

ANÁLISE DE CUSTOS DE UM PROJETO DE TUBULÕES A CÉU ABERTO APÓS A ATUALIZAÇÃO DA NR 18:2020

COST ANALYSIS OF AN OPEN-PILE PROJECT AFTER THE UPDATE OF NR 18:2020

PELEGRINO, Júlia

Graduanda em Engenharia Civil, UNAERP
julia.c.pelegriano@outlook.com

VIOTTO, Isabela Vitor

Graduanda em Engenharia Civil, UNAERP
isabela_viotto@hotmail.com

CHAHUD JUNIOR, Fernando

Bacharel em Direito, Faculdade de Direito de Franca
fchahudjr@gmail.com

RESUMO

O presente estudo apresenta um projeto por tubulões a céu aberto realizado em Ribeirão Preto – SP de forma a analisar os impactos que as novas diretrizes da NR 18, atualizada em 2020, trouxe em relação ao custo de execução desse tipo de fundação. A norma foi atualizada com o objetivo de proporcionar mais segurança aos trabalhadores no processo de escavação de tubulões, alterando significativamente o custo de execução, podendo acarretar uma mudança no cenário das obras de fundações no Brasil. Os tubulões a céu aberto eram extremamente utilizados por sua relação de custo e benefício, no entanto, após as mudanças, o seu uso pode se tornar inviável para obras que podem adotar outros tipos de fundações mais econômicas.

Palavras-chave: NR:18. Tubulão a céu aberto. Custo. Fundação.

ABSTRACT

This study presents an open-pile foundation project carried out in Ribeirão Preto - SP in order to analyze the impacts that the new guidelines of NR 18, updated in 2020, brought in relation to the cost of execution of this type of foundation. The standard was updated in order to provide more safety to workers in the process of excavation of casings, significantly changing the cost of execution, and may bring about a change in the scenario of foundation works in Brazil. The open-pile foundations were extremely used because of their cost-benefit ratio, however, after the changes, their use may become unfeasible for constructions that could adopt other types of more economical foundations.

Keywords: NR. 18. Open-pile. Costs. Foundation.

1. INTRODUÇÃO

A fundação é o elemento que liga a superestrutura com o solo. Existem diferentes tipos de fundações dentro do campo da engenharia civil e todas possuem como finalidade a responsabilidade de transmitir os esforços horizontais e verticais de superestruturas de forma direta ou indireta ao solo. São elementos estruturais com diferentes métodos a serem construídos ou instalados. O tipo de fundação é definido de acordo com os dados do projeto e suas características variáveis, como por exemplo, o tipo de solo, o tipo de edifício a ser construído, os esforços solicitantes, os esforços atuantes e o custo da execução (TSCHEBOTARIOFF, 1978). No Brasil, um método de fundação muito praticado são os tubulões a céu aberto, caracterizados por serem elementos para fundações profundas, indicados para obras que apresentam superestruturas com cargas elevadas ou quando a execução por outro método de fundação possui difícil acesso. Os tubulões a céu aberto são executados normalmente acima do lençol freático e em solos estáveis para o processo da escavação (HACHICH, 1998).

Os tubulões são escavados de forma mecânica ou manual, em formato cilíndrico e de seção circular e quando é atendida a profundidade desejada durante a escavação, a base do tubulão é ampliada para se obter uma área de superfície horizontal maior com o solo. Para isso, a escavação é realizada de forma manual (através de operários) ou de forma mecânica (TSCHEBOTARIOFF, 1978).

Como existe possibilidade da necessidade de operários, os denominados poceiros, que são os responsáveis pela execução da ampliação das bases dos tubulões a céu aberto, de acordo com a ABNT NBR 16577:2016 (Associação Brasileira de Normas Técnicas; Norma Brasileira) esse tipo de fundação é enquadrada como trabalho em ambiente confinado, caracterizado trabalho de risco. Os poceiros quando descem pelos tubulões podem ficar submetidos à baixos níveis de oxigênios, podendo causar sonolência e fadigas, comprometendo sua atenção para a execução da escavação manual. Os poceiros também ficam expostos a outros riscos como desabamento do solo, podendo causar o soterramento e a possibilidade de que o balde (preso por cordas), o qual o poceiro introduz ao solo durante a escavação, sofra algum dano e caia sobre ele (MOTA; OLIVEIRA, 2019).

