

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO EMPUXO ATIVO DE TERRA PARA SOLOS SATURADOS E
NÃO SATURADOS SOBRE MUROS DE ARRIMO, PAREDES DE CONTENÇÃO E
TALUDES**

BRUNA ALVES DOS SANTOS

MARINGÁ – PR

2018

Bruna Alves dos Santos

**AVALIAÇÃO DO EMPUXO ATIVO DE TERRA PARA SOLOS SATURADOS E
NÃO SATURADOS SOBRE MUROS DE ARRIMO, PAREDES DE CONTENÇÃO E
TALUDES**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Junior

MARINGÁ – PR

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO
BRUNA ALVES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO EMPUXO ATIVO DE TERRA PARA SOLOS SATURADOS E
NÃO SATURADOS SOBRE MUROS DE ARRIMO, PAREDES DE CONTENÇÃO E
TALUDES**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em, Engenharia Civil sob a orientação do Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Junior

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Junior - Unicesumar

Prof. Esp. Elvis Antonio Gaitarosso - Unicesumar

Prof. Dra. Sonia Tomie Tanimoto

RESUMO

AVALIAÇÃO DO EMPUXO ATIVO DE TERRA PARA SOLOS SATURADOS E NÃO SATURADOS SOBRE MUROS DE ARRIMO, PAREDES DE CONTENÇÃO E TALUDES

Bruna Alves dos Santos

Paredes de contenção, muros de arrimo e taludes, são fundamentais quando se trata de obras com subsolos, terrenos em desníveis e estradas em locais onde os terrenos são montanhosos. Uma das principais variantes para o dimensionamento dessas estruturas é o empuxo ativo, que é a força atuante no solo que tende a forçar contra a estrutura. Desta forma, este trabalho apresenta um comparativo de cálculo do empuxo ativo para solos em estado natural e solos em estado saturado, onde o empuxo maior devido à presença mais elevada da água foi para os solos mais saturados, com isso apresentando como solução os métodos de sistemas de drenagem para cada tipo de estrutura.

Palavras-chave: Terrenos, estrutura, sistemas.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE THRUST LOAD AMOUNT OF LAND FOR SATURATED AND NON-SATURATED SOILS ON UNDERPINNING WALLS, CONTAINMENT WALLS AND SLOPES

Bruna Alves dos Santos

Containment walls, retaining walls and slopes are fundamental when it comes to underground works, uneven terrain and roads where the terrain is mountainous. One of the main variants for the sizing of these structures is the active thrust, which is the force acting on the ground that tends to force against the structure. In this way, this work presents a comparative calculation of the active buoyancy for natural soils and saturated soils, where the higher buoyancy due to the higher presence of water was for the more saturated soils, thus presenting as a solution the methods of drainage systems for each type of structure.

Keywords: Land, structure, systems

1 INTRODUÇÃO

As obras de engenharia junto das técnicas estruturais reagem com o solo, ou até mesmo, a rocha presente, essas obras são chamadas de subsolo na engenharia. Mesmo para obras mais comuns, o estudo e características do solo são fundamentais para um bom dimensionamento das estruturas a serem executadas. Em terrenos onde o maciço de solo apresenta topografia angulosa e há a necessidade de dividir terrenos, faz-se o uso de muros de arrimo ou paredes de contenção, essas estruturas têm como finalidade manter a estabilidade dos solos (LEMES, 2017). Todavia, a grande preocupação das contenções são as forças que nelas atuam.

O empuxo de terra é compreendido pela atividade estabelecida pelo maciço terroso, onde é abrangido pela mecânica dos solos (FRANCISCO, 2015). Com tudo, além da força já exercida pelo solo, não pode se esquecer que junto a ele, tem se a força da água, que pode ser maior ou menor dependendo da região a ser executada, de acordo com a NBR 7187 Norma de pontes em concreto armado e protendido (2003), água exerce uma grande solicitação em relação ao empuxo no solo e por isso deve ser considerada nas piores situações para a verificação dos estados de limitações.

