XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.5/72

Impacto da revisão da NBR 6122:2019 no dimensionamento de fundação profundas do tipo Hélice Contínua

Guilherme Silva Militão
Engenheiro Civil, Oratórios, Brasil, gmilitao.silva@gmail.com

Fernando Henrique Neiva Pereira Ferreira
Doutorando em Geotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, fernando.h.ferreira@ufv.br

Juliana Karoliny de Oliveira Faria
Engenheira Civil, Amparo da Serra, Brasil, julianafaria.eng@gmail.com

RESUMO: As fundações profundas são essenciais para a estabilidade das edificações, destacando-se as estacas hélice contínua pela rapidez executiva e baixo impacto ambiental. A revisão da NBR 6122, publicada em 2019, promoveu alterações relevantes nos critérios de dimensionamento, influenciando diretamente a concepção e os custos das fundações. Este trabalho compara os procedimentos de dimensionamento segundo as versões de 2010 e 2019 da norma, avaliando seus impactos técnicos e econômicos. O estudo utilizou dados de sondagens SPT realizadas em Viçosa (MG) e aplicou os métodos semiempíricos de Aoki-Velloso, Décourt-Quaresma e Teixeira, considerando estacas de 60 cm e 80 cm de diâmetro, com profundidades entre 14 m e 20 m. Os resultados indicaram que a NBR 6122:2019 conduz a projetos com maior profundidade e maior número de estacas, implicando aumento de cerca de 55% no volume de concreto, 17% no consumo de aço e 50% no custo total. Essas diferenças decorrem principalmente da exclusão da resistência de ponta e da maior ênfase no atrito lateral e nos coeficientes de segurança. Conclui-se que a norma mais recente eleva a confiabilidade estrutural, porém pode resultar em soluções mais onerosas, exigindo análises criteriosas para equilibrar segurança e viabilidade econômica.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações profundas, Estacas moldadas *in loco*, Dimensionamento geotécnico, Capacidade de carga, Análise econômica.

ABSTRACT: Deep foundations are essential for structural stability, with continuous flight auger (CFA) piles standing out due to their fast execution and low environmental impact. The revision of the Brazilian standard NBR 6122, published in 2019, introduced significant changes to design criteria, directly affecting foundation design and costs. This study compares the design procedures recommended by the 2010 and 2019 versions of the standard, evaluating their technical and economic impacts. The analysis was based on SPT data collected in Viçosa, Minas Gerais, and semi-empirical methods proposed by Aoki-Velloso, Décourt-Quaresma, and Teixeira. Piles with diameters of 60 cm and 80 cm and depths ranging from 14 m to 20 m were considered. Results showed that NBR 6122:2019 leads to deeper foundations and a higher number of piles, resulting in increases of approximately 55% in concrete volume, 17% in steel consumption, and 50% in total foundation costs. These differences are mainly associated with the exclusion of tip resistance and the greater emphasis on shaft friction and safety factors. Although the updated standard improves structural reliability, it may lead to more expensive solutions, highlighting the need for careful analyses to balance safety, performance, and economic feasibility.

KEYWORDS: Deep foundations, Cast-in-place piles, Geotechnical design, Bearing capacity, Economic analysis.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano e o aumento da demanda por edificações de maior porte têm impulsionado a utilização de fundações profundas como solução estrutural capaz de garantir estabilidade e segurança às obras. Entre os diversos tipos de fundações profundas, as estacas do tipo hélice contínua monitorada destacam-se por sua elevada produtividade, baixo nível de vibração durante a execução e possibilidade de controle em tempo real dos parâmetros executivos.

No contexto brasileiro, o dimensionamento de fundações profundas é regulamentado pela norma ABNT NBR 6122, que passou por uma revisão significativa em 2019. Essa atualização promoveu alterações nos critérios de capacidade de carga, fatores de segurança, consideração da resistência de ponta e exigências quanto à verificação de recalques. Tais mudanças impactam diretamente a concepção dos projetos, podendo resultar em soluções mais conservadoras e, consequentemente, em elevação dos custos.

