

**ANALISE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE AS FUNDAÇÕES, TIPO ESTACA,  
TUBULÃO E SAPATA, PARA EDIFICAÇÃO DE 11 PAVIMENTOS**

**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF FOUNDATIONS, CONCRETE PILE  
TYPE, PIPE PILE END SHOE FOOT BLOCK, FOR 11 FLOOR BUILDING**

Caroline Maiza Dapper<sup>1</sup>

Givanildo Martins de Quadros<sup>2</sup>

Jackson Luis Bartz<sup>3</sup>

Mirdes Fabiana Heng<sup>4</sup>

Tiago Augusto Keller<sup>5</sup>

**Resumo:**

Com o aumento da necessidade de moradias, a diminuição dos espaços para construção, leva o aumento do arrojado das construções, necessitando cada vez mais de fundações capazes de trazer a estabilidade necessária. Diante disso, esse estudo, com o objetivo de analisar, técnica e economicamente, as fundações, tipo estaca, tubulão e sapata, para edificação de 11 pavimentos. Para isso, foram dimensionadas as fundações para edificação, em estaca escavada, tubulão e sapata, analisando técnica e econômica entre os três métodos, com a realização do comparativo econômico com a fundação executada na obra. Baseados em normativas, ABNT NBR 6122:2022, sobre fundações, rasas ou profundas e a ABNT NBR 6118:2023, que rege as estruturas de concreto e na literatura sobre o assunto, se propôs a comparação com o uso do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com isso, obteve-se que as sapatas se destacaram perante os outros tipos de fundações, por ter o menor custo dentre as demais, com a atualização do custo da fundação já executada, foi realizada a comparação das fundações existentes com as sapatas, descobriu-se que a fundação já executada, tem um custo de 39,80% menor que as sapatas.

**Palavras-chave:** Moradia; Construção; Custo; Economia; Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Professora de Curso Superior e Servidora Pública na Prefeitura Municipal de Vista Gaúcha. Mestrado em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Professor e Coordenador de Curso Superior. Graduado, como duas especializações: Estudos Sociais e da Religião pela Universidade do Oeste de Santa Catarina -UNOESC e Espaços Celebrativo/Litúrgico e arte Sacra pela Faculdade Jesuíta de Filosofia e Teologia - FAJE. Mestrado Profissional em Políticas Sociais e Dinâmicas Regionais pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECO

<sup>3</sup> Graduação em Engenharia Mecânica - UFSM; Especialização em Logística Empresarial - FGV; Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho. (Carga Horária: 664h) – FAHOR.

<sup>4</sup> Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária - UFN; Graduação em Programa Especial de Graduação de Formação de Professores Para A Educação - UFSM; Mestrado em Construção Civil e Preservação Ambiental - UFSM.

<sup>5</sup> Engenheiro Civil, Centro Universitário FAI – UCEFF Itapiranga;

**Abstract:**

With the increase in the need for housing, the decrease in spaces for construction, leads to an increase in the boldness of constructions, requiring more and more foundations capable of bringing the necessary stability. In view of this, this study, with the objective of analyzing, technically and economically, the foundations, pile, pipe and footing type, for the building of 11 floors. For this the foundations for building were dimensioned, in excavated pile, pipe and footing, analyzing technically and economically between the three methods, with the realization of the economic comparison with the foundation executed in the work. Based on standards, ABNT NBR 6122:2022, on foundations, shallow or deep and ABNT NBR 6118:2023, which governs concrete structures and in the literature on the subject, it was proposed to compare it with the use of the National System of Research on Costs and Indices of Civil Construction (SINAPI), with this, it was obtained that the footings stood out compared to the other types of foundations, Because it has the lowest cost among the others, with the update of the cost of the foundation already executed, the comparison of the existing foundations with the footings was carried out, it was discovered that the foundation already executed, has a cost of 39.80% lower than the footings.

**Keywords:** Housing; Construction; Cost; Economy; National System of Research on Costs and Indices of Civil Construction (SINAPI).

## Introdução

A construção civil é um mercado gigante, como indústria, que vem em constante crescimento, prevendo para 2023 um aumento de 2,5% em relação a 2022, mantendo a sequência de crescimento, como os 3 anos antecedentes (MARTINS, 2022).

Conforme Conto; Oliveira; Ruppenthal, (2017), os três pilares da construção civil, são: sustentabilidade, métodos construtivos e automação. Por ser um dos setores que mais gera resíduos, a busca para reduzi-los vem como o principal, assim consequentemente baixando o custo da obra por diminuir o desperdício.

O segundo, é o crescimento e alta demanda na utilização dos pré-moldados, sendo um método já conhecido, porém com grandes inovações e um grande aumento em seu uso. Em terceiro, há uma grande demanda por automação, residencial e predial, visando conforto e segurança, onde janelas e portas podem ser monitoradas e comandadas por *smartphones*.

Segundo Jorge (2022), com o crescimento das cidades, houve um aumento das edificações verticais, visto que as casas na cidade de São Paulo, entre os anos de 2000 e 2020, tiveram um aumento de 11,8%, já os prédios 80%, sendo isto uma tendência nacional.

