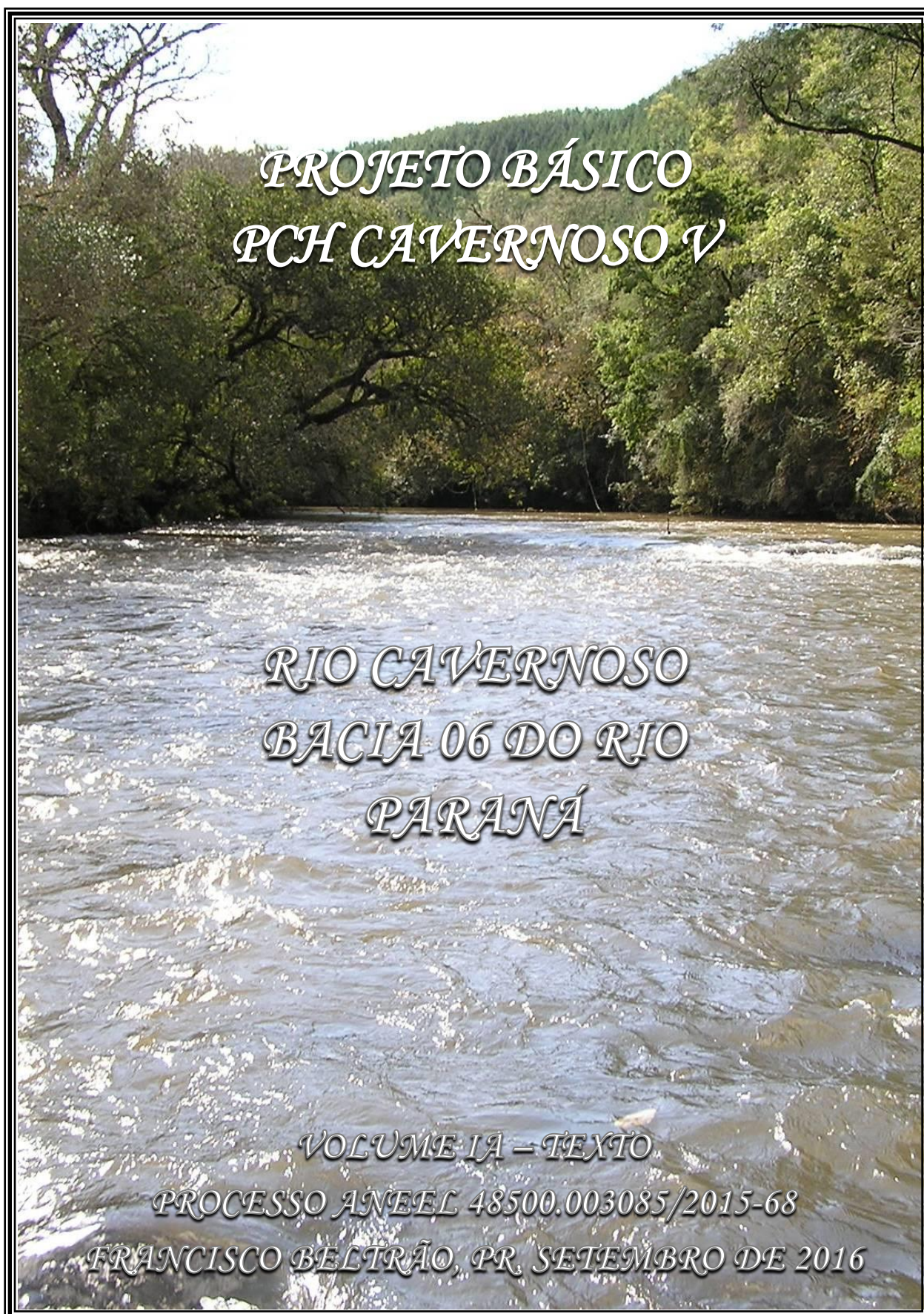




PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

RIO CAVERNOSO BACIA 06 DO RIO PARANÁ

VOLUME I A – TEXTO

PROCESSO ANEEL 48500.003085/2015-68

FRANCISCO BELTRÃO, PR, SETEMBRO DE 2016

SUMÁRIO GERAL VOLUME I A

CAPÍTULO 1

1. APRESENTAÇÃO	1
-----------------------	---

CAPÍTULO 2

2. INTRODUÇÃO	1
2.1. OBJETIVO	1
2.2. HISTÓRICO	1
2.3. ESTUDOS ANTERIORES	7
2.4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS RETIRADAS DO ESTUDO DE INVENTÁRIO	8

CAPÍTULO 3

3. SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	1
3.1. RESUMO DOS TRABALHOS	1
3.2. CONCLUSÕES FINAIS	9
3.3. RECOMENDAÇÕES FINAIS	11

CAPÍTULO 4

4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS BÁSICOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS	1
ANEXO 4.1.1	4
4.2. ESTUDOS HIDROMETEREOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS	5
4.2.1. INTRODUÇÃO	5
4.2.2. POTAMOGRAFIA E OUTROS USOS DA ÁGUA	5
4.2.3. PARÂMETROS FISIOGRAFICOS BÁSICOS	8
4.2.3.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	8
4.2.3.2. ÍNDICE DE GRAVELIUS	8
4.2.4. CLIMA	9
4.2.4.1. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA	9
4.2.5. OUTROS USOS DA ÁGUA	13
4.2.6. BASE DE DADOS	15
4.2.6.1. CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS	17
4.2.7. CORRELAÇÕES	25
4.2.8. SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAS	27
4.2.9. CONCLUSÕES SOBRE A EXTENSÃO DA SÉRIE DE VAZÕES	35
4.2.10. CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES	36
4.2.11. VAZÕES MÍNIMAS.	36
4.2.12. ESTUDOS DAS CHEIAS	37

4.3	ESTUDOS HIDRÁULICOS	41
4.3.1.	ESTUDOS DE RESERVATÓRIO	41
4.3.1.1.	ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO CAVERNOSO	41
4.3.1.2.	CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOMÉTRICA DA BACIA	42
4.3.1.3.	CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS	43
4.3.1.4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO RESERVATÓRIO	46
4.3.1.5.	CURVA COTA-ÁREA E COTA-VOLUME	47
4.3.1.6.	TEMPO DE ENCHIMENTO	49
4.3.1.7.	TEMPO DE RETENÇÃO	50
4.3.1.8.	ESTUDOS DE REMANSO	52
4.3.2.	DISPOSITIVO DE LIBERAÇÃO VAZÃO REMANESCENTE	52
4.3.3.	DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS VERTENTE E DE DESVIO	53
4.3.3.1.	CURVA CHAVE DO VERTEDOR	53
4.3.3.2.	DESVIO DO RIO	54
4.3.3.3.	CONTROLE DO CANAL DE FUGA – SOLEIRA NATURAL	58
4.3.4.	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ADUÇÃO	60
4.3.5.	DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA / CÂMARA DE CARGA	61
4.3.6.	DIMENSIONAMENTO DO CONDUTO FORÇADO	61
4.3.7.	PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DE ADUÇÃO	62
4.3.8.	ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	70
4.3.9.	PRÉ-DIMENSIONAMENTO GERADORES	71
4.3.10.	DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL:	71
4.3.11.	CÁLCULO DA ROTAÇÃO NOMINAL:	71
4.3.12.	ESTIMATIVA DE PESO DO GERADOR:	72
4.3.13.	NÚMERO DE POLOS DO GERADOR:	72
4.4.	GEOLOGIA E GEOTECNIA	74
ANEXO 4.4.1	DECLARAÇÃO DE VISITA TÉCNICA	75
ANEXO 4.4.2	ATESTADO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	76
ANEXO 4.4.3	CERTIDÃO DE ACERVO TÉCNICO	77
ANEXO 4.4.4	ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	78
ANEXO 4.4.5	RELATÓRIO	79

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. APRESENTAÇÃO	1
-----------------------	---

1. APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por objetivo apresentar e justificar as soluções de engenharia adotadas no projeto básico da PCH Cavernoso V requerido pela empresa Energética Rodão Ltda, localizada no rio Cavernoso na região centro sul do Estado do Paraná.

A PCH Cavernoso V insere-se na sub-bacia 65, Bacia 06 do rio Paraná, localizada nos municípios de Cantagalo e Cândói.

O estudo de inventário hidrelétrico do rio Cavernoso foi desenvolvido pela empresa Renova PCH Ltda, inscrita no CNPJ sob o nº 12.004.208/0001-91 e constitui-se no processo ANEEL nº 48500.004378/2008-33 tendo sido aprovado por intermédio do Despacho nº 1.156, de 10 de Abril de 2012. Este estudo de inventário identificou 5 (cinco) aproveitamentos hidrelétricos, os quais estão distribuídos em conformidade com o quadro abaixo:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL							
DESPACHO Nº 1.156, DE 10 DE ABRIL DE 2012.							
Texto Original							
O SUPERINTENDENTE DE GESTÃO E ESTUDOS HIDROENERGÉTICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, no uso das atribuições estabelecidas na Portaria nº 1.807, de 16 de maio de 2011, tendo em vista o disposto na Resolução Normativa ANEEL nº 393, de 4 de dezembro de 1998, e o que consta do Processo nº 48500.004378/2008-33, resolve: I – Aprovar a Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Cavernoso, no trecho desde a nascente até o nível de montante da PCH Cavernoso III (cota 581 m), sub-bacia 65, bacia hidrográfica do Rio Paraná, no Estado do Paraná, de titularidade da empresa Renova PCH Ltda., inscrita no CNPJ sob o nº 12.044.208/0001-91. II – Informar que na etapa subsequente de estudo, a empresa deverá atender as recomendações contidas na Nota Técnica que subsidiou a aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico.							
Aproveitamento	Coordenadas Geográficas do Eixo do Barramento	Posição - Dist. da Foz (km)	Área de Drenag. (km ²)	N.A máximo normal de montante (m)	N.A normal de jusante (m)	Potência Instalada de referência (MW)	Área do Reservatório (km ²)
Cavernoso VIII	25° 18' 17,77"S 51° 58' 08,65"W	131,0	336,0	730,00	681,00	5,20	0,64
Cavernoso VII	25° 18' 27,25"S 51° 59' 46,00"W	125,0	391,0	681,0	654,50	3,30	0,14
Cavernoso VI	25° 20' 51,11"S 52° 0' 34,53"W	114,0	593	654,50	635,00	3,50	0,77
Cavernoso V	25° 22' 55,64"S 52° 01' 49,25"W	106,0	803	635,00	615,00	4,80	0,99
Cavernoso IV	25° 26' 0,66"S 52° 05' 39,71"W	88,0	1.058	608,30	581,00	8,80	1,64
ODENIR JOSÉ DOS REIS							

Quadro 1.1 – Aproveitamentos estudo de inventário.

O requerimento para elaboração do projeto básico da PCH Cavernoso V foi protocolado na ANEEL no dia 30/06/2015 pela empresa Energética Rodão Ltda., inscrita no CNPJ sob o nº 18.475.126/0001-88, e teve sua elaboração autorizada através do despacho nº 2.402 de 27 de julho de 2015, o qual alçou o registro à condição de ativo segundo instruções emanadas pela Resolução Normativa nº 673 de 31 de agosto de 2015, com abertura do processo nº 48500.003085/2015-68, ao tempo em que estabeleceu a data de entrega ao protocolo-geral da ANEEL até o dia 03/10/2016.

A empresa Energética Rodão Ltda. é uma pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ/MF sob o nº. 18.475.126/0001-88 com endereço comercial na Av. Duque de Caxias, nº 282, Bairro Marrecas, Francisco Beltrão, Paraná, CEP 85504-030 e sede no local do empreendimento.

Neste processo a empresa é representada por intermédio de seu sócio e gerente Ilson Luis Flessak.

Em uma caracterização breve a Energética Rodão Ltda., é empresa constituída com o propósito de empreender geração de energia na figura do produtor independente, cujo capital social é constituído por grupo investidor regional com experiência pregressa em projetos e implantação de empreendimentos hidrelétricos em âmbito nacional.

Para elaboração do presente projeto foi contratada a empresa projetista Design Head Engenharia e Construtora Ltda., que aporta sua experiência na realização dos estudos de engenharia e responsabilidade técnica formal pela elaboração do projeto, coordenando os trabalhos de campo contratados junto a empresas terceiras que subsidiaram a elaboração do presente documento.

O presente projeto observou as normas e diretrizes expedidas pela ANEEL em sua última versão, atendendo plenamente o check list disponibilizado para análise do aceite técnico, segundo a Resolução normativa 673 de 31 de agosto de 2016, em que se enquadra.

Conforme constatação prévia da viabilidade técnica, econômica e ambiental deste potencial PCH Cavernoso V a Energética Rodão Ltda., submete estes estudos à Agência Reguladora para que proceda a seu aceite técnico, sua seleção, análise e aprovação, possibilitando sua implantação em prazo reduzido.

Cabe mencionar que a empresa Energética Rodão Ltda. protocolou consulta junto ao Instituto das Águas do Paraná a Reserva de Disponibilidade Hídrica quanto ao uso das águas do rio Cavernoso, na atividade de geração de energia em caráter não consuntivo.

Em paralelo a empresa protocolou carta consulta registrando início do processo de licenciamento junto ao órgão competente estadual Instituto Ambiental do Paraná – IAP, com o intuito de obter a Licença ambiental prévia para o empreendimento.

Visando garantir condições de escoamento futuro desta energia a PCH Cavernoso V efetuou consulta de acesso ao sistema de distribuição da concessionária local COPEL Distribuição S.A., obtendo a informação de acesso 133/2016 apontando uma alternativa de conexão elétrica em tensão 34,5kV na SE Laranjeiras do Sul, distante 29,5 km senda compartilhada em sua extensão com outros projetos em desenvolvimento notadamente PCH Cavernoso VIII e PCH

Cavernoso VI, PCH Cavernoso IV e PCH Cavernoso III situação adequada ao porte e orçamento desta PCH Cavernoso V.

O presente projeto básico está estruturado em 13 capítulos, sendo dividido em volume IA, IB e IC – Texto e Documentos e Volume II – Desenhos e atende às normas pertinentes emitidas pela Agência Reguladora em sua última versão:

Volume I – Texto

Capítulos

1 – Apresentação

2 – Introdução

3 – Sumário das Principais Conclusões e Recomendações

4 – Levantamentos Complementares e Estudos Básicos

4.1 – Aerofotogramétricos e Topobatimétricos

4.2 – Hidrometeorológicos

4.3 – Hidráulicos

4.4 – Geológicos, Geotécnicos e de Materiais de Construção

4.5 – Ambientais

4.6 – Estudos Energéticos

4.7 – Integração da Usina ao Sistema de Transmissão

4.8 - Custos

5 – Estudos de Alternativas

6 – Detalhamento do Projeto

7 – Estudos Ambientais

8 – Infra-Estrutura e Logística

9 – Planejamento da Construção e Cronograma Físico

10 – Orçamento Padrão Eletrobrás

11 – Ficha Técnica

12 – Participantes

13 – Documentos de Referência - ANEXOS

Volume II - Desenhos

14 – Relação de desenhos

Sumário Executivo

Esta itemização acima proposta é aquela sugerida pelo manual de PCH's da Eletrobrás.

Por fim coloca-se que a empresa Energética Rodão Ltda., buscou efetuar a aquisição das áreas relativas aos terrenos que serão alagados abrangendo a maioria das áreas necessárias conforme o arranjo definido neste estudo de projeto básico, o qual seu eixo manteve-se na mesma posição projetada na fase de inventário.

Destarte a PCH Cavernoso V se habilita no cumprimento das exigências fundiárias emanadas do órgão ambiental local, estando apta para iniciar o processo de obtenção da Licença Ambiental Prévia.

Francisco Beltrão, PR, setembro de 2016.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 2

2. INTRODUÇÃO	1
2.1. OBJETIVO	1
2.2. HISTÓRICO	1
2.3. ESTUDOS ANTERIORES.....	7
2.4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS RETIRADAS DO ESTUDO DE INVENTÁRIO	8

2. INTRODUÇÃO

Este relatório de projeto básico da PCH Cavernoso V apresenta a proposta da empresa Energética Rodão Ltda inscrita no CNPJ sob o nº 18.475.126/0001-88, para aproveitamento ótimo do potencial local, em conformidade com o preconizado no estudo de inventário do rio Cavernoso, observando os termos de licenciamento ambiental em andamento e enquadrados nas diretrizes e orientações emanadas da Agência Reguladora, de caráter geral ou específico ao processo em epígrafe.

A filosofia deste projeto considera a exploração da energia local para comercialização no mercado de energia através de contratos de longo e médio prazo, configurando a situação de Produção Independente de Energia Elétrica.

2.1. OBJETIVO

O objetivo principal deste projeto básico é demonstrar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do aproveitamento do potencial hidrelétrico da PCH Cavernoso V, propondo um arranjo que possibilite a maximização da geração de energia com segurança, dentro das normas emanadas pelo Poder Concedente.

Este projeto básico foi elaborado observando as instruções previstas na Resolução ANEEL 673/2015, conforme orientações e roteiro do Manual de PCH's da Eletrobrás e normativas técnicas do acervo da SCG/ANEEL, atendendo ao check-list para elaboração de projetos expedida pela Agência Reguladora.

Desta forma o presente estudo deverá possibilitar sua análise plena visando o aceite técnico, seleção e aprovação, e a consequente autorização futura à empresa Energética Rodão Ltda.

2.2. HISTÓRICO

Este potencial hidrelétrico está situado no rio Cavernoso, sub-bacia 65, bacia hidrográfica do rio Paraná, no Estado do Paraná. O despacho nº 1.156 de 10 de abril de 2012 aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico do rio Cavernoso, processo nº 48500.004378/2008-33, o qual deu origem ao aproveitamento da PCH Cavernoso V, com potência de referência de 4,80 MW e situado às coordenadas do Eixo do barramento 25°22'55,64" de Latitude Sul e 52°01'49,25" de Longitude Oeste e coordenadas da casa de máquinas 25°21'41,74" de Latitude Sul e 54°01'09,50" Longitude Oeste.

O arranjo original previa uma barragem vertente em soleira livre de concreto no leito do rio e diques nas ombreiras de também em concreto. A tomada d'água estaria acoplada diretamente no reservatório na margem esquerda a cerca de 236m à montante da barragem donde partiria um túnel adutor com 300m que desemboca em um canal adutor de 260m de extensão. Ao final deste foi prevista uma câmara de carga e dois condutos forçados independentes de 75m de comprimento até as duas unidades hidro geradoras instaladas na casa de força. Este circuito previa uma queda bruta de 20m. Trata-se do aproveitamento de um meandro com significativa queda natural.

Este arranjo sofreu alterações na fase de projeto básico quanto a disposição da barragem e casa de força, onde foi redimensionado o circuito buscando sobretudo conciliar as estruturas

com a topografia do local, visando o máximo aproveitamento dos volumes de corte e aterro, ou seja, primando sempre pelo menor impacto ambiental.

