



Desenvolvimento e validação de planilha eletrônica para cálculo de aterro e sistema de contenção.

FAGUNDES, Gabriel Gervásio ¹

Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

CASTRO, Rodrigo Martinez ²

Professor Msc., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ gabrielgervyf@hotmail.com; ² rmartinez@pucgoias.edu.br;

RESUMO: Uma das funções empregadas na engenharia civil é a administração dos espaços disponíveis para a construção e, em muitos desses locais, há necessidade de adequação na superfície com aterros e conseqüentemente muros de arrimo. O dimensionamento desse arrimo, pode ser facilitado, se for utilizada a ferramenta correta, portanto, o objetivo desse projeto é desenvolver uma planilha no MS Excel que ajude nesse cálculo. Para base de dados, utilizou-se um terreno de um condomínio de alto padrão em Senador Canedo – GO e dados coletados de alguns outros autores. Decidiu-se, em um primeiro momento, que a planilha calcularia apenas os muros por gravidade e de perfil trapezoidal, por conta das simplificações feitas no cálculo. Determinado o tipo de muro, passou-se então à obtenção das medidas de área e das alturas do terreno para o cálculo do volume e dos ensaios para caracterização do solo. Como resultados, apresenta-se uma planilha eletrônica dividida em três abas de cálculo e uma de dados, calcula e apresenta o volume a ser aterrado, os valores dos coeficientes de solo, os empuxos, o pré-dimensionamento do muro e verificações pertinentes. Em suma, a planilha atende a razão pela qual foi criada, pois os valores apresentados por ela, como resultados de cálculos se assemelham bastante aos valores obtidos pelos outros autores.

Palavras-chaves: Dimensionamento, Contenção, Empuxo, Muro de Arrimo.

Área de Concentração: 03 – Geotécnica

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil vem, em função de uma topografia acidentada e por conta de características peculiares de cada projeto arquitetônico, tentando administrar o aumento da demanda de serviços e a diminuição dos espaços disponíveis, principalmente nos grandes centros. Nesse contexto, na necessidade de adequação das superfícies de construção, cresceu muito a demanda para as obras geotécnicas conhecidas como terraplanagem. A terraplanagem é quase que literalmente a base de qualquer obra de engenharia. Todo projeto é executado sobre um solo e é justamente sobre a preparação desse solo que ela se trata, os seus cortes e aterros. Há vários aterros sendo executados de forma equivocada nas obras em todo o país, sob as mais

variadas justificativas. Porém, sem a devida aplicação dos conhecimentos na execução desses aterros, muitos problemas poderão ocorrer em pequenas e grandes obras, como por exemplo recalques, deslizamentos e outros. Contudo, seja qual for o volume de terra, seja qual for o solo do local e das possibilidades de áreas de empréstimo, tem-se um procedimento executivo de engenharia civil geotécnica adequado que proporcionará economia e segurança do serviço a ser executado.

Logo após a execução do aterro, porém, surge a necessidade de um outro processo de engenharia também bastante delicado e por muitas vezes mal executado que são as contenções. Existem contenções do tipo talude, provisórias, rígidas, flexíveis entre

outras e cada uma possui um processo específico de execução e varia, obviamente, com as necessidades da situação. Portanto, é de suma importância conhecer a fundo não só os projetos, mas também as técnicas construtivas, a fim de melhor desempenho da peça estrutural e uma maior economia de materiais. (NOVELLI, 2018)

Segundo Lilian (2019), um tipo de contenção bastante usada no Brasil é o muro de arrimo. Existem alguns tipos de muro de arrimo, dentre eles o mais utilizado é o muro de arrimo por gravidade. O muro de gravidade é um dos mais comuns basicamente pelos motivos citados acima que são a sua relativa facilidade tanto de projeto, como de execução e por ter o menor custo. O preço, fator de grande importância em todo projeto, varia de acordo com o tipo de muro, material utilizado e recursos adicionais, mas de qualquer modo, o valor médio é em torno da metade do valor do metro de alvenaria comum.

Há no mercado de engenharia civil, vários softwares e aplicativos para os mais diversos tipos de projetos, porém, para os métodos de determinação de aterros e muros de arrimo, não se encontra alta disponibilidade de produtos simples e de uso focado ou generalista, muito também por conta de diversidade dos projetos. Ao longo dos anos, no entanto, algumas técnicas foram criadas por parte dos engenheiros e técnicos, com o intuito de melhorar o controle dessas obras, tanto dos aterros, como os muros. As empresas especializadas nesse ramo de construção, conseguiram, com o tempo e experiência, “criar” seus meios, na maioria das vezes com o Excel, de controle dos procedimentos de cálculo e execução e esses meios são bastante úteis em todas as fases desse projeto. (CRONO, 2020)

O presente trabalho, apresenta uma planilha eletrônica no Microsoft Excel usando, como base, um método já existente e tradicional de cálculo, tanto de volume de aterros, como de muro de arrimo. Em seguida, esta mesma planilha calcula os valores das dimensões corretas para o arrimo naquela situação específica. Este estudo está estruturado a partir de uma revisão bibliográfica, com intuito de apresentar as principais teorias para alicerçar o entendimento do assunto em abordagem, bem como mostra o funcionamento da planilha eletrônica de cálculos, proposta como objeto principal deste trabalho.

Portanto, o principal objetivo ou foco desta pesquisa foi a elaboração da planilha eletrônica para cálculos e apresentação de resultados pertinentes à obtenção de resultados de volume de aterros e muros de arrimo de perfil trapezoidal simples, para aterros de pequeno porte em obras residenciais. Para isso, foi necessário determinar as características do solo do terreno em questão e, em seguida, realizar a parametrização dos

dados correspondentes às abas da planilha, para que os resultados finais dos cálculos pudessem conter a expressão da melhor solução de contenção para atender determinada situação construtiva.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aterros.

Terraplenagem é um conjunto de ações necessárias para mover a terra de um determinado local para outro, tendo em vista um projeto a ser executado, portanto, é um termo que define as operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento, e que são executadas em determinado terreno a fim de transformar o mesmo, que se encontra em seu estado natural, para um novo estado topográfico desejado. Dentre essas várias operações, existem os aterros, que terão um enfoque especial neste trabalho. (SHIMIZU, 2002)

O aterro é a operação que prepara o terreno, através da deposição de materiais, no caso solos vindos de algum outro local (de “empréstimo”), para preencher ou elevar o terreno, a fim de se conseguir uma configuração desejada.

