

INFLUÊNCIA DA CLASSE DO CONCRETO NO DIMENSIONAMENTO DA ESTACA TIPO HÉLICE CONTÍNUA SEGUNDO ATUALIZAÇÕES DA NBR 6122 (ABNT,2019)

Diana de Lima Teixeira*

Orientador (a): Geisla Aparecida Maia Gomes

RESUMO

O estudo das novas tecnologias construtivas se intensificou ao passar dos anos a fim de entender os mecanismos de deterioração do concreto e como ele se comporta no ambiente onde a estrutura está inserida. Deste modo as revisões dos parâmetros de normatização se tornam necessárias e contribuem o aumento da vida útil das estruturas. A NBR(ABNT,6122) regulamenta os métodos executivos para o dimensionamento de fundações no Brasil. Em 2019 a norma foi revisada e atualizada, substituindo a última versão de 2010. Como a fundação em estaca hélice é produzida por concreto e aço, sendo o primeiro material de maior volume, se faz necessário analisar sempre os custos de matéria-prima para essa produção. Por este motivo esta pesquisa visou investigar as propriedades de concretos produzidos de acordo com as especificações e atualizações da NBR 6122 efetuando um comparativo no dimensionamento entre as versões para o consumo de concreto, seguindo os parâmetros aplicados em relação aos coeficientes de segurança, classe de agressividade ambiental e classe do concreto, a fim de avaliar e comparar os resultados de resistência, durabilidade e seu consumo final na produção.

Palavras-chave: NBR(ABNT,6122), estaca hélice contínua, durabilidade, consumo de produção.

1. INTRODUÇÃO

O uso de modelos estruturais em concreto armado vem crescendo e variando cada dia mais no mercado atual, junto com novas tecnologias e estudos sobre o assunto em busca de inovações e melhorias na qualidade das construções e aumento de vida útil. Este trabalho aborda a aplicabilidade do concreto nas fundações em hélice contínua sendo ele um dos materiais mais utilizados no mundo por ser versátil, moldável a qualquer forma desejada possuindo características como resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade.

Para que essas características específicas sejam atendidas nas construções em concreto, as normas brasileiras (NBR's) determinam critérios que devem ser seguidos para a produção de concreto. Assim, a NBR 6122 (ABNT, 2019), norma que regulamenta o projeto e execução de fundações, em seus anexos, tem como objetivo normatizar a produção de concreto para as fundações, que são elementos em sua grande maioria enterrados e por isso devem ser compostos por produtos de extrema qualidade e desempenho.

A estaca hélice contínua é um tipo de fundação profunda que, em sua execução, o trado helicoidal pode chegar a 30 metros de profundidade, por isso requer um controle de qualidade para a produção do concreto, que evite patologias a longo prazo.

Como a fundação em estaca hélice é produzida por concreto e aço, sendo o primeiro material de maior volume, se faz necessário analisar sempre os custos de matéria-prima para essa produção. Por este motivo esta pesquisa visou investigar as propriedades de concretos produzidos de acordo com as especificações e atualizações da NBR 6122 efetuando um comparativo no dimensionamento entre as versões para o consumo de concreto, seguindo os parâmetros aplicados em relação aos coeficientes de segurança, classe de agressividade ambiental e classe do concreto, a fim de avaliar e comparar os resultados de resistência, durabilidade e seu consumo final na produção.

2 QUALIDADE DO CONCRETO E SUA INFLUÊNCIA NA VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS

As novas tendências de modelos estruturais em concreto armado vêm crescendo por este motivo, novos estudos contribuem para o aumento da durabilidade das estruturas, com concretos de resistência elevada, auto adensáveis entre outras tecnologias existentes no mercado. Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014) a durabilidade de uma estrutura de concreto depende de vários aspectos que estão ligados às fases do projeto, qualidade e caracterização de insumos utilizados, produção, preparo do concreto e execução.

Helene (2003) destaca que uma das principais formas de alcançar a durabilidade e vida útil da estrutura está relacionado ao cobrimento e a qualidade do concreto sendo influenciada pela relação - água cimento, tipo de cimento, se tornando um aspecto importante para garantir que os agentes agressivos não penetrem a camada de concreto e corroa as armaduras. Estes fatores vão ter grande influência no tempo de vida útil da estrutura, assim como segurança e redução de custos devido a manutenção das estruturas de concreto armado.

Para se obter a durabilidade e vida útil de projeto é necessário seguir as recomendações e especificações prescritas nas normas NBR 6118 (ABNT,2014), que fundamenta os parâmetros gerais para as estruturas de concreto, e a NBR 12655 (ABNT, 2015), que especifica os critérios de preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto do cimento Portland.