A solicitação para elaboração do projeto básico da PCH Cavernoso V foi protocolada na ANEEL no dia 30/06/2015 pela empresa Energética Rodão Ltda., resultando na abertura do processo nº 48500.003089/2015-46 conforme Despacho nº 2.482 de 31 de julho de 2015, sob a orientação da Resolução Normativa nº 343/2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL					
DESPACHO Nº 2.483, DE 31 DE JULHO DE 2015					
<u>Texto Original</u>					
O SUPERINTENDENTE DE CONCESSÕES E AUTORIZAÇÕES DE GERAÇÃO DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, no uso das atribuições estabelecidas na Portaria nº 2.280, de 19 de junho de 2012, e tendo em vista o que consta da Resolução Normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008 e do Processo nº 48500.003085/2015-68, resolve: (i) efetivar como ativo o registro para a realização dos Estudos de Projeto Básico da PCH Cavernoso V, situada no rio Cavernoso, integrante da sub-bacia 65, nos municípios de Candói e Cantagalo, no estado do Paraná, cuja solicitação foi protocolada na ANEEL no dia 30/6/2015 pela empresa Energética Rodão Ltda., conforme as características técnicas do quadro, tendo em vista o preenchimento dos requisitos do artigo 2º da Resolução ANEEL nº 343/2008; (ii) estabelecer que os estudos deverão ser entregues ao protocolo-geral da ANEEL até o dia 3/10/2016, conforme § 4º do art. 3 da mencionada Resolução.					
CEG	Coordenadas do Eixo do Barramento	N.A. Normal Montante (m)	N.A. Médio de Jusante (m)	Área do Reservatório (km²)	Potência (kW)
PCH.PH.PR.034242-4.01	25°22'55,64"S 52°01'49,25"O	635,00	615,00	0,99	4.800
HÉLVIO NEVES GUERRA					

Figura 2.1 - Despacho de ativação do registro da PCH Cavernoso V em nome da empresa Energética Rodão Ltda.

Convém ressaltar que não existem projetos concorrentes para este mesmo eixo. Destaca-se que a empresa Energética Rodão Ltda. encontra-se em processo de aquisição dos terrenos necessários para a construção das áreas de lago e APP, bem como da casa de força e acessos.

Os trabalhos de campo e escritório do presente projeto básico foram conduzidos sob contrato da empresa projetista Design Head Engenharia e Construtora Ltda., em paralelo com a elaboração dos estudos ambientais pela empresa Recitech Ambiental, de tal sorte a buscar a integração das informações e ajustes pertinentes ao arranjo final, visando atingir tanto a viabilidade técnica quanto econômica e ambiental da presente proposta de aproveitamento.

Conforme instruções processuais, concentraram-se esforços para se iniciar o processo de licenciamento ambiental deste potencial PCH Cavernoso V. Em 26 de setembro de 2016 foi protocolada solicitação de reserva de disponibilidade hídrica na Agência de Águas do Paraná.

Em 30/08/2016, foi protocolada a carta consulta no IAP – Instituto Ambiental do Paraná visando a obtenção de informações sobre algum impedimento por parte deste órgão quanto ao aproveitamento do referido potencial hidráulico, bem como a informação das faixas recomendadas de preservação permanente que se conste em projeto e licenciamento. Ainda, foram solicitadas orientações gerais quanto às atividades necessárias ao licenciamento ambiental em abertura, possibilitando o pleito da outorga junto a SCG/ANEEL.

Esclarecemos que o aceite técnico do projeto (agora DRI-PCH) é pré-requisito para a abertura do licenciamento ambiental, segundo o Termo de referencia expedido pelo órgão ambiental IAP – PR.

Também foi protocolada nova consulta de acesso junto a COPEL a qual emitiu parecer conforme exposto em detalhes no capítulo 4.7 – Integração da Usina ao Sistema de Transmissão, facultando-nos acesso através da implementação de uma linha de transmissão de 42km de extensão total conectando na SE Laranjeiras do Sul em tensão 34,5kV.

Projeto Básico PCH Cavernoso V
 Rio Cavernoso – Sub-bacia 65

Francisco Beltrão, 15 de junho de 2015.

Carta Cav.V 001/2015

EXMO SR. SUPERINTENDENTE DE CONCESSÕES E AUTORIZAÇÕES DE GERAÇÃO- SCG
ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
 SGAN 603 Módulo J
 CEP 70830- 030
 Brasília - DF

ASSUNTO: REQUERIMENTO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DA PCH CAVERNOSO V, LOCALIZADA NO RIO CAVERNOSO - PR

A empresa ENERGÉTICA RODÃO LTDA., pessoa jurídica de direito privado, com sede comercial em Francisco Beltrão - Paraná, à Rua Duque de Caxias n° 282, Sala 03, Trevo Alvorada, Bairro Marrecas, CEP. 85.140-000, inscrita no CNPJ sob n° 18.475.126/0001-88, por intermédio de seu representante legal indicado o administrador Sr. ILSON LUIS FLESSAK, brasileiro, casado sob o regime de comunhão parcial de bens, empresário, residente e domiciliado na Rua Piauí, 55, bairro Nova Petrópolis, em Francisco Beltrão (PR), CEP 85601-120, portador da Carteira de Identidade RG n.º 3042177-9 SSP-PR e inscrito no CPF n.º 599.565.269-91, invocando a Resolução Normativa n° 343 de 9 de dezembro de 2008, para registro e apresentação de estudos e projetos de Exploração de Recursos Hídricos para a Geração de Energia Elétrica, vem expor e afinal requerer o seguinte:

1. PRETENSÃO ATUAL E FINAL DA REQUERENTE:

O requerente pretende solicitar autorização para elaboração do Projeto Básico **PCH Cavernoso V**, com potência instalada prevista de 4.800kW localizada no rio Cavernoso a 106 km de sua foz com o rio Iguaçu, sub bacia 65, bacia do Paraná.

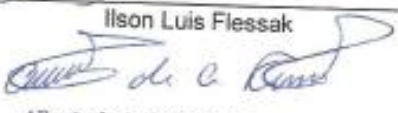
O rio Cavernoso foi objeto de estudo de inventário realizado pela empresa Renova PCH LTDA., inscrita no CNPJ sob n° 12.044.208/0001-91, conforme processo ANEEL N° 48500.004378/2008-33, aprovado através do despacho SGH/ANEEL n° 1.156 de 10 de abril de 2012.

2. REQUERIMENTO:

Diante da intenção acima manifestada, vimos solicitar o enquadramento do registro na condição de ativo possibilitando a elaboração do referido projeto. Em anexo a esta carta segue documentação preconizada pela Resolução Normativa ANEEL 343 de 09 de dezembro de 2008, em conformidade com novos procedimentos e formulários para fins de registro em sua última versão.

**NESTES TERMOS
PEDE DEFERIMENTO**


 Ilson Luis Flessak


 Alberto de Andrade Pinto
 Engenheiro Civil
 CREA 25341/D-PR

Rua Duque de Caxias, n°282 Sala 03, Trevo Alvorada
 Francisco Beltrão – PR • CEP 85.60
 Fone/Fax: (0xx46) 3520 1060 • E-mail: ils



Figura 2.2 – Protocolo carta consulta visando o licenciamento ambiental prévio ao IAP da PCH Cavernoso V.

	REQUERIMENTO PARA APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO RAH		Nº Folha (USO EXCLUSIVO DO AGUASPARANÁ)	
			CRH N.º (USO EXCLUSIVO DO AGUASPARANÁ)	
A. REQUERIMENTO				
01. Tipo de requerimento: ☒ Outorga Prévia ☐ Renovação ☐ Outorga de Direito ☐ Transferência de titularidade ☐ Alteração ☐ Regularização Portaria nº _____ Vencimento: ____/____/____				
B. IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE			02. Código usuário	
03. Razão Social / Nome: ENERGÉTICA RODÃO LTDA				
04. Nome Fantasia: PCH RIO CAVERNOSO				
05. CNPJ/CPF: 18.475.126/0001-88			06. CNAE Atividade principal 35.11-5-01	
07. Tipo de empreendimento: ☐ Administração pública ☐ Comércio e Serviço ☐ Agropecuária ☐ Indústria ☐ Saneamento ☒ Outros: Pequena Central Hidrelétrica				
08. Tipo de utilização: ☒ Produção independente ou auto-produção ☐ Execução de serviço público				
09. Nome do aproveitamento: CAVERNOSO V				
10. Endereço do empreendimento Rio Cavernoso S/N				
11. Complemento:		12. Bairro/Distrito: Zona Rural		
13. Município: Candói		14. CEP: 85.140-000		
15. Telefone: (46) 3520-1060		16. Fax: (46) 3520-1060		17. Website:
18. Nome para contato: Ilsou Luis Flessak		19. Cargo: Sócio Administrador		
20. Telefone: (46) 3520-1060		21. Fax: (46) 3520-1060		22. E-mail: Ilsou@flessak.com.br
23. Endereço para correspondência: RUA DUQUE DE CAXIAS, Nº282,				
24. Complemento: Sala 03		25. Bairro/Distrito: Marrecas		
26. Município: FRANCISCO BELTRÃO		27. UF: PR		28. Cx postal: 29. CEP: 85.601-190
C. IDENTIFICAÇÃO DO RECURSO HÍDRICO			30. Código ponto	
31. Nome do corpo d'água: Rio Cavernoso				
32. Coordenadas do eixo da barragem (UTM): X = 396497,601 Y = 7192183,422 Fuso: 21 () 22 (X) Datum SIRGAS 2000				
33. Bacia hidrográfica: Iguaçu - 65			34. Código Otto:	
D. FINALIDADES E CARACTERÍSTICAS DO USO				
D1. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA				
35. Potência (MW):		36. Vazão assegurada (m³/s):		30,33
37. Vazão máxima de engolimento (m³/s):		38. Vazão máxima do vertedouro (m³/s):		837
39. Vazão mínima a jusante (m³/s):		40. Vazão de descarga de fundo (m³/s):		0
41. Área do reservatório (km²):		42. Queda líquida do aproveitamento (m):		18,83
			N.º Protocolo (USO EXCLUSIVO DO AGUASPARANÁ)	

Figura 2.3 – Requerimento da RDH PCH Cavernoso V

43. Geometria do vertedouro:		
☐ Retangular	☐ Circular	☐ Triangular
☒ Crista de Barragem	☐ Poço	☐ Trapezoidal
44. Outras observações: -		
E. OUTRAS INFORMAÇÕES		
E1. LICENCIAMENTO AMBIENTAL		
45. Possui licenciamento ambiental: ☒ Não ☐ Sim		
46. Tipo de licenciamento: ☐ DLAE ☐ AA ☐ LAS ☐ LP ☐ LI ☐ LO ☐ Outro: _____		
47. Nº licença:	48. Órgão emissor: ☐ IAP ☐ Outro: _____	
49. Data de emissão:	50. Prazo de validade:	51. Data de vencimento:
E2. ANEEL		
52. Possui autorização ANEEL: ☐ Não ☒ Sim		
53. Tipo de documento: ☐ Registro de estudo de inventário ☐ Registro de estudo de viabilidade ☒ Registro de projeto básico ☐ DRDH ☐ Outorga de autorização		
54. Nº documento: 2.483	55. Data de emissão: 31/07/2015	
56. Prazo de validade:	57. Data de vencimento:	
E3. CONCESSÃO (para concessionárias de serviços públicos)		
58. Contrato de concessão: Nº _____ Data: _____	59. Prazo contrato de concessão: Validade: _____ anos	60. Data de término da concessão:
61. Termo aditivo de prorrogação: Nº _____ Data: _____	62. Prazo do termo aditivo: Validade: _____ anos	63. Data de término da prorrogação:
F. RESPONSÁVEL PELAS INFORMAÇÕES		
Nome: Ilson Luis Flessak		
Cargo: Sócio Administrador	CPF: 599.565.269-91	
Local e Data: Francisco Beltrão, 01 de setembro de 2016		
Assinatura:		
Assumo sob pena de lei, que as informações prestadas são verdadeiras.		

Figura 2.4 – Continuação Requerimento da RDH PCH Cavernoso V

Cadastro: AGUASPR		
Em: 26/09/2016 13:59		
Assunto: MEIO AMBIENTE		
Protocolo: 14.273.311-0	Vol.: 1	Cidade: CANDOI / PR Origem: EMPRESA Código TTD: -
Nº/Ano Dcto: -		
Interessado 1: (CNPJ: 18.475.126/0001-88) ENERGÉTICA RODÃO LTDA		
Interessado 2: -		
Palavras chaves: LICENCA OUTORGA		
Complemento: SOLICITA OUTORGA PRÉVIA, COORDENADAS X= 196497,601 Y= 7192183,422.		
Para informações acesse: www.eprotocolo.pr.gov.br/consultapublica		

Figura 2.5 – Protocolo Requerimento da RDH PCH Cavernoso V

2.3. ESTUDOS ANTERIORES

O potencial em questão foi definido quando do estudo de inventário simplificado do rio Cavernoso previamente realizado Renova PCH Ltda, inscrita sob CNPJ nº 12.044.208/0001-91, conforme o que consta do processo nº 48500.004378/2008-33. A aprovação do estudo de inventário do rio Cavernoso foi dada através do Despacho 1.156 de 10 de Abril de 2012:

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

DESPACHO Nº 1.156, DE 10 DE ABRIL DE 2012.

Texto Original

O SUPERINTENDENTE DE GESTÃO E ESTUDOS HIDROENERGÉTICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, no uso das atribuições estabelecidas na Portaria nº 1.807, de 16 de maio de 2011, tendo em vista o disposto na Resolução Normativa ANEEL nº 393, de 4 de dezembro de 1998, e o que consta do Processo nº 48500.004378/2008-33, resolve: I – Aprovar a Revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Cavernoso, no trecho desde a nascente até o nível de montante da PCH Cavernoso III (cota 581 m), sub-bacia 65, bacia hidrográfica do Rio Paraná, no Estado do Paraná, de titularidade da empresa Renova PCH Ltda., inscrita no CNPJ sob o nº 12.044.208/0001-91. II – Informar que na etapa subsequente de estudo, a empresa deverá atender as recomendações contidas na Nota Técnica que subsidiou a aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico.

Aproveitamento	Coordenadas Geográficas do Eixo do Barramento	Posição - Dist. da Foz (km)	Área de Drenag. (km ²)	N.A máximo normal de montante (m)	N.A normal de jusante (m)	Potência Instalada de referência (MW)	Área do Reservatório (km ²)
Cavernoso VIII	25° 18' 17,77"S 51° 58' 08,65"W	131,0	336,0	730,00	681,00	5,20	0,64
Cavernoso VII	25° 18' 27,25"S 51° 59' 46,00"W	125,0	391,0	681,0	654,50	3,30	0,14
Cavernoso VI	25° 20' 51,11"S 52° 0' 34,53"W	114,0	593	654,50	635,00	3,50	0,77
Cavernoso V	25° 22' 55,64"S 52° 01' 49,25"W	106,0	803	635,00	615,00	4,80	0,99
Cavernoso IV	25° 26' 0,66"S 52° 05' 39,71"W	88,0	1.058	608,30	581,00	8,80	1,64

ODENIR JOSÉ DOS REIS

Figura 2.6 - Despacho de aprovação do Estudo de Inventário do rio Cavernoso.

2.4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS RETIRADAS DO ESTUDO DE INVENTÁRIO

O arranjo original PCH Cavernoso V definido no estudo de inventário e pode ser reconstituído através da descrição das seguintes estruturas:

Aproveitamento PCH Cavernoso V:

Geral – A PCH Cavernoso V pertence a ambas alternativas de divisão de quedas. O arranjo considerado é do tipo derivativo por adução em túnel e canal. Sua bacia de captação neste ponto abrange 803 km².

Potência instalada e energia média gerada - A potência instalada sugerida para este aproveitamento modelado é de 4,80 MW, com engolimento nominal de 30,0 m³/s, que

possibilita uma geração média anual esperada de 2,68 MWmed ou 23.501 MWh/ano. O critério de motorização adotado para este eixo resulta em fator de capacidade 0,56 para a energia média, o que permite um bom aproveitamento do potencial, resultando em engolimento nominal 39% acima do valor da vazão média de longo termo de 21,6 m³/s neste eixo. Foi considerado o desconto da vazão sanitária de 0,82 m³/s, correspondendo ao critério 50% do Q10,7.

Níveis e reservatório - O nível de água de jusante da PCH Cavernoso V ficou estabelecido na el. 615,00 e seu nível normal de montante na el. 635,00 aproveitando um desnível bruto de 20,00 m. O reservatório neste caso foi proposto com o intuito de gerar queda e criar condições de captação. A área alagada total resultou 98,8 ha, dos quais 22,0 ha referem-se a calha natural do rio, resultando em uma área efetivamente alagada de 76,8 ha. A faixa de 30 m da margem do alagamento reservada à área de preservação permanente foi calculada em 51,5 ha. O volume total represado atinge 4,890x10⁶ m³. Como não há depleção o volume útil é nulo. Nesta concepção o reservatório possui 6,1 km de extensão sobre a calha do rio.

Barramento vertedouro e desvio – O arranjo prevê um barramento com 120 m de extensão apoiado sobre lajeado de basalto aflorado na el. 619,00 propiciando excelente condição de fundação e facilidade para desviar o rio. A altura máxima prevista para barragem é de 20 m e o vertedor é previsto com 70 m de comprimento vertente em concreto. O barramento possui ambas ombreiras em concreto, elevado 4,0 m acima do nível do vertedor, assegurando a el. 639,00 como o nível seguro da cheia. Assim, o vertedor cuja soleira está posicionada na el. 635,00 foi projetado para suportar uma vazão milenar de 1116 m³/s. O desvio do rio seria executado em duas fases, posicionando-se uma ensecadeira na margem direita do rio, enlaçando esta mesma margem e possibilitando a construção da galeria e adufas de desvio, ombreira da barragem. Na fase seguinte, outro cordão de ensecadeira seria construído a partir da margem esquerda cruzando o leito do rio até o encontro com a estrutura de desvio, forçando assim o fluxo d'água do rio a passar por estas, possibilitando a construção do restante da barragem.

Circuito hidráulico - O circuito hidráulico é derivativo e foi pré-dimensionado para transportar a vazão turbinada com uma perda de carga de 7,70%. A captação ocorre por meio de uma tomada d'água dotada de grade e comporta junto ao emboque do túnel adutor de 300m de extensão seção em formato arco-retângulo de diâmetro 5,85m. O desemboque do túnel ocorre de forma livre e alimenta um canal adutor de 260m de extensão. Ao final deste é previsto uma câmara de carga dotada de grade, limpa grade e comportas. A partir desta estrutura o fluxo d'água segue de forma pressurizada por condutos forçados independentes de 75m de comprimento e 2,35m de diâmetro até alimentar as unidades hidrogeradoras.

Casa de força - A casa de força foi locada à margem esquerda do rio Cavernoso e abriga um conjunto de duas turbinas tipo Kaplan-S Jusante, com acoplamento direto ao gerador. Esta máquina trabalhará em rotação síncrona de 360 RPM e sobre a carga de sucção negativa de -1,70m, necessitando de comportas stop-log na saída da sucção. Uma ponte rolante com capacidade aproximada de 25t fará a movimentação dos equipamentos para montagem e manutenção. A subestação ficará posicionada ao lado da sala de comando e esta, por sua vez, fica justaposta à casa de máquinas em cota segura.