Segundo Pereira (2006), os procedimentos que compõem a execução de um aterro são a descarga, o espalhamento, correção de umidade e por último a compactação do material de preenchimento. Todas essas operações devem ser feitas respeitando a espessura máxima da camada compactada definida por norma que é de 30cm para as camadas iniciais e 20cm para as finais.

Dentre os tipos existentes de aterros, os de menor porte tem sua operação executada a critério do responsável pela execução da obra, já os maiores são normatizados pela ABNT NBR5681 – Controle tecnológico na execução de aterros em obras de edificações.

2.2 Contenção.

Para Novelli (2018), a realização de diversas obras, a engenharia civil cria estruturas que geram muito impacto no meio em que estão inseridas (terreno e topograficamente), e que automaticamente, também são muito influenciadas por esse mesmo meio. No momento em que se faz uma modificação em um determinado terreno, como um aterro por exemplo, o solo perde a sua estabilidade natural, e essa perda exige que se aplique um método para que esse solo tenha uma nova estabilidade. As contenções, portanto, foram os métodos criados que tem como finalidade impedir que esses solos percam sua estabilidade.

Existem diversos tipos de estruturas de contenção, porém o princípio de funcionamento em praticamente todas, é o mesmo. Eles devem apresentar, de forma ativa ou passiva, uma resistência à tendência de deslocamento do solo aos quais as mesmas fazem a contenção.

Segundo Bittencourt (2020), as contenções são classificadas de acordo com a sua existência ou não, como é o caso das contenções em talude (estruturalmente presentes ou apenas temporárias). São classificadas também em provisórias e definitivas, sendo a primeira, como o próprio nome já diz, de caráter transitório, quando terminado o período de utilidade são retiradas. As definitivas são aquelas “realmente usadas” na contenção, permanentemente deixadas no local. Outra classificação ainda é de acordo com o funcionamento estrutural da mesma, existindo as flexíveis, que são aquelas em que a estrutura resiste aos esforços com o seu peso próprio e também à flexão. As rígidas, que são as que combatem os esforços apenas com o seu peso próprio e não são resistentes à flexão.

As contenções flexíveis, são aquelas que resistem à flexão. Essas estruturas, combatem os esforços não só com seu peso próprio, mas também com um sistema de ancoragem que podem ser de diversas formas. Entre os modelos mais utilizados destacam-se: a cortina em estacas justapostas e os muros de arrimo de flexão. (SIMÕES, 2015).

As contenções rígidas, são estruturas que resistem aos esforços solicitantes com o peso próprio, e geralmente são estruturas “corridas”, muito chamadas também de muros de contenção ou muros de arrimo. Os muros de arrimo, também são divididos em seu tipo de ação, a saber: de gravidade, de flexão, com tirantes e sem tirantes. (GERSCOVICH, 2020)

Muro de arrimo, portanto, é um tipo específico de contenção, que serve para suportar com estabilidade, determinados volumes de terra além de isolar o terreno, segundo Hwang (2016).

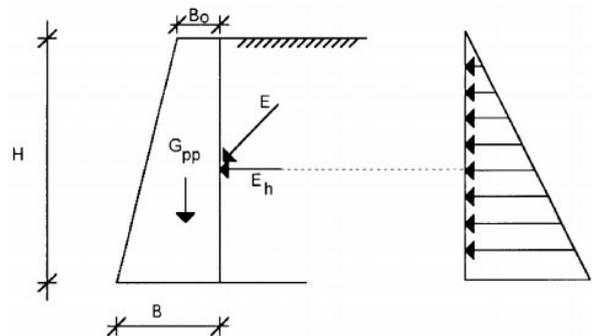
- MURO DE ARRIMO POR GRAVIDADE

Muros de arrimo por gravidade são aquelas estruturas sustentadas pelo próprio peso dos materiais constituintes, normalmente em concreto, e são mais utilizados em locais onde o próprio solo já é mais resistente (menos instabilidade). O muro de arrimo por gravidade deve ser dimensionado de modo a não apresentar tensões de tração e garantir a resistência lateral que do solo nele mesmo, e pode ser projetado em 3 perfis: retangular, trapezoidal e escalonado. (DOMINGUES, 1997)

- MURO DE ARRIMO POR GRAVIDADE: PERFIL TRAPEZOIDAL

Segundo Domingues (1997), o muro de arrimo com perfil trapezoidal é o mais utilizado entre os muros por gravidade. Primeiro por ser mais econômico que o retangular, e em segundo lugar por poder ser construído com maiores alturas, com capacidade de suporte maior. Esse tipo padrão de muro, é mostrado na figura 01.

Figura 01 – Muro de gravidade com perfil trapezoidal.



Fonte: Domingues (1997)

Onde: $b_0 = 0,14 * h$

$$b = b_0 + \frac{h}{3}$$

Como os muros com o perfil trapezoidal são os mais utilizados, são também feitos com diversos tipos de materiais, como por exemplo de alvenaria de pedra. Esses provavelmente são os mais antigos.

2.3 Cálculo de aterro e contenção.

- ATERRO

Para execução de aterros, as superfícies deverão estar limpas, sem material orgânico nem entulhos. Com o material escolhido, deve-se executar o mesmo em camadas de no máximo 30cm, com a umidade e quantidade de energia ajustadas (pelas regras gerais, ou ajustadas ao equipamento de compactação utilizado – Avelar (2017)).

Figura 02 – Exemplificação de terreno.



Fonte: Construção (2011)

Portanto, para se calcular o volume a ser aterrado, com base na figura 02, tem-se a seguinte fórmula:

$$VV_{AA} = AA * HH_{MM} * 1,3$$

Onde,

A é a área do terreno;

H_M é a altura média do terreno, calculada como:

$$H_{MM} = \frac{(H+h)}{2}$$

30% de fator de conversão corte/aterro.

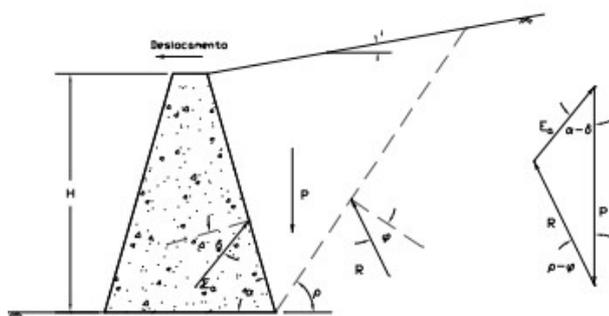
- MURO DE ARRIMO.

