



# Análise técnica da aplicação de sistema de contenção do tipo muro de concreto armado: estudo de caso

## *Technical analysis of the application of a reinforced concrete wall-type containment system: case study*

FILHO, A. L. G. <sup>1</sup>; RIBEIRO, J. A. B. <sup>2</sup>;

*Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

CASTRO, Rodrigo Martinez<sup>3</sup>;

*Professor MSc., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> [ademarlgf@gmail.com](mailto:ademarlgf@gmail.com); <sup>2</sup> [j.a.ribeiro2798@gmail.com](mailto:j.a.ribeiro2798@gmail.com); <sup>3</sup> [rmartinez@pucgoias.edu.br](mailto:rmartinez@pucgoias.edu.br);

**RESUMO:** O trabalho realizado foi o acompanhamento e a análise técnica e econômica de um muro de contenção do tipo concreto armado, executado no empreendimento Parqville Quaresmeira. Foram consultadas normas como NBR e DNIT para a análise do solo e do concreto. Foram retiradas amostras de solo, e analisados seus resultados nos ensaios de CBR/ISC, expansão e compactação. Para o concreto, foram rompidos corpos de prova para resultados de resistência à compressão axial para a verificação se o valor está conforme solicitado em projeto. Os resultados obtidos estão de acordo com o estabelecido tanto nas normas, quanto no projeto e o bueiro moldado in loco gerou uma economia de R\$ 100.000,00, tornando-se viável tanto técnica quanto economicamente.

*Palavras-chaves: contenção, concreto armado, bueiro, análise econômica, análise técnica.*

**ABSTRACT:** The work was conducted with the monitoring of technical and economic analysis of a retaining wall made with the reinforced concrete type, placed in "Parqville Quaresmeira Condominium". Standards such as NBR and DNIT were consulted for the analysis of soil and concrete. Soil samples were analyzed in CBR/ISC, expansion and compaction tests. For concrete, specimens were tested for axial compressive strength results to verify results as project requested. The results obtained are in accordance with both the standards and project established, and the manhole fresh concrete made generated savings of R \$ 100,000.00, making it technically and economically viable.

*Keywords: containment, reinforced concrete, manhole, economic analysis, technical analysis.*

**Área de Concentração:** Processos Construtivos.

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil existe desde que o homem desenvolveu a primeira polia, a alavanca e a roda. Todavia as primeiras construções são datadas 4.000 e 2.000 a.C, com o surgimento das primeiras pirâmides. Desde então, diversos materiais e técnicas foram desenvolvidas e aprimoradas até chegarmos à engenharia que temos hoje. (FEREGUETTI, 2019).

Dentro do ramo da construção civil existem variadas áreas de atuação, sejam elas edificações verticais, empreendimentos horizontais, execução de rodovias, construção de barragens, ou outras. Mesmo sendo construtos com suas particularidades e diferenças, há um elemento que está presente em todas elas: o solo. Em qualquer tipo de construção, seja de grande, médio

ou pequeno porte, comercial ou residencial, infraestrutura ou superestrutura, o solo está presente ocupando um papel, e seu estudo é indispensável para o avanço da obra e sua estabilidade ao decorrer do tempo.

O campo técnico destinado a análise e compreensão do solo denomina-se geologia. Em tese, sua definição se dá como parte da ciência destinada a estudar a origem, a composição das rochas e minérios de formação, as ações na superfície ou no interior desses, e sua evolução ao longo dos anos, que na prática verifica-se ser uma ciência ainda mais abrangente. (QUEIROZ, 2018).

O solo possui relevante atuação no processo evolutivo de uma obra, suportando todas as cargas geradas pelos elementos estruturais, enfatizando a necessidade de estudos aprofundados sobre ele, obtendo-se as

características do material, para assim determinar a melhor maneira de utilizá-lo. Para isso, a sondagem no início da obra é de suma importância, pois possibilita a identificação das camadas de solo existentes na locação que se posicionará abaixo da estrutura, e, com essas informações torna mais seguro o processo construtivo.

Com o estudo do solo realizado e escolhida a fundação que irá resistir as cargas, é importante estabelecer determinadas medidas de segurança, dentre elas, destaca-se a contenção, que possui a função de suportar o solo presente em volta da estrutura, impedindo-o de gerar acidentes durante a execução, mitigando patologias (que podem também originar acidentes) após o término da obra.

É importante saber que ao modificar o solo, seja através de aterro ou corte do terreno, toda a região fica sujeita a esforços que não estavam atuantes anteriormente, devido agora à instabilidade presente, podendo ocasionar deformações, escorregamentos, dificultando e até impedindo a construção. Outro caso em que a aplicação de contenções se torna fundamental, pois a estrutura irá (caso seja corretamente calculada e executada) suportar os esforços, sejam eles oriundos de empuxo, cisalhamento, entre outros, além de mudar seu comportamento uma vez que ao executar um muro de arrimo, o solo acaba sendo confinado (LUIZ, 2014).

Estruturas de contenção ou de arrimo são obras civis construídas com a finalidade de prover estabilidade contra a ruptura de maciços de terra ou rocha. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços e evitam o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos.

Como uma importante aplicabilidade na construção civil, o muro de arrimo, mesmo possuindo processos construtivos distintos, é mantido o seu princípio base, que é a contenção do solo (seu confinamento), evitando seu escorregamento, seja pelo peso próprio, ou carregamentos externos, e podendo servir como suporte para outras construções, como é relatado nesse trabalho, no qual o muro é a base para o bom funcionamento do bueiro (BARROS, 2017).

Tem-se como objetivos deste trabalho o acompanhamento de todo o serviço executado, a análise da viabilidade técnica do sistema (tendo em consideração normas do DNIT e ABNT), a análise econômica do serviço e os principais aspectos que levaram a escolha deste modelo construtivo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Historicamente, os primeiros relatos que dizem respeito a obras de contenções são referentes aos muros de alvenaria em argila, localizados em aterros onde hoje

está o Iraque (antigamente, região conhecida como sul da Mesopotâmia). Esses muros foram executados pelo povo conhecido como sumeriano, no intervalo de tempo entre os anos 3200 e 2800 a.C. A partir do século XVIII, o conceito de contenção aproximou mais do hoje conhecido, oriundo dos trabalhos executados por engenheiros franceses (NEIVA *et al.*, 2014).

Com o passar dos anos e o desenvolvimento da engenharia houve grande diversificação nas construções de muros de arrimo, não somente na geometria, mas também uma variação dos materiais empregados e a utilização de elementos como barras de aço envolvidas em calda de cimento, grampeamento do solo, tirantes etc. que ajudam na segurança e ainda contribui para diminuição dos custos (MIKOS *et al.*, 2017).

