

CARLOS MANOEL NIEBLE
GUIDO GUIDICINI
LUIZ GUILHERME DE MELLO

BARRAGENS EM
ARENITOS
BRANDOS
NO BRASIL

São Paulo, 2021

2021, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE

Av. Professor Almeida Prado, 532 - Prédio 36 - 2º andar

Cidade Universitária - São Paulo - SP - CEP: 05508-901

Impresso no Brasil

Autores

Carlos Manoel Nieble

Guido Guidicini

Luiz Guilherme de Mello

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa

Rita Motta - Editora Tribo da Ilha



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Nieble, Carlos Manoel

Barragens em arenitos brandos no Brasil / Carlos Manoel Nieble, Guido Guidicini, Luiz Guilherme de Mello. -- 1. ed. -- São Paulo : ABGE, 2021.

Bibliografia

ISBN 978-65-88460-03-0

1. Barragens 2. Barragens em arenitos - Projetos e construção - Brasil 3. Geociências 4. Geologia - Brasil 5. Rochas I. Guidicini, Guido. II. Mello, Luiz Guilherme de. III. Título.

21-79255

CDD-624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia de barragens 624.151

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

A ABGE, os autores, integrantes de equipe, revisores e o editor não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens originados do uso desta publicação.

Todos os direitos reservados à ABGE

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. GÊNESE, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E ESTRUTURAS.....	19
2.1 TERMINOLOGIA	19
2.2 O QUE É O ARENITO E OS TIPOS DE ARENITO	20
2.3 CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO	22
2.4 ESTRUTURAS SEDIMENTARES PRIMÁRIAS.....	23
2.4.1 Estratificação (ou acamamento)	23
2.4.2 Diaclasamento	25
2.5 MUDANÇAS APÓS A SEDIMENTAÇÃO	25
2.5.1 Litificação por diagênese	25
2.5.2 Litificação por cimentação	26
2.5.3 Laterização do arenito	27
2.5.4 Formação de couraças.....	29
2.6 ESTRUTURAS ADQUIRIDAS.....	30
2.6.1 Estruturas de alívio.....	30
2.6.2 Juntas de tração subverticais	31
2.6.3 Diques clásticos	32
2.6.4 Juntas de cisalhamento sub-horizontais	32
2.6.5 Falhas de acavalamento (em bigode).....	33
2.6.6 Cavidades associadas a arqueamento	34
2.6.7 Cavidades de lixiviação e arraste.....	34
REFERÊNCIAS	35
3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS	37
3.1 INTRODUÇÃO	37
3.2 A QUAIS ARENITOS ESTE LIVRO SE REFERE?.....	38
3.3 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.....	43

REFERÊNCIAS	65
4. BACIAS SEDIMENTARES E BARRAGENS EM ARENITOS.....	69
4.1 GÊNESE DAS BACIAS SEDIMENTARES BRASILEIRAS	69
4.2 ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO	72
4.3 PRINCIPAIS BACIAS SEDIMENTARES INTRACRATÔNICAS	73
4.3.1 Bacia do Amazonas.....	73
4.3.2 Bacia do Parnaíba	75
4.3.3 Bacia Sanfranciscana	79
4.3.4 Bacia do Paraná.....	83
4.3.5 Bacia dos Parecis/Alto Xingu	87
4.4 Bacias sedimentares e barragens em arenitos	89
4.4.1 As vertentes de construção de barragens	89
4.4.2 Primeiros empreendimentos em arenitos.....	90
4.4.3 Distribuição geográfica das barragens em arenitos	94
4.4.4 Quadro sinóptico de barragens em arenitos	97
REFERÊNCIAS	105
5. PROBLEMAS GEOTÉCNICOS EM BARRAGENS EM ARENITO	107
5.1 INTRODUÇÃO.....	107
5.2 PROBLEMAS RECORRENTES.....	107
5.2.1 Erodibilidade	107
5.2.1.1 Erodibilidade perante o fluxo interno (erosão tubular, sifona-	
mento, <i>piping</i>)	107
5.2.1.2 Erodibilidade ao fluxo d'água	115
5.2.2 Capacidade de suporte	117
5.2.3 Durabilidade.....	118
5.2.4 Friabilidade.....	119
5.2.5 Perda de resistência à saturação	120
5.2.6 Expansibilidade.....	121
5.2.7 Restrições como agregado	121
5.2.8 Injetabilidade	122
5.2.9 Rebaixamento do lençol freático.....	123
5.2.10 Fragilidade ao desmonte.....	124
REFERÊNCIAS	126
6. ESCARIFICAÇÃO E DESMONTE DE ROCHAS	127
6.1 OS CATÁLOGOS DA EMPRESA CATERPILLAR.....	127

6.2 AS CLASSIFICAÇÕES GEOMECÂNICAS	129
6.3 DESMONTE DE ROCHAS BRANDAS	137
6.4 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	141
6.5 DESMONTE ESCULTURAL (PRÉ OU PÓS OU PERFURAÇÃO LINEAR)	143
6.6 EXPERIÊNCIAS DE ESCARIFICABILIDADE E DESMONTE	143
6.7 RESUMO DA EXPERIÊNCIA BRASILEIRA E INTERNACIONAL	154
REFERÊNCIAS.....	155
7. PERDA DE RESISTÊNCIA POR SATURAÇÃO E CAPACIDADE DE SUPORTE	
- PIPING	157
7.1 PERDA DE RESISTÊNCIA POR SATURAÇÃO E CAPACIDADE DE SUPORTE.....	157
7.2 PIPING.....	166
REFERÊNCIAS.....	175
8. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	177
8.1 HISTÓRICO.....	177
8.2 TIPOS DE REBAIXAMENTO	179
8.2.1 Bombeamento direto	179
8.2.2 Ponteiras filtrantes (well points).....	179
8.2.3 Poços profundos	180
8.2.4 Galerias de drenagem	182
8.3 EXPERIÊNCIAS DE REBAIXAMENTO EM BARRAGENS	184
8.3.1 UHE Curuá-Una	184
8.3.2 PCH Canoa Quebrada	187
8.3.3 PCH Garganta da Jararaca	191
8.3.4 UHE Estreito.....	195
REFERÊNCIAS.....	199
9. INJETABILIDADE E OUTROS DISPOSITIVOS VOLTADOS À INTERCEPTAÇÃO DE FLUXO.....	201
9.1 GENERALIDADES.....	201
9.2 INJEÇÕES QUÍMICAS	203
9.3 INJEÇÃO DE CALDA DE CIMENTO.....	206
9.4 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA.....	214
9.4.1 UHE Colider.....	214
9.4.2 UHE Estreito.....	217
REFERÊNCIAS.....	222

10. TÉCNICAS, PROCEDIMENTOS E DISPOSITIVOS A CONSIDERAR NO PROJETO DE ESTRUTURAS EM ARENITOS BRANDOS	225
10.1 INTRODUÇÃO	225
10.2 FEIÇÕES GEOLÓGICAS QUE AFETAM A SEGURANÇA	226
10.3 PROCEDIMENTOS EM BARRAGENS EM ARENITOS BRANDOS E EM SEUS SOLOS POROSOS	229
10.4 PROCEDIMENTOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO SOBRE ARENITOS BRANDOS	230
10.5 TRATAMENTO DE TALUDES PROVISÓRIOS E DEFINITIVOS.....	236
10.5.1 Velocidade de vibração nas escavações.....	236
10.5.2 Danos ao maciço remanescente.....	237
10.5.3 Generalidades sobre estabilidade de taludes provisórios e definitivos.....	238
10.5.4 Estabilidade de taludes de arenito brando.....	241
10.5.5 Estabilização de taludes em arenitos brandos	242
10.6 TÉCNICAS E DISPOSITIVOS EM OBRAS SUBTERRÂNEAS.....	244
REFERÊNCIAS	251
 11. BIBLIOGRAFIA	255
 MAPA BARRAGENS EM ARENITO NO BRASIL	268