O dimensionamento desse tipo de muro divide-se três partes: O cálculo dos empuxos, o pré-dimensionamento e as suas verificações de estabilidade. (MARINHO, 2019)

Segundo Barros (2020), na primeira parte do dimensionamento calculam-se os empuxos ativos e passivos do solo sobre a estrutura. Existem diversos métodos para tal cálculo, com por exemplo o Método de Rankine, e outro também muito comum é o da Teoria de Coulomb. Em sua teoria, Coulomb fala que no momento da mobilização da resistência, cria-se superfícies de deslizamento e essas superfícies separam uma parte do maciço de solo contido da outra, sendo que a primeira se movimentará em relação a segunda. Considerando-se a primeira parcela do solo como um corpo rígido, o empuxo pode ser calculado como sendo o equilíbrio de forças aplicadas nesse corpo.

O método de Coulomb determina que as superfícies de ruptura são planas e que o empuxo age sobre a mais crítica. Esse método tem mais uma vantagem, que é o fato de levar em consideração o atrito entre o solo e o muro, além da análise com o paramento vertical. Como dito, são dois tipos de empuxo, os ativos e passivos. Empuxo ativo é aquele que o solo “empurra” a estrutura e ela, por sua vez, reage a esse esforço. Existem algumas equações que quando derivadas, se chega à equação de Coulomb para empuxo ativo que é mostrada na figura 03. (SANTOS JÚNIOR, 2010)

Figura 03 – Forças que agem sobre o solo, caso ativo.



Fonte: Barros (2020)

Onde, H é a altura do muro;

P é o peso do maciço de solo;

i é a inclinação do montante de solo;

α é o ângulo do paramento do muro;

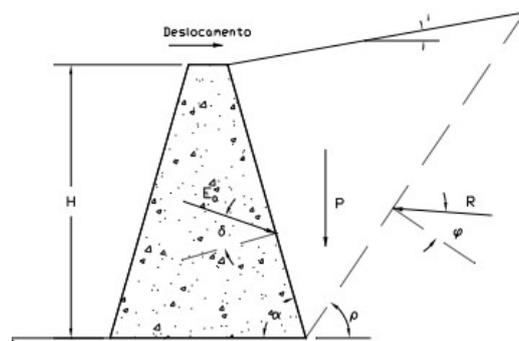
δ é o ângulo de atrito interno do solo.

$$E_a = \frac{\gamma * H^2}{2} * K_a$$

Onde K_a é uma constante de cada solo.

O empuxo é chamado passivo quando a estrutura, no caso o muro, atuar contra o montante de solo. Neste segundo caso, o muro que é “empurrado” contra o montante de solo, fazendo com que a reação agora, seja contrária. A figura 04 mostra o esquema de forças e logo abaixo a fórmula para o cálculo. (BARROS, 2020)

Figura 04 – Forças que agem sobre o solo, caso passivo.

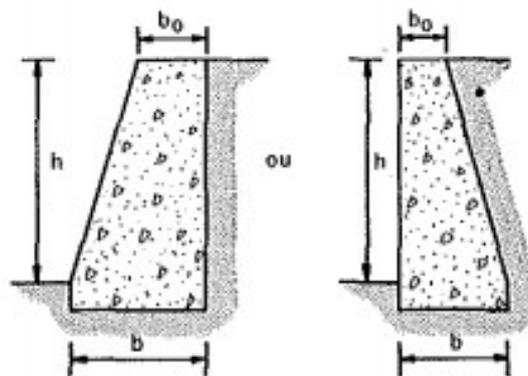


Fonte: Barros (2020)

As variáveis mostradas na Figura 04, correspondem as mesmas mostradas na Figura 03.

O segundo passo para o dimensionamento, é o pré-dimensionamento. O muro em perfil trapezoidal é o mais utilizado entre os muros por gravidade e o seu pré-dimensionamento, dado pela geometria da peça também é bastante simples, levando em consideração a construção com concreto ciclópico, como mostra a figura 05:

Figura 05 – Pré-dimensionamento de acordo com a altura do aterro



Fonte: Moliterno (1980)

Onde, h é a altura do aterro a ser contido;

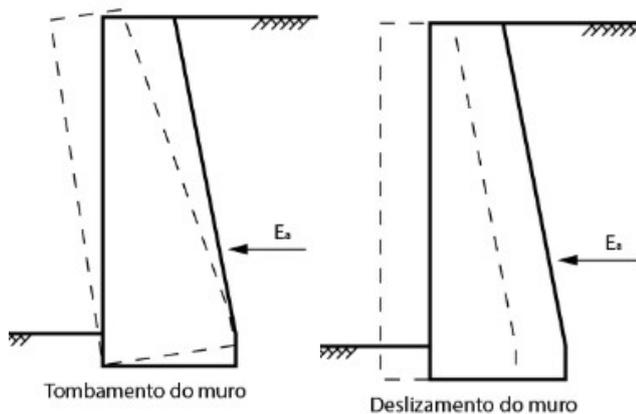
$$b_0 = 0,14 * h$$

$$b = b_0 + \frac{h}{3}$$

A terceira e última etapa é a verificação da estabilidade do muro, que é feita com as verificações de equilíbrio do muro e das tensões do solo. O primeiro aspecto a ser estudado é o tombamento. No tombamento, são verificados os momentos resistentes e o solicitante, onde o momento solicitante é o momento produzido pelo empuxo e o momento resistente, é aquele gerado pelo peso do muro. A relação entre estes dois momentos tem que ser superior a 1,5. (GERSCOVICH, 2020)

Outro importante fator a ser analisado é o deslizamento do muro. Segundo Domingues (1997), verifica-se a possibilidade de deslocamento horizontal do muro por conta da resultante horizontal do empuxo ativo. Neste caso a única força que se opõe a componente horizontal do empuxo, é a força de atrito que surge da base do muro com o solo, onde se tem um coeficiente de atrito solo-concreto já determinado e a relação entre as duas forças, assim como no tombamento, tem que ser maior que 1,5.

Figura 06 – Tendência de tombamento e deslizamento do muro.