O trabalho tem por finalidade comparar através de cálculos a diferença do empuxo para um solo saturado e não saturado. Os cálculos serão feitos para o empuxo ativo, que é a força que o solo exerce em direção a estrutura. Para facilitar os cálculos da comparação do empuxo ativo, o método a ser usado será o de Rankine. O solo a ser calculado será obtido de uma tabela com valores típicos de propriedades geotécnicas do solo de Maringá. Rankine despreza a coesão, por isso, nas apresentações a seguir o mesmo será ignorado, fazendo o uso apenas da umidade, que será influenciado nos pesos específicos e o uso dos ângulos de atrito.

As drenagens de muros de arrimo e paredes de contenção são de extrema importancia, já que a água exerce uma pressão que pode ocasionar o colapso da estrutura. Para solucionar o problema de o empuxo ser maior para solos saturados, como solução faz-se o uso de sistemas de drenagens que serão diferenciados de acordo com cada tipo de estrutura.

De acordo com Espindola (2016), precisa-se saber que para um bom dimensionamento dos sistemas, exigem-se estudos em relação à topografia do terreno, estudos geométricos, geotécnicos e estudos hidrológicos, já que de uma região para a outra as precipitações podem variar e isso define as vazões máximas dos sistemas.

2 DESENVOLVIMENTO

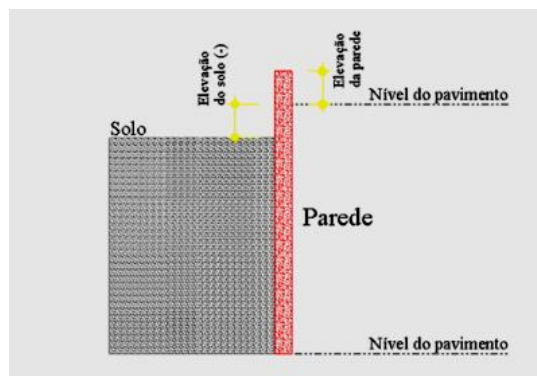
2.1 CONTENÇÃO

Segundo Rattichieri (2015), a denominação de muro de contenção é um modelo de se atribuir a uma estrutura que tenha por utilidade de conter o solo inconstante, trata-se de uma parede de contenção, uma estrutura corrida e vertical, eficaz em propiciar segurança em relação a movimentação e estabilidade, que muitas vezes o solo oferece em condições de inclinação, taludes, valas, escavações e cortes.

A execução de uma obra, aonde irá se executar fundações, na maioria delas exige-se paredes de contenções. É frequente sua execução quando se irão construir estacionamentos nos subsolos em obras com uma edificação grande. As obras de contenções estão presentes nas execuções de subsolos, metros, pontes, estradas, encostas entre outras obras. A contenção é feita com a inserção das armaduras ou peças estruturais já com elementos combinados que apresenta uma rigidez na qual ela terá que combater no terreno solicitado (NEIVA, 2014).

As paredes de contenção também são muito importantes para combater os empuxos de terra e água (GARCIA, 2017). O muro de contenção é muito utilizado também quando se deseja suprir uma diferença de nível do terreno, onde o espaço não é suficiente para vencê-lo com taludes (GOMES, 2015).

Figura 1- Parede de contenção produzindo estabilidade do solo a esquerda



Fonte: NEIVA (2014).

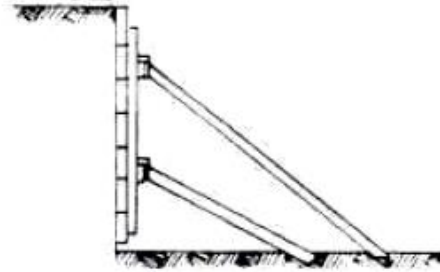
Portanto, a importância das contenções pode ocorrer em dois casos: o primeiro quando o solo do terreno precisa ser escavado, como por exemplo, em subsolos, e o segundo quando há presença de um terreno íngreme, como por exemplo, casas em encostas (SANGLARD, 2014).

2.1.1 Tipos de Estrutura de Contenção

2.1.1.1 Provisórias

As contenções provisórias são utilizadas com um breve uso, que após cessar sua utilização são retiradas (NEIVA, 2014).

