



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL**

**KAWAY WYLKE PEREIRA DOS SANTOS
VINÍCIUS AUGUSTO PEREIRA DA TRINDADE**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OBRAS DE CONTENÇÃO: MURO DE ARRIMO
X CORTINA DE ESTACAS**

**BARBACENA/MG
2021**

**KAWAY WYLKE PEREIRA DOS SANTOS
VINÍCIUS AUGUSTO PEREIRA DA TRINDADE**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OBRAS DE CONTENÇÃO: MURO DE ARRIMO
X CORTINA DE ESTACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Fundação Presidente
Antônio Carlos – FUPAC como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientadora: MSc. Tairine Cristine Bertola Cruz.

**BARBACENA/MG
2021**

AGRADECIMENTO

Agradecemos primeiramente a Deus por nos conceder saúde, força, disposição e sabedoria, para encarar essa etapa de nossas vidas.

A todos os nossos mestres que ao longo destes anos tiveram paciência e dedicação para nos transmitir os conhecimentos da melhor maneira possível, em especial a nossa orientadora Tairine, ao empenho em nos auxiliarem no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os nossos amigos em especial a Morgana e Rivelino que estiveram juntos a nós, em todos os momentos durante nossa jornada.

Aos nossos pais e familiares por todo apoio, carinho e conselhos nos dados durante nossos anos dedicados ao curso, pois sem eles nada disso seria possível.

RESUMO

A retenção de solos, por meio de estruturas de contenção, faz-se mais presente a cada ano devido à atual tendência de verticalidade das construções em que, cada vez mais, utilizam-se de subsolos para melhor aproveitamento do terreno. A partir disso, soluções como muros de arrimo e cortinas de estacas vêm se tornando cada vez mais comuns, devendo-se buscar sempre a melhor solução para cada empreendimento. Para tanto, ocorre a necessidade de uma análise comparativa, levando em consideração aspectos como: tipo de solo, altura da contenção, mão de obra disponível, custo de construção, existência de construções vizinhas, entre outros. Esses parâmetros auxiliam na escolha dos métodos, dentre os disponíveis para uma decisão assertiva e econômica. Com a finalidade de facilitar tal iniciativa, serão decorridos, ao longo do presente instrumento, os aspectos supracitados. Assim, ao final, será apresentada uma tabela, a qual sintetizará esses pontos, além de uma proposta para auxiliar na tomada de decisão do método mais adequado para a situação – uma vez que através das análises efetuadas nesse, ficou evidente que não existe um tipo de contenção que abranja a todas as situações de forma viável.

Palavras-Chave: Estruturas de contenção. Muros de arrimo. Cortina de estacas.

ABSTRACT

The retention of soils, through containment structures, becomes more present every year due to the trend towards verticality of constructions in which, more and more, they use subsoils for better use of the land. From that point on, solutions such as retaining walls and stake curtains become increasingly common, and the best solution for each project should always be sought. Therefore, there is a need for a comparative analysis, considering aspects such as: soil type, containment height, available labor, construction cost, existence of neighboring constructions, among others. These parameters assisted in choosing the methods, among those available for an assertive and economical decision. With goal of facilitating of this initiative, the aspects have elapsed throughout this instrument. Thus, at the end, a table will be presented, summarizing these points, as well as a proposal to assist in decision-making on the most appropriate method for the situation - since through the analyzes carried out in this, it became doesn't evident that there is type containment that covers all the hypotheses in a viable way.

Keywords: Retaining structures. Retaining wall. Stake curtain.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema geral solo grampeado	11
Figura 2: Solo grampeado	12
Figura 3: Parede diafragma	13
Figura 4: Execução parede diafragma.....	13
Figura 5: Perfis de muros de gravidade	15
Figura 6: Drenagem em muro de arrimo por barbacãs	16
Figura 7: Drenagem em face posterior de muro de arrimo.....	16
Figura 8: Aplicação de muro de gabião.....	18
Figura 9: Disposição e compactação de muro de saco solo-cimento.....	19
Figura 10: Muro de pneus.....	20
Figura 11: Muro de flexão voltado para o talude	22
Figura 12: Muro de flexão com contraforte.....	23
Figura 13: Cortina de estacas prancha	25
Figura 14: Estacas prancha concreto armado.....	26
Figura 15: Estacas prancha metálicas	26
Figura 16: Cortina de estacas moldadas in loco	28
Figura 17: Estacas espaçadas	29
Figura 18: Estacas contíguas.....	29
Figura 19: Estacas secantes	29
Figura 20: Muretas guias	30
Figura 21: Cortina de estacas atirantadas	32
Figura 22: Classificação trilinear dos solos.....	34
Figura 23: Esquema de atuação de forças.....	35
Figura 24: Gráfico de tensões	35
Figura 25: Diagrama de Mohr	36
Figura 26: Esquema de atuação de empuxo passivo e ativo	37
Figura 27: Custos para execução de uma cortina estaqueada	39
Figura 28: Custos para execução de um muro de arrimo.....	39
Figura 29: Representação do Bulbo de Pressão	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1	Estabilidade de Taludes.....	9
2.2	Obras de contenção	10
2.2.1	<i>Solo grampeado.....</i>	11
2.2.2	<i>Parede diafragma.....</i>	12
2.2.3	<i>Muros de arrimo.....</i>	14
2.2.3.1	<i>Muros por gravidade.....</i>	14
2.2.3.2	<i>Muros de flexão</i>	21
2.2.4	<i>Cortinas</i>	24
2.2.4.1	<i>Cortinas de estaca prancha.....</i>	24
2.2.4.2	<i>Cortinas de estacas moldadas in loco</i>	27
2.2.4.3	<i>Cortinas atirantadas.....</i>	32
2.3	Características relevantes na escolha do tipo de contenção	33
2.3.1	<i>Tipo de solo</i>	33
2.3.2	<i>Empuxo de Terra</i>	37
2.3.3	<i>Disponibilidade de mão de obra.....</i>	38
2.3.4	<i>Consumo de materiais por seção</i>	38
2.3.5	<i>Porte da obra</i>	42
2.4	Parâmetros para escolha de contenção	44
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Modificar o ambiente com a execução de construções é uma capacidade da humanidade, as quais devem ser projetadas e calculadas por profissionais habilitados e capacitados. Em algumas dessas obras, são necessários cortes no terreno e, nesse momento, surge a demanda da elaboração de uma solução para contenção de tal corte, caso possível, o talude é uma opção natural. Mas, na impossibilidade, deve-se recorrer ao uso de estruturas de contenção, cabendo ao profissional escolher a opção que melhor lhe atenderá na condição atual, visando sempre à segurança em primeiro lugar.

Dentre as possibilidades, a mais comum é a utilização de muros de arrimo, a qual depende de uma remoção prévia do solo onde será executado o muro. Outra opção, seria a utilização de cortinas de contenção, feitas por meio de estaqueamentos, nos quais pode-se fazer uma prévia contenção com a retirada de solo do local.

Tendo em vista essas diferentes opções de projeto, o objetivo desse trabalho é discutir os tipos de contenções, segundo a classificação de Cardoso (2002), aqui abordadas, em: solo grampeado, paredes de diafragma, muros de arrimo e cortinas de estacas, as quais são consideradas contenções definitivas, sendo que, para os dois últimos, serão apresentados os exemplos de casos mais usuais.

Portanto, foi realizado um estudo descritivo e exploratório, visando à unificação das pesquisas feitas em artigos e trabalhos acadêmicos; e, através dos resultados obtidos, atingiu-se o objetivo de facilitar a escolha mais viável para uma obra de contenção.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Estabilidade de taludes

Os taludes são definidos como superfícies inclinadas responsáveis por limitar maciços de solo e podem ser classificados entre naturais, quando se fala em encostas, ou artificiais, quando se faz o corte de taludes ou se executa algum aterro.

A verificação da estabilidade dos taludes é feita através da análise de três forças: devidas ao seu peso, ao escoamento da água e à resistência ao cisalhamento. Os estudos para a definição de sua estabilidade utilizam de métodos que comparam as tensões solicitantes no maciço com suas tensões resistentes. Caso a primeira seja inferior, o talude possui estabilidade, caso contrário, o mesmo estará instável e poderá ocorrer deslizamentos de terra.

Quando os taludes não possuem estabilidade própria, eles podem sofrer movimentos que causam uma “queda de barreiras”. Estes movimentos podem ser classificados em três grandes grupos: desprendimento de terra ou rocha, escorregamento ou rastejo.

- Desprendimento de terra ou rocha: É quando há a fragmentação do solo ou rocha, ocasionando o desprendimento destes, caindo de forma livre e rápida.
- Escorregamento (*landslide*): É quando há o deslocamento rápido de uma massa de solo que, quando se rompe do maciço, desliza para baixo e para o lado. Pode ser definido como escorregamento rotacional, quando o movimento é predominantemente uma rotação (solos coesivos homogêneos), ou escorregamento translacional, quando o mesmo sofre uma translação (maciços rochosos estratificados). A velocidade média deste deslocamento normalmente é de 30 cm por hora.
- Rastejo (*creep*): É o deslocamento lento e contínuo das camadas superficiais sobre as camadas profundas do maciço. Sua velocidade está na ordem de 30 cm a cada década.

Uma das principais causas para esses movimentos é o acréscimo de peso no talude, podendo ser de: sobrecargas advindas de inserção de estruturas, saturação do solo, aumento do peso de vegetação, depósito natural de materiais; remoção do solo provenientes de erosões ou cortes; solicitações dinâmicas, como por exemplo terremotos, ondas e tráfego. Outro fator de influência é a redução da resistência ao

cisalhamento do solo oriundo de: alteração das características do material originada por intemperismo, redução da coesão ou elevação do nível de água; enfraquecimento do solo, como consequência do rastejo progressivo, ação de raízes de vegetação ou buracos no maciço.

Percebe-se então que nas épocas chuvosas, a chance de ocorrência de movimentos de terra é alta, devida a uma concomitância entre os fatores provenientes do excesso de água no maciço, aumentando a peso do solo e diminuindo a sua resistência (CAPUTO, 2017).

2.2 Obras de contenção

As obras de contenção são compostas por estruturas as quais devem resistir a esforços provenientes de cargas da própria estrutura, acrescidas de empuxo de terras e/ou água, ou de estruturas vizinhas, cujo carregamento gera tensões no solo contido. Contudo, a contenção deve manter a integridade estrutural das construções circunvizinhas (JOPPERT JR, 2013).

Os primeiros registros referentes a esse tipo de obra são apontados para muros de alvenaria de argila, na região sul da Mesopotâmia, no Iraque, feitas por sumerianos entre os anos de 3.200 e 2800 A.C., com o intuito de conter alguns aterros. Por volta do século XVIII, surgiram, na França, as primeiras contenções, utilizando-se da engenharia moderna, através do físico e engenheiro francês Charles Augustin de Coulomb, com seu trabalho sobre regras de máximos e mínimos aplicadas a estruturas de arrimo, publicada em 1776, causando enorme impacto na concepção destas estruturas.

No Brasil, os primeiros registros datam do século XVIII, nos fortes costeiros, cuja utilização foi expandida no século XIX, na Bahia e no Rio de Janeiro, para obras portuárias e de contenções urbanas devido à vinda da corte portuguesa. Mas, só foram difundidas com a expansão das obras ferroviárias particulares (1854) e estatais (1864) (NEGRO JUNIOR; RANZINI, 2009).

