

oficina de textos

Geologia de Barragens

Walter Duarte Costa

Sumário

1 Conceitos introdutórios.....	21
1.1 Critérios de projeto	21
1.2 Objetivos e sua importância no projeto	22
1.2.1 Barragens de regularização	22
1.2.2 Barragens de contenção	22
1.2.3 Incidência dos objetivos no planejamento da obra	23
1.3 Tipos de barragens.....	24
1.3.1 Barragens convencionais.....	24
1.3.2 Barragens não convencionais.....	27
1.4 Conceitos, nomenclatura e terminologia	28
1.5 Arranjo de uma obra de barragem	29
2 Fases e métodos de investigação geológico-geotécnica em barragens	31
2.1 Etapas na vida de uma barragem	31
2.2 Fases de um projeto	31
2.2.1 Inventário ou plano diretor	31
2.2.2 Viabilidade	31
2.2.3 Projeto básico.....	31
2.2.4 Projeto executivo.....	32
2.3 Investigações geológico-geotécnicas em barragens	32
2.3.1 Fase de inventário ou plano diretor	32
2.3.2 Fase de viabilidade	34
2.3.3 Fase de projeto básico.....	37
2.3.4 Fase de projeto executivo.....	39
2.3.5 Observação do comportamento da obra.....	41
3 Aspectos geológicos ligados às bacias hidrográfica e hidráulica	43
3.1 Erosão e assoreamento	43
3.1.1 Erosão	43
3.1.2 Assoreamento	44
3.1.3 Riscos de erosão e assoreamento	45
3.1.4 Medidas preventivas contra a erosão e o assoreamento	46
3.2 Instabilidade de encostas	47
3.2.1 Agentes predisponentes	47
3.2.2 Agentes efetivos	52
3.3 Fugas naturais.....	53
3.4 Sismicidade induzida	54
3.4.1 Causas dos sismos induzidos	55
3.4.2 Estudos preventivos	55
3.5 Contribuições indesejáveis	56

4 Problemas geotecnológicos da fundações de uma barragem	57
4.1 Identificação geológico-geotécnica das fundações.....	57
4.1.1 Caracterização	57
4.1.2 Classificação	64
4.1.3 Compartimentação.....	67
4.1.4 Modelagem	68
4.2 Caracterização geomecânica e hidrogeotécnica das fundações da barragem	72
4.2.1 Deformabilidade ou compressibilidade	73
4.2.2 Estabilidade.....	78
4.2.3 Estanqueidade.....	87
4.2.4 Classificação geomecânica das fundações de uma barragem	96
5 Geotecnia das obras complementares	105
5.1 Canais de adução e restituição.....	105
5.1.1 Caracterização geológico-geotécnica.....	105
5.1.2 Condições de estabilidade	106
5.1.3 Modelo geomecânico de escavação	106
5.2 Vertedouro	106
5.3 Erosão a jusante	108
5.4 Obras subterrâneas.....	111
5.4.1 Tipos de obras subterrâneas	111
5.4.2 Influências da geologia nas obras subterrâneas.....	112
5.4.3 Influência do estado de tensões	116
5.4.4 Influência da geometria do túnel.....	118
5.4.5 Classificação geomecânica	119
5.5 Áreas de acampamento e de canteiro de obras.....	119
5.6 Acessos.....	121
5.7 Ensecadeiras	122
5.7.1 Configuração em planta.....	122
5.7.2 Construção da ensecadeira	123
5.7.3 Aspectos geotécnicos	125
6 Investigações para obras de barragens	127
6.1 Tipos de prospecção	128
6.2 Prospecção indireta.....	129
6.2.1 Eletroresistividade	129
6.2.2 Sísmica.....	137
6.2.3 Georradar (GPR)	145
6.3 Prospecção semidireta.....	149
6.3.1 Sondagem a varejão (SV)	151
6.3.2 Sondagem a trado (ST)	151
6.3.3 Sondagem a percussão (SP)	153
6.3.4 Sondagens rotativas (SR).....	157

