

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - AVEC  
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL  
COORDENAÇÃO DO CURSO ENGENHARIA CIVIL- BACHARELADO

THALES YTALLO ANASTACIO DE ARAUJO

**BARRAGEM DE SERRO AZUL COMO CONTROLE HÍDRICO DA REGIÃO  
MATASUL – PE**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE  
2021.2

THALES YTALLO ANASTACIO DE ARAUJO

**BARRAGEM DE SERRO AZUL COMO CONTROLE HÍDRICO DA REGIÃO  
MATASUL – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Geotecnia, hidrologia, hidráulica, e recursos hídricos

Orientador(a):

MSC. GUILHERME FERNANDO  
CAVALCANTI PEREIRA

Elaborada por um bibliotecário de acordo com as regras do Código de Catalogação Anglo-Americano vigente. Deverá estar impressa no verso da folha de rosto

**só após defesa e aprovação da banca**

**Feita**



**ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL**  
**COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**ATA DE DEFESA**

Nome do Acadêmico: Thales Ytallo Anastacio de Araujo

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Barragem de Serro Azul como controle hídrico da região Mata Sul - PE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia civil.  
Área de Concentração: Geotecnia, hidrologia, hidráulica, e recursos hídricos

Orientador: Msc. Guilherme Fernando Cavalcanti Pereira

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: \_\_\_\_\_

Julgamento – Nota: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Professor: \_\_\_\_\_

Julgamento – Nota: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Professor: \_\_\_\_\_

Julgamento – Nota: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_. Situação do Acadêmico: \_\_\_\_\_. Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

MENÇÃO GERAL: \_\_\_\_\_

Coordenador de TCC do Curso de Engenharia Civil: Anna Regina Tschá

Credenciada pela Portaria nº 644, de 28 de março de 2001 – D.O.U. de 02/04/2001.  
Endereço: Rua do Estudante, nº 85 – Bairro Universitário.  
CEP: 55612-650 - Vitória de Santo Antão – PE  
Telefone: (81) 3114.1200

Dedico esta monografia em especial a minha mãe e ao meu pai que me apoiaram constantemente e incansavelmente, sem medir esforços, para que eu conseguisse chegar até este momento.

## **AGRADECIMENTOS**

Queria agradecer primeiramente a Deus por essa oportunidade de me proporcionar um momento como esse de conseguir concluir o curso de engenharia civil, pois sem ele não teria chegado até a presente ocasião, em segundo lugar gostaria de agradecer a minha mãe, Maria Vanadja Anastacio de Araujo e o meu pai Rivaldo Guedes de Araujo, por todo apoio em todos os aspectos, do início do curso até o fim, para que eu conseguisse alcançar o objetivo final que era a conclusão do curso com êxito, para finalizar, gostaria de agradecer ao meu orientador professor msc. Guilherme Fernando Cavalcanti Pereira, por todo apoio, paciência e direcionamento para que eu conseguisse elaborar a respectiva monografia de acordo com o que se era almejado.

*“Para ter grandes sonhos e produzir importantes mudanças na sociedade não é preciso ter características genéticas superiores ou privilégios dos gênios.”*

*(CURY,2004)*

## RESUMO

A região Mata Sul do Estado de Pernambuco, é uma localidade sujeita a eventos extremos, em função do seu alto índice de inundações, a recorrência do fenômeno geográfico citado anteriormente, acontece durante as estações do ano em que as precipitações são mais intensas. Especificamente durante o período do ano de 2000 até o ano de 2010, durante o intervalo desses anos, foi uma época em que a população que habita nos municípios de Palmares/PE, Água Preta/PE e Barreiros/PE, sofreu de maneira árdua com os reflexos que foram proporcionados pela variação hidrológica local em função do alto volume de água precipitado em um curto período de tempo. Uma das iniciativas tomadas pelo Governo estadual para que se conseguisse sanar o andamento da continuidade desse fenômeno nessa zona do estado, foi a construção de barragens para que se conseguisse realizar o controle hídrico nessa região, pois era a opção mais cabível para se obter êxito em solucionar ao problema proposto. A barragem de Serro Azul que localizada no interior do estado, no distrito de Serro Azul, município de Palmares, foi a primeira e única contemplada pelo poder público estadual e federal, para ser construída e concluída. Após a conclusão dessa obra, até a presente atualidade o objetivo inicial planejado, foi alcançado, pois o controle hídrico através regulação da vazão, contenção e armazenamento de volume de água da barragem em conjunto com a bacia hidrográfica do rio Una, em conformidade com a variação das estações do ano está sendo realizado de maneira eficaz, e em decorrência disso, cidades dessa área, foram recompensadas satisfatoriamente com a resolução do problema de inundações frequentes, que faziam parte do histórico da população que habitava nesses municípios desse território do estado. A metodologia científica foi realizada através de revisão bibliográfica, e estudo de caso, onde dentro dos resultados conseguiu-se demonstrar de maneira detalhada a metodologia construtiva e os principais desafios de implantação da obra da barragem de Serro Azul, e concluiu-se explanando os impactos positivos que a sociedade dessa região foi contemplada após a construção dessa obra de engenharia.

**Palavras-Chave:** Inundações. Palmares. Rio Una.

## ABSTRACT

The Mata Sul region of the State of Pernambuco is a location subject to extreme events, due to its high rate of flooding, the recurrence of the aforementioned geographic phenomenon, occurs during the seasons in which rainfall is more intense. Specifically, during the period from 2000 to 2010, during the interval between these years, it was a time when the population living in the municipalities of Palmares/PE, Água Preta/PE and Barreiros/PE, suffered severely from the reflexes that were provided by the local hydrological variation as a function of the high volume of water precipitated in a short period of time. One of the initiatives taken by the state government to remedy the continuation of this phenomenon in this area of the state was the construction of dams so that water control could be carried out in this region, as it was the most appropriate option to achieve success in solve the proposed problem. The Serro Azul dam, located in the interior of the state, in the district of Serro Azul, municipality of Palmares, was the first and only one contemplated by the state and federal public authorities, to be built and completed. After the completion of this work, to date the initial planned objective has been achieved, as water control through regulation of the flow, containment and storage of the dam's water volume in conjunction with the hydrographic basin of the Una river, in accordance with the Variation of seasons is being carried out effectively, and as a result, cities in this area were rewarded satisfactorily with the resolution of the problem of frequent flooding, which was part of the history of the population that inhabited these municipalities in this territory of the state. The scientific methodology was carried out through a literature review and a case study, where the results were able to demonstrate in detail the constructive methodology and the main challenges of implementing the Serro Azul dam work, and concluded by explaining the impacts positive that the society of this region was contemplated after the construction of this engineering work.

**Key-Words:** floods. Palmares. unite river.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1-</b> Seção tipo ilustrativa de uma barragem de terra	16
<b>FIGURA 2 -</b> Barragem de terra	16
<b>FIGURA 3 -</b> Barragem de enrocamento	17
<b>FIGURA 4 -</b> Barragem de concreto	17
<b>FIGURA 5 -</b> Barragem mista	18
<b>FIGURA 6 -</b> Barragem de rejeito	18
<b>FIGURA 7 -</b> Vista ilustrativa de uma barragem de terra	20
<b>FIGURA 8 -</b> Corte transversal de barragem de terra homogênea	21
<b>FIGURA 9 –</b> Formas de impermeabilização de uma barragem de enrocamento	22
<b>FIGURA 10 –</b> Impermeabilização a montante através de laje de concreto armado	23
<b>FIGURA 11 -</b> Características de uma barragem de enrocamento	23
<b>FIGURA 12 -</b> Tipos de barragem de concreto	25
<b>FIGURA 13 -</b> Seção típica de uma barragem em CCR	26
<b>FIGURA 14 -</b> Exemplos de barragens mistas	27
<b>FIGURA 15 -</b> Barragem de gabião	28
<b>FIGURA 16 -</b> Barragem de madeira	28
<b>FIGURA 17 -</b> Barragem de alvenaria de pedra	29
<b>FIGURA 18 -</b> Elementos de uma barragem de rejeito	31
<b>FIGURA 19 -</b> Conjunto da Barragem Serro Azul	34
<b>FIGURA 20 -</b> Vista a jusante da barragem de Serro Azul	34
<b>FIGURA 21 -</b> Vista da ombreira direita da barragem de Serro Azul	35
<b>FIGURA 22 -</b> Ombreira direita em CCR	37
<b>FIGURA 23 -</b> Encontro de blocos de rocha em escavação da ombreira esquerda	38
<b>FIGURA 24 -</b> Aterro compactado com proteção vegetal	38
<b>FIGURA 25 -</b> Escavação para fundação em solo mole	39
<b>FIGURA 26 -</b> Encontro de matacões na escavação para fundações	39
<b>FIGURA 27 -</b> Ensecadeira	40
<b>FIGURA 28 -</b> Execução de filtro	41
<b>FIGURA 29 -</b> Galeria livre	42
<b>FIGURA 30 -</b> Válvulas dispersoras	42
<b>FIGURA 31 -</b> Tubulação de saída das válvulas dispersoras	42
<b>FIGURA 32 -</b> Sala de central hidráulica	43