Para controlar as situações de risco que existem dentro do campo da engenharia civil, existe uma norma publicada em 1978 com diretrizes a serem seguidas, chamada NR 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil (Norma Regulamentadora). A normativa estabelece parâmetros a serem seguidos para a redução de acidentes de trabalho dentro da construção civil (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2020). A norma NR 18 foi

atualizada no ano de 2020 e dentro das atualizações das diretrizes, obteve-se conformidades que alteraram diretamente os critérios para a execução de escavações de tubulões a céu aberto, especificamente no diâmetro mínimo que um tubulão deve ter para o acesso de poceiros nos espaços confinados, afetando os custos da execução da atividade comparado a execução sem a atualização da NR 18:2020.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral é realizar a análise de custos da execução de um projeto de tubulões a céu aberto conforme a NR 18 atualizada em 2020, comparado a um projeto de tubulações a céu aberto já executado anteriormente à atualização da norma. Verificando os impactos econômicos que a atualização pode afetar nas fundações de tubulões a céu aberto. Já os objetivos específicos da análise são:

- Adequação do projeto original conforme a atualização da NR 18:2020;
- Levantamento de custos da execução do projeto original sem alterações;
- Levantamento de custos da execução do projeto adequado conforme a NR 18:2020;
- Comparação dos custos para a execução dos projetos;
- Análise de resultados.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com a NR 18 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2020), os critérios a serem seguidos para a execução de tubulões a céu aberto são empregados em itens, conforme:

Item 18.7.2.17 para a execução de tubulões a céu aberto com profundidade superior ou igual a 3 metros, é necessário a sondagem ou estudo geotécnico do solo.

Item 18.7.2.17.1 a execução de tubulões a céu aberto com escavação manual, pode ser realizada somente em situações que a profundidade desejada esteja acima do nível d'água ou abaixo dele se o solo apresentar ser estável e sem riscos de desmoronamento.

Item 18.7.2.18 para a execução da escavação manual com poceiros é fundamental a existência de um plano de resgate e remoção dos operários.

Item 18.7.2.22.1 informa as normas e etapas que a escavação manual deve seguir. É primordial o registro diário sobre a escavação, como a sinalização e monitoramento constante.

Em relação a atualização da NR 18:2020, foram determinados novos parâmetros de execução. Anteriormente o diâmetro mínimo de fuste era de oitente centímetros, podendo ser

adotado um diâmetro de setenta centímetros, se necessário, de acordo com uma justificativa técnica apresentada pelo engenheiro responsável. Na versão atualizada da norma, o diâmetro mínimo do fuste deverá ser de noventa centímetros, outras alterações realizadas foram determinadas, como, os tubulões escavados manualmente devem ser encamisados em toda a sua extensão, além de ter sido determinado a profundidade máxima de até quinze metros e a proibição do uso de tubulão de ar comprimido.

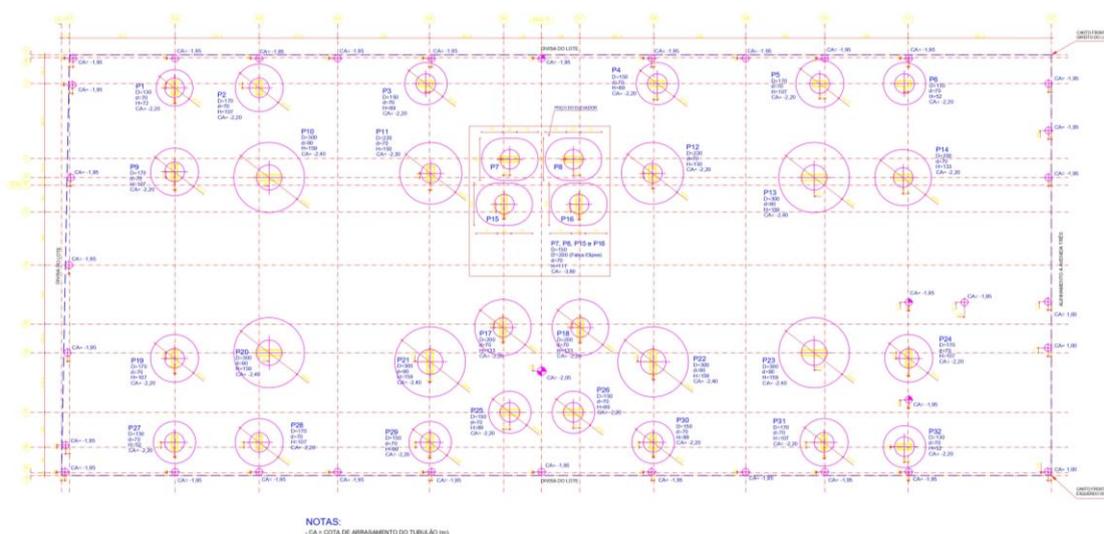
2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 MATERIAL