Atualmente, segundo Cardoso (2002), as contenções podem ser classificadas através de alguns fatores como:

- Pela transitoriedade da contenção, sendo provisória, aquela que será utilizada durante um tempo e depois será removida; ou definitiva, aquela que estará presente até o final da vida útil da construção;

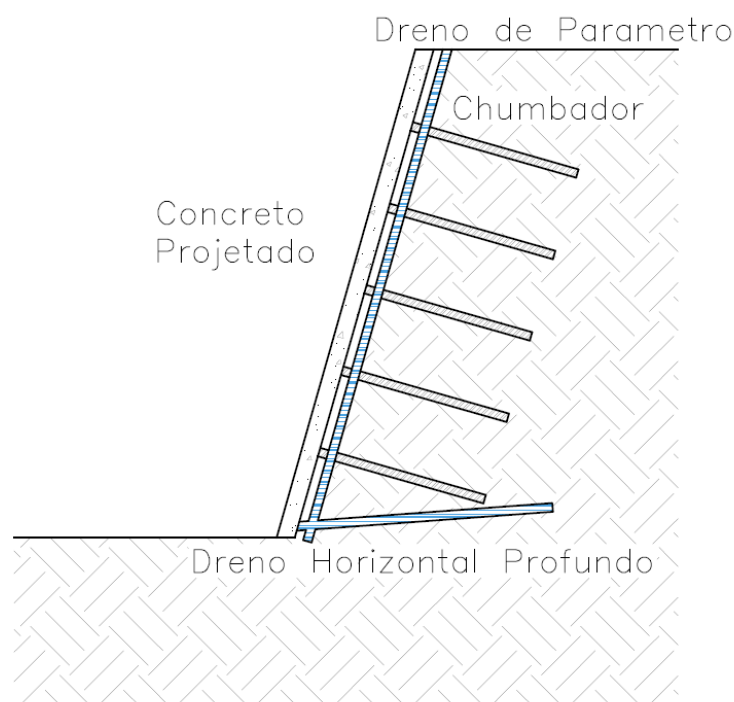
- Pelo funcionamento estrutural da contenção, podendo ser flexível, aquela que permite um certo nível de movimentação na estrutura; ou rígida, não permitindo a mesma movimentação;
- Pela forma de obtenção do equilíbrio, sendo escorada, aquela que contém uma escora, estaca ou tirante apoiando a estrutura de contenção; ou não escoradas, onde a estrutura consegue manter a sua própria estabilidade.

A partir dessa classificação, as contenções definitivas mais comuns são: solo grampeado, paredes de diafragma, muros de arrimo e cortinas de contenção, as quais serão abordadas na sequência.

2.2.1 Solo grampeado

Consiste na execução de um reforço do solo, com a utilização de concreto projetado na superfície lateral do maciço de terra, drenos e chumbadores feitos de barras ou perfis metálicos (FIG. 1), os quais são inseridos no solo para trabalhar por atrito lateral, com o objetivo de criar uma massa de solo que atua de forma parecida ao muro de gravidade. Sendo utilizada para conter os cortes de terra que possuem estabilidade insatisfatória, conforme demonstra a FIG. 2 (HASHIZUME, 2006).

Figura 1 – Esquema geral solo grampeado



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 2 – Solo Grampeado.



Fonte: Solotrat (2021)¹

2.2.2 Parede diafragma

É um muro vertical enterrado (FIG. 3), que pode superar profundidades de até 50 m, resistindo a cargas axiais, empuxos horizontais e momentos fletores, e a sua continuidade é provinda de tubos ou chapas inseridas após a escavação, sendo retirada depois do início do endurecimento do concreto. A parede pode ser feita de concreto simples ou armado, podendo ser executada *in loco* ou pré-moldada. É uma ótima solução para contenções abaixo do nível de água, já que não necessita que seja executado rebaixamento do lençol freático. A FIG. 4, na sequência, demonstra o processo de execução (HASHIZUME, 2006).

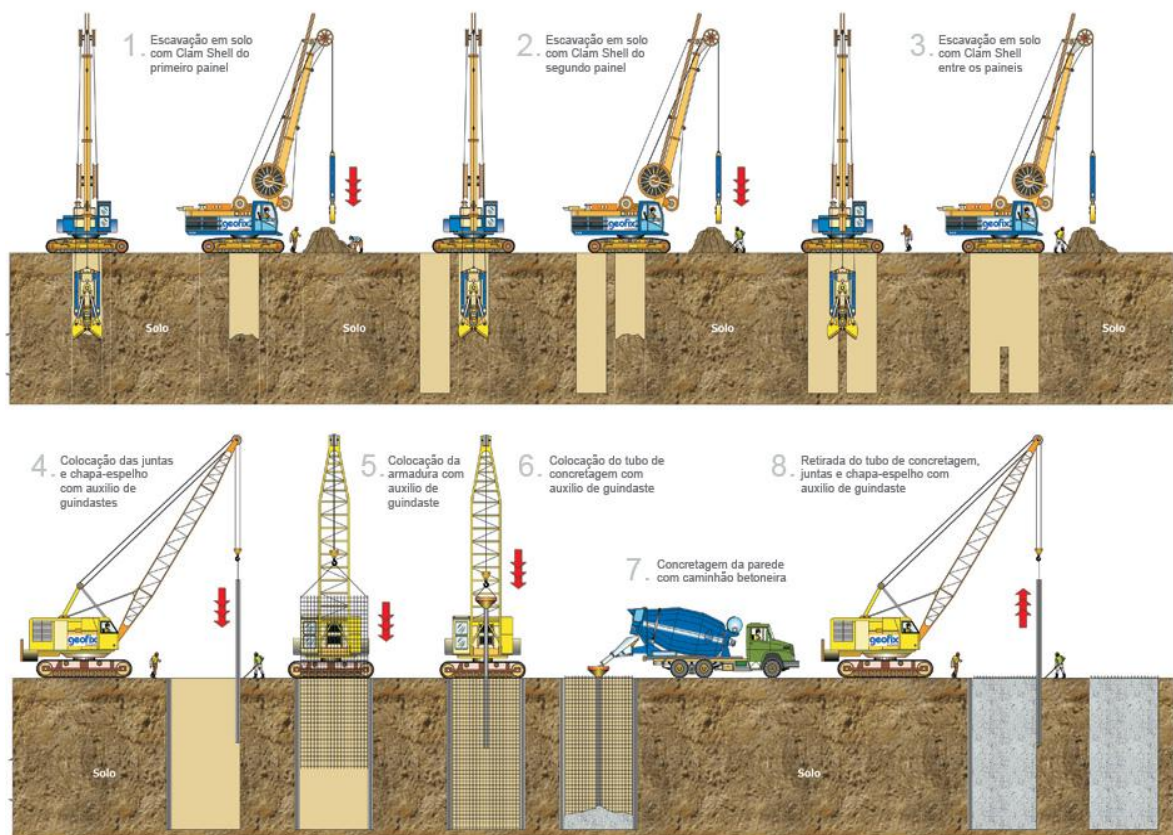
¹ <https://www.solotrat.com.br/>

Figura 3 – Parede Diafragma



Fonte: Serki (2021)²

Figura 4 – Execução Parede Diafragma.



Fonte: Geofix (2021)³

² <http://serki.com.br/>

³ <http://www.geofix.com.br/>

2.2.3 Muros de arrimo

Muros de arrimo são estruturas de contenção, as quais são apoiadas no solo por meio de fundações rasas ou profundas, e trabalham para prevenir o escorregamento e ruptura por cisalhamento do solo ou rocha. Podem ser classificadas, conforme sua capacidade de aceitabilidade de deformações, dentro dos limites aceitáveis, sem comprometer a segurança, em: rígidas e flexíveis (SOUZA, 2015).

Essas estruturas são consideradas como obras de contenções convencionais passivas e podem ser de gravidade ou de flexão, ambas com ou sem tirantes. Para o seu dimensionamento, deve-se verificar e estudar quatro aspectos principais, sendo eles: a instabilidade global do terreno em desnível, o deslizamento no decorrer do trecho na base do muro, o tombamento da estrutura em relação à sua base e a tensão nominal do solo sobre o qual será apoiada a estrutura (BASSANELI *et al.*, 2016).

A construção desse tipo de contenção se inicia de baixo para cima, com sua base na ordem de 50% de sua altura. A aplicação dos esforços ocorre no solo já compactado, e a obra sendo finalizada após a construção da parede fortificada e aterro compactado entre a estrutura erguida e o corte existente. Dessa forma, é imprescindível a observação de construções já executadas e pequenos movimentos de terra que ocorrem no local antes de sua execução (SOUZA, 2015).

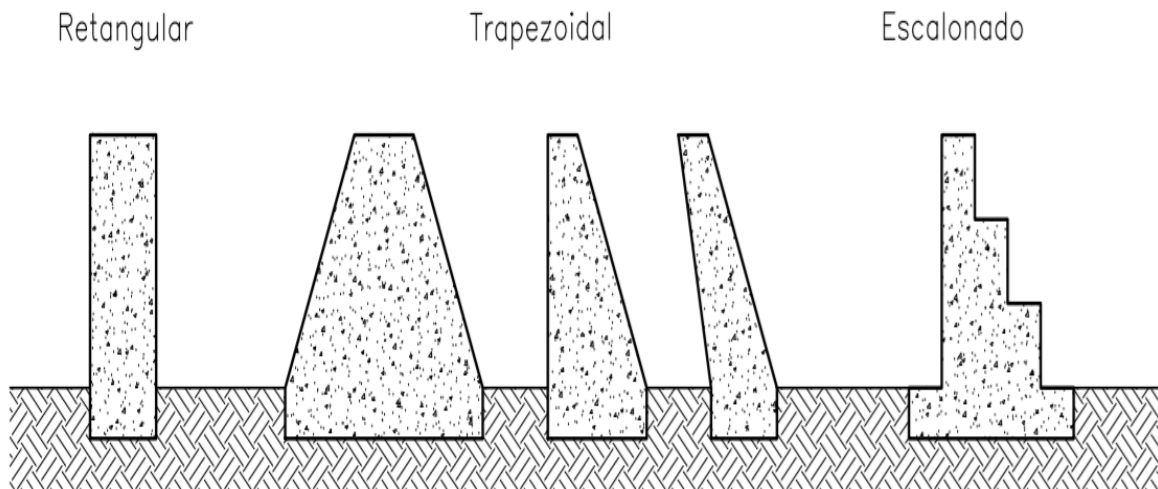
A fim de discorrer a respeito de alguns dos tipos de muro de arrimo, quanto à sua sustentabilidade, foram elencados os subitens na sequência.

2.2.3.1 Muros por gravidade

Para Gerscovich (2008), são muros que possuem estruturas corridas, as quais estão em oposição aos empuxos horizontais, através do seu peso próprio. Comumente são utilizados para conter pequenos ou médios desníveis, menores que 5,0 metros. Sua construção pode ser feita de diversos materiais, como por exemplo: concreto, gabiões, sacos de solo ou até mesmo de pneus.

Normalmente, são executados em lugares em que o solo local apresenta boa capacidade de resistência, e podem apresentar três tipos de perfis básicos: retangular, trapezoidal e escalonado, conforme a FIG. 5 (DOMINGUES, 1997).

Figura 5 – Perfis de muros de gravidade



Fonte: Autoria Própria (2021)

Conforme o material de sua constituição, os muros de gravidade podem ter características distintas. Para uma melhor associação delas, serão abordados os tipos de muros com os principais materiais constituintes.

- Muros de concreto ciclópico:

São muros rígidos de gravidade, em geral de seção trapezoidal e constituídos de concreto e blocos de rochas, como as pedras de mão de dimensões variadas. São mais viáveis economicamente quando construídos com uma altura máxima de até 4 m (SOARES NETO, 2017).