Diante desse cenário, torna-se fundamental avaliar os impactos práticos da nova norma sobre o dimensionamento de estacas hélice contínua, especialmente em regiões onde os métodos semiempíricos baseados em ensaios SPT são amplamente utilizados. Assim, o presente trabalho tem como objetivo comparar os resultados de dimensionamento de fundações por hélice contínua obtidos a partir das versões de 2010 e 2019 da NBR 6122, analisando as implicações técnicas e econômicas decorrentes dessas alterações normativas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Estacas do tipo de hélice contínua

As estacas hélice contínua monitorada são executadas por perfuração contínua do solo com trado helicoidal, seguida da concretagem sob pressão durante a retirada do trado e posterior introdução da armadura, conforme apresentado na Figura 1. Esse processo minimiza a desagregação do solo e evita a necessidade de uso de lama estabilizante.

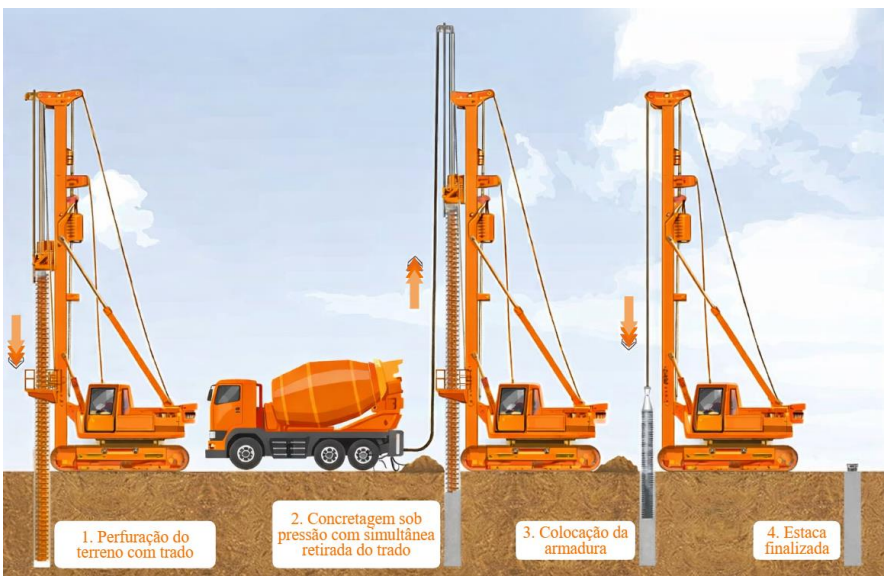


Figura 1: Etapa executiva de fundação profunda do tipo hélice contínua

2.2 Métodos semiempíricos de dimensionamento

No Brasil, o dimensionamento de fundações profundas é frequentemente realizado por meio de métodos semiempíricos baseados em resultados de ensaios de sondagem à percussão (SPT) e penetração de cone (CPT), devido à sua ampla disponibilidade, baixo custo e simplicidade operacional. Esses métodos estabelecem correlações entre o índice de resistência à penetração (N_{spt}) e os parâmetros de capacidade de carga das estacas,

permitindo estimar separadamente as parcelas de resistência de ponta e de atrito lateral ao longo do fuste (Figura 2).

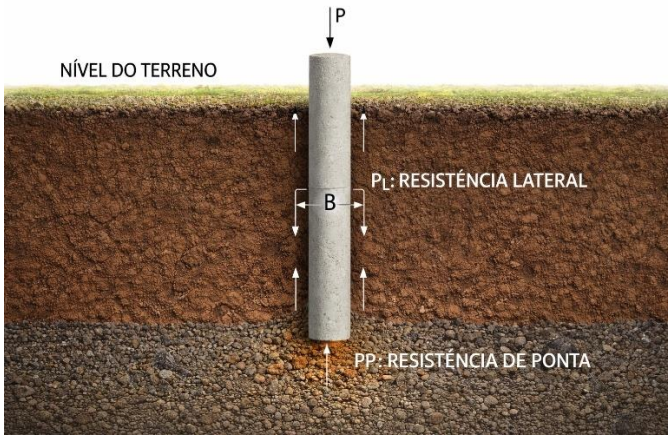


Figura 2: Resistência lateral e de ponta de uma estaca profunda

Entre os métodos mais empregados destaca-se o proposto por Aoki e Velloso (1975), que correlaciona o valor de N_{spt} às resistências unitárias de ponta e lateral por meio de coeficientes empíricos dependentes do tipo de solo e do processo executivo, sendo amplamente aplicado em diferentes tipologias de estacas moldadas in loco. O método de Décourt e Quaresma (1978) adota formulações simplificadas, estabelecendo relações diretas entre o N_{spt} médio e as resistências unitárias, o que facilita sua aplicação prática em projetos preliminares e de rotina. Já o método de Teixeira (1996) introduz ajustes específicos para estacas hélice contínua, considerando particularidades do processo executivo que influenciam o desenvolvimento do atrito lateral e da resistência mobilizada.