Para o estudo de caso e análise das implicações das novas diretrizes da NR18:2020 foi utilizado como material de estudo um projeto concebido em tubulões a céu aberto em Ribeirão Preto - SP, executado anteriormente a essa atualização da norma.

O projeto é referente a fundação de um edifício residencial multifamiliar localizado na cidade de Ribeirão Preto - SP composto por um subsolo mais sete pavimentos. A locação dos tubulões conforme projeto original está apresentada conforme figura 1.

Figura 1 - Projeto de fundação original



Fonte: Autores (2021).

A concepção original consta com tubulões de setenta e noventa centímetros de diâmetro, conforme a figura 2 apresentada abaixo, onde “d” é o diâmetro de fuste.

Figura 2 - Tabela de tubulões por pilares

TUBULÕES (ELEMENTOS)	QUANTIDADE	DIMENSÕES					ARMAÇÃO						VOLUMES			
		d (cm)	d' (cm)	D (cm)	h (cm)	H (cm)	Posição (N)	Quant.	Diâmetro φ (mm)	Compr. (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Altura (m)	Fuste (m³)	Alargam. (Vol m³)
P1, P6, P27 e P32	4	70	60	130	52	72	N1	8	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	0,4
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P3, P4, P25, P26, P29 e P30	6	70	60	150	69	89	N1	8	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	0,8
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P7, P8, P15 e P16 (Falsa Elipse)	4	70	60	150	91	111	N1	10	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	0,9
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P2, P5, P9, P19, P24, P28 e P31	7	70	60	170	87	107	N1	10	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	1,2
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P14, P17 e P18,	3	70	60	200	113	133	N1	10	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	2,1
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P11 e P12	2	70	60	220	130	150	N1	10	16,0	400	400	345	55	12,0	4,6	2,9
							N2	20	6,3	210						
							N3	0	8,0	220						
P10, P13, P20, P21, P22 e P23	6	90	80	250	139	159	N1	14	16,0	400	400	335	65	12,0	7,6	3,8
							N2	20	6,3	230						
							N3	0	8,0	240						
													Totais	165,9	53,2	
													Total Geral		219,1	

Fonte: Autores (2021).

2.2 MÉTODOS

A metodologia de comparação consiste no cálculo de volume de fuste escavado conforme projeto original e para uma versão hipotética onde todos os diâmetros de fuste dos tubulões passam a ser noventa centímetros e adiciona-se o encamisamento nos mesmos, para assim comparar a diferença de custo que essas alterações provenientes da NR18:2020 provocarão no orçamento dessa obra.

A consulta de preço dos principais insumos foi realizada por meio de coleta de dados nas tabelas SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil) referência de composição de custos sintético do ano de 2021.

Primeiramente foi identificado o custo para se executar o fuste de tubulão, perfurado mecanicamente e concretado com concreto usinado, conforme apresenta-se na figura 3.

Figura 3 - Composição de custo para fuste de tubulão

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
101108	TUBULÃO A CÉU ABERTO, DIÂMETRO DO FUSTE DE 70CM, ESCAVAÇÃO MECÂNICA, SEM ALARGAMENTO DE BASE, CONCRETO USINADO E LANÇADO COM BOMBA OU DIRETA MENTE DO CAMINHÃO. AF_05/2020	M3	CR	650,16
101109	TUBULÃO A CÉU ABERTO, DIÂMETRO DO FUSTE DE 80CM, ESCAVAÇÃO MECÂNICA, SEM ALARGAMENTO DE BASE, CONCRETO USINADO E LANÇADO COM BOMBA OU DIRETA MENTE DO CAMINHÃO. AF_05/2020	M3	CR	638,00
101110	TUBULÃO A CÉU ABERTO, DIÂMETRO DO FUSTE DE 100CM, ESCAVAÇÃO MECÂNICA, SEM ALARGAMENTO DE BASE, CONCRETO USINADO E LANÇADO COM BOMBA OU DIRETA MENTE DO CAMINHÃO. AF_05/2020	M3	CR	628,10

Fonte: : CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2021).