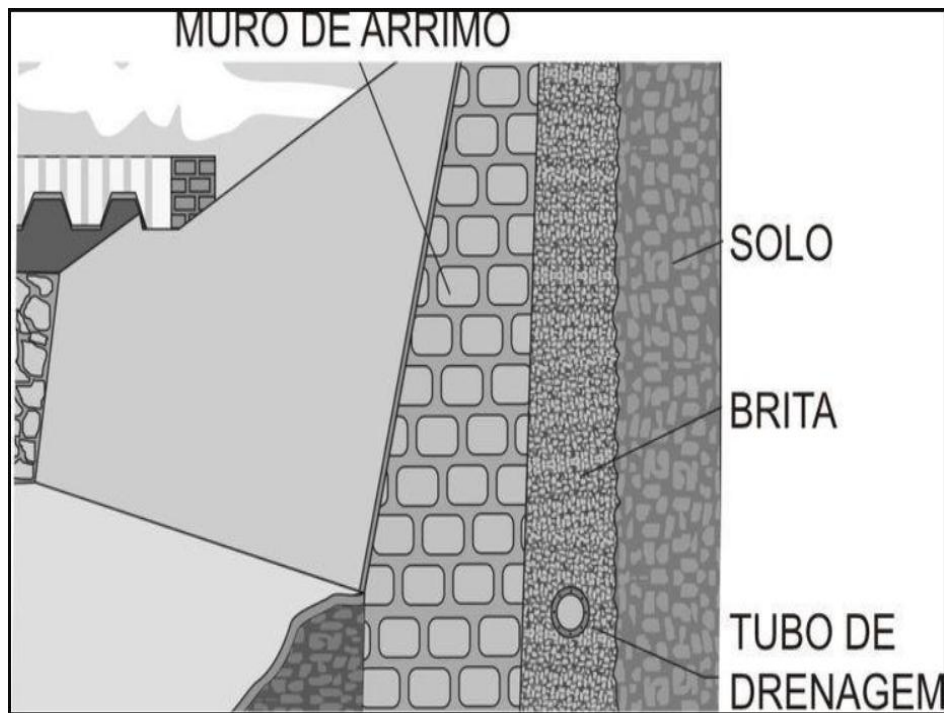
Por conta da impermeabilidade desse tipo de muro, é necessária a previsão de um sistema de drenagem adequado. Diante disso, utiliza-se comumente dois tipos de sistemas, a depender do grau de importância do impacto visual da construção. O primeiro é com a utilização de tubos (barbacãs) para escoamento da água, inseridos ao longo do corpo de todo o muro (FIG. 6). Já o segundo é composto por um tubo de dreno envolto em uma manta de geotêxtil, o qual direciona a água para um determinado ponto de escoamento, em resumo, uma drenagem concentrada na face posterior do muro, conforme a FIG. 7 (GERSCOVICH, 2008).

Figura 6– Drenagem em muro de arrimo por barbacãs



Fonte: Andrade (2018)⁴

Figura 7 – Drenagem em face posterior de muro de arrimo



Fonte: Azenha (2017)⁵

⁴ <http://diprotecgeo.com.br/>

⁵ <https://docplayer.com.br/>

- Execução concreto ciclópico:

Inicia-se com a demarcação das dimensões do muro, em seguida se executa a escavação do terreno, quando necessário. Se faz uma compactação do solo no da contenção, além de uma camada de aproximadamente 5 cm de concreto magro para sua regularização.

Na sequência se executa as formas, as quais devem ser devidamente escoradas, e possuírem dimensões definidas pelo projeto, para receberem a concretagem do muro.

A concretagem é feita através da inserção das pedras de mão, lado a lado, em camadas horizontais utilizando-se das de menores diâmetros para ocuparem os vazios deixados pelas maiores, em seguida é lançada a argamassa sobre as camadas para dar aderência entre elas. É indicado a realização de juntas de dilatação com distancias entre 6 m e 10 m para evitar rachaduras provenientes das retrações ou recalques no muro (JUNIOR, 2014).

- Muros de gabiões

Amontoamento de estruturas prismáticas, compostas por uma malha ou rede metálica, a qual envolve pedras soltas. A disposição dessas estruturas, de forma ordenada, traz a esse tipo de muro a capacidade de se deformar sem a ocorrência de colapsos na contenção, por esse motivo são considerados muros flexíveis (SANTOS JUNIOR, 2018).

Segundo Domingues (1997), além da vantagem da flexibilidade citada anteriormente, esse tipo de muro também possui uma grande permeabilidade o que gera estruturas altamente drenantes e, por consequência, são geralmente utilizados para o controle de erosões, proteção de margens de curso d'água e obras de emergência. A FIG. 8 mostra algumas dessas aplicações.

Figura 8 – Aplicação de muro de gabião

Prefeitura de São José dos Pinhais reforça margem do Rio Avariú com novos muros de gabião



Fonte: Grupo Paraná Comunicação (2020)⁶ & Duafar (202?)⁷

- Execução muro de gabiões:

Inicialmente se desdobra a armadura metálica, estirando-a em uma superfície plana escavada ou não anteriormente, é feita a dobra das paredes laterais formando uma caixa, e amarradas por um arame, transformando-a nos gabiões com uma estrutura capaz de resistir as deformações.

Após a preparação previa dos gabiões, esses são interligados no local demarcado onde será a contenção, é feita uma costura unindo os gabiões através de seus vértices. É indicado que seja feita a costura anteriormente ao enchimento dos gabiões, mas esta pode ser executada posteriormente também. Em seguida é feito o enchimento do gabião, é necessária a inserção de tirantes para manter uma solidez, sendo esses instalados com uma primeira camada a 1/3 e outra a 2/3 da altura da caixa. Após o enchimento é feita o fechamento da caixa, através da tampa feita de malha metálica e costurando-a (JUNIOR, 2014).

- Muros de saco de solo cimento

Para Gerscovich (2008), são muros compostos por sacos de poliéster contendo uma mistura de solo peneirado com cimento na ordem de 8%. Esses sacos são preenchidos com esse material em aproximadamente 67% do seu volume total. São

⁶ <https://grupoparanacomunicacao.com.br/>

⁷ <https://www.duafar.com/>

dispostos horizontalmente, em camadas desconcentradas, sendo cada camada compactada geralmente de forma manual, com soquetes, com a finalidade de reduzir os espaços vazios (FIG. 9).

Figura 9– Disposição e compactação de muro de saco solo-cimento



Fonte: A voz da serra (2020)⁸

Ainda segundo a autora, a utilização desse material tem-se mostrado muito vantajosa, uma vez que possui baixo custo de produção e montagem, pois não necessita de mão de obra especializada e nem equipamentos especiais. Além disso, em comparação com um muro em concreto armado, considerando ambos os muros com alturas entre 2 m e 5 m, possibilita uma economia de 40% no custo final da obra.

- Execução muro de saco solo cimento:

Inicialmente é feita a escavação no terreno e em seguida são preparados os sacos, a partir da mistura de solo arenoso, cimento e água, que posteriormente são colocados em sacarias e costurados.

Após a preparação dos sacos, esses são assentados no local demarcado, dispostos de forma parecida aos pneus, em um arranjo a qual irá permitir o travamento da estrutura.

⁸ <https://avozdaserra.com.br/>

A cada camada inserida no muro é feita a compactação dela, utilizando-se normalmente de soquetes manuais, reduzindo os espaços vazios, é repetida a execução das estacas até que se chega na altura desejada para o muro.

Os sacos são utilizados como forma para a execução do muro, com o tempo o mesmo se deteriora e com isso o solo cimento fica a vista no muro de contenção. Sem que haja redução na sua resistência (RAMOS, 2019).

- Muros de pneus

Assim como os muros de saco solo cimento, os pneus são dispostos intercaladamente de maneira a diminuir os espaços vazios entre eles (FIG. 10). Além dessa disposição, há também a necessidade de os mesmos serem amarrados entre si com arames ou cordas de materiais com menor suscetibilidade a degradação, e serem completados com solo compactado (GERSCOVICH, 2008).

Figura 10– Muro de pneus



Fonte: Pires (2015)⁹

Segundo Souza (2002), a utilização de pneus para a construção de contenções é uma solução ecologicamente assertiva, uma vez que se utiliza de um material que normalmente é descartado diretamente na natureza e que possui um grande período de decomposição devido à sua constituição.

⁹ <https://robsonpiresxerife.com/>

Mesmo sendo um muro flexível, devido aos materiais de sua composição, a altura máxima desse tipo de contenção deve ser de até 5 m. Também por conta de sua alta flexibilidade, não é recomendado que esse tipo de muro seja utilizado para conter taludes, os quais receberão estruturas de fundação ou semelhantes. Além desse ponto, é importante proteger a parte exposta do muro para que não ocorram carreamentos, erosões, vandalismo e até incêndios, para tal pode-se utilizar uma cobertura vegetal por exemplo (GERSCOVICH, 2008).

- Execução muro de pneus.

É iniciada a partir da demarcação da estrutura através de piquetes e linha em solo previamente escavado, em seguida é executada a primeira camada de pneus, alocados horizontalmente, em um número de linhas definidas em projetos, sendo colocados de forma intercalada para preencher o máximo de vazios possível.

Na sequência os pneus são amarrados com o auxílio de cordas ou arames, uma a um, para um travamento entre eles. Posteriormente é feita a marcação da segunda linha de piquetes, é repetido o mesmo processo para a execução da segunda camada de pneus, esta é disposta de forma a alinhar o centro dos seus pneus sobre o encontro das faces dos pneus da camada inferior, efetuando o travamento da estrutura. A Partir disso vai sendo repetido os processos anteriores até se chegar na altura determinada (GERSCOVICH, 2008).

2.2.3.2 Muros de flexão

Um muro esbelto por conta das dimensões de sua seção transversal, a qual resiste ao tombamento devido aos efeitos de flexão ocasionados pelo peso do maciço. Sua geometria em geral é em forma de “L” ou “T” invertido. Devido a essas características, sua estrutura requer uma grande quantidade de armadura podendo, em alguns casos, se tornar até inviável economicamente (CARDOSO, 2002).

Sua construção pode ocorrer com a base do “L” tanto para dentro do terreno contido (FIG. 11) quanto para fora, sendo que, no primeiro caso, poderá haver a

necessidade da execução de vigas enrijecidas, e em ambos os casos a de contrafortes e chumbadores ou tirantes; sendo o segundo caso menos usual, uma vez que acarretaria numa redução da área útil da região abaixo do talude (GERSCOVICH, 2008).

Figura 11 – Muro de flexão voltado para o talude



Fonte: Concrelaje (2021)¹⁰

- Muros de contraforte

Para Lima (2020), são muros de flexão acrescidos de elementos triangulares (contrafortes), os quais suportam e transmitem os esforços de flexão através de sua associação com a fundação. Domingues (1997) complementa, afirmando que sua utilização é recomendada para alturas situadas entre 6 e 9 m.

O dimensionamento dos contrafortes está diretamente ligado ao tipo de fundação que será associada a esse elemento, juntamente com a altura do muro. Seu posicionamento é geralmente voltado para a parte interna do terreno contido (FIG. 12), o que traz a vantagem da facultatividade de travamento entre essas peças, uma vez que o próprio solo fará essa contenção lateral (MOLITERNO, 1980).

¹⁰ <http://www.concrelaje.com.br/>

Figura 12 – Muro de flexão com contraforte



Fonte: Prefeitura de Várzea Paulista (2018)¹¹

- Execução muro de contrafortes:

A Primeira etapa é a escavação do terreno a qual será contido, essa é feita até se chegar no nível inferior da fundação. Ao mesmo tempo são preparadas as armaduras que serão inseridas na contenção de acordo com o projeto.

