, foram obtidos os valores da Tabela 2, que resultaram no último modelo de pórtico conforme ilustra a Figura 7.

Tabela 2 - Interação solo-estrutura.

| Sapata | Nk (kN) | B (m) | L (m) | Kv (N/m ³) | Kmv (kN/m) | Iy (m ⁴) | Km θ (kN.m/rad) |
|--------|---------|-------|-------|------------------------|------------|----------------------|------------------------|
| S1 | 762,4 | 1,9 | 2,1 | 14764178,6 | 59095,1 | 1,5 | 22333,0 |
| S2 | 1262,3 | 2,5 | 2,7 | 11315717,7 | 74990,1 | 4,0 | 45635,6 |
| S3 | 949,6 | 2,1 | 2,4 | 13143591,6 | 65526,1 | 2,3 | 30446,3 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 7 - Modelagem do pórtico apoiado em molas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

A Tabela 3 apresenta as reações verticais, as reações horizontais e os momentos obtidos nos apoios dos três modelos. A rótula, apoio de segundo gênero, impede as translações verticais (y) e horizontais (x), e permite a rotação da estrutura (em torno do eixo z), portanto, não oferece valor de momento como reação de apoio para as considerações de cálculo.

Tabela 3 - Reações nos apoios.

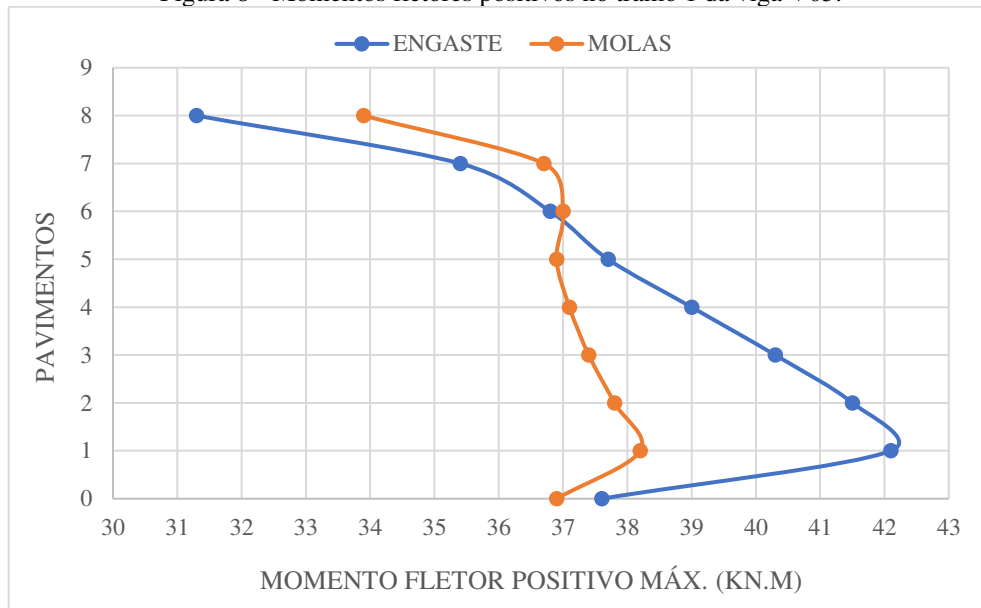
| S1 | | | |
|-----------|----------------------|------------------------|----------------|
| TIPO | Reação Vertical (kN) | Reação Horizontal (kN) | Momento (kN.m) |
| Engaste | 647,7 | 13,9 | 16,9 |
| Rótula | 636,9 | 1,70 | 0,0 |
| Molas | 764,6 | 19,0 | 11,1 |
| S2 | | | |
| TIPO | Reação Vertical (kN) | Reação Horizontal (kN) | Momento (kN.m) |
| Engaste | 1500,1 | -29,3 | 38,5 |
| Rótula | 1500,7 | -31,2 | 0,0 |
| Molas | 1257,8 | -34,1 | 27,9 |
| S3 | | | |
| TIPO | Reação Vertical (kN) | Reação Horizontal (kN) | Momento (kN.m) |
| Engaste | 826,2 | -49,7 | 48,7 |
| Rótula | 836,6 | -35,7 | 0,0 |
| Molas | 951,5 | -50,1 | 23,1 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Observa-se que, quanto ao pórtico engastado, no modelo de molas houve um aumento nas reações verticais dos apoios de canto de 15,29% e 13,01% nos apoios S1 e S3 respectivamente, e uma diminuição no apoio central de 19,26%, o que aponta para a hipótese da redistribuição de esforços na estrutura. Houve uma diminuição significativa na transmissão de momentos na base da estrutura ao considerar a interação solo-estrutura, chegando a 110,82% a menos no apoio S3.