<b>FIGURA 33</b> - Sala de controle	43
<b>FIGURA 34</b> -Galeria livre e válvulas dispersoras em funcionamento	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CCR	Concreto Compactado a Rolo
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
ETA	Estação de Tratamento de Água
FCK	<i>Feature Compression Know</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
SEINFRA-PE	Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco
SRHE/PE	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco
TCU	Tribunal de Contas da União

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Conceitos sobre barragens.....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Tipos de barragens e seus principais elementos.....	19
2.1.1.1 Barragem de terra.....	19
2.1.1.2 Barragem de enrocamento.....	21
2.1.1.3 Barragem de concreto.....	24
2.1.1.4 Barragem mista.....	27
2.1.1.5 Barragem de rejeito.....	29
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Barragem de Serro Azul.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Metodologia construtiva.....</b>	<b>35</b>
4.2.1 Investigações de geologia local.....	35
4.2.2 Fundações.....	38
4.2.3 Hidráulica e drenagem.....	40
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 2000, a região Mata sul do estado de Pernambuco sofreu com inundações, que levaram alguns municípios da referida região a catástrofes ambientais com uma potencialidade de impacto negativo muito elevado, onde a infraestrutura dos municípios, e os próprios munícipes dessas cidades, enfrentaram estado de calamidade pública, anunciado pelo governo do próprio estado. Mais especificamente no ano de 2000, e no ano de 2010 as cidades de Palmares - PE, Água preta - PE e Barreiros - PE, que ficam localizadas na região Mata sul , onde está a bacia hidrográfica do rio Una e que corta essas cidades, foram municípios que sofreram de forma considerável a essas inundações, levando essas cidades à sofrer grandes danos nas edificações, e a população dessas localidades, a perdas na sua infraestrutura, de bens materiais, e até de muitas vidas, que infelizmente foram ceifadas diante de um volume de água sem precedentes que invadiu essa região.

O planejamento da construção das barragens iniciou-se através do governo do estado de Pernambuco em conjunto com a secretaria de recursos hídricos e energéticos de Pernambuco (SRHE/PE), o projeto e a construção de um sistema de cinco barragens de contenção de volume de água, com o intuito de combater as possíveis próximas inundações na região. A maior barragem dentre as cinco projetadas e a única que foi construída, é a barragem de Serro Azul que fica localizada no município de Palmares – PE, situado a 147 km da cidade de Recife, no distrito de Serro azul, localizado a aproximadamente 18 km da cidade de Palmares – PE. A obra da barragem de Serro Azul iniciou-se no ano de 2011 e foi concluída no ano de 2017, a mesma tem capacidade de conter e armazenar um volume de 303 milhões de metros cúbicos de água, e realiza o controle hídrico da bacia hidrográfica do rio Una, com controle da vazão regularizado de 850 l/s para usos múltiplos, assim contemplando de maneira direta com esses benefícios as cidades de Palmares – PE, Água Preta – PE e Barreiros – PE. (TCU, 2016)

Segundo o jornal G1 (Wendel, 2020) em 18 de junho de 2010, choveu em um dia o que era esperado para três semanas na Mata Sul. Devido às enchentes, em todo o estado, 20 pessoas morreram e 82 mil saíram de casa. No total, 67 municípios foram afetados. Palmares foi um dos que teve mais estragos. O rio Una transbordou e subiu quatro metros.

Então qual metodologia construtiva e quais os desafios para se implantar uma obra desse porte no distrito de Serro Azul? Para que se pudesse avaliar as hipóteses da metodologia construtiva utilizada e os principais desafios para se implantar uma obra dessa magnitude nesta

localidade, precisou-se realizar estudos dos aspectos ambientais, geográficos, sociais, econômicos e de engenharia: hidrológica, hidráulica, geotécnica, estrutural, de solos, geológica, de custos e financeira. Uma obra desse porte exige um planejamento muito bem elaborado, de maneira antecipada para que aconteça tudo de acordo com o que regulamenta os órgãos ambientais, as normas técnicas e as boas práticas de engenharia.

O respectivo trabalho tem como objetivo geral demonstrar de maneira sucinta e objetiva a metodologia construtiva para utilizada na realização da obra da barragem de Serro azul, que é detentora da missão de proporcionar o controle hídrico da região Mata Sul do Estado de Pernambuco. E como objetivo específico mencionar os principais desafios para a implantação e construção dessa obra. Como justificativa para falar sobre esse assunto, tem-se a importância da construção e de como construir de uma barragem de contenção de armazenamento de volume de água para uma região, que sofreu de forma intensa com as inundações frequentes no seu histórico.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Conceitos sobre barragens

O projeto de uma barragem, é geralmente pensado e elaborado na finalidade de suprir das mais variadas demandas, e está relacionado a utilizar da potencialidade hídrica de uma bacia hidrográfica e assim proporcionar benefícios a uma respectiva população e região. Como por exemplo através da geração de energia elétrica e abastecimento de água, e etc. Os resultados que se almejam diante de um projeto como esse, geralmente são obtidos através de uma metodologia construtiva que tem como objetivo final a contenção e armazenamento de volume de recursos hídricos de um determinado curso de água. (ANA, 2016)

Para Matos, Silva e Pruski (2012), algumas características relevantes devem ser estudadas e levadas em consideração antes da elaboração do projeto de uma barragem. Como por exemplo: caracterização de bacia hidrográfica, levantamento planialtimétrico de topografia, localização da bacia, relevo, rede de drenagem, geologia, geotécnicos, solos, estudos hidrológicos e geográficos.

De acordo com a ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016. p. 15) uma barragem é uma estrutura em um curso de água, permanente ou temporário, para fins de contenção ou acumulação de água, de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos. Podem ser construídas para irrigação, produção de energia elétrica, abastecimento público, regularização de cheias, contenção de resíduos sólidos, abastecimento de indústrias agropecuárias, piscicultura e recreação, entre outros.

Existem barragens de diferentes características e utilidades, as principais barragens conhecidas, projetadas e construídas são: barragem de terra, barragem de enrocamento, barragem de concreto, barragem mista e barragem de rejeito. Conforme é demonstrado na Figura de 1 a 6. Para se solucionar alguns problemas ou promover uma vida melhor para as pessoas, as mesmas são construídas por variadas finalidades, por exemplo: para a produção de energia, para abastecimento de água de grandes áreas urbanas, industriais, rurais e para cultivo de campos agrícolas, para se fazer o controle hídrico de grande volume de águas pluviais de um determinado território, assim eliminando o risco de inundações numa determinada localidade. Podem ter a finalidade também apenas de fornecer recurso hídrico, para atividades relacionadas

ao turismo e lazer, como prática de desportos náuticos, ou para se construir unidades hoteleiras e para retenção de rejeitos.

Segundo a ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016. p. 15) os principais componentes de uma barragem são a estrutura de retenção ou barramento, a sua fundação e as ombreiras, a zona vizinha a jusante, as estruturas extravasoras, as estruturas de adução e o reservatório.

**FIGURA 1-** Seção tipo ilustrativa de uma barragem de terra



Fonte: ETS marques (2021)

**FIGURA 2 -** Barragem de terra



Fonte: Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 3** - Barragem de enrocamento



**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 4** - Barragem de concreto



**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 5 - Barragem mista**



**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 6 - Barragem de rejeito**



**Fonte:** Fractaleng.com (2020)

## 2.1.1 Tipos de barragens e seus principais elementos

### 2.1.1.1 Barragem de terra

Para Matos, Silva e Pruski (2012), as barragens de terra são comumente construídas em todos os países, são obras com objetivo direto de armazenar e conter volume de água, através de um maciço de solo compactado em formato tradicionalmente trapezoidal. São obras com um grau de complexidade não elevado para se construir. Obviamente que a construção de uma barragem de terra é um desafio como os diversos que existem na engenharia, porém para que se consiga êxito na assertividade da elaboração do projeto e na metodologia construtiva do tipo de barragem em questão, está mais relacionado a escolha de materiais naturais e com boa qualidade, e disponíveis no mais próximo possível dos arredores da obra e até mesmo onde a obra será instalada, para que se possa fazer como empréstimo a utilização dos mesmos. Outros aspectos como: topografia do local, hidrologia e caracterização da bacia devem estar alinhados com as boas práticas de engenharia de construção de barragens de terra para que se consiga um resultado final satisfatório ao final da conclusão de uma obra desse porte.