Devido à sua simplicidade, consistência experimental e boa correlação com o desempenho observado em campo, esses métodos permanecem como referência prática no dimensionamento geotécnico, especialmente em situações em que investigações mais sofisticadas ou ensaios de carga não estão disponíveis.

2.3 Revisão da NBR 6122

A versão de 2010 da NBR 6122 permitia a consideração da contribuição da resistência de ponta no dimensionamento de estacas hélice contínua, admitindo que a carga admissível pudesse alcançar até 1,25 vezes a resistência por atrito lateral, o que implicava que aproximadamente 20% da carga poderia ser suportada pela ponta. Com a revisão publicada em 2019, a norma passou a adotar critérios mais conservadores, restringindo essa contribuição e enfatizando predominantemente a resistência mobilizada por atrito lateral, além de introduzir verificações mais rigorosas de recalques e fatores de segurança.

De acordo com a nova redação, a resistência de ponta somente pode ser considerada quando for previamente assegurado o contato efetivo entre a ponta da estaca e solo competente ou rocha, situação em que seu valor deve ser limitado ao da resistência lateral ($Rp \leq Rl$), sendo a carga admissível definida pela média entre ambas as parcelas ($Pa = (Rl + Rp)/2$). Caso esse contato não possa ser garantido, condição frequente em estacas hélice contínua, em razão das incertezas inerentes ao processo executivo e às possíveis perturbações do solo na base, a resistência de ponta deve ser desconsiderada, adotando-se carga admissível baseada exclusivamente no atrito lateral ($Pa = Rl/2$).

Essas alterações tendem a resultar em projetos mais conservadores, frequentemente exigindo maiores comprimentos ou maior número de estacas, com consequente aumento de custos. No que se refere ao detalhamento estrutural, a norma também revisou os critérios de armadura mínima, reduzindo a taxa longitudinal de 0,5% para 0,4% e mantendo o comprimento útil de 4,0 m, uma vez que essas estacas, em geral, trabalham predominantemente à compressão simples, demandando armadura principalmente para ancoragem aos elementos superiores.

3 METODOLOGIA

A Figura 3 apresenta o fluxograma do dimensionamento das estacas para a realização do comparativo das versões da NBR 6122, bem como a localização da área analisada neste estudo.

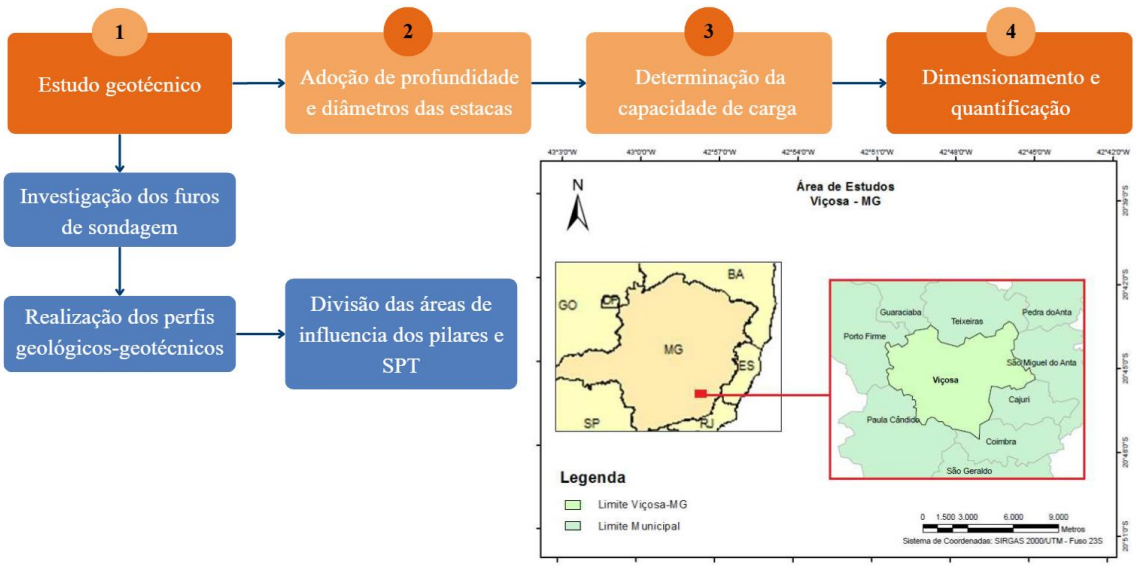


Figura 3: Fluxograma do dimensionamento das estacas (Autores, 2026) e local de realização do estudo comparativo (Pinheiro *et al*., 2014)