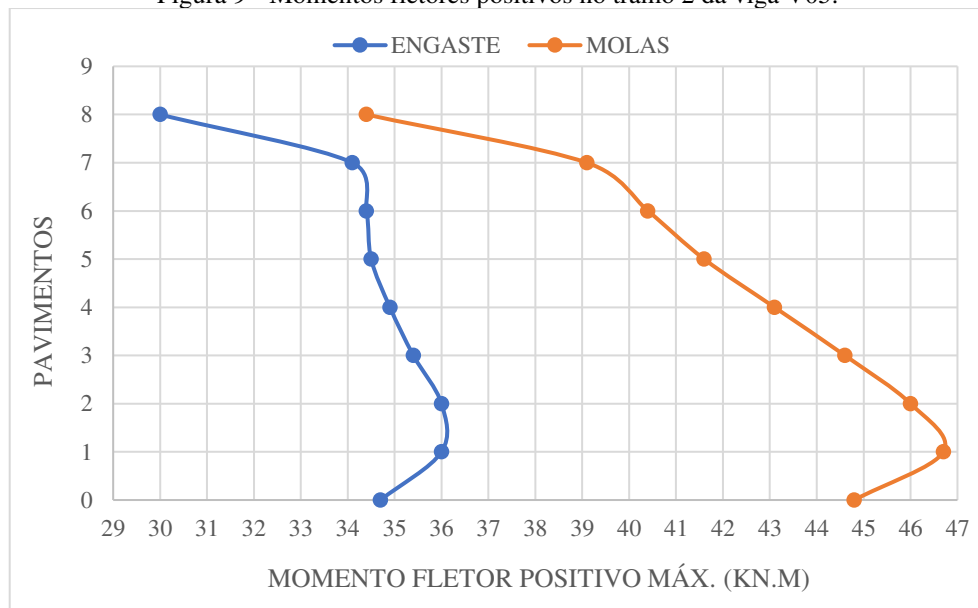
Ao comparar os momentos fletores máximos positivos, o modelo de rótulas apresentou os mesmos valores que o modelo de engastes. Já no modelo de molas, houve uma diminuição nos cinco primeiros pavimentos do primeiro tramo da viga, seguido de um pequeno aumento nos últimos pavimentos. No segundo tramo da viga, os valores obtidos pela consideração da interação solo-estrutura foram maiores do que o método convencional de análise, chegando a uma diferença de até 23% maior. As Figuras 8 e 9 ilustram graficamente estas diferenças.

Figura 8 - Momentos fletores positivos no tramo 1 da viga V05.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Figura 9 - Momentos fletores positivos no tramo 2 da viga V05.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Analisando os momentos negativos na viga, se confirma a hipótese da redistribuição de esforços nos pilares devido a um considerável aumento nos momentos negativos junto aos pilares de extremidade P4 e P6, e diminuição junto ao pilar central P5. Como pode ser observado na Tabela 4, no tramo 1 da viga junto ao pilar de extremidade P4 houve um aumento de 69,40% no momento negativo para o pavimento 1, enquanto junto ao pilar central P5 ocorre uma diminuição de 45,76%. No tramo 2 as diferenças são ainda maiores junto ao pilar central,

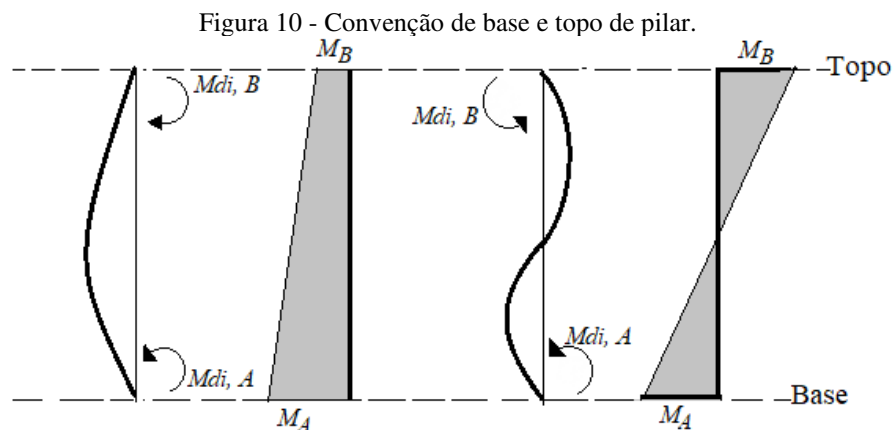
ocorrendo inversão de momento nos pavimentos 1 e 2, o que significa que a viga seria dimensionada para momento negativo no modelo de apoio fixo quando na verdade, ao considerar a interação solo-estrutura do modelo de molas este momento seria positivo.

Tabela 4 - Momentos negativos na viga V05 em kN.m.

| PAV. | No tramo 1 da viga | | | | No tramo 2 da viga | | | |
|------|--------------------|-------|-------------|-------|--------------------|-------|-------------|--------|
| | Junto ao P4 | | Junto ao P5 | | Junto ao P5 | | Junto ao P6 | |
| | Engaste | Molas | Engaste | Molas | Engaste | Molas | Engaste | Molas |
| 0 | -30,8 | -53,9 | -93,9 | -67,3 | -43,6 | -0,2 | -83,8 | -124,7 |
| 1 | -13,8 | -45,1 | -108,3 | -74,3 | -30,8 | 6,2 | -97,7 | -132,2 |
| 2 | -15,5 | -48,0 | -107,1 | -72,0 | -31,7 | 4,0 | -96,5 | -129,6 |
| 3 | -20,3 | -53,1 | -102,6 | -67,2 | -36,2 | -0,8 | -91,6 | -124,5 |
| 4 | -26,1 | -58,9 | -97,2 | -61,8 | -41,6 | -6,2 | -85,8 | -118,5 |
| 5 | -32,4 | -65,2 | -91,4 | -56,0 | -47,4 | -11,9 | -79,7 | -112,5 |
| 6 | -38,5 | -71,1 | -85,5 | -50,3 | -53,5 | -18,3 | -72,9 | -105,5 |
| 7 | -46,5 | -80,5 | -78,8 | -42,8 | -58,8 | -22,8 | -67,9 | -101,9 |
| 8 | -33,4 | -60,5 | -65,0 | -32,4 | -55,9 | -23,4 | -43,7 | -70,7 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