Subestação e Interligação - Para efeito de estudos de inventário, foi considerada a construção de uma subestação que concentrará a energia gerada por todas as usinas

detectadas visando a partir dela transmitir o montante de energia para a subestação de Laranjeiras do Sul distante 31km em tensão 138kV. Esta subestação receberá a energia da PCH Cavernoso V por uma linha de transmissão de tensão 34,5kV e 10,2km de comprimento. Nos projetos básicos que deverão surgir na sequência a este inventário caberão consultas individuais a concessionária local.

Custo de Instalação e viabilidade econômica – O orçamento efetuado para este arranjo apresentou um custo total instalado de R\$ 28.789.000 (jun/09) ou um custo índice de instalação de 5.998 R\$/kW. Este custo, se anualizado através de um fator de recuperação de capital e acrescido das contas de operação e manutenção anual reflete um custo médio de geração da ordem de 153,81 R\$/MWh. Este apresenta atratividade econômica frente ao cenário atual de venda de energia, retratando a potencial viabilidade do aproveitamento.

A seguir são apresentadas fotos ilustrativas do local de interesse:

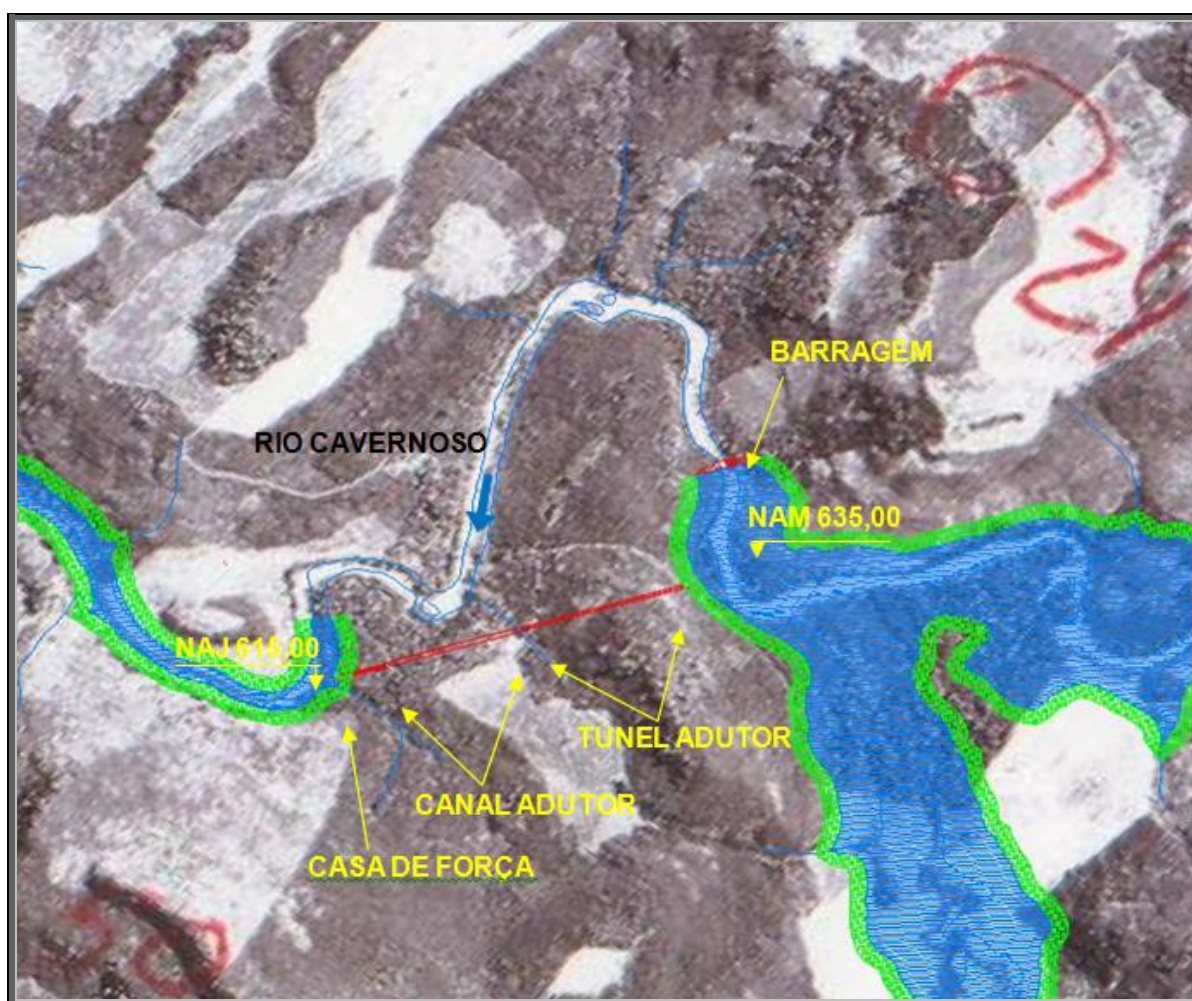


Figura 2.6 – Arranjo geral da PCH Cavernoso V.



Figura 2.7 – Local da barragem da PCH Cavernoso V.

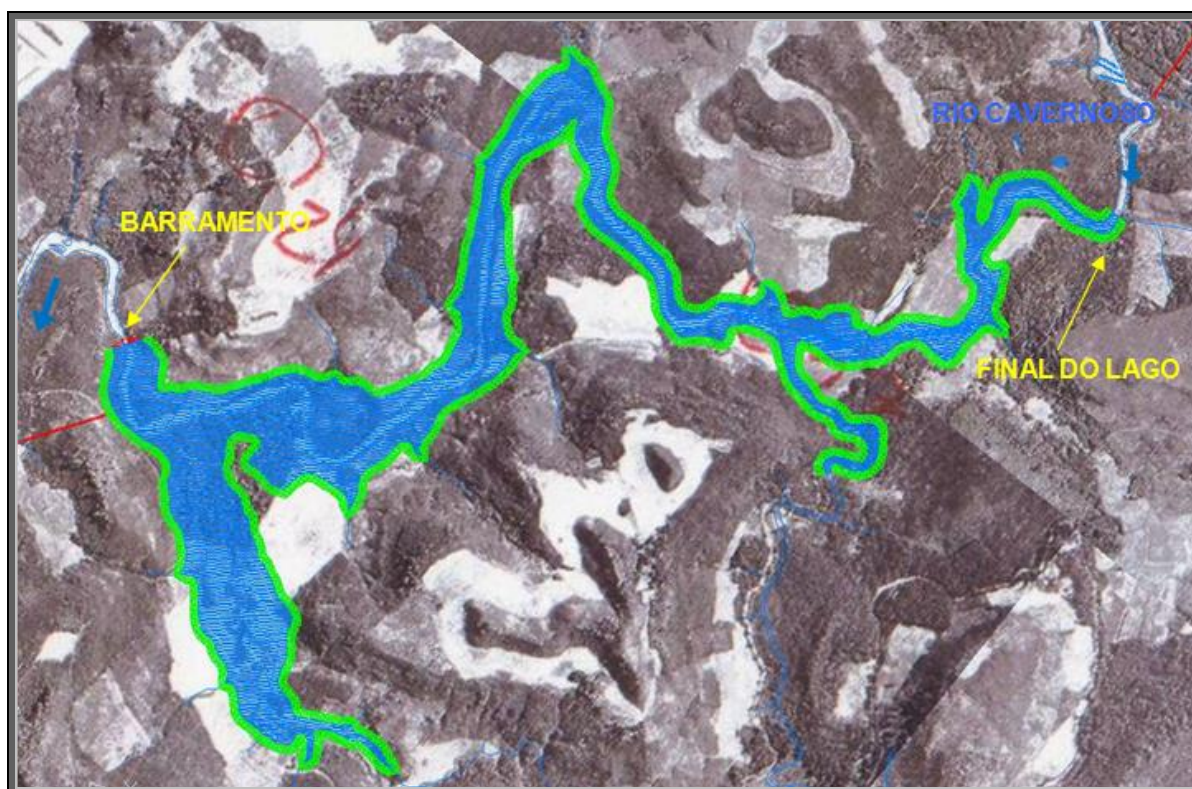


Figura 2.8 – Reservatório da PCH Cavernoso V.



Figura 2.9 – Vista geral da área do reservatório da PCH Cavernoso V.



Figura 2.10 – Vista geral da área do reservatório da PCH Cavernoso V.



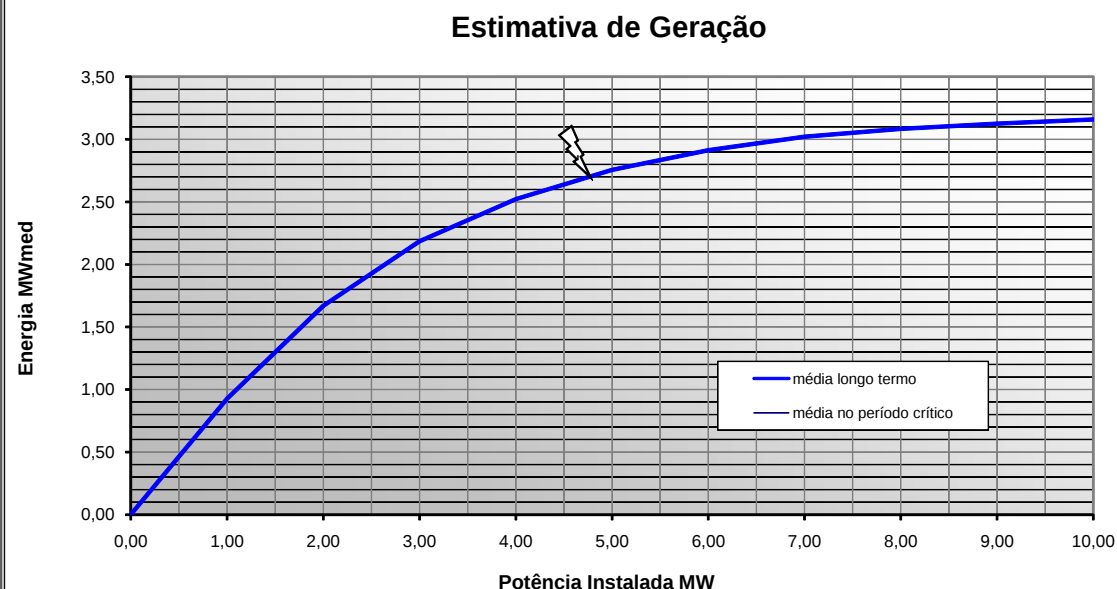
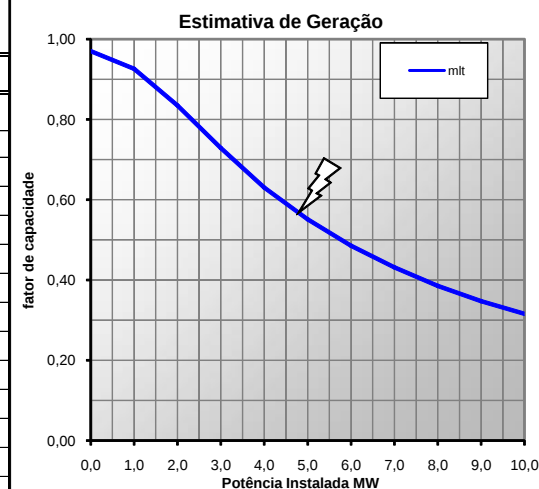
Figura 2.11 – Vista geral do local da casa de força da PCH Cavernoso V.

ESTUDO DE INVENTÁRIO RIO CAVERNOSO
EIXO: CAPTAÇÃO PCH CAVERNOSO V
Dados gerais

Nível de água normal de montante	635,00
Nível de água mínimo de montante	635,00
Nível de água médio	635,00
Nível de água normal de jusante	615,00
Queda bruta Hb (m)	20,00
Perda hidráulica no circuito adutor (%Hb)	7,70%
Queda líquida HI (m)	18,46
Fator de indisponibilidade forçada	0,97
Rendimento médio do conjunto turb/mult/ger/trans	0,883
Potência instalada (MW)	4,80
Engolimento total (m³/s)	30,0
Energia assegurada (MWmed)	23501
Fator de capacidade médio	0,56

Volume útil do reservatório ref. NAM (10⁶m³)	0,000
Vazão Mínima Média Mensal (MMM)	1,62
Vazão remanescente 50%Q10,7 (m³/s)	0,82
Vazão média de longo período (m³/s)	21,6
Estimativas de regularização	m³/s
regularização diária	0,00
regularização mensal	0,00
Área de drenagem posto (origem) - km²	1010
Área drenagem local de estudo - km²	803
Relação entre áreas de drenagem	1
Vazão Específica l/s/km²	26,90

Análise da motorização					
Potência Instalada	engolimento	Energia Firme	Energia média	f.cap	f.cap
MW	m³/s	P.Crit MWmed	MWmed	firme	mlt
0,00	0,0		0,00		0,97
1,00	6,3		0,93		0,93
2,00	12,5		1,67		0,83
3,00	18,8		2,19		0,73
4,00	25,0		2,52		0,63
5,00	31,3		2,75		0,55
6,00	37,5		2,91		0,49
7,00	43,8		3,02		0,43
8,00	50,0		3,08		0,39
9,00	56,3		3,12		0,35
10,00	62,5		3,16		0,32



CURVA COTA - ÁREA - VOLUME DO RESERVATÓRIO

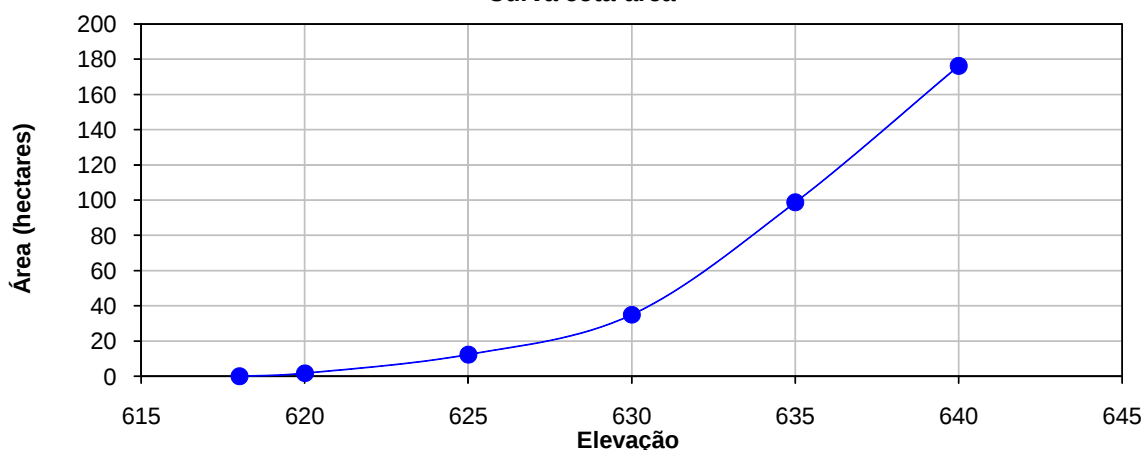
RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO

PCH CAVERNOSO V

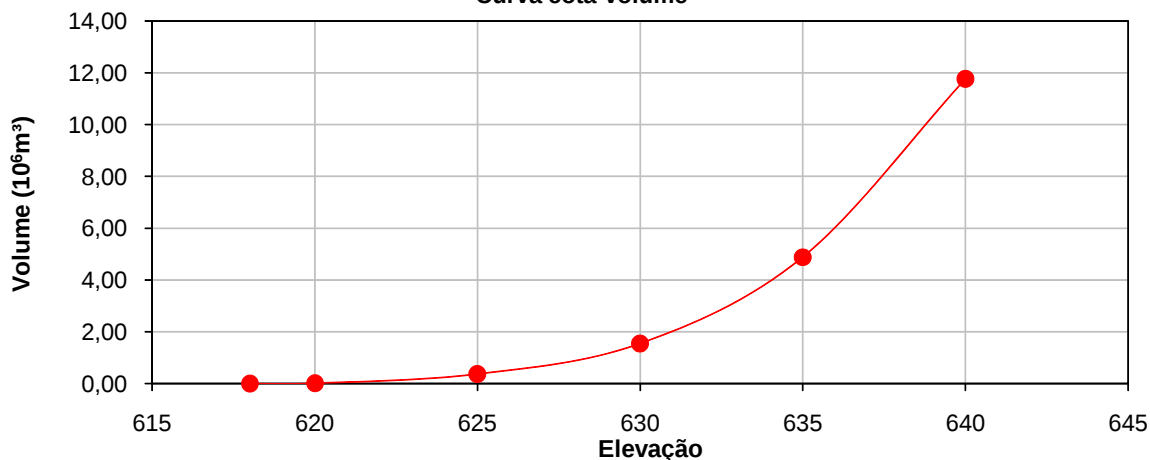
Nível de água normal de montante	635,00
Nível de água mínimo de montante	635,00
Área Alagada hectares total	98,77
Área Alagada hectares efetiva	76,75
Calha natural do rio área hectares	22,02
Área de Preservação Permanente (30m)	51,53
Volume morto (Namin) 10^6m^3	4,894
Volume útil (Namin) 10^6m^3	0,000

cota	área	volume total	volume útil
m	h a	10^6m^3	10^6m^3
618,00	0,00	0,000	0,000
620,00	1,74	0,017	0,000
625,00	12,33	0,369	0,000
630,00	34,95	1,551	0,000
635,00	98,77	4,894	0,000
640,00	176,30	11,771	0,000

Curva cota-área



Curva cota-volume



O arranjo da PCH Cavernoso V na fase de projeto básico, em função das investigações de campo mais detalhadas sofreu pequenas modificações em seu arranjo original, em prol de uma proposta mais segura e otimizada, porém sem alteração do conceito de aproveitamento do meandro ou dos níveis de água de montante ou jusante.