O estudo foi desenvolvido sob uma edificação residencial-comercial localizada na Avenida P.H. Rolfs, no município de Viçosa-MG. A caracterização geotécnica do subsolo foi realizada por meio de quatro sondagens de simples reconhecimento à percussão (SPT01 a SPT04), executadas conforme a NBR 6484 (ABNT, 2020), permitindo a definição dos perfis estratigráficos, dos valores de resistência à penetração (N_{SPT}) e do nível d'água, identificado em aproximadamente 5,5 m de profundidade.

Os perfis geológico-geotécnicos indicaram a predominância de camadas de baixa a média resistência até o contato com o impenetrável, situado entre 16 m e 20 m, variando conforme o furo investigado. A área de implantação da edificação foi subdividida em quatro regiões de influência, associando cada conjunto de pilares à sondagem representativa mais próxima, de modo a refletir as condições locais do terreno.

Foram adotadas estacas do tipo hélice contínua com diâmetros de 60 cm e 80 cm. O dimensionamento foi conduzido separadamente conforme os critérios estabelecidos pelas versões 2010 e 2019 da NBR 6122. Para a versão de 2010, considerou-se a contribuição da resistência de ponta, resultando em comprimentos estimados de 14 m (SPT01 e SPT02), 17 m (SPT03) e 19 m (SPT04). Para a versão de 2019, a resistência de ponta foi desconsiderada, conduzindo a comprimentos maiores, de 16 m (SPT01 e SPT02), 19 m (SPT03) e 20 m (SPT04).

A capacidade de carga das estacas foi estimada por meio dos métodos semiempíricos de Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996), aplicando-se os coeficientes e critérios de segurança correspondentes a cada versão normativa. Para definição da carga admissível de projeto, adotou-se a média dos valores obtidos, desconsiderando-se resultados que ultrapassassem o intervalo de ±30% em relação à média, conforme procedimento descrito no trabalho de referência.

Com as cargas admissíveis estabelecidas, procedeu-se ao dimensionamento dos blocos de coroamento e à definição do estaqueamento dos pilares, adotando espaçamento mínimo entre estacas equivalente a três vezes o diâmetro. Por fim, foram levantados os quantitativos de concreto e aço das armaduras, considerando as taxas mínimas longitudinais de 0,5% para a NBR 6122 (ABNT, 2010) e 0,4% para a NBR 6122 (ABNT, 2019), ambas com comprimento útil de 4,0 m, possibilitando a comparação técnica e econômica entre as soluções de fundação obtidas.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo geotécnico

A Figura 4 apresenta a planta de localização das sondagens SPT, bem como as seções dos perfis geológico-geotécnicos do terreno. Ressalta-se que as sondagens foram executadas após o nivelamento da área para implantação da edificação. Por essa razão, os perfis geológico-geotécnicos apresentam cotas iniciais praticamente coincidentes, refletindo a condição topográfica do terreno no momento da investigação.