Figura 2 – Exemplo de contenção provisória, onde pode ser usada escoras com madeira. Esse método é para escavações de pequenas alturas

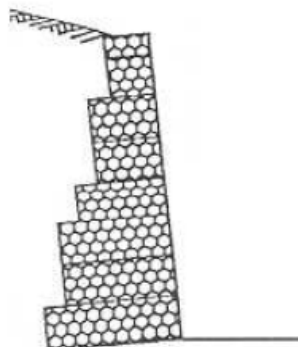


Fonte: NEIVA (2014).

2.1.1.2 Definitivas

As técnicas para o método definitivo são utilizadas para maiores e mais pesadas contenções. Essas contenções não são reaproveitadas e entre elas têm as paredes diafragmas, muros de arrimo, entre outros (NEIVA, 2014).

Figura 3 – Exemplo de contenção definitiva, método de contenção gabião.



Fonte: NEIVA (2014).

2.2 PAREDES DIAFRAGMA

Atualmente o método de parede diafragma vem sendo muito utilizado, pois ela tem capacidade de atingir profundidades bem maiores que outros métodos, a parede diafragma pode ser executada em edificações vizinhas, devido a quase total inexistência de vibração ou ruídos (MONTEIRO, 2017).

Figura 4 –Exemplo de parede de contenção diafragma



Fonte: <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=558>

Ainda de acordo com Monteiro (2017), uma das desvantagens da parede diafragma é a utilização da lama bentonítica, sua finalidade é controlar as paredes do solo enquanto está ocorrendo a escavação que é inevitável durante o método da parede diafragma.

2.3 ESTACA SECANTE

As estacas secantes também se tratam de uma estrutura resistente como mais um método de contenção, seus materiais são parecidos com o método da parede diafragma. Trata-se de um método atual no mercado e possui características que impõem várias vantagens se associada com outros métodos (MONTEIRO, 2017).

Conforme Monteiro (2017), sua execução se dá por uma perfuratriz, que ao mesmo tempo em que vai sendo retirado o solo, já vai acontecendo a sua concretagem através da

própria perfuratriz. O método da estaca secante não se utiliza da lama bentonítica como da parede diafragma, o que garante a melhor qualidade da concretagem.

Figura 5 –Exemplo de parede de contenção estaca secante

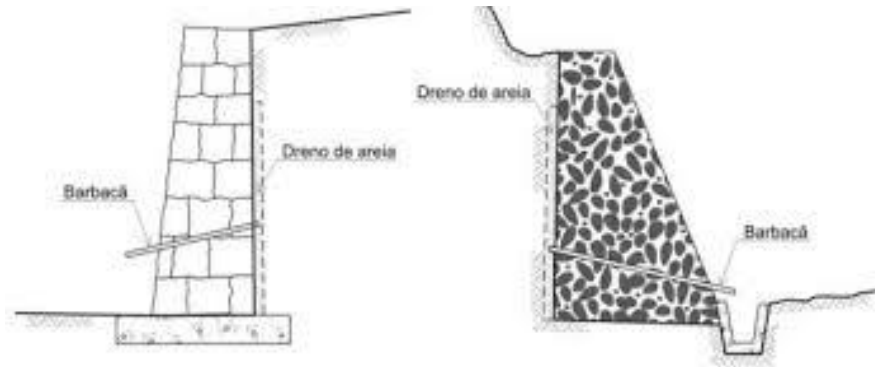


Fonte: MONTEIRO (2014).

Seu processo é todo executado através de equipamentos computadorizados, onde são feitas medidas quanto a sua profundidade, concretagem entre outros (MONTEIRO, 2017).

