Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v1,
2020/01
ISSN 2178-6925

Métodos de Estabilização de Taludes em Barragens de Abastecimento: Estudo de Caso no Município de Itambacuri – Minas Gerais

Slope Stabilization Methods in Supply Dams: A Case Study in the Municipality of Itambacuri – Minas Gerais

Alexandre Victor Silva Pinheiro
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5815-8287
Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil
E-mail: alexandrepinheiro982@gmail.com

Matheus Ferreira de Souza Silva
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1644-7670
Rede de Ensino Doctum, Brasil
E-mail: contato.matheusferreira@outlook.com

Pedro Emílio Salomão
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9451-3111
Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil
E-mail: pedroemilioamador@yahoo.com.br
Recebido: 20/04/2021 – Aceito: 20/04/2021

Resumo

A existência de pequenas barragens de abastecimento de terra é muito comum no território brasileiro, sendo sua finalidade tanto a gestão dos recursos hídricos, como o armazenamento de água nos períodos chuvosos, visando atender a demanda no fornecimento. Este trabalho buscou, através da analise de projetos, documentos e pesquisas *in loco*, desenvolver um estudo de casos de análise de estabilidade do talude da barragem de abastecimento do município de Itambacuri no estado de Minas Gerais, Brasil. A pesquisa foi embasada capitalmente em documentais de dados e informações

fornecidas pela prefeitura de Itambacuri, sendo eles o memorial descritivo da barragem, levantamento topográfico, relatório de sondagem, estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico e estrutural da barragem em questão. Os resultados obtidos elucidaram questões importantes como a viabilidade do método de contenção, a eficácia da estabilidade, entre outros.

Palavras-chave: Barragem de Abastecimento; Estabilidade; Talude.

Abstract

The existence of small land supply dams is very common in the Brazilian territory, and its purpose is both the management of water resources and the storage of water in rainy periods, in order to meet supply demand. This work sought, through the analysis of projects, documents and on-site research, to develop a case study of stability analysis of the embankment slope of the Itambacuri municipality in the state of Minas Gerais, Brazil. The research was based mainly on data documents and information provided by the city of Itambacuri, which are the descriptive memorial of the dam, topographic survey, drilling report, hydrological studies and hydraulic and structural dimensioning of the dam in question. The results obtained elucidated important issues such as the viability of the containment method, the effectiveness of stability, among others.

Keywords: Supply Dam; Stability; Slope.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v1,
2020/01
ISSN 2178-6925

INTRODUÇÃO

De acordo com Perini (2009) as barragens são estruturas destinadas a reter líquidos ou misturas de líquidos e sólidos de maneira controlada e segura, propiciando benefícios para toda a sociedade. Através do seu uso é possível usufruir de água para o abastecimento humano e industrial, gerar energia elétrica, irrigar áreas agricultáveis, além de viabilizar inúmeras outras atividades. A exploração dos recursos de água doce ligado á necessidade de armazenamento, em épocas de menor disponibilidade, leva a necessidade de construção de barragens de modo que melhore a disponibilidade de água de cada bacia hidrográfica.

Em contrapartida, a construção e operação de barragens podem envolver danos potenciais para as populações e bens materiais (e ambientais) existentes no entorno. As barragens estão sujeitas a falhas, portanto, acidentes ou no piro dos cenários, até rupturas podem acontecer. Destes incidentes pode resultar a liberação do volume armazenado, tendo consequências que podem variar da simples perda deste volume até catástrofes envolvendo perda de vidas humanas e o comprometimento total da região atingida, como foi o caso do rompimento das barragens de rejeitos ocasionadas em Minas Gerais, Barragem de Fundão, na cidade de Mariana, no ano de 2015, e da Barragem de Rejeitos Mina do Córrego do Feijão, na cidade de Brumadinho, em janeiro de 2019.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2016), a segurança de barragens é um aspecto fundamental para todas as entidades envolvidas, como as autoridades legais e os empreendedores, técnico nas atividades, relativas à concepção, ao projeto, a construção, ao comissionamento, a operação e, por fim, ao descomissionamento (desativação), as quais devem ser proporcionais ao tipo, dimensão e risco envolvido. Para garantir as necessárias condições de segurança das barragens ao longo da sua vida útil, devem ser adotadas medidas de prevenção e controle dessas condições. Estas medidas, se devidamente implementadas, asseguram uma probabilidade de ocorrência de acidente reduzida ou praticamente nula.

A construção de barragens de abastecimento de água é uma opção para sanar um

problema recorrente em diversos municípios carentes no contexto hídrico, como o de Itambacuri, localizado no estado de Minas Gerais. Partindo deste princípio, a construção da barragem no município de Itambacuri - MG é extremamente importante para a população, visto que contribuirá significativamente para uma distribuição de água de forma continua mesmo em meio a um período de seca na região, fato este que ocorre periodicamente. Sendo assim, este trabalho tem como principal incumbência, ao comparar os métodos construtivos de procedimento na estabilização de taludes em barragens de terra, apurar ou aferir se o método de construção da barragem de Itambacuri mostra-se eficaz quando comparada às particularidades de cada método construtivo empregado na construção da barragem.