Para executar um projeto de estrutura é necessário avaliar a classe de agressividade ambiental (CAA) e classificá-la conforme a sua condição de uso e exposição do meio ao qual está inserida. A norma NBR ABNT (6118,2014) estabelece quatro classes de agressividade ambiental sendo a I, II, III e IV, conforme tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de Projeto	Risco de deterioração da Estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1 2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹	Grande
		Industrial ^{1 2}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{1 3}	Elevado
		Respingos de maré	

Notas da tabela 1:

¹ pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

² pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65% partes da estrutura protegidas da chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

“Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas”.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014, p.17)

Com a escolha da classe de agressividade, poderá ser estipulado o cobrimento nominal da armadura sendo definido de acordo com a respectiva classe de agressividade. Para garantir o cobrimento mínimo deve-se considerar no projeto o cobrimento nominal, que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução igual a 10mm, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal da armadura

estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental Tipo de			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ¹	30	30	40	50

Notas da tabela 2:

¹ no trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobertura nominal > 45 mm

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014, p.20).

A partir da classe de agressividade se determina a relação água/cimento, sendo que o concreto utilizado deve cumprir com os parâmetros mínimos estipulados pela NBR 12655 (ABNT,2015), frente ao nível de agressividade ambiental, relação água/cimento, resistência à compressão do concreto e seu consumo de cimento por metro cúbico, conforme expressos na Tabela 3.

Tabela 3 -Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Classe de agressividade ambiental			
	≤I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto kg/m ³	≥260	≥280	≥320	≥360

Fonte: ABNT NBR 12655 (2015, p.12).

A NBR 12655 (ABNT,2015) estipula valores mínimos para o consumo de cimento por metro cúbico para as diferentes classes de agressividade. Porém, a norma NBR 6122 (ABNT, 2019) para projeto e execução de fundações, também recomenda especificações mínimas para as estruturas que mantêm contato com solo, recomendando um consumo de cimento maior do que o especificado na NBR 12655 (ABNT, 2015), por exemplo, o consumo de cimento superior a 400 kg/m³ para estaca hélice contínua. Segundo a norma de fundações, o concreto deve atender ao disposto quanto à classe de agressividade.

Os concretos destinados à fundação devem seguir a condição “A” de preparo estabelecida pela NBR 12655 (ABNT,2015), sendo que a mistura realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira deve seguir o disposto na NBR 7212 (ABNT,2021). Os materiais utilizados na fabricação do concreto, como cimento Portland, agregados, água (gelo) e aditivos, devem obedecer às respectivas Normas Brasileiras específicas.

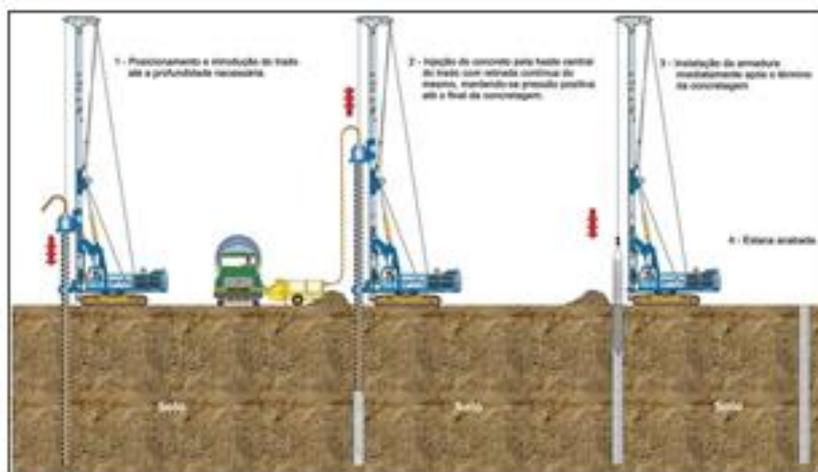
2.1 CONCRETO DAS ESTACAS MOLDADAS *IN LOCO* E TUBULÕES

Segundo Velloso e Lopes (2004), fundações profundas são elementos estruturais cuja função é transmitir os esforços do conjunto estrutural para o solo, ou seja, é a responsável pela interação solo-estrutura que transmite a carga ao terreno ou pela base, através da resistência de ponta ou por sua superfície lateral, também, denominada de resistência de fuste. A sua ponta ou base é apoiada a uma profundidade mínima de 3,0 metros e são divididas em dois grupos:

fundações profundas (moldadas *in loco* e as pré-moldadas), interligadas aos pilares da superestrutura através dos blocos de coroamento que realizam a transição de carga dos pilares para fundação.

A estaca em hélice contínua é um tipo de estaca de concreto Moldado *in loco* executada por rotação de trado helicoidal com diâmetro constante no terreno, cujo concreto é injetado pela haste central do trado conjuntamente a sua retirada e sua armadura é sempre colocada após a sua concretagem. Conforme figura 1, abaixo:

Figura 1 - Etapas da execução de estaca hélice contínua



Fonte: <http://www.geofix.com.br/biblioteca>.

A NBR (ABNT,6122) regulamenta os métodos executivos para o dimensionamento de fundações no Brasil. Em 2019 a norma foi revisada e atualizada, substituindo a última versão de 2010.

Uma das principais mudanças da norma está relacionada à escolha do concreto das estacas moldadas *in loco* e tubulões, na antiga versão o concreto era definido pelo seu F_{ck} e na versão atual a classe do concreto passou a ser determinado mediante a classe de agressividade ambiental de onde a estrutura será projetada, exceto para as estacas Strauss, Franki, Micro estacas e estacas a trado vazado, cujo concreto/argamassa ainda são confeccionados no canteiro.