Com a expansão das edificações verticalizadas, as fundações também vêm se inovando, com o uso de equipamentos sofisticados, que permitem atingir grandes

dimensões e profundidades, estaca tipo Strauss, sendo o método mecanizado, antigo, onde emprega o uso de pilão, vem sendo substituído por outros métodos, como, Hélice Continua e estaca Raiz (ALMEIDA, 2020) e (BASTOS, 2020).

Conforme Lorenzi (2019), a edificação, começa nas fundações, onde o profissional que irá dimensioná-la deverá observar alguns parâmetros: tipo do solo e sua resistência, nível d'água (N. A.) e profundidade até as camadas rochosas, assim poderá definir qual tipo de fundação atenderá melhor as solicitações, sem esquecer da parte econômica.

Com objetivo de analisar, técnica e economicamente, as fundações, tipo estaca, tubulão e sapata, para edificação de 11 pavimentos, dimensionando fundações para edificação, em estaca escavada, tubulão e sapata; fazer a análise técnica e econômica entre os três métodos. Utilizou-se de uma edificação com 39,5 metros de altura, com 11 pavimentos, subsolo a garagem, térreo área comercial com mezanino e acima 8 pavimentos tipos com 257,30 metros quadrados por andar. Fazendo-se a seguinte pergunta: qual tipo de fundação, para este edifício terá a melhor viabilidade econômica e técnica, com o menor custo?

### **Elementos Estruturais**

Para Bastos (2019), a estrutura é dividida em superestrutura e infraestrutura. A infraestrutura ou subestrutura são elementos que estão abaixo da cota final do terreno, sendo esta a parte da estrutura responsável por distribuir ao solo todas as cargas que chegam da parte superior. A estrutura que antecede a infraestrutura é chamada de superestrutura, suas cargas muitas vezes são verticais sendo transmitidas por pilares.

Segundo Tasca (2018), os elementos da superestrutura, são: lajes, vigas, pilares e os elementos de ligação, como, escadas. As lajes distribuem suas cargas para as vigas, já as vigas aos pilares assim todas as cargas chegam até as fundações que compõem a infraestrutura, onde são distribuídas ao solo.

Segundo Bastos (2021), lajes são elementos planos que recebem grande parte das cargas internas da edificação, cargas essas, de pessoas e móveis que compõem o

ambiente, equipamentos e também dependendo do projeto, haverá cargas de paredes. Assim a laje distribui para as vigas seus carregamentos.

As vigas, tem como função distribuir cargas das lajes aos pilares, sofrendo cisalhamento e flexão, ligando os pilares uns aos outros, assim formando pórticos que geram estabilidade a estrutura. Em vigas deve ser usado concreto com o  $f_{ck}$  acima de 25 MPa conforme ABNT NBR 6118 (2023) e LORENZI (2022).

Scadelai e Pinheiro (2003), explicam que pilares fazem parte das estruturas, usados verticalmente, atendendo necessidade de projetos podem ser dispostos em demais sentidos com inclinações e podem ter formatos, circulares, retangulares, hexagonais e outros. Tem como função receber carregamentos que chegam até eles, por vigas, lajes e demais cargas que a estrutura esteja sujeita. Desta forma deve proporcionar estabilidade.

As fundações, ou infraestrutura, tem função de distribuir as cargas que chegam dos pilares ao solo, devendo ser projetadas de modo a resistir as tensões que estão sujeitas, deverão ser levados em conta a resistência do solo, com isso a fundação deverá ser estável, (AZEREDO, 1997).

### **Elementos de Fundação**

As fundações são divididas em: diretas/superficiais e profundas. Superficiais como o próprio nome já diz são executadas próximas da superfície, onde a base da fundação distribui suas cargas ao solo. Nas fundações profundas também ocorre a distribuição de carga pela base, mas também a lateral auxilia na distribuição das cargas com o atrito lateral ao solo. (HACHICH *et al.*, 2012).

Ao distribuir as cargas pela a base ao solo, as fundações superficiais criam bulbo de tensão, duas vezes maior que a largura de sua base, quando a largura da base for de 1 metro o bulbo terá 2 metros, também deverá ser levado em conta a questão da dimensão mínima, indiferente do tipo de fundação superficial, sua menor dimensão deve ser maior que 60 centímetros, ainda para ser considerada uma fundação superficial, não deverá ultrapassar a profundidade de 3 metros (BASTOS, 2019).

Fundações profundas conforme Lorenzi (2022), transmitem suas cargas ao solo lateralmente ou pela ponta ou por uma junção das duas, isso será levado em conta no

momento de dimensioná-las, como poderá ser visto no Quadro 2 que apresentará estacas moldadas *in loco*. Sua altura ou profundidade deve ser 8 vezes maior que seu diâmetro ou ter ao mínimo 3,00 m.