Sendo um fator importante para a construção civil, a contenção que será implantada terá como objetivo possibilitar a construção de um bueiro celular, que segundo DNIT (2006) a divide em dois segmentos, sendo um o corpo, no qual que se situa sob os cortes e aterros e a boca que são dispositivos com a função de admissão e lançamento, a montante e a jusante, sendo compostos por soleira, muro de testa e alas. Essas bocas situadas a montante, no caso do nível da entrada d'água estiver abaixo do nível natural do terreno essa boca deverá ser substituída por uma caixa de captação (boca de lobo), sendo ele responsável pela coleta da água e a direcionar para o corpo do bueiro.

### 2.1 Solo

Dentre alguns ensaios que caracterizam a utilização dos solos como no trabalho em questão, pode-se listar como principais, o CBR (California Bearing Ratio) ou ISC (Índice de Suporte Califórnia), expansão e densidade do grão. Tanto o CBR como a expansão estão presentes na NBR 9895/2017 na qual as amostras não podem ser reutilizadas (Associação brasileira de normas técnicas, 2017). Já a densidade do grão é definida pela NBR 6508/2016, que traz recomendações para êxito no ensaio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016).

Souza, em 2019, realizou um estudo que tinha como objeto de análise o subleito da futura pista de rolamento do BRT Norte-Sul da cidade Goiânia, no trecho da Avenida Goiás Norte. Foram obtidos nove resultados de umidade ótima e CBR, como mostra a figura 1 a seguir.

**Figura 1 – Resultados do estudo de Souza**

FURO	UMIDADE CBR (%)	$\Delta h$ (mm)	I.S.C (%)
1	15.84	0.03	15.3
2	17.37	0.06	12.8
3	17.90	0.07	8.9
4	20.53	0.03	10.4
5	20.71	0.16	9.8
6	19.02	0.14	9.7
7	20.67	0.07	10.5
8	16.45	0.10	8.6
9	16.07	0.13	6.7

Fonte: SOUZA, 2019

## 2.2 Sistemas de contenção

Segundo Neto, Hayashida e Pereira (2013), existem diversos tipos de contenções com a finalidade de vencer desníveis de terra. Todavia, algumas dessas alternativas se destacam muito devido sua frequente utilização, das quais podem ser subdivididas em dois grandes grupos, que são as estruturas convencionais e as estruturas em solo reforçado. O primeiro possui ainda duas subdivisões, que são muros de gravidade (a título de exemplo tem-se muros de alvenaria em pedra, gabiões, em concreto ciclópico, entre outros) e os muros de flexão (que tem como representantes os muros em blocos, em concreto armado e concreto pré-moldado). Já o segundo possui apenas uma subdivisão, que seria a terra armada. Nela, se tem como exemplos os solos reforçados com armadura inflexível, flexível, com geossintéticos e polímeros, tanto sintéticos quanto naturais.

## 2.3 Avaliação técnica do sistema de contenção

A escolha de um sistema de contenção, para qualquer obra, deve ser levada em consideração alguns pontos importantes. A presença de água no local em que será executado o sistema, quando não considerada, pode aumentar o valor do empuxo atuante. Portanto, um material drenante durante o processo executivo é eficaz para o bom funcionamento da estrutura (NEIVA *et al.*, 2014).

De acordo com a ABNT NBR11682:1991 – Estabilidade de Taludes existe alguns critérios obrigatórios para que haja um controle eficaz da estabilidade dos taludes, sejam eles em solo, em rochas, mistos (solo + rocha), em encostas naturais ou até mesmo oriundos de um corte no terreno. Dentro desses critérios, são consideradas algumas definições para auxílio do estudo, como por exemplo, altura do talude, área de risco, geometria do talude, dentre outros (no total, somam 47 conceitos) (ABNT, 1991).

É substancial também estudar a fundo as características dos solos em que a obra será executada, por conta dos

movimentos ocasionados pela elevação das tensões cisalhantes, podendo ocasionar em rupturas na estrutura, ou até mesmo desmoronamentos, dependendo da situação em que se encontra o terreno (NEIVA *et al.*, 2014).

Segundo Brandão (1998), é necessário que determinadas características do concreto armado sejam analisadas e bem definidas, para que assim haja garantia de sua durabilidade, sendo que algumas medidas são fundamentais serem tomadas antes da fase de execução. Para ele, os principais pontos a serem estudados e bem definidos são a geometria da estrutura, os componentes do concreto, a qualidade / espessura do cobrimento das armações, o detalhamento do aço da peça e a determinação limite de abertura de trincas.

De modo mais abrangente, a ABNT NBR6118:2003 – Projeto de Estruturas de Concreto, Procedimento - apresenta alguns outros fatores a serem considerados para que obtenha êxito na construção e manutenção das estruturas de concreto armado, sendo eles a drenagem do local a ser construído, a inspeção constante para que seja feita uma manutenção preventiva (evitando assim a patologia antes mesmo que ocorra) e algumas medidas especiais, em ocasiões específicas, onde tornam necessárias algum tratamento na estrutura, como por exemplo, pinturas impermeabilizantes (ABNT, 2003).

Um estudo realizado em novembro de 2017 pelos autores Santiago e Beck, analisou as conformidades de resistência do concreto usinado convencional fabricado no Brasil. Nessa análise, foram consideradas 19866 amostras, das quais 6493 são referentes ao concreto de 30 MPa (classe utilizada na contenção). Os dados considerados para a elaboração desta pesquisa foram: resistência característica estimada, resistência média, desvio padrão, coeficiente de variação e o percentual de amostras que não apresentaram conformidade. Com isso, obteve-se os resultados apresentados no quadro 1.

**Quadro 1– Resumo dos resultados dos concretos convencionais produzidos no Brasil**

Classe	$f_{ckrest}$ (MPa)	$f_{cm}$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$C_{ve}$	% de amostras não conformes
30	29,2	37,3	4,9	0,13	5,7

Fonte: SANTIAGO; BECK, 2017

De modo mais específico, os autores separam seus resultados por região, de modo que possa analisar de maneira mais precisa o concreto do local estudado, como mostrado no quadro 2.

**Quadro 2 – Resumo dos resultados dos concretos convencionais produzidos na região Centro Oeste**

Classe	Região	$f_{ckrest}$ (MPa)	$f_{cm}$ (MPa)	$\sigma$ (MPa)	$C_{ve}$	% de amostras não conformes
30	CO	27,9	35,8	4,8	0,133	9,2

Fonte: SANTIAGO; BECK, 2017

Observa-se com as figuras acima que o concreto local (região centro oeste), apresenta resultados satisfatórios em relação à análise nacional, principalmente considerando os valores do desvio padrão e o coeficiente de variação apresentados.