Desse modo, o objetivo geral da pesquisa é comparar as particularidades de alguns métodos construtivos empregados na construção de barragens de abastecimento com o método adotado na estrutura em questão, e a sua eficiência quanto à estabilidade ao longo da sua vida útil (prenunciada), analisando o custo benefício e a segurança da barragem.

Os objetivos específicos são avaliar a viabilidade construtiva da barragem de terra quanto ao seu custo benefício e a segurança, comparar o método de estabilização utilizado na barragem de Itambacuri - MG de forma a determinar se foi o mais adequado e identificar as particularidades dos principais métodos construtivos empregados em barragens de abastecimento.

Visando atender os objetivos criaram-se as seguintes suposições:

- Suposição 1 - Por meio do estudo do material fornecido pelo poder executivo municipal e de algumas pesquisas envolvendo barragens de abastecimento espera-se que o custo benefício não influencie no desempenho da estabilidade da barragem ao longo da vida útil prevista.
- Suposição 2 - Analisado o método de estabilização utilizado na barragem de Itambacuri - MG espera-se que o mesmo se mostre mais eficaz e seguro quando comparado aos métodos estudados.
- Suposição 3 - Por meio deste estudo busca-se evidenciar as particularidades dos principais métodos construtivos empregados em barragens de abastecimento.

A pesquisa teve como base um estudo documental de dados e informações fornecidas pela prefeitura de Itambacuri – MG. Foram realizadas análises *in loco* da barragem com o propósito de buscar informações detalhadas que possibilitassem ter uma

leitura de modo geral da execução da nova barragem de abastecimento. Diversos estudos científicos de teses, monografias, dissertações e trabalhos acadêmicos, também foram consultados e utilizados como referência. Desta forma, foi possível constatar a precisão (ou não) das suposições, citadas acima.

BARRAGENS DE TERRA

Desde o princípio da história da humanidade as barragens exercem um papel fundamental para o desenvolvimento social e econômico, segundo (FERREIRA et al., 2011) as barragens de terra são umas das mais antigas estruturas concebidas pelo homem. Desde os primórdios o homem pela imprescindível necessidade de dispor de água potável, procura habitar próximo a fontes de água doce existentes ao redor do globo.

De acordo com o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB, 2019) as barragens são definidas como obstáculos artificiais com a capacidade de reter água, ou qualquer outro líquido, rejeitos, e detritos, para fins de armazenamento ou controle, podem variar em tamanho desde pequenos maciços de terra, usados frequentemente em fazendas, a enormes estruturas de concreto ou de aterro, geralmente usadas para fornecimento de água, de energia hidrelétrica, para controle de cheias e irrigação, além de diversas outras finalidades.

No intuito de garantir a segurança e minimizar a possibilidade de acidentes viu-se a necessidade de classificar as barragens de acordo com a sua finalidade.

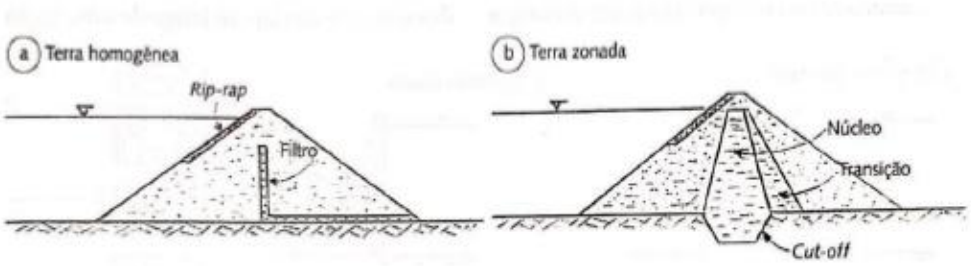
Classificação e Principais Elementos de Barragem de Terra

Segundo Costa (2012) as barragens de terra são classificadas em duas categorias: homogêneas e zonadas. As homogêneas são definidas quando há predominância de um único material, e as zonadas quando são feitos zoneamentos de materiais terrosos em função de suas características de permeabilidade.

Conforme explica Massad (2010), as barragens de terra homogênea são as mais comuns, devido á disponibilidade de materiais terrosos no Brasil e por suportar fundações mais deformáveis, permitindo a sua construção sobre solos moles. Enquanto que a barragem de terra zoneada está sujeita a diferentes condições de umidade o que confere

ao solo características geotécnicas diferentes resultando na otimização da seção da barragem aproveitando-se das características do solo seco nas encostas, para maior resistência, e do solo úmido no núcleo, para maior estanqueidade.