Inicia-se então a etapa de concretagem da fundação, após a inserção da armadura dentro buraco executado.

Na sequência são feitas as formas, a qual devem estar escoradas para que não haja a deformação do muro no momento da concretagem. São executadas as formas do corpo da contenção e dos contrafortes para que seja feito o enchimento de ambos simultaneamente.

Antes de iniciar a concretagem são colocadas as armaduras dentro das formas e logo depois o concreto é lançado, e importante que seja feita a vibração das armaduras para que não fique vazios no corpo da estrutura.

¹¹ <https://portal.varzeapaulista.sp.gov.br/>

Após o tempo de cura da contenção é feita a remoção das formas e em seguida o reaterro do local (LIMA, 2020).

2.2.4 Cortinas

São contenções ancoradas ou acopladas em outras estruturas, que possuem uma espessura relativamente reduzida, podendo ser de aço, betão armado ou madeira, sendo sua resistência à flexão a principal responsável pela contenção do terreno.

São muito utilizadas para se executar obras em que se faz necessária a construção de subsolos, cada vez mais usuais em zonas urbanas, as quais se encontram entre obras vizinhas, sendo o mais adequado quando se deparam com este tipo de situação, uma vez que a contenção é executada previamente à escavação, diminuindo assim a ocorrência de acidentes ou patologias na vizinhança (AGUIAR, 2005).

As cortinas podem ser executadas através de vários métodos: por meio de estacas prancha, estacas moldadas *in loco* ou atirantadas.

2.2.4.1 Cortinas de estaca prancha

É um tipo de contenção antiga, sendo utilizada há mais de mil anos. São feitas em madeira, metal, betão armado ou vinil, é constituída por painéis pré-fabricados com encaixe “macho-fêmea” que são cravados por percussão ou vibração (FIG. 13). Normalmente são utilizados juntos com ancoragens e/ou escoramentos para que a cortina garanta uma estabilidade estrutural (COUTO, 2014).

Figura 13 – Cortina de Estacas Prancha



Fonte: Monteiro (2017)¹²

As estacas-prancha feitas em madeira possuem desvantagens como sua baixa longevidade, e pequenas alturas, entre 4 e 5 m, possuindo em sua ponta uma espessura inferior para facilitar a sua penetração no solo.

Já as estacas-prancha de concreto armado pré-moldadas (FIG. 14), possuem uma resistência muito maior que as de madeira, porém são mais pesadas, e sua cravação é mais complicada. Sua utilização é indicada para obras marítimas em geral quando se necessita efetuar a contenção de um elemento, já que possui uma boa resistência a agressividade da água, quando comparada com as metálicas.

¹² <https://seer.imed.edu.br/>

Figura 14 – Estacas Prancha Concreto Armado



Fonte: Chapsol (2021)¹³

As estacas-prancha metálicas (FIG. 15) são as mais utilizadas, sendo suas principais vantagens a sua facilidade de instalação e recuperação, maior regularidade, melhor estanqueidade, alta variedade de módulos de resistência, possibilidade de executar cortinas com maiores alturas, além de poderem ser reutilizadas quando provisórias (AGUIAR, 2005).

Figura 15 – Estacas Prancha Metálicas



Fonte: União fundações (2021)¹⁴

¹³ <https://www.archiexpo.com/>

¹⁴ <https://www.uniaofundacoes.com.br/>

Elas são multifuncionais, e seu emprego é viável em qualquer tipo de solo, independentemente do nível em que se encontra o nível freático, exceto nos solos que possuem blocos rochosos.

- Execução

Para a execução das estacas prancha, são aplicadas vigas guias, utilizadas como guia para a inserção das estacas posteriormente. São feitas em perfis metálicos, instaladas próximas ao solo, garantindo que não possuam movimentos laterais. O seu comprimento deve ser suficiente para compreender no mínimo seis pares de estacas, além de mais 1,5 m de estacas já cravadas.

Inicia-se fazendo a cravação da primeira estaca no solo, lembrando que sua cravação é crucial para o alinhamento e prumo de toda a cortina, devendo assim ser executada com muito rigor. Após a execução da primeira estaca, é feita a instalação das demais (COUTO, 2014).

Segundo Couto (2014), a cravação pode ser executada de três maneiras:

- Estaca à estaca, quando é feita a instalação de cada estaca até a sua profundidade final de uma só vez, utilizada em solos soltos ou com profundidades de cravamento baixas;
- Cravação por painéis, quando se instala painéis de uma vez, reduzindo assim os possíveis erros de verticalidade e de alinhamento;
- Cravação alternada, que consiste em alternar entre os dois tipos anteriores, sendo utilizada em solos de difícil cravação.

Portanto, elas são comumente utilizadas para contenções em que o nível de água se encontra elevado, podendo até mesmo serem executadas dentro de corpos de água, em leitos de rios e mares, e em construções de obras de via de comunicação, como pontes, túneis, passagens de nível e em muros de suporte de terras.

2.2.4.2 Cortinas de estacas moldadas in loco

É um tipo de contenção que vem ganhando popularidade nos últimos anos, principalmente quando em obras executados em terrenos com construções circunvizinhas, especialmente por ter uma facilidade e rapidez de execução.

É basicamente uma parede constituída por estacas, sendo elas espaçadas ou não, e por uma viga de coroamento e de distribuição ao longo do seu corpo e ancoragens ou escoramentos, conforme FIG. 16 (COUTO, 2014).

Como citado anteriormente, ela pode ser executada com as suas estacas de forma justapostas, com uma abertura entre elas, para solos mais coesos e com pouca água; ou então de forma secante, onde não há existência de frestas, assim podendo serem utilizadas em solos em que há pouca consistência e com um nível de água elevado (LIMA, 2020).

Figura 16 – Cortina de Estacas moldadas *in loco*



Fonte: T&E engenharia (2021)¹⁵

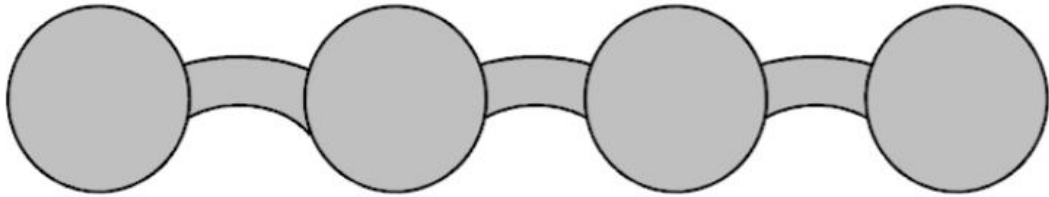
- Disposição das estacas

Segundo Couto (2014), são divididas em três tipos de cortinas, sendo diferenciados por meio do espaçamento das suas estacas, podendo ser: estacas espaçadas, estacas contíguas e estacas secantes.

As estacas espaçadas são aquelas, como o próprio nome já diz, em que há um espaçamento entre as peças. Esta distância é variável e definida através de projetos, podendo chegar até 1,5 m, além do estaqueamento, também é feita uma interligação entre elas através de concreto projetado, como demonstra a FIG. 17 a seguir.

¹⁵ <https://teeengenharia.com.br/>

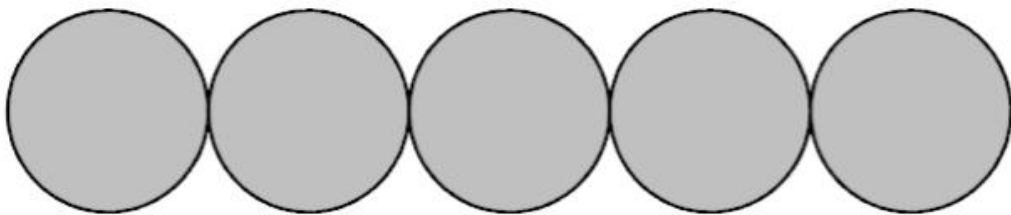
Figura 17 – Estacas espaçadas



Fonte: Couto (2014)

As estacas contíguas, ou tangentes, são aquelas que são executadas com um espaçamento pequeno entre si (FIG. 18), por volta de 75 a 100 mm. É necessário um alto controle da verticalidade das estruturas, sendo um tipo de contenção bastante utilizado em solos argilosos, em que não exista a presença de lençol freático, pois não se consegue a estabilidade do solo quando o mesmo se encontra úmido.

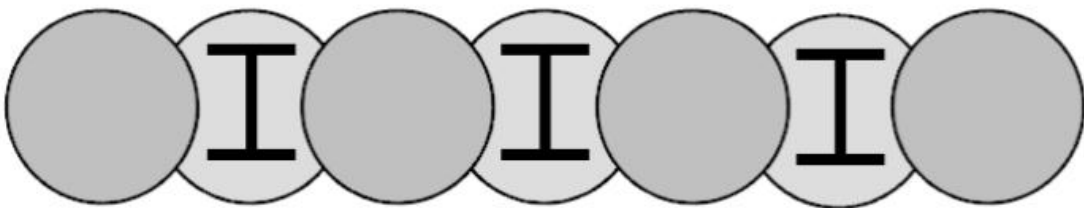
Figura 18 – Estacas contíguas



Fonte: Couto (2014)

As estacas secantes são aquelas que possuem uma intersecção das estacas entre si (FIG. 19). É executada por meio de estacas fêmeas, cujo espaçamento é menor que o seu diâmetro e, posteriormente, são cravadas as estacas machos nos vãos, estas comumente possuem perfis metálicos internamente para uma maior estabilidade. É o tipo de cortina que possui a maior impermeabilização.

Figura 19 – Estacas secantes



Fonte: Couto (2014)

Para se escolher qual a melhor cortina para determinada obra, deve-se levar em consideração alguns fatores como: presença do lençol freático, coesão do solo analisado, tempo de execução da obra, os custos de cada execução e a quantidade de estacas a ser executada.

- Execução

O primeiro passo para a execução das cortinas, é fazer as muretas guias (FIG. 20), que servem como a demarcação para as estacas que virão posteriormente. Normalmente, as muretas possuem as seguintes dimensões, entre 1 a 2 m de altura, e entre 10 a 20 cm de espessura, e com o afastamento de 5 cm além da espessura das estacas.

Figura 20 – Muretas guias



Fonte: Solodactha (2021)¹⁶

¹⁶ <http://www.solodactha.com.br/>

Após a execução das guias, inicia-se a implantação das estacas, as quais podem ser de vários tipos como escavadas, hélice contínua ou raiz. O uso de micro estacas ou estacas raiz não é indicado por possuírem pequena seção transversal. Consequentemente, apresentam baixa resistência a momentos fletores, sendo utilizadas somente quando outro sistema de contenção se mostra inviável (STUCCHI; MILITTISKY; SAES, 2009).

A perfuração das estacas escavadas é feita acima do nível freático, podendo ser executada através de trados mecanizados (utilizando-se de perfuratrizes rotativas e atingindo profundidades de até 18 m) ou ser feita a partir de trados manuais (com comprimento variando entre 3 m e 8 m).

A estaca hélice contínua é uma estrutura executada com maquinário específico, sua perfuração não causa vibrações em obras vizinhas e a sua concretagem é feita juntamente com a escavação, podendo chegar a profundidades de até 38 m e ser executadas sob o nível de água.

As estacas raiz são executadas com a aplicação de ar comprimido imediatamente após a moldagem de seu corpo, é utilizada principalmente nas áreas urbanas em terrenos com limitações (como difícil acesso de maquinários e com restrição a ruídos). Podem chegar a profundidades de até 100 m e ser aplicadas em solo com a presença de água (ALBUQUERQUE, 2020).