#### 2.4 Avaliação econômica do sistema de contenção

Em levantamento realizado por Junior (2019), no qual comparou-se o muro de flexão e o de gabião (um dos tipos de muros de gravidade), para a região em questão se constatou que o muro mais viável a ser utilizado foi o de flexão em concreto armado, conforme apresentado no quadro 3. Os orçamentos dos muros foram realizados com base na SINAPI de setembro de 2019 com desoneração, e a composição que trata do reaproveitamento de fôrma, que foi disponibilizada pela SETOP - PB (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas - Paraíba) de agosto de 2019 também com desoneração. A altura usada para ambos os muros foi de 4 metros.

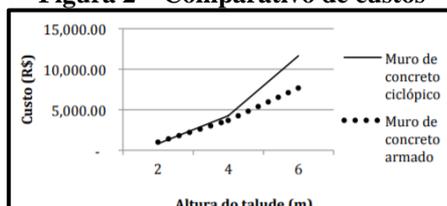
**Quadro 3 – Custos totais orçados dos muros idênticos de concreto armado e gabião**

Custo total	
Muro de flexão em concreto armado	R\$ 49.127,44
Muro de gravidade em gabiões	R\$ 71.632,00

Fonte: JUNIOR, 2019.

Rocha (2018) também realizou uma análise de custos, comparando o muro de concreto armado com o de concreto ciclópico (outra modalidade de muro de gravidade). Nesse caso, foram padronizados o solo e as alturas dos muros, e, para que tornasse possível a aquisição dos valores apresentados, foi utilizado as composições das tabelas SETOP - MG (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas – Minas Gerais), SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital), e através dessas tabelas ele obteve como resultado uma planilha de custos detalhadas e as transformou em um gráfico (figura 2). O estudo dele foi realizado para alturas de 2 a 6 metros de desnível.

**Figura 2 – Comparativo de custos**



Fonte: ROCHA, 2018

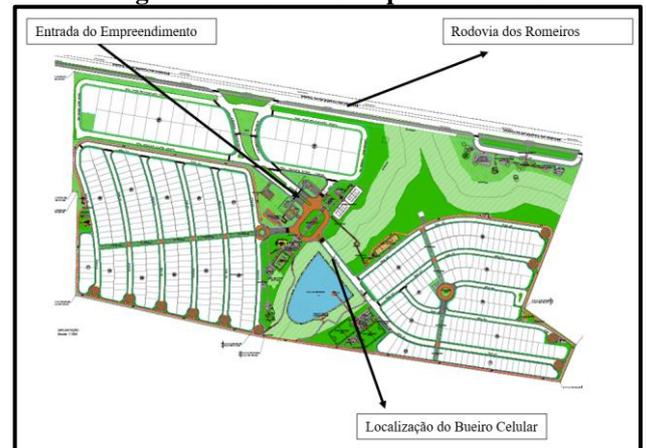
## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Dados da Obra

A obra estudada foi o Parqville Quaresmeira, localizado na Rodovia dos Romeiros – GO – sentido Goiânia, KM 11, cidade de Goiânia/GO, empreendimento realizado pela construtora Vectra Engenharia. O condomínio possui uma área total de 412.566,09 m<sup>2</sup>, com os 434 lotes residenciais individuais, variando de 264,00 a 905,02 m<sup>2</sup>, além de espaços de convivência e lazer, somados ao valor do metro quadrado comercializado e construído, caracterizam o empreendimento em questão como um residencial de classe média alta, e alto padrão construtivo (SINDUSCON, 2021).

Uma característica do empreendimento é que em seu terreno está disposto um lago, fazendo necessário com que fosse executado um bueiro celular triplo, moldado *in loco*, localizado conforme indicado na figura 3, que possibilite obter o controle da vazão de água no local, principalmente quando houver elevação do volume devido às prováveis chuvas, que serão acumuladas tanto no lago, quanto vindo das vias (excedente das bocas de lobo).

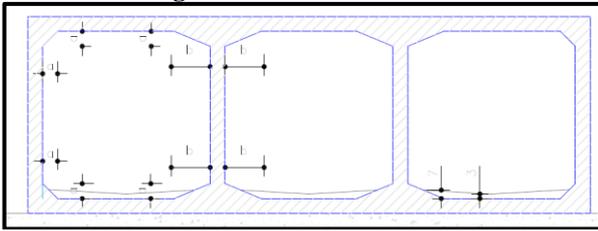
**Figura 3 – Planta do empreendimento**



O bueiro alvo de estudo possui dimensões de 21,10 m de comprimento, altura de 3 m e espessura tanto das paredes internas quanto externas, de 0,20 m. Na figura 4 está esquematizado o corte transversal AA, em que é possível identificar a composição da estrutura de concreto. O projeto foi realizado sob fundação do tipo radier, de espessura 0,30 m. A estrutura é integrada por dois níveis, sendo o “nível um” a camada onde irá passar o pavimento da rua, da rodovia (específica que pavimento é) e o segundo nível, localizado logo acima do radier, será responsável pela captação de água e controle da vazão, como do lago e do escoamento das vias e excedente de galerias pluviais. A presença do solo, tanto nas extremidades quanto abaixo da estrutura, com características próprias ainda insuficientes ao projeto, bem-fez necessária a compactação do

montante. Entre o solo compactado e o radier, foi executado uma camada 0,1 m denominada “concreto magro”, para que a estrutura não tenha contato direto com o solo.

**Figura 4 – Corte do bueiro**



A contenção realizada é do tipo denominada “muro de flexão”, que nesse caso também compõe tanto as paredes do próprio bueiro quanto o sistema de contenção do sistema celular, servindo como elemento estrutural para controle de vazões. Sua composição é de quatro paredes, sendo duas nas extremidades (atuando como contenção) e duas em seu interior, totalizando assim três seções para passagem da água. Sua moldagem foi realizada por meio de formas metálicas. O concreto utilizado foi de 30 MPa em conjunto com o aço CA50 da armadura.

A obra teve sua execução entre os meses de junho e agosto do presente ano, aproveitando assim o período de baixo índice pluviométrico da região.

### 3.2 Dados Levantados

Foram obtidos, junto à empresa Vectra Engenharia, os dados econômicos referentes ao fornecimento dos materiais que foram utilizados durante o processo executivo do serviço, tal como concreto e aço. Ademais, será analisado a planilha referente ao mapa de cotação, para seleção da empresa terceirizada responsável pela execução serviço.

Em conjunto à incorporadora, foram levantadas as informações que levaram a escolha do modelo de contenção a ser executado, como o prazo disponível para realização do serviço, o processo construtivo de cada método; as características proporcionadas de cada estrutura; a mão de obra exigida por cada serviço, dentre outros menores.