2.4 MURO DE GABIÃO

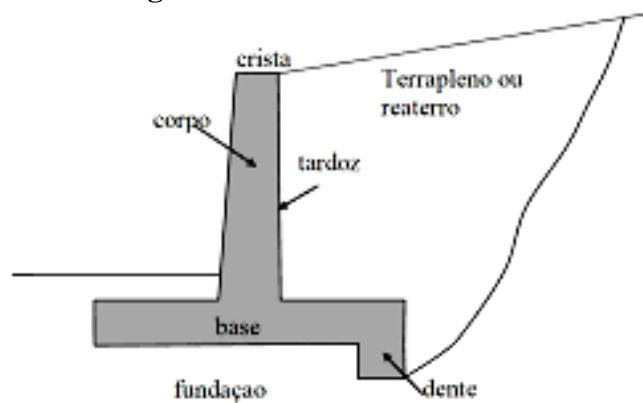
O muro de gabião é mais um tipo de estrutura de contenção, e são formados por elementos metálicos executado de malhas e preenchidos com pedras. Para a estrutura do muro, as pedras são colocadas em fileiras e amontoadas de forma com que fique com a base mais alargada, em seguida são amarradas em forma de malhas, dando assim sua forma de estrutura monolítica (BARROS, 2014, apud OLIVEIRA, 2016).

Figura 6 – Muro de Gabião

Fonte: Julianelli, 2014

2.5 MUROS DE FLEXÃO

Os muros de flexão que são estruturas mais alongadas com seção transversal na forma de “L”, também são exemplos de muros de contenção. Os muros de flexão suportam justamente os empuxos de flexão onde usa sua base como apoio para manter o equilíbrio. Essa estrutura não se torna tão econômica para alturas acima de sete metros, pois sua base apresenta de 50% a 70% da altura do muro (GARCIA, 2017).

Figura 7 – Muro de flexão

Fonte: <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>

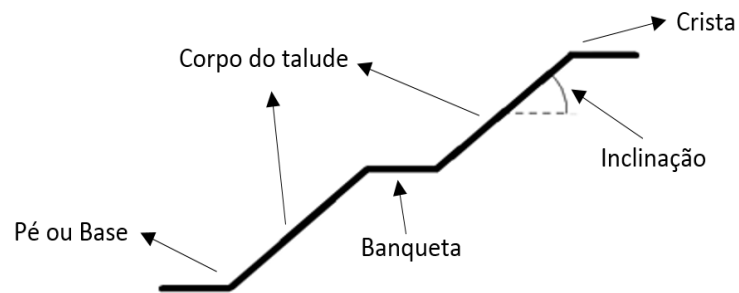
Na figura 7 temos a representação de um muro de contenção tipo flexão, a figura apresenta seu trabalho como contenção e seus segmentos.

2.6 TALUDES

Os taludes são segmentos de um terreno com inclinação onde limita o maciço rochoso ou terroso que pode ter princípio natural, devido a escavação ou aterro. Os taludes de

escavação possuem várias maneiras de que em fase de projeto possa atender e garantir sua segurança estrutural. Os métodos para análise de estabilidade dos taludes se dão através das tensões atuantes, mobilizadoras, mobilizável ou resistente (MANUEL, 2015).

Figura 8 – Esquema de um talude



Fonte: Manuel, 2015

Figura 9 – Esquema de um talude artificial



Fonte: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/estabilidade-de-taludes-tipos-de-talude/>

Figura 10 – Esquema de um talude natural



Fonte: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/estabilidade-de-taludes-tipos-de-talude/>

2.7 EMPUXO DE TERRA

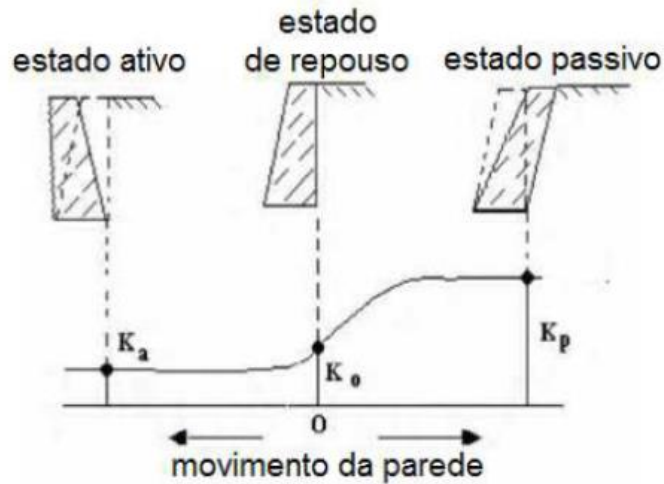
O empuxo é o evento produzido pelo maciço terroso das obras com ele em contato, e seus valores são extremamente importantes em projetos como: paredes de contenção, cortinas do tipo estaca ou prancha, subsolos entre outros (NEIVA, 2014).

