XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Proposta de diretrizes para escolha de contenções de solo

Guideline proposal for earth retaining walls selection

Isaac Brugnera Stefanello
Unochapecó - Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Chapecó | Brasil | i.stefanello@unochapeco.edu.br
Eduardo Roberto Batiston
Unochapecó - Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Chapecó | Brasil | erbatiston@unochapeco.edu.br
Marcelo Fabiano Costella
Unochapecó - Universidade Comunitária da Região de Chapecó | Chapecó | Brasil | costella@unochapeco.edu.br

Resumo
A falta de uniformidade de conceitos relacionados a escolha de contenções de solo é um desafio presente na prática de geotecnia. O objetivo do artigo é identificar os tipos de contenções de solo utilizados em regiões urbanizadas no Brasil e propor diretrizes de escolha dessas contenções. A partir da revisão de literatura, houve a proposição de diretrizes de escolha de contenções de solo com posterior aplicação em estudo piloto. O método proposto pela pesquisa conseguiu definir os fluxos de trabalho e os parâmetros para a seleção da estrutura adequada que garanta segurança, desempenho e economia.

Palavras-chave: Engenharia civil. Obras de terra. Geotecnia. Contenções de solo. Diretrizes de escolha.

Abstract
The lack of uniformity of concepts related to earth retaining wall selection is a present challenge in the practice of geotechnics. The objective of the article is to identify the types of retaining walls used in urban regions in Brazil and to propose guidelines for these walls' selection. From the literature review, there was a proposal of guidelines for the soil retaining choices with subsequent application in a pilot study. The method proposed by the research managed to define the workflows and parameters for the selection of the appropriate structure that guarantees safety, performance, and economy.

Keywords: Civil engineering. Earthworks. Geotechnics. Earth retaining walls. Selection guidelines.

Como citar:
STEFANELLO, I. B.; BATISTON, E. R.; COSTELLA, M. F. Proposta de diretrizes para escolha de contenções de solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14.

INTRODUÇÃO

A civilização tem como uma tendência inevitável a urbanização como um reflexo do nível de industrialização da sociedade [1]. Ao longo dos anos e com a difusão de novas tecnologias, os limites construtivos das edificações foram sendo aumentados o que permitiu a intensificação do uso de solo urbanizado e sua expansão vertical [2]. O crescimento da verticalização urbana é um ponto de debate mundialmente discutido, o qual explora a ideia de que o aumento populacional traz consigo a demanda de uma melhor utilização do solo em relação à eficiência e a densidade, tornando-se uma questão de interesse acadêmico e profissional ao redor do mundo. Naturalmente construções acentuadamente verticais são consideradas economicamente viáveis e permitem o melhor uso da localização [3], entretanto nem todas as cidades são preparadas para a expansão vertical oriunda desse novo sistema, especialmente se não levarem em conta o possível impacto ambiental e funcional produto da proliferação discriminada de prédios altos [4].

Pela atualidade do assunto e a rápida disseminação urbana e populacional, além das alterações morfológicas e funcionais da construção civil envolvidas, ainda existem tópicos com grande necessidade de contribuição científica. Em relação às contenções de solo e suas aplicações em centros urbanizados existem inúmeros critérios e variáveis não comprovadas cientificamente. Mesmo as normas reguladoras da Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 11.682 [5], NBR 9.061 [6], NBR 6.122 [7] e NBR 8.044 [8] não abordam objetivamente critérios para a escolha de contenções, o que leva os profissionais envolvidos a uma busca pautada pela incerteza. Mesmo que exista uma investigação geotécnica subsequente ao início das concepções de projeto, a incerteza é algo inevitável em projetos com solos e rochas, fazendo com que o profissional defina algumas características pré-projeto que raramente condizem com as condições atuais do terreno [9].

No que tange à escolha de contenções existem alguns métodos e critérios já avaliados na literatura científica em diversos países como Espanha [10], Reino Unido [11] e Malásia [12]. Os métodos avaliam indicadores de impacto ambiental, ciclo de custos, impacto social e populacional que, por vezes, são medidas pertinentes apenas ao próprio contexto da pesquisa em que são aplicados e avaliados somente após o término da obra, não avaliando fatores incluídos em premissas adotadas na fase de concepção do projeto geotécnico. É de suma relevância estabelecer que a escolha de contenções pode levar em conta, durante sua concepção, inúmeros fatores cruciais, além dos citados, inclusive geometria da escavação, condições do solo, presença da água, estruturas já alocadas da vizinhança, canteiro e equipamentos disponíveis, durabilidade da solução, presença de contaminantes e agressividade do meio, velocidade construtiva e de serviços necessária para a implantação, entre outros [13].