Fonte: Marinho (2019)

3 METODOLOGIA

Para a concepção do projeto, procedeu-se um estudo de caso, de forma mais simplista, tendo como modelo de estudo um terreno de um condomínio de alto padrão em Senador Canedo no estado de Goiás. O empreendimento caracteriza-se por terrenos de 300 a 350 metros quadrados e possuem topografia bastante acidentada, mesmo após todos os serviços de terraplanagem realizados no empreendimento geral. Apesar da grande quantidade de serviços de terraplanagem, os terrenos que são vendidos, ainda são bastante acidentados, já que a terraplanagem feita, tinha

como intuito, somente regularizar os maiores desníveis do terreno como um todo.

As construções são consideradas do tipo “alto padrão”, e possuem custo unitário básico (CUB), de acordo com o Sindicato da Indústria da Construção de Goiás, que vai de R\$ 1.667,64 a R\$ 1.964,44 o valor do metro quadrado (SINDUSCON-GO, 2020).

Necessitou-se que a planilha fosse inicialmente alimentada com os dados das dimensões do comprimento e da largura médios (caso o terreno não seja bastante retangular) e os dados da inclinação para o cálculo do aterro. Em seguida, fez-se ensaios para determinação das características do solo:

- Ensaio Tátil visual (MACHADO, 2020);
- ABNT NBR 6457 (2006): Amostras de solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização;
- ABNT NBR 16097 (2012): Solo - Determinação do teor de umidade – Métodos expedidos de ensaio;
- ABNT NBR 16867 (2020): Solo – Determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas;
- ABNT NBR 7181 (2016): Solo – Análise granulométrica;
- ABNT NBR 6459 (2017): Solo – Determinação do limite de liquidez;
- ABNT NBR 7180 (2016): Solo – Determinação do limite de plasticidade;
- ABNT NBR 7182 (2020): Solo – Ensaio de compactação.

Em função da pandemia, a empresa responsável pelo empreendimento não conseguiu executar o cronograma de ensaios em sua totalidade e com isso, a mesma também optou por não liberar todos os dados inacabados e, portanto, foi necessária a utilização de dados de referencial bibliográfico, já utilizados por outros autores e referenciados no presente trabalho. Esses dados (resultados) obtidos pelos ensaios foram tratados adequadamente, de acordo com a respectiva Norma, e só então foram inseridos na Planilha Padrão do trabalho – documento eletrônico que foi validado para o cálculo, após teste. Todos os resultados foram inseridos na planilha e passaram a fazer parte da alimentação padrão, já que tais serviram como dados paramétricos da mesma.

Feito isso, passou-se para a última fase que foi a determinação e elaboração do muro utilizado. Escolheu-se, em um primeiro momento, somente os muros de arrimo por gravidade, por conta da praticidade de execução do mesmo e por ser uma modalidade

bastante popular. Para o cálculo desse tipo de muro são necessários os dados encontrados anteriormente na determinação das características do solo como, umidade, massa específica, granulometria, os limites de consistência, os dados da compactação e a altura de aterro, que também foi medida.

Para calibração e testes da planilha, foram utilizados dados referenciais de um terreno de tamanho especificado e com uma inclinação média em relação às demais, dados todos similares aos do terreno do estudo de caso, dados esses utilizados como padrões no cálculo, de forma que a planilha já possua uma série de dados padronizados, limitados, e ajustados para aquele condomínio.

Como resultado final, a planilha devolverá ao usuário, na primeira aba, o volume de aterro, na segunda o cálculo dos empuxos de solo e na terceira o muro propriamente dito, com suas dimensões já calculadas. Nessa terceira aba, apresenta-se um desenho do modelo do muro com os indicadores de cada dimensão e o que cada uma representa. No mesmo desenho, serão expostos também os dados da inclinação do terreno, juntamente com as informações de compactação do aterro que deverá ser executado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado do trabalho foi o desenvolvimento de uma planilha no Microsoft Excel que utilizou como base a metodologia consultada, e que possui 4 abas, em cada uma os cálculos de uma função diferente. A aba inicial é voltada para as dimensões do terreno a seguinte é voltada para as características físicas do solo e a última aba de cálculo é voltada ao próprio muro. Há ainda uma última aba de referências dos valores que foram utilizados como base para o cálculo. Como produto, a planilha devolve no fim, os valores já com as devidas dimensões do muro de arrimo.

- Primeira Aba

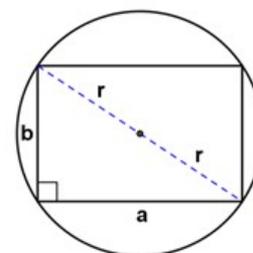
A primeira aba, está nomeada como “01 - Cálculo AV”. Dentro dela, como o próprio nome sugere, será iniciado o cálculo a partir da obtenção dos dados de área e volume, que assim como as outras, é dividida em alguns quadros para o preenchimento do usuário. O primeiro deles é o quadro de áreas, que pede, que o usuário insira as dimensões de maior e menor lado do terreno para o cálculo da área total.

Quadro 01 – Quadro de áreas.

01 - QUADRO DE ÁREA DO TERRENO		
Menor Lado (l)	15,00	m
Maior Lado (L)	30,00	m
Área	450,00	m ²

Caso o terreno de estudo não seja retangular, pede-se que o próprio usuário faça o ajuste que mais se adequa a área do seu terreno, por exemplo, se o terreno fosse hipoteticamente circular, o usuário deve circunscrever a área do mesmo sobre um retângulo que preencha da melhor forma a área desejada (Figura 7).

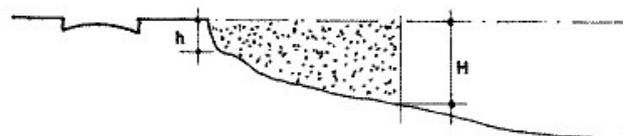
Figura 07 – Circunscrição de retângulo em círculo.



Fonte: Exatas (2020).

Na segunda etapa da mesma aba, o usuário deve preencher o quadro 02 da planilha com as alturas, do terreno a fim de se encontrar a maior e a menor altura do mesmo, que para tal, possui uma imagem de apoio ao lado que facilita na sua identificação.

Figura 08 – Exemplificação de terreno.



Fonte: Construção (2011)

Para a essa mensuração, é necessário que se tome como referência a altura o meio fio acabado, que também é a altura da calçada de passeio, como na figura 08. Com os dados lançados, a porção final do quadro em questão, terá realizado o cálculo do volume do aterro (multiplicando área total por altura média e já aplicada também, a correção de 30% especificada conforme Construção (2011)).