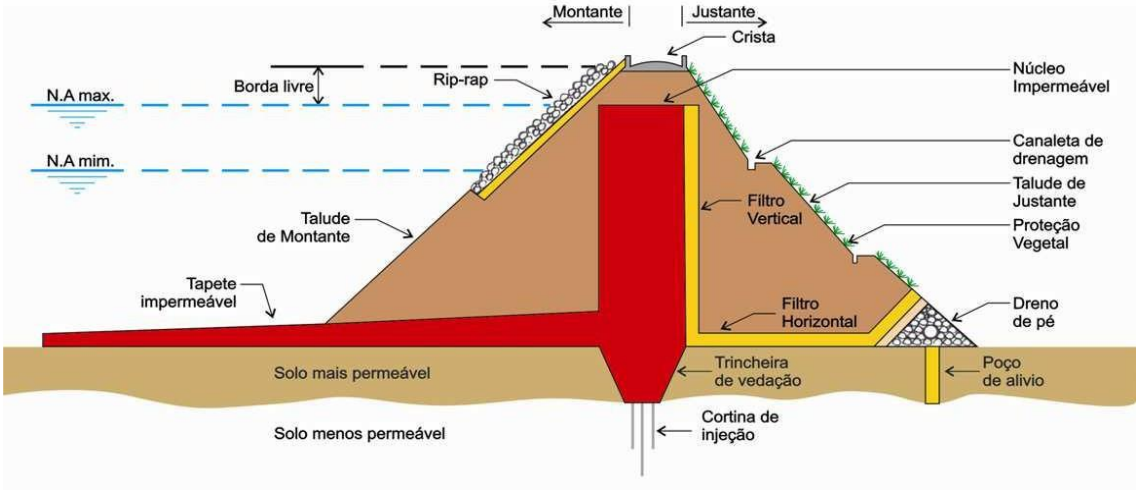
Figura 1 – Barragem de Terra Homogênea e Zoneada



(Fonte: COSTA, 2012)

As barragens de terra são formadas por diversos elementos que podem ou não estar presentes em todas as barragens do tipo, dentre estes elementos podemos destacar a crista, a borda livre, o talude de montante, a proteção do talude de montante ou *rip-rap,* o talude de jusante, e a proteção do talude de jusante que geralmente é utilizado a grama e a fundação que estão presentes na maioria ou na totalidade das barragens de terra existentes. Além desses elementos geralmente as barragens de terra possuem trincheira de vedação, filtro horizontal, filtro vertical, dreno de pé, cortina de injeção, poço de alivio, tapete impermeável, e sistemas de drenagem das águas pluviais.

Figura 2 – Principais Elementos de uma Barragem de Terra.



(Fonte: site geosynthetica.net.br, acesso em: 27/11/2020)

Estabilidade em Taludes

A estabilidade de taludes tem se tornado um fator essencial de segurança nos últimos anos, visto que a necessidade de determinar uma melhor compreensão do comportamento estável, e quanto à sensibilidade à ruptura devido aos agentes condicionantes, partindo disso, foram elaborados diversos métodos de análise que permitem entender a estabilidade em taludes, desde os tradicionais que adotam o equilíbrio-limite até os mais recentes, baseados em probabilidade (GUIDICINI; NIEBLE, 1976).

A falta de controle dos aspectos geotécnicos dos materiais presentes no corpo estrutural, e na sua fundação pode desencadear processos de instabilidade no talude. Com tudo, em qualquer projeto geotécnico de barragens ou em outra estrutura, é importante salientar o conhecimento dos parâmetros geotécnicos de resistência, pois através de ensaios de campo e de laboratório dos materiais empregados é possível compreender a capacidade e qualidade do material para uma melhor estabilidade.

O fator potencial para a ruptura é a liquefação, fenômeno este que está diretamente relacionado a solos saturados fofos, submetidos a carregamentos não drenados. O cisalhamento destes solos produz uma tendência de contração de volume que, em situação não drenada, acarreta na elevação da pressão da água no interior dos vazios. O tempo para ocorrência da liquefação é curto, variando de alguns minutos a horas (JEFFERIES;

BEEN, 2006).

O fator de ruptura por liquefação deve ser considerado principalmente em regiões sismicamente ativas, e especialmente para barragens construídas pelo "método de montante". Se o processo de construção for rápido, o excesso de poropressões não é dissipado, e a ocorrência de ruptura por liquefação pode ser maior.

Para a realização de um projeto é necessário um estudo das condicionantes geotécnicos da região onde será executado o empreendimento, para avaliação de riscos existentes antes do início da obra e consequentes após a execução do projeto.

Mas, além das informações das condicionantes que irão determinas as metodologias que serão empregadas na execução do projeto, também é necessário um estudo mais fundo, como por exemplo, o estudo do levantamento topográfico, estruturas geológicas, a respeito de ocorrência de descontinuidades, planos de fraqueza, a exploração do subsolo através de estudo de sondagens a trado, sondagens SPT, rotativas, ensaios de cisalhamento direto, ensaios de cisalhamento triaxial, medições de nível de água e poropressão "piezômetros", permeabilidade do solo e rocha, regime de chuvas, fatores ambientais, envolvendo o clima, e fatores antrópicos e ecossistema.

No entanto, segundo o Ministério da Integração Nacional – Secretaria de Infraestrutura Hídrica (Brasil, 2002), os taludes de montante e jusante de barragens devem ser estáveis sob todos os níveis de reservatório, bem como sob todas as condições de operação. Os carregamentos provenientes da barragem e a distribuição desses esforços sobre as fundações não devem causar deformações totais ou diferenciais excessivas ou ainda a ruptura da fundação por cisalhamento.