Agregando os fatores citados anteriormente, existe a necessidade de confirmação da segurança e dos parâmetros de anteprojeto na construção civil a fim de reduzir as incertezas intrínsecas presentes na elaboração de soluções geotécnicas, especificamente em contenções de solo. Assim, o objetivo do artigo é identificar os tipos de contenções de solo utilizados em regiões urbanizadas no Brasil e propor diretrizes de escolha dessas contenções.

ESCOLHA DE CONTENÇÕES

As contenções são necessárias na construção civil durante a execução de cortes no terreno, comumente observado nas escavações profundas. Dependendo das características do solo, da dimensão da escavação e até mesmo da velocidade, o talude se torna movimentação de massa – solo, rochas, blocos e suas associações [14].

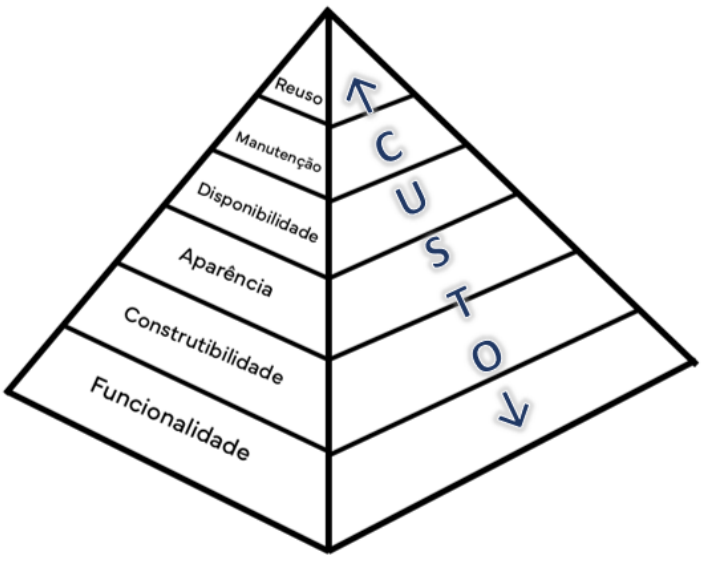
Dentre todas as incertezas presentes nos projetos geotécnicos, talvez a mais importante seja o conhecimento das características dos tipos de solo presentes nas obras de fundações e contenções. A investigação feita por testes padronizados – como SPT, CPT, sondagem mista, entre outros – é o primeiro passo após o conhecimento da demanda da contenção de um talude. A insuficiência desse tipo de informação ou a má qualidade dos testes acarreta em erros de projeto e execução, impactos ambientais, retrabalho e readequação constante da solução projetada, atrasos e até mesmo o risco de ruptura da estrutura [15].

O investimento neste processo representa de 0,2% a 0,5% do custo total da obra [15] e pode atenuar os gastos totais no final principalmente em casos onde há grande desconhecimento das camadas de solo [16].

Além das características do solo atuarem como grandes incógnitas para o engenheiro geotécnico, existem diversas outras variáveis que também devem ser identificadas no processo de escolha das soluções. Devido à urbanização e a tendência de a construção civil ocupar espaços cada vez mais verticais e em regiões adensadas [17], os terrenos alvo de construções frequentemente sofrem interferências de estruturas vizinhas pré-existentes, canalizações e demais itens de infraestrutura pública, sobrecarga das edificações vizinhas, presença de água no solo e até mesmo contaminantes [13].

A figura 1 apresenta considerações fundamentais na escolha dos tipos de contenções, sendo o mais importante a base do que o topo, pois todos tem impacto direto nos custos da solução. De nada adianta ser uma construção atraente se não suportar o solo, não tiver a funcionalidade desejada [18].

Figura 1 – Hierarquia de considerações de design.



Fonte: Adaptado de Clayton *et al*., 2014 [18].

Devido às inúmeras opções de estruturas de contenção de solo, é necessário definir qual a solução mais apropriada para a necessidade envolvida [18], essa escolha passa por diversas considerações e fatores de influência na hora da seleção mais adequada [13].

FATORES QUE INFLUENCIAM NA SELEÇÃO PRELIMINAR DAS CONTENÇÕES DE SOLO

Em relação à identificação preliminar do problema e posterior solução, alguns parâmetros são comumente observados na literatura (Quadro 1): geometria e profundidade da escavação, equipamentos e serviços disponíveis, custos, interferências de estruturas vizinhas pré-existentes, canalizações e demais itens de infraestrutura pública, sobrecarga das edificações vizinhas, presença de água no solo e até mesmo contaminantes [13][18][19].