Na estaca tipo Escavada, em alguns casos é necessário o uso de elementos que auxiliem durante sua execução, por exemplo lama bentonítica ou polímero, tem como função dar estabilidade à parede do fuste em casos solos frágeis ou quando lençol freático está no nível da escavação. O material é injetado durante a escavação ficando até que seja colocado o concreto (CORRÊA, 2016)

Outros tipos de estacas, conforme, Lorenzi (2022), estacas pré-fabricadas são muito usadas, porém vários fatores devem ser levados em conta, entre eles vantagens e desvantagens. A questão de que não à movimentação de terra ou uso de água que gera lama, acaba sendo uma vantagem, porém ao executá-las é necessário que aja uso de um martelo pneumático ou um bate-estaca, que acaba gerando vibrações, que podem comprometer construções vizinhas.

Alonso (2019), diz que as fundações deverão ser escolhidas e projetadas de maneira que atendam a demanda das cargas, do solo e orçamento, o projetista deve levar em conta a questão da execução, sobre a viabilidade de máquinas e mão de obra na região em que serão executadas as fundações.

### **Viabilidade Técnica**

As fundações rasas ou diretas empregam métodos de cálculos similares entre elas, onde é levado em conta a total distribuição das cargas pela base ao solo, as armaduras deverão suportar os carregamentos, normatizadas pelas normas NBR 6122 e NBR 6118 (ARCENO, 2018).

Conforme Alva (2007), as sapatas isoladas dentre os elementos de fundação superficiais são as mais usadas em conjunto com as Vigas Alavancadas. Podendo ter vários formatos em sua base, acima podem ter formato cônico, assim, diminuindo o consumo de concreto, não sendo indicadas em solos: fofos ou aterros não compactados, é ideal que a área das sapatas não ultrapasse 60% a 70% da área construída.

A armadura das sapatas deve ser em malha, respeitando alguns parâmetros, onde o espaçamento não pode ser superior a 20 cm e inferior a 10 cm, autores como Bastos (2019) apresentam maneiras de calcular os diversos tipos de sapatas isoladas e de divisa, com o uso dos métodos, de Biela e com Viga de Equilíbrio.

Alva (2007) e Oliveira (2022), indicam que viga em equilíbrio ou alavancada, deverão transmitir a carga vertical do pilar, ao centro geométrico da sapata, que estará próxima da divisa, sem invadir lotes vizinhos. A viga alavancada também deverá suportar o momento fletor gerado pela carga vertical.

Como apresentado por Souza (2020), a dois métodos semiempíricos mais usados no dimensionamento de fundações profundas, sendo eles, Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1978), a diferença apresentada entre os métodos se dá em relação ao modo de dimensionar a resistência lateral e resistência da ponta. Conforme é apresentado no Apêndice B e C onde ambos utilizam o SPT.

Feuerharme e Consoli (2015), realizaram um trabalho de pesquisa referente a confiabilidade sobre o dimensionamento de fundações profundas, entre o Método de Aoki-Velloso (1975) e Decourt-Quaresma (1978), após estudos com provas de cargas, em vários tipos de estacas, teve-se como conclusão que o Método de Aoki-Velloso (1975) é mais conservador em relação a Decourt-Quaresma (1978).

Conforme a ABNT NBR 6118 (2023) e Bastos (2020), os blocos, podem contemplar uma ou inúmeras estacas, são classificados como rígidos ou flexíveis, sua função é distribuir as cargas às estacas ou ao tubulão, seu método de cálculo é similar ao da sapata.

Sendo que, atendidos os requisitos supracitados considera-se que as fundações são tecnicamente viáveis, possibilitando a continuidade dos estudos.

### **Viabilidade Econômica**

A viabilidade econômica é a parte do projeto, onde os seus resultados serão determinantes para verificar se há viabilidade orçamentária para execução ou não. Para obter os valores é necessário realizar o quantitativo dos materiais e serviços empregados, assim será possível elaborar o orçamento (PITTERI, 2008).

Conforme Araújo e Reboledo (2018) e Mattos (2019), para obter resultados satisfatórios, em relação à parte econômica de uma obra, deverá haver um orçamento completo, apresentando uma prévia do que ocorrerá antes de iniciar a obra ou na fase que está sendo empregado, podendo ser feito por estimativa ou por métodos com maior confiabilidade como: analítico ou sintético.

Segundo Santo (2020), orçamento por estimativa, é mais simples que os demais, porém considera itens importantes e impactantes, genericamente, por exemplo, em uma residência os revestimentos, apresentam grande mudança de valores entre si, deixando-os de lado, haverá uma margem no valor diferente da real, este método é usado em previsão de preços globais ou onde possa haver desvios de resultados sem comprometer o serviço.

Orçamento analítico, leva em conta todos os itens apresentados separadamente, com a composição de seu custo, apresentando os gastos diretos e indiretos, como, materiais, mão de obra e equipamentos que serão utilizados na obra (WINTER, 2017).

Tisaka (2006) diz que o orçamento sintético é um grupo, resumo, somatória do orçamento analítico, onde os valores estão contidos, desta forma em um só valor estará presente os custos com a mão de obra, materiais e equipamentos.