Método Construtivo de Barragem de Terra

O método construtivo mais adequado para a construção de uma barragem de abastecimento começa a partir de um sistema de planejamento e do projeto. Existem hoje diversos métodos construtivos de barragens capazes de atender as mais variáveis necessidades. No Brasil os métodos mais utilizados são as Barragens de Terra, as Barragens de Concreto e as Barragens de Encoramento, todos esses métodos possuem a mesma funcionalidade, mas que tem como diferença o prazo e custo seja ele na execução ou na manutenção. Para definir o melhor método a ser executado é necessário estudar e

analisar as vantagens e desvantagens de cada um, sondar a mão de obra disponível, a durabilidade e a funcionalidade da obra, sendo que todos os métodos têm seus objetivos e particularidades.

Durante a fase de construção de uma obra é desenvolvido um planejamento e projeto a fim de prever situações desfavoráveis durante a execução, conclusão e ao longo da vida útil da obra. Ter um bom planejamento é adquirir um alto grau de conhecimento de riscos, permitindo ser mais eficiente na condução do trabalho (MATTOS, 2019), por isso é imperativo ao profissional um estudo e análise do projeto e analise ao método construtivo pertinente. Para seguir um planejamento tem que ter um projeto, o projeto, segundo Vargas (2005), é caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, destina-se a atingir um objetivo claro e definido, conduzindo por pessoas dentro dos parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. Sintetizando, um bom planejamento e projeto são sem dúvidas essenciais nas construções, evitando falhas antes de agir ou mesmo se houver mudanças.

Para determinar as principais particularidades dos métodos construtivos empregados em barragens de abastecimento de água é preciso ter um estudo e conhecimento complexo, um planejamento, familiarizar as condições da obra quanto à sua economia e segurança durante a construção e manutenção da barragem ao longo de sua vida útil, aos materiais utilizados no processo construtivo, abrangendo fatores de extrema importância como: a hidrologia, a arquitetura, a geologia, o solo, entre outros.

Segundo a prefeitura do município de Itambacuri o projeto executivo da obra é constituído por uma barragem de terra, em função da disponibilidade de materiais de construção e de outras necessidades específicas, construída com material natural, como material terroso de qualidade, onde foram feitos todos os testes em laboratório de solos, materiais artificialmente tais como britas e enrocamentos. A barragem é composta por solo proveniente de jazida de empréstimo, transportado até o local da obra e distribuída em camadas pouco espessas, logo fazendo a compactação adequada do material.

É recomendado o mínimo de percolação de água do reservatório ao eixo, e a utilização de sistemas de drenagem como drenos horizontais ou verticais, tapetes, é capital para evitar erosão, e outros fenômenos pejorativos no contexto. A idealização do projeto da barragem de Itambacuri, de acordo com o governo municipal, englobou todos os quesitos citadas acima.

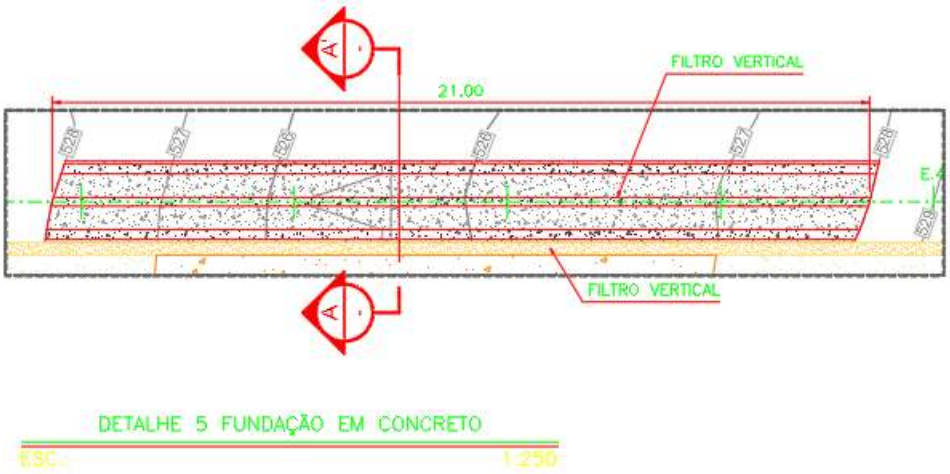
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v1,
2020/01
ISSN 2178-6925

MÉTODO CONSTRUTIVO DA BARRAGEM DE TERRA DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI

Fundação

Foi realizado um serviço de sondagens na área de implantação da barragem no qual foi constatada a presença de rocha em condição de suportar o peso do maciço que se pretendia construir. Com a finalidade de proporcionar melhor aderência entre o maciço e a rocha de fundação, e também evitar a percolação de água na interface rocha-solo, a fundação da barragem será dotada de um muro de aderência em concreto armado, de seção transversal trapezoidal, que será ligado à rocha de fundação através de três linhas de chumbadores ao longo do eixo da barragem.