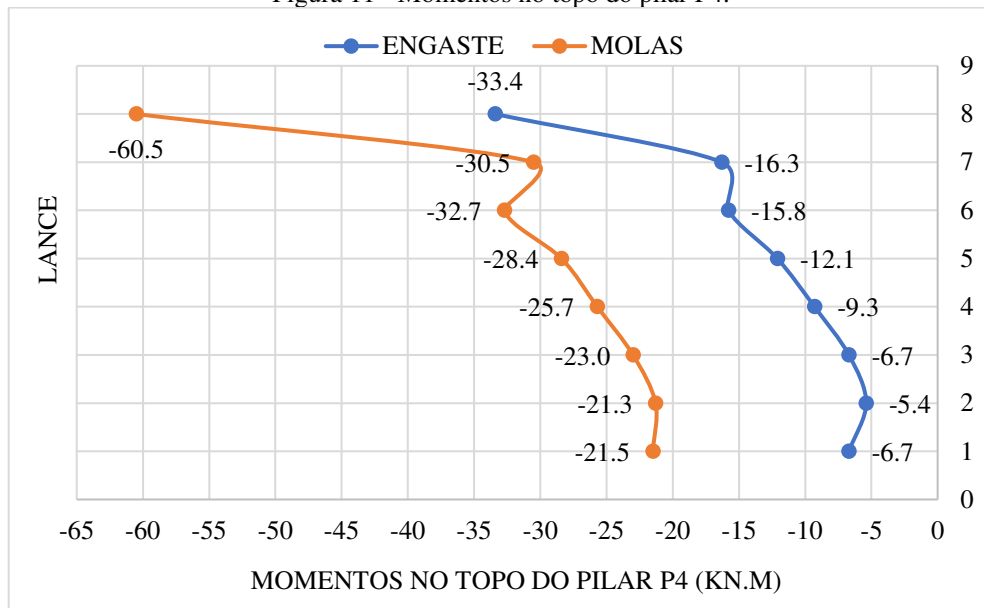
Para o dimensionamento de pilares deve-se levar em consideração os esforços na extremidade, no meio e na base dos pilares, portanto, é importante analisar o efeito da mudança das condições de apoio nos momentos fletores de 1º ordem nas bases e topos de cada lance de pilar. A Figura 10 ilustra o que foi admitido como topo e base do pilar, baseado em Vanderlei (2008).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021, baseado em Vanderlei, 2008).

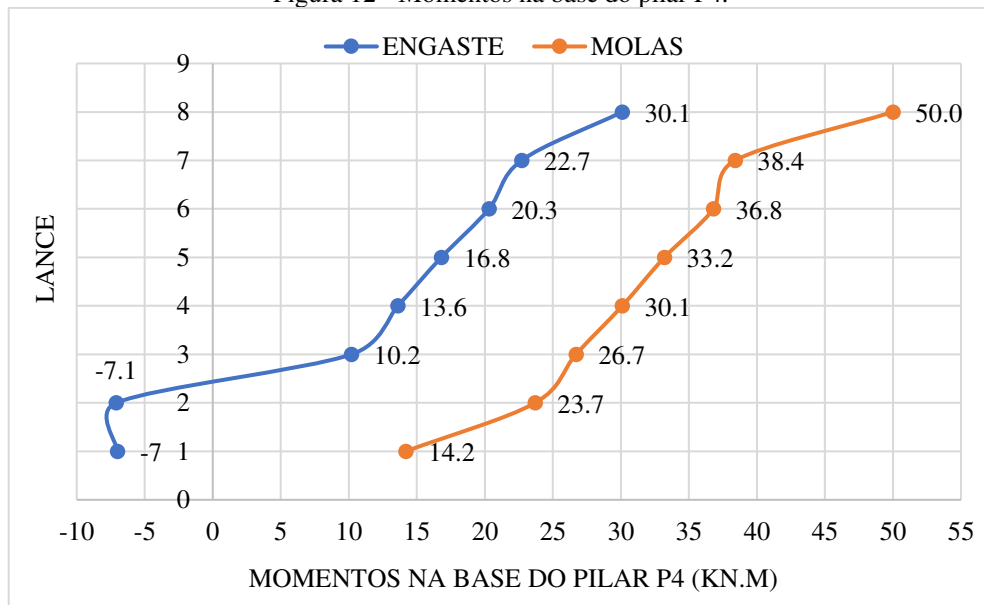
Comparando os modelos de engaste e rótulas, não houve mudanças significativas nos valores de momento. As Figuras de 11, 12, 13, 14, 15 e 16 mostram o comportamento apresentado pelos pilares P4, P5 e P6, respectivamente, considerando a estrutura apoiada em engastes e considerando a ISE no modelo apoiado em molas, para seus topos e suas bases.