A Resistência característica do concreto à compressão (F_{ck}) das estacas de concreto moldada *in loco* e tubulões na versão de 2010 era de 20 Mpa para todas as classes de agressividade ambiental conforme a NBR 6118(ABNT,2014). Porém na nova versão de 2019 os concretos foram separados por classe de agressividade ambiental estabelecendo que, para as classes de agressividade I e II a resistência do concreto mínima é de 30 Mpa, e para as classes III e IV estipulou-se 40 Mpa. Nas tabelas 4 e 5 é possível identificar as principais mudanças sobre os valores de resistência do concreto entre as duas versões da norma.

Tabela 4 - Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento: segundo NBR 6122 (ABNT,2019).

Tipo de estaca	Classe de agressividade ambiental (CAA) Conform e ABNT NBR 6118	Classe de concreto/resistência característica da argamassa ou concreto	γ_c	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco) Armadura %		Tensão de compressão simples atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco)
				Armadura %	Comprimento m	MPa
Hélice/hélice de deslocamento / hélice com trado segmentado a	I, II	C30	2,7	0,4	4	6
	III, IV	C40	3,6			
Escavadas sem fluido	I, II	C25	3,1	0,4	2	5
	III, IV	C40	5			
Escavadas com fluido	I, II	C30	2,7	0,4	4	6
	III, IV	C40	3,6			
Strauss b	I, II	20 MPa	2,5	0,4	2	5
Franki b	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	-
Tubulões não encamisados	I, II	C25	2,2	0,4	3	5
	III, IV	C40	3,6			
Raiz b, c, d	I, II, III, IV	20 MPa	1,6	0,4	Integral	-
Micro estacas b, c, e	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	-
Estaca trado Vazado segmentado a, d	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	-

a Nestas estacas, o comprimento máximo da armadura é limitado devido ao processo executivo.

b Neste tipo de estaca, o diâmetro a ser considerado no dimensionamento é o diâmetro externo do revestimento.

c O espaçamento entre face de barras deve ser de um diâmetro da barra e no mínimo 20 mm As taxas máximas de armadura são de 8 % Ac para diâmetros menores ou iguais a 310, e de 6 % Ac para diâmetros iguais ou superiores a 400 mm As taxas máximas devem ser verificadas na seção de maior concentração de aço (considerando inclusive as emendas por transpasse). Em situações críticas, o dimensionamento pode ser feito em função da área de aço ($f_{yk} \geq 500$ MPa; A_s = área de aço), conforme a seguir:

— quando $A_s \leq 6 \% Ac$, o dimensionamento deve ser feito considerando a estaca trabalhando como pilar de concreto (a resistência da estaca é formada pela parcela do concreto e pela parcela do aço);

— quando $A_s \geq 6 \% Ac$, o dimensionamento deve ser feito considerando que todo o esforço solicitante deve ser resistido apenas pelo aço da seção da estaca (a parcela resistente do concreto é desprezada).

d Argamassa.

e Calda de cimento.

Fonte: ABNT NBR 6122 (2019, p.34)

Tabela 5 - Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento NBR 6122(ABNT,2010)

Tipo de estaca	Fck d máximo de projeto MPa	γ_f	γ_c	γ_s	Comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco) e % de armadura mínima		Tensão média atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa
					Armadura %	Comprimento m	
Hélice/hélice de deslocamento a	20	1,4	1,8	1,15	0,5	4	6
Escavadas sem Fluido	15	1,4	1,9	1,15	0,5	2	5
Escavadas com Fluido	20	1,4	1,8	1,15	0,5	4	6
Strauss b	15	1,4	1,9	1,15	0,5	2	5
Franki b	20	1,4	1,8	1,15	0,5	Armadura integral	0
Tubulões não Encamisados	20	1,4	1,8	1,15	0,5	3	-
Raiz b,c	20	1,4	1,6	1,15	0,5	Armadura integral	-
Micro estacas b,c	20	1,4	1,8	1,15	0,5	Armadura integral	-
Estaca trado vazado Segmentado	20	1,4	1,8	1,15	0,5	Armadura integral	-

a Neste tipo de estaca o comprimento da armadura é limitado devido ao processo executivo.

b Neste tipo de estaca o diâmetro a ser considerado no dimensionamento é o diâmetro externo do revestimento.

c No caso destas estacas, deve-se observar que quando for utilizado aço com resistência até 500 MPa e a porcentagem de aço for $\leq 6\%$ da seção da estaca, a estaca deve ser dimensionada como pilar de concreto armado. Quando for utilizado aço com resistência ≥ 500 MPa ou a porcentagem de aço for $\geq 6\%$ da seção real, toda carga deve ser resistida pelo aço. Esta limitação está relacionada com a garantia de preenchimento pleno do furo com argamassa ou calda de cimento.

d O Fck máximo de projeto desta Tabela é aquele que deve ser empregado no dimensionamento estrutural da peça.