### 3.3 Amostras coletadas

Foi obtido, originados pela parceria da Construtora com os Laboratórios SENAI GO, os dados referentes à resistência do concreto a ser utilizado, a partir do rompimento dos corpos de provas, (moldados *in loco*), seguindo o que preconiza ABNT NBR5738 Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de 2015. Após obtenção dos resultados, foram

tabuladas as informações para utilização na presente pesquisa.

Durante cada etapa executada, foram coletadas quatro amostras por caminhão de concreto, nos quais foram devidamente armazenados e tratados para que pudesse ser realizada as devidas análises.

Além do concreto, amostras do solo também foram coletadas, por intermédio da empresa terceirizada GF Engenharia e Geotecnia. As amostras foram coletadas, fundamentado pela norma técnica ABNT NBR16097:2012 – Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio–, a umidade ótima do solo local. Partindo deste dado, foi calculado o grau de compactação alcançado, fundamentado pela ABNT NBR7182 – Solo – Ensaio de compactação (versão corrigida de 2020), e a determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC) fora regido pela NORMA DNIT 172/2016 – ME, utilizando amostras não trabalhadas, método que também conteve o ensaio para determinar a expansão do solo.

### 3.4 Parâmetros utilizados

Na análise técnica, foram utilizadas normas ABNT, DNIT, servindo como base para os ensaios, proporcionando veracidade aos resultados. Foram utilizadas literaturas para comparação dos resultados obtidos, averiguando se houve diferença para outras situações distintas.

A análise econômica foi elaborada em duas etapas. A primeira foi uma comparação entre os modelos estipulados pela própria construtora, considerando três requisitos base: o aço, o concreto e o molde (da parede de contenção). O segundo consiste em uma comparação em metro linear, com a pesquisa do autor Junior, em 2019 e Rocha, em 2018.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dados do solo

Como estudo preliminar, foi realizado uma análise geológica geral de todo empreendimento, a fim de esclarecer as características do solo local. Por haver necessidade de uma escavação profunda (figura 5), fez-se necessário a utilização da máquina escavadeira hidráulica, e após a escavação do local de execução do bueiro, foi realizado a regularização do terreno, de acordo com o especificado no projeto

**Figura 5: escavação do bueiro**

Viu-se como essencial a compactação da região. O serviço foi realizado por meio da minicarregadeira (popularmente conhecida como *bobcat*) juntamente de um implemento específico para ela, adaptando assim, um mini compactador de solo, como exemplificado na figura 6.

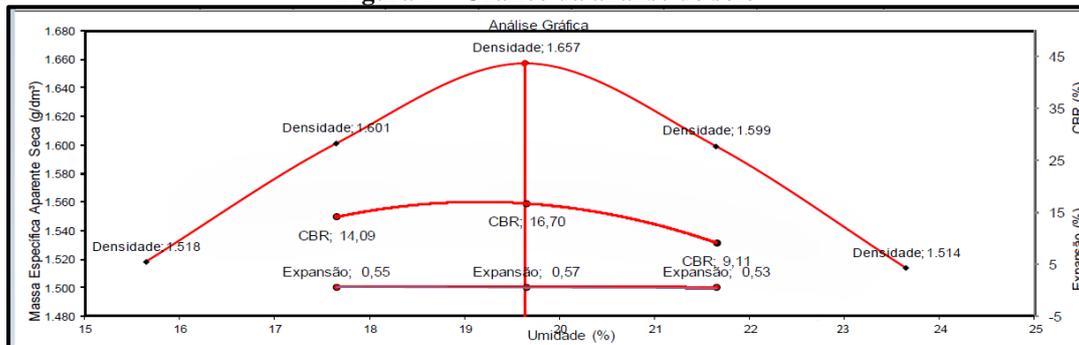
**Figura 6: Compactação do Solo**

Com a compactação realizada, coletou-se amostras do solo local, a fim de aferir os resultados referentes à compactação, densidade, umidade ótima, expansão, (Anexo 1).

Após todos os ensaios realizados obtiveram-se os resultados de ISC (Índice de Suporte Califórnia), definido como sendo “relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão, à mesma profundidade, numa amostra padrão de pedra britada, ou material equivalente, exigindo a pressão de 1.000 psi para a penetração de 0,1” ou 1.500 psi para 0,2” de penetração” (SENÇO, 1997).

Em outras palavras, o ensaio do CBR calcula a relação da resistência do solo à uma penetração realizada em relação à resistência atingida pela brita, conforme Souza (2007).

Durante a obtenção dos dados de ISC, foram também testados os solos quanto à sua compactação (NBR7182), conforme Figura 7.

**Figura 7 – Gráfico da análise do solo**

Analisando o gráfico acima, nota-se que o CBR local se encontra no intervalo de 9,11% e 16,70 %. Este resultado indica que o solo em questão conseguiu atingir quase 17% da resistência à penetração da brita padrão, como explicado na norma do DNIT denominada Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio.

Estabelecendo uma relação com o estudo de Souza, em 2019, nota-se que a compactação executada no empreendimento foi mais eficiente em relação ao subleito do trecho em que irá transcorrer o BRT Norte-Sul da cidade de Goiânia, tendo como comparação o

CBR atingido à uma umidade similar. Enquanto, com 19,02% de umidade local o subleito atingiu 9,7% de ISC, a região do bueiro, com 19,6% de umidade, atingiu o topo de 16,7% na análise do CBR.

A respeito da expansão, nota-se que foi atingido, em média, um valor de 0,55%. Tavares, em 2018, analisando alternativas de estabilização do solo para rodovia VRS-867, observou-se que a expansão do subleito local é de, em média, 6,3%. Assim, analisando ambos resultados, é possível afirmar que o solo do empreendimento possui uma boa coesão entre suas partículas.

Por fim, analisando a densidade, percebe-se que no local de trabalho a mesma encontra-se entre o intervalo de 1,514 a 1,657 g/cm<sup>3</sup>. Bohrer e Antunes, em 2017, elaboraram uma pesquisa tendo como foco a estabilização de taludes em solo residual, concluindo que a densidade ideal está na faixa de 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Desse modo, é plausível afirmar que o solo local atingiu resultados satisfatórios, para assim dar prosseguimento aos serviços.

#### 4.2 Dados do concreto

A concretagem do bueiro foi realizada em cinco etapas, sendo que, em todas as elas, foram coletados quatro corpos de prova por 8 m<sup>3</sup> de concreto utilizado, para efetuar o correto controle tecnológico da estrutura construída (rastreadibilidade do construto).

A primeira fase a ser aplicada em obra foi o lastro, proporcionando regularização mais eficaz do terreno, e sua impermeabilização (na figura 8).