Figura 11 - Momentos no topo do pilar P4.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

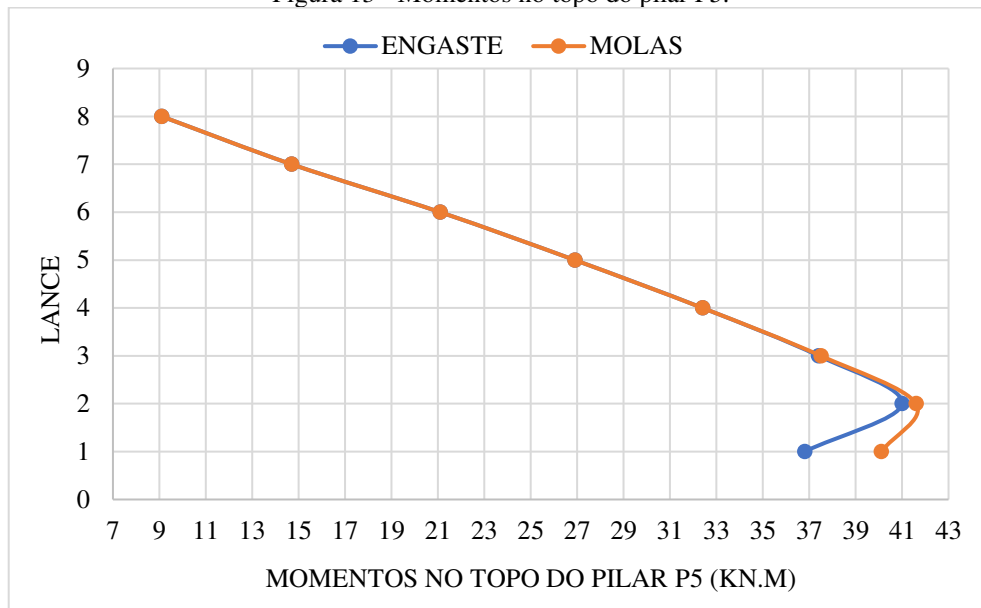
Figura 12 - Momentos na base do pilar P4.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

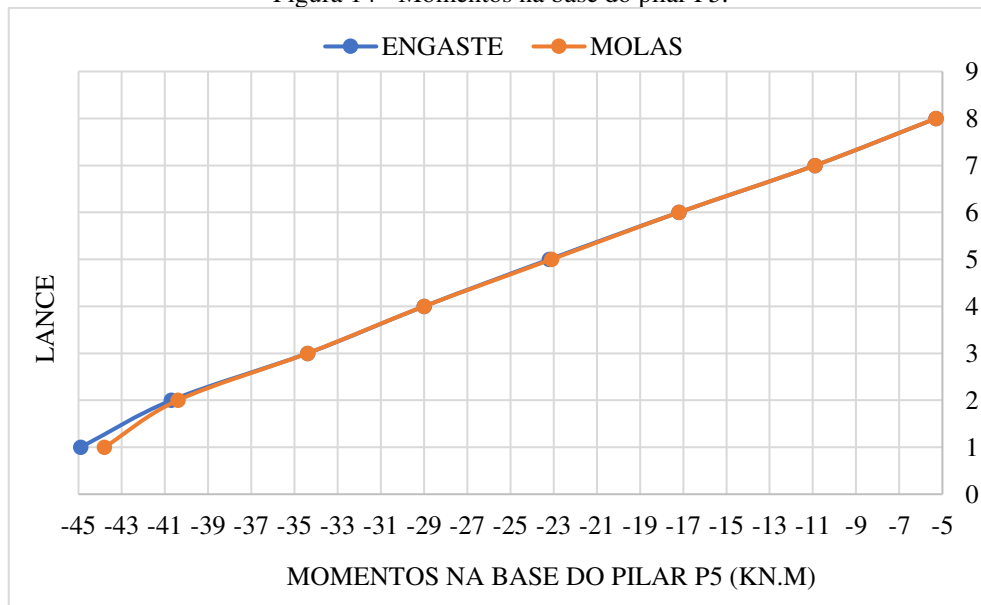
Ao analisar os momentos na base e no topo do pilar P4, é possível perceber que os momentos no último lance do pilar são maiores, um comportamento normal pois o momento de continuidade entre os elementos depende da rigidez entre o pilar superior e o pilar inferior. No último pavimento, não há pilar superior, portanto, todo o momento aplicado no pavimento vai ser absorvido pelo último lance de pilar.

Figura 13 - Momentos no topo do pilar P5.



Fonte: Elaborado pelo autor 2021.

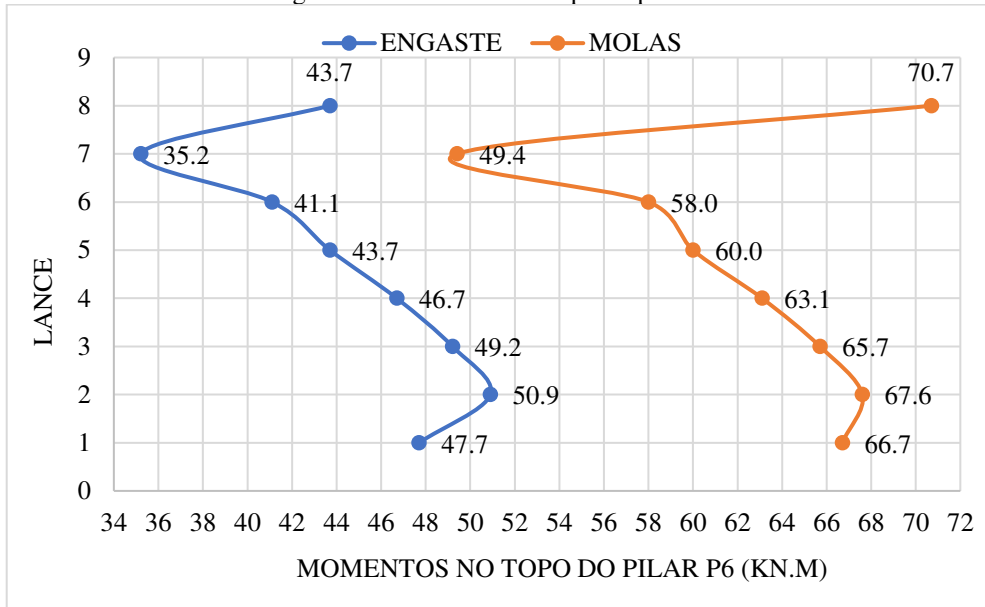
Figura 14 - Momentos na base do pilar P5.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