Matos, Silva e Pruski (2012, p. 26) a princípio apesar de ser a construção de barragens de terra uma obra relativamente simples, que se utiliza de materiais de baixo custo, torna-se imprescindível a observação das normas fundamentais de segurança que tal construção exige, evitando, assim, riscos desnecessários para a população e o meio ambiente.

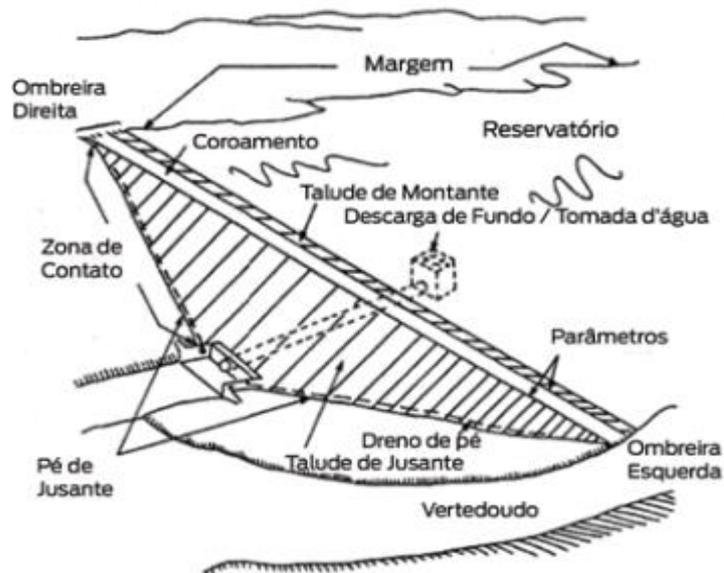
Barragens como essa são geralmente utilizadas para um represamento de um razoável volume de água, quando se ultrapassa do volume de água anteriormente mencionado, outros tipos de barragens geralmente são escolhidos, com intuito preservar a integridade física dos habitantes de uma população e conseqüentemente favorecer uma segurança ao meio ambiente.

Matos, Silva e Pruski (2012, p. 26) precisamente as barragens podem ser construídas para reter toda a água que atravessa determinada seção (no caso de retenção de deflúvio proveniente de precipitações), com formação de açudes, sem retenção de vazão ("a fio d'água"), ou para reter parte da vazão do curso d'água (segundo legislação atual para concessão e uso de água, apenas 1/3 da vazão de um curso d'água pode ser desviado para uso particular), sendo formada, nestes casos, uma represa. Na escolha do local para construção da barragem de terra, devem-se ponderar as vantagens e desvantagens de cada situação, de modo que o local selecionado satisfaça, da melhor maneira possível, a barragem, a represa e o extravasor. Entre as avaliações que se

fazem necessárias estão: estudos geológicos e geotécnicos, além de alguns aspectos topográficos da área de construção do maciço.

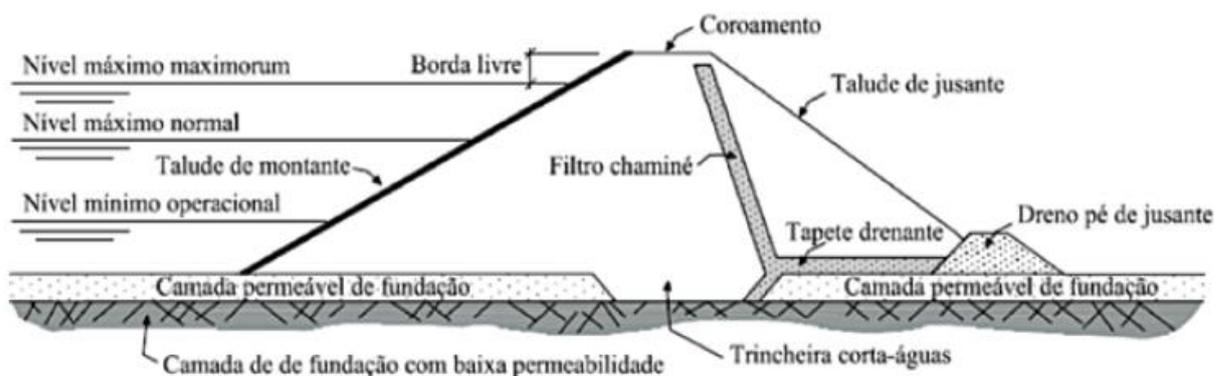
As Figuras 7 e 8 ilustram o modelo de uma barragem de terra, constando toda representação de nomenclatura de todos os elementos que constituem uma barragem, veja a seguir:

**FIGURA 7** - Vista ilustrativa de uma barragem de terra



Fonte: ANA (2016)

**FIGURA 8** - Corte transversal de barragem de terra homogênea



Fonte: ANA (2016)

### 2.1.1.2 Barragem de enrocamento

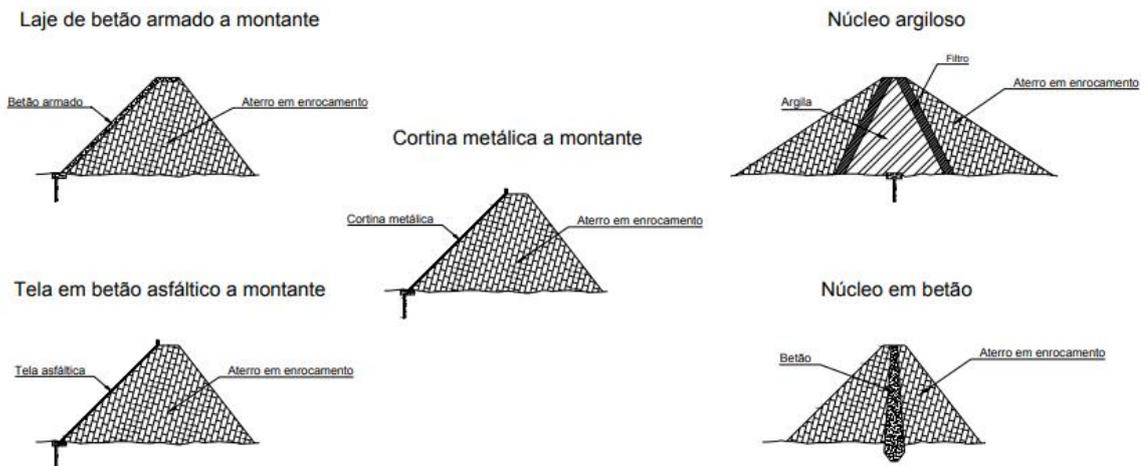
No âmbito da engenharia em todo o mundo as barragens de enrocamento são conhecidas por serem detentoras de uma característica exclusiva, por ser uma barragem construída em função de um agrupamento de blocos derivados de jazidas de maciço rochoso e posteriormente fornecidos por pedreiras. É válido ressaltar que após a extração das rochas, logo em seguida à esse processo, o diâmetro de rocha que é proporcionado posteriormente é diversamente irregular, e das mais distintas dimensões, entretanto para o efeito positivo construtivo do enrocamento os diâmetros característicos viáveis tratam-se do: diâmetro nominal, diâmetro médio ou diâmetro equivalente. (FRANCA, 2002)

Segundo (FRANCA, 2002, p. 20) em barragens de enrocamento é o material enrocamento a formar o corpo principal da estrutura não tendo a função de retenção de águas. A impermeabilidade da estrutura é assegurada por um elemento próprio. O enrocamento pode ser definido como o material de aterro constituído por material rochoso, não coerente e de granulometria com dimensão variada.

As barragens de enrocamento seguem a mesma linha de objetivo final dos outros demais tipos de barragens, que é conter e armazenar água de uma determinada bacia hidrográfica de maneira eficiente, podendo assim proporcionar atributos a uma determinada região como por

exemplo: diminuir risco de inundações, aumento na potencialidade do abastecimento de água e até oferecer atributos ao turismo aquaviário.