Conforme Neiva (2014), o empuxo é calculado por divisões de valores unitários e seu cálculo depende das características do solo, das alturas a serem vencidas pelo arrimo e pelo posicionamento do nível da água. Os valores do empuxo podem variar em relação ao contato do solo com o elemento em todas as fases da construção.

De acordo com a NBR 7187 (2003), o empuxo de terra pode ser hipoteticamente que o solo não tenha coesão e que assim não tenha atrito entre a estrutura e o solo, a partir de que as solicitações estabelecidas sejam a favor da segurança. O peso específico para o solo úmido deve ser estimado no mínimo 18KN/m^3 e o ângulo de atrito interno de 30° .

Os tipos de empuxo são divididos em: empuxo em repouso, empuxo passivo e empuxo ativo, eles se diferenciam em função dos seus deslocamentos (NEIVA, 2014).

Figura 11 – Variação do empuxo em função do deslocamento



Fonte: Neiva (2014).

2.7.1 Empuxo Passivo

O empuxo passivo de forma parecida é o estado que equivale á movimentação do muro ao solo (NEIVA, 2014). De acordo com Garcia (2017), as forças que são conduzidas as paredes são forças com alto componente horizontal.

2.7.2 Empuxo Ativo

O empuxo ativo acontece quando a parede passa por movimentos laterais grandes, com isso se afasta do solo. Esses movimentos laterais se tratam de tensões oriundas de tensões laterais (NEIVA, 2014).

2.8 EMPUXO D'AGUA

Para a verificação do empuxo d'água, deve ser apontada a situação mais desfavorável para os estados limites, assim dar atenção ao estudo dos níveis mínimos e máximos do caminho d'água e do lençol freático (NBR 7187, 2003). Ainda segundo a NBR 7187 Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido (2003), as paredes de contenção ou muros de arrimo, devem ser calculadas em toda a altura da estrutura, associada a uma camada de filtro continuo relacionada a um sistema de drenos para evitar pressões hidrostáticas.

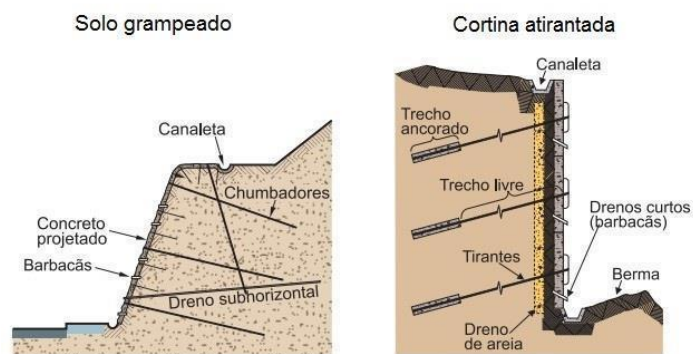
2.9 SISTEMA DE DRENAGEM

Geralmente deslizamentos, aumento de expuxo que causam a falta de instabilidade em taludes e conteções são por conta da presença da água. Nas construções de estrutura ou infraestrutura, o escoamento das águas superficiais e subterrâneas são modificados, assim faz-se necessário e importante as drenagens das linhas de água (MANUEL, 2015).

2.9.1 DRENAGEM HORIZONTAL PROFUNDA

A drenagem horizontal profunda é composta por drenos que nada mais são que tubos de policloreto de Vinila (PVC), furados e envoltos por mantas geotêxtis, que servem para impedir o fluxo interno de água (OLIVEIRA, 2017).