Após a escavação começa a etapa de concretagem e armadura, sendo ela diferente para cada tipo de estaca. Quando se utilizar da estaca escavada, é feita a concretagem, em seguida se insere a armadura no local; em caso de estacas raiz, é colocada a armadura após a perfuração, na sequência é feita a injeção de concreto na estaca, sendo executada de baixo para cima; e, quando se utilizar de escavação por hélice contínua, a concretagem é feita simultaneamente com a retirada da hélice, e depois se insere a armadura (LIMA 2020).

O último passo consiste na execução de vigas de coroamento que têm a função de interligar todas as estacas construídas, assim distribuindo o carregamento através das estacas. Feito isso, estão liberadas a escavação e retirada de solo de dentro da contenção (COUTO, 2014).

2.2.4.3 Cortinas atirantadas

É um tipo de cortina que está ancorada através de tirantes, podendo os mesmos serem do tipo ativos, quando estão sujeitos a uma carga de protensão aplicada em si (FIG. 21); ou passivos, quando os mesmos não possuem a carga de protensão (BAHIA; MOTA; BORBA, 2021).

Os tirantes trabalham a tração ficando posicionados perpendicularmente, ou em uma pequena inclinação, com comprimento suficiente para resistir aos empuxos do maciço (HASHIZUME, 2006).

Figura 21– Cortina de Estacas Atirantadas



Fonte: Solotrat (2021)¹⁷

A principal vantagem de sua utilização é que, após sua instalação, a escavação fica livre de qualquer obstrução, assim o trabalho no interior da escavação é permitido, além de reduzir a deflexão da parede e do assentamento do solo adjacente quando o mesmo é protendido. Porém, possui uma desvantagem que é o aumento do tempo de obra para que seja feita a sua execução (SANTOS, 2013).

Atualmente é um dos métodos mais utilizados, já que fornece uma redução no custo, tanto de mão-de-obra, quanto de material, além de reduzir significativamente os esforços de flexão sofridos pela cortina. sendo mais usual em cortinas moldadas in loco, mas podendo ser aplicadas em qualquer tipo de cortina.

¹⁷ <https://www.solotrat.com.br/>

- Execução

A primeira etapa da execução é a escavação do terreno, podendo ser feita de forma manual ou mecânica, sendo escavada por partes, com profundidade de aproximadamente a metade da distância entre as duas fileiras de tirante (HASHIZUME, 2006).

Em seguida, é executada a perfuração para instalação dos tirantes, podendo ser feita com qualquer tipo de equipamento, desde que garanta alinhamento, diâmetro, comprimento e inclinação satisfatórios para o projetado. A inserção das cordoalhas¹⁸ pode ser feita antes ou após a injeção do concreto nos furos, é feita a protensão, quando se trabalha com armadura protendida (SANTOS, 2013).

Após os tirantes instalados, pode-se dar sequência na execução de uma nova placa, repetindo o mesmo processo listado anteriormente até a finalização da contenção (HASHIZUME, 2006).

2.3 Características relevantes na escolha do tipo de contenção

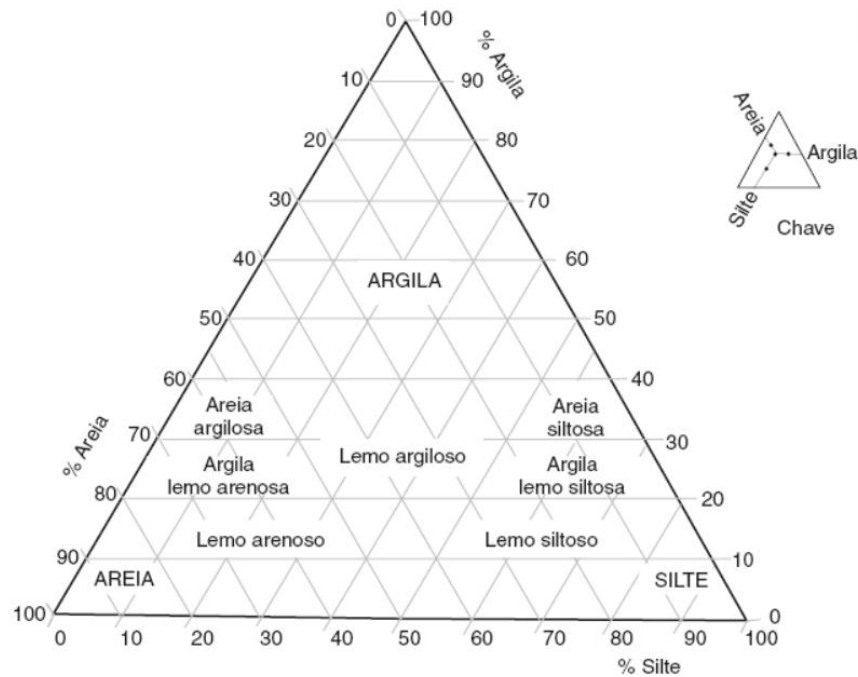
Para a definição da escolha do tipo de obra de contenção a ser utilizada, deve-se levar em consideração vários fatores. A fim de facilitar a escolha destes, Cava (2018) definiu alguns tópicos, como por exemplo: o custo da obra, a geometria da escavação, a condição do solo, obras vizinhas e a transitoriedade da contenção.

2.3.1 Tipo de solo

Os solos podem ser classificados a partir da granulometria de suas partículas, sendo o pedregulho partículas com diâmetros entre 76,0 e 4,8 mm, areia com diâmetro entre 4,80 e 0,05 mm, silte entre 0,050 e 0,005 mm e argilas com dimensões inferiores a 0,005 mm. Por serem encontrados na natureza quase sempre misturados, os solos podem receber denominações que compreendem mais de um tipo de partícula, através da Classificação Trilinear dos Solos conforme apresentado na FIG. 22 abaixo.

¹⁸ É um cabo utilizado no concreto protendido, constituído por três ou sete fios, com um mesmo diâmetro nominal, encordoado de forma helicoidal, em torno de um fio central (ABNT NBR 7483, 2008)

Figura 22 – Classificação Trilinear dos Solos



Fonte: Caputo (2015)

O solo é um material constituído por partículas sólidas e por vazios que podem estar preenchidos moderadamente ou integralmente por água, assim tornando-o saturado ou não.

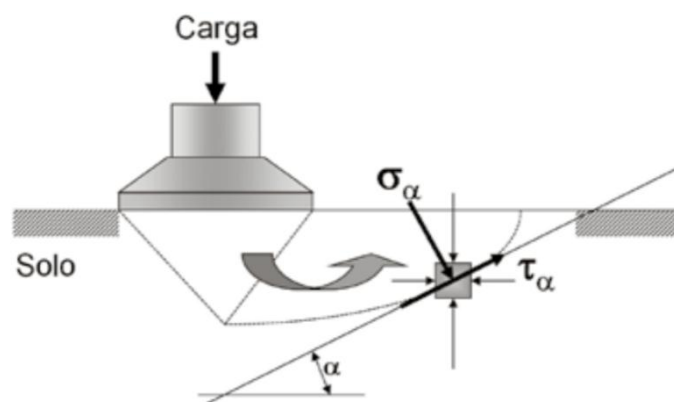
A resistência ao cisalhamento do solo (τ_r) é de grande importância para a execução de obras na engenharia, pois, caso as cargas aplicadas no solo excedam essa resistência, a massa de solo será rompida.

Essa resistência está ligada inicialmente a coesão do solo (c), que pode ser definida como atração entre elementos. Esta pode se dar através de alguns fatores como: uma atração química entre os particulados, cimentações entre as partículas, tensões residuais da rocha de origem (coesão verdadeira) ou tensões superficiais produzidas por meniscos capilares que agem semelhante a uma pressão externa (coesão aparente).

Além da coesão, outro fator importante para a determinação da capacidade resistiva do maciço é a relação entre o carregamento normal ao solo (σ) e o ângulo de atrito interno (φ) entre os elementos que o compõem. O atrito ocorrido nele é semelhante ao que ocorre em um elemento sólido, deslizando sobre uma superfície. Sendo que, no solo pela não existência de uma superfície lisa, devido sua composição ser de partículas granulométricas, ele ocorre em uma infinidade de pontos de contato (CAPUTO, 2015).

Para Cruz (2020), o ângulo de atrito se refere ao ângulo máximo para qual a força proveniente do corpo à superfície pode gerar com a resultante normal ao plano de contato sem a ocorrência de movimentação dessas partículas (FIG. 23). Nas superfícies inclinadas o escorregamento é facilitado tendo em vista que, quanto maior for a inclinação da superfície, maior será o ângulo de atrito e por consequência maior será a força tangencial aplicada. Ribeiro *et al.* (2019 *apud* HATANAKA e UCHIDA, 1996) simplifica a obtenção do ângulo de atrito, o qual pode ser calculado através dos valores encontrados no ensaio de *Standart Penetration Test* (SPT)¹⁹.

Figura 23 – Esquema de atuação de forças

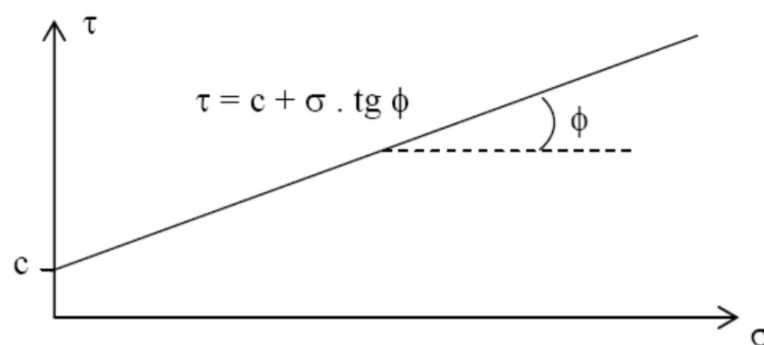


Fonte: Floriano (2017)

Segundo a EQ. 1, proposta por Coulomb a resistência ao cisalhamento é simplificada pela relação linear entre a coesão (c) e o atrito (σ) entre as partículas, a qual possui como gráfico a de tensões o exposto na FIG. 24 (CAPUTO, 2015).

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{EQ.1})$$

Figura 24 – Gráfico de tensões

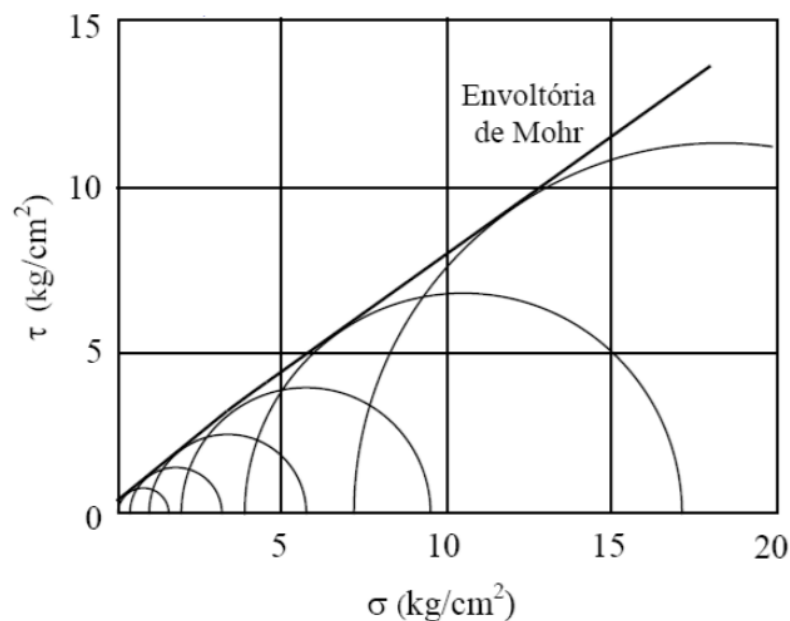


Fonte: Ribeiro Jr (2012)

¹⁹ Ensaio no qual se determina o grau de resistência à penetração do solo.