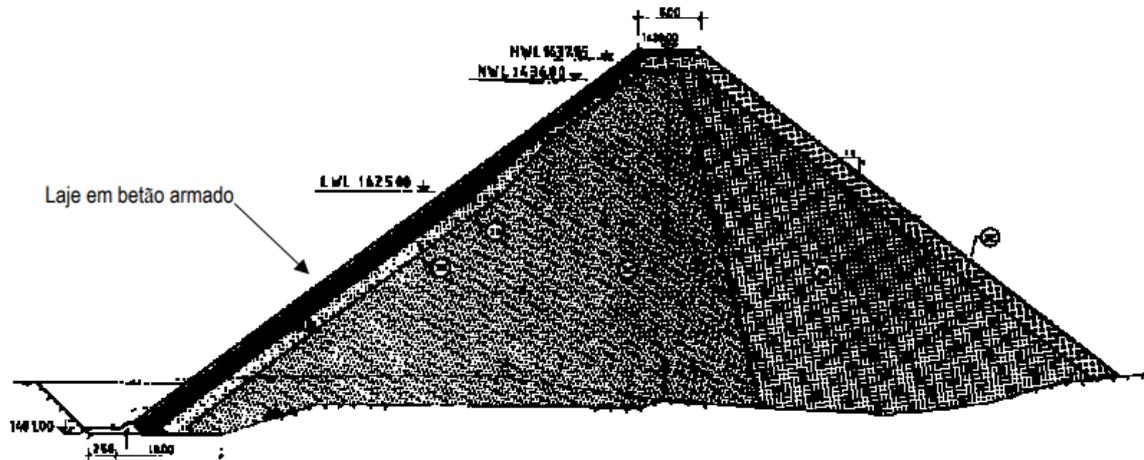
**FIGURA 9** – Formas de impermeabilização de uma barragem de enrocamento



**Fonte:** Franca (2002)

Diante todo conteúdo exposto até o presente momento sobre as barragens de enrocamento, vale salientar que esse tipo de estrutura de contenção, tem como sua principal característica vantajosa o seu sistema de impermeabilização, onde o mesmo é realizado a montante, através de uma laje de concreto armado. Como é representado na Figura 10

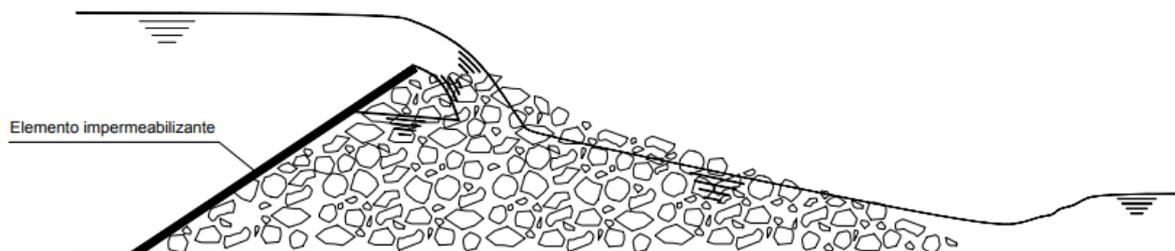
**FIGURA 10** – Impermeabilização a montante através da laje de concreto armado



**Fonte:** Franca (2002)

A seguir na Figura 11, será representado de maneira ilustrativa características de uma barragem de enrocamento, veja:

**FIGURA 11** - Características de uma barragem de enrocamento



**Fonte:** Franca (2002)

De acordo com Martins (1984 *apud* FRANCA, 2002, p. 25) “um determinado enrocamento fica caracterizado com o conhecimento de: dimensões características

(granulometria), parâmetros de forma, parâmetros de heterogeneidade, parâmetros de disposição, peso volúmico (médio)”.

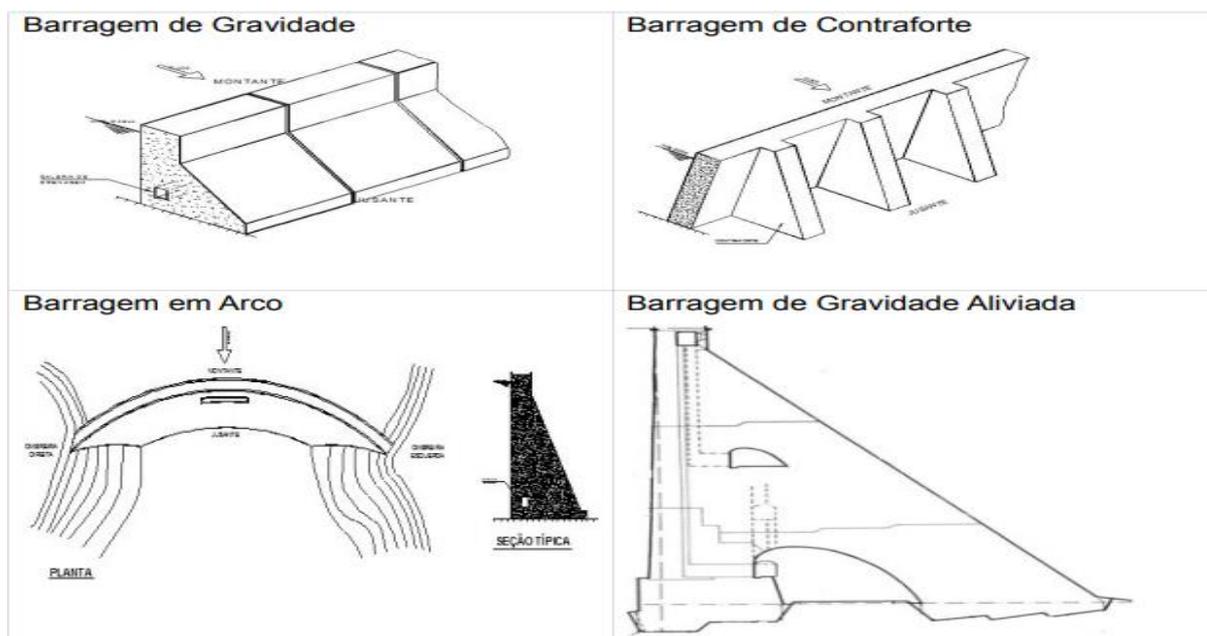
### *2.1.1.3 Barragem de concreto*

Para Possan (2018), a construção de barragens nos antepassados se originou com a utilização de materiais como: alvenaria, pedra e madeira. Entretanto, com o passar do tempo e com a criação e integração do concreto na construção civil foi dado início a construção de barragens de concreto. Sendo esse material proporcionador de um alto índice de durabilidade e que consegue atender aos mais diferentes formatos geométricos, foi consolidado de maneira duradoura e eficiente em grandes obras de barragens em todo o mundo.

Segundo com Possan (2018, p. 11) as barragens de concreto são aquelas construídas essencialmente com materiais granulares naturais (areia) ou produzidos artificialmente (britas), aos quais se adicionam aglomerantes (cimento, pozolanas, etc.) e aditivos químicos (incorporadores de ar, retardador de pega, etc.) Essas barragens classificam-se, segundo sua forma e/ou geometria, em: barragens de gravidade, barragens de contrafortes, barragens em arco ou arco-gravidade, barragens de gravidade aliviada.

A seguir na Figura 12, será demonstrado os mais variados tipos de barragens de concreto, sendo denominadas por barragem de gravidade, barragem de contraforte, barragem de arco e barragem de gravidade aliviada, veja:

**FIGURA 12 - Tipos de barragem de concreto**



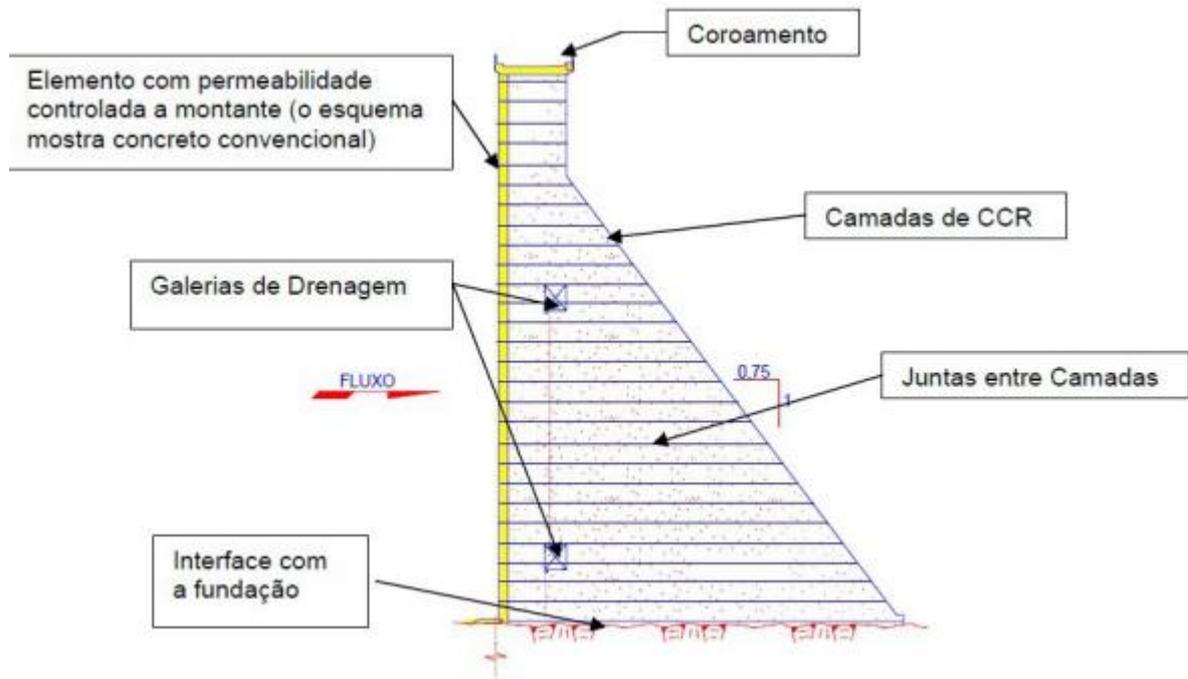
**Fonte:** Possan (2018)

Sabe-se que existem dos mais variados tipos de barragens, entretanto a classificação dos tipos de barragens, pode ser definida em função de sua rigidez, sua geometria, ou pela qual tipologia do material é empregado na construção da mesma.

Tradicionalmente na maioria dos casos, às barragens de concreto tem seu processo executivo construtivo realizado através do uso dos tipos de materiais conhecidos como: concreto ciclópico, concreto armado (concreto + aço), concreto massa e o concreto compactado com rolo (CCR). Mais especificamente ainda dentre os tipos de materiais utilizados para a construção de barragens mencionados na última citação direta, o uso do concreto massa e o concreto compactado a rolo (CCR) ainda se faz mais incisivo em relação a construção de barragem de concreto. Logo será a tipologia de material usado com mais frequência, e que será descrita e aprofundada a seguir. (POSSAN, 2018)

O uso da utilização do CCR (concreto compactado a rolo) é realizado de maneira corriqueira nas obras de barragens de concreto, pois o próprio detém de uma alta intensidade praticidade e agilidade relacionado ao seu processo produtivo e de utilização em relação ao concreto convencional. Diante disto é nítido a obviedade que esse tipo de material atende a aspectos de prazos e menor custo, que é de caráter relevante em uma obra de engenharia, e principalmente de grande porte, como é de uma barragem. (POSSAN, 2018)

**FIGURA 13** - Seção típica de uma barragem em CCR



**Fonte:** Possan (2005)

Segundo Filho (2005 *apud* POSSAN, 2018, p. 35) “a execução CCR aplica os processos executivos utilizados rotineiramente em obras de terra, durante as fases de colocação (com espalhamento) e compactação, os quais são descritos: transporte, espalhamento e compactação.” E de acordo com Mehta; Monteiro (2008 *apud* POSSAN, 2018, p. 38) “preciosamente descrevem as principais características dos materiais e da dosagem do CCR, como segue: aglomerantes, agregados, dosagem do concreto.”

De acordo com Possan (2018, p. 41) para o projeto de barragens de concreto (estruturas hidráulicas) o conhecimento das ações que se esperam compor, os esforços e a estabilidade da estrutura são essenciais. Entende-se por ações as causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. Devido às condições de funcionamento e implantação, as principais ações atuantes em barragens são: esforços verticais (O peso da barragem; Peso da água sobre os paramentos de montante e jusante (atuando sobre os planos inclinados da barragem); Subpressão (esforços ascendentes da pressão d’água oriunda da base); Pressão intersticial da água no concreto; Esforços advindos de sismos.) Esforços horizontais: (Pressão da água no reservatório; Pressão da água de jusante; Esforços provenientes das ondas do reservatório (*wave loads*); Empuxo do material (lodo, sedimento) decantado; Esforços provenientes do atrito; Esforços advindos de sismos.

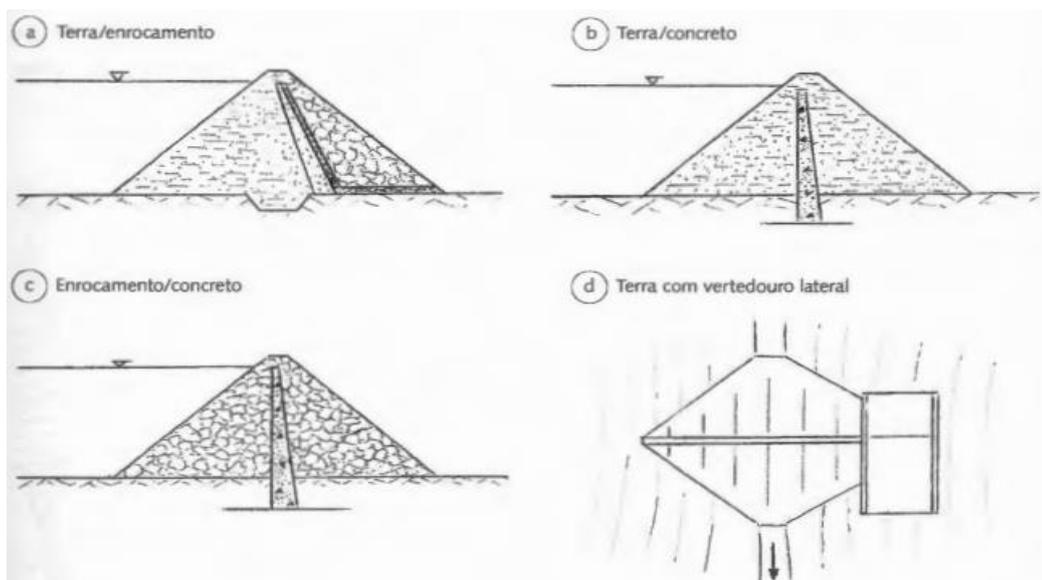
#### 2.1.1.4 Barragem mista

Faz-se necessário da elaboração de um projeto e na construção de uma barragem mista quando não se consegue obter aos resultados esperados da finalidade da construção de uma barragem apenas com o uso de apenas de um material construtivo. A partir daí é feito a junção de dois ou mais materiais diferentes para que se consiga chegar à uma solução eficaz e atender as especificações técnicas de que se deseja atingir no projeto e as boas práticas de engenharia. (COSTA, 2012)

Segundo Costa (2012, p.26) a barragem pode ser considerada mista em sua seção ou em seu traçado. A barragem de seção mista é aquela constituída por diferentes matérias ao longo de uma seção transversal. Os tipos mais conhecidos são: terra/enrocamento; terra/concreto e enrocamento/concreto. A barragem é mista ao longo do seu traçado quando parte da obra é de um tipo e parte, de outro, entre as barragens convencionais. Não se considera barragem mista aquela em que o corpo principal é de terra ou enrocamento e o vertedouro é de concreto mesmo que constitua uma continuidade do traçado

A seguir na Figura 14, será demonstrado exemplificando de maneira ilustrativa os tipos de barragens mistas que podem ser construídas.

**FIGURA 14** - Exemplos de barragens mistas



**Fonte:** Costa (2012)

Dentro do conceito de barragem mista ainda existe uma classificação denominada por não convencionais, não são comumente construídas, porém já se faz presente pelo mundo algumas existentes, e pode servir como opção, sendo elas, por exemplo: barragem de gabião, barragem de madeira, barragem de alvenaria de pedra. A seguir será ilustrado da Figuras 15 a 17 barragens não convencionais.

**FIGURA 15** - Barragem de gabião



**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 16** - Barragem de madeira



**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

**FIGURA 17-** Barragem de alvenaria de pedra

**Fonte:** Ofitexto.com (2013)

#### *2.1.1.5 Barragem de rejeito*

Na última década ficou evidenciado o assunto de barragens de rejeitos, devido os acidentes trágicos que assolaram no Brasil. Porém, esse assunto não se resume apenas a esse fato. Com o alto índice da geração de rejeitos, as barragens de rejeito são construídas com cada vez mais frequência e vem ganhando grande visibilidade, tornando-se obras relevantes quando o assunto é obra de mineração.