Ainda, conforme Pitteri (2008). profissional deverá buscar entender, para o que será utilizado o seu orçamento, assim terá que escolher qual método atende melhor seu objetivo, quão impactante o resultado será, deverá observar, se pode haver margens de erros ou de diferenças nos valores, como, um orçamento por estimativa onde há variáveis ou analítico quando a discrepância é quase zero. Dentre os tipos de fundações estudados, serão considerados aqueles que, forem viáveis tecnicamente, assim deverão ser analisados economicamente, sendo escolhido o tipo de fundação com o menor valor.

### **Metodologia**

Para este trabalho, foi realizado o dimensionamento de três tipos de fundações, levantando os quantitativos e posteriormente comparando com os custos atualizados da fundação executada.

O objeto estudado, é um edifício que está em fase de construção na presente data, 12/2023, para o subsolo, foi escavado 3,5m do lote, no Quadro 1, tens informações sobre o número de pavimentos e respectivas áreas.

Quadro 1- Edificação Estudada.

Item	Quantidade de Pavimentos	Área (m <sup>2</sup> )
Pavimentos Tipo	8	257,30
Sala comercial com mezanino	2	257,30
Subsolo	1	257,30
Total	11	2.830,20

Fonte: Do autor (2023)

Edificação está, que foi dimensionada com o uso de *software* específico, para estruturas, onde foram obtidos os carregamentos que estão sobre as fundações.

Para o primeiro objetivo específico: Dimensionar fundações para edificação, em estaca escavada, tubulão e sapata:

- **Tubulões:** com o uso de planilhas de cálculo, os tubulões foram dimensionados considerando a base, que está ligada diretamente com a resistência da ponta, pois é gerado um bulbo de tensões duas vezes maior que a sua dimensão, onde engloba a resistência do solo que o bulbo atinge, correlacionado a resistência média da ponta, em seguida calculou-se a altura da base menor e a altura maior onde encontra o fuste.
- **Sapatas:** o dimensionamento das sapatas se assemelhou ao do tubulão, onde foi usado o mesmo método para ambos, método de biela.
- **Estacas:** tipo escavada, foram dimensionadas com o uso do Método de Aoki-Velloso (1975), onde levou-se em conta a resistência lateral e da ponta, foi realizada ponderação das resistências, onde levaram-se em conta os coeficientes de correção  $F_1$  e  $F_2$ .

Para o Dimensionamento, foi utilizado relatório de sondagem (SPT) para o terreno, (Figura 1).

Figura 1- Furo 1.

Revestimento	Método cravação	Cota relação R.N.	Cota do N.A.	N° de golpes / penetração				Índice SPT finais/30cm	Amostras	inicial	Relatório de Sondagem	
	T <sub>6</sub>	0									Furo SP 01 Cota 0,00	
											SPT - Standart Penetration Test	
											Camadas - Classificação dos solos	
										1,00	(Até 0,3 m) Aterro;	
				3	3	4	7				Argila siltosa com pouca areia fina, cor marrom avermelhada plástica, consistência média;	
				3	4	5	9			2,80		
				2	3	4	7					
				15	23	25	48				Areia fina siltosa, cor marrom, friável, compactidade pouco compacta a muito compacta;	
	TH			25								
				20								
				20						7,03		
											↑ Limite da sondagem: 7,03 m	

Fonte: Do autor (2023).

Onde pode-se observar o nível de água e as principais características do terreno. A linha vermelha indica o nível em que o solo foi escavado, removido para execução do subsolo.

Levados em conta parâmetros mínimos e máximos, determinados pela ABNT NBR 6122:2022 que trata sobre as fundações. Foi verificado viabilidade em relação à execução, para as sapatas não necessidade de maquinário específico pois uma retroescavadeira, atende a com relação a escavação, já para os tubulões e estacas, há necessidade de um trado mecânico, mão de obra especializada e materiais específicos, estes itens podem ser encontrados na região, pois as fundações já executadas são compostas por tubulões e estacas.

Elaborado o quantitativo das fundações aprovadas tecnicamente, realizando os quantitativos, dos materiais, maquinário e mão de obra com auxílio de planilhas de cálculo.

Com estes quantitativos, realizou-se o orçamento sintético, com o uso do sistema de referência, SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), este disponibilizado pela CAIXA, sendo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que atualiza mensalmente (SINAPI, 2023).

## Resultados

## Dimensionamento de Estaca Escavada, Tubulão e Sapata

Para o dimensionamento da Fundação tipo Estaca, os carregamentos foram subdivididos em três grupos, conforme Quadro 2, descrevendo o número de repetições e suas dimensões.

Quadro 2- Estacas Escavadas.

Descrição	Quantidade	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)
E1 (2x)	40	35	300
E2 (2x)	22	60	300
E3 (4x)	32	60	300

Sendo:  
2x- duas estacas juntas;  
4x- quatro estacas juntas.

Fonte: Do autor (2023).

Estas estacas estão submetidas aos carregamentos, E1 carga máxima de 52 toneladas, conjunto E2 com a carga de 155 toneladas e E3, suportam, 329 toneladas. Foram dimensionadas para atender esta demanda.