Fonte: ABNT NBR 6122 (2010, p.32)

Observa-se também que o coeficiente de ponderação das ações (γ_f) de 1,4 se manteve o mesmo para as duas versões, porém o coeficiente de ponderação de resistência a compressão do concreto (γ_c) que na versão de 2010 era de apenas 1,8 para a classe do concreto C20, no entanto na versão atual (2019) passou a ter valores mais elevados e estipulados mediante a classe do concreto frente a agressividade do ambiente, sendo que para a classe do concreto C30 estipulou-se $\gamma_c=2,7$ e para C40 $\gamma_c=3,6$. O coeficiente de ponderação da resistência do aço (γ_s)=1,15 se manteve o mesmo após a revisão.

A NBR 6122 (ABNT,2019) cita que a especificação para o traço do concreto para o dimensionamento dos diferentes tipos de estaca está apresentada em forma de anexos na norma, visando obter um concreto que garanta sua qualidade e propriedades como trabalhabilidade,

resistência, durabilidade (baixa permeabilidade, porosidade, segregação) levando em consideração as condições particulares de cada concretagem e tipo de fundação.

Na versão NBR 6122(ABNT,2010) deveria ser igual a 22 ± 3 cm e fator $a/c \leq 0,6$. Na versão atual citada no anexo N9 , o concreto deverá seguir as especificações da tabela 4 da norma referente à classe de agressividade I, II, III e IV e atender as seguintes características:

- a) para o C30 consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 , abatimento entre 220 e 260 mm S 220, fator $a/c \leq 0,6$, diâmetro do agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4%;
- b) para o C40 consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 , abatimento entre 220 e 260 mm S 220, fator $a/c \leq 0,45$, diâmetro do agregado de 4,75 mm a 125 mm e teor de exsudação inferior a 4%;

A resistência de cálculo do concreto F_{CD} , deve ser calculada conforme previsto na NBR 6118 (ABNT,2014) pela seguinte expressão:

$$F_{CD} = F_{ck} / \gamma_c$$

Onde:

F_{CD} é a resistência de cálculo do concreto à compressão;

F_{CK} é a resistência característica do concreto à compressão;

γ_c é o coeficiente de ponderação da resistência à compressão do concreto.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de fazer o comparativo entre as duas versões da norma NBR (ABNT,6122) foram realizados o dimensionamento de blocos sobre estacas em hélice contínua para as diferentes classes do concreto utilizando um único traço, analisando as revisões da NBR ABNT 6122 dos anos de 2010 e 2019 frente a CAA (Classe de Agressividade Ambiental) e F_{ck} (Resistência Característica do Concreto à Compressão) adotado conforme especificações das versões da NBR 6122 demonstrados na tabela 06.

Tabela 6 – Classe do concreto para estacas moldadas *in loco* ou tubulões

Especificações do concreto para hélice contínua – NBR 6122	
2010 – Anexo F	2019 – Anexo N
O concreto deve satisfazer.	O concreto deve atender.
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de cimento $\geq 400 \text{ Kg/m}^3$; • Abatimento = 22 ± 3(cm); 	<ul style="list-style-type: none"> • As classes de agressividade (I, II, III e IV, conforme tabela 4 da NBR 6122);

- Água/Cimento $\leq 0,6$;
- Agregados: areia e pedrisco;
- Teor de argamassa: $\geq 55\%$;
- FCK ≥ 20 Mpa aos 28 dias

- Para C30 e C40, abatimento entre S220 mm e S260 mm, diâmetro do agregado de 4,75mm a 12,5mm e teor de exsudação $< 4\%$.

Recomenda-se para dosagem:

- Para C30 e C40, consumo de cimento ≥ 400 Kg/m³ e fator a/c $\leq 0,6$ para C30 e $\leq 0,45$ para C40.

Fonte: Adaptada ABNT NBR 6122 versões 2010 e 2019

Para o estudo utilizou-se a planta de carga um edifício residencial de quatro pavimentos e com 242m² de área de pavimento tipo, conforme mostra o projeto arquitetônico no **ANEXO 1**. O dimensionamento da superestrutura juntamente com a planta de carga contendo 32 pilares utilizados no estudo de caso foi disponibilizado pelo projetista sendo desenvolvido no *software* Eberick versão 2019, apresentado nos **ANEXO 2**.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DIMENSIONAMENTO DO BLOCO SOBRE A ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

Será apresentado o dimensionamento dos blocos sobre estacas em hélice contínua moldada *in loco*, a fim de apresentar quantitativos de concreto e quantidade de estacas por blocos resultante do processo de dimensionamento para as versões da NBR ABNT 6122 dos anos de 2010 e 2019.

Para se obter os parâmetros necessários para a análise entre as revisões da NBR 6122 dimensionou-se os blocos de fundação assim como a quantidade de estacas necessárias para cada bloco a fim de atender as solicitações de carregamento dos 32 pilares, para isto utilizou-se a planilha de dimensionamento e verificação de blocos sobre estacas criada por Lopes *et ANEXO C*.