Francisco Beltrão, PR, setembro de 2016.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4.1

4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS BÁSICOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS	1
ANEXO 4.1.1.....	4

CAPÍTULO 4.2

4.2. ESTUDOS HIDROMETEREOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS.....	5
4.2.1. INTRODUÇÃO.....	5
4.2.2. POTAMOGRAFIA E OUTROS USOS DA ÁGUA.....	5
4.2.3. PARÂMETROS FISIOGRAFICOS BÁSICOS.....	8
4.2.3.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	8
4.2.3.2. ÍNDICE DE GRAVELIUS	8
4.2.4. CLIMA.....	9
4.2.4.1. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA.....	9
4.2.5. OUTROS USOS DA ÁGUA.....	13
4.2.6. BASE DE DADOS.....	15
4.2.6.1. CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS.	17
4.2.7. CORRELAÇÕES.....	25
4.2.8. SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS	27
4.2.9. CONCLUSÕES SOBRE A EXTENSÃO DA SÉRIE DE VAZÕES.	35
4.2.10. CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES	36
4.2.11. VAZÕES MÍNIMAS.	36
4.2.12. ESTUDOS DAS CHEIAS	37

CAPÍTULO 4.3

4.3 ESTUDOS HIDRÁULICOS.....	41
4.3.1. ESTUDOS DE RESERVATÓRIO.....	41
4.3.1.1. ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO CAVERNOSO.....	41
4.3.1.2. CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOMÉTRICA DA BACIA	42
4.3.1.3. CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS.....	43
4.3.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO RESERVATÓRIO	46
4.3.1.5. CURVA COTA-ÁREA E COTA-VOLUME	47
4.3.1.6. TEMPO DE ENCHIMENTO.....	49
4.3.1.7. TEMPO DE RETENÇÃO	50
4.3.1.8. ESTUDOS DE REMANSO	52
4.3.2. DISPOSITIVO DE LIBERAÇÃO VAZÃO REMANESCENTE.....	52
4.3.3. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS VERTENTE E DE DESVIO	53

4.3.3.1. CURVA CHAVE DO VERTEDOR	53
4.3.3.2. DESVIO DO RIO	54
4.3.3.3. CONTROLE DO CANAL DE FUGA – SOLEIRA NATURAL	58
4.3.4. DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ADUÇÃO	60
4.3.5. DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA / CÂMARA DE CARGA	61
4.3.6. DIMENSIONAMENTO DO CONDUTO FORÇADO	61
4.3.7. PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DE ADUÇÃO	62
4.3.8. ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	70
4.3.9. PRÉ-DIMENSIONAMENTO GERADORES	71
4.3.10. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL:	71
4.3.11. CÁLCULO DA ROTAÇÃO NOMINAL:	71
4.3.12. ESTIMATIVA DE PESO DO GERADOR:	72
4.3.13. NÚMERO DE POLOS DO GERADOR:	72

CAPÍTULO 4.4

4.4. GEOLOGIA E GEOTECNIA	74
ANEXO 4.4.1 DECLARAÇÃO DE VISITA TÉCNICA	75
ANEXO 4.4.2 ATESTADO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA	76
ANEXO 4.4.3 CERTIDÃO DE ACERVO TÉCNICO	77
ANEXO 4.4.4 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART	78
ANEXO 4.4.5 RELATÓRIO	79

CAPÍTULO 4 (CONTINUAÇÃO)

CAPITULO 4.5

4.5. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	80
4.5.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA	80
4.5.1.1. ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA).....	80
4.5.1.2. ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID).....	80
4.5.1.3. ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII).....	81
4.5.2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	81
4.5.2.1. LICENCIAMENTO AMBIENTAL	81
4.5.2.2. ESPAÇOS TERRITORIAIS LEGALMENTE PROTEGIDOS E COMPENSAÇÕES	82
4.5.3. MEIO FÍSICO.....	83
4.5.3.1. HIDROGRAFIA E CLIMATOLOGIA	83
4.5.3.2. GEOLOGIA LOCAL	83
4.5.3.3. HIDROLOGIA LOCAL.....	83
4.5.3.4. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	83
4.5.3.5. RESERVATÓRIO: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	83
4.5.4. MEIO BIÓTICO	84
4.5.4.1. METODOLOGIA	84
4.5.4.1.1. FLORA	84
4.5.4.1.2. VEGETAÇÃO DO PARANÁ	84
4.5.4.1.3. VEGETAÇÃO DA MESORREGIÃO CENTRO-SUL	85
4.5.4.1.4. BACIA DO RIO DO CAVERNOSO	85
4.5.4.2. FAUNA	91
4.5.4.2.1. ICTIOFAUNA	91
4.5.4.2.2. HERPETOFAUNA.....	92
4.5.4.2.3. AVIFAUNA	95
4.5.4.2.4. MASTOFAUNA	106
4.5.5. MEIO SOCIOECONÔMICO	109
4.5.5.1. METODOLOGIA	109
4.5.5.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	110
4.5.5.3. HISTÓRICO DOS MUNICÍPIOS	111
4.5.5.4. INDICADORES DEMOGRÁFICOS	113
4.5.5.5. SANEAMENTO.....	114
4.5.5.6. SAÚDE	116
4.5.5.7. EDUCAÇÃO	116
4.5.5.8. ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO.....	117
4.5.5.9. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	118
4.5.5.10. ATIVIDADES ECONÔMICAS	120
4.5.6. CONCLUSÕES.....	120

CAPÍTULO 4.6

4.6. ESTUDOS ENERGÉTICOS	121
4.6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	122
4.6.2. QUEDA BRUTA MÉDIA	122
4.6.2.1. CURVA CHAVE NO CANAL DE FUGA – CONTROLE NATURAL	123
4.6.2.2. CURVA CHAVE NA COMPORTA BASCULANTE PCH CAVERNOSO V....	125
4.6.3. PERDA DE CARGA	126
4.6.4. FATOR DE CAPACIDADE	127
4.6.5. VAZÃO SANITÁRIA	128
4.6.6. FATOR DE INDISPONIBILIDADE FORÇADA E PROGRAMADA.....	129
4.6.7. RENDIMENTOS TURBINAS E GERADORES.....	129
4.6.8. PERDAS ELÉTRICAS DEVIDO AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	129
4.6.9. CONSUMO INTERNO DA USINA.....	130
4.6.10. RESUMO DOS PARÂMETROS ENERGÉTICOS CONSIDERADOS	131
4.6.11. MODELO DE ANÁLISE ENERGÉTICA	131
4.6.12. RESULTADOS OBTIDOS PCH CAVERNOSO V – 5,0 MW.	132

CAPÍTULO 4.7

4.7. INTEGRAÇÃO DA USINA AO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	137
4.7.1. ESTUDO DE CONEXÃO DO COMPLEXO RIO CAVERNOSO AO SISTEMA ELÉTRICO DA COPEL....	137
4.7.2. DIMENSIONAMENTO DO CABO E PERDAS NA LINHA DE TRANSMISSÃO...	142
ANEXO 4.7.1 - INFORMAÇÃO DE ACESSO Nº 133-2016 - COPEL DISTRIBUIÇÃO.....	162

CAPÍTULO 4.8

4.8. CUSTOS	163
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

SUMÁRIO

CAPÍTULO 4.1

4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS BÁSICOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS.....	1
ANEXO 4.1.1	4

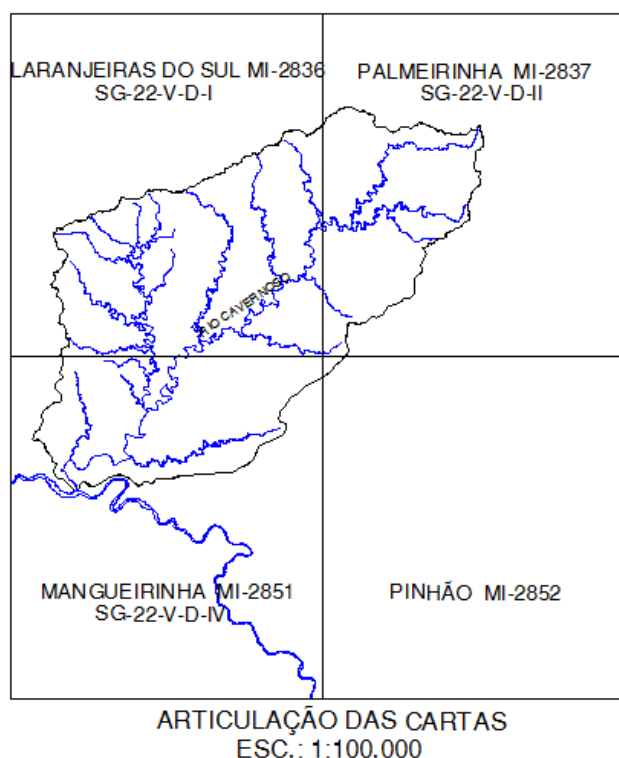
4.1. LEVANTAMENTO DE DADOS BÁSICOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS E TOPOBATIMÉTRICOS

Os levantamentos ora apresentados visam expor o desenvolvimento das atividades de campo e escritório que subsidiaram o cadastro e modelagem digital do terreno do rio Cavernoso no sítio da PCH Cavernoso V.

Além de permitir a ilustração do que se pretende implantar, a cartografia nos possibilita orientação em qualquer tempo no terreno, seja para tomada de novas informações ou mesmo visando à implantação futura dos projetos a partir da rede de marcos topográficos pré-estabelecida.

Os levantamentos ora efetuados observaram as Diretrizes de Cartografia e Topografia Resolução nº 343/2008 em sua última versão de julho/2010 garantindo consistência e precisão ao material aqui disponibilizado. Tais levantamentos iniciaram-se com uma cuidadosa campanha de aferição da amarração a rede oficial do IBGE.

Na etapa de estudo de Inventário Hidrelétrico, considerou-se oportuno obter um mapa da bacia do rio Cavernoso, onde constassem informações hidrográficas, relevo, acessos, entre outras informações, através das cartas do mapeamento sistemático do Brasil, em escala 1:100.000, executadas pela Diretoria de Serviço Geográfico, Ministério do Exército – DSG/ME



Também foi realizado na etapa de estudo de Inventário Hidrelétrico, no ano de 2009, foi realizado uma restituição aerofotogramétrica visando à escala de apresentação em 1:5.000 com curvas de nível na equidistância de 5m elaborada a partir de diafilmes do Voo ITC 1980, na escala 1: 25.000. Ainda na etapa de inventário, além da restituição aerofotogramétrica, foram implantados marcos intervisíveis na região do aproveitamento além de ser realizado um perfil do rio.

Na presente etapa de projeto básico foram desenvolvidos os trabalhos planialtimétricos cadastrais. Para subsidiar os levantamentos, foram implantados marcos geodésicos na área do projeto conforme as diretrizes vigentes. Os levantamentos ocorreram principalmente na região do eixo e casa de força com o objetivo de se aferir e localizar as sondagens, além do estaqueamento e perfil longitudinal do túnel de adução. Complementando os trabalhos, foram levantadas seções topobatimétricas a pedido da empresa projetista, assim, cumprindo todo o escopo necessário à elaboração do projeto básico.

Ainda na etapa de projeto básico, foi realizado um novo recobrimento aéreo sobre a área do projeto efetuando o imageamento da região além de um perfilamento a laser com densidade de 4 pontos por metro quadrado. Essa campanha visou a apresentação de ortofotos na escala 1:14.000 e altimetria na equidistância de 5m.

No Estudo de Inventário o Datum adotado foi o SAD69 – South American Datum (1969), já na fase de Projeto Básico, as normativas condicionam a adoção do Datum Sirgas 2000, sem qualquer prejuízo quanto a adequabilidade entre os diferentes materiais cartográficos.

Os anexos apresentados na sequencia condensam toda parte de trabalho relativa aos levantamentos cartográficos e topográficos da PCH Cavernoso V.

A seguir é apresentada uma tabela com o resumo das atividades desenvolvidas nas disciplinas cartográficas contratadas.

ATIVIDADE	EMPRESA	PROFISSIONAL RESPONSÁVEL	RELATÓRIO	
Coordenação geral das atividades, acompanhamento geral e especificação dos procedimentos.	Desing Head Engenharia & Construtora Ltda.  Engenharia & Construtora Ltda.	Eng. Civil Aberto de Andrade Pinto CREA-PR 25.341/D	Cap. 4.1	
Transporte de coordenadas e amarração à rede SGB-IBGE; Determinação da altitude ortométrica pelo modelo MAPGEO 2010.	SVN Engenharia de Levantamentos S.S.  ENGENHARIA DE LEVANTAMENTOS DESDE 1987	Eng. Cartógrafo Sérgio Vicente Novak CONFEA 170282446-2	Anexo 4.1.1	
Implantação de marcos nos eixos estudados; Levantamento planialtimétrico topográfico e batimétrico das regiões do projeto.				
Planejamento da Área de cobertura foto e laser				
Plano de voo - Foto e Laser	Rotorwest Aerotaxi S.A.E. Ltda.  S. A. E. Prontos para voar.	Eng. Cartógrafo Nilo Tsuchiya CREA-SP 5062197075		
Recobrimento aéreo e perfilamento laser				
Processamento do produtos do recobrimento aéreo				
Geração do MDS e MDT				

ANEXO 4.1.1

- Apoio básico e densificação do referencial geodésico
- Levantamentos topográficos
- Cartografia

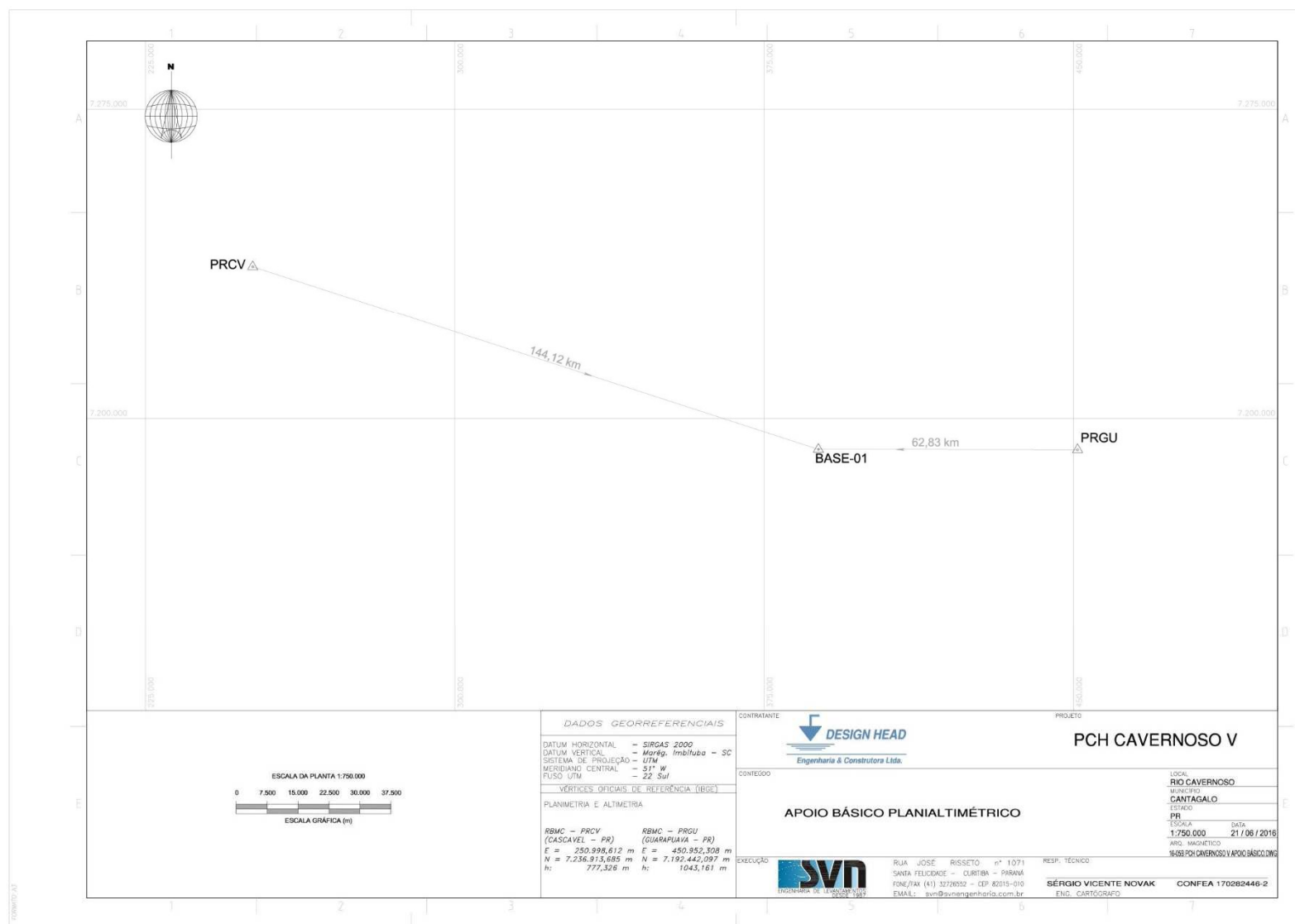


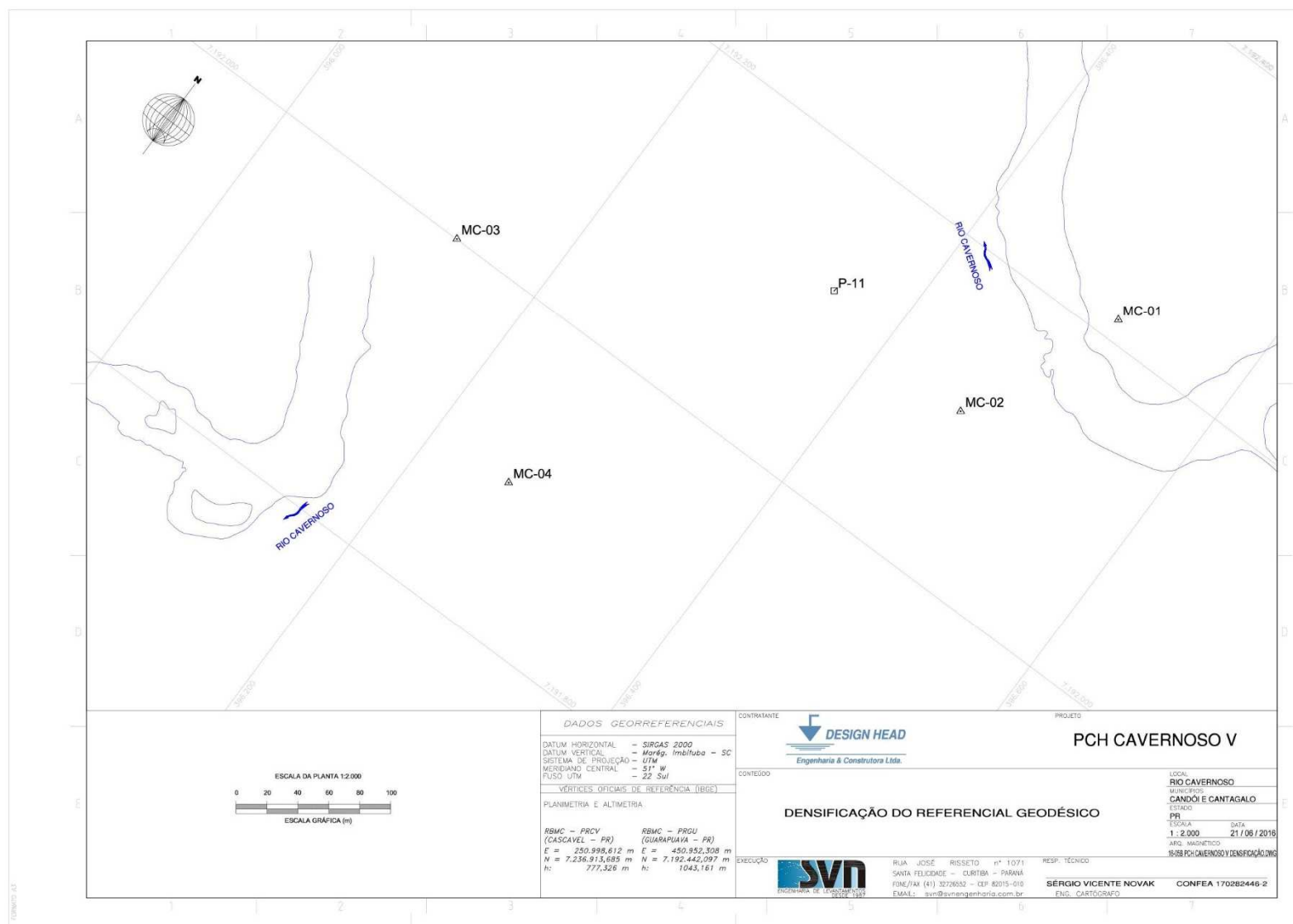
4.1.1.1 – Apoio básico e densificação do referencial geodésico

Em consulta ao site do IBGE (www.ibge.gov.br), setor de geodésia, foram localizadas as estações da RBMC mais próximas a área de estudo, essas foram utilizadas como referência no transporte de coordenadas para o marco denominado Base-01, marco base do projeto. Realizado o transporte de coordenadas, o marco base foi utilizado como referência para a determinação das coordenadas dos marcos e piquetes implantados na área do projeto. A seguir são apresentadas as coordenadas das estações da RBMC utilizadas, do marco base e dos marcos e piquetes implantados, além da disposição desses na área do projeto.

