



COBENGE
2021

XLIX Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e IV Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADE PRÁTICA COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA DE FUNDAÇÕES

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2021.3375

Ana Carolina Reis Lozovey - ana.loz@terra.com.br
Universidade do Vale do Itajai
Rua 1401 100
88330-798 - Balneário Camboriú - SC

Marcia Cristina da Silva Santos - marcia-cristina231@hotmail.com
Universidade do Vale do Itajai
Rua Galvão 306
88047-615 - Florianópolis - SC

Marina Martinelli Duarte - marina.duarte@univali.br
Universidade do Vale do Itajai
Av das Arapongas 1265
88338-630 - Balneário Camboriú - SC

Resumo: *O presente trabalho aborda a aplicação de metodologias que envolvem aulas teóricas, com todos os conceitos necessários à aprendizagem, e abordagem prévia às aulas práticas, através de simulações de situações reais e comumente encontradas no mercado de trabalho. Trata-se de aplicação de uma atividade prática aplicada na disciplina de Fundações, contextualizando seus problemas e soluções. Após as aulas teóricas-conceituais, os grupos de alunos realizam exercício com a elaboração de uma situação que poderia acontecer na vida prática profissional, aproximando os conceitos estudados com o mercado. Os alunos criam problemas e especificam possíveis soluções, demonstrando em forma de painel as escolhas quem englobam: o uso da edificação, a investigação do subsolo através das sondagens, as características do subsolo, os tipos de fundação e suas características, e as possíveis patologias que devem ser evitadas na construção civil e/ou corrigidas. Neste trabalho são apresentados tópicos de painéis elaborados pelos alunos da disciplina de Fundações no Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí como resultado de simulações de situações práticas. Percebeu-se que esta metodologia empregada despertou nos*

Promoção:



Realização:





COBENGE
2021

XLIX Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e IV Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

alunos o cuidado na aplicação dos conceitos estudados, a análise de possibilidades de soluções propostas para cada situação trabalhada, melhorando a qualidade dos projetos desenvolvidos na graduação.

Palavras-chave: Fundações. Simulações práticas. Ensino-aprendizagem.

Promoção:



Realização:



DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADE PRÁTICA COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA DISCIPLINA DE FUNDAÇÕES

1 INTRODUÇÃO

O ensino de estruturas e fundações nos cursos de Arquitetura e Urbanismo é imprescindível para a formação do arquiteto e, no geral, se baseia em disciplinas com cálculos matemáticos e muitas vezes carece de conteúdos integrados e que abordem interferências da arquitetura no projeto de estruturas e de fundações e das características do subsolo no projeto arquitetônico.

Aos arquitetos, é conferida a escolha de trabalhar-se com edificações mais horizontalizadas, que distribuem uniformemente as cargas no solo, edificações mais verticalizadas, com maiores cargas pontuais, sistemas estruturais com vãos maiores entre pilares, que alteram a distribuição de cargas até as fundações e interferem diretamente no projeto arquitetônico.

Desenvolve-se tecnologia para que as edificações tenham quase que em sua maioria grandes vãos, ambientes amplos e praticamente sem estrutura aparente, e edifícios cada vez mais altos. Nestas situações, é comum o desejo de que os pilares sejam embutidos nas paredes; e com os ambientes amplos, novamente a imposição de grandes vãos. A consequência é o aumento das cargas nas fundações e no solo.

A alteração de projetos, a necessidade de reformas e ampliações, o acréscimo de número de pavimentos e alteração do uso da edificação, podem resultar em acréscimo de cargas e muitas vezes significar a necessidade de reforços de fundações.

Paralelo a este fato, desenvolve-se e emprega-se em projetos e obras materiais cada vez mais leves, sejam materiais de piso, divisórias removíveis, lajes com menores pesos próprios. Ampliam-se as opções dos materiais especificados no projeto arquitetônico, a escolha dos sistemas estruturais aliados à arquitetura, as possíveis soluções dos tipos de fundações que atendam às cargas da edificação.