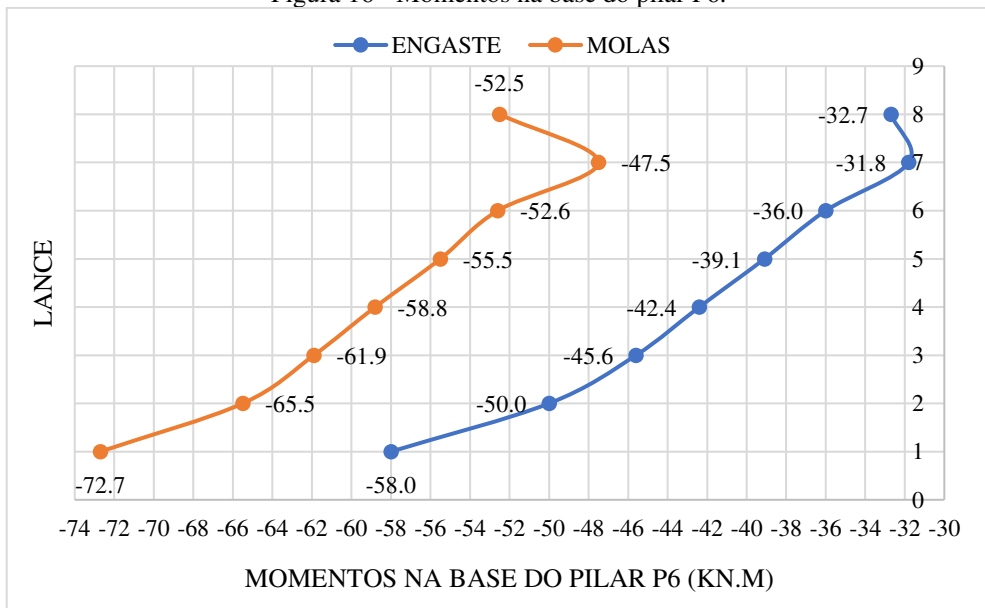
Nota-se que no pilar central P5 não houve diferenças significativas em ambos modelos. No pilar P4, devido aos efeitos da interação solo-estrutura houve um aumento nos momentos em toda a altura do edifício quando comparado ao modelo indeslocável, como ilustram as Figuras 11 e 12.

Figura 15 - Momentos no topo do pilar P6.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 16 - Momentos na base do pilar P6.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Pelas Figuras 15 e 16 observa-se que houve aumento nos momentos no topo do pilar P6, principalmente nos últimos pavimentos ao considerar a interação solo-estrutura, assim como o pilar P4, este, porém, apresentou maiores diferenças. A partir da análise desses momentos, tanto na base quanto no topo, é claramente observável a redistribuição de esforços ocorrida nos pilares ao considerar a deformabilidade do solo.

A Tabela 5 apresenta os valores de deslocamentos horizontais no pilar P5 obtidos nos pavimentos ao se considerar o pórtico apoiado em engastes, em rótulas e em molas. Os valores

são maiores ao considerar a interação solo-estrutura, porém, do térreo ao pavimento 2 os deslocamentos são maiores no modelo rotulado.

Tabela 5 – Deslocamentos horizontais (cm).

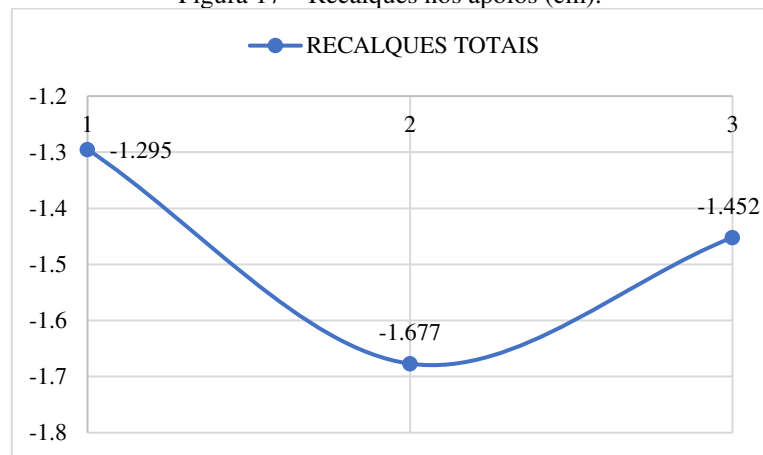
| PAV | P5 | | |
|-----|---------|--------|-------|
| | Engaste | Rótula | Molas |
| 0 | 0,041 | 0,155 | 0,101 |
| 1 | 0,277 | 0,454 | 0,419 |
| 2 | 0,541 | 0,728 | 0,735 |
| 3 | 0,781 | 0,971 | 1,023 |
| 4 | 0,987 | 1,177 | 1,277 |
| 5 | 1,155 | 1,345 | 1,493 |
| 6 | 1,284 | 1,474 | 1,669 |
| 7 | 1,372 | 1,561 | 1,804 |
| 8 | 1,420 | 1,610 | 1,900 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