Figura 12 – Detalhe de drenos profundos e tipo barbacã



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Sistemas-de-drenagem-em-solo-grampeado-e-cortina-atirantada-8-A-drenagem_fig1_317151041

O estudo de Oliveira (2017), afirma ainda que os drenos profundos têm como finalidade reduzir a saturação do solo devido ao nível freático do terreno. As drenagens superficiais são empregadas a amenizar a aglomeração de água atrás da parede da contenção, que na maioria das vezes será de concreto. Esses drenos são apresentados por barbacãs, drenos de paramento e canaletas que direcionam a água aos dissipadores de energia que diminuem o desenvolvimento de erosão (OLIVEIRA, 2017).

2.9.2 DRENAGEM LONGITUDINAL

No processo de drenagem longitudinal, estão inclusas as valas, valetas, sarjetas, sumidouros e outros. Tem por objetivo coletar a água em paralelo da rasante de um caminho, que além de ajudar na não acumulação de água na via, a drenagem como citado anteriormente ajuda na integridade das taludes (MANUEL, 2015).

2.9.3 DRENAGEM TRANSVERSAL

As drenagens transversais são responsáveis, por encaminhar as águas naturais, ou fazer sua ligação nos drenos longitudinais para as mesmas linhas. As drenagens transversais são representadas por aquedutos, pontes e articulações dos pontos da drenagem longitudinal (MANUEL, 2015).

Figura 13 – Exemplo de drenagem transversal



Fonte: Manuel, 2015

3.0 METODOLOGIA

Para um comparativo de empuxo em paredes de contenção, muros de arrimo e taludes, será utilizado o método rankine, como citado acima. Os cálculos foram elaborados com 4 alturas diferentes buscando o comportamento das cargas, tanto para um solo com umidade natural e o mesmo cálculo para a umidade mais elevada. Os cálculos serão elaborados para empuxo ativo, onde a força do maciço tende a derrubar o muro ou parede de contenção.

Os dados utilizados foram de uma tabela com valores típicos de propriedades geotécnicas dos solos da região de Maringá, e foram desconsiderados os valores de coesão devido ao método. Como mostra a Figura 12.

Figura 14 – Exemplo de drenagem transversal

Tabela 01. Valores típicos das propriedades geotécnicas dos solos da região de Maringá.

Discriminação	un	Solo evoluído	Solo de alteração
Peso específico natural	kN/m ³	11,5 - 16,5	15,5 - 18,0
Umidade natural	%	29 - 35	43 - 55
Peso específico dos grãos	kN/m ³	29,7 - 30,7	28,0 - 30,5
Grau de saturação	%	40 - 65	85 - 100
Índice de vazios		1,65 - 2,25	1,20 - 1,90
Porosidade	%	61 - 69	54 - 65
Limite de liquidez		53 - 61	60 - 65
Limite de plasticidade		39 - 45	41 - 66
Índice de plasticidade		14 - 22	19 - 40
Tensão de pré-adensamento	kN/m ²	N/(0,020 a 0,035)*	
Índice de compressão natural		0,500 - 0,750	0,700 - 1,100
Ângulo de atrito interno (efetivo)	grau	27 - 32	22 - 26
coesão	kN/m ²	10 - 30	30-100
Envoltória característica (efetiva)	kN/m ²	$10 + \sigma' \text{tg}30^\circ$	$30 + \sigma' \text{tg}24^\circ$

* N - índice de resistência à penetração no ensaio SPT.

Fonte: REIS, (2003).

Para o cálculo do solo com umidade natural de 29%, adotou-se o peso específico de 11,5 kN/m³, ângulo de atrito interno de 27°, considerou-se coesão igual a zero.

Onde:

Φ = Ângulo de atrito do solo

K = Coeficiente do empuxo

γ = Peso específico do solo

H = Altura da estrutura

- Cálculo para coeficiente de empuxo ativo

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \Phi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - 27^\circ/2) = 0,376$$

- Cálculo do empuxo ativo para 1,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,376 \cdot 11,5 \cdot 1,5^2)/2 = 4,86 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 2,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,376 \cdot 11,5 \cdot 2,5^2)/2 = 13,51 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 3,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,376 \cdot 11,5 \cdot 3,5^2)/2 = 26,48 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 4,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,376 \cdot 11,5 \cdot 4,5^2)/2 = 43,78 \text{ kN/m}$$

Para o cálculo com o solo saturado, usou-se a umidade relativa de 55% de acordo com a tabela, seu peso específico de 18kN/m³, ângulo de atrito interno de 26°, considerou-se coesão igual a zero.

- Cálculo para coeficiente de empuxo ativo

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \Phi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - 26^\circ/2) = 0,39$$

- Cálculo do empuxo ativo para 1,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,39 \cdot 18 \cdot 1,5^2)/2 = 7,89 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 2,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,39 \cdot 18 \cdot 2,5^2)/2 = 21,94 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 3,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,39 \cdot 18 \cdot 3,5^2)/2 = 42,99 \text{ kN/m}$$

- Cálculo do empuxo ativo para 4,5m de altura

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2)/2$$

$$E_a = (0,39 \cdot 18,4 \cdot 5^2) / 2 = 71,08 \text{ kN/m}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MÉTODO DE RANKINE

De acordo com Garcia (2015), o método de Rankine tem como base as equações de equilíbrio interno do maciço. Rankine (1857) chegou a dois tipos de coeficientes que já foram citados acima, que são empuxo ativo e empuxo passivo para solos coesivos e não coesivos.

Para solos não coesivos, a equação para o coeficiente de empuxo ativo é representado por:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \Phi/2)$$

Para solos coesivos a equação para o coeficiente de empuxo ativo é representada por:

$$K_a = -2c / \gamma z \sqrt{\tan^2 (45^\circ - \Phi/2) + \tan^2 (45^\circ - \Phi/2)}$$

Equação para empuxo ativo é representada por:

A equação para coeficiente de empuxo passivo, para solos não coesivos é dada por:

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \Phi/2)$$

A equação para coeficiente de empuxo passivo para solos coesivos é dada por:

$$K_p = 2c / \gamma z \sqrt{\tan^2 (45^\circ + \Phi/2) + \tan^2 (45^\circ + \Phi/2)}$$

Para este trabalho irá se utilizar apenas os cálculos de empuxo ativo, por isso será desconsiderada as equações para o passivo, portanto a equação que representa o cálculo de empuxo ativo é dada por:

$$E_a = (K \cdot \gamma \cdot H^2) / 2$$

O empuxo ativo é a força horizontal exercida do solo contra a estrutura a ser suportada pelo maciço terroso. De acordo com os cálculos apresentados acima e a análise do gráfico, constatou-se que quanto mais saturado o solo se encontrar, maior será o empuxo exercido sobre o muro de arrimo ou parede de contenção executado no local. Pode-se observar que os cálculos foram realizados em quatro tipos de altura, onde foram acrescidas de metro em metro, os pesos específicos também foram diferenciados para solo saturado como para solo não saturado. Com isso, verificou-se que quanto mais umidade no solo, maior será a força do empuxo exercida pelo maciço terroso.

Figura 15 – Resultados de empuxo ativo para solos em umidade natural e solos com a umidade elevada



Fonte: Autor, 2018

Para amenizar o impacto que a umidade pode ocasionar no solo, a fim de evitar acidentes decorridos de desabamentos ou ruptura da estrutura, podem-se utilizar sistemas de drenagem para os taludes, muros de arrimo e paredes de contenção.

Muitas vezes os pensamentos de impermeabilização das paredes de contenção são colocados como prioridade na execução das mesmas, mas não se deve deixar esquecer que essa água ficará confinada devido à impermeabilização, já que a mesma é utilizada para evitar a passagem da água. Isso pode gerar uma sobrecarga excessiva causando sua ruptura em seguida os desmoronamentos.

Os sistemas de drenagem são variados e distribuídos de acordo com a necessidade. Têm-se os sistemas de seção transversal, longitudinal e horizontal profunda. Dentro deles encontra-se o sistema desenvolvido por valas com tubos drenantes acompanhado de britas e tecidos, drenos de PVC, que são chamados de barbacã, valas, canaletas entre outros. Esses sistemas de drenagens têm que ser previstos antes mesmo da execução das estruturas, precisam estar solicitados já em fase de projeto, de acordo com sua demanda.