O presente artigo aborda atividade prática que foi aplicada em sala de aula na disciplina de Fundações. No decorrer da atividade, os alunos da disciplina aplicam os conceitos estudados em simulações de situações reais.

2 CONCEPÇÃO DE PROJETO

A concepção de um projeto é fase anterior ao desenho e aos cálculos. Nessa fase, o projetista toma decisões quanto à funcionalidade, estética, materiais disponíveis, transporte, custos e mão de obra disponível. A evolução das formas estruturais está diretamente ligada aos materiais disponíveis, à tecnologia da construção, conhecimento do projetista sobre comportamento estrutural e habilidade dos trabalhadores da construção (LEET; UANG; GILBERT, 2009).

Segundo Torroja (1960), a concepção estrutural, enquanto fruto de um processo criativo, necessariamente deve estabelecer a conexão entre processos técnicos e artísticos. Para Rebello (2010), as construções antigas muitas vezes eram refeitas e as modificações garantiam mais estabilidade estrutural. Hoje, não se precisa fazer, cair e refazer para termos obras como, por exemplo, O Museu do Amanhã de Santiago Calatrava,

a Brasília de Oscar Niemeyer, a Casa Butantã de Paulo Mendes da Rocha e outros de excepcional valor.

O ensino atual de estruturas e fundações nos cursos de Arquitetura e Urbanismo precisa de abordagens com relação à forma, à função, à tecnologia da construção, ao conforto, à infraestrutura urbana, ou seja, de exemplos, conteúdos e projetos cada vez mais integrados. Segundo Rebello (2010) seria sempre desejável que o arquiteto, ao projetar a arquitetura, estivesse preocupado com a estrutura, de modo que estrutura e arquitetura se integrassem, sem que uma prejudicasse a outra.

Nesse sentido, as tecnologias e os softwares vêm se tornando importantes para o desenvolvimento das matrizes de rigidez para vigas, placas e elementos de casca que permitem a análise de estruturas complexas rápida e precisamente (LEET, 2009). As novas tecnologias auxiliam nas decisões de projeto, e levam em consideração aspectos técnicos de desempenho, manutenções, consumo de materiais, processos executivos, o que facilita a concepção e a integração entre projetos. (NETO, 2011). Juntamente às questões de projetos integrados, a exemplo do sistema BIM, a escolha do sistema estrutural e de fundações e tecnologias construtivas impactam diretamente no conhecimento do espaço ocupado pelos elementos estruturais no projeto urbanístico-arquitetônico e sua distribuição de cargas até as fundações e o solo.

Trabalhos apresentados nos Encontros Nacionais de Professores de Estruturas para Escolas de Arquitetura recomendam que o ensino seja dividido em três etapas. Na primeira, de caráter introdutório, o objetivo é colocar o aluno em contato com os fenômenos estruturais a partir de uma abordagem conceitual. Iniciam-se então os estudos quantitativos de caráter aprofundado. E na última fase ocorrem as atividades de projeto, nas quais os alunos devem desenvolver soluções arquitetônicas integradas (SARAMAGO; LOPES, 2009). Torroja (1960) foi um dos primeiros a defender a ideia de que a concepção estrutural, enquanto fruto de um processo criativo, necessariamente deve estabelecer a conexão entre processos técnicos e artísticos.

3 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA ATIVIDADE

A atividade é desenvolvida na disciplina de Fundações do curso de Arquitetura e Urbanismo da Univali. A intenção é despertar nos alunos a importância do conhecimento de fundações e empregar os conceitos estudados em simulações de situações reais a serem enfrentadas no mercado de trabalho.

Após as aulas teóricas, contendo os conceitos necessários à aprendizagem, e expositivas, com os exemplos e estudos de caso, é aplicada metodologia mais próxima da prática.