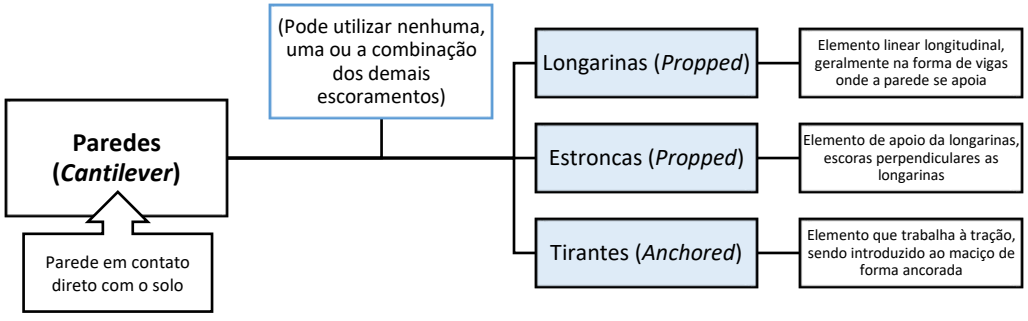
Quadro 1 – Parâmetros que interferem na escolha de contenções de solo.

Custos	
Tipo de solo retido	Geometria e profundidade da escavação
Tipo de solo de fundação	Condições do solo
Parâmetros de água subterrânea	Presença de água
Estruturas adjacentes	Vizinhança
Movimentos permitidos	Canteiro disponível e acesso ao local da obra
Tipo de solo de fundação	Afastamento entre os limites de implantação
Magnitude das cargas externas	Durabilidade da solução
Espaço disponível para construção e implantação	Volume de serviços necessários (dimensão da obra)
Experiência e prática local	Presença de contaminantes e agressividade do meio
Equipamentos e técnicas construtivas disponíveis	Equipamentos e serviços disponíveis
Padrões disponíveis e códigos de prática	Velocidade construtiva necessária (prazos)

Fonte: elaborado pelo autor baseado em [13][18][19].

A figura 2 apresenta os sistemas de escoramento em edifícios em zonas urbanizadas e com subsolos.

Figura 2 – Tipos de fixação e escoramento de contenções.

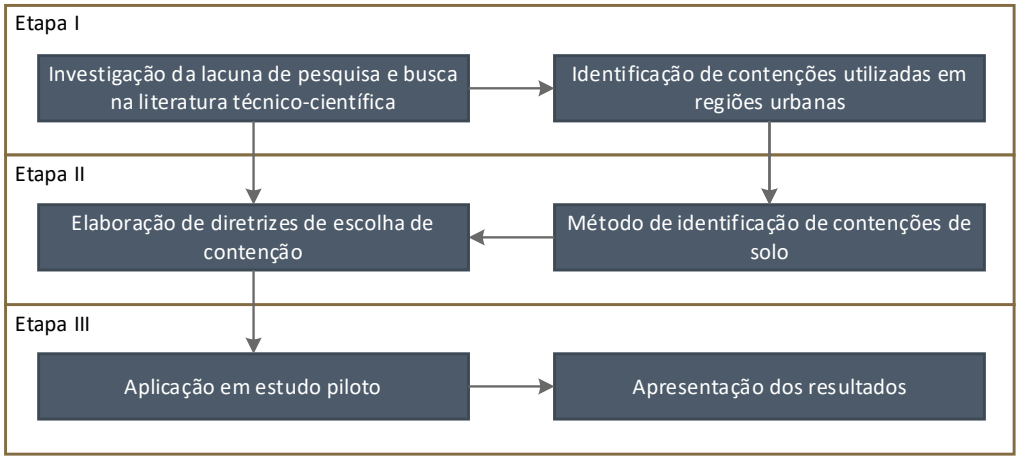


Fonte: elaborado pelo autor.

MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi subdividida em três etapas (Figura 3) e detalhadas em seguida:

Figura 3 – Etapas da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

IDENTIFICAÇÃO DE CONTENÇÕES UTILIZADAS EM REGIÕES URBANAS

Primeiramente foi identificada da lacuna de pesquisa e a obtenção dos referenciais teóricos necessários na definição das diretrizes que serão contempladas na escolha de contenções de solo em regiões urbanizadas. A identificação dos tipos de contenções de solo comumente utilizados em regiões urbanizadas busca agregar características relevantes na escolha de cada solução para cada demanda. As referências utilizadas foram de base internacional, uma vez que a literatura nacional apresenta poucos detalhes em relação a esse tipo de solução.

Como resultado foram definidos os tipos de contenção, o tipo de escoramento e o local e ano em que foram publicados. As soluções encontradas possuem finalidades distintas, mas alguns fatores se destacaram nos parâmetros utilizados para escolha, os quais serviram de base para a construção do método de identificação de contenções de solo proposto no próximo item.

PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA ESCOLHA DE CONTENÇÕES DE SOLO

As diretrizes de escolha de contenções de solo foram definidas através de pesquisa bibliográfica com destaque para [13],[18] e [19] referentes aos parâmetros relevantes no quesito de escolha. A partir da bibliografia foi possível visualizar fatores comuns nas contenções, os quais foram elencados em uma sequência, de forma a estabelecer um fluxo de atividades e quais os parâmetros deveriam ser considerados.

Os fatores foram adequados para regiões urbanizadas adensadas em que há necessidade de contenção de solo, como subsolos e cortes acentuados de terrenos vizinhos. Nesse sentido foram consideradas apenas contenções como soluções permanentes e sem necessidades estéticas.

APLICAÇÃO EM ESTUDO PILOTO

A partir da definição das diretrizes, um estudo piloto com a aplicação do método de identificação de contenções de solo foi elaborado seguindo a proposta do fluxo definido de atividades e de dados disponíveis da obra de contenção.
Foi escolhida uma obra em uma cidade localizada na região sul do Brasil em que havia a necessidade de contenção acentuada de solo em região urbanizada, com limites de implantação preestabelecidos por projeto e edificações lindeiras. Os dados obtidos foram disponibilizados previamente pela empresa responsável pela execução e pela contratante. Os resultados são apresentados conforme as etapas propostas no método de identificação de contenções de solo.

RESULTADOS

IDENTIFICAÇÃO DE CONTENÇÕES UTILIZADAS EM REGIÕES URBANAS

O quadro 2 apresenta os resultados da identificação dos usos mais recorrentes de contenções de solo em regiões urbanizadas.

Quadro 2 – Revisão da literatura científica sobre sistemas de contenções de solo.

Contenção	Escoramento	Fonte	Ref.	País
Parede pré-moldada cravada	Livre	ZHU, Ming *et al.* (2015)	[20]	EUA
	Estroncada	RITTER, S.; FRAUENFELDER, R. (2021)	[21]	Noruega
	Ancorada	MA, Jianqin *et al.* (2010)	[22]	Suécia
Cortina de concreto armado	Ancorada	BARREIRA, Renato Hoppe *et al.* (2019)	[23]	Brasil
Parede diafragma	Estroncada	CHENG, Kang *et al.* (2021)	[24]	China
		MAŠÍN, D.; BOHÁČ, J.; TŮMA, P. (2011)	[25]	Eslovênia
	Ancorada	CASTELLI, Francesco; LENTINI, Valentina. (2016)	[26]	Itália
		ZHUSSUPBEKOV, Askar; OMAROV, Abdulla; TANYRBERGENOVA, Gulzhanat. (2019)	[27]	Cazaquistão
Cortina de estacas justapostas	Livre	VINOTH, M.; GHAN, S. M. (2019)	[28]	Índia
	Estroncada	RICHARDS, D. J. *et al.* (2011)	[29]	Inglaterra
	Ancorada	KARATAG, H.; AKBAS, S.; GEL, A. C. (2013)	[30]	Turquia
Cortina de estacas secantes	Livre	ALTUNTAS, Cem; PERSAUD, Deo; POEPPEL, Alan R. (2009)	[31]	Estados Unidos
		MOHAMAD, Hisham *et al.* (2011)	[32]	Inglaterra
	Estroncada	MALAJ, A. (2019)	[33]	Albânia
	Ancorada	SARAC, Dino; GELABERT, Joan ARANDA; ALEKRISH, Alwalid. (2019)	[34]	Arábia Saudita
Cortina de estacas intermitentes	Ancorada	CARVALHO, Cláudia; PINTO, Alexandre. (2018)	[35]	Portugal
Solo-cimento	Ancorada	KIM, YoungSeok; CHO, YongSang (2010)	[36]	Coréia do Sul

Fonte: elaborado pelo autor.

A limitação do terreno ou a impossibilidade de interferência no terreno vizinho é um fator preponderante nessas regiões. Outro item muito observado, e que varia inclusive pelo país de aplicação da solução, é o maquinário disponível. Nem todas as regiões e até mesmo empresas possuem o mesmo tipo de maquinário e técnicas a sua disposição, esse fator por vezes já pode inclusive ser motivo de escolha precipitada entre os responsáveis, uma vez que possuem poucas alternativas de execução.

PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA ESCOLHA DE CONTENÇÕES DE SOLO

O método de identificação de contenções de solo foi subdividido em cinco principais itens, indicando um fluxo de atividades para a seleção final da estrutura. Cada item possui a finalidade de aquisição dos dados pertinentes da obra e são divididos da seguinte forma:

1. Levantamento de dados

A primeira etapa consiste na aquisição de dados fundamentais que visam segurança, desempenho técnico e possibilidade de execução da solução de contenção. Os dados são subdivididos em funcionalidade, parâmetros do solo e serviços, e possuem importância de mesma magnitude na proposição de uma alternativa de contenção.
Dados de funcionalidade: geometria e profundidade da escavação, afastamento entre os limites de implantação, canteiro disponível, infraestrutura pública e edificações adjacentes, normas e códigos aplicáveis.
Parâmetros do solo: condições do solo, presença de água e contaminantes (agressividade do meio), tipo de solo retido e de fundação, parâmetros de água subterrânea e topografia.
Serviços: equipamentos, serviços e técnicas disponíveis, acesso ao local da obra, velocidade de execução (prazos), volume de execução (dimensão da obra), experiência e prática local.

2. Produção e seleção de alternativas

Após a aquisição inicial dos dados, existe a necessidade da elaboração de uma primeira fase de análise por meio da tabulação de vantagens e desvantagens das alternativas iniciais. A principal atividade dessa etapa é a comparação qualitativa e exclusão de algumas ideias.

3. Detalhamento prévio das alternativas selecionadas

Deve-se realizar o mínimo detalhamento das soluções previamente definidas a fim de permitir uma decisão, em que somente para casos extremos deve-se elaborar um projeto básico. A proposta é de avaliar possíveis facilidades e dificuldades de cada uma das soluções restantes.

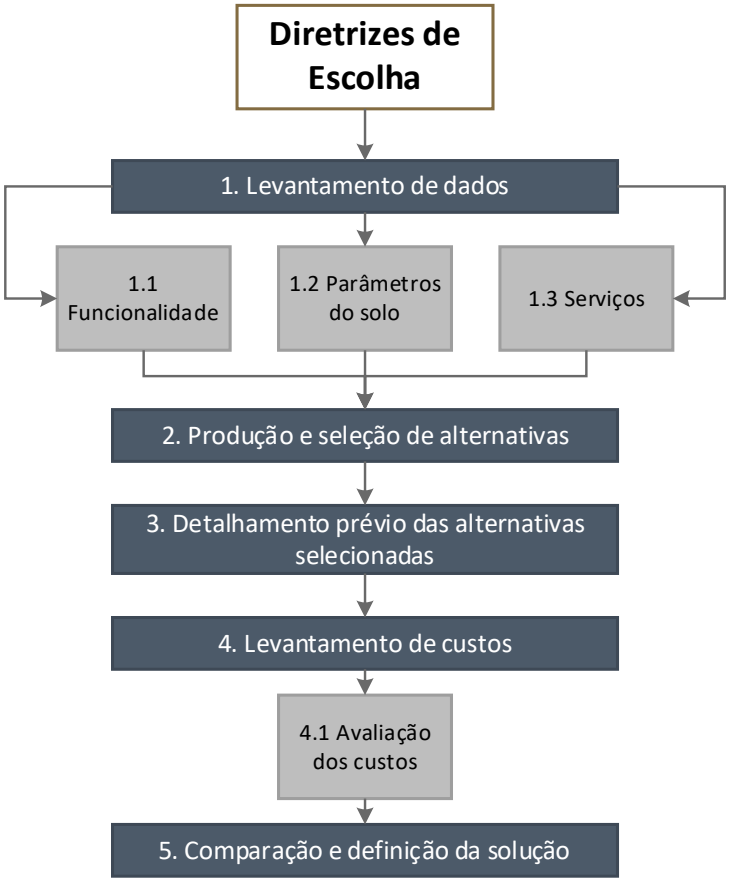
4. Levantamento de custos

Esta etapa consiste no levantamento dos itens mais significativos, não são necessários orçamentos completos. Também é importante a análise de fatores como quantidade de aço e concreto para cada tipo de solução, gastos com perfuração, montagem, custo por metro quadrado de contenção.

5. Comparação e definição da solução

Através dos dados adquiridos ao longo das etapas e da eliminação gradativa de soluções, a seleção final depende da avaliação de alguns itens imponderáveis como atrasos, prazos, limites executivos, impactos na vizinhança, etc.
A seleção da melhor alternativa é que garanta desempenho, segurança e economia da contenção de solo como um todo.
O método de identificação de contenções de solo (Figura 4) agrega os dados primários em relação à demanda da solução, disponibilizados através dos responsáveis pela execução dos serviços de engenharia, projeto executivo e sondagem.

Figura 4 – Método de identificação de contenções de solo.



Fonte: elaborado pelo autor.

APLICAÇÃO EM ESTUDO PILOTO

A aplicação das diretrizes para escolha de contenções de solo obteve os seguintes resultados:

1. Levantamento de dados

A obra em questão prevê a escavação de 2,90 m no subsolo e até 4,40 m no duto de elevador, a área prevista com necessidade de contenção do solo é predominantemente localizada nas laterais e nos fundos do terreno, apresentando um desnível ao longo da sua extensão, destacados na figura 5.