As estacas estão dispostas de duas ou quatro, sendo assim à necessidade de conecta-las com o uso de um bloco de coroamento, este dimensionado de maneira atender as cargas oriundas da estrutura e posteriormente as distribuindo as estacas, No Quadro 3, informações sobre os blocos.

Quadro 3- Blocos de coroamento.

Descrição	Quantidade	Comprimento x Largura (cm)	Altura (cm)
B1	20	170 x 65	60
B2	11	270 x 90	90
B3	8	270 x 270	100

Fonte: Do autor (2023).

As sapatas diferentes dos demais métodos, foram divididas em 5 grupos, conforme Quadro 4.

Quadro 4- Sapatas.

Descrição	Quantidade	Carga (t)	Comprimento x Largura (cm)	Altura (cm)
S1	20	52	105 x 80	35
S2	5	100	140 x 115	35
S3	4	150	180 x 130	40
S4	6	205	200 x 160	45
S5	4	329	240 x 215	65
Sendo: S- Sapata.				

Fonte: Do autor (2023).

As sapatas, 39 ao todo, foram dimensionadas de modo atender os carregamentos solicitantes. Foram divididas em 5 grupos, que compõem a infraestrutura do edifício. Ainda dentro o objetivo específico primeiro está o dimensionamento de tubulões, estes que seus cálculos se assemelham aos das sapatas, porém foram divididos em 3 grupos, todos os tubulões tem o diâmetro de 90 cm e 300 cm de comprimento, demais informações no Quadro 5.

Quadro 5- Tubulões.

Descrição	Quantidade	Carga (t)	Altura entre base e fuste (cm)	Base (cm)
T1	20	52	20	100
T2	11	155	70	145
T3	8	329	110	185

Fonte: Do autor (2023).

Os Tubulões foram dimensionados com o uso de planilhas de cálculo.

### Viabilidade Técnica

Com a realização de todo o dimensionamento, compreende-se que foi atendida a questão quanto a viabilidade técnica, onde questão da profundidade mínima para as fundações profundas foi atendida e também para as fundações rasas à profundidade

máxima. Assim todos os métodos participam da próxima etapa que trata da viabilidade econômica entre os tipos de fundações.

### Viabilidade Econômica

Após a análise técnica realizada, sendo que os três métodos de execução de fundações se mostraram viáveis, atendendo todas as especificações da NBR 6122/2022, e sendo levantados todos os quantitativos de materiais para execução, o Quadro 6 apresenta os valores levantados para execução dessa fundação.

Quadro 6- Custo das Fundações.

Tipo de fundação	Valor total (R\$)
Estaca Escavada	238.353,90
Tubulão	182.157,98
Sapata	153.341,30

Fonte: Do autor (2023).

Conforme mostrado, as sapatas foram o método que apresentou o menor custo e também foi aprovada tecnicamente.

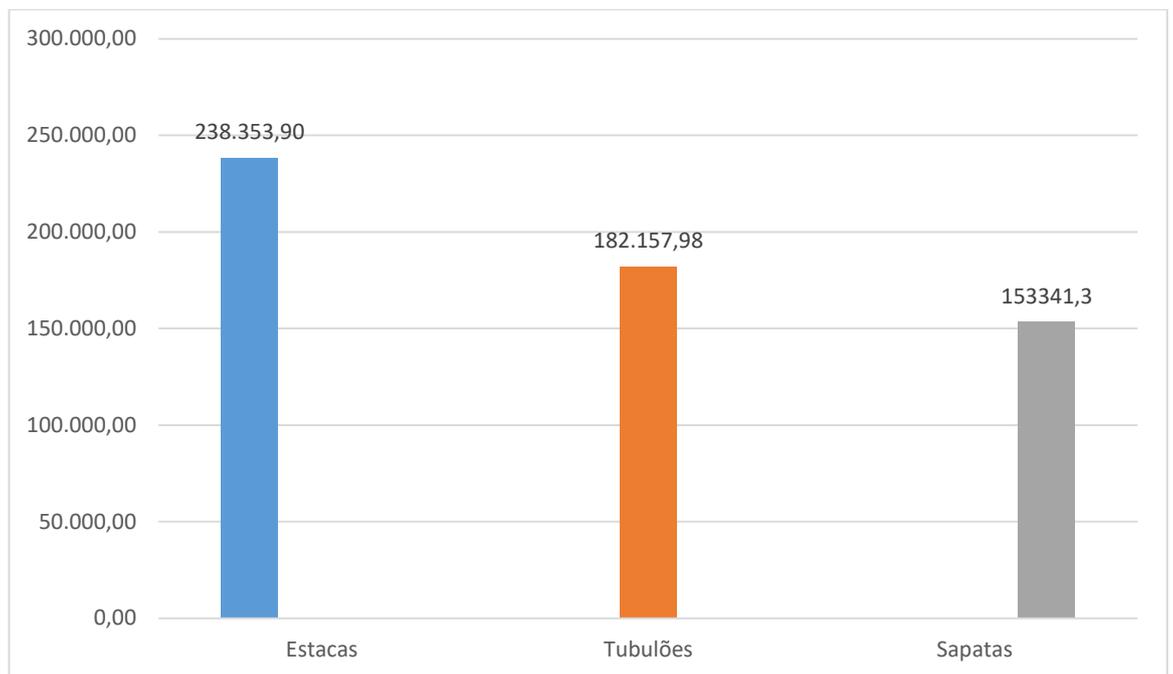
### Discussão

Com os cálculos, dimensionamentos, orçamentos e custos dos métodos de fundações escolhidos para este trabalho, em mãos, será possível realizar a análise técnica e econômica. Ao ser possível de dimensionar, as estacas escavadas, os tubulões e as sapatas, atendendo os carregamentos e também a principal norma que rege sobre as fundações a (ABNT NBR 6122, 2022).