No dimensionamento aplicou-se aos parâmetros de cálculo estipulados para cada versão da norma, analisando as principais mudanças entre a resistência característica do concreto (Fck), classe de agressividade ambiental e os coeficientes de ponderação para estacas moldadas *in loco* tipo hélice contínua. Tais parâmetros estão expressos na tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros de dimensionamento estacas moldadas para versões da norma NBR ABNT 6122

Versões	CAA	Fck Mpa	γ_f	γ_c	γ_s
2010		20	1,4	1,8	1,15
2019	I, II	30		2,7	
2019	III, IV	40		3,6	

Fonte: O autor, 2022

O diâmetro da estaca adotado inicialmente foi de 35 cm, porém se fez necessário usar em algumas estacas diâmetros de 40cm e 50cm a fim de atender as solicitações de carregamento. O número de estacas e a geometria dos blocos também variaram conforme cargas impostas no carregamento.

4.2 DIMENSIONAMENTOS DE BLOCOS SOBRE ESTACAS SEGUNDO VERSÃO NBR 6122 ABNT,2010) CONCRETO C20 MPA

Para o dimensionamento dos blocos sobre estacas, na versão da NBR 6122 (ABNT 2010) foi aplicado o Fck de 20 Mpa, assim como os parâmetros estabelecidos na tabela 7 para esta versão da norma.

Através dos dados encontrados no dimensionamento dos blocos gerou-se a planilha de quantitativo com quantidade de estacas necessárias para cada bloco e seus respectivos quantitativos de concreto conforme tabelas 8:

Tabela 8 - Quantitativos de estacas e consumo de concreto por bloco

FCK 20 MPA –NBR 6122(ABNT, 2010)				
QUANTITATIVO DE ESTACAS E VOLUME DE CONCRETO				
PILARES (ID)	CARGA NOMINAL (kN)	Ø da estaca (mm)	QUANT. ESTACA (n°)	CONSUMO DE CONCRETO POR BLOCO (m³)
P1	188	35	1	0,68
P2	205	35	1	0,68
P3	239	35	1	0,68
P4	259	35	1	0,68
P5	393	40	2	0,01
P6	365	40	2	0,01
P7	299	35	1	0,68
P8	383	40	2	0,01
P9	343	35	2	0,01
P10	396	40	2	0,01
P11	286	35	1	0,68
P12	271	35	1	0,68
P13	262	35	1	0,68
P14	411	40	2	0,01
P15	358	40	2	0,01
P16	368	40	2	0,01
P17	431	40	2	0,01
P18	249	35	1	0,68
P19	231	35	1	0,68
P20	299	35	1	0,68
P21	397	40	2	0,01
P22	436	40	2	0,01
P23	385	40	2	0,01
P24	377	40	2	0,01
P25	373	40	2	0,01

P26	264	35	1	0,68
P27	217	35	1	0,68
P28	319	35	2	0,01
P29	284	35	1	0,01
P30	210	35	1	0,68
P31	374	40	2	0,68
P32	361	40	2	0,01
TOTAL			49	10,37m³

Fonte: O autor, 2022

Obteve-se 32 blocos contendo 49 estacas totais e com um volume total de concreto de 10,37m³.

4.3 DIMENSIONAMENTOS DE BLOCOS SOBRE ESTACAS SEGUNDO VERSÃO NBR 6122 ABNT,2019) CONCRETO C30 MPA

Para o dimensionamento dos blocos sobre estacas em hélice contínua, na versão da NBR 6122 (ABNT, 2019) foi aplicado o concreto com Fck de 30 Mpa estipulado para a classe de agressividade I e II. Para esta versão foram necessários o dimensionamento das estacas com uso de três diâmetros. Através dos dados encontrados no dimensionamento dos blocos gerou-se a planilha de quantitativo de estacas necessárias para cada bloco e seus respectivos quantitativos de concreto para a classe de concreto de 30 Mpa, especificado na NBR 6122:2019, conforme tabela 9:

Tabela 9 - Quantitativos de estacas e consumo de concreto por bloco

FCK 30 MPA –NBR 6122(ABNT, 2019)				
QUANTITATIVO DE ESTACAS E VOLUME DE CONCRETO				
PILARES (ID)	CARGA NOMINAL (kN)	Ø da estaca (mm)	QUANT. ESTACA (n°)	CONSUMO CONCRETO POR BLOCO (m ³)
P1	188	35	1	0,68
P2	205	35	1	0,68
P3	239	35	1	0,68
P4	259	35	1	0,68
P5	393	40	2	0,01
P6	365	40	2	0,01
P7	299	35	1	0,68
P8	383	40	2	0,01
P9	343	40	2	0,01
P10	396	40	2	0,01
P11	286	35	1	0,68
P12	271	35	1	0,68
P13	262	35	1	0,68
P14	411	40	2	0,01
P15	358	40	2	0,01
P16	368	40	2	0,01
P17	431	40	2	0,01
P18	249	35	1	0,68

P19	231	35	1	0,68
P20	299	35	1	0,68
P21	397	40	2	0,01
P22	436	50	2	0,02
P23	385	40	2	0,01
P24	377	40	2	0,01
P25	373	40	2	0,01
P26	264	35	1	0,68
P27	217	35	1	0,68
P28	319	35	2	0,01
P29	284	35	1	0,01
P30	210	35	1	0,68
P31	374	40	2	0,68
P32	361	40	2	0,01
TOTAL			49	10,38m³

Fonte: O autor, 2022

Obteve-se 32 blocos contendo 49 estacas e com um volume total de concreto de 10,38m³.