Os alunos da disciplina recebem opções de (1) edificações com diferentes cargas acidentais; (2) adotam um tipo de sondagem já abordada em sala de aula, e que justifique a profundidade escavada/investigada de acordo com os parâmetros da norma ABNT NBR 8036 (1983), que trata da programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios; (3) trabalham com os resultados destas sondagens; (4) fazem a escolha do tipo de fundação mais compatível com a edificação e o solo encontrado; (5) especificam e apresentam as características do tipo de fundação que justifique o projeto; e por fim, (6) apresentam medidas preventivas ou corretivas quanto às patologias de fundação, como: recalques diferenciais provocados por bolsões de argila mole não

identificados nas sondagens, estacas locadas fora de posição por alteração da arquitetura, acréscimo de pavimentos durante reformas e ampliações.

A Tabela 1 apresenta resumidamente as opções da atividade.

Tabela 1. Atividade curricular em formato de painel.

| Itens da atividade | Opções trabalhadas |
|---------------------------------|--|
| (1) Uso da edificação | Um teatro, um galpão, um edifício multifamiliar de 10 pavimentos |
| (2) Investigação do subsolo | Sondagens SPT, CPT, à trado, rotativa |
| (3) Subsolo | Areia, argila, silte, rocha |
| (4) Tipo de fundação | Sapatas isoladas, estacas hélice contínua, estacas metálicas e pré-moldadas de concreto |
| (5) Especificação das fundações | Características, justificativa da escolha, diâmetros e seções transversais convencionais |
| (6) Patologias | Medidas preventivas e corretivas, problemas e soluções |

Conforme a Tabela 1 mostrada, os alunos têm opções de cada item trabalhado nas aulas. Essas opções proporcionam diferentes situações e simulações, resultando em distintas soluções de fundações. Desta forma, discutem-se diversas possibilidades projetuais e construtivas, suas variações e impactos na arquitetura da edificação.

Neste trabalho são apresentados os painéis elaborados pelos alunos como resultado de simulações de situações práticas. Percebeu-se que esta metodologia empregada despertou nos alunos o cuidado na aplicação dos conceitos estudados, a análise de possibilidades de soluções propostas para cada situação trabalhada, melhorando a qualidade dos projetos desenvolvidos na graduação.

Os trabalhos apresentados a seguir foram elaborados manualmente e apresentados em sala oralmente, relatando o processo desde sua idealização até sua concretização.

As figuras apresentadas são resultados dos painéis elaborados pelos alunos. Ressalta-se que após a elaboração das situações e confecção dos painéis, foram feitas apresentações orais expositivas para discussões de cada situação.

Os alunos simularam a edificação considerando um edifício residencial de 10 pavimentos (predominantemente verticalizado), localizado em terreno argiloso (confirmado através de sondagens SPT). Os alunos trabalharam com fundação em estacas hélice contínua e como patologia a presença de matacões. A figura 1 mostra a tipologia da edificação.

Figura 1 – Tipologia da edificação.

1

TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO

Residencial de 10 pavimentos

Prédio residencial com 10 pavimentos totalizando 31m de altura, localizado em um bairro residencial com baixa densidade demográfica. O sistema estrutural da edificação consiste em concreto armado. Devido a alta carga sobre o solo, o tipo de fundação escolhido e mais adequado para a situação é estacas de hélice contínua.



A Figura 2 aborda investigação de subsolo através das sondagens à percussão – SPT.

Figura 2 – Investigação do subsolo.

2

INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Sondagem SPT

Desenho esquemático do processo passo a passo:

1º

1ª camada é descartada na soma de resistências

2º

2ª+3ª= nº de res. do solo

3º

É executada com o propósito de obter índices de resistência na penetração do solo, há recolhimento de amostras para análise em laboratório. Consiste no reconhecimento dos tipos de solos e as respectivas espessuras de camada por camada (ABNT NBR 6484). É possível, ainda, no final do ensaio à penetração, medir o torque necessário para ruptura da amostra, e o nível do lençol freático. Possui um boletim padronizado internacionalmente.

A Figura 3 ilustra a camada predominante no subsolo.

Figura 3 – Subsolo.