5 CONCLUSÃO

A água é um fator predominante, quando se diz respeito a tudo que se faz como referência os solos, principalmente, quando os assuntos são sobre muros de arrimo, paredes de contenção e taludes. Através dos cálculos pode se comprovar que quanto maior presença de água, maior será o empuxo ativo que exercerá uma força contra a estrutura, fazendo com que se mal dimensionado pode se causar a ruptura ou desmoronamentos em caso de taludes.

Os cálculos foram executados para solos com diferentes tipos de peso específico, onde um era para um solo em estado natural e o outro para um solo mais saturado. Com isso a força exercida para os cálculos com o maior peso específico foi mais elevada. Para uma possível queda desses valores, têm-se como solução os sistemas de drenagem.

Contudo, com base na presente pesquisa, pode se concluir que a melhor solução para esses tipos de problemas são a presença dos sistemas que devem ser previstos já em projeto, fazendo o uso de cada tipo de acordo com o tipo de estrutura a ser executada. Os tipos de drenagem vão variar de acordo com as variáveis de cada terreno, a solução é simples e evitam riscos enormes. Assim, têm-se como soluções os seguintes tipos de drenagens, as superficiais: canaletas, valetas, sarjetas, bueiros, dissipadores de energia, caixas coletoras entre outros; e as drenagens profundas, que além de drenar as águas superficiais, também faz com que abaixe o lençol freático, seus elementos podem ser chamados de: drenos laterais, drenos cegos, colchão drenante entre outros.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento Origem: Projeto NBR 7187:2002 ABNT/CB-02** - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-02:124.15 - Comissão de Estudo de Estruturas de Concreto Simples, Armado e Protendido NBR 7187 - Design of reinforced and prestressed concrete bridges - Procedure Descriptors: Bridge. Reinforced concrete. Pre-stressed concrete Esta Norma substitui a NBR 7187:1987 Válida a partir de 30.03.2004

ESPINDOLA, A. L. Q, DALDEGAN B. M. A. (2016). **Análise quali-quantitativa do escoamento superficial urbano. Estudo de caso: Asa Norte Brasília - DF** Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71 p.

FRANCISCO, Carlos Pecapedra Sousa. **Análise da distribuição de momentos fletores em pontes bi apoiadas.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Florianópolis, 2015

GARCIA, Airton. **Cálculo e dimensionamento de estruturas de contenção do tipo muro de arrimo.** Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017

GOMES, Ana Cristina. **Monitoramento de uma estrutura de contenção em estacas espaçadas considerando perfil de sucção.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotécnica, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Goiânia, 2015

LEMES, Mariane Guilherme. **Análise de tensão-deformação e de estabilidade global em muros de arrimo de flexão.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, Varginha, 2017

MANUEL, Tiago da Silva Ribeiro. **Aplicação do FMEA na avaliação de risco de taludes e muros de contenção tradicionais em alvenaria de pedra.** Relatório de estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, ramo de Gestão da Construção, Amarante, 2015

MONTEIRO, Fernando Feitosa. **Análise Técnico-Econômica dos Métodos Construtivos de Paredes Diafragmas Moldadas In Loco, Estacas-Prancha e Estacas Secantes.** **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, vol. 4, n. 2, p. 3-19, Jul.-Dez. 2017 - ISSN 2358-6508. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/1840/1385>>. Acesso em: 15 set. 2018.

NEIVA, Eduardo Santos. **Estruturas de contenção, escavações e escoramentos.** Dissertação apresentado à disciplina Tópicos Especiais em Mecânica dos Solos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

OLIVEIRA, Gabriel Azevedo. **Estudos numéricos aplicados ao dimensionamento de estruturas em solo grampeado**. Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Minas – UNIS/MG-Varina, 2017.

OLIVEIRA, Frederic Lara. **Estudos de Casos de Contensões em Gabião na Cidade de Belo Horizonte**. 2016.8f. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas COBRAMSEG, Minas Gerais, 2016.

RATTICHERI, M. M. **Parede Diafragma**. 2015. 63f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

SANGLARD, Louise Nideck. **Ganhos de qualidade e produtividade através do uso de estaca secante em contensões**. Projeto de Graduação-Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.