4.4 DIMENSIONAMENTOS DE BLOCOS SOBRE ESTACAS SEGUNDO VERSÃO NBR 6122 ABNT,2019) CONCRETO C40 MPA

Para o dimensionamento dos blocos sobre estacas em hélice contínua, na versão da NBR 6122 (ABNT, 2019) foi aplicado o concreto com Fck de 40 Mpa estipulado para a classe de agressividade III e IV. Para esta classe de concreto também foi necessário o dimensionamento das estacas com três diâmetros.

Através dos dados encontrados no dimensionamento dos blocos gerou-se a planilha de quantitativo de estacas necessárias para cada bloco e seus respectivos quantitativos de concreto para a classe de concreto de 40 Mpa como especificado na NBR 6122 (ABNT, 2019), conforme tabela 10:

Tabela 10 - Quantitativos de estacas e consumo de concreto por bloco

FCK 40 MPA –NBR 6122(ABNT, 2019)				
QUANTITATIVO DE ESTACAS E VOLUME DE CONCRETO				
PILARES (ID)	CARGA NOMINAL (kN)	Ø da estaca (mm)	QUANT. ESTACA (n°)	CONSUMO CONCRETO POR BLOCO (m ³)
P1	188	35	1	0,68
P2	205	35	1	0,68
P3	239	35	1	0,68
P4	259	35	1	0,68
P5	393	40	2	0,01
P6	365	40	2	0,01
P7	299	35	1	0,68

P8	383	40	2	0,01
P9	343	40	2	0,01
P10	396	40	2	0,01
P11	286	35	1	0,68
P12	271	35	1	0,68
P13	262	35	1	0,68
P14	411	40	2	0,01
P15	358	40	2	0,01
P16	368	40	2	0,01
P17	431	50	2	0,02
P18	249	35	1	0,68
P19	231	35	1	0,68
P20	299	35	1	0,68
P21	397	40	2	0,01
P22	436	50	2	0,02
P23	385	40	2	0,01
P24	377	40	2	0,01
P25	373	40	2	0,01
P26	264	35	1	0,68
P27	217	35	1	0,68
P28	319	40	2	0,01
P29	284	35	1	0,01
P30	210	35	1	0,68
P31	374	40	2	0,68
P32	361	40	2	0,01
TOTAL			49	10,39m³

Fonte: O autor, 2022

Obteve-se 32 blocos contendo 49 estacas e com volume total de concreto de 10,39m³.

Percebe-se que o diâmetro de 50cm foi necessário apenas para a versão de 2019 ocorrendo apenas nos blocos que receberam a carga dos pilares mais carregados sendo eles P17 e P22. O diâmetro ocorreu devido ao aumento do coeficiente de ponderação de resistência a compressão do concreto (γ_c), sendo que, para a classe do concreto C30 estipulou-se $\gamma_c=2,7$ e para C40 $\gamma_c=3,6$.

4.5 COMPARATIVOS DO QUANTITATIVO ENTRE AS VERSÕES

A versão da norma 6122:2010 obteve-se um volume de concreto de 10,37m³. A versão de 2019 para classe de concreto C30 resultou em um volume de concreto de 12,38m³. Já a versão de 2019 da norma utilizando a classe de concreto C40 encontrou-se o volume de 10,39m³. A tabela 11, apresenta os resultados resumidamente:

Tabela 11 – Quantitativo total de estacas e consumo de concreto por versão da norma

QUANTITATIVO DE ESTACAS E VOLUME DE CONCRETO TOTAL		
FCK / ANO	QUANT. ESTACA (n°)	CONSUMO CONCRETO POR BLOCO (m ³)
FCK 20 MPA - 2010	49	10,37
FCK 30 MPA - 2019	49	10,38
FCK 40 MPA - 2019	49	10,39

Fonte: O autor, 2022

Ao analisar os resultados apresentados, nota-se que houve pouca diferença no quantitativo encontrado no dimensionamento dos blocos entre as versões, ao qual a diferença no volume de concreto se deu mediante ao número de estacas de 50 cm nas necessárias nas versões da revisão de 2019, ao qual para o Fck de 30 Mpa dimensionou-se um bloco sobre estacas de 50cm e para o concreto de 40 Mpa foram necessários dois blocos sobre estacas de 50 cm.

Notou-se que a diferença no diâmetro da estaca na versão de 2019 se deu mediante ao aumento do γ_c que é o coeficiente de ponderação da resistência à compressão do concreto. Mediante aos resultados encontrados, foi possível observar que não houve redução no volume de concreto para estacas moldadas *in loco*, mas sim um maior controle na aplicabilidade, aumento na resistência do concreto, o que resulta em estruturas mais seguras e duráveis. Por outro lado, o uso de uma classe de concreto mais elevada, aumentará o custo da produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, conclui-se que os resultados encontrados nesta pesquisa foram satisfatórios, pois mesmo encontrando quantitativos relativamente iguais. Foi possível constatar que fatores como resistência, durabilidade e segurança obtiveram um ganho elevado na nova versão da ABNT 6122:2019, visto que um maior controle tecnológico do concreto aliado à sua correta aplicabilidade agregará maior segurança e durabilidade às estruturas.