Figura 3 - Seção Transversal da Fundação da Barragem de Terra.



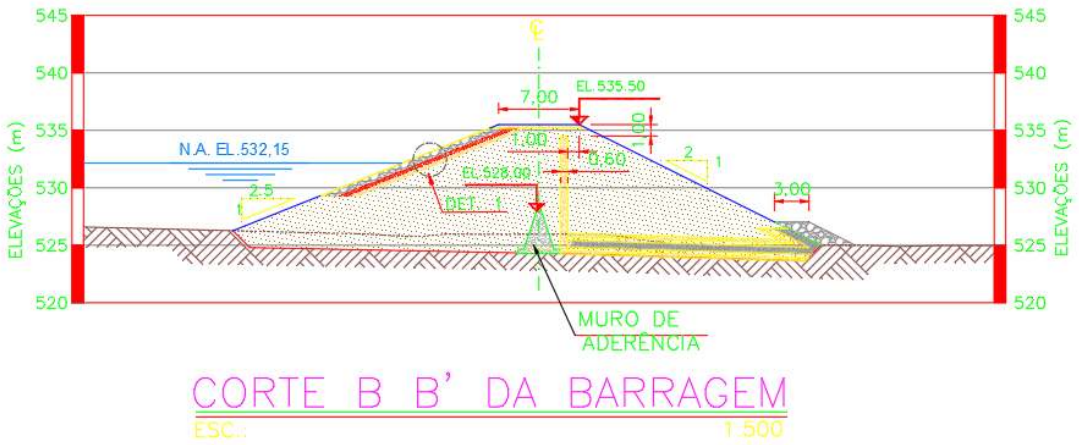
(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Método Construtivo do Maciço

A barragem de terra em estudo será construída com material terroso de qualidade, devidamente testado em laboratório de solos, proveniente de jazida de empréstimo, transportado até o local da obra, distribuído em camadas pouco espessas, (da ordem de 20 cm) e em seguida, compactado com o uso de rolos compressores adequados ao material

utilizado.

Figura 4 - Seção Transversal da Fundação da Barragem de Terra.



(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Proteção dos Taludes

O talude de montante da barragem receberá uma proteção de contra os efeitos erosivos provocados pelas marolas, através de enrocamento com pedras arrumadas, em uma faixa com 3 m de largura, centrada na linha d'água do reservatório e os taludes de jusante e resultantes da escavação do extravasor de imergência inteiramente gramados.

Figura 5 - Seção Transversal da Fundação da Barragem de Terra.

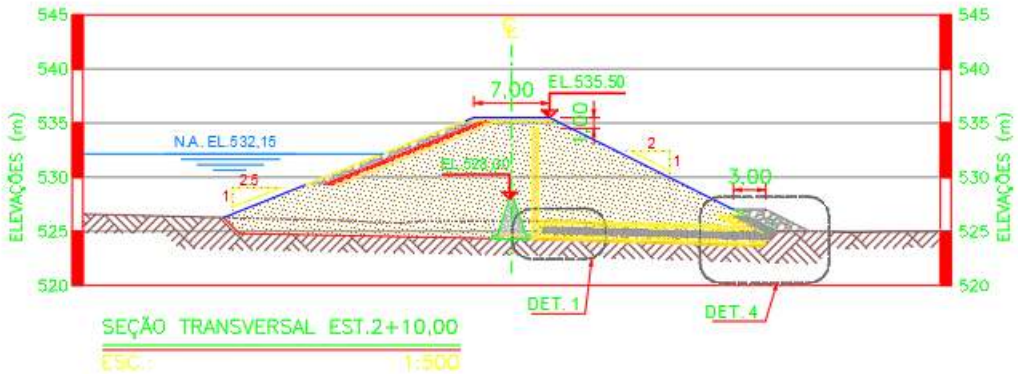


(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Drenagem Interna do Maciço

Segundo os engenheiros Karl von Terzaghi e Ralph B. Peck (1962), é recomendado em barragens de terra dificultar ao máximo a percolação da água do reservatório através do maciço até seu eixo, entretanto é imperativo que a partir deste eixo até o talude de jusante haja otimização da percolação e é essencial a utilização de dreno vertical de areia, associado ao dreno horizontal ou tapete drenante, constituído de brita e areia, finalizado com um dreno de pé, também de brita e areia, para se evitar o fenômeno da erosão regressiva conhecido como "*piping*". Assim, conforme as orientações de Terzaghi, a presente estrutura de represamento será dotada dos elementos de drenagem descritos, que juntos constituirão o sistema de drenagem interna do maciço. O talude de montante da barragem receberá uma proteção de contra os efeitos erosivos provocados pelas marolas, através do enrocamento com pedras arrumadas, centrada na linha d'água do reservatório e os taludes de jusante e resultantes da escavação do extravasor de emergência inteiramente gramados.

Figura 6 - Seção Transversal da Barragem de Terra.