Figura 5 – Área aproximada prevista de contenção (em verde).



Fonte: adaptado pelo autor.

O solo presente na região da contenção é predominantemente silto-argiloso vermelho, sem presença de água e atingindo o impenetrável aos 22,45 m. A consistência do solo apresenta características variando entre médias e rijas até os 21,45 m e somente nos golpes finais é considerada uma consistência dura. Os resultados são apresentados na sondagem SPT, conforme o quadro 3:

Quadro 3 – Dados de sondagem do local da obra.

Local	NSPT	Impenetrável (m)	Características do solo
Furo SP-01	14	22,45	Solo silto argiloso vermelho, pontos de acúmulo de plagioclásio alterado na matriz.
Furo SP-02	13	21,45	Solo silto argiloso marrom acastanhado, pontos de acúmulo de plagioclásio alterado na matriz.
Furo SP-03	12	20,45	Solo silto argiloso vermelho, pontos de acúmulo de plagioclásio alterado na matriz.

Fonte: dados disponibilizados pela empresa responsável.

A empresa conta com maquinário de perfuratrizes (hidráulicas e hélice contínua) utilizadas para fundações e para algumas soluções de contenção de solo.

2. Produção e seleção das alternativas:

As escolhas prévias das contenções são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 – Seleção preliminar de contenções.

Escolha prévia	Vantagens	Desvantagens
Cortina de concreto armado	Bom desempenho estrutural e eficiência em grandes escavações	Necessita de prática operacional e não possui execução tão ágil
Cortina de estacas justapostas	Baixo custo e facilidade de execução	Não desempenha bem em terrenos alagados e necessita de um bom acesso ao local da escavação
Cortina de estacas secantes	Baixo custo e eficiente na proteção contra água lindeira	Necessita de prática operacional para execução, na própria execução pode comprometer as estacas primárias
Parede diafragma	Agilidade de execução e proteção contra água lindeira	Disponibilidade de maquinário e técnicas executivas específicas
Parede pré-moldada cravada	Agilidade de execução e baixo custo	Geralmente tem seu uso em contenções temporárias

Fonte: elaborado pelo autor.

A empresa responsável não possui os equipamentos necessários para a execução de paredes diafragma, portanto esta alternativa foi descartada.
As paredes pré-moldadas cravadas foram descartadas por se tratar de uma contenção permanente de subsolo, em um edifício com construções vizinhas próximas.
A solução de cortinas de estacas secantes foi descartada pela falta de prática operacional da empresa e do operador neste tipo de contenção de solo.
Como alternativas restaram a cortina de concreto armado e a cortina de estacas justapostas, duas soluções usuais no Brasil em regiões urbanizadas.

3. Detalhamento prévio das alternativas selecionadas:

A cortina de concreto armado é executada através da escavação por etapas, de cima para baixo, do terreno. Possui a necessidade de concretagem com formas com colocação de armadura, bloco a bloco até atingir o nível final. Comumente encontrada como solução aliada de tirantes e ancorados na própria parede.
A cortina de estacas justapostas possui execução e projeto muito semelhantes à escavação de estacas para fundação. Em geral, a perfuratriz opera ainda com o solo em um nível superior ao final, executando os furos seguidos de colocação de armadura e concretagem. O diâmetro para essa solução é de, usualmente, 30 cm de diâmetro e espaçamento máximo entre estacas de 5 cm. Por vezes a solução utiliza vigas ligantes entre as estacas para maior estabilidade.

4. Levantamento de custos:

Como os custos variam dentre as empresas e locais de execução pela própria prática e cultura da empresa, os valores de referência utilizados para o levantamento foram os da tabela SINAPI referente ao mês de execução e local da obra [37].
A solução de cortina de estacas justapostas apresenta uma composição integrando todas as etapas de execução, incluindo fornecimento de material. Já a contenção em cortina de concreto armado foi definida por uma composição própria, seguindo os Cadernos Técnicos de Composições disponibilizados pela Caixa Econômica Federal [38]. O quadro 5 apresenta os valores de cada contenção por metro quadrado de execução, incluindo fornecimento de material:

Quadro 5 – Custo por metro quadrado de cada solução.

Cortina de concreto armado		Estacas justapostas	
Código SINAPI	Custo por m² (R$)	Código SINAPI	Custo por m² (R$)
100341	42,98	98618	139,08
100343	19,83		
100345	39,93		
100349	75,90		
92915	16,01		
Total	194,65	Total	139,08

Fonte: elaborado pelo autor.