A atualização da NBR 6122 em 2019 apresentou parâmetros de dimensionamento com maior segurança a começar pelos novos coeficientes de ponderação do concreto. Este, passou a ter valores mais elevados e estipulados mediante a agressividade do ambiente em que a estrutura estará inserida, tornando-se um fator positivo podendo evitar a sua degradação por manifestações patológicas e sua deterioração natural, que comprometem o desempenho da estrutura e sua capacidade mecânica e funcional, além de gerar custos de manutenção e recuperação da estrutura.

Conclui-se então que a revisão da norma trouxe mudanças benéficas no dimensionamento das fundações em hélice contínua agregando maior segurança, resistência, durabilidade e vida útil às estruturas, diminuindo também, custos com reparos entre outros prejuízos.

Por outro lado, o concreto representa aproximadamente 60% do custo final da estaca em hélice contínua e um concreto de maior resistência como o C30 e C40 estipulado da revisão da norma, trará um custo mais elevado na sua fabricação quando comparados a classe de 20 Mpa estipulado na versão de 2010. Entretanto, será necessário o estudo do novo traço através de ensaios laboratoriais aliado às novas tecnologias de mercado para analisarem formas de garantirem o traço estipulado com a nova versão com uma possível redução de custos na produção.

Deste modo as concreteiras e projetistas de fundações deverão se atentar a esta mudança analisando o novo custo x benefício, na fabricação do concreto da estaca em hélice contínua estipulados nesta nova versão.

ABSTRACT

The study of new construction technologies has intensified over the years in order to understand the mechanisms of concrete deterioration and how it behaves in the environment where the structure is inserted. In this way, the revisions of the standardization parameters become necessary and contribute to the increase in the useful life of the structures. NBR(ABNT,6122) regulates the executive methods for the design of foundations in Brazil. In 2019, the standard was revised and updated, replacing the last version of 2010. As the helix pile foundation is produced by concrete and steel, being the first material of greater volume, it is necessary to always analyze the raw material costs for this production. For this reason, this research aimed to investigate the properties of concrete produced according to the specifications and updates of NBR 6122, making a comparison in the sizing between the versions for the consumption of concrete, following the parameters applied in relation to the safety coefficients, aggressiveness class environment and concrete class, in order to evaluate and compare the results of strength, durability and its final consumption in production.

Keywords: NBR (ABNT, 6122) standard update, continuous helix pile concrete, concrete class, durability, production consumption.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6484: **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7212: **Execução de concreto dosado em central** — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 12655- **Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação** — Procedimento Rio de Janeiro, ABNT,2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 6118 - **Projeto de estrutura de concreto** - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 6122 - **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT,2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –ABNT. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 8953 - **Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson. **Fundações por estacas: projetos geotécnicos**. São Paulo: Oficina De Textos, 2010.

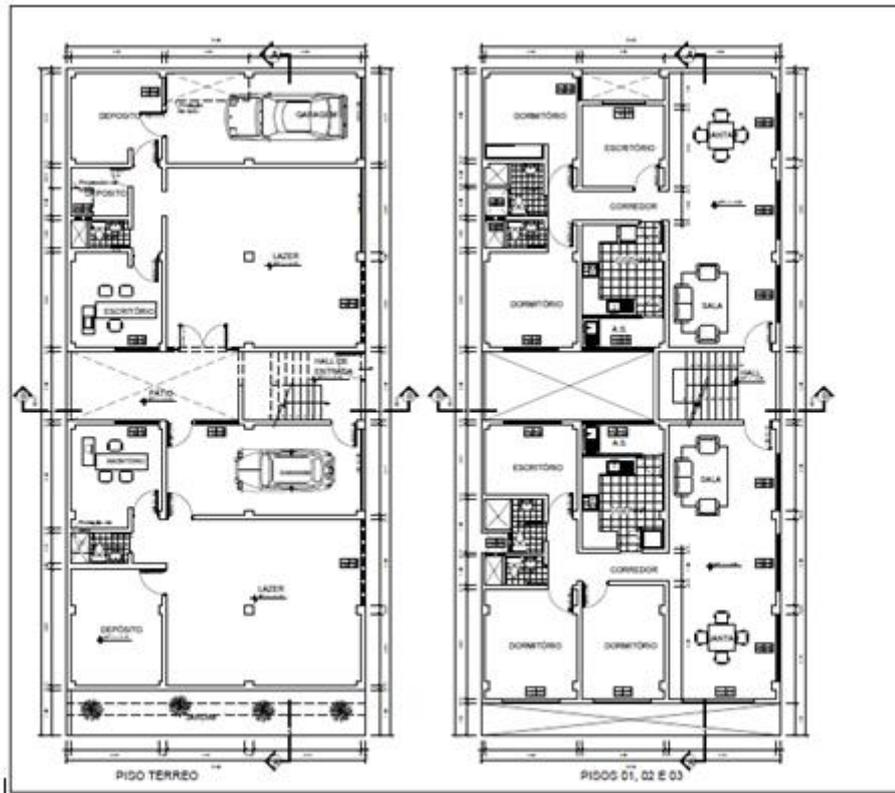
CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2014**. São Carlos, SP: 2014

DELALIBERA, Rodrigo Gustavo. **Planilha de Dimensionamento e Verificação de Blocos sobre Estacas**. Universidade Federal de Goiás - UFG, s/d.. Acesso em: 02/11/2020.

HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003

MANDINGALB. **Concreto - Sua história, curiosidades e aplicações** [internet]. Acesso em: 27 jul. 2020]. Disponível em: <http://www.geofix.com.br/biblioteca>.

ANEXO A – PLANTA ARQUITETÔNICA



ANEXO B – PLANTA DE CARGA SOFTWARE EBERICK

Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (kN)	Carga Min. (kN)	Pilar							
						Mx Máximo (kN.m)		My Máximo (kN.m)		Fx Máximo (kN)		Fy Máximo (kN)	
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	25x25	14.00	-14.00	188	101	0	0	0	0	5	-9	4	0
P2	25x25	1024.00	-14.00	205	137	0	0	0	0	8	-2	4	0
P3	25x25	336.00	-14.00	239	204	0	0	0	0	13	-11	6	0
P4	25x25	636.00	-14.00	259	221	0	0	0	0	11	-11	4	0
P6	15x50	341.00	-318.50	393	298	0	0	0	0	9	-8	4	-8
P7	15x50	641.00	-318.50	365	287	0	0	0	0	7	-8	4	-6
P8	25x25	1024.00	-329.00	299	232	0	0	0	0	5	-4	4	-5
P9	20x50	26.50	-641.50	383	291	0	0	0	0	7	-13	2	-4
P10	15x50	641.00	-671.50	343	265	0	0	0	0	8	-7	5	-5
P11	15x50	341.00	-646.50	396	295	0	0	0	0	11	-5	6	-5
P12	25x25	1024.00	-659.00	286	217	0	0	0	0	2	-5	4	-4
P13	15x50	26.50	-981.00	271	91	0	0	0	0	15	-17	3	-3
P14	15x50	323.50	-981.00	262	226	0	0	0	0	21	-25	3	-4
P15	15x49	624.00	-981.00	411	291	0	0	0	0	18	-21	4	-1
P16	15x50	1029.00	-963.50	358	256	0	0	0	0	7	0	8	-6
P17	15x50	1029.00	-1256.50	368	267	0	0	0	0	10	0	6	-9
P18	15x49	624.00	-1239.00	431	307	0	0	0	0	15	-22	3	-2
P19	15x50	26.50	-1239.00	249	62	0	0	0	0	15	-16	3	-3
P20	15x50	323.50	-1239.00	231	196	0	0	0	0	22	-24	3	-3
P21	25x25	1024.00	-1563.00	299	225	0	0	0	0	5	-3	5	-4
P22	25x25	636.00	-1563.00	397	307	0	0	0	0	9	-6	2	-5
P23	25x25	336.00	-1506.00	436	301	0	0	0	0	7	-5	8	0
P24	20x60	31.50	-1818.50	385	312	0	0	0	0	13	-10	1	-8
P25	25x25	336.00	-1891.00	377	310	0	0	0	0	11	-12	0	-9
P26	25x25	636.00	-1891.00	373	299	0	0	0	0	9	-8	5	-2
P27	25x25	1024.00	-1891.00	264	194	0	0	0	0	3	-7	4	-4
P28	25x25	1024.00	-2156.00	217	167	0	0	0	0	7	-2	1	-5
P29	25x25	636.00	-2156.00	319	259	0	0	0	0	8	-9	2	-2
P30	25x25	336.00	-2156.00	284	230	0	0	0	0	11	-10	1	-3
P31	25x25	14.00	-2156.00	210	153	0	0	0	0	3	-8	0	-5
P32	20x50	26.50	-326.50	374	290	0	0	0	0	8	-13	4	-4
P33	20x60	31.50	-1495.50	361	242	0	0	0	0	15	-17	7	-2

ANEXO C - PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DE BLOCOS SOBRE ESTACAS

Força Normal (kN):	436	Quantidade de Estacas	2	
M_x (kN.m):	0			
M_y (kN.m):	0			
F_x (kN):	7			
F_y (kN):	8			
Dimensão a do pilar (cm):	40			
Dimensão b do pilar (cm):	40			
Inclinação θ da biela (45° ≤ θ ≤ 55°):	45			
f_{cd} do Concreto (MPa):	30			
Coefficiente Peso Proprio:	1,1			
Coefficiente α:	1,2			
V₁:	1,2			
V₂:	2,7			
V₃:	1,15			
V₄:	1,2			
Estaca:	Moldada In-Loco			
Tipo de Estaca:	Hélice Contínua			
Diâmetro Adotado (cm):	40			
Carga Nominal (kN):	500			
Carga Admissível Geotécnica (kN):	429,9			

ETAPA ANTERIOR

PRÓXIMA ETAPA