6.3.5 Sondagens mistas (SM)	172
6.3.6 Sondagem com rotopercussão	172
6.4 Prospecção direta.....	174
6.4.1 Poços.....	175
6.4.2 Trincheira	177
6.4.3 Túneis.....	179
7 Ensaios e testes.....	181
7.1 Ensaios <i>in situ</i>	181
7.1.1 Ensaios <i>in situ</i> em materiais inconsolidados	181
7.1.2 Ensaios <i>in situ</i> em materiais consolidados	188
7.2 Ensaios de laboratório	202
7.2.1 Ensaios de laboratório em materiais inconsolidados	202
7.2.2 Ensaios de laboratório em materiais consolidados.....	216
8 Tratamento de maciços naturais.....	231
8.1 Métodos de tratamento	232
8.1.1 Substituição dos materiais da fundação.....	232
8.1.2 Injeções	236
8.1.3 Drenagem subterrânea	253
8.1.4 Congelamento	254
8.2 Aplicabilidade de cada método	255
8.2.1 Melhoramento da resistência.....	255
8.2.2 Redução da percolação	255
8.3 Critérios para definir a necessidade de tratamento.....	263
9 Materiais naturais de construção	269
9.1 Tipos de materiais e fontes de obtenção	269
9.2 Materiais pétreos	270
9.2.1 Utilização do material pétreo	270
9.2.2 Pesquisa, exploração e beneficiamento do material pétreo	270
9.2.3 Caracterização do material pétreo	275
9.2.4 Apresentação dos resultados	287
9.3 Material arenoso.....	288
9.3.1 Utilização do material arenoso.....	288
9.3.2 Pesquisa, exploração e beneficiamento do material arenoso	289
9.3.3 Caracterização do material arenoso	291
9.3.4 Apresentação dos resultados	294
9.4 Material terroso	294
9.4.1 Tipos de materiais terrosos e suas aplicações	294
9.4.2 Pesquisa e exploração dos materiais terrosos	296
9.4.3 Caracterização técnica dos materiais terrosos	297
9.4.4 Apresentação dos resultados	298

10 Monitoramento	303
10.1 Inspeção visual.....	303
10.2 Topografia	304
10.3 Instrumentação.....	305
10.3.1 Medição do nível d'água	307
10.3.2 Medição da pressão neutra	308
10.3.3 Medição da tensão total	308
10.3.4 Medição de deslocamento	308
10.3.5 Medição da vazão	310
10.3.6 Medição de aceleração sísmológica	310
10.3.7 Frequência das medições	311
11 Meio ambiente	313
11.1 Critérios de estudo.....	313
11.2 Fase de projeto	315
11.2.1 Abertura de acessos	315
11.2.2 Execução de sondagens	315
11.2.3 Abertura de túneis	316
11.2.4 Expectativas sociais	316
11.3 Fase de instalação do canteiro, acampamento e acessos.....	317
11.3.1 Impactos gerados pelo canteiro de obras	317
11.3.2 Impactos gerados pelo acampamento	317
11.3.3 Impactos causados pela abertura de acessos	319
11.4 Fase de construção e preparação do reservatório	319
11.4.1 Impactos gerados pela construção	319
11.4.2 Impactos gerados pela exploração de materiais naturais de construção	320
11.4.3 Impactos gerados na preparação do reservatório	320
11.5 Fase de enchimento do reservatório.....	321
11.5.1 Inundação das áreas marginais	321
11.5.2 Redução de água a jusante	321
11.5.3 Modificação da qualidade das águas	322
11.6 Fase de desmobilização do canteiro e do acampamento	322
11.6.1 Desmobilização do canteiro de obras	322
11.6.2 Desmobilização do acampamento	322
11.7 Fase de operação	323
11.7.1 Variação do nível do reservatório	323
11.7.2 Manutenção da infraestrutura remanescente	324
11.8 Estudos ambientais	324
11.8.1 Documentação	324
11.8.2 Licença Prévia (LP).....	325
11.8.3 Licença de Instalação (LI)	325
11.8.4 Licença de Operação (LO)	327

12 Critérios para escolha dos tipos de obras	329
12.1 Topografia	329
12.1.1 Corpo da barragem	329
12.1.2 Vertedouro	329
12.1.3 Desvio do rio	330
12.1.4 Obras auxiliares	330
12.2 Geologia das fundações.....	330
12.2.1 Corpo da barragem	330
12.2.2 Obras auxiliares.....	333
12.3 Materiais naturais de construção.....	333
12.3.1 Localização	333
12.3.2 Quantidade	334
12.3.3 Características técnicas do material.....	334
12.4 Meio ambiente	334
12.4.1 Materiais naturais de construção	334
12.4.2 Áreas inundadas.....	334
12.5 Fase de definição do tipo de barragem	335
Apêndice 1 – Glossário de termos técnicos	337
Apêndice 2 – Principais normas técnicas da ABNT aplicadas a solos e agregados	341
Apêndice 3 – Conversão de unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI) para as principais unidades (Frazão, 2002; Inmetro, 1989)	343
Apêndice 4 – Barragens que tiveram a participação do autor	345
Bibliografia recomendada	348
Referências bibliográficas	351