**Figura 8: Concretagem do Lastro**



Por servir apenas como uma “base” para o bueiro, o concreto magro não apresentou a necessidade de ser armado, visto que sua atuação seria apenas na resistência à compressão. Mesmo sendo um elemento de base, o concreto utilizado na peça obteve como média 30,12 MPa aos 28 dias (com um valor máximo de 34,60 e mínimo 26,30 MPa), mostrado na tabela 1.

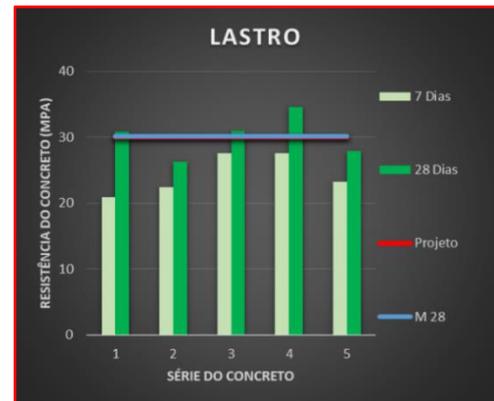
**Tabela 1: Resultados do Concreto do Lastro**

LASTRO			
SÉRIE	FCK (MPa)		
	Projeto	7 Dias	28 Dias
1	30,00	20,90	30,80
2	30,00	22,40	26,30
3	30,00	27,60	31,00
4	30,00	27,60	34,60
5	30,00	23,30	27,90
<b>Média</b>		24,36 MPa	30,12 MPa
<b>Desvio</b>		3,08 MPa	3,19 MPa
<b>CV%</b>		13%	11%

Ainda sobre o lastro de concreto magro, a resistência média aos 28 dias apresentou um valor (30,12 MPa) equivalente ao requisitado em projeto (30 MPa). Na figura 9, é possível observar graficamente que, dos

cinco resultados esperados, apenas três superaram o fck recomendado em projeto. Apesar disto, não houve necessidade de reforço, pois, como mostrado na norma NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento, o objetivo do lastro é apenas a regularização do terreno, precavendo também a ação de recalque da estrutura, não possuindo uma função estrutural.

**Figura 9: Gráfico de resultados do Concreto do Lastro**



Em seguida, concretou-se o que pode ser considerado como a fundação do bueiro, que é a laje inferior, atuando neste caso como radier da estrutura. Em seu processo construtivo, foi deixado armaduras de arranques da estrutura, conforme a figura 10, a fim de que todo o bueiro trabalhasse como sendo um único elemento ao final de sua execução.

**Figura 10: Armação da Laje Inferior**



Após sua concretagem, para tornar o processo de cura mais eficiente, toda a superfície da laje foi coberta com manta geotêxtil e molhada três vezes ao dia. Como resultado, obteve-se uma resistência satisfatória, visto que a mínima atingida foi de 31,10 MPa (Tabela 2).

**Tabela 2: Resultados do Concreto da Laje Inferior**

LAJE INFERIOR			
SÉRIE	FCK (MPa)		
	Projeto	7 Dias	28 Dias
1	30,00	27,80	32,00
2	30,00	33,30	35,30
3	30,00	37,90	40,60
4	30,00	26,30	31,10
5	30,00	31,00	33,30
6	30,00	30,30	33,30
7	30,00	30,00	33,60
Média	30,94 MPa	34,17 MPa	
Desvio	3,80 MPa	3,13 MPa	
CV%	12%	9%	

Diferentemente do lastro, as amostras coletadas referentes à laje inferior obtiveram resultados satisfatórios no quesito resistência, já que, como mostra a figura 11, todos os resultados estão acima da linha de projeto, indicando que suas resistências, aos 28 dias, ultrapassaram o valor de 30 MPa, recomendado pelo projeto. Desse modo, a média alcançou um valor 13,9% maior do que o recomendado.

**Figura 11: Gráfico de Resultados do Concreto da Laje Inferior**

Houve também a recuperação em alguns trechos que não foram vibrados de maneira satisfatória (região das mísulas inferiores), nos quais foram utilizados o chamado “graute”, que é um composto cimentício de alto desempenho, com função de preencher locais onde houve a segregação do concreto, recuperando assim a integridade da estrutura.

Elevando a estrutura, a etapa seguinte correspondeu à concretagem das paredes até 1,20 m de altura (figura 12).

**Figura 12: Concretagem das Paredes – até 1,20m**

Optou-se por essa divisão para que o adensamento do concreto fosse realizado de maneira mais eficaz, respeitando o limite de comprimento do vibrador, mais especificamente do mangote, utilizado no serviço. Nesta etapa, houve um corpo de prova que apresentou resultado insatisfatório, com um valor aos 28 dias de 27,20MPa, apresentado na tabela 3.

**Tabela 3: Resultados da Parede até 1,20m**

PAREDE 1,20 M			
SÉRIE	FCK (MPa)		
	Projeto	7 Dias	28 Dias
1	30,00	24,30	27,20
2	30,00	31,00	33,60
3	30,00	28,50	32,80
4	30,00	31,60	37,30
Média	28,85 MPa	32,73 MPa	
Desvio	3,32 MPa	4,17 MPa	
CV%	11%	13%	

Apesar dos resultados expressados acima, não houve necessidade de reforço, pois, como consta na ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (versão de 2014), os valores são majorados ao longo do cálculo e, devido ao fck ainda estar acima de 75% do valor de projeto, não há necessidade de reforço. Outro fator relevante foi que as demais amostras de concreto demonstraram um resultado satisfatório, deixando claro que foi um resultado isolado, como mostrado no gráfico da figura 13.

**Figura 13: Gráfico de Resultados da Parede até 1,20m**

Para o modelo construtivo adotado, o empreendimento optou por moldar as paredes em formas metálicas. Logo em seguida, dando continuidade à concretagem das paredes, a quarta etapa correspondeu a execução do nível 1,20 a 3,0 m de altura, finalizando toda a parte que, além de trabalhar como peça fundamental atua também como contenção, suprimindo a ação do solo lateral em sentido ao bueiro. O resultado técnico apresentado pelo laboratório foi diferente dos demais (mas ainda assim satisfatório), pois as amostras foram rompidas com idades mais avançadas, afim de que fossem analisadas o comportamento do com um tempo de cura superior aos demais. Desse modo, optou-se por

romper um par a 28 dias e o outro par a 63 dias, como mostrado na tabela 4.

**Tabela 4: Resultados do Concreto Parede 1,20 a 3,0m**

PAREDE 1,20 À 3,00 M			
SÉRIE	FCK (MPa)		
	Projeto	28	63
1	30,00	26,30	35,90
2	30,00	29,70	32,20
3	30,00	30,50	32,10
4	30,00	32,40	33,70
<b>Média</b>		29,73 MPa	33,48 MPa
<b>Desvio</b>		2,55 MPa	1,77 MPa
<b>CV%</b>		9%	5%

Com a análise realizada, é possível observar que a relação entre desvio e a média chegou a 5% aos 63 dias de idade, (concreto estava mais homogêneo), mostrando que o material ainda estava reagindo, buscando a estabilização. No âmbito geral, os resultados foram parecidos com as outras etapas, mantendo os resultados acima do requisitado, como mostrado na figura 14.