Segundo Soares (2010, p. 832) o projeto de barragens de contenção de rejeitos constitui-se em uma especialização inserida no contexto da construção de barragens convencionais. Existem, contudo, algumas diferenças fundamentais entre as tecnologias aplicadas ao projeto e construção das barragens de terra convencionais e as barragens construídas com rejeitos. A construção de barragens de rejeito deve ser um processo continuado, isto é, estendendo-se por praticamente todo o período da atividade mineira, possibilitando um acompanhamento dos resultados e possíveis modificações e aprimoramentos do projeto inicial. Desse modo, pode-se dispor, de forma segura, todos os rejeitos gerados no processamento, minimizando os riscos de acidentes.

Em uma obra de barragem de rejeito não é diferente do que se vê no pensamento inicial em relação a projetos de outros tipos de barragens, a viabilidade de projeto e custos e segurança

são estudos que são realizados incansavelmente para que se possa chegar à decisão final do início de uma obra desse porte.

As barragens de rejeitos seguem o contexto padrão das outras barragens convencionais, entretanto vale ressaltar algumas peculiaridades desse tipo de barragem, como por exemplo: nas barragens de terra, é predominante a utilização de solo compactado, diferentemente do material utilizado em barragens de rejeitos que sua predominância já se dá por meio de material com um alto índice de percentual de água, causados por liquefação com frequência, com tendência de agravamento em proporções indesejáveis. (SOARES, 2010)

Para que se consiga atender os critérios de segurança e de funcionalidade para o qual uma barragem de rejeito seja executada e ao que se almeja no projeto e processo construtivo da mesma, variáveis devem ser levadas em consideração imprescindivelmente, como por exemplo: capacidade de armazenamento de água.

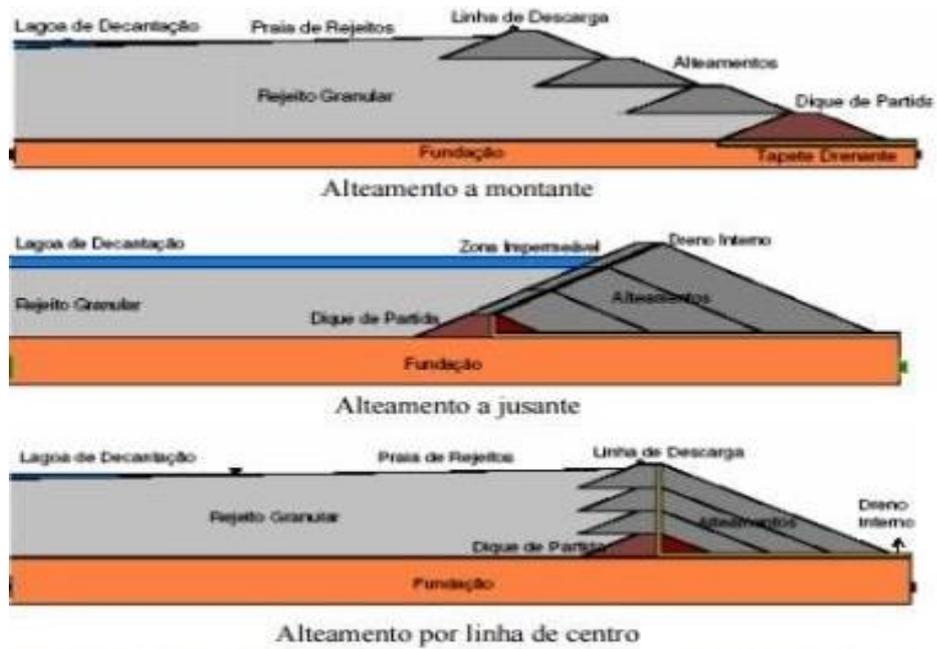
O controle da vazão de uma barragem de rejeito é de fato algo que deve ser monitorado frequentemente e determinado em projeto de maneira eficiente, assim podendo alcançar, objetivos eficazes para o qual destina-se esse tipo de construção.

Para que se encontre a melhor localidade para a instalação de uma barragem de rejeito existem alguns fatores que são diferentes dos outros tipos de barragens, como citado anteriormente as barragens de rejeitos tem suas peculiaridades, como são obras que trazem retornos financeiros para as mineradoras, o estudo prévio realizado para a possível viabilidade de tal obra é realizado em processo rigoroso de avaliação de todos detalhes que envolvem esse tipo de obra de engenharia. (SOARES, 2010)

Outro aspecto importante que se deve levar em consideração para a que a funcionalidade de uma barragem de rejeito seja realizada de maneira satisfatória, é que a prevenção da integridade dos rejeitos aconteça de maneira primordial. Ou seja, deve-se tentar reduzir ao máximo o contato da água derivadas das chuvas com os rejeitos, logo, para que isso aconteça o sistema de drenagem de tal barragem deve funcionar de maneira eficiente, de modo a alcançar o objetivo mencionado anteriormente. (SOARES, 2010)

A seguir na Figura 18, será demonstrado de maneira ilustrativa, os elementos de uma barragem de rejeito.

**FIGURA 18** – Elementos de uma barragem de rejeito



Fonte: (GEOSCAN, 2020)

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa com o objetivo de descrever de maneira detalhada e de aspecto qualitativo para atingir o objetivo de demonstrar a metodologia construtiva da obra da barragem de Serro Azul, que fica situada na região mata sul do estado de Pernambuco. Dentro da revisão bibliográfica as pesquisas foram realizadas através de livros, artigos, monografias, teses de mestrado, sites e vídeos, todos relacionados ao âmbito da engenharia civil. E em função desse embasamento teórico e dos dados que foram obtidos sobre essa obra de engenharia, foi elaborado o estudo de caso.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Barragem de Serro Azul

A barragem de Serro azul é uma grande obra de engenharia que deixou um legado e marcou de maneira relevante a região mata sul do estado de Pernambuco, permitiu através da construção da barragem proporcionar aquela localidade, um grande poder de controle do recurso hídrico daquela região. A barragem de serro azul participou de um plano o governo do estado de Pernambuco que contemplava a construção de 5 barragens, porém a barragem de serro azul, foi a única que foi construída até o momento. A construção dessas barragens tem como objetivo sanar os fenômenos hidrológicos de inundações nessa região, que foi algo muito frequente durante as últimas décadas. A barragem de Serro azul é formada por um conjunto de barragens que é composto por: uma barragem auxiliar, a barragem principal, e a barragem em CCR. A mesma tem capacidade de conter 303.000.00,00 m<sup>3</sup> de água, tem 73m de altura, 1.012.59m de largura, e tem capacidade de inundar uma área de 907 ha, e essa obra em seu projeto foi dimensionada para suportar a maior inundação num período de 100 anos, com tempo de retorno de (195,89 m<sup>3</sup>/s).

A seguir na Figura 20 será apresentado o que acaba de ser citado. Em seguida na Figura 21 e 22 será visto a barragem a partir da sua ombreira direita e a jusante.

**FIGURA 19** - Conjunto da Barragem Serro Azul



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 20** - Vista a jusante da barragem de Serro Azul



**Fonte:** Brasildefato.com (2017)

**FIGURA 21** - Vista da ombreira direita da barragem de Serro Azul



**Fonte:** Compesa.com (2018)

De acordo com o TCU (TRIBUNAL DE CONTA DA UNIÃO, 2016, p. 4) A barragem Serro Azul é a maior das cinco barragens projetadas, com capacidade de represamento de 303 milhões de metros cúbicos de água. Localiza-se no rio Una, proporcionando o controle de enchentes nas cidades a jusante da barragem: Palmares, Água Preta e Barreiros. Além de proteger as cidades contra as cheias, será possível regularizar uma vazão de 850 l/s, para outros usos.

A implantação de uma obra desse porte mesmo com o alto índice de benefícios que fornece a essa região do estado, é algo que requer um grande investimento de recurso Estadual e Federal, é uma obra em que o custo da mesma, as cifras chegam à casa dos milhões, entretanto diante da última inundação no ano de 2010, no ano seguinte 2011, a obra da barragem de serro azul teve seu início.

## **4.2 Metodologia construtiva**

### 4.2.1 Investigações de geologia local

Segundo Neto (2019), de posse do resultado da primeira campanha sondagem para a execução do projeto básico da barragem, onde neste processo foi realizado em torno de mais de 1.500 m de sondagens em conjunto com a investigações geofísicas, chegou-se à conclusão que a solução que mais se adequava ao perfil geológico daquela região, seria a implantação de uma barragem toda em CCR (CONCRETO COMPACTADO A ROLO), com um volume aproximado de 900.000,00 m<sup>3</sup>.