Considerando também que há maquinário e mão de obra voltados para a execução destes tipos de fundações, a já executada, da edificação é composta de estacas e tubulões, pode-se considerar que todos os métodos foram aprovados tecnicamente, sendo assim, necessário o comparativo econômico entre eles, ao se fazer o comparativo econômico, obtém-se que as fundações, tipo sapata, tornaram-se as com o menor custo dentre as demais, (BASTOS, 2019).

Conforme Costa *et al.* (2022), as fundações do tipo sapata, tem como grande vantagem o custo menor em relação aos demais, facilidade em executá-las, economia em materiais, porém o solo do local em que for executada deve ser um solo com uma grande resistência, pois a sapata distribui seus esforços apenas pela base, diferente das estacas ou tubulões, Gráfico 1.

Grafico 1: Custo das Fundações.



Fonte: Do autor (2023).

A fundação tipo sapata se destacou, quanto ao menor custo. Ferreira (2017), também realizou o comparativo entre fundações, onde as sapatas se destacaram com o menor custo, quando há grandes cargas e o solo é favorável, com uma alta resistência, se torna o método com a maior viabilidade econômica.

Conforme Alonso (2019), a ABNT NBR 6122, no ano de 2019 acontece a sua 3ª edição que passa a prevalecer, normatizar sobre a edição anterior de 2010, nesta atualização, a norma cita os blocos de coroamento, como itens necessários para distribuições de cargas entre um pilar e estaca, caso haja mais de uma estaca também faz a ligação entre ambas.

Autores como Lorenzi (2022), indicam o uso mínimo de duas estacas e um bloco para um pilar pois isto acarreta uma maior segurança, caso em um elemento ocorra alguma falha o outro poderá amenizar, caso tenha apenas uma estaca, e houver um recalque ou outro problema o mesmo será passado direto ao pilar e a estrutura.

Segundo Morosini; Navia; Cunha (2014), as fundações deveram ser adequadas para o seu uso e principalmente ao solo, onde estão locadas, com isso podem ocorrer alterações nos valores, onde mesmo com condições ideais para sapatas, algum tipo de estaca ou até mesmo uma fundação mista, tem um custo menor.

### Considerações Finais

Considerando os valores obtidos, pode-se afirmar que todos os objetivos propostos para este trabalho de conclusão de curso foram alcançados, seguindo os passos da metodologia, desta maneira foi possível a obtenção dos resultados, sendo assim, de maneira exata chegou-se à conclusão final.

Com os valores e resultados apresentados anteriormente neste estudo, podemos compreender e discorrer sobre os métodos de fundações estudadas e as já executadas. As fundações existentes são compostas de estacas escavadas e tubulões.

Por fim, como sugestão de futuras pesquisas, poderão ser realizados dimensionamentos de fundações do tipo, estaca escavada, tubulão e sapata. Usando os mesmos carregamentos, porém para solos diferentes do apresentado neste trabalho, assim podendo comparar os métodos quanto sua viabilidade técnica e econômica em outros locais.

### Referências

ABREU, Lucas Pigarri. **Avaliação de projeto de fundação em estaca escavada x estaca hélice contínua**. 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2017.

ALMEIDA, Anderson de. **O que é Estaca Strauss?** 2020. Disponível em: <https://sondarello.com.br/o-que-e-estaca-strauss/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Aços Para Concreto Armado**. Campinas, 2002. 13 p. Notas de Aula.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **COMPARAÇÃO ENTRE AS NORMAS DE FUNDAÇÃO NBR 6122:2010 e NBR 6122:2019**. [S. E.], São Paulo, 2019.

\_\_\_\_\_. **Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle da qualidade em fundações**. 3. ed: Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2019.

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. Santa Maria, 2007. 24 p. Notas de Aula.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira, 2002. 33 p. Notas de Aula.

ARAÚJO, Marcelo Bernardino; REBOLEDO, Alexandre. **Análise comparativa de orçamentos de custos: um estudo de caso**. 2. ed. São Paulo: Sinergia, 2018.

ARCENO, Matheus Furtado. **Dimensionamento estrutural de sapatas e blocos de coroamento**. 2018. 200 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 9 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 9 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 242 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122: projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 108 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - especificação**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 17 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 3 p.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O Edifício até sua Cobertura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1997. 188 p.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. - **ESTRUTURAS DE CONCRETO III: sapatas de fundação**. Bauru, 2019. 120 p. Notas de Aula.