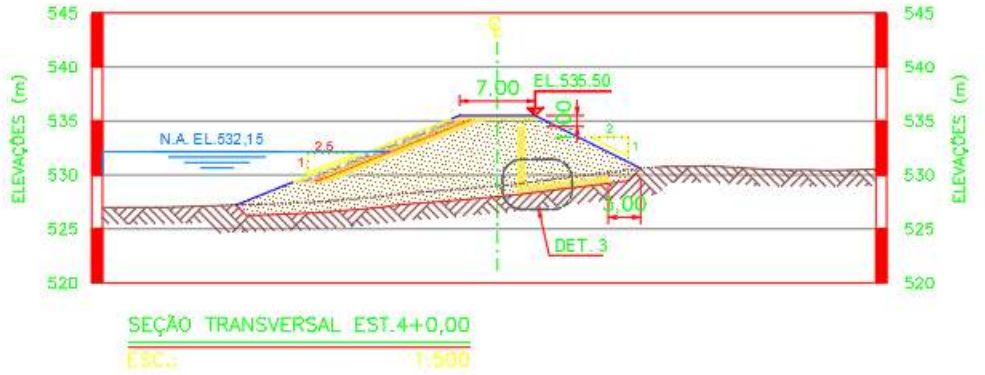
(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Figura 7 - Seção Transversal da Barragem de Terra.



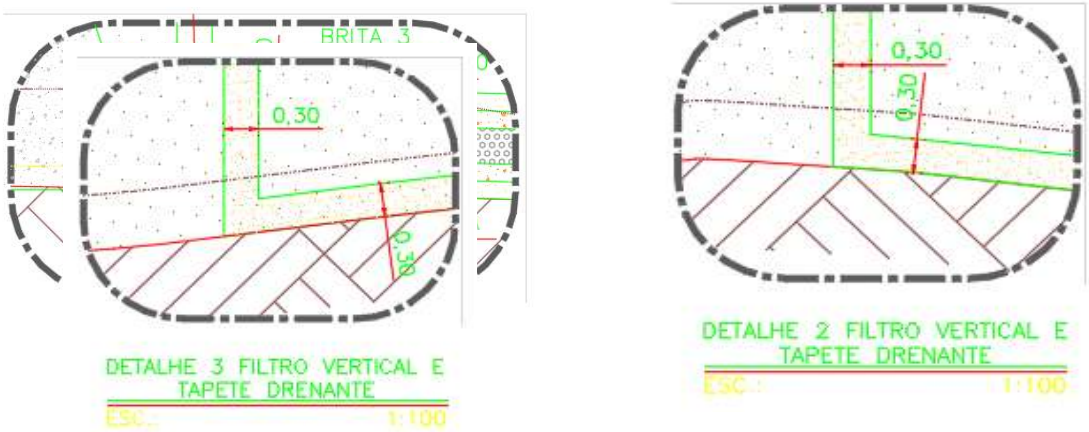
(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

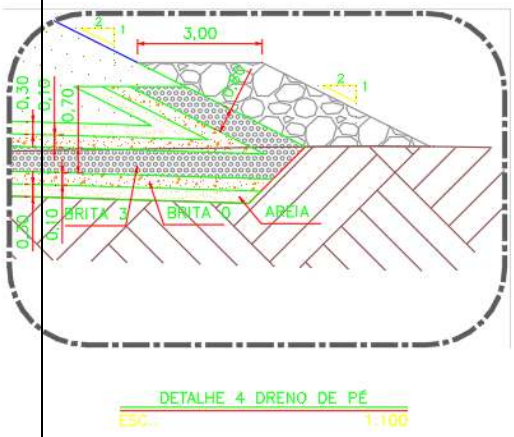
Imagem 8 - Seção Transversal da Barragem de Terra.



(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

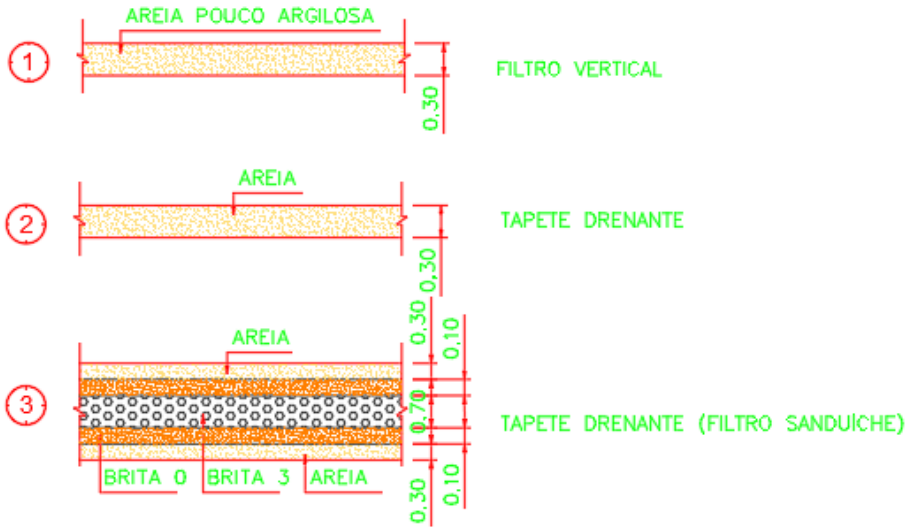
Imagem 9 – Detalhes dos Sistemas de Drenagem da Barragem.