5. Comparação e definição da solução

As duas soluções apresentam custos de magnitudes semelhantes, tendo em vista que as estacas justapostas necessitam de uma profundidade maior que as cortinas, as quais

também consomem muito mais aço. O tempo de execução das estacas justapostas é menor, pois demanda menor número de colaboradores na execução.
Como tecnicamente as duas opções são aplicáveis para o talude do projeto, a empresa e o proprietário optaram pela solução de cortina de estacas justapostas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha de contenções de solo possui parâmetros na literatura científica, porém são disponibilizados de forma individualizada e descentralizada. A proposição de um método de identificação de escolha de contenções de solo contribui na unificação desses conceitos e contou com a apresentação e aplicação em estudo piloto dos parâmetros fundamentais no quesito de escolha. Nesse contexto as principais conclusões e possíveis contribuições futuras são apresentadas a seguir:

a. Alguns parâmetros de escolha são recorrentes na literatura, sendo os principais a funcionalidade, geometria e profundidade da escavação, dados geotécnicos do solo contido, serviços e maquinário disponível e avaliação dos custos.
b. As diretrizes permitem a eliminação de opções gradativamente, retirando também fatores possíveis que não foram previamente avaliados, como a falta de algum serviço ou maquinário disponível pela empresa responsável pela execução.
c. As escolhas finais podem depender das últimas etapas, como a avaliação de custos, o que é de fato fundamental. Entretanto não dependem exclusivamente de um fator como parâmetro de escolha, visto que os fatores técnicos e de execução são contemplados igualitariamente.
d. Como contribuição principal, tem-se a proposição do método de identificação de contenções de solo com objetividade e unificação de conceitos já disponíveis na literatura, visando a difusão do conhecimento científico para profissionais da área de geotecnia.
e. A proposição das diretrizes também permite a inserção da literatura científica em tecnologias presentes atualmente. A possibilidade de automatização desses processos através da programação pode tornar o processo mais intuitivo, ágil e diminuir a possibilidade de erros.

REFERÊNCIAS

[1] LIU, Xixi *et al.* Ground subsidence characteristics associated with urbanization in East China analyzed with a Sentinel-1A-based InSAR time series approach. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 78, n. 6, p. 4003-4015, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s10064-018-1383-6

[2] YU, Bailang *et al.* Automated derivation of urban building density information using airborne LiDAR data and object-based method. **Landscape and Urban Planning**, v. 98, n. 3-4, p. 210-219, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.004

[3] PALME, Massimo; RAMÍREZ, José Guerra. A critical assessment and projection of urban vertical growth in Antofagasta, Chile. **Sustainability,** v. 5, n. 7, p. 2840-2855, 2013. DOI: https://doi.org/10.3390/su5072840

[4] AL-KODMANY, Kheir. Rethinking urban density through the Chicago experience: a socio-ecological practice approach. **Socio-Ecological Practice Research**, v. 2, p. 131-147, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s42532-020-00050-7

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CB-02**: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CB-02**: Segurança de escavação a céu aberto. Rio de Janeiro, 1985.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CB-02**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CB-02**: Projeto geotécnico – Procedimento. Rio de Janeiro, 2018.

[9] DUNNICLIFF, John; MARR, W. Allen; STANDING, Jamie. Principles of geotechnical monitoring. In: **ICE manual of geotechnical engineering**. Thomas Telford Ltd, 2012. p. 1363-1377.

[10] MUÑOZ-MEDINA, Belén *et al.* Typology Selection of Retaining Walls Based on Multicriteria Decision-Making Methods. **Applied Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1457, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/app11041457

[11] GARCÍA ADROGUER, Eduard *et al.* Sustainability assessment of earth retaining wall structures: preliminary model and simplified application. In: **Proceedings of the XVI ECSMGE Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development.** 2015. p. 2463-2468.

[12] BALASBANEH, Ali Tighnavard; MARSONO, Abdul Kadir Bin. Applying multi-criteria decision-making on alternatives for earth-retaining walls: LCA, LCC, and S-LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 11, p. 2140-2153, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-020-01825-6

[13] MILITITSKY, Jarbas. **Grandes escavações em perímetro urbano.** Oficina de Textos, 2016.

[14] GERSCOVICH, Denise MS. **Estabilidade de Taludes (2ª edição)**. Oficina de textos, 2016.

[15] SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações: 2ª edição.** Oficina de Textos, 2012.

[16] PATEL, Anjan. **Geotechnical investigations and improvement of ground conditions.** Woodhead Publishing, 2019.

[17] DE BRITO MORIGI, Josimari; BOVO, Marcos Clair. A verticalização urbana em cidades de porte médio: o caso da cidade de campo mourão-paraná, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 1, 2016.

[18] CLAYTON, Chris RI; WOODS, Rick I.; MILITITSKY, Jarbas. **Earth pressure and earth-retaining structures.** CRC press, 2014.