De acordo com Reynolds 2011 (*apud* MACIEIRA, 2009, p. 1) a geofísica é a ciência responsável pelo estudo do interior da terra, na sua totalidade ou em pequenas porções, por sua vez a geofísica aplicada é estudo da crosta a baixas profundidades para fins práticos e muitas vezes económicos. Pela sua versatilidade e importância, estes métodos são também muito utilizados em estudos de arqueologia, geotecnia, engenharia civil, investigações forenses, explorações planetárias, explorações de cariz ambiental, entre outros.

De acordo com Neto (2019), porém quando se deu início às obras, e que se iniciou a segunda campanha de sondagem para se aplicar a execução do projeto executivo, fez-se em torno de aproximadamente mais de 2.500 m de sondagens. A partir daí se foi identificado uma falha geológica, devido à alta complexibilidade geológica da localidade daquela região, e não se conseguiu dar continuidade na solução obtida após a primeira campanha de sondagem que seria uma barragem toda em CCR (CONCRETO COMPACTADO A ROLO). Foi constatado a partir de aproximadamente no leito da bacia hidrográfica, uma rocha que mergulhou onde ficaria localizada o elemento da barragem denominado por: ombreira esquerda. Diante disso vale a ressalva que onde seria implantado a ombreira direita através da segunda campanha de sondagem se encontrou uma rocha Sã aflorante, porém onde seria implantado a ombreira esquerda não se deu continuidade aos resultados geológicos semelhantes, e onde seria implantado a ombreira esquerda foi onde que a rocha mergulhou e foi o momento em que se apresentou a falha geológica, onde o solo ali não dispunha de capacidade de suporte para atender a solução em CCR. De posse dessa descoberta, não foi possível realizar o que se tinha planejado durante a elaboração do projeto básico, que seria uma barragem toda em CCR. Logo o fechamento da ombreira esquerda foi ajustado e adequado, para uma barragem de terra. Assim o valor de 900.000 m<sup>3</sup> de CRR que tinha sido previsto no projeto básico, foi alterado, assim girando apenas em torno de 50% desse valor, e foi inserido em torno de 4.000.000,00 m<sup>3</sup> de aterro compactado. Que diante de toda característica geológica da localidade era a solução que mais se adequava. Há única alteração realizada no projeto executivo em relação ao para o projeto básico foi apenas o reajuste na ombreira esquerda mesmo, todas as condições hidráulicas, hidrológicas, de drenagem e estruturais continuaram sendo mantidas.

Mesmo com a grande quantidade de sondagens e com o auxílio da geofísica e mesmo assim foram mascarados resultados da primeira campanha de sondagem, a real explicação de tal fato é que a região de implantação dessa barragem, é de predominância de muitos matacões de gigantes tamanhos, logo quando se faziam as perfurações de sondagens os resultados obtidos eram que existia rocha sã, porém na verdade eram matacões, esse foi o real motivo do equívoco na primeira campanha de sondagem. Após o processo de secagem do leito do rio foi que ficou visivelmente nítido o problema geológico que havia naquele trecho da obra. (NETO, 2019)

**FIGURA 22** - Ombreira direita em CCR



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 23** - Encontro de blocos de rocha em escavação da ombreira esquerda



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 24** - Aterro compactado com proteção vegetal



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

#### 4.2.2 Fundações

Segundo Neto (2019), em função da falha geológica da localidade de implantação das fundações da obra, foi uma das fases mais desafiadoras da construção, pois além da surpresa inesperada em função do matacão que foi confundido com rocha, ainda houve a presença de solo mole na localidade de escavação das fundações. De acordo é demonstrado na Figura 26.

**FIGURA 25** - Escavação para fundação em solo mole



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 26** - Encontro de matacões na escavação para fundações



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019))

### 4.2.3 Hidráulica e drenagem

Por Neto (2019), nessa obra algumas soluções de sistema de drenagem foram escolhidas para fazerem parte da metodologia construtiva, como por exemplo: canais de aproximação e desvio e galerias de desvio, em conjunto com ensecadeiras de montante e jusante para auxiliar no processo de desvio do curso do rio.

**FIGURA 27** – Ensecadeira



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

Outro elemento que compõe o sistema de drenagem dessa barragem foi o conhecido por filtro vertical horizontal e vertical. Em detalhe será visto em fase a execução do filtro na Figura 32.

**FIGURA 28** - Execução de filtro



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

Segundo Neto (2019), um elemento que é relevante para o sistema hidráulico de uma barragem é conhecido de galeria livre, é um tipo de dispositivo hidráulico, que trabalha de maneira independente, o sistema operacional de controle da barragem não consegue o manuseio do próprio. Ou seja, quando o nível d'água da barragem atinge a cota da galeria livre, acontece o escoamento do fluido de maneira natural, assim proporcionando a área de armazenamento d'água da barragem perca de volume.

Na figura 35 será demonstrado uma vista superior da barragem de Serro Azul, explicitando a galeria livre da barragem de Serro Azul.

**FIGURA 29** - Galeria de descarga livre



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

De acordo com Neto (2019), através de uma sala de central hidráulica, uma sala de controle, se alinhado a flexibilização do manuseio de válvulas dispersoras, em conjunto com sua tubulação de 1.800 mm de diâmetro, é possível se fazer o controle da vazão da barragem de serro azul de maneira eficiente.

Como assim consta a demonstração da figura 36 a 39, e na Figura 40 será demonstrado a galeria livre e válvulas dispersoras permitindo o escoamento e a barragem em funcionamento.

**FIGURA 30** - Válvulas dispersoras



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 31** - Tubulação de saída das válvulas dispersoras



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 32-** Sala de Central hidráulica



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 33-** Sala de controle



**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

**FIGURA 34** - Galeria livre e válvulas dispersoras em funcionamento

**Fonte:** SEINFRA /PE (2019)

Ao se analisar o que foi visto durante todo o decorrer da pesquisa da metodologia construtiva usada para a construção e funcionamento da barragem de Serro Azul em favor da população da região mata sul do Estado de Pernambuco , é pertinente apresentar resultados, para que uma obra de engenharia dessa complexidade aconteça, tanto do âmbito quantitativo, relacionado à volume de serviços e materiais utilizados para se pode construir algo dessa magnitude, tal como o quanto de beneficiamento de maneira direta esse tipo de obra já trouxe a população daquela região, que durante décadas assolou no sofrimento com inundações, culminando em desastres ambientais sem precedentes. A seguir em um quadro, será demonstrado valores relacionados ao consumo de matérias e serviços, que foram usados e executados na obra dessa barragem para que sirva como noção de grandeza e para que se norteie uma ideia do quanto é preciso para o desenvolvimento desse tipo de obra.

**QUADRO 1** – Dados de consumo nos serviços de engenharia

CONSUMO EM SERVIÇOS EXECUTADOS – BARRAGEM SERRO AZUL	
MATERIAL	QUANTITATIVO
CCR	480.000,00 m <sup>3</sup>
CONCRETO CONVENCIONAL	110.000,00 m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÕES	5.000.000,00 m <sup>3</sup>
ATERRO COMPACTADO	4.240.000,00 m <sup>3</sup>
ESCAVAÇÃO EM ROCHA	700.000,00 m <sup>3</sup>
CIMENTO	70.000.000,00 kg
DIESEL	8.730.000,00 l
AÇO	343.000,00 kg
AREIA ARTIFICIAL + AREIA NATURAL	430.000,00 m <sup>3</sup>
BRITA	450.000,00 m <sup>3</sup>

**Fonte:** Adaptado de Neto (2019)

Outro fator importante a ser mencionado é o quão importante e o quanto de aspectos positivos a barragem de Serro Azul, após sua conclusão, já conseguiu proporcionar aos habitantes daquela região. Logo no ano de 2017 após a conclusão da barragem, aconteceu um fato interessante, não surpreendente para a hidrologia daquela região, entretanto serviu como “teste” para obter-se e demonstrar os resultados que todos os envolvidos com a construção da barragem, tal como os favorecidos por ela, sobre o pleno funcionamento da barragem de Serro azul.