**Figura 14: Gráfico de Resultados da Parede de 1,20 m até 3,00 m**



Na figura 15 é possível observar, já com o serviço mais adiantado, a compactação do solo ao lado das paredes de contenção.

**Figura 15: Compactação do solo na região da contenção**



Nesta região, após ser completamente preenchida com solo e devidamente compactado, o maciço térreo e o concreto irão constantemente trabalhar em sentidos opostos. O solo ficará permanentemente sobre atuações

de tensões de cisalhamento, as quais são definidas como sendo “a tensão cisalhante que ocorre no plano de ruptura no instante da ruptura” (MARANGON, 2018), ou seja, é um ponto em que uma porção do terreno perde as características, de modo a provocar uma ruptura no local. A parede de concreto, por sua vez, atuará de modo contínuo como proteção da estrutura, contendo o solo em sua volta e resistindo aos esforços provocados pelo montante de solo.

Finalizando o bueiro, a quinta e última etapa referiu-se à laje superior. Sua composição é semelhante a laje inferior, possuindo as mesmas ferragens e espessura. Ao terminar, foi disposto também em sua superfície uma quantia suficiente da manta geotêxtil para cobrir sua área e, desse modo, auxiliar no processo de cura, como mostra a figura 16. Por ser elevado, a laje superior foi toda escorada ao longo de seus 21 metros de comprimento e 10 metros de largura, de modo a proporcionar segurança durante a execução e após ela (respeitando o prazo estabelecido pelo projetista para reescoramento).

**Figura 16: Concretagem da Laje Superior**



Mantendo o padrão das outras etapas, os resultados alcançados do concreto foram satisfatórios, com resultado mínimo de 32,30 MPa e o máximo de 40,80 MPa, como mostrado na tabela 6, fazendo com que a média ficasse em 35,96 MPa, como mostrado na figura 17.

**Tabela 5: Resultados do Concreto da Laje Superior**

LAJE SUPERIOR			
SÉRIE	FCK (MPa)		
	Projeto	7 Dias	28 Dias
1	30,00	31,10	36,70
2	30,00	38,50	40,80
3	30,00	35,20	39,40
4	30,00	31,30	33,40
5	30,00	33,30	36,00
6	30,00	31,60	33,10
7	30,00	26,80	32,30
<b>Média</b>		<b>32,54 MPa</b>	<b>35,96 MPa</b>
<b>Desvio</b>		<b>3,67 MPa</b>	<b>3,26 MPa</b>
<b>CV%</b>		<b>11%</b>	<b>9%</b>

A média apresentada nesta etapa foi a maior, chegando a 35,96 MPa, ou seja, quase 20% a mais do mínimo estabelecido pelo projeto. É possível observar, na figura 17, que mesmo a amostra menos resistente (número de série 7), ficou bem acima da linha referente ao projeto.

**Figura 17: Gráfico de Resultados do Concreto da Laje Superior**

Através dos resultados obtidos, nota-se que a composição e características do bueiro, em modo geral, foram bastantes satisfatórias, baseando-se em dois fatores: o desvio, que é calculado por meio dos resultados de resistência à compressão, tanto de 7 quanto de 28 dias; e o CV (Coeficiente de Variação), que foi obtido por meio da razão entre o desvio padrão e a média das resistências analisadas, também para 7 e 28 dias.

Com esses conceitos e analisando seus respectivos resultados para cada etapa da concretagem, é possível concluir que, em 80% dos casos (quatro de cinco etapas) o concreto utilizado possui homogeneidade, tendo em vista que, considerando todas as fases de concretagem realizadas, o maior CV encontrado foi de 13% (a 7 dias do Lastro). Contudo, analisando os outros 20%, referente à concretagem das paredes de contenção até 1,20 m, nota-se que o coeficiente subiu de 11% aos 7 dias para 13% aos 28 dias. Nesta situação é

recomendado uma análise mais a fundo neste trecho, podendo ser apenas uma falha no processo de moldagem, como também uma má composição do concreto, gerando heterogeneidade. Assim, de modo a assegurar o serviço, a utilização do processo de esclerometria, seguindo a norma da ABNT Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio, o qual não proporciona danos estruturais ao elemento e mostra qual a real situação do elemento, se de fato está tendendo à heterogeneidade ou à homogeneidade.

Uma pesquisa realizada pelos autores Santiago e Beck (2017), mostra que valores aceitáveis referentes à desvio ao coeficiente de variação, são, respectivamente, 4,8 e 0,133. Partindo deste ponto, observa-se que, quando analisado as amostras aos 28 dias, o coeficiente diminui, chegando a 9% (Laje Inferior). Esses dados, de modo geral, proporcionam segurança para a construtora, visto que, quanto mais tempo tem passado, mais homogêneo os resultados se mostram.

#### 4.3 Análise econômica

O âmbito econômico pode ser considerado o item mais importante para a tomada de decisão, pois é o orçamento previsto que delimita muitas etapas e materiais em obra. Foi feito pelo empreendimento, uma análise contendo dois tipos de bueiro (alterando assim sua parede de contenção), que são eles: bueiro moldado *in loco* (o que decidiu-se fazer) e utilizando paredes pré-moldadas.

Para a execução do primeiro tipo, foi necessário considerar, de modo genérico, três tópicos: a armadura a ser utilizada, o concreto a ser utilizado e a forma necessária que irá moldar as paredes, que se optou por ser metálica. Realizando pesquisas de mercado para estes três itens, chegou-se no valor apresentado na tabela 6.

**Tabela 6: Análise Econômica – Bueiro Moldado *In Loco***

BUEIRO - CONTENÇÃO MOLDADA IN LOCO				
MATERIAL	UND.	QTD.	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
Armadura	T	8,335	R\$ 6.400,00	R\$53.344,00
Forma Metálica	Mês	1	R\$45.000,00	R\$45.000,00
Concreto	m³	192,40	R\$ 406,04	R\$78.122,10
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>			<b>176.466,10</b>

Já na tabela 7 é possível observar os valores referentes ao bueiro em que as paredes são pré-moldadas, que é a principal diferença em relação ao moldado *in loco*.