Tal simplificação foi possível através da análise do diagrama de Mohr, esse referente a verificação do estado de tensão entorno de uma massa de solo, formado por vários ensaios diferentes, conforme FIG. 25. Para os diversos ensaios foi verificado uma linha curva de tendencia a qual recebeu o nome de envoltória de ruptura de Mohr, pois toda vez que a o valor da tensão excedia essa linha o solo iniciava o processo de ruptura. Por conta disso foi apresentado quatro estados de tensões sobre esse ponto de massa.

Figura 25 – Diagrama de Mohr



Fonte: Ribeiro Jr (2012)

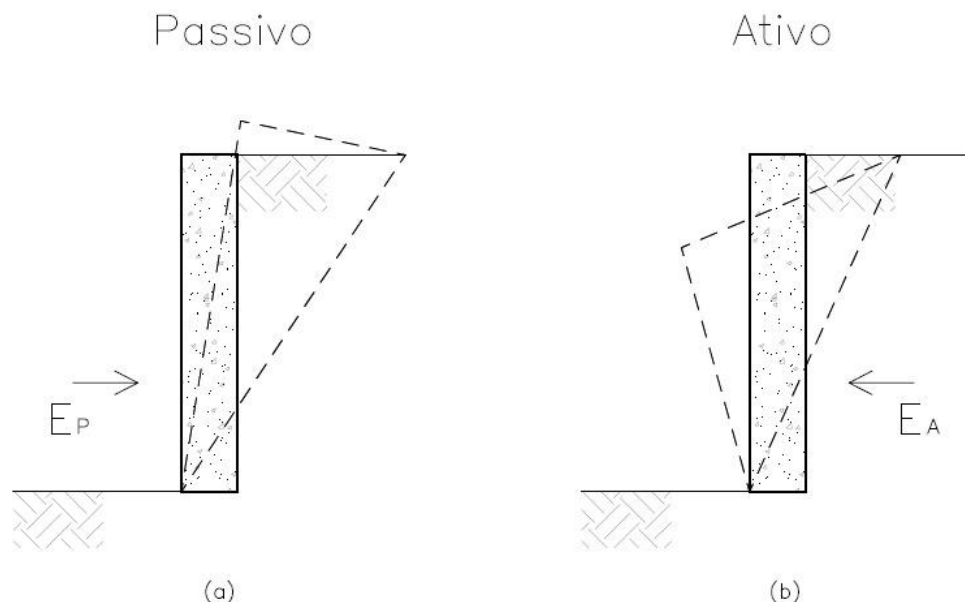
No primeiro estado a tensão aplicada é resultado da pressão hidrostática e a tensão cisalhante é nula. No segundo a tensão solicitante é inferior a resistente. No terceiro a sollicitação é semelhante a resistência, por consequência em algum ponto no solo as partículas estão na eminência de se romperem. Por fim no último estado é levantado a hipótese de que a tensão solicitante é superior a resistência, o que se torna impossível, uma vez que a superfície do solo já terá se rompido (RIBEIRO JR, 2012).

Devido a essas características, é de profundo valor o conhecimento do tipo de solo e sua resistência, pois é através dessas informações que se obtém a capacidade resistiva de suporte do solo, o qual poderá ser solicitado por uma estrutura apoiada diretamente sobre ele, ou, caso sua resistência seja inferior à requerida, será necessária a utilização de peças mais esbeltas como fundações profundas.

2.3.2 Empuxo de Terra

Segundo Moliterno (1980), é todo esforço proveniente do maciço contra uma superfície, podendo ser passivo, quando o empuxo atuar do objeto contra o maciço (FIG. 26 - a); ou ativo, na situação em que a resultante da pressão do solo contra a superfície é maior (FIG. 26 - b). Por conta da importância desse tipo de pressão para a elaboração de uma estrutura de contenção, o cálculo de sua intensidade torna-se um parâmetro fundamental.

Figura 26 – Esquema de atuação de empuxo passivo e ativo



Fonte: Autoria Própria (2021)

Por não se ter um método de cálculo definitivo e preciso, ainda são utilizadas as teorias clássicas de empuxo levantadas por Coulomb (1773) e Rankine (1856), todavia, alguns autores da atualidade têm discutido e estudado mais a fundo para se chegar a uma teoria comum a todos os casos (CAPUTO, 2017).

Ainda que esse cálculo não seja definitivo e preciso, seu conhecimento traz vantagem, pois auxilia no dimensionamento da contenção, através da sua ligação com o carregamento ao qual a contenção estará sujeita, podendo aumentar o valor, quando o empuxo for passivo; e reduzi-lo, no caso de ativo. Além disso, em seu cálculo, pode-se levar em consideração carregamentos aplicados sobre o solo nas proximidades da contenção.

2.3.3 Disponibilidade de mão de obra

Na construção civil, a capacitação da mão de obra precisa ser constante, principalmente nos dias de hoje, em que se tem um avanço tecnológico acelerado, trazendo novos maquinários, materiais, e metodologias para o canteiro de obras e os profissionais devem estar aptos a trabalhar com todas estas novidades, assim desempenhando da melhor maneira possível tal serviço (GOING GREEN, 2018).

Além disso, segundo Caldas (2017), a presença de empregados qualificados, fornece uma maior velocidade na execução dos serviços, além de compartilhar conhecimento com outros profissionais, assim contribuindo para soluções de problemas no ambiente de trabalho.

Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2021) demonstram que, no segundo semestre deste ano, houve um número relevante de contratação na construção civil, contudo, ainda há a necessidade de profissionais qualificados para preencherem vagas que permanecem em aberto, corroborando com a falta de mão de obra qualificada no atual mercado.

A disponibilidade de mão de obra braçal é facilmente encontrada em qualquer parte do globo. No entanto, para a utilização de maquinário especializado é necessário ter pessoas capacitadas para o manuseio dessas máquinas, o que pode ser um desafio, se na região de operação não se encontrar pessoal habilitado. Nesse caso, a busca por profissionais em regiões mais distantes se faz necessária, e isso, muitas das vezes, torna a obra mais onerosa, pois, incidirão custos de traslado, hospedagem e alimentação, dessa forma podendo se tornar um fator limitante na escolha de uma contenção.

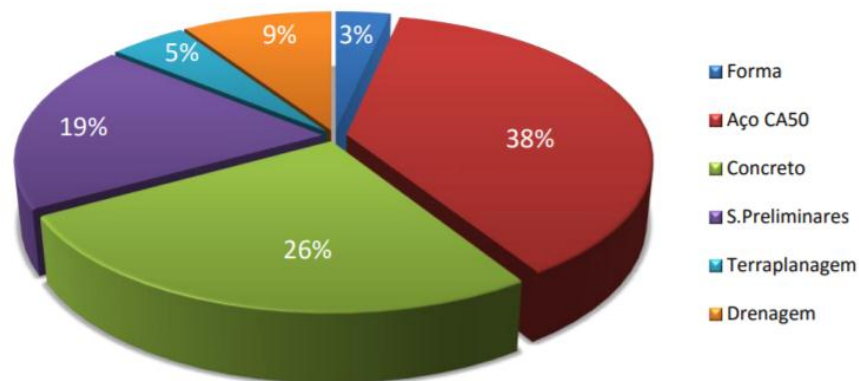
2.3.4 Consumo de materiais por seção

Um dos principais fatores para se levar em consideração, quando se executa uma obra de contenção, é o custo de execução da mesma. Conforme levantado por Dutra (2015), no dimensionamento de uma obra de contenção situada na rua dois, nº 150, lote 30, bairro Ouro Verde em Conselheiro Lafaiete, no estado de Minas Gerais, Brasil as margens da rodovia estadual MG129, Km dois, saída para Ouro Branco,

possuía um desnível de aproximadamente 5 m, onde seria instalada uma contenção com comprimento em torno de 14 m.

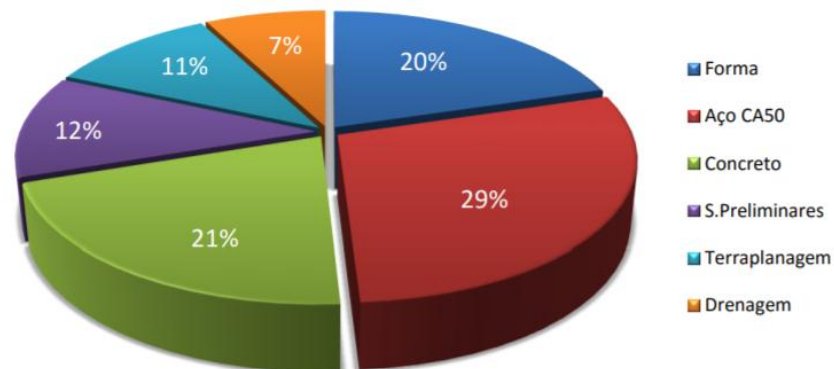
Foi realizado estudo de solo, através de sondagem, encontrando um solo de silte argiloso, com pouca areia, e sem nível de lençol freático. Os principais custos em porcentagem estão concentrados na infraestrutura e superestrutura do elemento, sendo principalmente no consumo de aço e concreto, conforme a FIG. 27 e 28.

Figura 27: Custos para execução de uma cortina estaqueada



Fonte: Dutra (2015)

Figura 28: Custos para execução de um muro de arrimo



Fonte: Dutra (2015)

Na sequência, foi realizado o dimensionamento para duas soluções construtivas: um muro de arrimo, feito em concreto, e uma cortina de estacas moldadas *in loco*, e, posteriormente, levantado o custo em materiais e serviços.

Através da QUADRO 2 abaixo, pode-se identificar também que, além do aço e do concreto, para a execução da cortina de estacas tem-se a necessidade da utilização de equipamento especializado para a execução do estaqueamento. Já no muro de arrimo, o volume de escavação é maior, conforme QUADRO 3. Comparando as tabelas, pode-se perceber que o gasto em concreto, no muro de arrimo, foi mais elevado.