\_\_\_\_\_. **BLOCOS DE FUNDAÇÃO**. Bauru, 2020. 73 p. Notas de Aula.

\_\_\_\_\_. **ESTRUTURAS DE CONCRETO I**. Bauru, 2021. 113 p. Notas de Aula.

\_\_\_\_\_. **ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO**. Bauru, 2020. 123 p. Notas de Aula.

BEDIN, Yan. **Inovação na construção civil: conheça os 3 pilares principais**. 2023. Disponível em: <https://www.prevision.com.br/blog/inovacao-na-construcao-civil/#:~:text=Redu%C3%A7%C3%A3o%20de%20custos%3B,aumento%20de%20efici%C3%Aancia%20e%20produtividade>. Acesso em: 30 maio 2023.

BUNDER, Jeferson. **O Concreto: sua origem, sua história**. 2016. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2016.

CARVALHO, João Dirceu. **Estruturas em Concreto 1: um pouco sobre a história do concreto**. Maringá: Dec/Uem, 2008. 23 p. Notas de Aula.

CINTRA, José Carlos Angelo; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas: projeto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 96 p.

CONTO, Vanessa de; OLIVEIRA, Marcos Lucas de; RUPPENTHAL, Janis Elisa. **Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil**. *Gepros*, Bauru, n. 4, p. 100-127, 17 out. 2017.

CORRÊA, Celso Nogueira. **6º CURSO DE ENGENHARIA APLICADA ÀS OBRAS DE FUNDAÇÕES E CONTENÇÕES 2016**: estaca escavada, barrete e raiz (em solo e rocha): conceitos básicos, execução e estudo de casos. ESTACA ESCAVADA, BARRETE E RAIZ (EM SOLO E ROCHA): CONCEITOS BÁSICOS, EXECUÇÃO E ESTUDO DE CASOS. 2016. Disponível em: <http://www.geofix.com.br/biblioteca-cursos.php>. Acesso em: 09 abr. 2023

COSTA, Amanda Araújo da *et al.* **FUNDAÇÃO SUPERFICIAL POR SAPATAS**. In: COSTA, Amanda Araújo da; COSTA, Carine Martins dos Santos; TABOZA, Helber Pereira; PIRES, Rachel Cristina Santos. **GEOTECNIA: ANÁLISE DOS SOLOS**. Rio de Janeiro: Epitaya, 2022. Cap. 11. p. 175-196.

FALCÃO, Patrícia Gerolde. **A Viabilidade da Alvenaria Estrutural na Produção de Edifícios**. 2010. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2010.

FERREIRA, Rafael Alexandre. **ESTUDO COMPARATIVO DE TÉCNICA E DE CUSTO ENTRE FUNDAÇÕES RASAS: Estudo de caso entre radier e sapata isolada**. 2017. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/Mg, Varginha, 2017.

FEUERHARME, Marcos Roberto; CONSOLI, Nilo Cesar. **AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE DOS MÉTODOS DE CÁLCULO DA CAPACIDADE SUPORTE DE ESTACAS DE AOKI-VELLOSO E DECOURT-QUARESMA**. Rio Grande, 2015. 1 p. Laboratório de Solos.

FLAUSINO, Danilo. **FUNDAÇÕES: TIPOS E APLICAÇÕES**. 2017. Disponível em: <https://reformweb.com.br/blog/post/12/Funda%C3%A7%C3%B5es%3A-Tipos-e-Aplica%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 10 abr. 2023.

FREITAS, Maria Luiza Macedo Xavier de. CONCRETO ARMADO NO BRASIL: INVENÇÃO, HISTÓRIA, REVISÕES. In: HISTÓRIA E HISTORIOGRAFIA DA ARQUITETURA E DO URBANISMO MODERNOS NO BRASIL, 13., 2019, Salvador. **História e Historiografia da Arquitetura e do Urbanismo Modernos no Brasil**. Salvador, 2019. v. 1, p. 1-15.

FURLANETTO, Pedro. **08 passos essenciais para dimensionar uma sapata isolada**. 2020. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/sapata-isolada/>. Acesso em: 06 ago. 2020.

HACHICH, Waldemar. *et al.* **Fundações - Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. 751 p.

HANAI, João Bento de. **Fundamentos do Concreto Protendido**. São Carlos, 2005. 116 p. Notas de Aula.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, 2010 Ibracon, 2010. Cap. 19.

IMIANOWSKY, Guilherme Wanka; WALENDOWSKY, Marcus Alberto. **Os principais aços carbono utilizados na construção civil**. Brusque, 2015.

JORGE, Marcos do Amaral. **Verticalização acelera, e São Paulo já possui mais apartamentos do que casas**. 2022. Jornal Unesp. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2022/02/01/verticalizacao-acelera-e-sao-paulo-ja-possui-mais-apartamentos-do-que-casas/>. Acesso em: 31 maio 2023.

KEPLER, Alwin. **Bogenbrücken und Überwölbungen**. 3. ed. Berlin: W. Ernst & Sohn, 1921. 7 v.