No entanto, ao analisar a média entre os valores de cada modelo, matematicamente o modelo de molas apresenta valores maiores de deslocamentos, o que demonstra mais uma vez que a avaliação da ISE pode influenciar significativamente na magnitude dos esforços em uma estrutura, normalmente conduzindo a valores mais confiáveis, desde que os parâmetros, principalmente os referentes ao solo, sejam devidamente avaliados e originados de fontes confiáveis, como ensaios de laboratório e de campo.

Verificou-se também o deslocamento vertical descendente (Figura 17) provocado pela consideração da deformabilidade do solo. No modelo de análise convencional, seguindo a hipótese de apoios indeslocáveis, não é possível obter essa informação, podendo assim negligenciar futuros danos prejudiciais à edificação.

Figura 17 – Recalques nos apoios (cm).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Pela Figura 1, que relaciona o deslocamento vertical com o vão entre os pilares para obtenção da distorção angular limite causado pelo recalque diferencial, observa-se que para o vão adotado de 5,00 metros estes valores de deslocamentos verticais podem ocasionar fissuras e trincas, principalmente próximo ao pilar central, que apresentou limites de segurança não aceitáveis. A Tabela 6 apresenta os valores da relação entre o recalque obtido e o vão entre os pilares.

Tabela 6 - Relação recalque/vão.

| S1 | S2 | S3 |
|-------|-------|-------|
| 1/386 | 1/298 | 1/344 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Para melhor avaliar os recalques obtidos seria necessário analisar a estrutura como um todo.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES

Diante das análises realizadas, foi possível observar diferenças significativas entre os modelos mesmo em uma modelagem simplificada para ISE. Notou-se a grande importância de sua consideração, influenciando no sentido e magnitude dos esforços e amplificando os deslocamentos totais. Entre os apoios rotulados e engastados, houve pouca diferença nos resultados, e, devido ao modelo de pórtico apoiado apenas em rótulas permitir a rotação em z, seus valores são pouco representativos para o cálculo de fundações e conseqüentemente para o dimensionamento de estruturas.

As maiores diferenças foram observadas ao comparar o modelo convencional de análise estrutural, o pórtico engastado, com a hipótese de que os apoios funcionam como molas, considerando a interação solo-estrutura. As deformações do solo causadas pelas cargas aplicadas geram recalques diferenciais que rotacionam as vigas e resultam em forças extras que migram para os pilares com recalques menores. De fato, já nas primeiras análises foi possível perceber o aumento nas reações de apoio na medida que houve uma redução desse valor no pilar central. A diminuição dos momentos fletores nos apoios é benéfica para o dimensionamento dos pilares, pois com uma alta carga axial obtém-se uma taxa de armadura bem aproveitada pela seção do pilar.

Ao analisar os momentos negativos das vigas próximo aos pilares, observou-se um comportamento semelhante, havendo inclusive inversão de sentido nos primeiros pavimentos. Este comportamento se dá devido o pilar central receber uma carga maior das vigas e lajes. Dessa forma, ao considerar o módulo de deformação do solo, faz-se com que tal carga seja melhor distribuída entre os elementos estruturais, como foi possível observar também na distribuição dos momentos nas bases e topos dos pilares. Com isso, pode-se concluir que a hipótese de apoios deslocáveis apresenta resultados mais significativos para o cálculo de estruturas, pois mesmo fazendo uma análise simplificada, os valores obtidos alterariam significativamente o dimensionamento dos elementos estruturais, principalmente nos primeiros pavimentos, pois a rigidez da estrutura aumenta à medida que se eleva o número de pavimentos.

Caso não fosse considerada a interação solo-estrutura, o que ocorre usualmente, alguns elementos seriam subdimensionados e outros superdimensionados, outros, ainda, seriam dimensionados para suportar um valor inverso ao que lhe seria solicitado realmente. Ademais, ao considerar que os apoios são fixos descarta-se qualquer deslocamento vertical, o que foi

posto à prova e demonstrado que os deslocamentos obtidos através da interação solo-estrutura poderiam causar danos funcionais e estruturais à edificação.

Nesse contexto, mesmo com a consideração de um modelo simplificado, comprovou-se a variação nos esforços atuantes na estrutura ao considerar diferentes condições de apoio, em que o modelo de pórtico apoiado em molas apresentou valores significativos e mais próximos da realidade que seriam negligenciados na hipótese convencional de pórtico engastado. Como sugestão para pesquisas futuras, pode-se estudar o comportamento de estruturas formadas por pórticos espaciais (três dimensões), com apoios em fundações superficiais (sapatas) e em fundações profundas (estacas).

REFERÊNCIAS

- ALBORTA, Fernando Lopez. **Avaliação dos métodos disponíveis para a análise de estruturas de pequeno porte com fundações superficiais considerando a interação solo - estrutura (ISE)**. [2018?] Disponível em: <https://www.passeidireto.com/perfil/26624272>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- ANTONIAZZI, Juliana Pippi. **Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais**. 2011. 138p. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988 versão corrigida 2/2013.
- BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de fundações**. 2ª edição experimental – 1º tiragem. Brasília: UnB – Infrasolo, 2015.
- BEZERRA, Raul Saraiva; ALMEIDA, Marcela Moreira da Rocha. **Influência da interação solo estrutura em edificações de fundações do tipo sapata**, In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, VII, 2018, Morada Nova, CE. IFCE, 2018. p.03 – 04.
- BOWLES, J. E. **Foundation: analysis and design**. 3º ed. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1982.
- CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- COLARES, George Moura. **Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios**. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- GUSMÃO, Alexandre Duarte. **Estudo da interação solo-estrutura e sua influência em recalques de edificações**. 1990. 165p. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 1990.
- IWAMOTO, Roberto Kunihiro. **Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda**. 2000. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. 2º edição. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017.

MORRISON, Nelson. **Interacción suelo-estructuras: semi-espacio de Winkler**. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 1993.

PAVAN, R. C.; COSTELLA, M. F.; GUARNIERI, G. **Interação solo-estrutura para sistemas estruturais reticulados sobre fundações rasas**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Chapecó, SC, volume 7, nº 2, p. 260 – 285, 03 de abril de 2014.

SOARES, Wanessa Cartaxo. **Análise de recalques de edifícios em solos melhorados em estacas de compactação**. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 01 de janeiro de 2003.

VANDERLEI, Romel Dias. **Pilares**. 2008. Disponível em: <https://silo.tips/download/universidade-estadual-de-maringa-centro-de-tecnologia-departamento-de-engenharia-4>. Acesso em: 15 abr. 2021.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TERZAGHI, Karl. **Evaluation of coefficients of subgrade reaction**. Geotechnique, volume 5, nº 4, p. 41-50, 1955.

WINKLER, E. 1867. **Theory of elasticity and strength**. Dominicus Prague, Czechoslovakia.

ANEXO

Figura 18 - Fatores de forma I_s para carregamentos na superfície de um meio de espessura infinita.

| Forma | Flexível | | | Rígido |
|-------------|----------|-------|-------|--------|
| | Centro | Borda | Média | |
| Círculo | 1,00 | 0,64 | 0,85 | 0,79 |
| Quadrado | 1,12 | 0,56 | 0,95 | 0,99 |
| Retângulo | | | | |
| $L/B = 1,5$ | 1,36 | 0,67 | 1,15 | |
| 2 | 1,52 | 0,76 | 1,30 | |
| 3 | 1,78 | 0,88 | 1,52 | |
| 5 | 2,10 | 1,05 | 1,83 | |
| 10 | 2,53 | 1,26 | 2,25 | |
| 100 | 4,00 | 2,00 | 3,70 | |
| 1000 | 5,47 | 2,75 | 5,15 | |
| 10000 | 6,90 | 3,50 | 6,60 | |

Fonte: Perloff (1975, *apud* VELLOSO; LOPES, 2011)

Figura 19 - Módulo de deformação e coeficiente de Poisson para diferentes solos.

| Módulo de deformação E_s (MPa) | | Coeficiente de Poisson μ | |
|----------------------------------|----------|---|------------|
| Argila | | Argila | |
| - muito mole | 2 - 15 | - saturada | 0,4 - 0,5 |
| - mole | 5 - 25 | - não saturada | 0,1 - 0,3 |
| - média | 15 - 50 | - arenosa | 0,2 - 0,3 |
| - dura | 50 - 100 | - siltsosa | 0,3 - 0,35 |
| - arenosa | 25 - 250 | — | — |
| Areia | | Areia | |
| - siltsosa | 7 - 21 | - densa | 0,2 - 0,4 |
| - fofa | 10 - 24 | - fofa* e grossa | 0,15 |
| - compacta | 48 - 81 | - fofa* e fina | 0,25 |
| Areia/pedregulho | | Rochas | |
| - fofa | 48 - 144 | - varia apenas em função do tipo de rocha | 0,1 - 0,4 |
| - compacta | 96 - 192 | | |

Fonte: Bowles (1982, *apud* THOMAZ, 2003)



Capa > Usuário > Autor > Submissões > #5855 > **Resumo**

#5855 Sinopse

RESUMO AVALIAÇÃO EDIÇÃO

Submissão

| | | | |
|--------------------|--|------------|-------------------------------|
| Autores | Rute Cavalcante Pereira, José Lucas Pessoa de Oliveira | | |
| Título | Estudo sobre o comportamento estrutural de pórticos planos em concreto armado sujeitos a diferentes condições de apoio | | |
| Documento original | 5855-16527-1-SM.PDF | 2021-04-30 | |
| Docs. sup. | 5855-16543-1-SP.PDF | 2021-04-30 | INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR |
| Submetido por | Senhorita Rute Cavalcante Pereira | | |
| Data de submissão | abril 30, 2021 - 11:36 | | |
| Seção | Engenharías I | | |
| Editor | Nenhum(a) designado(a) | | |

Situação

| | |
|------------------|-----------------------|
| Situação | Aguardando designação |
| Iniciado | 2021-04-30 |
| Última alteração | 2021-04-30 |

Metadados da submissão

EDITAR METADADOS

Autores

| | |
|---|--|
| Nome | Rute Cavalcante Pereira |
| Instituição/Afiliação | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras |
| País | Brasil |
| Resumo da Biografia | — |
| Contato principal para correspondência. | |
| Nome | José Lucas Pessoa de Oliveira |
| Instituição/Afiliação | — |
| País | Brasil |
| Resumo da Biografia | — |

Título e Resumo

Título Estudo sobre o comportamento estrutural de pórticos planos em concreto armado sujeitos a diferentes condições de apoio

Resumo Nas análises de estruturas convencionais, superestrutura e infraestrutura são calculadas separadamente, desprezando os efeitos das deformações do solo, considerando que as condições de apoio se comportam como rótulas ou engastes perfeitos. Entretanto, com o aumento da complexidade das obras é importante avaliar modelos estruturais que simulem o comportamento do solo, considerando a Interação Solo-Estrutura (ISE). Um desses modelos foi proposto por Winkler, no qual o solo é considerado como um apoio elástico, com coeficiente de reação para cada direção de solicitação. Esse trabalho analisou um pórtico plano submetido a três condições de apoio para as fundações, sendo elas: engaste, rótula e apoio elástico. Foi utilizado o *software* Ftool para auxiliar na análise estrutural dos pórticos, e o Excel para organização e tabulação dos dados. Apesar de se tratar de uma análise simplificada, foi possível representar de forma satisfatória o comportamento da estrutura para cada tipo de apoio. Com a consideração da ISE, nota-se que houve uma tendência do apoio central (mais carregado e com maior recalque) ter um alívio no seu carregamento, enquanto nos pilares de extremidade houve um aumento de carga.

Indexação

Palavras-chave Pórticos planos; Interação solo-estrutura; Reações; Deslocamentos.
Idioma pt

Agências de fomento

Agências —

Metadados específicos OpenAIRE

ProjectID

—

Referências

Referências

- ALBORTA, Fernando Lopez. Avaliação dos métodos disponíveis para a análise de estruturas de pequeno porte com fundações superficiais considerando a interação solo -estrutura (ISE). [2018?] Disponível em: <https://www.passeidireto.com/perfil/26624272>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- ANTONIAZZI, Juliana Pippi. Interação solo-estrutura de edifícios com fundações superficiais. 2011. 138p. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988 versão corrigida 2/2013.
- BERBERIAN, Dickran. Engenharia de fundações. 2ª edição experimental – 1ª tiragem. Brasília: UnB – Infrasolo, 2015.
- BEZERRA, Raul Saraiva; ALMEIDA, Marcela Moreira da Rocha. Influência da interação solo estrutura em edificações de fundações do tipo sapata. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, VII, 2018, Morada Nova, CE. IFCE, 2018. p.03 – 04.
- BOWLES, J. E. Foundation: analysis and design. 3º ed. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 1982.
- CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson; ALBIERO, José Henrique. Fundações diretas: projeto geotécnico. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- COLARES, George Moura. Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- GUSMÃO, Alexandre Duarte. Estudo da interação solo-estrutura e sua influência em recalques de edificações. 1990. 165p. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 1990.
- IWAMOTO, Roberto Kunihiro. Alguns aspectos dos efeitos da interação solo-estrutura em edifícios de múltiplos andares com fundação profunda. 2000. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- MARTHA, Luiz Fernando. Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos. 2ª edição. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017.
- MORRISON, Nelson. Interacción suelo-estructuras: semi-espacio de Winkler. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 1993.
- PAVAN, R. C.; COSTELLA, M. F.; GUARNIERI, G. Interação solo-estrutura para sistemas estruturais reticulados sobre fundações rasas. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Chapecó, SC, volume 7, nº 2, p. 260 – 285, 03 de abril de 2014.
- SOARES, Wanessa Cartaxo. Análise de recalques de edifícios em solos melhorados em estacas de compactação. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- THOMAZ, Ercio. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 01 de janeiro de 2003.
- VANDERLEI, Romel Dias. Pilares. 2008. Disponível em: <https://silo.tips/download/universidade-estadual-de-maringa-centro-de-tecnologia-departamento-de-engenharia-4>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- TERZAGHI, Karl. Evaluation of coefficients of subgrade reaction. Geotechnique, volume 5, nº 4, p. 41-50, 1955.
- WINKLER, E. 1867. Theory of elasticity and strength. Dominicus Prague, Czechoslovakia.

ISSN 1517-0306



Este periódico está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

Com essa licença, é permitido acessar, baixar (download), copiar, imprimir, compartilhar, reutilizar e distribuir os artigos desde que para fins não comerciais e com a citação da fonte, conferindo os devidos créditos de autoria e menção à Revista Principia. Ao submeter artigos à Revista Principia, os autores concordam em tornar seus textos legalmente disponíveis segundo essa licença. Usos comerciais do material publicado na revista só serão permitidos após autorização por escrito da revista e do(s) autor(es).

Revista Principia está registrada e/ou indexada através dos seguintes serviços:

Documento Digitalizado Restrito

Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por: Rute Cavalcante
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rute Cavalcante Pereira, ALUNO (201612200389) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 05/05/2021 16:37:37.

Este documento foi armazenado no SUAP em 05/05/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 224276

Código de Autenticação: 32ecb6e2f0