Conforme observado na imagem, não está disposto o preço unitário para tubulões de 90cm de diâmetro, por isso foi realizada uma interpolação entre os valores referentes aos tubulões de 80cm e 100cm. Foi utilizada a fórmula matemática para interpolação conforme a equação 1.

$$y = y1 + (x - x1) \times \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

y = Valor a ser encontrado
y1= Valor para fuste de 80cm
y2= Valor para fuste de 100cm
x1= Diâmetro de 80cm
x2= Diâmetro de 100cm
x = Diâmetro de 90cm

Desta forma:

$$y = 638 + (0,90 - 0,80) \times \frac{(628,10 - 638)}{(1,00 - 0,80)}$$

$$y = 633,05$$

Assim o valor para escavação e concretagem de fuste de tubulão de 90 cm será de R\$633,05/m³.

Já o valor para aplicar no custo do projeto original será o do item 101108 para tubulões de fuste de 70 cm, com o valor de R\$650,16 por metro cúbico.

Não foi possível encontrar uma composição destinada exatamente ao encamisamento de tubulões tabelas na SINAPI atualizado em 2021, por isso, será utilizado o valor encontrado para os tubos de concreto pré-moldados para redes coletoras de águas pluviais pois é o mesmo material empregado para o encamisamento (figura 4).

Figura 4 - Composição de custo para os tubos de concreto pré-moldados de encamisamento

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
92212	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 6 M 00 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	CR	199,86
92213	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 7 M 00 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	CR	259,55
92214	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 8 M 00 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	CR	312,29
92215	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 9 M 00 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNC IAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	CR	358,26

Fonte: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (2021).

Desta forma foi considerado o valor do item 92215 de tubo de concreto pré-moldado de diâmetro 90 cm, de R\$358,26 por metro linear de encamisamento para tubulões.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 APRESENTAÇÃO DAS DIFERENÇAS DE VOLUME DE FUSTE

Foi calculado o volume total de fuste para o projeto original, conforme tabela 1 apresentada abaixo:

Tabela 1 - Características do projeto original

TUBULÕES	QTD	d fuste (m)	Área fuste (m ²)	Profundidade estimada (m)	Volume de fuste (m ³)	Volume de encamisamento (m)
P1, P6, P27 e P32	4	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P3, P4, P25, P26, P29 e P30	6	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P7, P8, P15 e P16 (Falsa Elipse)	4	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P2, P5, P9, P19, P24, P28 e P31	7	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P14, P17 e P18	3	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P11 e P12	2	0,70	0,38	10,30	3,96	0,00
P10, P13, P20, P21, P22 e P23	6	0,90	0,64	10,30	6,55	0,00
TOTAL					30,34	0,00

Fonte: Autores (2021).

O mesmo processo foi realizado, porém com a definição que todos os fustes serão de 90cm e acrescentando o encamisamento, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Características do projeto atualizado

TUBULÕES	QTD	d fuste (m)	Área fuste (m ²)	Profundidade estimada (m)	Volume de fuste (m ³)	Volume de encamisamento (m)
P1, P6, P27 e P32	4	0,90	0,64	10,30	6,55	41,20
P3, P4, P25, P26, P29 e P30	6	0,90	0,64	10,30	6,55	61,80
P7, P8, P15 e P16 (Falsa Elipse)	4	0,90	0,64	10,30	6,55	41,20
P2, P5, P9, P19, P24, P28 e P31	7	0,90	0,64	10,30	6,55	72,10
P14, P17 e P18	3	0,90	0,64	10,30	6,55	30,90
P11 e P12	2	0,90	0,64	10,30	6,55	20,60
P10, P13, P20, P21, P22 e P23	6	0,90	0,64	10,30	6,55	61,80
TOTAL					45,87	329,60

Fonte: Autores (2021).

Percebe-se que o volume de fuste do projeto original é de 30,34m³ e com os critérios da NR 18:2020 aplicados o volume passa a ser 45,87m³. O uso da NR 18:2020 proporcionou um aumento de 51,20% em relação ao projeto original. Outro fator a ser considerado é que há o acréscimo de aproximadamente 330m de encamisamento com tubo de concreto pré moldado.