LORENZI, Vinicius. **3 parâmetros de como identificar o tipo de fundação mais econômica e adequada**. 2019. Disponível em: <https://fundacoessemcomplicacoes.com.br/como-identificar-o-tipo-de-fundacao/>. Acesso em: 30 maio 2023

\_\_\_\_\_. **A escolha certa entre os tipos de fundações.** 2019. Disponível em: <https://fundacoessemcomplicacoes.com.br/tipos-de-fundacoes/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. **Fundações na Prática.** Cascavel: Fsc Treinamentos em Engenharia Civil Ltda, 2022. 384 p.

MARTINS, José Carlos. **Indústria da construção prevê crescimento de 2,5% em 2023.** 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/industria-da-construcao-preve-crescimento-de-25-em-2023/#:~:text=Crescimento%20do%20setor,a%20proje%C3%A7%C3%A3o%20anterior%20de%206%25>. Acesso em: 30 maio 2023.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 286 p.

MAZZOCO, Ricardo Stephani; CÂNDIDO, Vivian Bignoto da Rocha. Estudo Comparativo da Fundação de um Edifício Modelo: Estaca Pré-Moldada x Estaca Hélice Contínua x Tubulão a Céu Aberto. In: COBRAMSEG 2020, 20., 2020, Campinas. **Trabalho apresentado em congresso.** Campinas, 2020. p. 2937-2944.

MOROSINI, Gustavo Marques; NAVIA, João Paulo Bianco; CUNHA, José Mário Batista. **Aplicação da interação solo-estrutura na análise de um edifício com fundações profundas: estudo de caso.** 2014. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

NASCIMENTO Filho, Elias Frutuoso do. **AUTOMATIZAÇÃO DO CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA E DA TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO PARA DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS.** 2018. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru, 2018.

OLIVEIRA, Allisson Morais de. **UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEOR DE CARBONO SOBRE PROPRIEDADES DE TRAÇÃO DE LIGAS DE AÇO.** 2018. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido Pró-Reitoria de Graduação Departamento Campus Caraúbas Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Caraúbas, 2018.

OLIVEIRA, Matheus David Silva de. **Análise de soluções para divisa de terreno: sapatas submetidas a cargas excêntricas.** 2022. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ânima Educação, João Pessoa, 2022.

PEREIRA, Caio. **Estaca Strauss – Vantagens e Desvantagens.** 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-strauss/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **O que é bloco de fundação?** 2019. Disponível em:  
<https://www.escolaengenharia.com.br/blocos-de-fundacao/>. Acesso em: 28 abr. 2023.

\_\_\_\_\_. **O que é radier?** 2019. Disponível em:  
<https://www.escolaengenharia.com.br/radier/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PINHEIRO, Libânio Miranda; GIONGO, José Samuel; SANTOS, **Concreto Armado Propriedades dos Materiais**. São Paulo, Sp: Dedalus, 2010. 85 p.

PITTERI, Sirlei. **Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos**. São Paulo, 2008. Notas de Aula.

RIO, Brita. **Perfuração de Solo (Estaca Escavada)**. 2019. Disponível em:  
<https://britario.com.br/servicos/perfuracao-de-solo-estaca-escavada-9>. Acesso em: 11 abr. 2023.

SANTOS, Laynie Mello Vieira dos. **TÉCNICAS DE ESTIMATIVA DE CUSTO DE OBRA: DO ORÇAMENTO PARAMÉTRICO AO MACHINE LEARNING**. 2020. 162 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2020.

SANTOS, Roberto Eustáquio dos. **A ARMAÇÃO DO CONCRETO NO BRASIL: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 338 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SCADELAI, Murilo; PINHEIRO, Libânio. **ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 16. ed. São Carlo, 2003. 33 p. Aula.

SCHNEIDER, Christopher Andrino. **TUTORIAL PARA CÁLCULO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS POR MÉTODOS SEMI-EMPÍRICOS**. 2022. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Departamento de Transportes Curso de Engenharia Civil, Santa Maria, 2022.

SILVA, Gustavo Lopes da. **USO DE ESTACAS DE MADEIRA COMO ELEMENTO ESTRUTURAL DE FUNDAÇÕES EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC, 76., 2019, Palmas. **Trabalho apresentado em congresso**. Brasília: Contecc, 2019. v. 1, p. 1-5.

SINAPI: **Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. 9. ed. Brasília: Caixa, 2023. 155 p.

SOUZA, Bruna Carolina de. **Métodos de capacidade de carga de fundações profundas: um estudo de caso das fundações de dois viadutos localizados na rodovia BR-376/PR**. 2020. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina., Joinville, 2020.

TASCA, Fernanda Ramalho Pereira. **Proposta de projeto modelo da superestrutura para pontes de pequenos vãos em concreto armado**. 2018. 146 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário – Católica de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2018.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil consultoria, projeto e execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2006. 366 p.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 568 p.

WINTER, Laura de Medeiros. **Método para o planejamento da modelagem bim para fins de elaboração do orçamento analítico**. 2017. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2017.