3

SUBSOLO

Argila

O solo argiloso é o tipo de solo que mais existe no Brasil. Por possuir grãos menores que 0,002 mm, apresenta plasticidade, impermeabilidade, grandes deformações, alto índice de vazios, alta retenção de água, grande superfície específica (devido ao diâmetro reduzido) e capacidade de expansão.



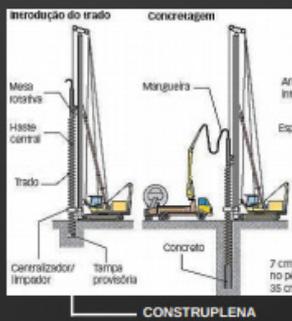
A Figura 4 demonstra o tipo de fundação adotada.

Figura 4 – Tipo de fundação.

4

TIPO DE FUNDAÇÃO

Estaca Hélice Contínua



Por tratar-se de um edifício de 10 pavimentos, em área residencial e em solo argiloso, optou-se por utilizar as Estacas Hélice Contínua, já que são de concreto, compatíveis à estrutura do edifício, são moldadas em loco, possuem rapidez, aceitam cargas elevadas e não produzem vibrações no solo, que poderiam ser incômodas para os usuários do entorno. Elas são perfuradas por um trado helicoidal contínuo, de forma que o solo é substituído por concreto bombeado sob pressão enquanto é arrancado sem rotação, seguido da inserção da armação.



A Figura 5 ilustra a patologia escolhida.

Figura 5 – Patologia.

| | | |
|---|---|---|
| <p>5 PATOLOGIA Matacão</p> | <p>Ao perfurar o solo para inserir a fundação foi encontrada a presença de um matacão de aprox. 2m de diâmetro que não havia sido previsto por se encontrar entre os furos da sondagem. Esse pedaço isolado de rocha não pode ser perfurado por estacas de hélice contínua, portanto, para solucionar a problemática, optou-se por adotar uma viga alavanca que absorve a carga do pilar da edificação e transfere para outro local do solo, desviando a estaca do matacão.</p> |  <p>CONSTRUPLENA</p> |
|---|---|---|

A Figura 6 representa o painel como resultado da situação elaborada e simulada pelo grupo de alunos.

Figura 6 – Painel.

ESTUDO DE FUNDAÇÃO E TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO

- ## TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO

Residencial de 10 pavimentos

Prédio residencial com 10 pavimentos totalizando 31m de altura, localizado em um bairro residencial com baixa densidade demográfica. O sistema estrutural da edificação consiste em concreto armado. Devido a alta carga sobre o solo, o tipo de fundação escolhido e mais adequado para a situação é estacas de hélice contínua.


- ## INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

Sondagem SPT

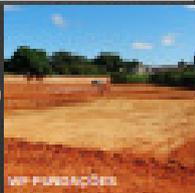
Desenho esquemático do processo passo a passo:

| | |
|----|--|
| 1º | 1ª camada e descartada na soma de resistências |
| 2º | 2ª-3ª 1ª de esp. de solo |
| 3º | |

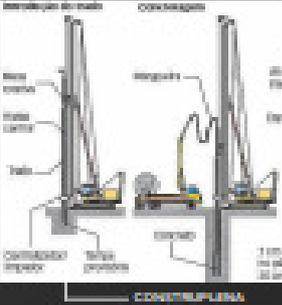
É executada com o propósito de obter índices de resistência na penetração do solo, há recolhimento de amostras para análise em laboratório. Consiste no reconhecimento dos tipos de solos e as respectivas espessuras de camada por camada (ABNT NBR 6484). É possível, ainda, no final do ensaio à penetração, medir o torque necessário para ruptura da amostra, e o nível do lençol freático. Possui um boletim padronizado internacionalmente.
- ## SUBSOLO

Argila

O solo argiloso é o tipo de solo que mais existe no Brasil. Por possuir grãos menores que 0,002 mm, apresenta plasticidade, impermeabilidade, grandes deformações, alto índice de vazios, alta retenção de água, grande superfície específica (devido ao diâmetro reduzido) e capacidade de expansão.