(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Imagem 10 – Sistemas de Drenagem da Barragem.



(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa baseou-se em um estudo documental de dados e informações fornecidas pela prefeitura de Itambacuri - MG, onde pode se analisar o laudo geotécnico, relatório de sondagem, levantamento topográfico, locação e geometria da barragem e o memorial descritivo. Realizou-se ainda, visitas no local da barragem com o propósito de buscar informações precisas que possibilitou ter uma leitura de modo geral da execução da nova barragem de abastecimento, como também, analise de diversos estudos científicos de teses, monografias, dissertações e trabalhos acadêmicos com o objetivo de comparar as particularidades de alguns métodos construtivos empregados na construção de barragens de abastecimento, bem como a sua eficiência quanto à estabilidade ao longo da sua vida útil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Índices de Consistência, intitulados de Limites de Atterberg, são representados pelos valores percentuais característicos da umidade do solo para o Limite de Liquidez e

para o Limite de Plasticidade, normatizados, respectivamente, pela NBR 6459 e pela NBR 7180. É por meio deles que torna- se possível encontrar o Índice de Plasticidade do material em análise.

O limite de liquidez (LL) conforme descrito pela NBR – 6459 / 84 (ABNT) é concebido como o menor teor de umidade com que uma amostra de um solo pode ser capaz de fluir. Neste ensaio é utilizado o aparelho de Casagrande, na qual se aplicam golpes deixando a concha do aparelho cair de uma altura padrão até que a ranhura se feche em uma extensão convencionada. Anota-se o número de golpes necessários para fechar a ranhura, a cada tentativa, colocam-se esses valores em gráfico. Arthur Casagrande, através do ensaio de Casagrande, estabeleceu que o limite de liquidez (LL) do solo é o teor de umidade para o qual o sulco se fecha com 25 golpes, sendo este valor obrigatoriamente obtido no gráfico da reta de escoamento.

Analisando os dados obtidos nos ensaios realizando no local da barragem de terra no município de Itambacuri - MG, obteve cinco amostras distintas cujo número de golpes foram para a cápsula 40 corresponde a 51 golpes, cápsula 30 corresponde a 39 golpes, capsula 28 corresponde 29 golpes, capsula 34 corresponde 21 golpes, e a cápsula 44 corresponde 11 golpes, conforme apresenta a tabela 1.

Tabela 1 - Limite de Liquidez.

LIMITE DE LIQUIDEZ "LL" DNIT ME - 122/94					
Capsula nº	40	30	28	34	44
Capsula + solo + agua (g)	24,66	25,83	26,33	25,74	29,31
Capsula + solo (g)	18,59	19,01	18,99	18,38	20,14
Peso da capsula (g)	4,88	4,67	4,64	5,01	4,65
Peso da agua (g)	6,07	6,82	7,34	7,36	9,17
Peso do solo seco (g)	13,71	14,34	14,35	13,37	15,49
Umidade (%)	44,27	47,56	51,15	55,05	59,20
Nº de golpes	51	39	29	21	11

(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

O Limite de Plasticidade (LP) é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço, é a umidade de transição entre os estados plástico e semissólido do solo. Em laboratório o LP é obtido determinando-se o teor de umidade no qual um cilindro de um solo com 3 mm de diâmetro apresenta-se fissuras. Normatizado

pela NBR – 7180 / 84 – "Solo – Determinação do Limite de Plasticidade – Método de ensaio" e pela ME 082/94 (DNER/DNIT).

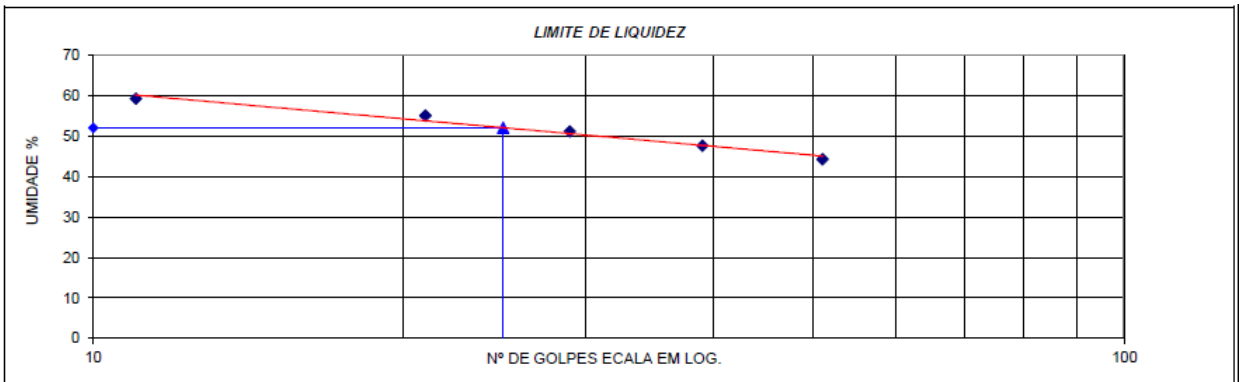
Tabela 2 - Limite de Plasticidade.