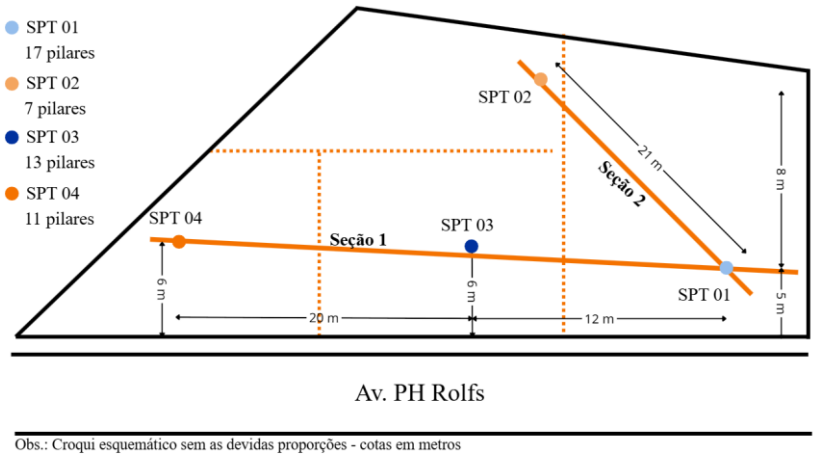


Figura 4: Planta de localização dos SPTs e seções

No SPT01, o subsolo apresenta baixa resistência até aproximadamente 8,0 m de profundidade. A partir dessa cota, observa-se aumento gradual da resistência com a profundidade, atingindo o impenetrável à percussão a 16,20 m. O nível d'água foi identificado a 5,55 m. No SPT02, o solo apresenta baixa resistência até 2,0 m, seguido por camadas com resistência média e variações intermediárias até cerca de 7,0 m. A partir dessa profundidade, verifica-se incremento progressivo da resistência, atingindo o impenetrável também a 16,20 m, com nível d'água em 5,55 m.

No SPT03, predominam solos de baixa resistência até 10,0 m, após o que ocorre aumento significativo dos valores de N_{SPT}, caracterizando material de maior compacidade, com impenetrável registrado a 19,20 m e nível d'água a 5,70 m. No SPT04, observa-se baixa resistência até 6,0 m, seguida por camada de resistência média até 12,0 m. Entre 12,0 m e 15,0 m ocorre nova faixa de baixa resistência, sendo posteriormente observado crescimento gradual da resistência até o impenetrável, identificado a 20,25 m. O nível d'água foi registrado a 5,50 m.

De modo geral, os perfis indicam a presença de camadas superficiais compressíveis e de baixa resistência, sobrejacentes a materiais mais competentes em maiores profundidades, conforme pode ser observado nas Figura 5 e Figura 6. Essa condição justifica a adoção de fundações profundas com comprimentos variáveis conforme cada região do terreno.

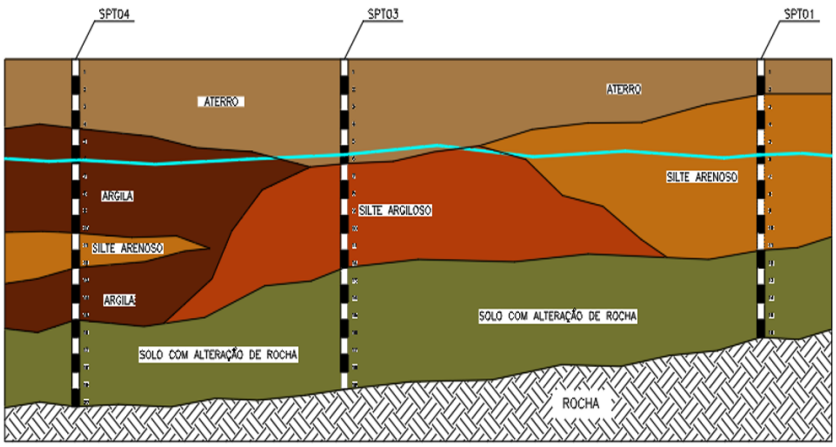


Figura 5: Perfil geológico da seção 1 (SPT01, SPT03 e SPT04).

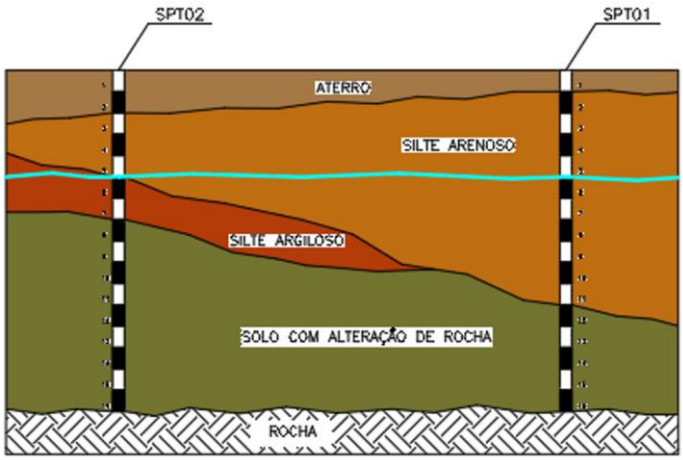


Figura 6: Perfil geológico-geotécnico da seção 2 (SPT01 e SPT02)

4.2 Carga admissível

Na Tabela 1 apresenta as cargas admissíveis utilizadas no dimensionamento, obtidas a partir da média dos resultados calculados pelos métodos de Aoki-Velloso (1975), Décourt-Quaresma (1978) e Teixeira (1996), conforme procedimento descrito na metodologia.