**Tabela 7: Análise Econômica – Bueiro Parede Pré-Moldada**

BUEIRO - CONTENÇÃO COM PRÉ MOLDADO				
MATERIAL	UND.	QTD.	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
Armadura	T	9,009	R\$ 6.400,00	R\$ 57.657,60
Molde	-	-	-	R\$ 133.224,00
Concreto	m <sup>3</sup>	203,42	R\$ 406,04	R\$ 82.596,66
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>			<b>273.478,26</b>

Nota-se que o valor necessário para a aquisição dos moldes (R\$ 133.224,00) é 296,05 % superior ao preço referente às formas metálicas (R\$45.000,00).

Sendo sua área 43,12 m<sup>2</sup> de secção transversal, o modelo moldado *in loco* custou um valor de R\$ 8.403,15 o metrô linear construído, enquanto o bueiro com paredes pré-moldadas custaria R\$ 13.022,77. Obteve-se assim uma diferença de 154,98% e aumento, favorecendo ao método com uso de concreto fresco.

Fazendo um paralelo com outros estudos, Junior em 2019 desembolsou um valor de R\$ 6.140,93 por metro linear para execução de um muro do tipo concreto armado e, R\$ 8.954,00 o metrô linear do muro do tipo gabião, ambos a altura de 4 metros. Já no trabalho de Rocha em 2018 foram encontrados os valores de aproximadamente R\$ 5.000,00 para os muros de concreto armado e ciclópico, à altura de 4 metros. No Parqville, considerando o valor de R\$ 176.466,10 e o comprimento de 21,10m, o valor gasto foi de R\$ 8.403,15 por metro linear, ou seja, 36% superior ao modelo moldado *in loco* utilizado por Júnior em 2019. Contudo, mesmo em valores absolutos haver esta discrepância, é necessário levar em consideração a inflação entre o período de elaboração do projeto e execução do serviço, dos materiais de construção civil, que, só no período entre junho de 2020 e junho de 2021, aumentou 32,92%, segundo o INCC-DI (Índice Nacional de Custo da Construção – Disponibilidade Interna), tornando possível afirmar que o preço atual está condizente com o apresentado por Júnior.

## 5 CONCLUSÕES

Durante a execução do serviço, cada etapa foi devidamente acompanhada e analisada como descrito ao longo do trabalho.

Referente ao solo, foi constatado que, ao longo de todo o procedimento, normas redigidas tanto pelo DNIT (172/2016) quanto pela ABNT (NBR7182, NBR

16097:2012) foram constantemente consultadas, de modo que todo o processo estivesse condizente com as regras, bem como o projeto. Todos os dados analisados (CBR, expansão, umidade e densidade) apresentaram resultados satisfatórios para a execução do serviço.

As normas NBR6118, NBR 14931 e NBR5738, foram tomadas de referência durante todo processo executivo do concreto, afim de certificar que o procedimento estivesse sendo executado de maneira correta e em concordância com o projeto. Com isso, os resultados apresentados atingiram as expectativas exigidas previamente.

A análise econômica obteve similaridade nos valores do concreto e armadura, com um aumento de apenas 6,7% para o bueiro com paredes pré-moldadas. Considerando os moldes das paredes, a diferença sobre para 154,97%, fazendo com que o bueiro moldado *in loco* fosse quase 100 mil reais mais barato.

Por fim, considerando os aspectos práticos de sua execução e o orçamento necessário para executá-lo, é plausível afirmar que a escolha do bueiro do tipo concreto armado foi a melhor opção, pois, além de possuir um preço consideravelmente inferior ao modelo de comparação, ele não apresenta necessidade da utilização de mão de obra especializada, além de atender o prazo de execução pretendido e tornar possível as análises do concreto fresco.

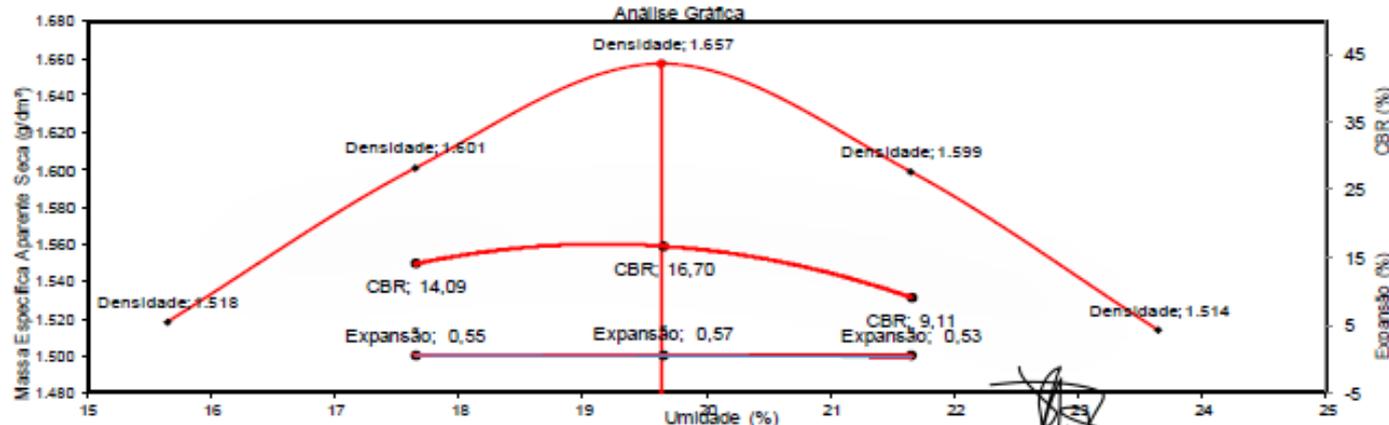
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**ABNT NBR 11682:** Estabilidade de Taludes, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**ABNT NBR 14931:** – Execução de estruturas de concreto – Procedimento, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**ABNT NBR 6118:** Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**ABNT NBR 6508:** Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**ABNT NBR 9598:** Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio, 2017.
- BARROS, Pérsio Leister de Almeida. **Obras de Contenção: Manual Técnico.** Jundiaí. Maccaferri. 2017.