LIMITE DE PLASTICIDADE "LP" DNIT ME - 82/94					
Capsula nº	78	80	51	86	98
Capsula + solo + agua (g)	7,68	8,43	9,32	7,95	7,44
Capsula + solo (g)	6,98	7,68	8,35	7,18	6,86
Peso da capsula (g)	4,07	4,64	4,39	4,07	4,49
Peso da agua (g)	0,70	0,75	0,97	0,77	0,58
Peso do solo seco (g)	2,91	3,04	3,96	3,11	2,37
Umidade (%)	24,05	24,67	24,49	24,76	24,47
	ok	ok	ok	ok	ok

(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri MG)

Por meios desses ensaios foi possível traçar uma reta aproximada no gráfico de Limite Liquidez, e através da equação dessa reta se encontrasse o teor de umidade correspondente aos 25 golpes, conforme apresenta a figura abaixo.

Gráfico 1 - Limite de Liquidez.



LIMITE DE LIQUIDEZ :	52,00	
LIMITE DE PLASTICIDADE :	24,49	OBS.:
INDICE DE PLASTICIDADE :	27,51	

LABORATORISTA :

ENGENHEIRO (A): TATIANE VIEIRA MACHADO:05206209686

Assinado de forma digital por TATIANE VIEIRA MACHADO:05206209686
Dados: 2020.08.13 10:50:13 -03'00'

(Fonte: Prefeitura Municipal de Itambacuri - MG)

Conforme o ensaio realizado o limite de plasticidade encontrado 24,49%. A partir desse resultado foi possível encontrar o índice de plasticidade. Que nada mais é a diferença o limite de limite de liquidez menos limite de plasticidade.

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 52 - 24{,}49$$

$$\boldsymbol{IP = 27{,}51}$$

Obtendo o resultado de índice de plasticidade igual a 27,51, partindo deste parâmetro, pode-se classificar o solo como Argila Areno-Siltosa.

CONCLUSÃO

A sondagem a trado em conjunto com os ensaios laboratoriais demonstrou que o material terroso, argila areno-siltosa proveniente da jazida de empréstimo, oferece boas condições para ser utilizado como material de construção da barragem. Tendo em vista que a argila areno-siltosa se caracteriza pela sua boa plasticidade, textura e sensibilidade, e também pela consistência e umidade natural. Pelo fato da barragem ser definida por terra a classificação deste solo atende bem o objetivo desta estrutura.

Com a leitura do mapeamento geológico encontrou-se dois relevantes resultados, onde o primeiro mostra que a região em estudo possui um substrato rochoso pouco saturado que possuí condições ideais para receber o reservatório decorrente do barramento do curso d'água e o segundo é que este mesmo substrato oferece excelentes condições de suporte para assentamento do maciço de terra que neste lugar almeja-se implantar. Foram coletadas amostras do solo que foram estudadas em laboratório geotécnico por meio de ensaios de caracterização, compactação, permeabilidade, triaxial e adensamento odométrico.

Logo, é possível concluir que o método construtivo da barragem e todos seus procedimentos mostraram-se eficazes, eficientes, e de custo benefício bem acessível no abastecimento de água na região de Itambacuri – MG, onde apresentou boa estabilidade ao longo da vida útil prevista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de Segurança de Barragem – 2011**. Brasília: ANA, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) **ABNT NBR 6459: SOLO** – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro/RJ.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984) **ABNT NBR 7180: SOLO** – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro/RJ.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infraestrutura Hídrica, Unidade de gerenciamento do Proágua/Semiárido. **Diretrizes ambientais para projeto e construção de barragens e operação de reservatórios.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002.

COMITÊ Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB). **XXXII Seminário Nacional de Grandes Barragens**, Salvador, 2019.

COSTA, W. D. **Geologia de barragens**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER - ME 82/94: **Solos - determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

FERREIRA, G. B.; COSTA, M. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T.; CHAVES, V. C.; MENDONÇA, C. E. S. **Sustentabilidade de agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: a percepção dos agricultores na Paraíba**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 6, n.1. Portão Alegre, p. 19-36, 2011.

GUIDICINI, Guido; NIEBLE, Carlos Manoel. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1976.

ITAMBACURI, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Obras. **Dados documentais, informações e projetos da construção da Barragem de Itambacuri.** Itambacuri, 2020.

JEFFERIES, M. G; BEEN, K. ***Soil Loquefaction – A critical state approach***. Londres, Editora *CRC Press*, 2006.

MASSAD, F. Obras **de terra: curso básico de Geotecnia**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MATTOS, D. Aldo. **Planejamento e controle de obras**. Editora Oficina de Textos; 2ª edição, 2019.

PERINI, Daniel Sosti. **Estudo dos processos envolvidos na análise de riscos de barragens de terra**. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. **Mecânica dos solos na prática da engenharia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1962. 659 p.