Tabela 1: Carga admissível.

NBR 6122		**2010**		**2019**	
Sondagem	Ø (cm)	Profundidade (m)	Carga admissível (t)	Profundidade (m)	Carga admissível (t)
SPT 01	60	14	112,3	16	91,9
	80	14	176,5	16	112,5
SPT 02	60	14	112,1	16	105,9
	80	14	140,7	16	141,2
SPT 03	60	17	127,3	19	136,2
	80	17	188,4	19	181,6
SPT 04	60	19	108,3	20	82,5
	80	19	166,4	20	109,9

Pode-se dizer que, a aplicação dos critérios da NBR 6122:2019 resultou, de forma geral, em maiores profundidades de estacas quando comparada à versão de 2010, em razão da desconsideração da resistência de ponta e da maior dependência do atrito lateral para mobilização da capacidade de carga. Observa-se ainda que as cargas admissíveis obtidas se mantiveram próximas ou, em alguns casos, ligeiramente inferiores às estimadas pela norma anterior, evidenciando comportamento mais conservador do dimensionamento. Esses resultados refletem a influência direta das alterações normativas na concepção das fundações e nas soluções adotadas para cada perfil geotécnico.

4.3 Dimensionamento

4.3.1 Estacamento

Conforme apresentado na Tabela 2, a aplicação da NBR 6122:2019 alterou significativamente o quantitativo e a distribuição dos diâmetros das estacas. Para o diâmetro de 60 cm, o número total de estacas reduziu levemente de 54 para 51 unidades, enquanto as estacas de 80 cm apresentaram aumento expressivo, passando de 11 para 30 unidades. Observa-se, portanto, uma substituição parcial de estacas mais esbeltas por

elementos de maior diâmetro, indicando mudança na estratégia de dimensionamento. Essa redistribuição reflete a menor contribuição da resistência de ponta, exigindo estacas com maior capacidade resistente individual para atender às cargas de projeto, caracterizando solução mais conservadora segundo os critérios da versão de 2019.

Tabela 2: Dimensionamento das estacas

Sondagem	NBR 6122 N° Pilares	Ø (cm)	**2010** Prof. (m)	**2010** N° estacas	**2019** Prof. (m)	**2019** N° estacas
SPT 01	17	60 80	14	22 -	16	8 17
SPT 02	7	60	14	10	16	13
SPT 03	13	60 80	17	10 6	19	20 -
SPT 04	11	60 80	19	12 5	20	10 13
Total acumulado	**48**	**60** **80**	**846** **197**	**54** **11**	**916** **532**	**51** **30**

4.3.2 Quantitativo

A Figura 7 evidencia o impacto direto da adoção dos critérios da NBR 6122:2019 nos quantitativos de materiais e nos custos das fundações.

NBR 6122	**2010**				**2019**			
			Concreto					
Øestaca (cm)	N° est.	Prof. Acum. (m)	Volume de concreto (m³)	N° estacas	Profundidade acumulada(m)	Volume de concreto (m³)		
60	54	846	239,2	51	916	259,0		
80	11	197	99,0	30	532	267,4		
Total	**65**	**1043**	**338,22**	**81**	**1448**	**526,41**		
			Armadura					
	Armadura Longitudinal				Armadura Longitudinal			
Øestaca (cm)	Øbarra (mm)	N° Barras	Extensão (m)	Peso (kg)	Øbarra (mm)	N° Barras	Extensão (m)	Peso (kg)
60	12,5	648	2592	2496,10	12,5	510	2040,00	1964,52
80	16,0	143	572	902,62	16	300	1200,00	1893,60
Total		**791**	**3164**	**3398,71**	**28,5**	**810**	**3240**	**3858,12**
	Armadura Transversal				**Armadura Transversal**			
60	6,3	1458	2289,06	560,82	6,3	1377	2161,89	529,66
80	6,3	297	653,4	160,08	6,3	810	1782,00	436,59
Total		**1755**	**2942,46**	**720,90**	**12,6**	**2187**	**3943,89**	**966,25**
			Orçamento - SICOR/MG (2025) - não considera mão de obra					
	Concreto	Armadura	Perfuração Ø60	Perfuração Ø80	Concreto	Armadura	Perfuração Ø60	Perfuração Ø80
	R$ 247.698,25	R$ 58.869,29	R$ 76.376,88	R$ 28.622,13	R$ 385.512,90	R$ 68.940,29	R$ 82.696,48	R$ 77.294,28
Total		**R$ 411.566,55**				**R$ 614.443,95**		