Quadro 02 – Quadro de alturas e Volume.

02 - QUADRO DE ALTURA DO TERRENO		
Maior altura (H)	5,24	m
Menor altura (h)	0,00	m
Altura média (Hm)	2,62	m

VOLUME DE ATERRO		
Volume	1532,70	m ³

- Segunda Aba.

Para a sequência correta de cálculo, deve se preencher a aba denominada como “02 – Cálculo E”, na qual, serão calculadas, as forças que o maciço de solo exerce sobre o muro de arrimo utilizando o método de Coulomb, descrito em Santos Júnior (2010) por ser o método onde é mais simples a obtenção de dados e também, por ser um método de mais fácil aplicação nas obras residenciais e de menor porte. O primeiro quadro de cálculo, da aba em questão, é o quadro 03 – CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SOLO K_a que é, segundo DAS (2010), um coeficiente que relaciona a tensão horizontal com a vertical do solo. O preenchimento desse quadro requererá dados de ângulos internos do solo, do maciço em si e da superfície do muro.

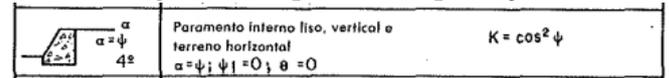
Os valores dos coeficientes K_a e K_p , chamado de coeficiente de empuxo ou de Coulomb, é dado pela seguinte expressão (1):

$$K = \frac{\text{sen}^2(B+\phi)}{\text{sen}^2 B \cdot \text{sen}^2(B-\phi_1) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi-\alpha) \cdot \text{sen}(\phi-\phi_1)}{\text{sen}(B-\phi_1) \cdot \text{sen}(B+\alpha)}} \right]^2} \quad (1)$$

A equação de Coulomb para a determinação do coeficiente de solo, utiliza algumas variáveis. Essas variáveis são definidas como o ângulo “alfa” (α) que é a inclinação do terreno adjacente ao muro, o ângulo “teta” (θ) que é o ângulo do paramento interno do muro com a vertical, o ângulo “beta” (B) que é 90° menos o ângulo do paramento, o ângulo “phi 1” (ϕ_1), que é o ângulo de rugosidade do muro e o ângulo “phi” (ϕ) que é o atrito interno do solo. Ângulos esses, encontrados por meio dos ensaios acima citados.

Porém, para simplificação de cálculo e diminuição dos ensaios necessários foi definido como método de cálculo, uma simplificação chamada por Moliterno (1980), como “tipo 04” (figura 09).

Figura 09 – Tipo 04 de simplificação.



Fonte: Moliterno (1980).

Conforme aponta a Figura 11, foi adotado para a elaboração da planilha apenas um tipo de simplificação de K_a , o que Moliterno (1980), classificou como “tipo 04” para esse tipo de arrimo, delimitando ainda que o ângulo de inclinação do terreno (α) é zero em função da inclinação percebida, o ângulo do paramento do muro com a vertical (θ) também é zero pois a face em que o maciço se apoia está na vertical, o ângulo de rugosidade do muro (ϕ_1), valor que varia de zero a um, valor igual ao do ângulo de atrito interno do solo, de acordo com as faces acabadas do mesmo, também foi considerado zero porque foi considerado um paramento liso ou pintado com piche. O único valor nesse exemplo a ser inserido foi o ângulo de atrito interno do solo (ϕ), esse valor pode ser encontrado através de uma equação que utiliza dados adquiridos pela ABNT NBR 6484:2020 – Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio, chamado de ensaio de SPT. (VAZ, 2018).

Tendo considerado todos esses fatores passa-se então, ao cálculo propriamente dito dos coeficientes de empuxo e do muro de arrimo, como foi utilizada uma simplificação, o coeficiente de empuxo ativo K_a é determinado calculando o quadrado do cosseno do ângulo de atrito (ϕ) (MOLITERNO, 1980).

Quadro 03 – Quadro do cálculo de K_a .

04 - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SOLO K_a		
Ângulo de inclinação do terreno adjacente	(α)	0
Ângulo do paramento interno do muro com a vertical	(θ)	0
90- θ	(B)	0
Ângulo de rugosidade do muro	(ϕ_1)	0
Ângulo de atrito interno do solo	(ϕ)	30
Coefficiente de empuxo ativo	(K_a)	0,75

Logo após o cálculo do K_a , é necessário determinar o valor de K_p , no quadro denominado 05 – Cálculo do coeficiente de solo K_p , vê-se que os dados necessários são iguais aos de K_a e pelos mesmos motivos estão, em sua maioria zerados, deixando o cálculo, idêntico ao anterior. Segundo Marchetti (2007), os valores considerados “normais”, dos coeficientes de solo variam entre 0,2964 a 0,333, valores que não englobam os calculados na planilha. Essa disparidade de resultados, se dá por conta das simplificações feitas nos cálculos na planilha, que se não fossem feitos, inviabilizaria esse cálculo por conta da quantidade excessiva de dados de solo.

Quadro 04 – Quadro dos coeficientes de solo.

$\alpha = 90^\circ$ e $\beta = 0^\circ$					
ϕ	δ				
	0	16	17	20	22
10	0,7041	0,6145	0,6122	0,6070	0,6049
12	0,6558	0,5724	0,5702	0,5650	0,5628
15	0,5888	0,5153	0,5133	0,5084	0,5062
18	0,5279	0,4640	0,4622	0,4578	0,4559
20	0,4903	0,4325	0,4309	0,4269	0,4251
22	0,4550	0,4029	0,4014	0,3978	0,3962
24	0,4217	0,3750	0,3737	0,3705	0,3690
26	0,3905	0,3487	0,3475	0,3447	0,3434
28	0,3610	0,3239	0,3228	0,3203	0,3193
30	0,3333	0,3004	0,2994	0,2973	0,2964
32	0,3073	0,2782	0,2773	0,2755	0,2748

Fonte: Marchetti (2007).

Com as constantes de solo K_a e K_p calculadas, passa-se enfim, ao cálculo do empuxo ativo que está no quadro nomeado como “06 – CÁLCULO DO EMPUXO ATIVO” – Quadro 05. Segundo Gerscovich et al (2020), são inúmeros os casos em que as estruturas interagem com o solo por meio de forças horizontais, ou seja, o empuxo de terra, que pode ser dividido em duas categorias: ativo e passivo. Nesse quadro, pede-se que o usuário insira a massa específica natural do solo que pode ser encontrada pelo ensaio laboratorial de determinação de massa específica ou também através do ensaio de CBR. O cálculo do empuxo ativo, é resultado da multiplicação do K_a , massa específica natural e altura do terreno, esse último dado, oriundo do quadro 02, ao final, isso tudo dividido por 2. O cálculo do empuxo passivo é bastante similar, a única diferença está na altura a ser considerada, pois no empuxo passivo, a altura h_p , é o quanto a base do muro fica “enterrada” e como esse valor tende a ajudar na resistência do muro, ele deve ser majorado, sendo utilizado somente, um terço do valor, tendo assim, um empuxo considerado (Moliterno, 1980).

$$E_a = \gamma * h_t^2 * K_a * \frac{1}{2} \quad (2)$$

$$E_p = \gamma * h_p^2 * K_p * \frac{1}{2} \quad (3)$$

Onde, (γ) - massa específica do solo, h_t - altura total do aterro; h_p - altura em que a base do muro fica “enterrada”; K_a e K_p , - constantes de solo previamente calculadas.

Quadro 05 – Quadro do cálculo dos empuxos.

06 - CÁLCULO DO EMPUXO ATIVO		
Massa específica	18	kN/m ³
Altura do aterro (ht)	5,24	m
Constante de solo (K_a)	0,75	-
Empuxo (E_a)	185,34	kN
07 - CÁLCULO DO EMPUXO PASSIVO		
Massa específica	18	kN/m ³
Altura da base aterrada (h_p)	1	m
Constante de solo (K_p)	0,75	-
Empuxo calculado	6,75	kN
Empuxo considerado (E_p)	2,25	kN

Santos (2018), também realizou em seu trabalho, cálculos dimensionando muros de arrimo e como caminho comum, realizou também cálculos de empuxo. Um dos solos trabalhados por ele, também tinha massa específica de 18kN/m³, fazendo com que as duas planilhas obtivessem valores bastante próximos como mostra na figura 14, onde foram transcritos os valores obtidos por ele.

Quadro 06 – Quadro dos empuxos de comparação.

Dados	
K_a	0,39
Ângulo de Atrito interno	26°
Massa específica do solo	18 kN/m ³
EMPUXOS CALCULADOS	
Altura (h)	Empuxo (kN/m ³)
1,5m	7,89
2,5m	21,94
3,5m	42,99
4,5m	71,08

Fonte: Santos (2018).

- Terceira aba.

A próxima aba a ser trabalhada é que está denominada como “03 – Cálculo MA e Verificações”, nela, tem-se o quadro de número 08 – TABELA AUXILIAR DO MOMENTO RESISTENTE – Figura 14, para o funcionamento desse quadro, pede-se ao usuário que ele insira o valor da massa específica do concreto que será utilizado e a mesma, já traz o valor do momento resultante das forças aplicadas no muro. Para testes e calibração da planilha, foi usado um valor médio normalmente encontrado, e para o usuário, esse valor pode ser adquirido pelo próprio fornecedor do material.

Quadro 07 – Quadro do cálculo do momento resistente.

08 - TABELA AUXILIAR DO MOMENTO RESISTENTE		
Peso Específico do Concreto	24	kN/m ³
Altura total (ht)	5,240	m
Altura da base aterrada (hp)	1	m
Base maior (B)	2,480	m
Base menor (B0)	0,734	m
Momento em relação a base inferior esquerda		
	335,833	kN/m

Passa-se, então, ao quadro 09 – Dimensionamento pela geometria, esse quadro é somente expositivo, nele apresenta-se os valores da base inferior e da superior devidamente calculados com base nos métodos de Moliterno (1980) desenvolvidos em “Caderno de Muros de Arrimo” – figura 16.

Quadro 08 – Quadro das dimensões do muro.

09 - DIMENSIONAMENTO PELA GEOMETRIA		
Altura do aterro	5,24	m
Base menor (B0)	0,73	m
Base maior (B)	2,48	m

Com os valores das bases calculadas, pode-se também, calcular o volume de concreto utilizado para construir um metro linear desse muro. figura 17.

Quadro 09 – Quadro do volume de concreto

10 - VOLUME DE CONCRETO POR METRO		
Base menor (B0)	0,73	m
Base maior (B)	2,48	m
Volume por metro linear	8,42	m ³

Feito isso, iniciam-se às verificações. A primeira delas ocorre no quadro 10 – Verificação quanto ao tombamento, que compara o momento resistente já calculado no quadro 08, com o solicitante que é causado pelo empuxo e a relação entre esses dois momentos terá de ser maior que 1,5.

$$\frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_s} \geq 1,5 \quad (4)$$

Onde Mr são os momentos resistentes e Ms são os momentos solicitantes.

Quadro 10 – Quadro da verificação ao tombamento.

11 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO TOMBAMENTO		
Momento Solicitante (MS)	323,73	kN/m
Momento Resistente (MR)	335,83	kN/m
MR / MS > 1,5	1,04	REPROVADO

Para a verificação quanto ao deslizamento, mostrada no quadro 11, compara-se a força de atrito existente entre a base do muro e o solo, e, a resultante horizontal do empuxo, resultado esse que deve ser também maior de 1,5. (DOMINGUES, 1997)

$$\frac{\Sigma F_r}{\Sigma F_s} \geq 1,5 \quad (5)$$

Onde Fr são as forças resistentes e Fs são as forças solicitantes.

Feitas todas as verificações, a planilha mostra se o muro pré-dimensionado pode ou não ser construído. No cálculo feito para calibração e testes da planilha, por exemplo, o muro foi reprovado nos dois critérios, com isso o usuário necessitará aumentar as dimensões, com o intuito de que a relação entre os momentos e as forças atendam ao especificado.

Quadro 11 – Quadro de verificação ao deslizamento.

12 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO DESLIZAMENTO		
Força Horizontal Solicitante (FS)	185,34	kN/m
Força Horizontal Resistente (FR)	8,27	kN/m
FR / FS > 1,5	0,04	REPROVADO

Por fim, tem-se a aba denominada “04 – Dados de tipagem de solo”, destinada ao armazenamento geral de dados. Essa aba não tem nenhuma função de cálculo, a mesma é útil como uma rápida amostra dos dados adquiridos por qualquer um dos métodos citados anteriormente.

Com os dados inseridos para calibração e testes da planilha, foi nos apresentado que o muro em questão não pode ser construído, por conta de não “passar” nas devidas verificações. No entanto, ao se aumentar as dimensões das bases inferior e superior, obtemos as dimensões compatíveis com as necessárias, mostrando o pleno funcionamento da planilha, como mostrado no quadro 12 e no quadro 13.

Quadro 12 – Novas dimensões do muro.

09 - DIMENSIONAMENTO PELA GEOMETRIA		
Altura do aterro	5,24	m
Base menor (B0)	2,00	m
Base maior (B)	4,00	m

Quadro 13 – Muro aprovado nas verificações.

11 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO TOMBAMENTO		
Momento Solicitante (MS)	323,73	kN/m
Momento Resistente (MR)	939,00	kN/m
MR/MS > 1,5	2,90	APROVADO
12 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO DESLIZAMENTO		
Força Horizontal Solicitante (FS)	185,34	kN/m
Força Horizontal Resistente (FR)	280,00	kN/m
FR/FS > 1,5	1,51	APROVADO

5 CONCLUSÕES

Conforme metodologia apresentada, a planilha elaborada foi capaz de calcular o volume necessário de aterro, as constantes de solo, passando pelo cálculo do empuxo, até se chegar o cálculo do arrimo propriamente dito e suas verificações. A última aba retorna como resultado as dimensões das bases prontas e as duas principais verificações que são quanto ao tombamento e ao deslizamento.

Nos cálculos dos coeficientes de solo, constatou-se uma certa divergência nos valores calculados com os valores encontrados nas referências. Notou-se que os valores calculados tendem a ser maiores que os tabelados por conta, principalmente, das simplificações realizadas.

No cálculo dos empuxos, utilizando os dados da pesquisa de Vaz (2020), a planilha apresentou os valores de empuxo, posteriormente comparados com os de Santos (2018) que obteve resultados semelhantes. A aba de pré-dimensionamento, devolveu, como esperado, as dimensões das bases inferior e superior e, como última etapa de cálculo, a planilha, através dos quadros de verificação quanto ao tombamento e deslizamento, mostrando ao usuário, em caso de reprovação, a necessidade de aumento das dimensões das bases.

O presente estudo obteve êxito em dar mais uma opção de cálculo para muro de arrimo por gravidade com perfil trapezoidal. De qualquer modo, trabalhos futuros devem ser realizados, visando atender outros tipos de muro, em diferentes perfis, já que o dimensionamento é semelhante, ou também para solos com uma maior diversidade de características.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecer em primeiro lugar à Deus, pois é por Ele que são feitas todas as coisas. Em seguida minha família, por todo o apoio necessário ao longo de toda essa jornada e por último ao meu professor e orientador, pela incalculável ajuda, companheirismo e paciência. Obrigado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
NBR 5681: 2015: Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 2P.
- AVELAR, E. Aterro, saiba como calcular. Edson Avelar, 2017. Disponível em: <<https://edsonavelar.wixsite.com/engenheiro/singlepost/2017/02/25/Como-calculer-quantidade-de-aterro>>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- BARROS, P. Empuxos de terra e estruturas de arrimo. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~persio/ic523/empuxos_de_terra_e_muros_de_arrimo.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020
- BITTENCOURT, D. Estruturas de contenção. Geotecnia II. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/PUC_GEOII_11_Estruturas%20de%20conten%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- CRONO, Share. Quanto Custa Construir um Muro de arrimo? 2020. Disponível em: <<https://www.cronoshare.com.br/quanto-custa/construirmuro-arrimo#:~:text=A%20constru%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20muro,ou%20150%2C00%20%2Fm2%20>>. Acesso em: 23 nov. 2020.
- DAS, B.M; SOBHAM, K; Fundamentos de Engenharia Geotécnica. 8º Edição. California: Cengage Learning, 2010
- DOMINGUES, P. Indicações para projeto de muros de arrimo em concreto armado. 1997. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.
- EXATAS, Central. Raio da Circunferência circunscrita em um retângulo. 2020. Disponível em: <<https://www.centralexatas.com.br/matematica/retangulo/874485>>. Acesso em: 24 nov. 2020
- GERSCIVICH, D. Estruturas de contenção: Muros de arrimo. Faculdade de Engenharia – Departamento de Estruturas e Fundações. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- HWANG, U. Otimização estrutural e geotécnica de um muro de contenção com o uso de search group algorithm. 2016. 84 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) –

- Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.
- LILIAN, Cronoshare Blog. Quanto custa a construção de um muro? Preço 2020. 2019. Disponível em: <<https://www.cronoshare.com.br/blog/quanto-custaconstrucao-muro-precos/>>. Acesso em: 18 mai. 2020.
- MARCHETTI, Osvaldemar. Muros de Arrimo. São Paulo: Blucher, 2007.
- MARINHO F. Etapas de dimensionamento de muro de gravidade. Guia da engenharia. 2019. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/etapasdimensionamento-muro-gravidade/>>. Acesso em: 09 mai. 2020.
- MARANGON, M. Empuxos de terra. Faculdade de Engenharia – Universidade Federal de Juiz de Fora. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2013/06/MARANGON-2018-Cap%C3%ADtulo-06-Empuxos-de-Terra20181.pdf>>. Acesso em 09 mai. 2020.
- MOLITERNO, A. Caderno de muros de arrimo. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1980.
- NOVELLI, R. Principais sistemas de contenção. Nove Engenharia. Disponível em: <<https://www.novesengenharia.com.br/principaissistemas-de-contencao/>>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- PEREIRA, D. et al. Introdução à terraplenagem. Departamento de transportes – Universidade Federal do Paraná. 2006.
- SANTOS JUNIOR, P. Cálculo do empuxo ativo com determinação numérica da superfície freática. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- SANTOS, B. Avaliação do empuxo ativo de terra para solos saturados e não saturados sobre muros de arrimo, paredes de contenção e taludes. 2018. Centro de Ciências exatas tecnológicas e agrárias. UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá. Maringá, 2018.
- SHIMIZU, J. Movimento de terra. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://files.labtopope.webnode.com/2000003433245933419/APOSTILA_Movimento_de_Terra_USP_2002.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020.
- SIMÕES, E. Estruturas de contenção com estacas justapostas injetadas tipo raiz: Diretrizes de projeto e estudo do processo executivo. 2015. 88 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPe, 4., 1996, Recife. **Anais eletrônicos...** Recife: UFPe, 1996. Disponível em: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais>>. Acesso em: 21 de jan. 1997.
- GOMES, L. G. F. F. **Novela e sociedade no Brasil**. Niterói: EdUFF, SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Estudo de impacto ambiental – EIA, Relatório de impacto ambiental – RIMA: manual de orientação**. São Paulo, 1989. 48 p. (Série Manuais).
- KOOGAN, André; HOUAISS, Antonio (Ed.). **Enciclopédia e dicionário digital 98**. Direção geral de André Koogan Breikmam. São Paulo: Delta: Estadao, 1998. 5 CD-ROM.
- ALVES, Castro. **Navio negroiro**. Virtual Books, 2000. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/navio.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2002, 16:30:30.
- MANSILLA, H. C. F. La controversia entre universalismo y particularismo en la filosofia de la cultura. **Revista Latinoamericana de Filosofia**, Buenos Aires, v. 24, n. 2, primavera 1998.
- VAZ, Ana Paula. Métodos de obtenção de valores de ângulo de atrito e coesão: Comparação entre o ensaio de cisalhamento direto e cálculo baseado no SPT. Boletim Paranaense de Geociências. 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/38906/34965>>. Acesso em: 24 nov. 2020.
- VIEIRA, Cássio Leite; LOPES, Marcelo. A queda do cometa. **Neo Interativa**, Rio de Janeiro, n. 2, inverno 1994. 1 CD-ROM.