- ## TIPO DE FUNDAÇÃO

Estaca Hélice Contínua



Por tratar-se de um edifício de 10 pavimentos, em área residencial e em solo argiloso, optou-se por utilizar as Estacas Hélice Contínua, já que são de concreto, compatíveis à estrutura do edifício, são moldadas in loco, possuem rapidez, aceitam cargas elevadas e não produzem vibrações no solo, que poderiam ser incômodas para os usuários do entorno. Elas são perfuradas por um trado helicoidal contínuo, de forma que o solo é substituído por concreto bombeado sob pressão enquanto é arrancado sem rotação, seguido da inserção da armação.
- ## PATOLOGIA

Matacão

Ao perfurar o solo para inserir a fundação foi encontrada a presença de um matacão de apros. 2m de diâmetro que não havia sido previsto por se encontrar entre os furos da sondagem. Esse pedaço isolado de rocha não pode ser perfurado por estacas de hélice contínua, portanto, para solucionar a problemática, optou-se por adotar uma viga alavanca que absorve a carga do pilar da edificação e transfere para outro local do solo, desviando a estaca do matacão.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de ensino e aprendizagem do comportamento dos solos e das fundações das edificações, abordadas e projetadas em diversas disciplinas do curso, com um enfoque teórico e prático de possíveis situações a serem enfrentadas, resulta em um entendimento facilitado e mais próximo do mercado de trabalho.

O estudo dos conceitos e conteúdos em todo o processo de elaboração dos painéis, relacionando os usos das edificações, tipos de solos, soluções de fundações, e patologias com situações reais contribuem para essa etapa da aprendizagem.

A metodologia da atividade realizada despertou nos alunos maior interesse no entendimento dos conceitos, na pesquisa em forma de estudos de caso, nas diferentes possibilidades de soluções de fundações e a qualidade dos projetos desenvolvidos na graduação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: programação de sondagens de simples reconhecimento do solos para fundações de edifícios - procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

LEET, Kenneth, **Fundamentos da análise estrutural**. São Paulo, SP: Editora McGraw-Hill, 2009.

NETO, Jorge Batlouni. Diretrizes do projeto de estrutura para garantia do desempenho e custo. In: ISAIA, Geraldo Cechella, **Concreto: Ciência e Tecnologia**. Vol. 1. São Paulo, SP: IBRACON, 2011.

REBELLO, Y.C.P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4ª edição, São Paulo: Editora Zigurate, 2008.

SARAMAGO, R.C.P., LOPES, J.M.A. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil: estrutura curricular e recursos didáticos**. Revista Tecnológica, Edição Especial ENTECA, p. 169-179, 2009.

TORROJA, E. **Razón y Ser de los Tipos Estructurales**. Madrid: MAG. English version: Philosophy of Structures, translated by J.J. Polivka and Milos Polivka, 1960.



DEVELOPMENT OF PRACTICAL ACTIVITY AS A TEACHING AND LEARNING TOOL IN FOUNDATIONS DISCIPLINE

Abstract: *The present work addresses the application of methodologies that involve theoretical classes, with all the concepts necessary for learning, and previous approach to practical classes, through simulations of real situations and commonly found in the labor market. It is the application of a practical activity applied in the discipline of Foundations, contextualizing their problems and solutions. After the theoretical-conceptual classes, groups of students exercise with the elaboration of a situation that could happen in practical professional life, bringing the concepts studied closer to the market. Students create problems and specify possible solutions, demonstrating in a panel form the choices that encompass: the use of the building, the investigation of the subsoil through surveys, the characteristics of the subsoil, the types of foundation and its characteristics, and the possible pathologies that should be avoided in construction and / or corrected. This work presents topics of panels developed by students of the Foundations discipline in the Architecture and Urbanism Course at the University of Vale do Itajaí as a result of simulations of practical situations. It was noticed that this methodology used aroused in the students the care in the application of the studied concepts, the analysis of the possibilities of proposed solutions for each situation worked, improving the quality of the projects developed in the graduation.*

Keywords: Foundations. Practical simulations. Teaching-learning.