Nota: Concreto (25 Mpa): R$ 732,35/m³; Armadura: R$14,29/kg; Estaca de 60cm: R$ 90,28/m e estaca 80cm: R$ 145,29/m

Figura 7: Levantamento quantitativo comparativo

Observa-se aumento expressivo do número total de estacas, passando de 65 para 81 unidades, acompanhado de elevação da profundidade acumulada de perfuração de 1043 m para 1448 m, o que representa

acréscimo aproximado de 39%. Como consequência, o volume total de concreto aumentou de 338,22 m³ para 526,41 m³, correspondendo a crescimento superior a 55%.

O consumo de aço também apresentou incremento, com aumento do peso total de armaduras longitudinais e transversais, apresentando um incremento de cerca de 17%. Esse comportamento está associado principalmente à maior utilização de estacas de 80 cm de diâmetro, que demandam maior volume de concreto e maior taxa de armadura por elemento.

Refletindo esses acréscimos de materiais e de metragem executada, o custo estimado das fundações elevou-se de R$ 411.566,55 para R$ 614.443,95, representando aumento da ordem de 50%. Esses resultados confirmam que a abordagem mais conservadora da versão de 2019, ao desconsiderar a resistência de ponta e priorizar o atrito lateral, conduz a soluções estruturalmente mais robustas, porém com maior consumo de insumos e impacto econômico mais significativo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que as alterações introduzidas pela NBR 6122:2019 impactam significativamente o dimensionamento de fundações em estacas hélice contínua quando comparadas aos critérios da versão de 2010. A principal diferença está relacionada às restrições para consideração da resistência de ponta, o que resultou em maiores profundidades de implantação e, consequentemente, em modificações no arranjo de fundação adotado.

A aplicação dos critérios da NBR 6122:2019 conduziu a um aumento do número total de estacas, passando de 65 para 81 unidades, além de elevar a profundidade acumulada de perfuração de 1.043 m para 1.448 m. Essas alterações refletiram diretamente nos quantitativos de materiais, resultando em aumento expressivo do volume de concreto e do consumo de aço necessários para execução das fundações.

Do ponto de vista econômico, verificou-se que os critérios da norma revisada acarretaram um acréscimo significativo no custo estimado das fundações. Esse resultado evidencia que as modificações normativas, embora voltadas à redução das incertezas associadas ao comportamento das estacas hélice contínua, possuem impacto direto na viabilidade econômica dos empreendimentos.

Os resultados também demonstraram que a influência da revisão normativa é dependente das condições geotécnicas locais, uma vez que as diferenças entre as soluções obtidas variaram conforme o perfil de resistência identificado em cada sondagem. Dessa forma, a caracterização geotécnica adequada permanece sendo um elemento fundamental para a definição de soluções de fundação seguras e economicamente compatíveis.

Por fim, conclui-se que a NBR 6122:2019 conduz a projetos mais conservadores para estacas hélice contínua, refletidos pelo aumento das profundidades de implantação, dos quantitativos de materiais e dos custos de execução. Entretanto, a adoção desses critérios busca reduzir as incertezas relacionadas à mobilização da resistência de ponta, reforçando a segurança do dimensionamento. Estudos futuros envolvendo provas de carga e monitoramento de desempenho em campo poderão contribuir para uma avaliação mais aprofundada dos impactos práticos dessas alterações normativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). ABNT NBR 6122: *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). ABNT NBR 6484: *Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaios*. Rio de Janeiro.

Cintra J.C.A., Aoki N (2011) *Fundações por estacas: projeto geotécnico*. Oficina de Textos, p. 96.

Pinheiro P. *et al* (2014) *Geoprocessamento aplicado à avaliação do conforto domiciliar urbano e rural do município de Viçosa (MG)*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia.