

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos

Barragem Passagem das Traíras



**RIO GRANDE
DO NORTE**
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E DOS RECURSOS HÍDRICOS - SEMARH

2019

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Ordem de Serviço: em 08/02/2019

Empresa Contratada: ACQUATOOL CONSULTORIA

- ✓ **ETAPA 1: Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo; Volume III – Estudos Hidrológicos; Volume IV – Diagnóstico ambiental (entregue em 08/03/2019);**
- ✓ **ETAPA 2: Volume V - Estudo Topográficos, Geotécnicos e Verificações de Campo**
- ✓ **ETAPA 3: Volume II – Peças Gráficas; Volume VI – Especificações Técnicas e Orçamento,**
- ✓ **ETAPA 4: Volumes VII - Manual de Operação e Manutenção; Volume VIII -Plano de Segurança de Barragem; Volume IX - Plano de Ação Emergencial**
- ✓ **ETAPA 5 - RELATÓRIO FINAL**

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Primeira Etapa do Contrato (conforme TR)

Volume I – Memorial Descritivo e de

Cálculo

Volume III: Estudos Hidrológicos

Volume IV: Diagnóstico Ambiental

An aerial photograph of a dam and its reservoir. The dam is a long, straight structure with a series of vertical buttresses, extending from the bottom left towards the top right. The reservoir is filled with greenish water and has some floating vegetation. The surrounding landscape is a mix of green grass and brownish soil with scattered trees and shrubs. The text "Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo" is overlaid on the image in a bold, black, italicized font.

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

- 1) Contextualização e Análise das informações existentes;**
- 2) Análise da Estabilidade da Barragem (condição atual e seções propostas);**
- 3) Levantamento das áreas danificadas e Descrição das Intervenções Propostas (Memorial descritivo)**



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS

CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Principais características – Passagem das Traíras

- ✓ Capacidade aproximada do reservatório: 48 Milhões de m³;
- ✓ Altura da seção vertedora 15 m - Altura do coroamento 22,5 m;
- ✓ Largura do vertedouro principal 130 m (cota 193,32 m);
- ✓ Extensão total da barragem em CCR 424,6 m;
- ✓ Largura do Vertedouro auxiliar 85 m (cota 198,32);
- ✓ Localização: Rio Seridó a 22 km a montante da Cidade Caicó (Municípios de Jardim do Seridó e São José do Seridó);
- ✓ Bacia hidrográfica 23 municípios, 14 potiguares e 9 paraibanos (12% RN)
- ✓ Área total de contribuição de 6.100 km² (14 % do Piranhas – Açú)
- ✓ Bacia Não Controlada outros reservatórios : 1.191 km² (20% bacia afluente);
- ✓ 14 reservatórios > 5 Hm³ - 261 Hm³ (80% da bacia).
- ✓ 5 reservatórios vertem diretamente para a bacia não controlada.



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

**Municípios contidos na
Bacia Hidrográfica de
Passagem da Traíras**

**23 municípios,
14 potiguares e
9 paraibanos**

Nº	Município	Estado	Área do Município	Área do Município na Bacia Hidrográfica	
				(km ²)	%
1	Acari	RN	618,87	618,87	100,00%
2	Carnauba dos Dantas	RN	253,72	253,72	100,00%
3	Cerro Corá	RN	394,53	36,09	9,15%
4	Cruzeta	RN	295,46	294,62	99,71%
5	Currais Novos	RN	855,11	837,32	97,92%
6	Equador	RN	317,65	314,41	98,98%
7	Florânia	RN	492,40	374,66	76,09%
8	Jardim do Seridó	RN	382,27	244,59	63,98%
9	Lagoa Nova	RN	175,35	102,85	58,66%
10	Parelhas	RN	515,47	515,46	100,00%
11	Santana do Seridó	RN	163,57	64,15	39,22%
12	São José do Seridó	RN	166,50	160,86	96,61%
13	Cubati	PB	140,47	140,19	99,80%
14	São Vicente	RN	198,85	197,61	99,37%
15	Tenente Laurentino Cruz	RN	76,46	75,92	99,30%
16	Baraúna	PB	49,01	9,71	19,80%
17	Frei Martinho	PB	243,62	243,61	100,00%
18	Juazeirinho	PB	464,40	71,77	15,45%
19	Nova Palmeira	PB	315,49	312,95	99,19%
20	Pedra Lavrada	PB	329,95	304,90	92,41%
21	Picuí	PB	655,68	593,11	90,46%
22	São José do Sabugi	PB	230,30	60,81	26,41%
23	Seridó	PB	266,66	216,37	81,14%

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Reservatórios inseridos na Bacia Hidrográfica da Barragem Passagem das Traíras

Nº	Reservatório	Área Não Controlada (km ²)	Capacidade (hm ³)	Rio	Próximo Reservatório a Jusante	Distancia do Proximo reservatório a Jusante (km ²)	
1	São Gonçalo	116,07	-	Rio Seridó	Felismina Queiroz	5,4	
2	Tamanduá II (torrões)	33,79	1,40	Rch Cotovelo	Várzea Grande	28,19	
3	Várzea Grande	455,82	21,53	Rio Picuí	Marechal Dutra	38,63	
4	Dourado	478,72	10,32	Rio Currais Novos	Marechal Dutra	21,65	
5	Felismina Queiroz	235,79	2,06	Rio Seridó	Boqueirão de Parelhas	37,4	
6	Tamanduá I	24,25	1,00	Rch Tamanduá	Boqueirão de Parelhas	42,39	
7	Caraibeiras	38,66	2,71	Rch Lagamar	Boqueirão de Parelhas	33,2	
8	Caldeirão	36,10	2,30	Rch Mulungu	Boqueirão de Parelhas	19,51	
9	Boqueirão de Parelhas	994,25	84,79	Rio Seridó	Passagem das Traíras	43,41	36,2%
10	Caldeirão de Parelhas	188,52	9,32	Rch do Galo	Passagem das Traíras	37,7	32,4%
11	Zangarelhas	151,51	7,92	Rch da Areia	Passagem das Traíras	20,64	2,5%
12	Marechal Dutra	1.150,94	44,42	Rio Acauã	Passagem das Traíras	41,58	0,6%
13	Cruzeta	1.003,90	23,55	Rch Cachoeirinha	Passagem das Traíras	23,18	7,7%
14	Passagem das Traíras	1.191,94	49,70	Rio Seridó	-	-	1,5%
	TOTAL	6.100,26	261,02	-	-	-	



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS

CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Resultados (TR= 100, 1.000 e 10.000 anos)

Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 100 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	1.598,19	450,44	1,11	71,82%	289,06	1,66	5,34
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	191,48	120,59	1,02	37,02%	284,68	0,58	1,82
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	414,93	255,87	0,41	38,33%	124,54	1,04	0,96
Dourado	478,72	92,50	96,00	537,94	447,16	1,12	16,88%	94,02	1,52	1,98
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	1.039,02	667,58	0,49	35,75%	301,59	1,82	2,41
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	1.574,36	1.423,43	0,26	9,59%	195,72	2,40	5,08
Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 1.000 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	2.526,28	804,58	1,75	68,15%	289,85	2,45	4,55
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	290,61	197,54	1,54	32,02%	284,91	0,81	1,59
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	641,52	410,51	0,64	36,01%	124,93	1,43	0,57
Dourado	478,72	92,50	96,00	842,22	711,62	1,76	15,51%	94,58	2,08	1,42
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	1.743,21	1.123,27	0,82	35,56%	302,34	2,57	1,66
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	2.646,86	2.381,03	0,43	10,04%	196,71	3,39	4,09
Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 10.000 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	3.455,79	1.207,42	2,39	65,06%	290,61	3,21	3,79
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	390,43	289,48	2,07	25,86%	285,15	1,05	1,35
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	875,85	580,66	0,87	33,70%	125,30	1,80	0,20
Dourado	478,72	92,50	96,00	1.151,07	986,64	2,40	14,29%	95,08	2,58	0,92
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	2.488,88	1.620,79	1,17	34,88%	303,05	3,28	0,95
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	3.804,60	3.394,95	0,62	10,77%	197,62	4,30	3,18
Várzea Grande	489,61	541,00	545,00	1.197,54	801,99	2,45	33,03%	544,20	3,20	0,80
Zangarelhas	151,50	95,00	98,00	332,28	223,93	2,19	32,61%	96,82	1,82	1,18

100 anos ~ 2,6 L/s ha
1.000 anos ~ 4,4 L/s ha
10.000 anos ~ 6,2 L/s ha

Nenhuma
barragem simulada
galgou a montante.
Cruzeta (-0,2 m)

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

MARCO REGULATÓRIO

- **Lei Federal nº 12.334/2010 (Segurança de Barragens)**
- **Resolução CNRH nº 143/2012 (Classificação de barragens por Risco, Dano Potencial e Volume).**
- **Resolução CNRH nº 144/2012 (Diretrizes / Planos).**
- **Resolução ANA nº 091/2012 (PSB's , PAE's , detalhamento, periodicidade, responsáveis).**
- **Resolução ANA nº 236/2017 (Planos, detalhamento, periodicidade, responsáveis)**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

DISPONIBILIDADE DE DOCUMENTOS SOBRE A BARRAGEM

- **Projeto Básico – “As Built” (COTEC, 1994);**
- **Informações sobre Ensaios de materiais (COTEC, 1994);**
- **Especificações técnicas do projetista (COTEC, 1994);**
- **Relatório Final de “Conclusão da Obra ” (DER-COTEC, 1995);**
- **Relatório MI/PRÓ-ÁGUA PSB – 2005;**
- **Relatório ANA / S2ESB – 2015;**
- **Ofício ANA / Controle do Armazenamento – 04/2018**



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS

CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Parâmetros da modelagem

Parâmetros	Valor	Unidade	Fontes / hipóteses realizadas
Peso Específico CCR	2350	kgf/m ³	Projeto / relatório da andamento
Fck2 CCR	1,80	MPa	Relatório de Construção (elevada dispersão não reportada para 90 dias)
Fck1 CCR	1,00	MPa	Condição Crítica de um CCR com 24 anos de vida, evidências de degradação e friabilidde
Ft2 CCR	180,00	kPa	Resistência à Tração estimada CCR Construção (hipótese usual 10% do Fck)
Ft1 CCR	100,00	kPa	Resistência à Tração estimada CCR Degradado (hipótese usual 10% do Fck)
Coesão do CCR Usual	325	kPa	Reduzido do Valor usual em função da baixa resistência na construção (600 kPa)
Coesão do CCR Residual	0	kPa	Situação crítica com perda da coesão por saturação/trincas
Ângulo de Atrito CCR Usual	45	graus	Reduzido do Valor usual em função da baixa resistência na construção (55 graus)
Ângulo de Atrito CCR Residual	35	graus	Situação crítica com redução do atrito interno por saturação/trincas
Eficiência dos Drenos	0%		Situação desconhecida, drenos atualmente obstruídos
Aceleração Sísmica Vertical	0,05	g	Projeto
Aceleração Sísmica Horizontal	0,1	g	Projeto
Lâmina de Vertimento	2	m	Equivalente à cheia de 2004
Tensão Admissível do Solo	5	MPa	Valor reduzido em 50% do valor usual em função da ausência de injeções

1 MPa
(Megapascal)
=
1.000.000
Newton/m²
=
10.000.000
kg/m²
=
1.000 kg /
cm²
=
1 Tonelada /
cm²



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

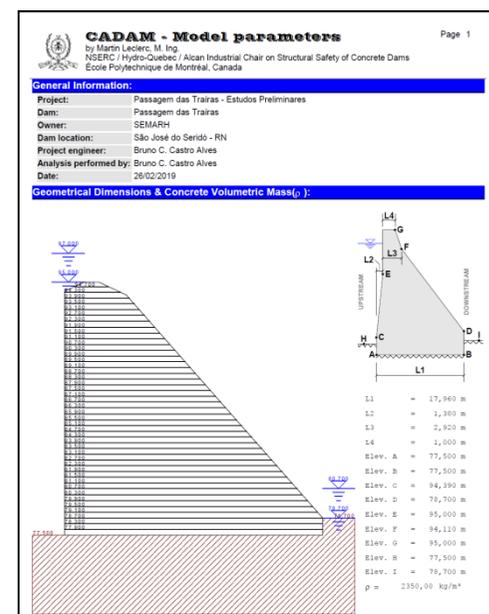
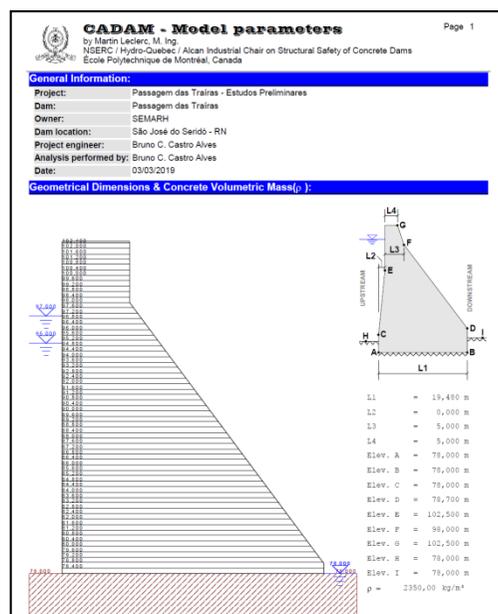
ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Modelo Utilizado: **CADAM**

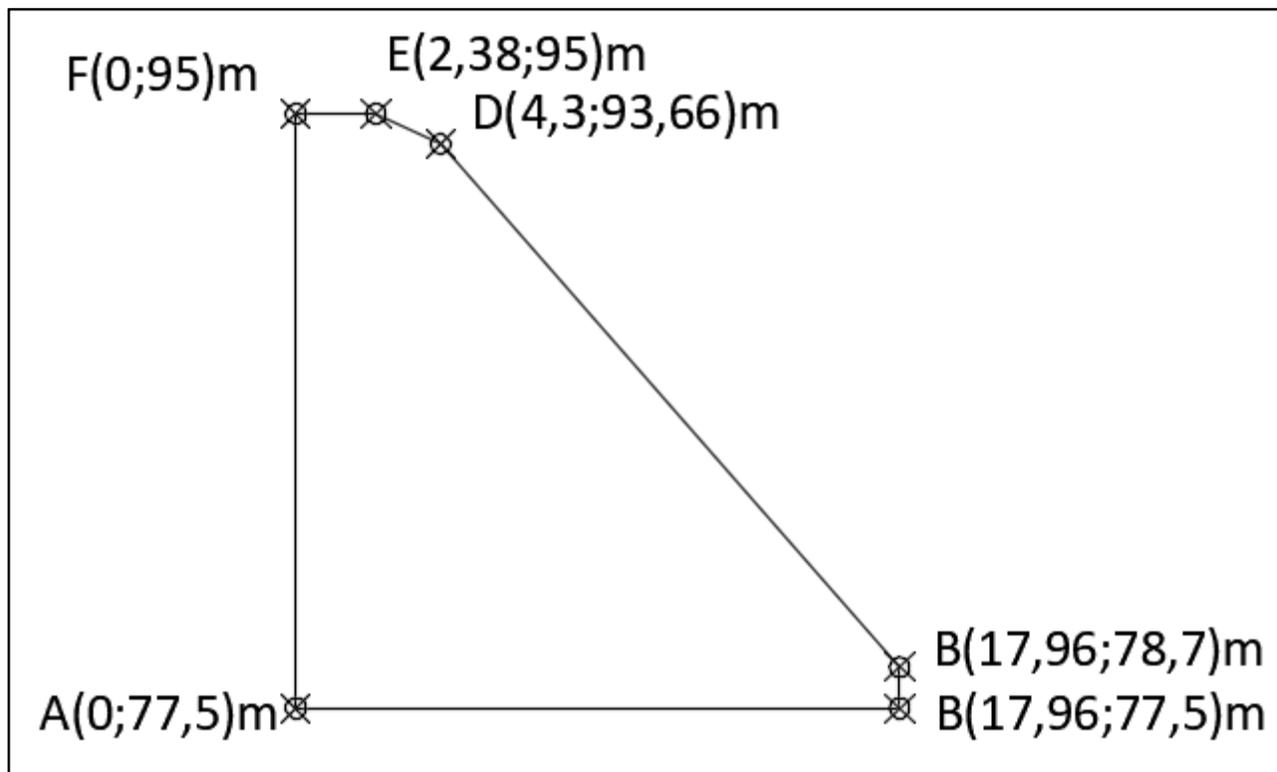
LECLERC, Martin; LÉGER, Pierre; TINAWI, René. Computer aided stability analysis of gravity dams—CADAM. *Advances in Engineering Software*, v. 34, n. 7, p. 403-420, 2003



ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM
Seção Vertedora atual





GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

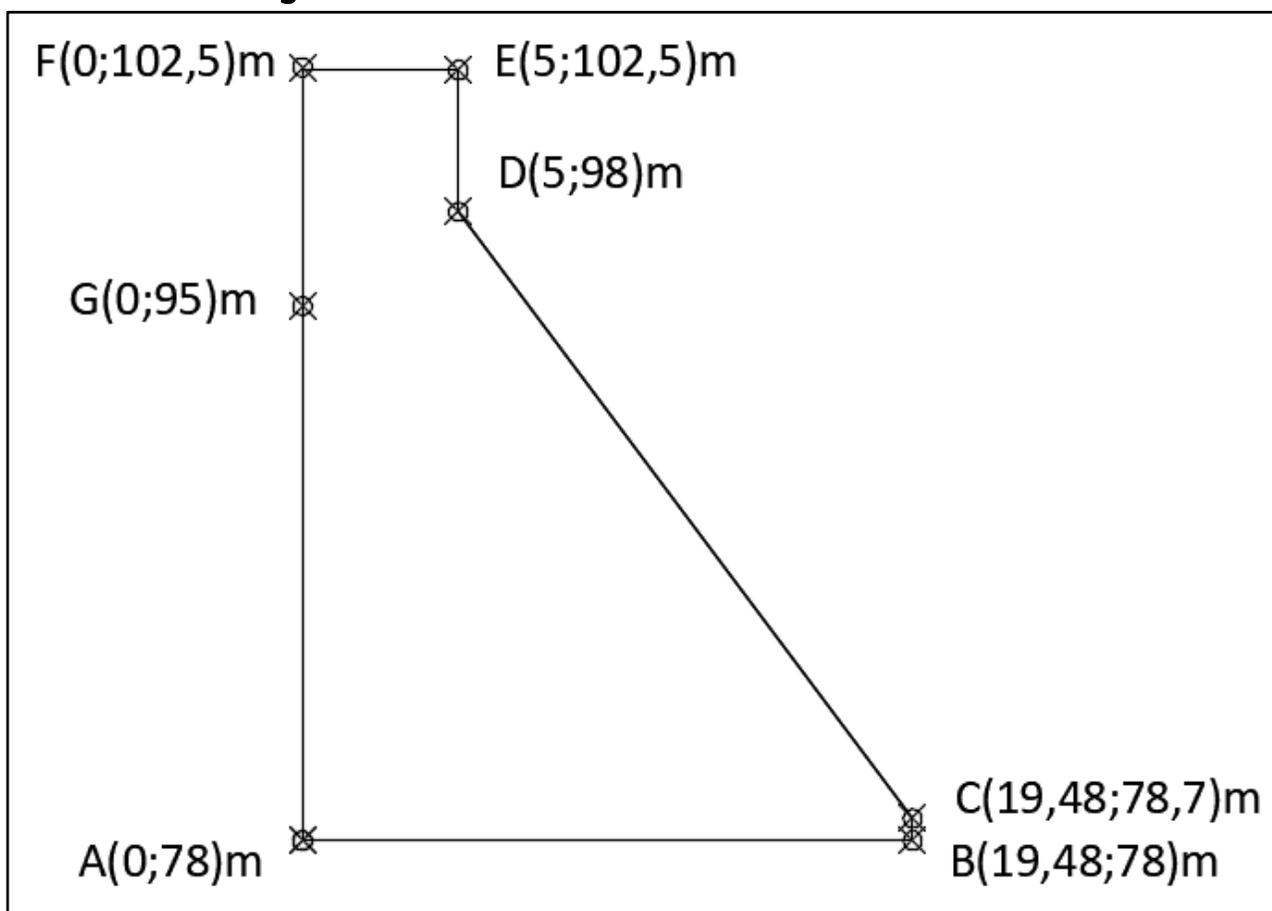
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Seção Não Vertedora atual



**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

**ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM
Hipóteses de carregamento**

Carregamento	Análise	NA do reservatório	Sistema de drenagem	Sismicidade
Reservatório Cheio	1	Acumulação máxima	Drenos inoperantes	Não aplicável
Cheia Máxima 2004	2	Lâmina de Vertimento = 2,0m	Drenos inoperantes	Não aplicável
Reservatório Cheio + Sismo	3	Acumulação máxima	Drenos inoperantes	Abalo sísmico com $\alpha_h = 0,10$ e $\alpha_v = 0,05$ (*)

(*) α_H e α_V : Coeficientes de sismicidade horizontal e vertical, respectivamente, conforme Projeto Original



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Critérios adotados nas análises de estabilidade (USBR – USACE)

f_c	1,00	MPa	Resistência à compressão não confinada do concreto (1 ano)
σ_{adm}	5,00	MPa	Tensão admissível na fundação

Seção	Critérios de Análise					Valores Limites			
	Carregamento	Localização da Resultante	F. S. Mínimo ao Deslizamento	Tensão Máx. na Fundação	Tensão Máx. no Concreto		Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)	
					Compressão	Tração		Compressão	Tração
Seção do Vertedouro	Reservatório Cheio	1/3 central	3	$\leq \sigma_{adm} / 4,0$	0,3 x f_c	0	1,250	0,300	-
	Cheia Máxima 2004	1/2 central	1,7	$\leq \sigma_{adm} / 2,7$	0,5 x f_c	0,6 x $f_c^{2/3}$	1,852	0,500	0,600
	Reservatório Cheio + Sismo	na base	1,3	$\leq \sigma_{adm} / 1,3$	0,9 x f_c	1,5 x $f_c^{2/3}$	3,846	0,900	1,500
Seção Não Vertedoura	Reservatório Cheio	1/3 central	3	$\leq \sigma_{adm} / 4,0$	0,3 x f_c	0	1,250	0,300	-
	Cheia Máxima 2004	1/2 central	1,7	$\leq \sigma_{adm} / 2,7$	0,5 x f_c	0,6 x $f_c^{2/3}$	1,852	0,500	0,600
	Reservatório Cheio + Sismo	na base	1,3	$\leq \sigma_{adm} / 1,3$	0,9 x f_c	1,5 x $f_c^{2/3}$	3,846	0,900	1,500



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Resultados Seção Vertedora ($F'c=1,0$) **Riscos de deslizamento**

Seção	Carregamento	Resultados				%		
		Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)		Tensão Máx. de Cisalhamento no Concreto (MPa)	Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)	
			Compressão	Tração			Compressão	Tração
Seção do Vertedouro	Reservatório Cheio	0,194	0,194	-	0,130	15,55%	64,79%	-
	Cheia Máxima 2004 (2,0m)	0,227	0,227	-	0,154	12,25%	45,37%	-
	Reservatório Cheio + Sismo	0,274	0,274	-	0,188	7,12%	30,42%	-

Seção	Análise	Fator de Segurança Requerido				Fator de Segurança Mínimo			
		Deslizamento		Tombamento	Subpressão	Deslizamento		Tombamento	Subpressão
		Situação Normal	Residual (*)			Situação Normal	Residual (*)		
Seção do Vertedouro	Reservatório Cheio	3,00	1,50	1,50	1,50	5,794	1,336	1,857	2,74
	Cheia Máxima 2004	1,70	1,20	1,20	1,20	4,548	0,970	1,431	1,545
	Reservatório Cheio + Sismo	1,30	1,10	1,10	1,10	4,221	1,024	1,697	2,877



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo
ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM

Resultados Seção Não Vertedora ($F'c=1,0$) Riscos de esmagamento

Seção	Carregamento	Resultados				%			
		Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)		Tensão Máx. de Cisalhamento no Concreto (MPa)	Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)		
			Compressão	Tração			Compressão	Tração	
Seção Máxima	Reservatório Cheio	0,338	0,344	-	0,109	27,05%	114,62%	0,00%	
	Cheia Máxima 2004 (2,0m)	0,268	0,279	-	0,136	14,49%	55,79%	0,00%	
	Reservatório Cheio + Sismo	0,262	0,280	-	0,169	6,81%	31,09%	0,00%	

Seção	Análise	Fator de Segurança Requerido				Fator de Segurança Mínimo			
		Deslizamento		Tombamento	Subpressão	Deslizamento		Tombamento	Subpressão
		Situação Normal	Residual (*)			Situação Normal	Residual (*)		
Seção Máxima	Reservatório Cheio	3,00	1,50	1,50	1,50	7,750	2,299	2,772	3,839
	Cheia Máxima 2004	1,70	1,20	1,20	1,20	6,096	1,765	2,321	3,417
	Reservatório Cheio + Sismo	1,30	1,10	1,10	1,10	5,138	1,582	2,359	4,031

(*) Coesão igual a 0 e ângulo de atrito reduzido em 10°

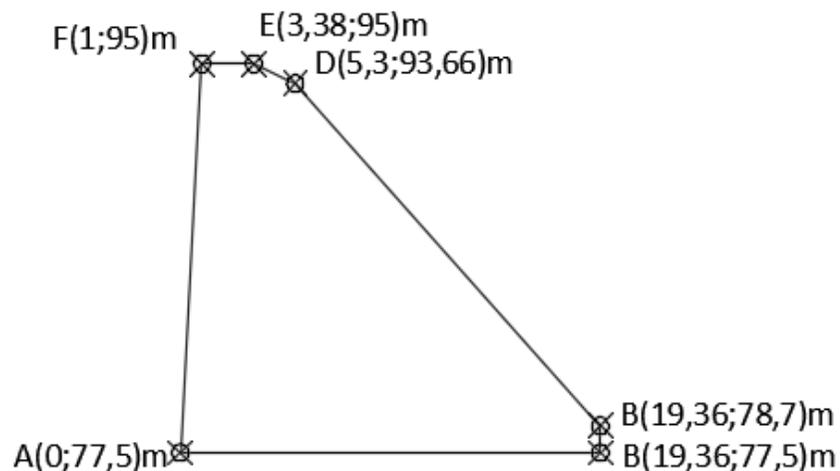


GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

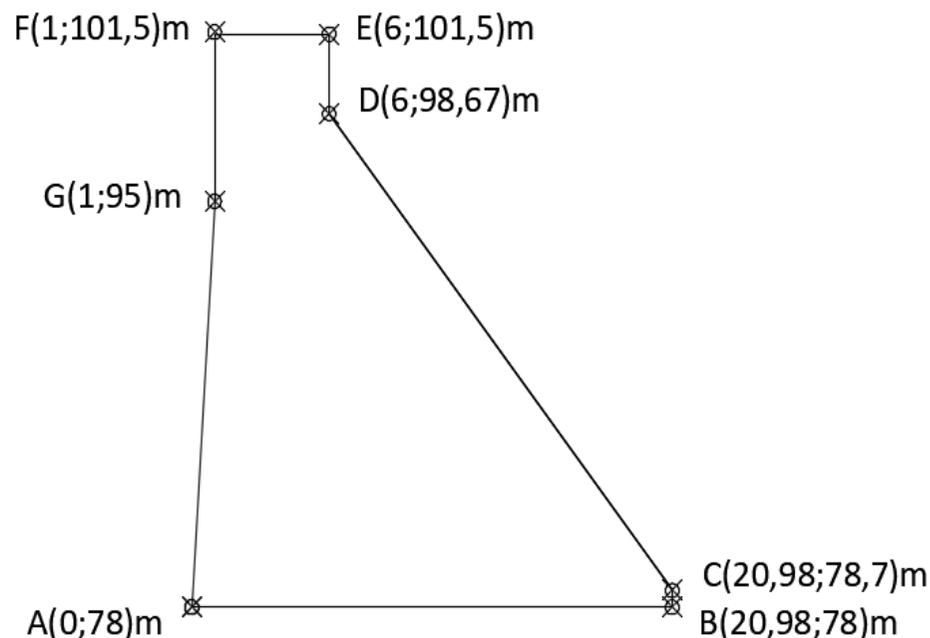
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo **ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM** **Novos perfis para a barragem**



Inclui talude de montante 1/15,
Ajustes no Perfil Creager,
Envelopamento de jusante



Inclui Talude de montante 1/15,
Rebaixamento de 1 m da crista e
Envelopamento de jusante



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DA BARRAGEM Estabilidade dos Novos Perfis

Seção	Carregamento	Resultados				%			Fator de Segurança Mínimo			
		Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)		Tensão Máx. de Cisalhamento no Concreto (MPa)	Tensão Máx. na Fundação (MPa)	Tensão Máx. no Concreto (MPa)		Deslizamento		Tombamento	Subpressão
			Compressão	Tração			Compressão	Tração	Situação Normal	Residual (*)		
Seção Proposta do Vertedouro	Reservatório Cheio	0,188	0,188	-	0,132	10,75%	62,70%	0,00%	6,261	2,143	1,919	2,753
	Cheia Decamilenar (4,3m)	0,240	0,240	-	0,173	9,26%	48,00%	0,00%	3,886	1,199	1,282	1,328
	Reservatório Cheio + Sismo	0,259	0,259	-	0,185	4,81%	28,80%	0,00%	4,513	1,583	1,773	2,896
Seção Proposta Não Vertedoura (Coroamento reduzido -1m)	Reservatório Cheio	0,304	0,310	-	0,101	17,39%	103,21%	0,00%	8,287	3,249	2,748	3,792
	Cheia Decamilenar (4,3m)	0,268	0,268	-	0,172	10,32%	53,52%	0,00%	5,099	1,918	1,941	3,015
	Reservatório Cheio + Sismo	0,261	0,261	-	0,166	4,84%	28,99%	0,00%	5,431	2,165	2,387	3,986

Solução de compromisso > estabilidade implica > peso e > risco de esmagamento por falta Resistência à Compressão

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

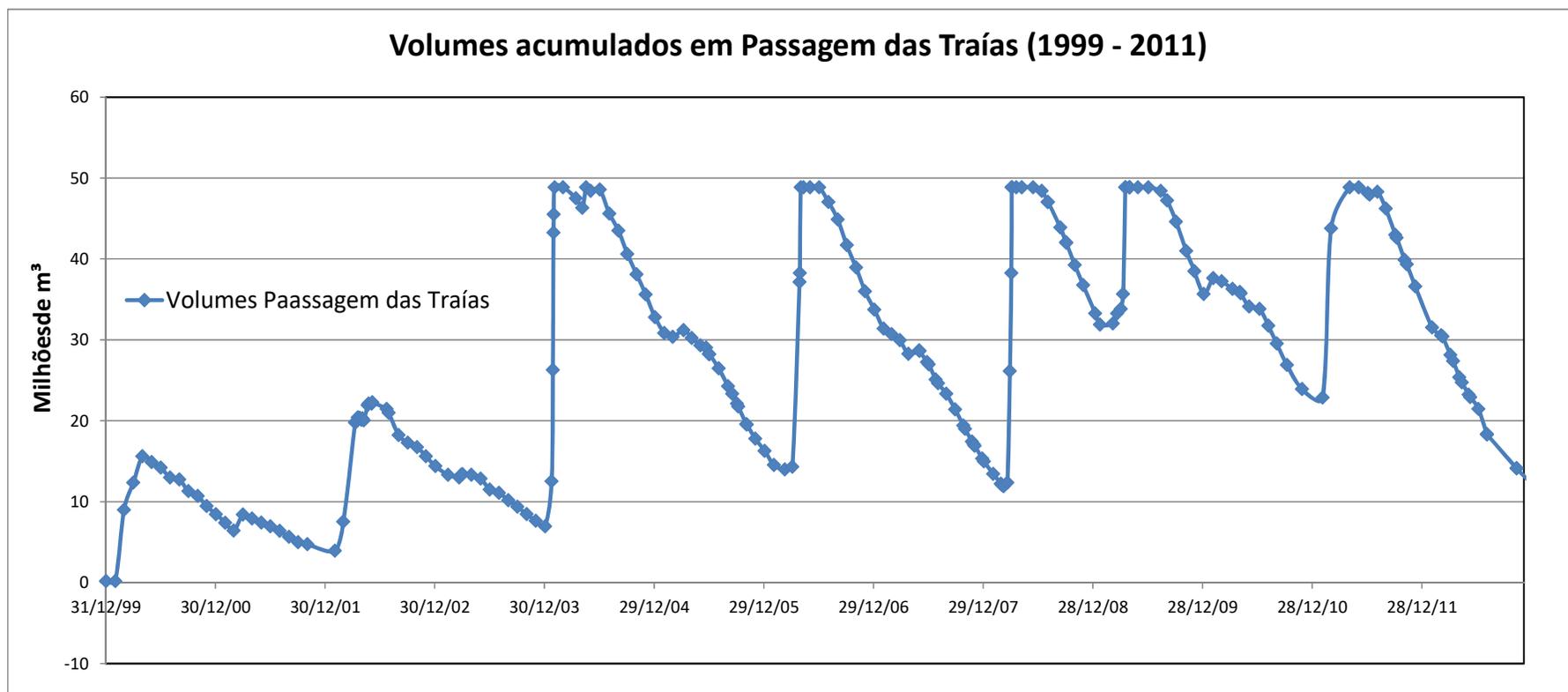
Principais Problemas da barragem

- a) **Falta de execução de concreto de face** ao longo do paramento de jusante nas áreas das seções não vertedoras;
- b) **Ausência de Injeções impermeabilizantes** das fundações da barragem;
- c) **Seções da barragem não seguras** para cargas usuais e não usuais;
- d) **Drenagem interna deficitária.**



ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo **Histórico de vertimentos**



Impossibilidade de manter a barragem abaixo do 6% da capacidade com os equipamentos disponíveis diante de uma enchente



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

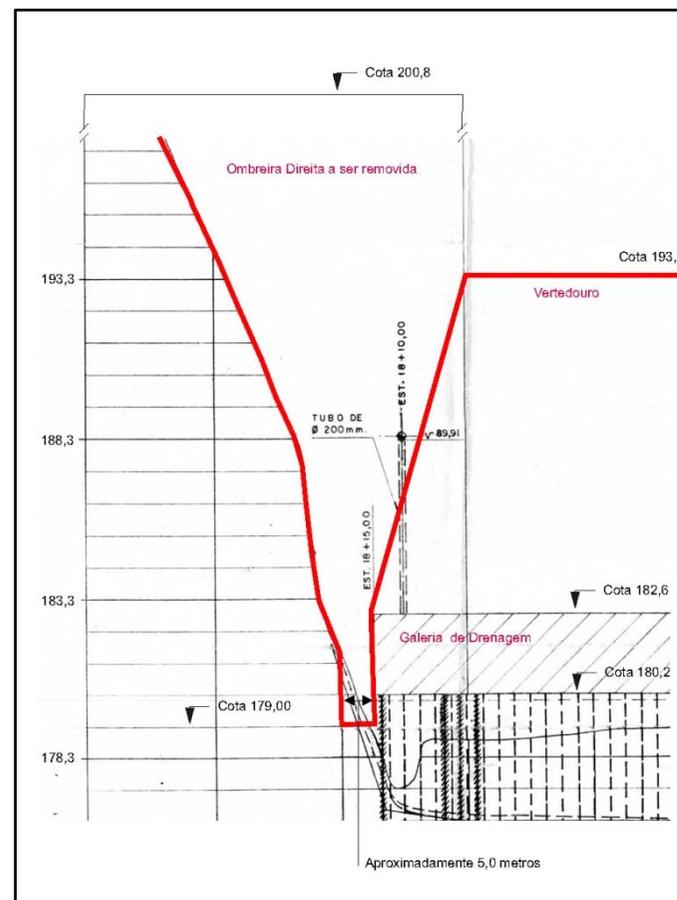
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

1) Abertura de uma Fenda controlada para vertedouro de emergência durante a recuperação da barragem



Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

- 2) Intervenções no Paramento de Montante (V e NV)
Novo paramento oblíquo 1:15;
Ensecadeira de Montante temporária.**
- 3) Intervenções na Seção Vertedora
Adequação do domo Creager para cheias excepcionais
com outra geometria - Envelopamento de jusante**
- 4) Intervenções no Paramento de Jusante e coroamento
das seções NV
Redução do coroamento em 1 m e
Envelopamento do CCR exposto**

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

5) Intervenções na Galeria de Drenos

- **Injeções impermeabilizantes das fundações da barragem (usando drenos existentes);**
- **Reconstrução das paredes da galeria de drenos e da rampa de acesso;**
- **Reconstrução do Sistema de Drenos de profundidade**
- **Reconstrução da calha e mudanças nos exutórios;**
- **Sistema de iluminação, portão de segurança e instrumentação.**



**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

6) Reformas e recuperação da Descarga de Fundo e da Tomada D'Água existentes

- **Intervenções nos trechos envelopados das tubulações;**
- **Tratamento de tubulações, conexões e acessórios de montagem;**
- **Instalação de equipamento destinado ao controle de vazão;**
- **Registros de gaveta;**
- **Equipamentos e controle de montante (comportas);**
- **Grades de proteção;**

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

- 7) Fechamento da Fenda controlada e conclusão dos serviços de recuperação**
- a) Remoção da ensecadeira do paramento de montante;**
 - b) Teste e conferência equipamentos hidromecânicos;**
 - c) Construção de uma nova ensecadeira para bloquear o escoamento na área da fenda.**
 - d) Tratamento das fundações**
 - e) Concretagem do corpo da barragem até atingir o piso da galeria de drenos (cota 180,2).**

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

7) Fechamento da Fenda controlada e conclusão dos serviços de recuperação

f) Implantação de uma nova Descarga de Fundo (1.000 mm)

g) Concretagem do corpo da barragem desde o piso da galeria de drenos (cota 180,2 m) até o topo da nova rampa da galeria localizada na ombreira direita (cota 191).

h) Concretagem do corpo da barragem desde o topo da nova rampa da galeria de drenos (cota 191) até o coroamento na cota 199,8 (rebaixamento de 1 m em relação à cota atual).



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

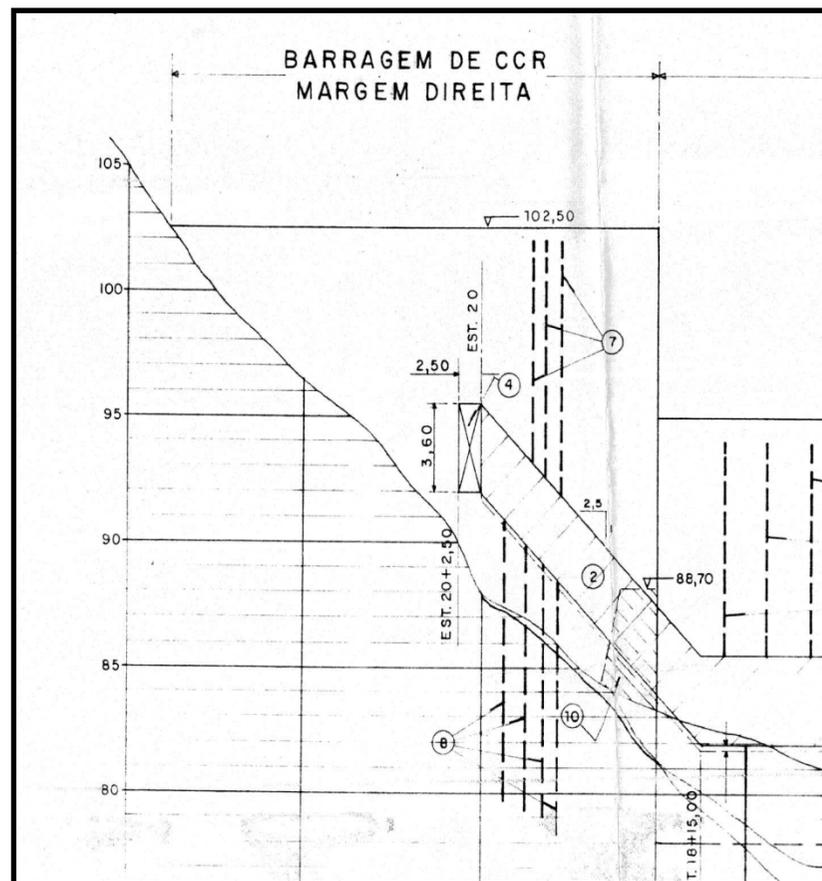
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo

Descrição das Intervenções Propostas

Galeria na Ombreira Direita





GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

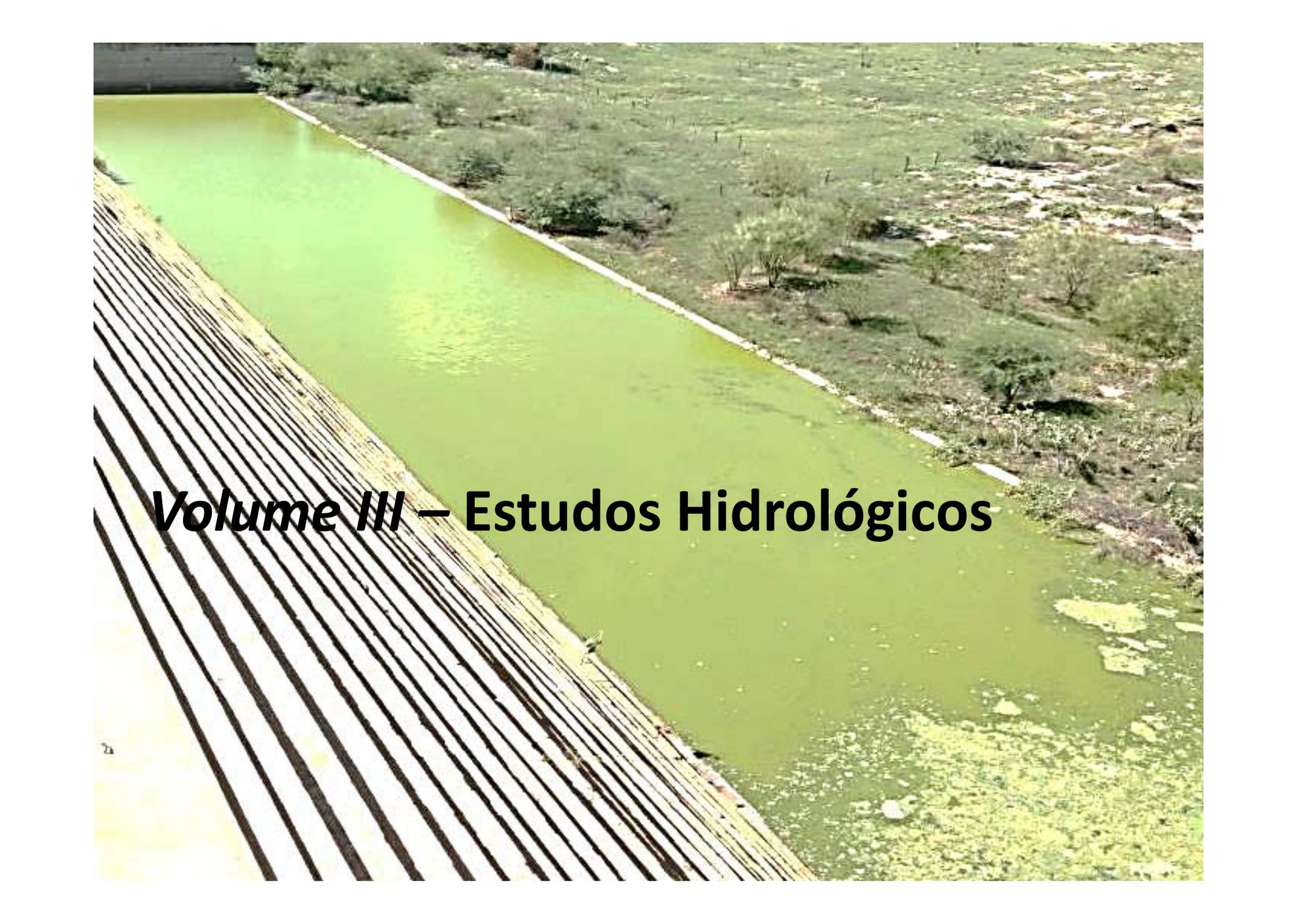
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Equipe Técnica Acquatool Consultoria

Atribuição	Nome da Profissional
Coordenador Institucional e Engenheiro Hidrólogo	Pedro Antônio Molinas - CREA RNP 141167565-7
Coordenador Técnico e Engenheiro Civil	Ernesto Molinas - CREA RNP 060874559-6
Engenheiro Calculista	Bruno Costa Castro Alves - CREA RNP 060693886-9
Engenheiro Geotecnista	Vitor Aderaldo Demétrio de Souza - CREA RNP 060133344-6
Engenheiro Hidromecânico	Valério Ribeiro da Silva Carvalho - CREA RNP 060170771-0
Ambientalista Biólogo	Marcelo de Oliveira Soares - CRBIO 59018/05-D
Ambientalista Comunidades e Meio Ambiente	Alejandra Silvia Bentolila - IBAMA 2511-20
Equipe Auxiliar – Engenharia Civil - Projetista	Lucas Falcão Muniz - CREA RNP 061365953-8
Equipe Auxiliar – Engenharia Civil - Projetista	Guilherme Ramalho Gomez - CREA RNP 061397415-8

OBRIGADO

An aerial photograph of a dam and its reservoir. The dam is a long, straight concrete structure with a series of vertical buttresses, extending from the bottom left towards the center. The reservoir is a large body of water with a greenish tint, occupying the upper left and center. The surrounding landscape is a mix of green vegetation and rocky terrain. The text "Volume III – Estudios Hidrológicos" is overlaid in the center of the image.

Volume III – Estudios Hidrológicos

Volume III – Estudos Hidrológicos

- 1) Contextualização Características Gerais ad Bacia;**
- 2) Estudo de Cheias do Sistema de Reservatórios da Bacia Hidrográfica do Açude Passagem Das Traíras;**
 - a) Discretização Espacial da Área de Estudo (14 sub-bacias);**
 - b) Tempo de Concentração (Kirpich para cada sub-bacia);**
 - c) Postos Pluviométricos com Ajuste Estatístico (27 postos);**
 - d) Intensidade das Precipitações Extremas e Hietogramas;**
 - e) Método de Determinação da Precipitação Efetiva (CN);**
 - f) Propagação em Rios e Reservatórios (Muskingum / Puls);**
 - g) Resultados do Estudo de Cheias.**

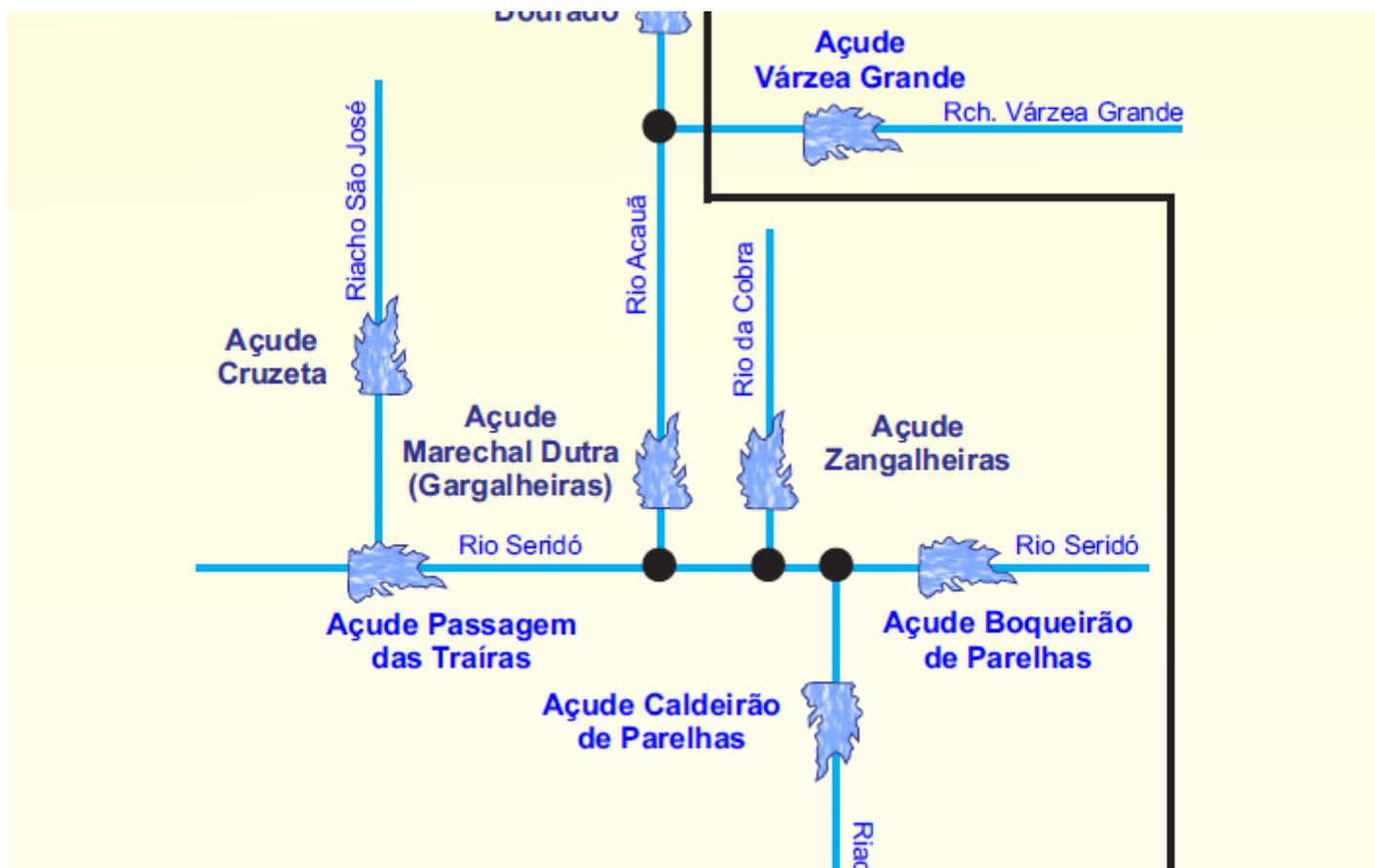


GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos - Discretização Espacial – Diagrama Unifilar



$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos - Tempo de Concentração - Equação de Kirpich

Tabela 2.2. Determinação do Tempo de Concentração

$$T_c = 57 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Discretização em 14 sub-bacias

LAYER	Cota Máxima (m)	Cota Mínima (rio)	Comp. Rio Total (km)	Comp. Rio Bacia Não Controlada (km)	Declividade do Alveo (m/m)	Tc (min)	Tc (horas)
BOQUEIRÃO DE PARELHAS	644.76	266.12	76.96	61.03	0.0062	669.26	11.15
CALDEIRÃO	633.28	524.95	12.43	14.35	0.0075	203.52	3.39
CALDEIRÃO DE PARELHAS	614.13	276.45	42.75	41.30	0.0082	445.48	7.42
CARAIBEIRAS	636.18	494.77	13.76	14.14	0.0100	180.67	3.01
CRUZETA	695.03	215.51	67.47	60.37	0.0079	603.40	10.06
DOURADO	551.44	326.99	84.03	50.06	0.0045	650.99	10.85
FELISMINA QUEIROZ	635.81	516.77	31.36	31.36	0.0038	484.14	8.07
MARECHAL DUTRA	506.54	265.38	110.72	59.87	0.0040	778.62	12.98
PASSAGEM DAS TRAÍRAS	645.72	179.81	159.05	79.14	0.0059	834.07	13.90
SÃO GONÇALO_Seridó	641.36	534.11	18.28	16.68	0.0064	243.08	4.05
TAMANDUÁ I	613.62	541.66	8.93	8.77	0.0082	134.98	2.25
TAMANDUÁ II (TORRÕES)	655.14	536.37	11.87	11.07	0.0107	145.59	2.43
VÁRZEA GRANDE	651.62	381.04	44.28	45.98	0.0059	549.21	9.15
ZAGARELHAS	555.36	214.19	35.31	36.63	0.0093	386.30	6.44

Tempo de Concentração Total em Passagem das Traíras: 31,25 h

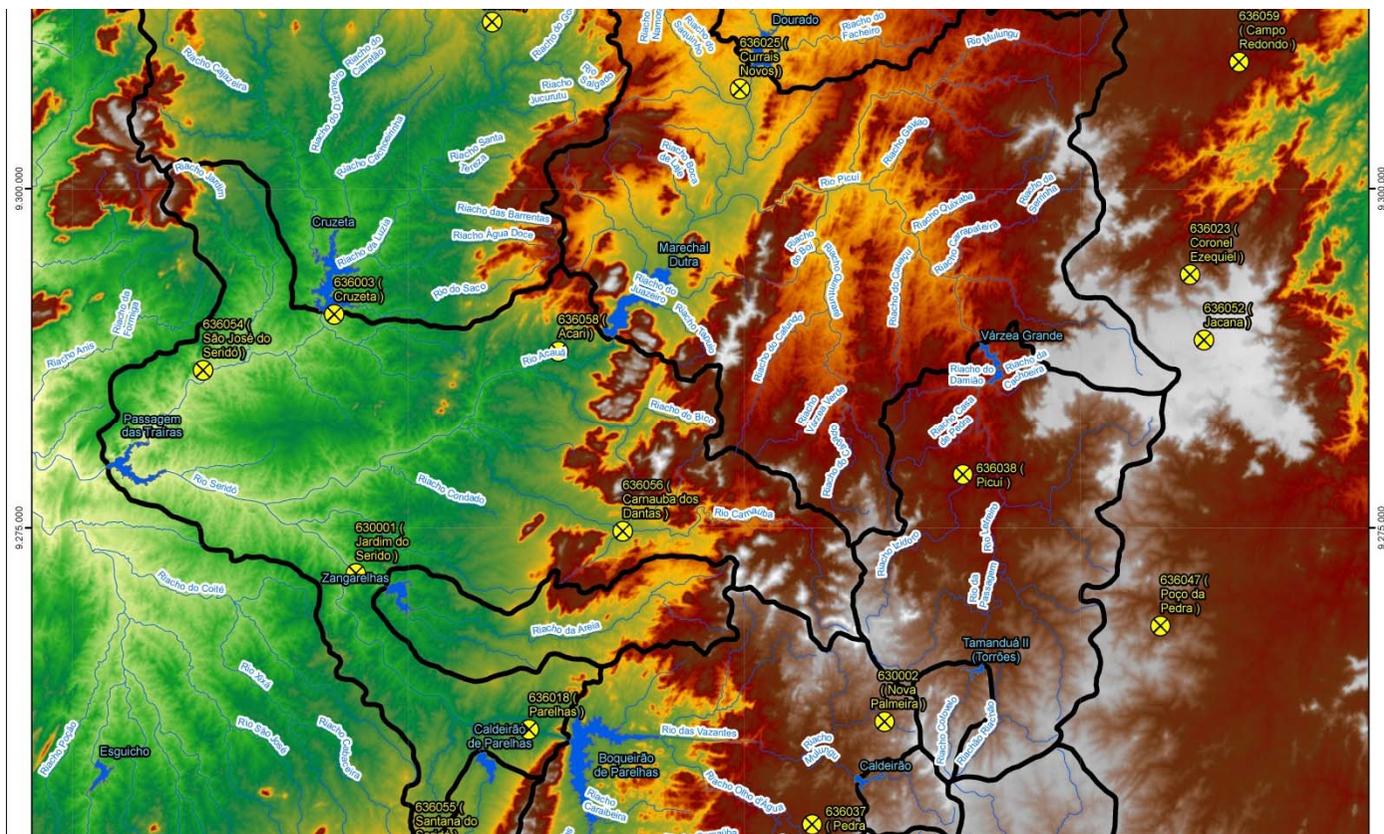


GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos - Discretização Espacial e pluviômetros (27 postos pluviométricos)





GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos - Discretização Espacial e pluviômetros (EMPARN + AESA - 27 postos pluviométricos)

Tabela 2.3. Lista dos Postos Pluviométricos Utilizados

Código	Nome	Orgão Responsavel	Latitude	Longitude	Período de Dados
636058	Acari	EMPARN	-36,64	-6,44	Jan/1963-Dez/2017
630000	Bodo	EMPARN	-36,41	-5,99	Jan/2005-Dez/2017
636059	Campo Redondo	EMPARN	-36,18	-6,24	Jan/2004-Dez/2017
636056	Carnauba dos Dantas	EMPARN	-36,60	-6,56	Jan/1963-Dez/2017
636026	Cerro Cora	EMPARN	-36,35	-6,05	Jan/1963-Dez/2017
636023	Coronel Ezequiel	EMPARN	-36,21	-6,38	Jan/1963-Dez/2017
636003	Cruzeta	EMPARN	-36,79	-6,41	Jan/1963-Dez/2017
636025	Currais Novos	EMPARN	-36,52	-6,26	Jan/1963-Dez/2013
636024	Equador	EMPARN	-36,72	-6,95	Jan/1963-Dez/2017
636005	Floriania	EMPARN	-36,82	-6,13	Jan/1963-Dez/2017
636052	Jacana	EMPARN	-36,21	-6,43	Jan/2005-Dez/2017
630001	Jardim do Serido	EMPARN	-36,77	-6,58	Jan/1963-Dez/2017
636046	Junco do Serido	AESA	-36,70	-6,98	Jan/1994-Dez/2017
636012	Lagoa Nova	EMPARN	-36,48	-6,12	Jan/1963-Dez/2017
630002	Nova Palmeira	AESA	-36,42	-6,68	Fev/1996-Dez/2017
636036	Olivedos	AESA	-36,25	-6,98	Jan/1963-Dez/2017
636018	Parelhas	EMPARN	-36,66	-6,69	Jan/1963-Dez/2017
636037	Pedra Lavrada	AESA	-36,47	-6,75	Jan/1963-Dez/2017
636038	Picuí	AESA	-36,37	-6,52	Jan/1963-Dez/2017
636047	Poço da Pedra	AESA	-36,23	-6,62	Jan/1994-Dez/2002
636048	Riacho do Saco	AESA	-36,87	-6,97	Jan/1994-Dez/2017
636041	Santa Luzia	AESA	-36,93	-6,87	Jan/1994-Dez/2017
636055	Santana do Seridó	EMPARN	-36,73	-6,77	Jan/1963-Dez/2017
636054	São José do Seridó	EMPARN	-36,88	-6,45	Fev/1963-Dez/2017
636010	São Vicente	EMPARN	-36,68	-6,22	Jan/1963-Dez/2017
630003	São Vicente do Seridó	AESA	-36,40	-6,93	Jan/1994-Dez/2017
636050	Tenente Laurentino	EMPARN	-36,72	-6,15	Jan/1992-Mar/2007

**Duração máxima
das séries de
chuvas 54 anos**



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos - Discretização Espacial e Chuva Média nas Bacias (1 dia)

Tabela 2.6. Distribuições de probabilidade selecionadas para ajuste das precipitações máximas diárias para 100 , 1.000 e 10.000 Anos

Reservatório	Distribuição Gamma			
	Distribuição Selecionada	100 Anos	1000 Anos	10000 Anos
		0.01	0.001	0.0001
Boqueirão de Parelhas	Gamma	105.61	131.81	156.11
Caldeirão de Parelhas	Gamma	99.38	119.94	138.72
Caldeirão do Seridó	Gamma	135.38	172.40	207.07
Caraibeiras	Gamma	139.84	176.57	210.84
Cruzeta	Gamma	89.18	106.44	122.10
Dourados	Gamma	142.77	179.52	213.72
Felismina Queiroz	Gamma	121.90	156.18	188.36
Marechal Dutra	Gamma	94.31	117.05	138.08
Passagem das Traíras	Gamma	82.33	98.56	113.32
São Gonçalo	Gamma	140.42	178.40	213.92
Tamandua 1	Gamma	147.73	185.92	221.49
Tamandua 2	Gamma	117.28	146.56	173.74
Varzea Grande	Gamma	108.26	135.78	161.37
Zagarelhas	Gamma	93.26	112.01	129.08



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Intensidades de chuvas $T_r = 100$ anos Método Torga Torrico

Tabela 2.10. Intensidade das tormentas nas sub-bacias analisadas com base na metodologia de Torga Torrico (T_r 100 anos)

Sub-Bacia	Isozona	Precip. 1 dia (mm)	Precip. 2 dias (mm)	Coef Espacialização	Altura de tormenta (mm)											
					00:06	00:15	00:30	00:45	01:00	02:00	03:00	06:00	12:00	24:00	48:00	
					0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	3,00	6,00	12,00	24	48	
Boqueirão de Parelhas	D	131,81	171,66	0,81	11,75	25,74	36,32	42,51	46,90	62,31	71,32	86,73	102,53	117,54	153,08	
Caldeirão de Parelhas	E	119,94	165,06	0,90	13,25	27,24	37,81	44,00	48,39	63,64	72,56	87,82	103,07	118,32	162,83	
Caldeirão do Seridó	D	172,40	226,14	1,00	18,96	41,53	58,60	68,58	75,67	100,52	115,07	139,92	164,78	189,64	248,75	
Caraibeiras	D	176,57	207,03	1,00	19,42	42,53	60,02	70,24	77,50	102,96	117,85	143,31	168,77	194,23	227,73	
Cruzeta	E	106,44	138,77	0,78	10,29	21,15	29,37	34,17	37,58	49,42	56,35	68,20	80,04	91,88	119,80	
Dourados	D	179,52	215,06	0,81	15,92	34,86	49,19	57,58	63,52	84,39	96,60	117,47	138,34	159,20	190,73	
Felismina Queiroz	D	156,18	208,98	0,93	16,03	35,11	49,54	57,98	63,97	84,99	97,28	118,30	139,31	160,33	194,54	
Marechal Dutra	D	117,05	130,75	0,80	10,34	22,65	31,97	37,41	41,28	54,84	62,77	76,33	89,89	103,45	115,57	
Passagem das Traíras	E	98,56	145,60	0,82	9,93	20,41	28,34	32,97	36,26	47,69	54,38	65,80	77,22	88,66	110,97	
São Gonçalo	D	178,40	213,92	0,94	18,48	40,47	57,10	66,83	73,74	97,96	112,13	136,36	160,58	184,81	221,61	
Tamandua 1	D	185,92	241,17	1,00	20,45	44,79	63,19	73,96	81,60	108,41	124,09	150,90	177,71	204,51	265,29	
Tamandua 2	D	146,56	194,97	1,00	16,12	35,30	49,81	58,30	64,33	85,46	97,82	118,95	140,08	161,22	194,47	
Varzea Grande	D	135,78	196,10	0,84	12,50	27,38	38,63	45,21	49,88	66,27	75,85	92,24	108,63	125,01	160,54	
Zagarellhas	E	112,01	160,75	0,92	12,71	26,11	36,26	42,19	46,40	61,02	69,58	84,20	98,82	113,45	162,81	



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Intensidades de chuvas $T_r = 1.000$ anos Método Taborga Torrico

Tabela 2.11. Intensidade das tormentas nas sub-bacias analisadas com base na metodologia de Taborga Torrico ($T_r 1.000$ anos)

Sub-Bacia	Isozona	Precip. 1 dia (mm)	Precip. 2 dias (mm)	Coef Espacialização	Altura de tormenta (mm)											
					00:06	00:15	00:30	00:45	01:00	02:00	03:00	06:00	12:00	24:00	48:00	
					0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	3,00	6,00	12,00	24	48	
Boqueirão de Parelhas	D	156,11	202,55	0,81	13,92	30,48	43,02	50,34	55,55	73,79	84,47	102,72	120,95	139,21	180,63	
Caldeirão de Parelhas	E	138,72	191,97	0,90	15,33	31,50	43,73	50,89	55,97	73,61	83,92	101,56	119,20	136,84	189,37	
Caldeirão do Seridó	D	207,07	271,56	1,00	22,78	49,88	70,38	82,37	90,88	120,74	138,20	168,06	197,92	227,77	298,71	
Caraibeiras	D	210,84	246,96	1,00	23,19	50,79	71,66	83,87	92,54	122,94	140,72	171,12	201,92	231,92	271,65	
Cruzeta	E	122,10	157,50	0,78	11,81	24,26	33,69	39,20	43,11	56,70	64,65	78,24	91,81	105,41	135,97	
Dourados	D	213,72	255,02	0,81	18,95	41,51	58,57	68,55	75,63	100,47	115,01	139,85	164,70	189,54	226,16	
Felismina Queiroz	D	188,36	252,07	0,93	19,34	42,34	59,75	69,93	77,15	102,50	117,33	142,67	168,02	193,37	238,77	
Marechal Dutra	D	138,08	144,27	0,80	12,20	26,73	37,71	44,14	48,69	64,69	74,05	90,05	106,05	122,04	152,52	
Passagem das Traíras	E	113,32	167,69	0,82	11,42	23,47	32,58	37,91	41,69	54,83	62,52	75,66	88,81	101,94	125,85	
São Gonçalo	D	213,92	256,46	0,94	22,16	48,53	68,47	80,14	88,42	117,47	134,46	163,51	192,55	221,61	265,67	
Tamandua 1	D	221,49	288,56	1,00	24,36	53,35	75,28	88,11	97,21	129,15	147,83	179,77	211,70	243,64	297,41	
Tamandua 2	D	173,74	231,40	1,00	19,11	41,85	59,05	69,11	76,25	101,31	115,96	141,01	166,05	191,11	234,54	
Varzea Grande	D	161,37	234,91	0,84	14,86	32,54	45,91	53,73	59,28	78,76	90,15	109,62	129,10	148,57	181,28	
Zagarelhas	E	129,08	185,25	0,92	14,64	30,09	41,78	48,62	53,47	70,33	80,18	97,04	113,89	130,74	161,63	



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Intensidades de chuvas $T_r = 10.000$ anos Método Torga Torrico

Tabela 2.12. Intensidade das tormentas nas sub-bacias analisadas com base na metodologia de Torga Torrico ($T_r 10.000$ anos)

Sub-Bacia	Isozona	Precip. 1 dia (mm)	Precip. 2 dias (mm)	Coef Espacialização	Altura de tormenta (mm)											
					00:06	00:15	00:30	00:45	01:00	02:00	03:00	06:00	12:00	24:00	48:00	
					0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	3,00	6,00	12,00	24	48	
Boqueirão de Parelhas	D	156,11	202,55	0,81	13,92	30,48	43,02	50,34	55,55	73,79	84,47	102,72	120,06	139,21	180,63	
Caldeirão de Parelhas	E	138,72	191,97	0,90	15,33	31,50	43,73	50,89	55,97	73,61	83,92	101,56	119,20	136,84	189,37	
Caldeirão do Seridó	D	207,07	271,56	1,00	22,78	49,88	70,38	82,37	90,88	120,74	138,20	168,06	197,92	227,77	298,71	
Caraiibeiras	D	210,84	246,96	1,00	23,19	50,79	71,66	83,87	92,54	122,94	140,72	171,12	201,92	231,92	271,65	
Cruzeta	E	122,10	157,50	0,78	11,81	24,26	33,69	39,20	43,11	56,70	64,65	78,24	91,82	105,41	135,97	
Dourados	D	213,72	255,02	0,81	18,95	41,51	58,57	68,55	75,63	100,47	115,01	139,85	164,70	189,54	226,16	
Felismina Queiroz	D	188,36	252,07	0,93	19,34	42,34	59,75	69,93	77,15	102,50	117,33	142,67	168,92	193,37	258,77	
Marechal Dutra	D	138,08	144,27	0,80	12,20	26,73	37,71	44,14	48,69	64,69	74,05	90,05	106,95	122,04	127,52	
Passagem das Traíras	E	113,32	167,69	0,82	11,42	23,47	32,58	37,91	41,69	54,83	62,52	75,66	88,80	101,94	150,85	
São Gonçalo	D	213,92	256,46	0,94	22,16	48,53	68,47	80,14	88,42	117,47	134,46	163,51	192,96	221,61	265,67	
Tamandua 1	D	221,49	288,56	1,00	24,36	53,35	75,28	88,11	97,21	129,15	147,83	179,77	211,70	243,64	317,41	
Tamandua 2	D	173,74	231,40	1,00	19,11	41,85	59,05	69,11	76,25	101,31	115,96	141,01	166,96	191,11	254,54	
Varzea Grande	D	161,37	234,91	0,84	14,86	32,54	45,91	53,73	59,28	78,76	90,15	109,62	129,00	148,57	166,28	
Zagarelhas	E	129,08	185,25	0,92	14,64	30,09	41,78	48,62	53,47	70,33	80,18	97,04	113,89	130,74	187,63	



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Chuva efetiva Curva Número - SCS

Table 9-2 Runoff curve numbers for arid and semiarid rangelands ^{1/}

Cover description cover type	hydrologic condition ^{2/}	Hydrologic soil group ^{3/}			
		A ^{3/}	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds and low-growing brush, with brush the minor element	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sage-grass—sage with an understory of grass	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, paloverde, mesquite, and cactus	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

CN = 62

^{1/} Average runoff condition, and $I_a = 0.2s$. For range in humid regions, use table 9-1.

^{2/} Poor: <30% ground cover (litter, grass, and brush overstory).

Fair: 30 to 70% ground cover.

Good: >70% ground cover.

^{3/} Curve numbers for group A have been developed only for desert shrub.

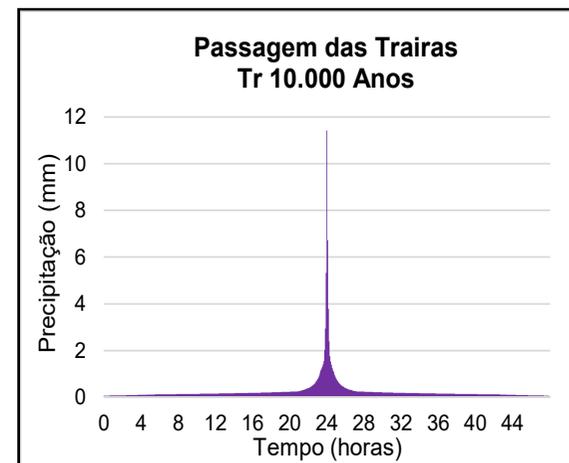
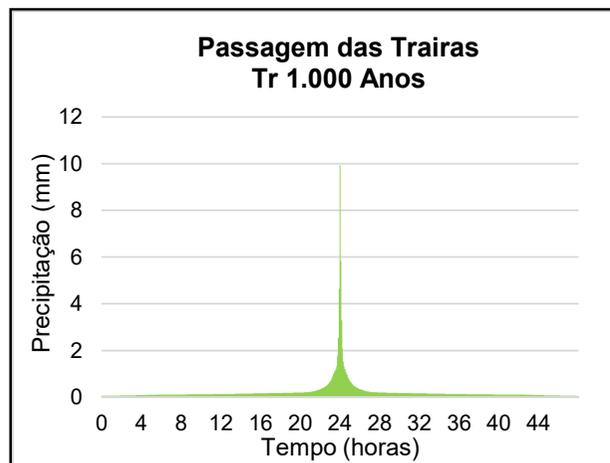
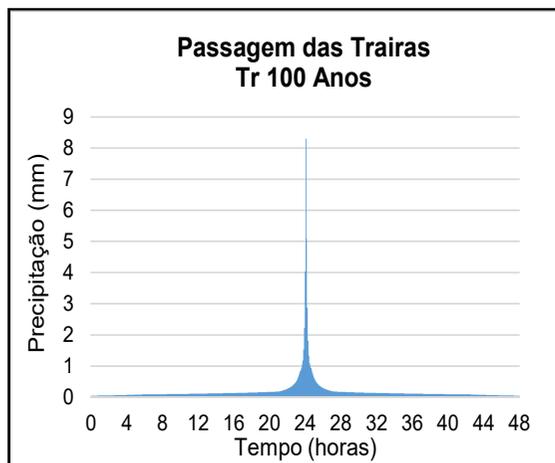


GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAIRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Hietogramas de projeto (TR= 100, 1.000 e 10.000 anos)





GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS

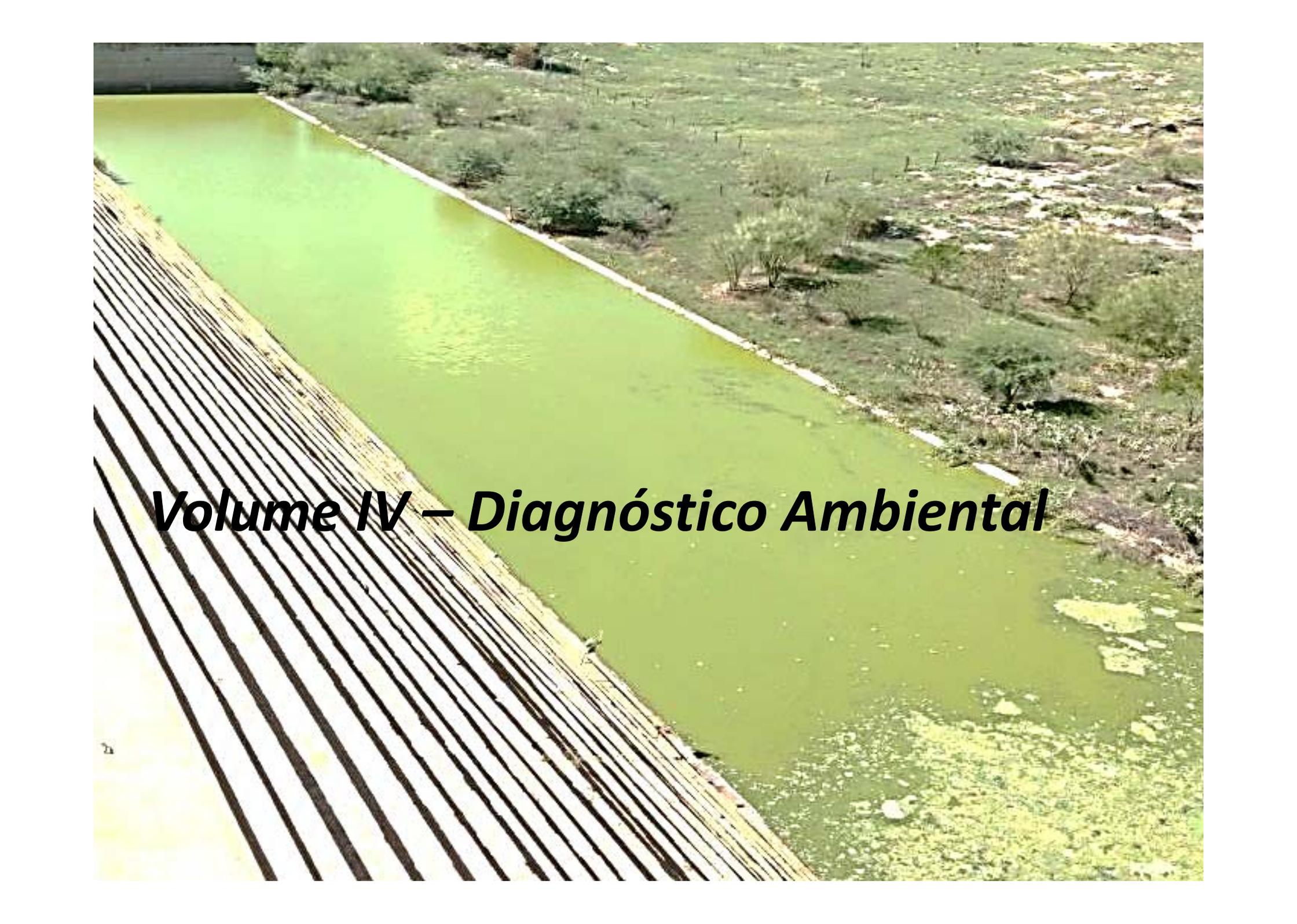
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Estudos Hidrológicos – Resultados (TR= 100, 1.000 e 10.000 anos)

Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 100 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	1.598,19	450,44	1,11	71,82%	289,06	1,66	5,34
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	191,48	120,59	1,02	37,02%	284,68	0,58	1,82
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	414,93	255,87	0,41	38,33%	124,54	1,04	0,96
Dourado	478,72	92,50	96,00	537,94	447,16	1,12	16,88%	94,02	1,52	1,98
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	1.039,02	667,58	0,49	35,75%	301,59	1,82	2,41
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	1.574,36	1.423,43	0,26	9,59%	195,72	2,40	5,08
Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 1.000 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	2.526,28	804,58	1,75	68,15%	289,85	2,45	4,55
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	290,61	197,54	1,54	32,02%	284,91	0,81	1,59
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	641,52	410,51	0,64	36,01%	124,93	1,43	0,57
Dourado	478,72	92,50	96,00	842,22	711,62	1,76	15,51%	94,58	2,08	1,42
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	1.743,21	1.123,27	0,82	35,56%	302,34	2,57	1,66
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	2.646,86	2.381,03	0,43	10,04%	196,71	3,39	4,09
Reservatório	Bacia Montante (km ²)	Cota Soleira (m)	Cota Coroamento (m)	Tr - 10.000 Anos						
				Qafl (m ³ /s)	Qefl (m ³ /s)	Qafl/A (m ³ /s/km ²)	Aten. (%)	NA (m)	Lâmina (m)	Folga (m)
Boqueirão de Parelhas	1.445,12	287,40	294,40	3.455,79	1.207,42	2,39	65,06%	290,61	3,21	3,79
Caldeirão de Parelhas	188,52	284,10	286,50	390,43	289,48	2,07	25,86%	285,15	1,05	1,35
Cruzeta	1.003,90	123,50	125,50	875,85	580,66	0,87	33,70%	125,30	1,80	0,20
Dourado	478,72	92,50	96,00	1.151,07	986,64	2,40	14,29%	95,08	2,58	0,92
Marechal Dutra	2.119,27	299,77	304,00	2.488,88	1.620,79	1,17	34,88%	303,05	3,28	0,95
Passagem das Traíras	6.100,26	193,32	200,80	3.804,60	3.394,95	0,62	10,77%	197,62	4,30	3,18
Várzea Grande	489,61	541,00	545,00	1.197,54	801,99	2,45	33,03%	544,20	3,20	0,80
Zangarelhas	151,50	95,00	98,00	332,28	223,93	2,19	32,61%	96,82	1,82	1,18

100 anos ~ 2,6 L/s ha
1.000 anos ~ 4,4 L/s ha
10.000 anos ~ 6,2 L/s ha

Nenhuma
barragem simulada
galgou a montante.
Cruzeta (-0,2 m)

An aerial photograph of a large reservoir with a dam. The water is a distinct green color, and there are patches of yellowish-green algae or vegetation floating on the surface. The dam is a long, straight structure with a series of vertical lines, possibly a spillway or a series of small dams. The surrounding landscape is a mix of green vegetation and rocky terrain.

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

- 1) HISTÓRICO DO PROJETO E DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO;**
- 2) CONDICIONANTES AMBIENTAIS, CONTEXTO ATUAL E MEDIDAS MITIGADORAS (IDEMA);**
 - a) Contexto sócio ambiental atual;**
 - b) Pontos de Degradação e Medidas socioambientais;**
 - c) Zoneamento e Normatização do Uso das APP's;**

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

1) HISTÓRICO DO PROJETO

Coordenador do Projeto: DER – RN;

Projeto original COHIDRO – Barragem de Terra Homogênea;

Revisão do Projeto COTEC (CCR);

Período de Construção 22/09/1994 – 15/03/1995 (174 dias);

Empreiteira: EIT

Fiscalização: COTEC

**ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO
/ MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS
CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH**

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

2) LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO

Licença de Regularização da Operação (LRO) com condicionantes (dez 2008 com validade até dez 2010);

Eventual solicitação de nova LRO com base nos documentos produzidos neste contrato para regularizar a situação com o licenciamento ambiental da obra.

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

3) CONDICIONANTES DA LRO

- I. Informações à respeito da operação da barragem e comunicação aos órgãos competentes
- II. Recuperação e conservação das faixas mínimas (APP's) CONAMA Nº 302/2002 (Novo Código Florestal).
- III. Responsabilização do Empreendedor, neste caso a SEMARH/RN por qualquer acidente que venha a causar danos ao meio ambiente.
- IV. Responsabilidade do empreendedor na fiscalização permanente das condições estruturais da barragem e da sua estabilidade.

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

3) CONDICIONANTES DA LRO

- V. Serviços de limpeza dos taludes de jusante, reparos no coroamento, reparos na barragem de acordo com as orientações do Comitê de Segurança de Barragem, desocupação da APP e retirada de instalações físicas da APP (prazo de 90 dias).
- VI. Retirada da vegetação arbórea por parte do Empreendedor em faixa de 30 (trinta) metros, medidos a partir da base do talude de jusante da parede da barragem.
- VII. Manutenção da faixa de 30 metros SEM VEGETAÇÃO ARBÓREA da base de jusante da parede da barragem.

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

3) CONDICIONANTES DA LRO

- VIII. Apresentação de relatório Técnico ao IDEMA contendo os projetos de recuperação da barragem e os resultados da implantação das obras.
- IX. Colocação de Placa indicativa da Recuperação do Empreendimento.
- X. Realização de monitoramento da qualidade físico-química e biológica da água da barragem.
- XI. Solicitação da Licença Simplificada.

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

4) ANÁLISE DO CONTEXTO SÓCIO AMBIENTAL ATUAL

Clima

Geologia

Flora e Fauna

Presença do Poder Público e da Sociedade Civil

População, Rendimentos, Educação e Saúde

Saneamento Básico

Economia

Cultura e Patrimônio Histórico



GOVERNO DO ESTADO
DO RIO GRANDE DO NORTE

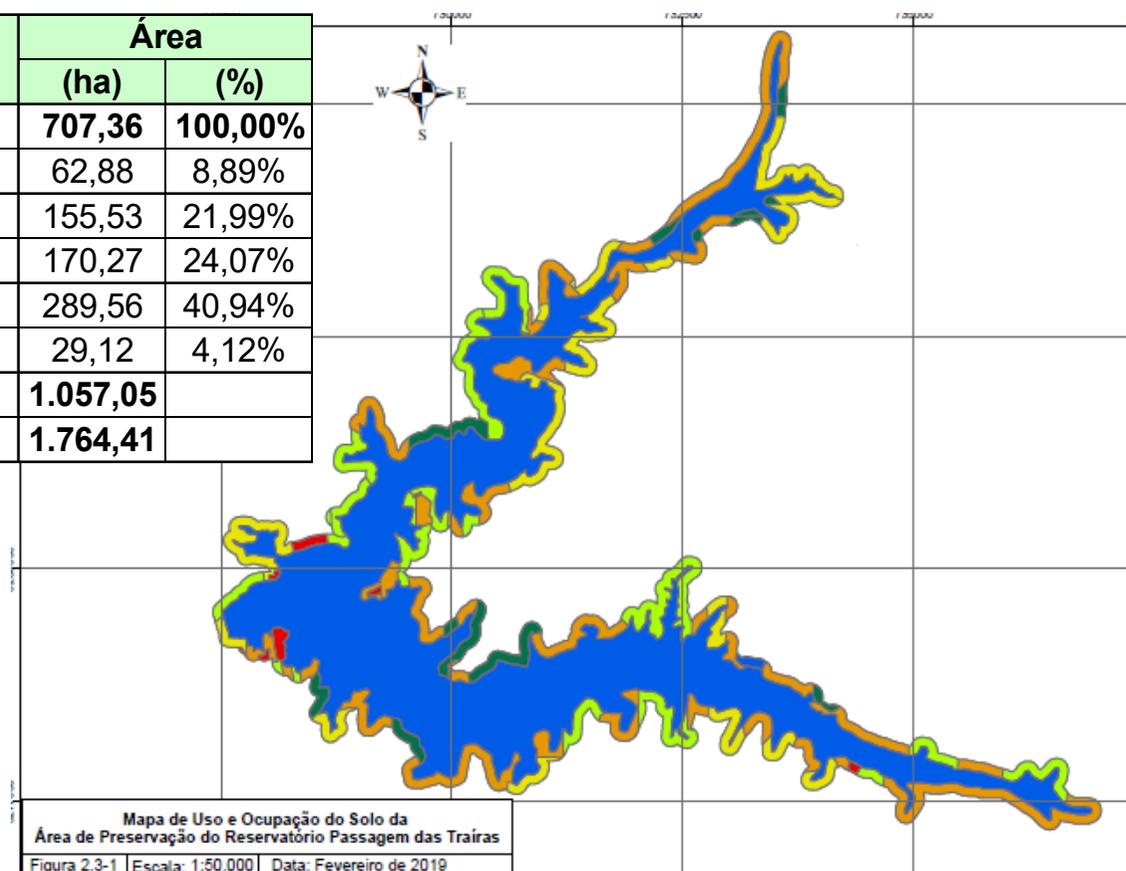
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos - SEMARH

ESTUDO E ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO PARA RECUPERAÇÃO / MANUTENÇÃO DA BARRAGEM PASSAGEM DAS TRAÍRAS CONTRATO Nº 009/2018-SEMARH

Volume IV – Diagnóstico Ambiental

5) USO E OCUPAÇÃO DAS APP's (zoneamento e normatização)

Descrição	Área	
	(ha)	(%)
Área de APP	707,36	100,00%
Mata Nativa Densa	62,88	8,89%
Mata Nativa Degradada	155,53	21,99%
Capoeiras Arbustivas	170,27	24,07%
Culturas Temporárias	289,56	40,94%
Áreas Edificadas	29,12	4,12%
Bacia Hidraulica	1.057,05	
Area Total	1.764,41	



Volume IV – Diagnóstico Ambiental

6) PONTOS DE DEGRADAÇÃO E MEDIDAS SOCIOAMBIENTAIS

- **Zoneamento e Normatização do Uso da APP's (legislação atual, fontes poluidoras)**
- **Monitoramento de Processos Erosivos a Jusante da Barragem (Dispositivos de controle, ações preventivas, estruturas de contenção dos processos erosivos)**
- **Monitoramento dos Gastrópodes Terrestres – (Vetor da Esquistossomose: gênero Biomphalaria)**
- **Monitoramento da Qualidade d'Água no Reservatório**