Quadro 2 – Composição de consumo cortina de estacas em concreto armado

COMPOSIÇÃO DE CONSUMO CORTINA DE ESTACA EM CONCRETO ARMADO		
DESCRIÇÃO	UND	QUANT
SERVIÇOS PRELIMINARES		
Capina e limpeza do Terreno	m ²	420,0
Limpeza final de obra	m ²	100,0
Locação de obra	m ²	100,0
Instalação provisória	m ²	20,0
Caçamba p/ retirada de entulho	und	10,0
TERRAPLANAGEM		
Esc. Carga tr. Mat. 1ª c. DMT 3KM a 5km c/ carregadeira (material entre as estacas)	m ³	75,0
Reaterro e compactação	m ³	56,0
INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA		
Escavação das estacas c/trado mecânico DN 60cm	m	110,0
Guindaste Madal. Lança min 18mts (colocação da armadura da estaca)	h	6,0
Concreto mecânico fck=15Mpa, conf./lançam. (Enchimento dos blocos e viga baldrame)	m ³	6,4
Concreto usinado fck=25Mpa lançam/adensam. (Est. da estaca)	m ³	35,0
Fornec. Preparo e colocação aço CA 50	kg	2668,8
Forma em madeira, inclusive escoramento e desforma.ult.3x	m ²	28,0
Vedação entre as estacas c/ blocos de concreto (19X19X39) cm, com assentamento e argamassa	m ²	41,0
DRENAGEM		
Camada vertical drenante c/brita Nº 2	m ³	15,0
Fornec. Instalação de manta Bidim RT-10	m ²	75,0
Tubo de drenagem DN100mm perfurado. Fornec. /instalação	m	16,0
Calha de conc. DN40mm/inst	m	14,0
Impermeabilizante c/ emulsão asfáltica	m ²	135,0
Boca de lobo de concreto	und	1,0

Fonte: Dutra (2015). Adaptado pelos autores

Quadro 2 – Composição de consumo Muro de Arrimo de concreto armado

COMPOSIÇÃO DE CONSUMO MURO DE ARRIMO DE CONCRETO ARMADO		
DESCRIÇÃO	UND	QUANT
SERVIÇOS PRELIMINARES		
Capina e limpeza do Terreno	m ²	420,0
Limpeza final de obra	m ²	100,0
Locação de obra	m ²	100,0
Instalação provisória	m ²	20,0
Caçamba p/ retirada de entulho	und	10,0
TERRAPLANAGEM		
Esc. Carga tr. Mat. 1ª c. DMT 400 a 600 m c/ carregadeira	m ³	340,0
Reaterro e compactação	m ³	250,0
INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA		
Esc. Carga tr. De vala DMT 400 a 600m c/ carregadeira	m ³	35,0
Nivelamento e compactação fundo de vala	m ²	54,0
Concreto. Usinado fck=15Mpa lançam. Adensam (camada abaixo do muro)	m ³	5,5
Concreto usinado fck=25Mpa lançam/adensam. (Est. do muro)	m ³	53,0
Fornec. Preparo e colocação aço CA 50	kg	3327,1
Forma em madeira, inclusive escoramento e desforma.ult.3x	m ²	273,0
DRENAGEM		
Camada vertical drenante c/brita Nº 2	m ³	15,0
Fornec. Instalação de manta Bidim RT-10	m ²	75,0
Tubo de drenagem DN100mm perfurado. Fornec. /instalação	m	16,0
Calha de conc. DN40mm/inst	m	14,0
Impermeabilizante c/ emulsão asfáltica	m ²	135,0
Boca de lobo de concreto	und	1,0

Fonte: Dutra (2015). Adaptado pelos autores

Comparativamente, obras de contenção para desníveis maiores irão requerer seções maiores e, por consequência, irão consumir uma maior quantidade de material, uma vez que o seu dimensionamento está atrelado à altura do maciço a ser contido. Da mesma forma, quanto menor for o desnível, menores serão as seções de contenção, reduzindo o consumo de material.

2.3.5 Porte da obra

O tamanho de uma obra está diretamente ligado à sua área de construção e consequentemente ao peso próprio. A ABNT NBR-9077 (2001), classifica as obras conforme o seu tamanho, como representado no Quadro 1.

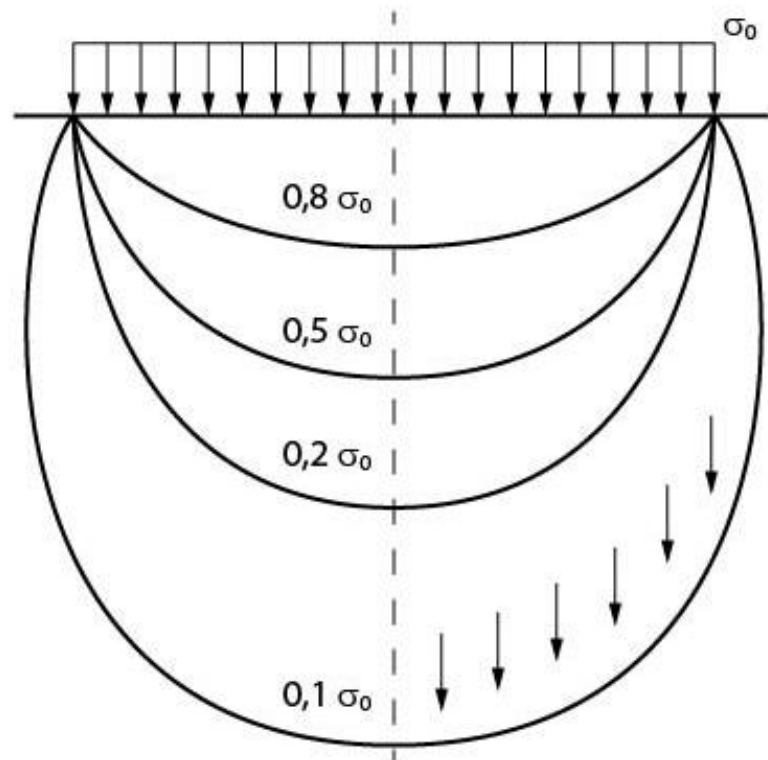
Quadro 1 – Classificação das Edificações.

Classificação das edificações quanto às suas dimensões em planta		
Natureza do enfoque	Classe da edificação	Parâmetro de área
Quanto à área do maior pavimento (s_p)	De pequeno pavimento	$s_p < 750 \text{ m}^2$
	De grande pavimento	$s_p \geq 750 \text{ m}^2$
Quanto à área dos pavimentos abaixo da soleira de entrada (s_s)	Com pequeno subsolo	$s_s < 500 \text{ m}^2$
	Com grande subsolo	$s_s \geq 500 \text{ m}^2$
Quanto à área total S_t (soma das áreas de todos os pavimentos da edificação)	Edificações pequenos	$S_t < 750 \text{ m}^2$
	Edificações médias	$750 \text{ m}^2 \leq S_t < 1500 \text{ m}^2$
	Edificações grandes	$1500 \text{ m}^2 \leq S_t < 5000 \text{ m}^2$
	Edificações muito grandes	$S_t > 5000 \text{ m}^2$

Fonte: ABNT NBR-9077 (2001). Adaptado pelos autores

Analogamente, quanto maior for o porte de uma obra, maior será o carregamento suportado pela sua fundação, por consequência, o descarregamento vertical no solo será de maior valor, causando um bulbo de pressão (FIG. 29) de dimensões superiores, que é definido por Caputo (2017), como: um conjunto de isóbaras, que são curvas com um mesmo ponto de pressão vertical que, de acordo com a sua posição, podem influenciar no empuxo a qual a estrutura de contenção está solicitada.

Figura 29: Representação do Bulbo de Pressão



Fonte: Marinho (2019)²⁰

Já para as contenções, os fatores mais importantes para a classificação do seu porte são: a altura a qual será contida e o comprimento, pois o dimensionamento da sua seção está diretamente ligado a esta altura e o volume está atrelado ao seu comprimento. Com isso, pode-se classificá-la como de pequeno ou grande porte (BARROS, 2017).

Segundo Furtado *et al.* (2014), contenções de pequeno porte são estruturas com altura máxima de 3,5 m e comprimento máximo de 10 m; e, grande porte as contenções em que as suas dimensões superam as citadas anteriormente.

Nesse ponto, contenções de pequeno porte com a utilização de muro de arrimo e cortina de estacas terão áreas de corte transversais semelhantes, e, no quesito material, utilizariam quantidades similares, deixando a diferença do seu custo de execução voltado para a disponibilidade de mão de obra. Já para as obras de grande porte, o consumo de material será bem distinto, podendo não ser a mão de obra o fator preponderante no custo final.

²⁰ <https://www.guiadaengenharia.com/>

2.4 Parâmetros para escolha de contenção

Apesar dos vários tipos de muros de arrimo e cortinas de estacas possuírem características próprias, os mesmos possuem vários aspectos em comum e podem ser generalizados.

Quando se analisa o solo para definir o melhor tipo de contenção, deve-se considerar solos que possuam uma resistência inicial considerável, os quais geralmente são coesivos. Geralmente, são solos indicados para o muro de arrimo, por possuírem, na sua maioria, o tipo de fundação rasa a qual se apoia sobre o solo e este possuir uma resistência superficial mais elevada. Já as cortinas, por possuírem o tipo de fundação profunda, podem ser utilizadas em diversos tipos de solo, desde que a resistência ao atrito lateral seja satisfatória para o solicitado pela estrutura.

Por consequência do tipo de fundação, o muro de arrimo requer em torno da metade de sua altura como base, pois, se configura, em geral, como uma estrutura de gravidade. Enquanto as estacas praticamente mantêm a espessura de seu corpo, uma vez que trabalham mediante a flexão.

Da mesma forma, a diferença de nível entre os terrenos é de extrema importância, uma vez que está diretamente ligada ao porte de obra. Para muros de arrimo, recomenda-se sua execução para alturas de aproximadamente 5 m, porém a sua utilização é mais usual para construções em torno de 1,5 a 3 m, por não possuir grandes empecilhos em sua execução e o custo não ser muito elevado. Para as estacas, a diferença de desnível não é um fator limitante, ficando isto a cargo do seu custo de execução.

Para contenções de pequeno porte, o custo de sua execução é mais viável em se tratando de muros de arrimo, devido à utilização, em geral, de mão de obra braçal, sem a necessidade de grandes especializações, e pequena variação na utilização de insumos em comparação com as cortinas. Enquanto, para obras de grande porte, a cortina é mais viável, pois consome um volume de concreto e aço inferiores em comparação com o arrimo, apesar da necessidade de mão de obra e maquinário especializado, que pode ser racionalizado pelas dimensões da obra, acarretando num baixo custo por metro linear de contenção.

Em se tratando de construção, o muro de arrimo necessita de uma escavação anterior à sua execução para que os profissionais levanten a sua estrutura de baixo

para cima; nas cortinas, como se utiliza de máquinas que efetuam a perfuração e instalação das estacas, esta não necessita de uma escavação prévia, assim facilitando a execução quando se depara com obras vizinhas muito próximas, pois é importante que não ocorra a menor influência sobre elas, uma vez que, se isso acontecer, poderá haver o surgimento de patologias que podem até mesmo levá-las à ruína.

Para simplificar o exposto acima, foi sintetizado no QUADRO 4.

Quadro 4 – Parâmetros de Comparação de Obras de CONTENÇÃO

Parâmetros de Comparação entre tipos de CONTENÇÃO		
Parâmetro a ser analisado	Muro de Arrimo	Cortina de estacas
Tipo de Solo	Geralmente coesivos	Todo tipo de solo
Obras circunvizinhas	Requer atenção	Indicado
Desnível do terreno	Máximo entorno de 5m	Não observado restrições
Mão de obra especializada	Não Requer	Requer
Contenção com pequenos desníveis	Baixo custo de execução	Elevado custo de execução
Contenção com grandes desníveis	Elevado custo de execução	Baixo custo de execução
Dimensão de sua fundação	aproximadamente 50% de sua altura	Espessura igual ao corpo
Tipo de fundação	Rasa ou Profunda	Profunda
Escavação prévia	Requer	Não requer

Fonte: Autoria Própria (2021)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da pesquisa, pode-se verificar a existência de uma vasta quantidade de soluções para conter uma massa de solo. Desde escolhas permeáveis ou impermeáveis, e até mesmo com a utilização de vários tipos de materiais, podendo assim fugir do usual concreto e aço. Devido a esta variedade de opções, é importante analisar as disponibilidades dos insumos constituintes e métodos de execução na região na qual será empregada a contenção, reforçando assim a importância deste trabalho.

E, através de um maior entendimento dos métodos construtivos de cada tipo de contenção, como suas características, sua execução e sua aplicação, o profissional é auxiliado na escolha do tipo de contenção que será utilizado em sua obra.

Para assim, ao ser feita uma comparação entre os tipos de contenções que atendem a necessidade local, perceber que, apesar da existência de várias soluções para um mesmo problema, eventualmente ocorrem situações específicas, as quais necessitam de uma solução mais direcionada, devido às características únicas de cada empreendimento.

Assim, a viabilidade da contenção deverá ser altamente analisada em todos os seus aspectos, podendo ser direcionada com a utilização do quadro apresentado no último tópico desta discussão.