APOIO BÁSICO PLANIALTIMÉTRICO - PCH CAVERNOSO V								
MARCO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ALTITUDE ELIP. (m)	OND. GEOID. (m)	ALT. ORTO. (m)	SIGMA E (m)	SIGMA N (m)	SIGMA H (m)
PRCV	250998,612	7236913,685	777,326	3,35	773,976	0,0010	0,0010	0,0080
PRGU	450952,308	7192442,097	1043,161	4,06	1039,101	0,001	0,001	0,007
BASE-01	388126,333	7192553,520	841,935	2,91	839,025	0,0158	0,0158	0,0442

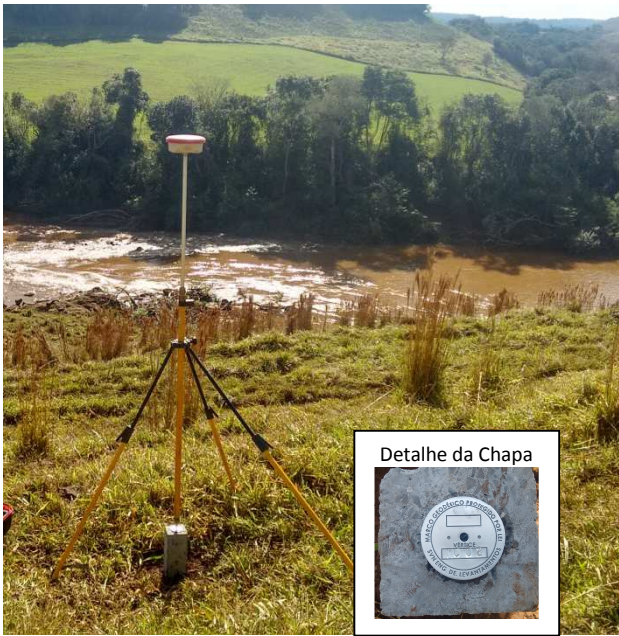
DENSIFICAÇÃO DO REFERENCIAL GEODÉSICO - PCH CAVERNOSO V								
MARCO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ALTITUDE ELIP. (m)	OND. GEOID. (m)	ALT. ORTO. (m)	SIGMA E (m)	SIGMA N (m)	SIGMA H (m)
MC-01	396511,616	7192213,944	-	-	629,449	-	-	-
MC-02	396465,2698	7192105,542	642,7931	3,13	639,6631	0,0001	0,0001	0,0003
MC-03	396137,4245	7192000,234	633,3812	3,13	630,2512	0,0001	0,0001	0,0002
MC-04	396258,656	7191893,844	643,961	3,13	640,831	0,0001	0,0001	0,0004
P-11	396352,951	7192119,356	645,328	3,13	642,198	0,0002	0,0002	0,0004

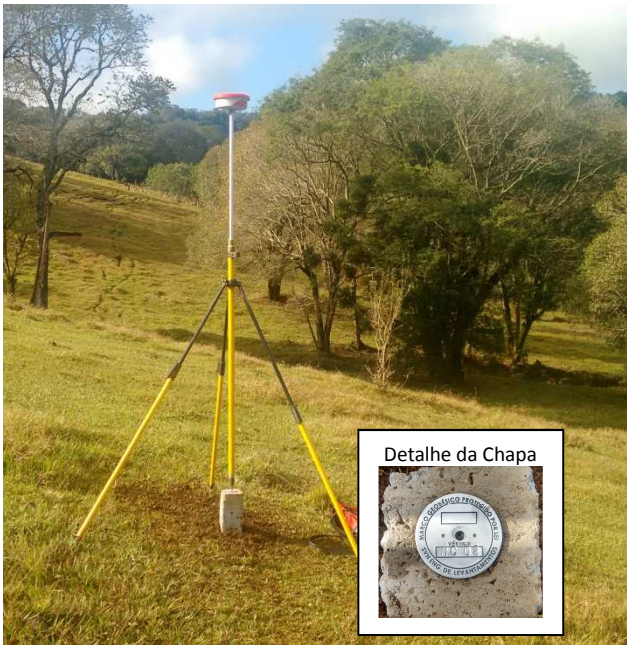




Monografia - Marco "BASE-01"			
Projeto: PCH Cavernoso V			
Contratante: Design Head Engenharia e Construtora Ltda.			
Local: RIO CAVERNOSO		Município: Cantagalo	UF: PR
Data da implantação: 18/02/2016		Coord. determinadas por: Receptor GNSS L1/L2/Glonass	
Hora de início do rastreamento: 07 hs 06 min		Equipamento: Receptor GNSS Leica GX1230GG	
Hora de fim do rastreamento: 14 hs 04 min		Tempo de ocupação: 6 hs 57 min	
Datum horizontal: SIRGAS 2000		Marco de referência horizontal: RBMC PRGU, RBMC PRMA	
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba - SC		Marco de referência vertical: RMC PRGU, RBMC PRMA	
Sistema de projeção: UTM		Sistema de Interpolação geoidal: Mapgeo 2010, V1.0	
Coordenadas no sistema WGS84		Coordenadas no sistema Local – SIRGAS 2000	
Lat: 25° 22' 46,55078" S	Lat: 25° 22' 46,55078" S	E: 388126,333 m	Dp E: 0,0158 m
Lon: 52°06'43,37205" O	Lon: 52°06'43,37205" O	N: 7192553,520 m	Dp N: 0,0158m
Alt Geom: 841,935 m	Alt Geom: 841,935 m	Alt Orto: 839,025 m	Dp H: 0,442m
	Ond Geoidal: 2,91 m	Fuso UTM: 22 Sul	MC: 51º W
Foto de Campo		Foto Aérea	
			
Itinerário: Partindo do cruzamento entre as ruas Augusto Tomás e Padre Antônio Galo no município de Cantagalo – PR, segue pela rua Padre Antônio Galo por 300 metros e vire a direita, segue por mais 250 metros e vire na rua a direita, após 100 metros vire a direita na primeira rua e segue por mais 40 metros até encontrar o marco denominado Base -01, situado próximo a cerca de uma residência.			
Tipo de marco: Marco em concreto no formato retangular.			
Inscrição: BASE-01			
Marco intervisível: Nenhum			

Monografia - Marco "MC-01"			
Projeto: PCH Cavernoso V			
Contratante: Design Head Engenharia e Construtora Ltda.			
Local: RIO CAVERNOSO	Município: Cantagalo		UF: PR
Data da implantação: 07/06/2016	Coordenadas determinadas por topografia convencional		
Hora de início do rastreamento: 13 hs 33 min	Equipamento: Estação Total TS02		
Hora de fim do rastreamento: -	Tempo de ocupação: -		
Datum horizontal: SIRGAS 2000	Marco de referência horizontal: BASE-01		
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba - SC	Marco de referência vertical: BASE-01		
Sistema de projeção: UTM	Sistema de Interpolação geoidal: Mapgeo 2010, V1.0		
Coordenadas no sistema WGS84	Coordenadas no sistema Local – SIRGAS 2000		
Lat: 25° 22'59,77140" S	Lat: 25° 22'59,77235" S	E: 396511,616 m	Dp E: -
Lon: 52°01'43,44010" O	Lon: 52°01'43,44010" O	N: 7192213,944 m	Dp N: -
Alt Geom: -	Alt Geom: -	Alt Orto: 629,455 m	Dp H: -
	Ond Geoidal: -	Fuso UTM: 22 Sul	MC: 51º W
Foto de Campo		Foto Aérea	
			
Itinerário: Partindo do cruzamento entre a Rodovia BR-277 e a Rua Dom Pedro II no município de Cantagalo – PR, segue pela BR-277 por 15,3 quilômetros e vire à esquerda numa estrada vicinal. Segue pela estrada por 8 quilômetros e vire à esquerda numa bifurcação. Segue pela estrada por 1,4 quilômetros até o final da mesma. Segue pelo pasto à direita da estrada por 400 metros até a margem do Rio Cavernoso. O marco denominado MC-01 está a 40 metros da margem oposta do Rio Cavernoso.			
Tipo de marco: Marco em concreto no formato retangular.			
Inscrição: MC-01			
Marco intervisível: MC-02			

Monografia - Marco "MC-02"			
Projeto: PCH Cavernoso V			
Contratante: Design Head Engenharia e Construtora Ltda.			
Local: RIO CAVERNOSO	Município: Candói	UF: PR	
Data da implantação: 02/06/2016	Coord. determinadas por: Receptor GNSS L1/L2/Glonass		
Hora de início do rastreamento: 11 hs 12 min	Equipamento: Receptor GNSS Leica ATX900CS		
Hora de fim do rastreamento: 11 hs 49 min	Tempo de ocupação: 0 h 40 min		
Datum horizontal: SIRGAS 2000	Marco de referência horizontal: BASE-01		
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba - SC	Marco de referência vertical: BASE-01		
Sistema de projeção: UTM	Sistema de Interpolação geoidal: Mapgeo 2010, V1.0		
Coordenadas no sistema WGS84	Coordenadas no sistema Local – SIRGAS 2000		
Lat: 25°23'3,28341"S	Lat: 25°23'3,28342"S	E: 396465,270 m	Dp E: 0,0001 m
Lon: 52°01'45,12831"O	Lon: 52°01'45,12831"O	N: 7192105,542 m	Dp N: 0,0001 m
Alt Geom: 642,793 m	Alt Geom: 642,793 m	Alt Orto: 639,663 m	Dp H: 0,0003 m
	Ond Geoidal: 3,13 m	Fuso UTM: 22 Sul	MC: 51° W
Foto de Campo		Foto Aérea	
			
Itinerário: Partindo do cruzamento entre a Rodovia BR-277 e a Rua Dom Pedro II no município de Cantagalo – PR, segue pela BR-277 por 15,3 quilômetros e vire à esquerda numa estrada vicinal. Segue pela estrada por 8 quilômetros e vire à esquerda numa bifurcação. Segue pela estrada por 1,4 quilômetros até o final da mesma. Segue pelo pasto à direita da estrada por 370 metros onde localiza-se o marco denominado MC-02.			
Tipo de marco: Marco em concreto no formato retangular.			
Inscrição: MC-02			
Marco intervisível: MC-01			

Monografia - Marco "MC-03"			
Projeto: PCH Cavernoso V			
Contratante: Design Head Engenharia e Construtora Ltda.			
Local: RIO CAVERNOSO	Município: Cândói	UF: PR	
Data da implantação: 02/06/2016	Coord. determinadas por: Receptor GNSS L1/L2/Glonass		
Hora de início do rastreo: 09 hs 48 min	Equipamento: Receptor GNSS Leica ATX900CS		
Hora de fim do rastreo: 12 hs 24 min	Tempo de ocupação: 0 h 40 min		
Datum horizontal: SIRGAS 2000	Marco de referência horizontal: BASE-01		
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba - SC	Marco de referência vertical: BASE-01		
Sistema de projeção: UTM	Sistema de Interpolação geoidal: Mapgeo 2010, V1.0		
Coordenadas no sistema WGS84	Coordenadas no sistema Local – SIRGAS 2000		
Lat: 25°23'6,62423"S	Lat: 25°23'6,62423"S	E: 396137,425 m	Dp E: 0,0001 m
Lon: 52°01'56,88830"O	Lon: 52°01'56,88830"O	N: 7192000,234 m	Dp N: 0,0001 m
Alt Geom: 633,381 m	Alt Geom: 633,381 m	Alt Orto: 630,251 m	Dp H: 0,0002 m
	Ond Geoidal: 3,13 m	Fuso UTM: 22 Sul	MC: 51º W
Foto de Campo		Foto Aérea	
			
Itinerário: Partindo do cruzamento entre a Rodovia BR-277 e a Rua Dom Pedro II no município de Cantagalo – PR, segue pela BR-277 por 15,3 quilômetros e vire à esquerda numa estrada vicinal. Segue pela estrada por 8 quilômetros e vire à esquerda numa bifurcação. Segue pela estrada por 1,4 quilômetros até o final da mesma. Segue pelo pasto à direita da estrada por 260 metros onde se localiza o marco denominado MC-03.			
Tipo de marco: Marco em concreto no formato retangular.			
Inscrição: MC-03			
Marco intervisível: Nenhum			

Monografia - Marco "MC-04"			
Projeto: PCH Cavernoso V			
Contratante: Design Head Engenharia e Construtora Ltda.			
Local: RIO CAVERNOSO	Município: Candói	UF: PR	
Data da implantação: 02/06/2016	Coord. determinadas por: Receptor GNSS L1/L2/Glonass		
Hora de início do rastreamento: 09 hs 27 min	Equipamento: Receptor GNSS TechGeo GTR G2		
Hora de fim do rastreamento: 10 hs 29 min	Tempo de ocupação: 01 h 02 min		
Datum horizontal: SIRGAS 2000	Marco de referência horizontal: BASE-01		
Datum vertical: Marégrafo de Imbituba - SC	Marco de referência vertical: BASE-01		
Sistema de projeção: UTM	Sistema de Interpolação geoidal: Mapgeo 2010, V1.0		
Coordenadas no sistema WGS84	Coordenadas no sistema Local – SIRGAS 2000		
Lat: 25°23'10,11288"S	Lat: 25°23'10,11288"S	E: 396258,656 m	Dp E: 0,0001 m
Lon: 52°01'52,57975"O	Lon: 52°01'52,57975"O	N: 7191893,844 m	Dp N: 0,0001 m
Alt Geom: 643,961 m	Alt Geom: 643,961 m	Alt Orto: 640,831 m	Dp H: 0,0004 m
	Ond Geoidal: 3,13 m	Fuso UTM: 22 Sul	MC: 51° W
Foto de Campo		Foto Aérea	
			
Itinerário: Partindo do cruzamento entre a Rodovia BR-277 e a Rua Dom Pedro II no município de Cantagalo – PR, segue pela BR-277 por 15,3 quilômetros e vire à esquerda numa estrada vicinal. Segue pela estrada por 8 quilômetros e vire à esquerda numa bifurcação. Segue pela estrada por 1,4 quilômetros até o final da mesma. Segue pelo pasto à direita da estrada por 120 metros onde se localiza o marco denominado MC-04.			
Tipo de marco: Marco em concreto no formato retangular.			
Inscrição: MC-04			
Marco intervisível: Nenhum			



Processando Informações
PRJ APOIO BÁSICO - PCH CAVERNOSO V

INFORMAÇÕES DO PROJETO

Nome do projeto:	PRJ APOIO BÁSICO - PCH CAVERNOSO V
Data de criação:	13/05/2016 15:12:54
Fuso:	-3h 00'
Nome do Sist. de Coordenadas:	SIRGAS UTM 22
Software aplicativo:	LEICA Geo Office 8.2
Data e hora de início:	18/02/2016 07:06:43
Data e hora-fim:	18/02/2016 14:04:28
Pts.ocupados manualmente:	2
Processando Kernel:	PSI-Pro 3.0
Processado:	19/02/2016 14:19:56

PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO

Parâmetros	Selecionadas
Ângulo de Corte:	15°
Tipo de efemérides:	Precisas
Tipo de Solução:	Automático
Tipo GNSS:	Automático
Frequência:	Automático
Fixar ambiguidade até:	500 km
Dur. mínima para solução float (estát.):	5' 00"
Taxa de Amostragem:	Utilizar tudo
Modelo Troposférico:	Hopfield
Modelo Ionosférico:	Automático
Usar modelagem estocástica.:	Sim
Dist. mínima:	8 km
Atividade ionosférica:	Automático

VISTA GERAL DA LINHA BASE

PRCV - BASE-01		Referência: PRCV		Móvel: BASE-01			
Tipo de receptor / S/N:		TRIMBLE / 4652		GX1230GG / 471150			
Tipo de Antena / S/N:		TRM55971.00 / -		AX1202 GG Tripod / -			
Altura da antena:		0.0080 m		1.0480 m			
Coordenadas:							
Este:		250998.6120 m		388126.3659 m			
Norte:		7236913.6850 m		7192553.5119 m			
Alt. Elip.:		777.3260 m		841.8794 m			
Tipo de Solução:		Fase: tudo fixo					
Tipo GNSS:		GPS / GLONASS					
Frequência:		IonoLivre(L3)					
Ambiguidade:		Sim					
Time span:		18/02/2016 07:06:43 - 18/02/2016 14:04:28					
Duração:		6h 57' 45"					
Qualidade:		Dp. E: 0.0005 m Qld. Pos.: 0.0007 m		Dp. N: 0.0005 m Dp. Inclinado: 0.0005 m		Dp. Alt: 0.0014 m	
Vetor da linha base:		dLat: -0° 25' 00.63404" Inclinado: 144136.5677 m		dLon: 1° 21' 15.41426"		dAlt: 64.5534 m	
DOPs (mín-máx):		GDOP: 1.5 - 3.5 PDOP: 1.3 - 2.9		HDOP: 0.7 - 1.7		VDOP: 1.1 - 2.3	
Número de satélites usados:		GPS: 17 GLONASS: 9					

PRGU - BASE-01		Referência: PRGU		Móvel: BASE-01	
Tipo de receptor / S/N:		GR25 / 1831006		GX1230GG / 471150	
Tipo de Antena / S/N:		AR10 / -		AX1202 GG Tripod / -	
Altura da antena:		0.1550 m		1.0480 m	
Coordenadas:					
Este:		450952.3080 m		388126.3164 m	
Norte:		7192442.0970 m		7192553.5233 m	
Alt. Elip.:		1043.1610 m		841.9614 m	
Tipo de Solução:		Fase: tudo fixo			
Tipo GNSS:		GPS / GLONASS			
Frequência:		IonoLivre(L3)			
Ambiguidade:		Sim			
Time span:		18/02/2016 07:06:43 - 18/02/2016 14:04:28			
Duração:		6h 57' 45"			
Qualidade:		Dp. E: 0.0004 m Qld. Pos.: 0.0005 m		Dp. N: 0.0004 m Dp. Inclinado: 0.0004 m Dp. Alt: 0.0010 m	
Vetor da linha base:		dLat: 0° 00' 15.84335" Inclinado: 62855.2993 m		dLon: -0° 37' 28.09254" dAlt: -201.1997 m	
DOPs (mín-máx):		GDOP: 1.5 - 3.0 PDOP: 1.3 - 2.5		HDOP: 0.6 - 1.3 VDOP: 1.1 - 2.4	
Número de satélites usados:		GPS: 16 GLONASS: 11			