Como é de costume naquela região nos meses de maio, junho, julho, as precipitações nessa estação do ano de inverno, tem um alto grau de intensidade, e naquele ano de 2017 não foi diferente, nos respectivos meses mencionados anteriormente no distrito de Serro Azul a barragem já teve seu primeiro enchimento brusco, que aconteceu com menos de 30 dias, com um volume de 130.000.000,00 m<sup>3</sup> de água, dos quais 40.000.000,00 m<sup>3</sup> encheu num intervalo de 4 dias. Entretanto a barragem de Serro Azul após sua conclusão é um reservatório que tem capacidade de conter 303.000.000,00 m<sup>3</sup> de água, e assim conseguiu combater a mais um fenômeno hidrológico daquela região, conseqüentemente, conseguiu favorecer segurança a região mata sul do estado de mais um grande desastre ambiental, como já tinha acontecido durante anos naquele território. (NETO, 2019)

Esses resultados provocam a reflexão após sua conclusão, por que sabe-se que foi uma obra complexa, de um altíssimo poder de investimento dos cofres públicos Estaduais e Federais,

porém, foi uma obra que obteve os resultados que foram almejados desde o início do seu planejamento, que foi favorecer os munícipes daquela região, principalmente a segurança e o bem estar, para que possam viver suas vidas nos próximos anos sem a presença das inundações.

## 5 DISCUSSÃO

Com embasamento em todos os fatos demonstrados no decorrer de todo o trabalho, é válido remeter a discussão da pesquisa ao impacto positivo causado a sociedade em especial as cidades de Palmares/PE, Água Preta/PE e Barreiros/PE que são favorecidos diretamente através da construção da barragem de Serro Azul, em função do controle da vazão que proporciona o escoamento de volume de água para a bacia hidrográfica do rio Uma, e o quanto a construção das outras barragens que fizeram parte do programa do Governo do Estado de Pernambuco da construção das 5 barragens, pode proporcionar tanto para o funcionamento da barragem de Serro azul como, para o beneficiamento das outras cidades, as quais as barragens serão implantadas.

Após a construção e conclusão da barragem de Serro azul, e seu pleno funcionamento de maneira eficiente, a sociedade que habita a jusante da barragem hoje, passou a ser beneficiada, com a minimização de inundações, através das estruturas de contenção e do sistema hidráulico da barragem, que é composto pela galeria de descarga livre, válvulas dispersoras e sua respectiva tubulação. Nos dias de hoje mesmo que em estações do ano de período de precipitações intensas, através desta obra é favorecido a essa região, contenção, armazenamento e escoamento de volume de água de maneira inteligente, sendo o objetivo maior que quando eventualmente houver a possibilidade do risco eminente da cota do nível de água da bacia hidrográfica do Una subir a níveis críticos, devido ao grande volume de água precipitado em um curto espaço de tempo. Uma parcela dessa água é contida e armazenada, pela estrutura de contenção da barragem, e através da regularização da vazão consegue-se proporcionar que o nível de água do leito do rio, não chegue a atingir sua cota máxima de forma brusca, que é quando se caracteriza uma inundação. Desta forma se consegue proporcionar a toda região Mata Sul do estado dignidade para viver, segurança e bem estar.

Para finalizar é válido salientar a importância da construção das barragens que estão inconcluídas, só assim irá se conseguir obter o êxito do controle hídrico de toda região Mata Sul de forma realmente eficiente. A barragem de Serro Azul atualmente consegue oferecer sua contribuição de acordo com sua capacidade de contenção e escoamento de volume de água para as cidades especialmente de Palmares/PE, Água Preta-PE e Barreiros/PE, entretanto, todas outras cidades que tem suas barragens inconcluídas podem se favorecer desse benefício, então é imprescindível que a construção dessas barragens sejam retomadas, para que o controle

hídrico dessa região realmente aconteça de maneira satisfatória e possa oferecer o máximo possível de qualidade de vida e segurança à população que habita nessa região do estado.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A finalidade da pesquisa desde o início foi demonstrar o processo construtivo da barragem de Serro Azul, e seus respectivos benefícios ao grande número de habitantes daquela região do estado de Pernambuco, e o objetivo foi alcançado, de maneira sensata e clara foi evidenciado todos os pontos relevantes relacionados a esse assunto neste trabalho. Foi uma obra de grande complexidade, desafios foram propostos durante a obra, entretanto, o resultado que foi esperado após a execução dessa obra foi alcançado. E hoje a barragem de Serro Azul através de sua capacidade de contenção de volume de água, no que tange a sua responsabilidade, consegue oferecer controle hídrico a essa região do estado com qualidade através da bacia hidrográfica do Una, e quem foi mais beneficiado com tudo isso, foi a população dessa localidade, que atualmente pode levar uma vida longe das inundações que eram frequentes nessa região.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia prático de pequenas barragens**, Brasília DF: ANA, 2016.

BARBOSA. M. **PE: Após construção da barragem de Serro Azul, comunidade de Palmares está sob risco**. 2017. Disponível em <https://www.brasildefatope.com.br/2017/08/15/pe-apos-construcao-da-barragem-de-serro-azul-comunidade-de-palmares-esta-sob-risco>. Acesso em: 10 de dezembro 2021.

CARVALHO, David. **Barragens uma introdução para graduandos**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, /mai. 2011.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Barragem de rejeitos**, Rio de Janeiro RJ: CETEM, 2018.

COMPESA. **Ordem de serviço para a construção da adutora de Serro Azul será assinada em março**. 2018. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/ordem-de-servico-para-a-construcao-da-adutora-de-serro-azul-sera-assinada-em-marco/>. Acesso em: 10 de dezembro 2021.

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

FRACTALENG. **Barragens de rejeitos: Como garantir a segurança dessa estrutura?**. 2020. Disponível em: <https://www.fractaleng.com.br/barragem-de-rejeitos/>. Acesso em: 8 de novembro de. 2021.

FRACTALENG. **Barragem de rejeitos e uma barragem hidrelétrica: Qual a diferença?**. 2021. Disponível em: <https://www.fractaleng.com.br/rejeitos-vs-hidreletrica/>. Acesso em: 8 de novembro de. 2021.

FRANCA, Mário Jorge Pereira. **caracterização e modelação numérica e experimental da ruptura provocada por galgamento de barragens de enrocamento**. Orientador: António Patrício de Sousa Betâmio de Almeida. 2002. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos) – UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA, Lisboa, 2002.

GEOSCAN. **Barragem de rejeito: o que são e como evitar rompimentos**. 2020. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/barragem-de-rejeito/>. Acesso em: 8 de novembro de. 2021.

MACIREIRA, Márcio Rafael Amaral. **Prospecção geofísica aplicada a fins arqueológicos e geotécnicos. – Caso pratico da Nossa Senhora do castelo, Lourinhã**. Orientador: GONÇALVES, Luís; PEREIRA, Bruno. 2019. Dissertação (Mestrado em Geociências – Ramo Valorização de Recursos Geológicos) – Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 2019.

MARQUES, E. **Barragens de terra**. 2021. Disponível em: <https://etsmarques.com.br/2021/01/06/barragens-de-terra/>. Acesso em: 8 de novembro de 2021

MATOS, Antonio; Silva, Demetrius; Pruski, Fernando. I. **Barragens de pequeno porte**. Minas Gerais: UFV, 2012.

NETO, F.L. 1 vídeo (2:01:25 h) **Evolução das Obras da Barragem Governador Eduardo Campos**. Publicado pelo canal Tv Crea – PE, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VcuWYrt8THA/>. Acesso em: 30 de novembro de. 2021.

NETO, Alfredo; CIRILO, Almir; DANTAS, Carlos; SILVA, Edilson. Caracterização da formação de cheias na bacia do rio Una em Pernambuco: simulação hidrológica-hidrodinâmica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 394-403, abr./jun. 2015.

OFITEXTO. **Conheça todos os tipos de barragem**. 2013. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/conheca-todos-os-tipos-de-barragem/>. Acesso em: 8 de novembro de. 2021.

POSSAN, Edna. **Curso de segurança de barragens**. Universidade Federal da Integração Latino - Americana, Foz do Iguaçu, p. 1-62. /out. 2018.

SOUZA, Renato; SOUZA, Jucélio; GOLDFARB, Maurício. **Determinação e análise do perfil longitudinal do rio Uma - PE**. XIX simpósio Brasileiro de recursos hídricos, /nov. 2011.

TRIBUNAL DE CONTAS DE UNIÃO. **Relatório de fiscalização**, Recife - PE: TCU, 2016.

WENDEL, W. **Enchentes que atingiram Palmares completam 10 anos com uma barragem entregue; cinco foram prometidas em 2010**. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2020/06/19/enchentes-que-atingiram-palmares-completam-10-anos-com-uma-barragem-entregue-cinco-foram-prometidas-em-2010.ghtml>. Acesso em: 8 de novembro 2021.