3.2 APRESENTAÇÃO DE ORÇAMENTO

Os preços coletados na tabela SINAPI atualizada em 2021 foram aplicados em ambas as situações: projeto original e conforme critérios da NR18:2020, os resultados estão demonstrados a seguir:

Tabela 3 - Orçamento para projeto original

Item Sinapi	Descrição	QTD	UND	Valor unitário	Valor total
101109/101110	Tubulão a céu aberto, diâmetro de fuste de 90cm, escavação mecânica com concreto usinado	M3	30,34	633,05	R\$ 19.204,21
92215	Tubo de concreto pré moldado diâmetro de 90cm	M	0,00	358,26	R\$ 0,00
TOTAL GERAL					R\$ 19.204,21

Fonte: Autores (2021).

Tabela 4 - Orçamento para projeto conforme NR18/2020

Item Sinapi	Descrição	QTD	UND	Valor unitário	Valor total
101109/101110	Tubulão a céu aberto, diâmetro de fuste de 90cm, escavação mecânica com concreto usinado	M3	45,87	633,05	R\$ 29.036,76
92215	Tubo de concreto pré moldado diâmetro de 90cm	M	329,60	358,26	R\$ 118.082,50
TOTAL GERAL					R\$ 147.119,26

Fonte: Autores (2021).

Desta forma foi realizada uma comparação entre orçamentos conforme tabela 5.

Tabela 5 - Comparação entre orçamentos

Item Sinapi	Descrição	Valor total projeto original	Valor total projeto NR18/2020	Diferença	Porcentagem
101109/101110	Tubulão a céu aberto, diâmetro de fuste de 90cm, escavação mecânica com concreto usinado	R\$ 19.204,21	R\$ 29.036,76	R\$ 9.832,55	51,20%
92215	Tubo de concreto pré moldado diâmetro de 90cm	R\$ 0,00	R\$ 118.082,50	R\$ 118.082,50	100%

Fonte: Autores (2021).

Observa-se que anteriormente a atualização da norma NR 18, o encamisamento não era necessário e conforme a nova atualização a porcentagem do valor para a escavação dos tubulões obteve um aumento significativo, assim como o acréscimo do encamisamento.

4. CONCLUSÃO

A norma NR 18 foi atualizada visando a melhoria das condições de trabalho dos profissionais que realizam as escavações de tubulões a céu aberto, pois tal atividade apresenta altos riscos e exposição a acidentes de trabalho.

A atualização da NR 18 realizada em 2020, apresenta parâmetros que proporcionam maior segurança aos trabalhadores, mas em consequência da atualização os custos das atividades para a execução de tubulões a céu aberto sofreram aumentos significativos, conforme foi demonstrado anteriormente. A execução de fundações de tubulões a céu aberto para um projeto

em Ribeirão Preto - SP, antes da nova atualização não apresentava a necessidade do encamisamento por toda extensão de cada tubulão. Agora, com as alterações a norma exige que todos os tubulões tenham o encamisamento, provocando um acréscimo de R\$ 118.082,50, além do aumento de volume de escavação de fuste, que antes foi orçado em R\$19.204,21 e passa a ser R\$ 29.036,76. Conclui-se que o fator que mais colaborou com o aumento de custo para a execução de uma obra de fundação por tubulão foi o acréscimo do encamisamento, um item diretamente relacionado com a segurança dos poços para a escavação. Além disso, também houve um aumento de 51,20% em relação a escavação e concretagem de fuste e isso é proveniente ao aumento do diâmetro mínimo para 90 cm. Portanto com a nova atualização da norma, a opção de fundações por tubulões a céu aberto pode se tornar economicamente inviável em relação a outros tipos de fundações, provocando a diminuição do uso de tubulões a céu aberto no Brasil e o tornando menos usual do que anteriormente a atualização da norma.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16577**: Espaço confinado — Prevenção de acidentes, procedimentos e medidas de proteção. Brasil, 2016. 36p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. Brasil, 2010. 91p.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664>. Acesso em: 20 de abril de 2021

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI: Índice da Construção Civil. Brasil, Governo Federal.2021. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664>.

HACHICH, W. et al. **Fundações**: teoria e prática. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1998. 758p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR18**: Condições e Meio Ambiente de trabalho na Indústria da Construção. Brasil, 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR33**: Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Brasil, 2020.

TSCHENOTARIOFF, G. P. **Fundações, estruturas de arrimo e obras de terra**: a arte de projetar e construir e suas bases científicas na mecânica dos solos. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.