Processando Informações
PRJ DENSIFICAÇÃO - PCH CAVERNOSO V

INFORMAÇÕES DO PROJETO

Nome do projeto:	PRJ DENSIFICAÇÃO - PCH CAVERNOSO V
Data de criação:	03/06/2016 08:45:13
Fuso:	-3h 00'
Nome do Sist. de Coordenadas:	SIRGAS UTM 22
Software aplicativo:	LEICA Geo Office 8.2
Data e hora de início:	02/06/2016 09:27:13
Data e hora-fim:	02/06/2016 11:53:43
Pts. ocupados manualmente:	4
Processando Kernel:	PSI-Pro 3.0
Processado:	03/06/2016 09:19:13

PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO

Parâmetros	Selecionadas
Ângulo de Corte:	15°
Tipo de efemérides:	Precisas
Tipo de Solução:	Automático
Tipo GNSS:	Automático
Frequência:	Automático
Fixar ambiguidade até:	500 km
Dur. mínima para solução float (estát.):	5' 00"
Taxa de Amostragem:	Utilizar tudo
Modelo Troposférico:	Hopfield
Modelo Ionosférico:	Automático
Usar modelagem estocástica:	Sim
Dist. mínima:	8 km
Atividade ionosférica:	Automático

VISTA GERAL DA LINHA BASE

BASE-01 - MC-03	Referência: BASE-01	Móvel: MC-03
Tipo de receptor / S/N:	GX1230GG / 471150	ATX900 / 314490
Tipo de Antena / S/N:	AX1202 GG Tripod / -	ATX900 Pole / -
Altura da antena:	1.1260 m	2.0000 m
Coordenadas:		
Este:	388126.3330 m	396137.4245 m
Norte:	7192553.5200 m	7192000.2340 m
Alt. Elip.:	841.9350 m	633.3812 m
Tipo de Solução:	Fase: tudo fixo	
Tipo GNSS:	GPS / GLONASS	
Frequência:	L1/E1 e L2	
Ambiguidade:	Sim	
Time span:	02/06/2016 09:48:50 - 02/06/2016 10:24:18	
Duração:	35' 28"	

Qualidade:	Dp. E: 0.0001 m Qld. Pos.: 0.0001 m	Dp. N: 0.0001 m Dp. Inclinado: 0.0001 m	Dp. Alt: 0.0002 m
Vetor da linha base:	dLat: -0° 00' 20.07347" Inclinado: 8035.8680 m	dLon: 0° 04' 46.48374"	dAlt: -208.5538 m
DOPs (mín-máx):	GDOP: 1.7 - 2.1 PDOP: 1.4 - 1.8	HDOP: 0.7 - 0.7	VDOP: 1.2 - 1.6
Número de satélites usados:	GPS: 9 GLONASS: 6		

BASE-01 - MC-02		Referência: BASE-01		Móvel: MC-02	
Tipo de receptor / S/N:		GX1230GG / 471150		ATX900 / 314490	
Tipo de Antena / S/N:		AX1202 GG Tripod / -		ATX900 Pole / -	
Altura da antena:		1.1260 m		2.0000 m	
Coordenadas:					
Este:		388126.3330 m		396465.2698 m	
Norte:		7192553.5200 m		7192105.5416 m	
Alt. Elip.:		841.9350 m		642.7931 m	
Tipo de Solução:		Fase: tudo fixo			
Tipo GNSS:		GPS / GLONASS			
Frequência:		L1/E1 e L2			
Ambiguidade:		Sim			
Time span:		02/06/2016 11:12:54 - 02/06/2016 11:49:12			
Duração:		36' 18"			
Qualidade:		Dp. E: 0.0001 m Qld. Pos.: 0.0001 m	Dp. N: 0.0001 m Dp. Inclinado: 0.0001 m	Dp. Alt: 0.0003 m	
Vetor da linha base:		dLat: -0° 00' 16.73265" Inclinado: 8356.4495 m	dLon: 0° 04' 58.24373"	dAlt: -199.1419 m	
DOPs (mín-máx):		GDOP: 1.4 - 3.0 PDOP: 1.2 - 2.5	HDOP: 0.7 - 1.2	VDOP: 0.9 - 2.1	
Número de satélites usados:		GPS: 10 GLONASS: 6			

BASE-01 - MC-04		Referência: BASE-01		Móvel: MC-04	
Tipo de receptor / S/N:		GX1230GG / 471150		NOVATEL / 8280021	
Tipo de Antena / S/N:		AX1202 GG Tripod / -		NOV702GG / -	
Altura da antena:		1.1260 m		2.0000 m	
Coordenadas:					
Este:		388126.3330 m		396258.6564 m	
Norte:		7192553.5200 m		7191893.8435 m	
Alt. Elip.:		841.9350 m		643.9612 m	
Tipo de Solução:		Fase: tudo fixo			
Tipo GNSS:		GPS / GLONASS			
Frequência:		L1/E1 e L2			
Ambiguidade:		Sim			
Time span:		02/06/2016 09:27:13 - 02/06/2016 10:29:58			
Duração:		1h 02' 45"			
Qualidade:		Dp. E: 0.0001 m Qld. Pos.: 0.0002 m	Dp. N: 0.0001 m Dp. Inclinado: 0.0001 m	Dp. Alt: 0.0004 m	
Vetor da linha base:		dLat: -0° 00' 23.56212" Inclinado: 8164.4781 m	dLon: 0° 04' 50.79228"	dAlt: -197.9738 m	
DOPs (mín-máx):		GDOP: 1.6 - 2.9 PDOP: 1.4 - 2.5	HDOP: 0.7 - 0.9	VDOP: 1.2 - 2.3	
Número de satélites usados:		GPS: 9 GLONASS: 7			

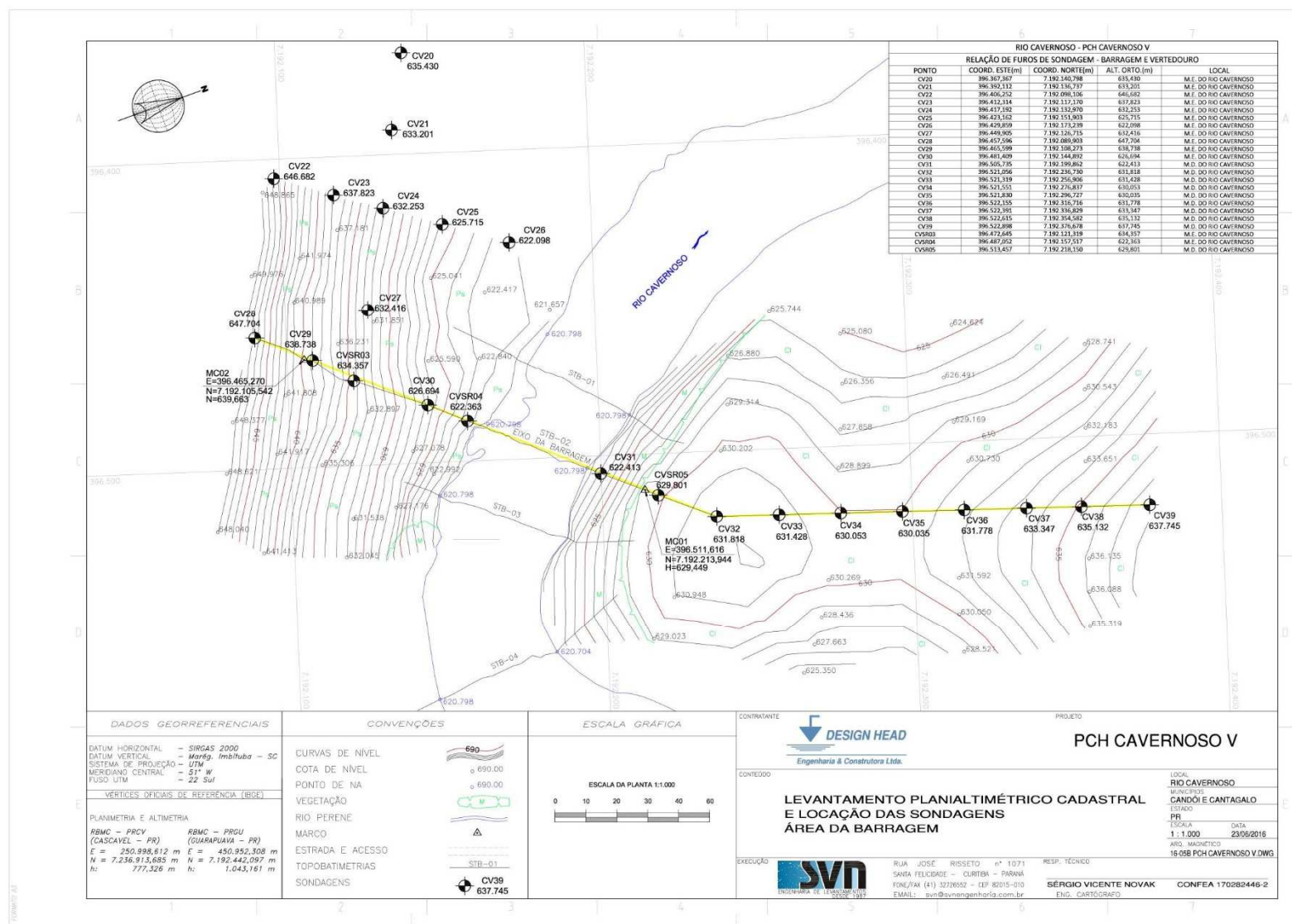
BASE-01 - P-11		Referência: BASE-01		Móvel: P-11			
Tipo de receptor / S/N:		GX1230GG / 471150		NOVATEL / 8280021			
Tipo de Antena / S/N:		AX1202 GG Tripod / -		NOV702GG / -			
Altura da antena:		1.1260 m		2.0000 m			
Coordenadas:							
Este:		388126.3330 m		396352.9508 m			
Norte:		7192553.5200 m		7192119.3556 m			
Alt. Elip.:		841.9350 m		645.3278 m			
Tipo de Solução:		Fase: tudo fixo					
Tipo GNSS:		GPS / GLONASS					
Frequência:		L1/E1 e L2					
Ambiguidade:		Sim					
Time span:		02/06/2016 10:47:23 - 02/06/2016 11:53:43					
Duração:		1h 06' 20"					
Qualidade:		Dp. E: 0.0002 m Qld. Pos.: 0.0003 m		Dp. N: 0.0002 m Dp. Inclinado: 0.0002 m		Dp. Alt: 0.0004 m	
Vetor da linha base:		dLat: -0° 00' 16.25550" Inclinado: 8243.4848 m		dLon: 0° 04' 54.22857"		dAlt: -196.6072 m	
DOPs (mín-máx):		GDOP: 1.5 - 3.0 PDOP: 1.3 - 2.5		HDOP: 0.8 - 1.2		VDOP: 1.0 - 2.1	
Número de satélites usados:		GPS: 10 GLONASS: 6					

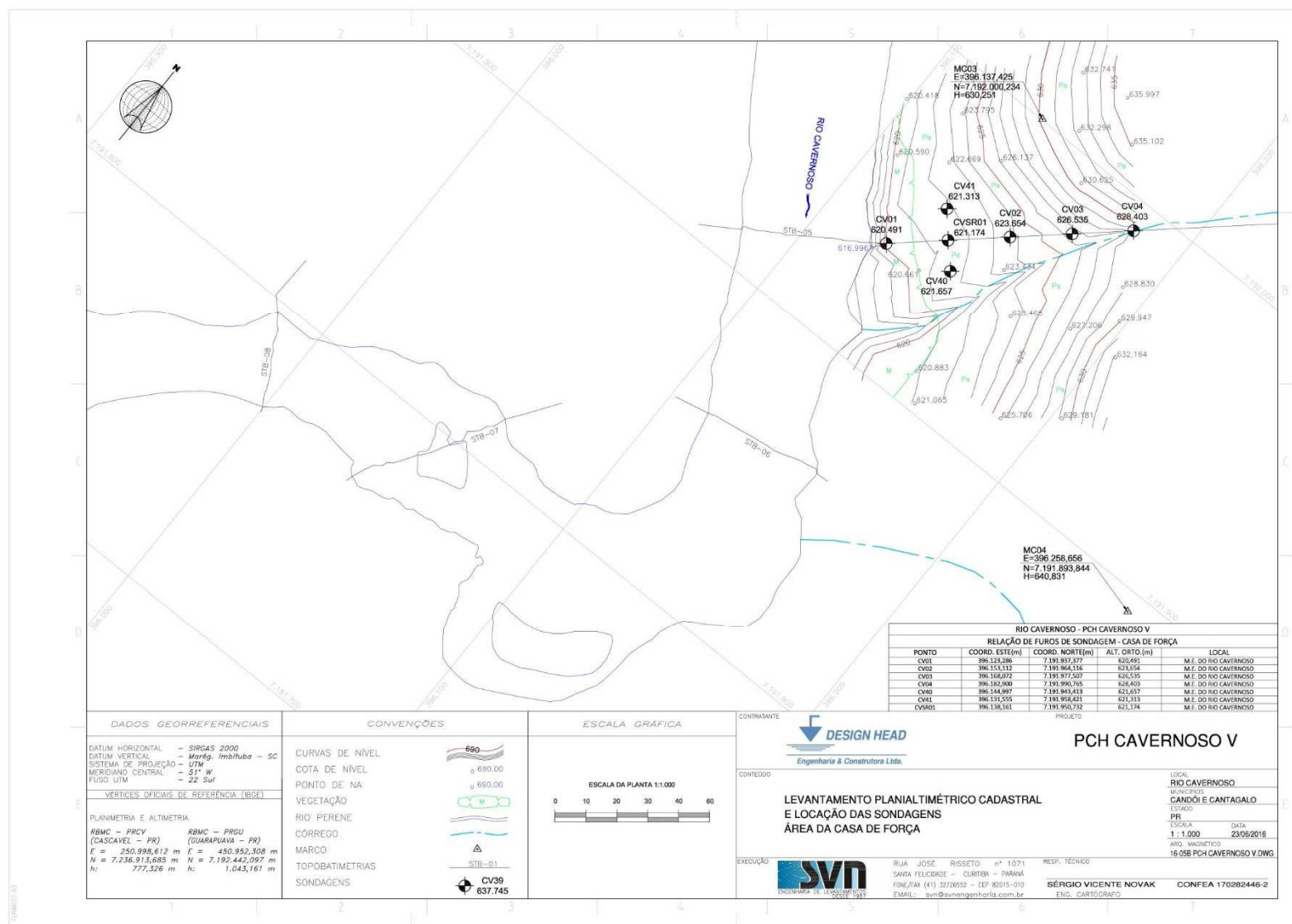
4.1.1.2 – Levantamentos topográficos:

Definidas as coordenadas do marco base e dos demais marcos e piquetes implantados na área do projeto da PCH Cavernoso V, iniciou-se a etapa de levantamentos topográficos. Os pontos levantados em campo, tem objetivo de modelar o terreno e gerar curvas de nível na equidistância de 1 metro. Os pontos planialtimétricos foram densificados nas áreas onde o terreno apresenta maiores irregularidades, afim de obter uma modelagem fiel do solo. Foi levantada uma área de aproximadamente 2,83 ha na região do barramento e uma área de 0,95 ha na região da casa de força, também foi realizado um estaqueamento e perfil longitudinal do túnel de adução.

Nessa etapa ainda foi realizada o cadastro e locação de 53 furos de sondagem e, o levantamento de 3 seções topobatimétricas. Os levantamentos foram realizados com auxílio de uma estação total, tendo como referência as coordenadas dos marcos e piquetes implantados, as poligonais realizadas são abertas e enquadradas e o método utilizado foi o de irradiação.

A seguir são apresentadas as plantas dos levantamentos planialtimétrico cadastral, disposição dos furos de sondagem e seções topobatimétricas realizadas.