REFERÊNCIAS

- A VOZ DA SERRA. **DER constrói muro de contenção na RJ-130, em Friburgo**. Rio de Janeiro. out. 2020. Disponível em: <<https://avozdaserra.com.br/noticias/der-constroi-muro-de-contencao-na-rj-130-em-friburgo>> Acesso em: 07 nov. 2021.
- AGUIAR, M.A.; MARTINS, J.G. **Contenção lateral de solos**. *sine loco*. 2005. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/contencao-lateral-de-terras/4837989/>> Acesso em: 20 ago. 2021.
- ALBUQUERQUE, P.J.R. de. **Engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: LTC, 2020.
- ANDRADE, R.R. **Muros de contenção à gravidade**. *sine loco*. 2018. Disponível em: <<http://diprotecgeo.com.br/blog/muros-de-contencao-a-gravidade/>> Acesso em: 12 nov. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**. Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. **NBR 7483**. Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido – especificação. Rio de Janeiro, 2008.
- _____. **NBR 9077**. Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.
- AZENHA, T.F. **Muros de arrimo**. *sine loco*. 2017. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/66619581-Muros-de-arrimo-tipos-drenagem-estabilidade-dimensionamento.html>> Acesso em: 07 nov. 2021.
- BAHIA, G.A.D.; MOTA, N.M.B.; BORBA, R.M. Cortina atirantada de estacas justapostas com sistema de travamento utilizando brackets em obra no Distrito Federal. **Brazilian Journal of Development** (BJD), Curitiba, v. 7, n. 5, p. 49864-49879, maio 2021
- BARROS, P.L.A. **Obras de contenção**: manual técnico. *sine loco*: Maccaferri, 2017. 220 p. Disponível em: https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/02/TM-_BR-_Manual-Obras-de-Conten%C3%A7%C3%A3o-_PT-_Feb21.pdf> Acesso em: 15 nov. 2021.

BASSANELI, Hélio Rodrigues *et al.* Estabilidade de Taludes. **Jornada Científica**, *Sine loco*. v. 1, n. 2, out. 2016.

CALDAS, N. A importância da qualificação da mão de obra. **SEBRAE**, *sine loco*, set. 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/a-importancia-da-mao-de-obra-qualificada,3b03438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>> Acesso em: 15 nov. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC, **Construção civil sofre com falta de mão de obra qualificada em Goiás**. *Sine loco*. maio 2021. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-civil-sofre-com-falta-de-mao-de-obra-qualificada-em-goias/>> Acesso em: 15 nov. 2021.

CAPUTO, H.P. Empuxos de terra. *In*: CAPUTO, H.P.; CAPUTO, A.N.; RODRIGUES, J.M.A. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: mecânica das rochas, fundações e obras de terra. 7. ed. reimpressão. Rio de Janeiro: LTC, 2017. v. 2. Cap. 4, p. 118-167.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: fundamentos. CAPUTO, A.N.; RODRIGUES, J.M.A. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 249 p. v. 1.

CARDOSO, F.F. **Sistemas de contenção**. 1987. 34f. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Apostila

CAVA, F. Os 9 aspectos para escolher uma contenção para sua obra. **Além da inércia**, *sine loco*. 2018. Disponível em: <<https://alemdainercia.com/2018/03/19/considere-esses-9-aspectos-para-escolher-uma-contencao-para-sua-obra/>> Acesso em: 13 nov. 2021.

CHAPSOL. **Estaca-prancha em concreto armado**. Disponível em: <<https://www.archiexpo.com/pt/prod/chapsol/product-59361-1102839.html>> Acesso em: 07 nov. 2021.

CONCRELAJE PRÉ-FABRICADOS. **Muros de arrimo**. Campo Grande. [201-?]. Disponível em: <<http://www.concrelaje.com.br/muros-de-arrimo/>> Acesso em: 04 nov. 2021.

COUTO, P.M.F. **Estudo de soluções de contenção periférica em função das condicionantes de execução**. 2014. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

CRUZ, T.C.B. **Mecânica dos solos**. 2020. 207f. Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, 2020. Notas de aula.

DOMINGUES, P.C. **Indicações para projeto de muros de arrimo em concreto armado**. 1997. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

DUAFAIR. **Muros de gabiões em silvares**. Castelo Branco. [Entre 2002 e 2021]. Disponível em: <<https://www.duafar.com/portofolio/paisagismo/muro-de-gabioes-em-silvares/>> Acesso em: 07 nov. 2021.

DUTRA, M.A. **Estruturas de contenção**: análise comparativa entre muro de arrimo de concreto armado e cortina de estacas de concreto armado em obra de contenção. 2015. 68f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Santa Rita, Conselheiro Lafaiete, 2015.

RIBEIRO, Daniela F. D. *et al.* Estudo das correlações entre os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos e o índice de resistência à penetração. *In*: FEIRA DA INDÚSTRIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA, 3, 2019, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo.

FLORIANO, C. Definição de ruptura de solos. *In*: _____ **Mecânica dos solos aplicada**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Cap. 3, p. 129-140.

FURTADO, Janaina Rocha *et al.* **Metodologia de avaliação de vulnerabilidade para mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações: proposta piloto em Santa Catarina**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2014. 137 p.

GEOFIX. **Paredes diafragma com clamshell e/ou hidrofresaolo grampeado**. Disponível em: <<http://www.geofix.com.br/servico-paredes-hidrofresa.php>> Acesso em: 20 ago. 2021.

GERSCOVICH, D.M.S. **Estruturas de contenção:** muros de arrimo. 2008. 48f. Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Apostila.

GOING GREEN. **Mão de obra qualificada gera mais produtividade e menos custos**, *sine loco*. 2018. Disponível em: <<http://goinggreen.com.br/2018/12/20/mao-de-obra-qualificada-gera-mais-produtividade-e-menos-custos/>> Acesso em: 13 nov. 2021.

GRUPO PARANÁ COMUNICAÇÃO. **Prefeitura de São José dos Pinhais reforça margem do Rio Avariu com novos muros de gabião**. São José dos Pinhais. maio 2020. Disponível em: <<https://grupoparanacomunicacao.com.br/prefeitura-de-sao-jose-dos-pinhais-reforca-margem-do-rio-avariu-com-novos-muros-de-gabiao/>> Acesso em: 07 nov. 2021.

HASHIZUME, S.H. **Caracterização técnica e indicadores de custos de sistemas de contenção do solo na construção de edifícios**. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.

JOPPERT JUNIOR, Ivan. **Fundações e contenções em edifícios:** qualidade total na gestão do projeto e execução. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2013. 220p.

LIMA, W.O. **Comparação entre sistemas de contenção de subsolo:** parede diafragma e estacas justapostas. 2020. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

MARINHO, F. **Bulbo de tensões:** Conceito e aplicações. *sine loco*. jan. 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/bulbo-tensoes/>> Acesso em: 08 dez. 2021.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de muros de arrimo**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 194 p.

MONTEIRO, F.F. *et al.* Análise técnico-econômica dos métodos construtivos de paredes diafragma moldadas *in loco*, estacas-prancha e estacas secantes. **Revista de engenharia civil IMED**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 3-19, jul./ dez. 2017.

Disponível em:

<<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/rt/prINTERfriendly/1840/1385>> Acesso em: 04 nov. 2021.

NEGRO JUNIOR, A.; RANZINI, S.M.T. Contenção: obras de contenção: tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas. *In*: HACHICH, W *et al.* **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. Cap. 13, p. 497-516.

PIRES, R. **Pneus podem ser base de muros de contenção em encostas no país**. *sine loco*. nov. 2015. Disponível em: <<https://robsonpiresxerife.com/pneus-podem-ser-base-de-muros-de-contencao-em-encostas-no-pais/>> Acesso em: 07 nov. 2021.

PREFEITURA DE VÁRZEA PAULISTA, **Obra do muro de arrimo da Rua dos Alecrins chega a 70%**. Várzea Paulista. Maio 2018. Disponível em: <<https://portal.varzeapaulista.sp.gov.br/2018/05/08/obra-do-muro-de-arrimo-da-rua-dos-alecrins-chega-a-70/>> Acesso em: 08 nov. 2021.

RAMOS, Geraldo Magela Perdigão Diz *et al.* Contenção de talude com uso de solo-cimento ensacado: projeto em área de interesse social. **RETEC**, Ourinhos, v. 12, n. 2, p. 26-42, dez. 2019.

SANTOS, F.A. dos. **Avaliação do desempenho de uma cortina de estacas espaçadas, atirantada, em areia**. 2013.144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SANTOS JUNIOR, P.J. dos. **Gabiões e estruturas de arrimo: Análise teórico-numérico-experimental do comportamento mecânico**. 2018. 213f. Tese (Doutorado em Estruturas e Geotécnica) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

SERKI Fundações Especiais. **Contenção com parede diafragma**. Disponível em: <<http://serki.com.br/servicos/parede-diafragma/>> Acesso em: 20 ago. 2021.

SOARES NETO, F. **Análise comparativa do dimensionamento de muro de arrimo em concreto armado para dois tipos de talude de terra**. 2017. 99f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

SOLODACTHA. **Armando mureta guia para execução de cortina em parede diafragma**. 2008. Disponível em: <<http://www.solodactha.com.br/obras/cjw2.htm>> Acesso em: 13 nov. 2021.

SOLOTRAT. **Cortinas atirantadas**. Disponível em: <<https://www.solotrat.com.br/cortinas-atirantadas.php>> Acesso em: 20 ago. 2021.

_____. **Solo grampeado**. Disponível em: <<https://www.solotrat.com.br/servico-06.php>> Acesso em: 20 ago. 2021.

SOUZA, A.N. **Muros de contenção utilizando pneus: análise e alguns comparativos de custo**. 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em engenharia com Ênfase em Geotecnia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOUZA, Damiane Marques de. Muros de Arrimo. **Revista on-line IPOG Especialize**, Cuiabá, ed 11, nov. 2015. Disponível em: <<https://silo.tips/download/muros-de-arrimo-muros-de-arrimo>> Acesso em: 20 ago. 2021.

STUCCHI, F.R.; MILITITSKY, J.; SAES, J.L. Contenções: concepção de obras de contenção *In*: HACHICH, W *et al.* **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: i, 2009. Cap. 14, p. 517-536.

RIBEIRO JR, I. **Controle de obras: mecânica dos solos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Cuiabá, 2012. Notas de aula. Disponível em: <http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/200000124-ee4faef496/Aula%2008_Resistencia%20o%20cisalhamento%20dos%20solos.pdf> Acesso em: 10 dez. 2021.

T & E Engenharia. **Cortinas de contenção**. Disponível em: <<https://teeengenharia.com.br/>> Acesso em: 20 ago. 2021.

UNIÃO FUNDAÇÕES. **Estacas-prancha metálicas usadas em contenções de obras subterrâneas**. Disponível em: <<https://www.uniaofundacoes.com.br/estacas-prancha%E2%80%8C%E2%80%8Cmet%C3%A1licas%E2%80%8C%E2%80%8Cusadas%E2%80%8C%E2%80%8Cem%E2%80%8C%E2%80%8Cconten%C3%A7%C3%B5es%E2%80%8C%E2%80%8Cde%E2%80%8C>>

[%E2%80%8Ccobras%E2%80%8C%E2%80%8Csubterraneas/?cn-reloaded=1>](#)
Acesso em: 20 ago. 2021.

VIEIRA JÚNIOR, G.T. **Estudo de comparativo de viabilidade econômica entre muros de arrimo de gravidade, utilizando o gabião comparando com o concreto ciclópico.** 2017. 64f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2014.