[19] MILITITSKY, Jarbas *et al.*; Obras de contenção. Em: **Fundações: Teoria e Prática 3ª edição.** Oficina de textos, 2019. p. 499 – 528.

[20] ZHU, Ming *et al.* Design and Monitoring of a Sheet Pile Wall Installed in Soft Industrial Waste. In: **IFCEE 2015**. p. 627-635.

[21] RITTER, S.; FRAUENFELDER, R. InSAR monitoring data to assess building response to deep excavations. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.** IOP Publishing, 2021. p. 012036.

[22] MA, Jianqin *et al.* Deformation of anchor-sheet pile wall retaining system at deep excavations in soft soils overlying bedrock. In: **Deep and Underground Excavations**. 2010. p. 126-131. DOI: https://doi.org/10.1061/41107(380)18

[23] BARREIRA, Renato Hoppe *et al.* Contenções na Serra do Mar: Modelo da Interação entre Construtor, Executor e Projetista na Superação dos Desafios. Em: **9º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE 9**, São Paulo, Brasil. 2019.

[24] CHENG, Kang *et al.* Observed performance of a 30.2 m deep-large basement excavation in Hangzhou soft clay. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 111, p. 103872, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.103872

[25] MAŠÍN, D.; BOHÁČ, J.; TŮMA, P. Modelling of a deep excavation in a silty clay. In: **Proceedings of the 15th European conference on soil mechanics and geotechnical engineering.** 2011. p. 1509-1514.

[26] CASTELLI, Francesco; LENTINI, Valentina. Monitoring of full scale diaphragm wall for a deep excavation. In: **Proc. of 1st IMEKO TC-4 International Workshop on Metrology for Geotechnics**, Benevento, Italy. 2016. p. 103-108.

[27] ZHUSSUPBEKOV, Askar; OMAROV, Abdulla; TANYRBERGENOVA, Gulzhanat. Design of anchored diaphragm wall for deep excavation. **International Journal**, v. 16, n. 58, p. 139-144, 2019. DOI: https://doi.org/10.21660/2019.58.8240

[28] VINOTH, M.; GHAN, S. M. Support of Deep Excavation Using Contiguous Pile—A Case Study. In: **Geotechnical Applications.** Springer, Singapore, 2019. p. 273-281. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0368-5_29

[29] RICHARDS, D. J. *et al.* Pore water pressure and horizontal stress changes measured during construction of a contiguous bored pile multi-propped retaining wall in Lower Cretaceous clays. In: **Stiff Sedimentary Clays: Genesis and Engineering Behaviour: Géotechnique Symposium in Print 2007**. Thomas Telford Ltd, 2011. p. 285-293.

[30] KARATAG, H.; AKBAS, S.; GEL, A. C. Comparison of the Computed and Observed Behavior of an Anchored Wall under Limited Geotechnical Characterization. In: **3rd International Symposium On Computational Geomechanics (COMGEO III)**, Krakow, Poland. 2013.

[31] ALTUNTAS, Cem; PERSAUD, Deo; POEPPEL, Alan R. Secant pile wall design and construction in Manhattan, New York. **Contemporary Topics in Ground Modification, Problem Soils, and Geo-Support.** 2009. p. 105-112. DOI: https://doi.org/10.1061/41023(337)14

[32] MOHAMAD, Hisham *et al.* Performance monitoring of a secant-piled wall using distributed fiber optic strain sensing. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 137, n. 12, p. 1236-1243, 2011. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000543

[33] MALAJ, A. Deep excavation and slope stabilization in Tirana, Albania. **Proceedings of the XVII ECSMGE**, 2019.

[34] SARAC, Dino; GELABERT, Joan ARANDA; ALEKRISH, Alwalid. Stability of excavations in karst for deep underground stations of Lines 1 and 2 of Riyadh Metro Project. **Geotechnical Challenges in Karst**, Croatia, 2019.

[35] CARVALHO, Cláudia; PINTO, Alexandre. Case Study: Moxy Hotel Bored Piles Wall. In: **Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering.** Springer, Cham, 2018. p. 906-909.

[36] KIM, YoungSeok; CHO, YongSang. A case study of retaining wall with soil-cement mixing reinforcement for Korean Urban site. In: **Deep and Underground Excavations.** 2010. p. 70-75. DOI: https://doi.org/10.1061/41107(380)10

[37] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**, Distrito Federal, 2022. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/. Acesso em: 09 de agosto de 2022.

[38] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Cadernos técnicos de composições para estruturas de contenção: perfil pranchado, cortina e muro de arrimo**, Distrito Federal, 2019. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads. Acesso em: 09 de agosto de 2022.