8 APÊNDICE

Apêndice 1 – Cálculo AV.

01 - QUADRO DE ÁREA DO TERRENO

Menor Lado (l)	15,00	m
Maior Lado (L)	30,00	m
Área	450,00	m²

02 - QUADRO DE ALTURA DO TERRENO

Maior altura (H)	5,24	m
Menor altura (h)	0,00	m
Altura média (Hm)	2,62	m

VOLUME DE ATERRO

Volume	1532,70	m³
--------	---------	----

Apêndice 2 – Primeira etapa do cálculo E.

Os cálculos de contenções como um todo, como já é de ciência dos especialistas na área, são de um grau de dificuldade um tanto alto. A planilha apresentada, tem por finalidade apresentar um meio mais simples e prático para se resolver esse problema, mas para início, resolveu-se por restringir o cálculo a apenas um dos tipos apresentado no Caderno de muros de arrimo de Moliterno, e o exemplo está apresentado a seguir:

04 - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SOLO K_a

Ângulo de inclinação do terreno adjacente	(a)	0
Ângulo do paramento interno do muro com a vertical	(β)	0
$90-\beta$	(β)	0
Ângulo de rugosidade do muro	(ϕ)	0
Ângulo de atrito interno do solo	(ϕ)	30
Coefficiente de empuxo ativo	(K_a)	0,75

05 - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SOLO K_p

Ângulo de inclinação do terreno adjacente	(a)	0
Ângulo do paramento interno do muro com a vertical	(β)	0
$90-\beta$	(β)	0
Ângulo de rugosidade do muro	(ϕ)	0
Ângulo de atrito interno do solo	(ϕ)	30
Coefficiente de empuxo passivo	(K_p)	0,75

Apêndice 3 – Segunda etapa do cálculo E.

05 - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SOLO K_p

Ângulo de rugosidade do muro	(α)	0
Ângulo de atrito interno do solo	(ϕ)	30
Coefficiente de empuxo ativo	(K_a)	0,75

06 - CÁLCULO DO EMPUXO ATIVO

Massa específica	18	kNm ³
Altura do aterro (H)	5,24	m
Constante de solo (Ka)	0,75	-
Empuxo (Ea)	185,34	kNm ²

07 - CÁLCULO DO EMPUXO PASSIVO

Massa específica	18	kNm ³
Altura da base aterrada (hp)	1	m
Constante de solo (Kp)	0,75	-
Empuxo calculado	6,75	kNm ²
Empuxo considerado (Ep)	2,25	kNm ²

Concluído o cálculo dos coeficientes, passa-se então para os empuxos. Nessa etapa, o usuário terá que inserir o mais um dado específico, o peso específico natural.

Solo	areia
Peso específico do solo	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Ângulo de atrito interno	$\phi = 30^\circ$
Peso específico do solo saturado	$\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$
Peso específico do concreto	$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$

Apêndice 4 – Cálculo MA e Verificações.

08 - TABELA AUXILIAR DO MOMENTO RESISTENTE

Peso Específico do Concreto	24	kNm ³
Altura total (H)	5,240	m
Altura da base aterrada (hp)	1	m
Base maior (B)	2,480	m
Base menor (B0)	0,734	m

Momento em relação a base inferior esquerda

Momento	335,833	kNm
---------	---------	-----

09 - DIMENSIONAMENTO PELA GEOMETRIA

Altura do aterro	5,24	m
Base menor (B0)	0,73	m
Base maior (B)	2,48	m

10 - VOLUME DE CONCRETO POR METRO

Base menor (B0)	0,73	m
Base maior (B)	2,48	m
Volume por metro linear	8,42	m ³

11 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO TOMBAMENTO

Momento Solicitante (MS)	323,73	kNm
Momento Resistente (MR)	335,83	kNm
MR / MS > 1,5	1,04	REPROVADO

12 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO DESLIZAMENTO

Força Horizontal Solicitante (FS)	185,34	kNm
Força Horizontal Resistente (FR)	6,27	kNm
FR / FS > 1,5	0,04	REPROVADO

Figura 06 - Pré-dimensionamento de acordo com a altura do aterro

Fonte: Moliterno (1980)

RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante GABRIEL GERVÁSIO FAGUNDES do Curso de ENGENHARIA CIVIL, matrícula 2016.1.0025.0372-4, telefone: (62) 9.9447-4695 e-mail gabrielgervf@hotmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA CÁLCULO DE ATERRO E SISTEMA DE CONTENÇÃO, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 11 de DEZEMBRO de 2020.

Assinatura do(s) autor(es):

Gabriel G. Fagundes

Nome completo do autor: GABRIEL GERVÁSIO FAGUNDES

Assinatura do professor-orientador:

RodMcastro

Nome completo do professor-orientador: RODRIGO MARTINEZ CASTRO