- BOHRER, Lucas Siscate; ANTUNES, Anays Mertz; AZAMBUJA, Eduardo. Diagnóstico e Projeto de Contenção-Monumento para Estabilização de um Talude de Corte em Solo Residual de Arenito Arcoseano. In: Conferência Brasileira Sobre Estabilidade De Encostas, **COBRAE**, ABMS, Florianópolis. 2017.
- BRANDÃO, Ana Maria da Silva. **Qualidade e durabilidade**. Doutorado. Universidade de São Paulo. 1998.
- FEREGUETTI, Larissa. **Como surgiu a engenharia**. Engenharia 360, Disponível em: <<https://engenharia360.com/como-surgiu-a-engenharia/>>. Acesso em: 24 abr. 2021.
- JÚNIOR, João Bezerra. **Estudo comparativo entre muros de arrimo de gabião e concreto armado: dimensionamento e custo-benefício para solos arenosos**. João Pessoa. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). 2019.
- JUNIOR, Petrucio José dos Santos. **Cálculo do empuxo ativo com determinação numérica da superfície freática**. Campinas. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. 2010.
- LUIZ, Bruna Julianelli. **Projeto geotécnico de uma estrutura de contenção em concreto**. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da UFRJ. 2014.
- Manual de Pavimentação do DNIT-publicação IPR—ano 2016.
- MIKOS, Ana Paula; CAETANO, Manuela Cabral; ROEDEL, Larissa; FARO, Vítor Pereira. Estudo das manifestações patológicas em solo grampeado e cortina atirantada. **Revista Técnico-Científica**, v. 1, 2017. 2017. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/309/191>>. Acesso em: 09 maio. 2021.
- NEIVA, Eduardo Santos; FARIA, Filipe Eliel de; NOGUEIRA, Gabriel Torino; JORGE, Rafael Peixoto. **Estruturas de contenção, escavações e escoramentos**. Belo Horizonte. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2014.
- NETO, José Orlando Avesani; HAYASHIDA, Eduardo Menani; PEREIRA, Vinícius Rocha Gomes. Levantamento e comparação dos custos de diferentes soluções de estruturas de contenção em aterro. **Cobrae 2013**, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jose-Avesani-Neto/publication/312596919\\_Levantamento\\_e\\_comparacao\\_dos\\_custos\\_de\\_diferentes\\_solucoes\\_de\\_estruturas\\_de\\_contencao\\_em\\_aterro/links/5885ec8da6fdcc6b791907e9/Levantamento-e-comparacao-dos-custos-de-diferentes-solucoes-de-estruturas-de-contencao-em-aterro.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Avesani-Neto/publication/312596919_Levantamento_e_comparacao_dos_custos_de_diferentes_solucoes_de_estruturas_de_contencao_em_aterro/links/5885ec8da6fdcc6b791907e9/Levantamento-e-comparacao-dos-custos-de-diferentes-solucoes-de-estruturas-de-contencao-em-aterro.pdf)>. Acesso em: 09 maio. 2021.
- NETO, Torres *et al.* **Execução e Avaliação dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) do subleito e Dimensionamento do pavimento utilizados na pavimentação da pista de rolamento do BRT Norte-Sul de Goiânia-Trecho Avenida Goiás Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). IFG. 2019.
- Preço de materiais de construção tem alta de quase 33% em 12 meses. **Poder 360**, 2021 Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/preco-de-materiais-de-construcao-tem-alta-de-quase-33-em-12-meses/> Acesso em: 02 de novembro de 2021
- ROCHA, Isadora Perdigão. **Análise custo-benefício de estruturas de contenção de concreto para a região da cidade de Ouro Preto-MG**. Ouro Preto. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.
- SANTIAGO, Wagner Carvalho; BECK, André Teófilo. **Um estudo da conformidade da resistência do concreto convencional produzido no Brasil**. In: Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto. 2017.
- SINDUSCON, SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Custos unitários básicos de construção - ABRIL - 2021 NBR 12.721:2006 – CUB 2006**. Disponível em: <https://www.sinduscongoias.com.br/arquivos/download/cub/cub-abril-2021.pdf>. Acesso em: 09 maio. 2021.
- TAVARES, Marcos Sechtich. **Alternativa de estabilização de solo para rodovia não pavimentada VRS-867**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Santa Rosa. 2019.

## ANEXO 1

## QUADRO – Ensaio de Compactação do Solo – Região do Bueiro

 <b>ENSAIO DE COMPACTAÇÃO</b>															
DADOS DA OBRA															
INTERESSADO	CINQDI														
Trecho:	PARQUEVILLE QUARESMEIRA														
MUNICÍPIO/ ESTADO	TRINDADE GO														
Estudo:	REATERRO														
MATERIAL	ARGILA VERMELHA														
APLICADO	FUNDO DO BUEIRO														
Local da coleta	DEPOSITO AM 2														
Data	23/06/2021														
km da jazida a obra	0														
DADOS DO ENSAIO															
Prorporção					RESULTADOS DO ENSAIO										
Cálculo da Proporção (Compactação)					Quantidade de camada por cilindro										
					5										
Material recebido		Peso (kg)	% am. Total	Amostra	Golpes por camada										
					12										
Retido	3/4"	Grosso	0		Tipo de Compactação										
Retido	nº 4	Médio	0		NORMAL										
Passando	nº 4	Fino	30.000		Disco Espaçador (Pol)										
Amostra Total		30.000		5.000	D. Máxima (g/dm <sup>3</sup> )										
					1.657										
					Umidade Ótima (%)										
					19,6 %										
Cálculo da Proporção (Granulometria)					C.B.R. (%)										
Material recebido		Peso (kg)	% am. Total	Amostra	Expansão (%)										
					16,7										
Retido	3/4"	Grosso	0	0	Ret. na per. nº 4 (%)										
Retido	nº 4	Médio	0	0	0										
Passando	nº 4	Fino	30.000	2.000	Observações:										
Amostra Total		30.000	100%	2.000	% Água Adicionada										
					2,0%										
COMPACTAÇÃO															
Unid.	1		2		3		4		5		Peso do Material	5.000			
Moldes Nº	28		29		13		15		16		P. Mat. Seco	4.938			
Fator de correção	%		15,6%		17,6%		19,6%		21,6%		23,6%		Peso Água	61,6	
Umidade Média	%		15,6		17,6		19,6		21,6		23,6		UMIDADE HIGROSCÓPICA		
Água Total	g		782		882		982		1.082		1.182		Capcula Nº	11	13
Água Adicionada	g		720		820		920		1.020		1.120		Peso solo Umido	92,36	92,12
% Água Adicionada	%		14,4%		16,4%		18,4%		20,4%		22,4%		Peso solo Seco	91,30	91,09
Peso Bruto Umido	g		7.820		9.502		8.120		9.678		9.360		Peso da Capsula	12,89	13,17
Peso do moldes	g		4.174		5.550		4.022		5.594		5.232		Peso do Solo Seco	90,24	77,92
Peso do Solo Umido	g		3.646		3.952		4.098		4.084		4.128		Umidade	1,17%	1,32%
Volume do moldes	vol		2.077		2.098		2.067		2.100		2.206		Umidade Média		1,25%
Dens. Solo Umido	g / m <sup>3</sup>		1.756		1.883		1.983		1.945		1.871				
Dens. Solo Seco	g / m <sup>3</sup>		1.518		1.601		1.657		1.599		1.514				
Análise Gráfica															
															
LABORATORISTA:								ENGENHEIRO:							
WLISSÉS SOMMA DA CONCEIÇÃO								GIOVANNI F DE SOUZA							