SVN ENGENHARIA DE LEVANTAMENTOS								
RELATÓRIOS DE IRRADIAÇÕES UTM								
CLIENTE: DESIGN HEAD ENGENHARIA E CONSTRUTORA LTDA.								
SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000 - PROJEÇÃO: UTM - M.C: 51° W								
PCH CAVERNOSO V - P01								
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
MC03	CVSR01	SONDAGEM	47°52'42"	179°08'52"	49,507	7191950,732	396138,161	621,173
R01	CV01	SONDAGEM	228°52'57"	228°02'59"	19,978	7191937,377	396123,286	620,491
R01	100	PL_ALT	185°59'18"	185°09'20"	13,533	7191937,255	396136,929	620,661
R01	101	PL_ALT	165°00'37"	164°10'39"	24,775	7191926,897	396144,900	620,473
R01	102	PL_ALT	163°31'29"	162°41'31"	29,833	7191922,250	396147,020	617,771
R01	103	NA	226°43'13"	225°53'15"	24,798	7191933,472	396120,341	616,996
R01	104	PL_ALT	125°25'45"	124°35'47"	14,218	7191942,660	396149,849	621,995
R01	105	PL_ALT	122°17'54"	121°27'56"	21,080	7191939,729	396156,125	620,632
R01	106	PL_ALT	121°22'43"	120°32'45"	24,925	7191938,065	396159,611	622,144
R01	107	PL_ALT	129°10'23"	128°20'25"	37,082	7191927,730	396167,230	622,369
R01	108	PL_ALT	260°53'36"	260°03'38"	20,505	7191947,193	396117,947	620,835
R01	109	PL_ALT	134°12'31"	133°22'33"	51,240	7191915,542	396175,389	622,872
R01	110	PL_ALT	291°14'53"	290°24'55"	31,910	7191961,863	396108,239	620,590
R01	111	PL_ALT	153°20'44"	152°30'46"	53,922	7191902,898	396163,032	621,063
R01	112	PL_ALT	305°46'16"	304°56'18"	47,407	7191977,882	396099,282	620,418
R01	113	PL_ALT	155°21'44"	154°31'46"	43,614	7191911,357	396156,901	620,883
R01	114	PL_ALT	312°38'41"	311°48'43"	64,018	7191993,413	396090,430	620,780
R01	115	PL_ALT	157°21'59"	156°32'01"	33,990	7191919,553	396151,680	620,439
R01	116	PL_ALT	327°34'33"	326°44'35"	58,316	7191999,498	396106,164	622,807
R01	117	PL_ALT	174°11'30"	173°21'32"	43,871	7191907,156	396143,218	620,152
R01	118	PL_ALT	174°19'53"	173°29'55"	53,534	7191897,543	396144,206	619,947
R01	119	PL_ALT	344°38'38"	343°48'40"	59,135	7192007,522	396121,657	628,474
R01	120	PL_ALT	346°00'01"	345°10'03"	44,674	7191993,918	396126,708	627,418
R01	121	PL_ALT	328°39'28"	327°49'30"	41,144	7191985,557	396116,235	623,795
R01	122	PL_ALT	125°33'40"	124°43'42"	60,094	7191916,498	396187,533	625,706
R01	123	PL_ALT	322°50'28"	322°00'30"	25,058	7191970,481	396122,720	622,669
R01	124	PL_ALT	117°01'24"	116°11'26"	45,849	7191930,497	396179,287	624,514
R01	125	PL_ALT	355°57'05"	355°07'07"	30,882	7191981,503	396135,517	626,136
R01	126	PL_ALT	102°33'07"	101°43'09"	31,969	7191944,239	396169,447	623,465
R01	127	PL_ALT	13°32'40"	12°42'42"	38,387	7191988,179	396146,591	628,701
R01	128	PL_ALT	85°55'09"	85°05'11"	23,365	7191952,734	396161,424	622,067
R01	129	PL_ALT	31°45'07"	30°55'09"	33,424	7191979,407	396155,319	626,763
R01	130	PL_ALT	88°53'17"	88°03'19"	26,035	7191951,616	396164,164	623,942
R01	131	PL_ALT	31°53'43"	31°03'45"	20,044	7191967,902	396148,487	623,545
R01	132	PL_ALT	79°56'55"	79°06'57"	20,441	7191954,592	396158,218	623,434
R01	133	PL_ALT	47°47'37"	46°57'39"	34,107	7191974,010	396163,073	625,474
R01	134	PL_ALT	57°47'24"	56°57'26"	38,319	7191971,627	396170,266	625,142
R01	135	PL_ALT	47°47'59"	46°58'01"	49,277	7191984,360	396174,164	627,960
R01	136	PL_ALT	74°27'51"	73°37'53"	42,447	7191962,695	396178,871	625,973
R01	137	PL_ALT	28°48'42"	27°58'44"	46,847	7191992,104	396160,123	630,625
R01	138	PL_ALT	87°57'03"	87°07'05"	48,856	7191953,189	396186,939	627,206
R01	139	PL_ALT	12°11'41"	11°21'43"	55,136	7192004,788	396149,007	632,298
R01	140	PL_ALT	101°32'04"	100°42'06"	58,485	7191939,872	396195,612	628,745
R01	141	PL_ALT	0°56'44"	0°06'46"	69,496	7192020,228	396138,281	632,741
R01	142	PL_ALT	109°23'37"	108°33'39"	68,445	7191928,946	396203,030	629,181
R01	143	PL_ALT	357°41'11"	356°51'13"	82,257	7192032,865	396133,630	632,923
R01	144	PL_ALT	102°32'13"	101°42'15"	80,046	7191934,495	396216,526	633,196
R01	145	PL_ALT	348°19'12"	347°29'14"	78,123	7192027,000	396121,219	630,071
R01	146	PL_ALT	87°06'36"	86°16'38"	66,179	7191955,030	396204,184	632,164
R01	147	PL_ALT	77°16'53"	76°26'55"	61,410	7191965,122	396197,845	629,947

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
R01	148	PL_ALT	6°24'07"	5°34'09"	80,559	7192030,912	396145,963	635,545
R01	149	PL_ALT	66°54'48"	66°04'50"	58,479	7191974,443	396191,601	628,830
R01	150	PL_ALT	13°33'49"	12°43'51"	74,046	7192022,959	396154,462	635,997
R01	151	PL_ALT	53°44'44"	52°54'46"	56,935	7191985,066	396183,563	628,490
R01	152	PL_ALT	49°39'47"	48°49'49"	56,547	7191987,957	396180,711	626,769
R01	153	PL_ALT	24°32'02"	23°42'04"	66,977	7192012,061	396165,067	635,102
R01	154	PL_ALT	47°17'49"	46°27'51"	56,291	7191989,506	396178,952	628,970
R01	155	PL_ALT	37°15'08"	36°25'10"	62,331	7192000,890	396175,150	632,803
R01	156	PL_ALT	46°03'10"	45°13'12"	61,252	7191993,878	396181,622	630,288
R01	CV02	SONDAGEM	49°01'52"	48°11'54"	20,079	7191964,116	396153,112	623,654
R01	CV03	SONDAGEM	49°00'56"	48°10'58"	40,156	7191977,507	396168,072	626,535
R01	CV04	SONDAGEM	49°01'16"	48°11'18"	60,047	7191990,765	396182,900	628,403
R01	CV05	SONDAGEM	49°03'43"	48°13'45"	80,014	7192004,034	396197,820	632,271
R01	CVSR02	SONDAGEM	49°04'38"	48°14'40"	94,776	7192013,849	396208,847	634,607
R01	CV07	SONDAGEM	49°02'58"	48°13'00"	129,289	7192036,880	396234,552	641,381
R01	CV06	SONDAGEM	49°04'53"	48°14'55"	109,134	7192023,405	396219,563	637,844
R01	CV08	SONDAGEM	49°08'24"	48°18'26"	149,167	7192049,949	396249,531	644,776
R01	CV09	SONDAGEM	49°06'29"	48°16'31"	169,264	7192063,387	396264,475	647,111
R02	CV10	SONDAGEM	176°28'41"	44°52'35"	13,739	7192076,920	396278,994	648,779
R02	CV11	SONDAGEM	178°25'20"	46°49'14"	33,705	7192090,248	396293,878	649,218
R03	CV12	SONDAGEM	180°41'16"	47°50'26"	11,807	7192103,634	396308,805	648,038
R03	CV13	SONDAGEM	180°50'54"	48°00'04"	31,853	7192117,022	396323,725	646,510
R03	CV14	SONDAGEM	180°55'18"	48°04'28"	51,627	7192130,204	396338,464	643,514
R04	CV15	SONDAGEM	183°51'01"	51°12'21"	13,393	7192143,589	396353,368	638,627
R04	CV16	SONDAGEM	182°00'31"	49°21'51"	33,453	7192156,984	396368,316	632,539

POLIGONAL P01			
CALCULO: TOPOGRÁFICO			
DATUM	SIRGAS2000	Método de Ajustamento:	Projeções das Abcissas
MERIDIANO CENTRAL	51°W	Método de Distribuição do erro Angular:	Inv, proporcional às distâncias

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
MC04		311°16'10.0"					ESTACAO
MC03	47°54'00.0"	179°09'59.6"	49,486	7192000,234	396137,425	630,251	ESTACAO
R01	49°13'48.0"	48°23'37.9"	175,449	7191950,733	396138,145	621,274	ESTACAO
R02	178°45'26.0"	47°08'53.8"	41,959	7192067,184	396269,300	647,945	ESTACAO
R03	180°12'31.0"	47°21'03.0"	58,310	7192095,709	396300,053	648,893	ESTACAO
R04	280°19'27.0"	147°40'01.6"	18,741	7192135,198	396342,930	642,312	ESTACAO
P11				7192119,356	396352,951	642,198	ESTACAO

DADOS DO FECHAMENTO			
Perímetro (m):	343,944		
ERROS:		TOLERÂNCIAS	
Erro Angular:	-0°01'37"	0°01'14"	
Erro Relativo:	1:2993	1:1500	
Erro Norte:	0,1149		
Erro Este:	0,1019		
Erro Linear:	0,0531		
Az, do Erro:	27°32'28"		
Erro Altimét.:	0,0061	0,0586	

SVN ENGENHARIA DE LEVANTAMENTOS								
RELATÓRIOS DE IRRADIAÇÕES UTM								
CLIENTE: DESIGN HEAD ENGENHARIA E CONSTRUTORA LTDA.								
SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000 - PROJEÇÃO: UTM - M.C: 51° W								
PCH CAVERNOSO V - P02								
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
P11	CV17	SONDAGEM	293°42'31"	30°43'13"	59,527	7192170,530	396383,360	628,944
P11	CV18	SONDAGEM	298°05'58"	35°06'40"	78,460	7192183,539	396398,078	624,399
P11	CV19	SONDAGEM	300°43'13"	37°43'55"	98,388	7192197,170	396413,162	622,655
P11	CV20	SONDAGEM	296°54'12"	33°54'54"	25,838	7192140,798	396367,367	635,430
P11	CV21	SONDAGEM	329°03'21"	66°04'03"	42,845	7192136,736	396392,112	633,201
P11	CV24	SONDAGEM	341°01'23"	78°02'05"	65,667	7192132,970	396417,192	632,253
P11	CV27	SONDAGEM	348°38'53"	85°39'35"	97,233	7192126,715	396449,905	632,416
P11	CVSR03	SONDAGEM	352°02'56"	89°03'38"	119,710	7192121,319	396472,645	634,357
P11	CV22	SONDAGEM	14°43'29"	111°44'11"	57,381	7192098,106	396406,252	646,682
P11	CV23	SONDAGEM	355°05'51"	92°06'33"	59,403	7192117,170	396412,314	637,823
P11	CV25	SONDAGEM	328°07'03"	65°07'45"	77,388	7192151,903	396423,162	625,715
P11	CV26	SONDAGEM	317°58'21"	54°59'03"	93,906	7192173,239	396429,859	622,098
P11	CV28	SONDAGEM	8°42'29"	105°43'11"	108,710	7192089,903	396457,596	647,704
P11	CV29	SONDAGEM	358°36'26"	95°37'08"	113,192	7192108,273	396465,599	638,738
P11	CV30	SONDAGEM	341°44'42"	78°45'24"	130,972	7192144,892	396481,409	626,694
R05	200	PL_ALT	210°38'19"	109°25'18"	15,678	7192139,596	396496,088	627,078
R05	201	PL_ALT	210°24'27"	109°11'26"	34,601	7192133,436	396513,980	627,176
R05	202	PL_ALT	299°37'53"	198°24'52"	29,223	7192117,083	396472,071	636,438
R05	203	PL_ALT	207°09'21"	105°56'20"	51,847	7192130,572	396531,156	626,575
R05	204	PL_ALT	273°34'57"	172°21'56"	31,302	7192113,785	396485,460	636,401
R05	205	PL_ALT	253°40'37"	152°27'36"	39,138	7192110,106	396499,398	635,306
R05	206	PL_ALT	221°24'51"	120°11'50"	55,645	7192116,822	396529,396	632,045
R05	207	PL_ALT	226°30'27"	125°17'26"	43,946	7192119,421	396517,172	631,538
R05	208	PL_ALT	240°21'41"	139°08'40"	51,952	7192105,516	396515,286	635,427
R05	209	PL_ALT	244°08'38"	142°55'37"	28,891	7192121,759	396498,718	632,475
R05	210	PL_ALT	232°46'48"	131°33'47"	63,800	7192102,482	396529,039	635,975
R05	211	PL_ALT	276°53'00"	175°39'59"	19,189	7192125,676	396482,752	632,897
R05	212	PL_ALT	241°16'13"	140°03'12"	71,238	7192090,196	396527,042	641,413
R05	213	PL_ALT	316°36'02"	215°23'01"	20,771	7192127,875	396469,274	631,675
R05	214	PL_ALT	250°35'50"	149°22'49"	61,949	7192091,498	396512,855	641,788
R05	215	PL_ALT	340°23'22"	239°10'21"	31,956	7192128,434	396453,861	631,851
R05	216	PL_ALT	265°19'39"	164°06'38"	51,073	7192095,688	396495,285	641,917
R05	217	PL_ALT	351°53'13"	250°40'12"	46,625	7192129,376	396437,305	631,828
R05	218	PL_ALT	287°13'34"	186°00'33"	45,959	7192099,103	396476,491	641,808
R05	219	PL_ALT	15°03'57"	273°50'56"	41,132	7192147,571	396440,263	625,041
R05	220	PL_ALT	305°04'51"	203°51'50"	48,274	7192100,663	396461,772	641,639
R05	221	PL_ALT	40°23'02"	299°10'01"	40,898	7192164,742	396445,589	622,417
R05	222	PL_ALT	321°07'20"	219°54'19"	54,404	7192103,076	396446,400	640,989
R05	223	PL_ALT	65°30'16"	324°17'15"	50,159	7192185,537	396452,023	621,657
R05	224	PL_ALT	332°30'27"	231°17'26"	62,859	7192105,499	396432,251	641,974
R05	225	PL_ALT	77°34'19"	336°21'18"	32,694	7192174,759	396468,189	620,912
R05	226	PL_ALT	341°14'57"	240°01'56"	75,796	7192106,948	396415,639	642,160
R05	227	PL_ALT	62°02'48"	320°49'47"	22,484	7192162,241	396467,101	622,840
R05	228	PL_ALT	14°26'50"	273°13'49"	14,116	7192145,605	396467,209	625,590
R05	229	PL_ALT	335°40'23"	234°27'22"	86,867	7192094,312	396410,621	648,865
R05	230	PL_ALT	120°33'20"	19°20'19"	14,313	7192158,315	396486,042	622,339
R05	231	PL_ALT	328°03'55"	226°50'54"	76,424	7192092,541	396425,547	649,947
R05	232	PL_ALT	319°42'01"	218°29'00"	70,450	7192089,662	396437,462	649,976
R05	233	PL_ALT	188°14'27"	87°01'26"	22,439	7192145,975	396503,711	622,992
R05	234	PL_ALT	308°39'25"	207°26'24"	65,096	7192087,037	396451,304	649,382

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
R05	235	PL_ALT	199°07'06"	97°54'05"	34,837	7192140,021	396515,808	622,309
R05	236	PL_ALT	293°29'26"	192°16'25"	61,144	7192085,063	396468,304	649,081
R05	237	PL_ALT	278°21'13"	177°08'12"	63,153	7192081,735	396484,457	648,376
R05	238	PL_ALT	264°33'18"	163°20'17"	68,552	7192079,136	396500,957	648,621
R05	239	PL_ALT	252°16'42"	151°03'41"	79,241	7192075,463	396519,644	648,039
R05	240	NA	190°04'30"	88°51'29"	46,000	7192145,726	396527,293	620,729
R05	241	PL_ALT	317°40'00"	216°26'59"	34,919	7192116,722	396460,556	636,231
R05	242	PL_ALT	335°27'29"	234°14'28"	46,849	7192117,432	396443,285	636,397
R05	243	PL_ALT	346°13'58"	245°00'57"	63,602	7192117,946	396423,652	637,181
R05	244	PL_ALT	350°35'59"	249°22'58"	72,673	7192119,220	396413,283	637,629
R05	245	NA	173°35'53"	72°22'52"	24,140	7192152,117	396504,309	620,769
R05	246	NA	121°08'21"	19°55'20"	20,463	7192164,048	396488,275	620,766
R05	247	NA	92°02'15"	350°49'14"	32,350	7192176,745	396476,141	620,304
R05	248	NA	73°09'34"	331°56'33"	44,893	7192184,427	396460,186	620,312
R05	R06	AUXILIAR	210°15'19"	109°02'18"	25,995	7192136,330	396505,875	626,619
R05	R07	AUXILIAR	32°08'05"	290°55'04"	26,338	7192154,213	396456,699	623,521
R05	CVSR04	SONDAGEM	125°33'44"	24°20'43"	13,948	7192157,517	396487,052	622,363
R05	239	NA	124°42'57"	23°29'56"	20,503	7192163,612	396489,477	620,771
R05	240	FUNDO	124°55'43"	23°42'42"	20,850	7192163,900	396489,686	620,598
R05	241	FUNDO	125°29'33"	24°16'32"	22,311	7192165,148	396490,474	620,520
R05	242	FUNDO	125°10'02"	23°57'01"	23,970	7192166,716	396491,032	620,710
R05	243	PL_ALT	124°29'25"	23°16'24"	25,380	7192168,124	396491,330	621,066
R05	244	NA	124°35'00"	23°21'59"	26,412	7192169,056	396491,777	620,763
R05	245	FUNDO	125°08'46"	23°55'45"	27,019	7192169,507	396492,261	620,461
R05	246	FUNDO	124°28'25"	23°15'24"	28,157	7192170,679	396492,420	620,359
R05	247	FUNDO	125°34'27"	24°21'26"	29,579	7192171,756	396493,501	620,231
R05	248	FUNDO	125°55'01"	24°42'00"	32,562	7192174,393	396494,909	619,557
R05	249	FUNDO	125°22'59"	24°09'58"	33,923	7192175,760	396495,189	619,311
R05	250	FUNDO	124°59'33"	23°46'32"	35,844	7192177,612	396495,753	618,668
R05	251	FUNDO	125°22'46"	24°09'45"	38,903	7192180,304	396497,226	617,923
R05	252	FUNDO	125°17'38"	24°04'37"	42,009	7192183,163	396498,440	618,261
R05	253	FUNDO	126°01'59"	24°48'58"	44,171	7192184,902	396499,841	618,930
R05	254	FUNDO	126°38'29"	25°25'28"	46,433	7192186,746	396501,236	619,335
R05	255	FUNDO	125°17'46"	24°04'45"	48,785	7192189,350	396501,206	620,532
R05	256	FUNDO	125°05'59"	23°52'58"	51,273	7192191,693	396502,061	620,568
R05	257	FUNDO	125°14'39"	24°01'38"	53,464	7192193,641	396503,071	620,592
R05	258	NA	125°08'13"	23°55'12"	55,505	7192195,547	396503,807	620,610
R05	CVSR05	SONDAGEM	124°53'30"	23°40'29"	80,079	7192218,150	396513,457	629,801
R07	259	PL_ALT	277°04'10"	27°59'14"	21,325	7192173,044	396466,706	621,176
R07	260	NA	277°51'03"	28°46'07"	26,733	7192177,647	396469,565	620,285
R07	261	FUNDO	277°58'46"	28°53'50"	27,319	7192178,130	396469,901	620,114
R07	262	FUNDO	277°49'40"	28°44'44"	28,213	7192178,949	396470,268	619,858
R07	263	FUNDO	277°40'16"	28°35'20"	29,743	7192180,329	396470,932	619,670
R07	264	FUNDO	277°05'23"	28°00'27"	30,551	7192181,186	396471,046	619,445
R07	265	FUNDO	277°24'47"	28°19'51"	32,780	7192183,067	396472,256	618,999
R07	266	FUNDO	276°32'26"	27°27'30"	35,277	7192185,516	396472,966	618,793
R07	267	FUNDO	276°39'13"	27°34'17"	36,464	7192186,536	396473,577	618,269
R07	268	FUNDO	276°05'08"	27°00'12"	38,782	7192188,767	396474,308	618,215
R07	269	FUNDO	276°15'01"	27°10'05"	40,269	7192190,040	396475,086	618,205
R07	270	FUNDO	276°44'26"	27°39'30"	42,134	7192191,532	396476,258	618,888
R07	271	FUNDO	277°06'48"	28°01'52"	43,592	7192192,691	396477,185	619,358
R07	272	FUNDO	277°26'07"	28°21'11"	46,782	7192195,383	396478,916	620,072
R07	273	FUNDO	277°07'34"	28°02'38"	49,071	7192197,522	396479,770	620,145
R07	274	FUNDO	277°15'07"	28°10'11"	51,698	7192199,787	396481,105	620,027
R07	275	FUNDO	277°21'25"	28°16'29"	54,413	7192202,134	396482,475	619,920
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA

R07	276	FUNDO	277°19'43"	28°14'47"	55,899	7192203,456	396483,154	619,660
R07	277	FUNDO	277°23'08"	28°18'12"	58,987	7192206,148	396484,667	619,017
R07	278	FUNDO	277°39'05"	28°34'09"	61,835	7192208,520	396486,270	619,943
R07	279	NA	277°48'50"	28°43'54"	63,435	7192209,838	396487,193	620,280
R07	280	PL_ALT	278°02'21"	28°57'25"	67,133	7192212,953	396489,202	623,264
R06	281	PL_ALT	92°07'52"	21°10'10"	8,824	7192144,559	396509,061	622,133
R06	283	NA	94°45'21"	23°47'39"	12,430	7192147,703	396510,889	620,787
R06	284	FUNDO	96°05'07"	25°07'25"	14,489	7192149,449	396512,026	619,528
R06	285	FUNDO	96°45'59"	25°48'17"	16,300	7192151,005	396512,970	619,091
R06	286	FUNDO	93°22'41"	22°24'59"	19,231	7192154,108	396513,208	618,883
R06	287	FUNDO	92°35'48"	21°38'06"	22,021	7192156,800	396513,994	618,167
R06	288	FUNDO	92°15'07"	21°17'25"	24,221	7192158,898	396514,669	618,675
R06	289	FUNDO	92°06'47"	21°09'05"	27,769	7192162,229	396515,895	618,879
R06	290	FUNDO	93°15'00"	22°17'18"	30,952	7192164,970	396517,614	618,472
R06	291	FUNDO	92°23'41"	21°25'59"	33,868	7192167,856	396518,251	617,766
R06	292	FUNDO	92°25'16"	21°27'34"	37,874	7192171,578	396519,731	617,392
R06	293	FUNDO	92°41'56"	21°44'14"	40,602	7192174,045	396520,912	617,139
R06	294	FUNDO	92°44'31"	21°46'49"	43,538	7192176,760	396522,029	617,382
R06	295	FUNDO	92°44'17"	21°46'35"	46,745	7192179,740	396523,216	617,818
R06	296	FUNDO	93°11'19"	22°13'37"	49,888	7192182,511	396524,746	618,506
R06	297	FUNDO	92°18'09"	21°20'27"	53,358	7192186,029	396525,292	620,066
R06	298	NA	92°09'02"	21°11'20"	55,736	7192188,298	396526,020	620,786
R06	299	PL_ALT	92°37'39"	21°39'57"	59,045	7192191,204	396527,674	624,100
R06	300	NA	82°50'21"	11°52'39"	54,341	7192189,508	396517,059	620,778
R06	301	NA	64°15'27"	353°17'45"	65,193	7192201,078	396498,264	620,422
R06	A01	AUXILIAR	119°31'27"	48°33'45"	73,483	7192184,962	396560,963	622,632
A01	303	NA	260°08'10"	128°41'55"	2,402	7192183,459	396562,838	620,704
A01	304	FUNDO	267°09'22"	135°43'07"	3,175	7192182,689	396563,180	620,076
A01	305	FUNDO	285°20'09"	153°53'54"	6,035	7192179,542	396563,618	619,032
A01	306	FUNDO	284°27'41"	153°01'26"	7,710	7192178,091	396564,461	618,836
A01	307	FUNDO	290°10'52"	158°44'37"	14,806	7192171,163	396566,331	618,334
A01	308	FUNDO	295°27'26"	164°01'11"	9,960	7192175,386	396563,705	618,621
A01	309	FUNDO	290°25'20"	158°59'05"	14,004	7192171,889	396565,985	618,319
A01	310	FUNDO	291°14'37"	159°48'22"	16,782	7192169,211	396566,756	617,812
A01	311	FUNDO	290°38'57"	159°12'42"	21,270	7192165,077	396568,512	618,119
A01	312	FUNDO	290°21'17"	158°55'02"	24,380	7192162,213	396569,733	618,324
A01	313	FUNDO	291°38'59"	160°12'44"	27,764	7192158,837	396570,363	618,393
A01	314	FUNDO	290°54'01"	159°27'46"	32,172	7192154,835	396572,250	618,514
A01	315	FUNDO	290°24'45"	158°58'30"	34,354	7192152,894	396573,289	618,674
A01	316	FUNDO	290°00'53"	158°34'38"	37,258	7192150,278	396574,572	618,845
A01	317	FUNDO	289°45'44"	158°19'29"	38,874	7192148,837	396575,321	619,808
A01	318	FUNDO	289°46'14"	158°19'59"	41,204	7192146,669	396576,176	620,379
A01	319	NA	290°03'22"	158°37'07"	42,912	7192145,003	396576,608	620,798
A01	320	PL_ALT	289°36'35"	158°10'20"	50,886	7192137,724	396579,884	625,898
MC01	CV32	SONDAGEM	178°49'48"	22°30'22"	24,664	7192236,730	396521,056	631,818
MC01	A02	AUXILIAR	178°58'03"	22°38'37"	24,938	7192236,960	396521,217	631,934
A02	CV33	SONDAGEM	157°38'56"	0°17'34"	19,947	7192256,906	396521,319	631,428
A02	CV34	SONDAGEM	157°50'11"	0°28'49"	39,879	7192276,837	396521,551	630,053
A02	CV35	SONDAGEM	157°56'38"	0°35'16"	59,770	7192296,727	396521,830	630,035
A02	CV36	SONDAGEM	158°01'48"	0°40'26"	79,762	7192316,716	396522,155	631,778
A02	CV37	SONDAGEM	158°01'47"	0°40'25"	99,875	7192336,828	396522,391	633,347
A02	CV38	SONDAGEM	158°02'14"	0°40'52"	117,630	7192354,582	396522,615	635,132
A02	CV39	SONDAGEM	158°02'44"	0°41'22"	139,728	7192376,678	396522,898	637,745
A02	321	PL_ALT	151°24'43"	354°03'21"	143,749	7192379,936	396506,330	636,242
A02	322	PL_ALT	163°35'36"	6°14'14"	138,937	7192375,074	396536,311	638,359

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
A02	323	PL_ALT	144°12'46"	346°51'24"	147,196	7192380,300	396487,746	634,177
A02	324	PL_ALT	169°10'17"	11°48'55"	141,161	7192375,130	396550,120	638,666
A02	325	PL_ALT	137°33'17"	340°11'55"	149,495	7192377,616	396470,573	631,779
A02	326	PL_ALT	173°47'19"	16°25'57"	144,207	7192375,277	396562,010	638,225
A02	327	PL_ALT	134°29'49"	337°08'27"	131,116	7192357,779	396470,282	628,740
A02	328	PL_ALT	175°58'06"	18°36'44"	125,455	7192355,854	396561,257	635,318
A02	329	PL_ALT	140°32'29"	343°11'07"	125,620	7192357,209	396484,878	630,543
A02	330	PL_ALT	170°58'17"	13°36'55"	122,599	7192356,114	396550,077	636,088
A02	331	PL_ALT	146°04'04"	348°42'42"	122,356	7192356,949	396497,266	632,183
A02	332	PL_ALT	166°00'41"	8°39'19"	120,802	7192356,386	396539,396	636,135
A02	333	PL_ALT	151°04'49"	353°43'27"	120,279	7192356,518	396508,068	633,651
A02	334	PL_ALT	160°57'12"	3°35'50"	119,714	7192356,438	396528,728	635,648
A02	335	PL_ALT	149°44'57"	352°23'35"	99,723	7192335,805	396508,016	631,873
A02	336	PL_ALT	162°16'18"	4°54'56"	100,328	7192336,919	396529,813	633,810
A02	337	PL_ALT	139°48'45"	342°27'23"	102,938	7192335,110	396490,188	629,359
A02	338	PL_ALT	169°08'55"	11°47'33"	101,988	7192336,796	396542,060	633,896
A02	339	PL_ALT	132°22'37"	335°01'15"	107,915	7192334,780	396475,645	627,255
A02	340	PL_ALT	176°30'57"	19°09'35"	104,545	7192335,714	396555,529	632,887
A02	341	PL_ALT	124°46'33"	327°25'11"	114,451	7192333,401	396459,587	625,291
A02	342	PL_ALT	183°48'12"	26°26'50"	109,250	7192334,776	396569,874	631,228
A02	343	PL_ALT	120°20'44"	322°59'22"	97,773	7192315,034	396462,361	624,624
A02	344	PL_ALT	188°19'55"	30°58'33"	90,858	7192314,860	396567,979	628,521
A02	345	PL_ALT	128°03'50"	330°42'28"	85,812	7192311,800	396479,232	626,491
A02	346	PL_ALT	181°32'46"	24°11'24"	84,207	7192313,773	396555,721	630,050
A02	347	PL_ALT	137°46'25"	340°25'03"	82,278	7192314,479	396493,640	629,169
A02	348	PL_ALT	173°47'03"	16°25'41"	80,481	7192314,156	396543,978	631,591
A02	349	PL_ALT	147°06'11"	349°44'49"	83,001	7192318,635	396506,443	630,730
A02	350	PL_ALT	164°15'55"	6°54'33"	79,275	7192315,659	396530,753	631,986
A02	351	PL_ALT	144°20'07"	346°58'45"	61,018	7192296,409	396507,469	629,093
A02	352	PL_ALT	165°21'37"	8°00'15"	58,792	7192295,179	396529,403	630,330
A02	353	PL_ALT	130°57'28"	333°36'06"	69,634	7192299,332	396490,257	627,830
A02	354	PL_ALT	175°48'37"	18°27'15"	61,345	7192295,151	396540,635	630,377
A02	355	PL_ALT	120°32'14"	323°10'52"	77,387	7192298,911	396474,839	625,353
A02	356	PL_ALT	186°44'27"	29°23'05"	67,178	7192295,495	396554,179	628,695
A02	357	PL_ALT	112°04'18"	314°42'56"	88,227	7192299,036	396458,522	624,039
A02	358	PL_ALT	196°22'56"	39°01'34"	75,269	7192295,434	396568,612	626,613
A02	359	PL_ALT	103°30'38"	306°09'16"	71,193	7192278,961	396463,733	625,080
A02	360	PL_ALT	112°50'03"	315°28'41"	58,923	7192278,971	396479,901	626,356
A02	361	PL_ALT	124°13'45"	326°52'23"	48,738	7192277,776	396494,581	627,858
A02	362	PL_ALT	137°40'30"	340°19'08"	42,233	7192276,726	396506,993	628,899
A02	363	PL_ALT	123°32'18"	326°10'56"	24,881	7192257,632	396507,369	630,699
A02	364	PL_ALT	102°29'24"	305°08'02"	36,308	7192257,855	396491,524	629,570
A02	365	PL_ALT	92°47'26"	295°26'04"	50,756	7192258,758	396475,380	627,413
A02	366	PL_ALT	83°43'44"	286°22'22"	68,607	7192256,299	396455,392	625,744
A02	367	PL_ALT	73°24'04"	276°02'42"	52,087	7192242,445	396469,419	626,880
A02	368	PL_ALT	74°46'04"	277°24'42"	36,426	7192241,659	396485,095	629,313
A02	369	PL_ALT	72°36'02"	275°14'40"	21,376	7192238,914	396499,930	630,202
A02	370	PL_ALT	45°17'10"	247°55'48"	26,069	7192227,165	396497,058	628,769
A02	371	PL_ALT	34°25'48"	237°04'26"	31,134	7192220,037	396495,084	626,524
A02	372	PL_ALT	68°34'51"	271°13'29"	7,767	7192237,126	396513,451	631,465
A02	373	PL_ALT	97°43'03"	300°21'41"	14,830	7192244,456	396508,421	631,266
A02	374	PL_ALT	323°43'46"	166°22'24"	27,918	7192209,828	396527,794	629,444
A02	375	PL_ALT	301°49'34"	144°28'12"	41,068	7192203,538	396545,083	628,404
A02	376	PL_ALT	277°07'40"	119°46'18"	44,516	7192214,856	396559,857	629,023
A02	377	PL_ALT	277°55'38"	120°34'16"	29,344	7192222,036	396546,482	630,948

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
A02	378	PL_ALT	279°06'33"	121°45'11"	16,717	7192228,163	396535,431	631,778
A02	379	PL_ALT	171°07'45"	13°46'23"	39,242	7192275,073	396530,559	630,504
A02	380	PL_ALT	207°44'40"	50°23'18"	20,576	7192250,079	396537,068	632,089
A02	381	PL_ALT	189°08'51"	31°47'29"	41,244	7192272,016	396542,945	630,269
A02	382	PL_ALT	232°55'30"	75°34'08"	32,066	7192244,952	396552,271	630,861
A02	383	PL_ALT	203°32'09"	46°10'47"	46,706	7192269,299	396554,916	628,436
A02	384	PL_ALT	212°26'38"	55°05'16"	51,877	7192266,650	396563,758	627,663
A02	385	PL_ALT	245°03'18"	87°41'56"	45,435	7192238,784	396566,615	628,577
A02	386	PL_ALT	220°37'51"	63°16'29"	57,760	7192262,936	396572,806	625,350
P11	CV-31	SONDAGEM	325°12'09"	62°12'51"	172,697	7192199,862	396505,735	622,413

POLIGONAL P02			
CALCULO: TOPOGRÁFICO			
DATUM	SIRGAS2000	Método de Ajustamento:	Projeções das Abcissas
MERIDIANO CENTRAL	51°W	Método de Distribuição do erro Angular:	Inv, proporcional às distâncias

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
MC02		277°00'42.0"					ESTACAO
P11	341°46'26.0"	78°46'58.8"	130,849	7192119,356	396352,951	642,198	ESTACAO
R05	124°53'46.0"	23°40'34.3"	75,488	7192144,810	396481,302	626,778	ESTACAO
MC01	359°27'28.0"	203°07'50.0"	117,884	7192213,944	396511,616	629,449	ESTACAO
MC02	253°53'01.0"	277°00'42.0"	113,204	7192105,537	396465,308	639,689	ESTACAO
P11				7192119,356	396352,951	642,198	ESTACAO

DADOS DO FECHAMENTO			
Perímetro (m):	437,425		
ERROS:		TOLERÂNCIAS	
Erro Angular:	-0°00'41"	0°01'00"	
Erro Relativo:	1:165880	1:1500	
Erro Norte:	0,0026		
Erro Este:	-0,0006		
Erro Linear:	-0,0026		
Az, do Erro:	256°54'33"		
Erro Altimét.:	0,0001	0,0661	

SVN ENGENHARIA DE LEVANTAMENTOS								
RELATÓRIOS DE IRRADIAÇÕES UTM								
CLIENTE: DESIGN HEAD ENGENHARIA E CONSTRUTORA LTDA.								
SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000 - PROJEÇÃO: UTM - M.C: 51° W								
PCH CAVERNOSO V - P03								
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
R10	500	PL_ALT	188°17'29"	236°48'45"	60,212	7191903,996	396072,145	620,965
R10	501	PL_ALT	188°09'30"	236°40'46"	50,728	7191909,089	396080,147	618,163
R10	502	NA	188°04'21"	236°35'37"	46,200	7191911,518	396083,968	617,021
R10	503	FUNDO	189°25'41"	237°56'57"	45,567	7191912,774	396083,914	616,858
R10	504	FUNDO	188°53'49"	237°25'05"	43,861	7191913,336	396085,577	616,769
R10	505	FUNDO	188°12'58"	236°44'14"	41,042	7191914,444	396088,218	616,531
R10	506	FUNDO	188°19'13"	236°50'29"	38,856	7191915,702	396090,006	616,262
R10	507	FUNDO	188°09'00"	236°40'16"	36,435	7191916,935	396092,093	616,226
R10	508	FUNDO	188°11'44"	236°43'00"	33,737	7191918,440	396094,332	616,157
R10	509	FUNDO	187°08'47"	235°40'03"	30,914	7191919,519	396097,007	616,256
R10	510	FUNDO	187°35'37"	236°06'53"	28,255	7191921,202	396099,079	616,088
R10	511	FUNDO	187°44'32"	236°15'48"	24,923	7191923,113	396101,810	616,133
R10	512	FUNDO	187°49'32"	236°20'48"	21,308	7191925,147	396104,799	616,133
R10	513	FUNDO	187°43'13"	236°14'29"	18,330	7191926,769	396107,296	616,178
R10	514	FUNDO	188°09'48"	236°41'04"	15,909	7191928,217	396109,241	616,198
R10	515	FUNDO	186°32'12"	235°03'28"	12,652	7191929,708	396112,164	616,199
R10	516	FUNDO	187°07'59"	235°39'15"	9,566	7191931,558	396114,637	616,270
R10	517	FUNDO	184°54'42"	233°25'58"	7,612	7191932,420	396116,422	616,275
R10	518	FUNDO	184°26'08"	232°57'24"	5,684	7191933,531	396117,999	616,517
R10	519	NA	185°00'09"	233°31'25"	4,623	7191934,207	396118,818	617,017
R11	520	NA	63°07'41"	77°47'49"	11,947	7191858,491	396113,012	616,953
R11	521	FUNDO	62°34'43"	77°14'51"	12,867	7191858,805	396113,884	616,686
R11	522	FUNDO	61°59'43"	76°39'51"	15,189	7191859,469	396116,115	616,355
R11	523	FUNDO	62°57'32"	77°37'40"	17,782	7191859,775	396118,704	615,993
R11	524	FUNDO	63°14'26"	77°54'34"	20,747	7191860,311	396121,622	615,806
R11	525	FUNDO	63°44'31"	78°24'39"	23,714	7191860,729	396124,565	615,664
R11	526	FUNDO	63°46'12"	78°26'20"	27,535	7191861,484	396128,311	615,565
R11	527	FUNDO	64°12'16"	78°52'24"	30,320	7191861,816	396131,086	615,563
R11	528	FUNDO	64°24'17"	79°04'25"	33,660	7191862,345	396134,385	615,480
R11	529	FUNDO	64°57'48"	79°37'56"	36,195	7191862,479	396136,939	615,591
R11	530	FUNDO	64°41'22"	79°21'30"	38,398	7191863,056	396139,073	616,148
R11	531	FUNDO	64°12'46"	78°52'54"	41,217	7191863,913	396141,778	616,116
R11	532	FUNDO	63°46'41"	78°26'49"	42,945	7191864,566	396143,410	615,591
R11	533	FUNDO	63°27'54"	78°08'02"	45,486	7191865,318	396145,850	615,633
R11	534	FUNDO	63°37'33"	78°17'41"	47,974	7191865,698	396148,312	615,886
R11	535	FUNDO	63°31'31"	78°11'39"	51,056	7191866,411	396151,311	616,513
R11	536	NA	64°55'15"	79°35'23"	52,237	7191865,404	396152,713	616,990
R11	537	PL_ALT	65°27'12"	80°07'20"	56,248	7191865,614	396156,750	620,430
R12	539	PL_ALT	163°32'08"	211°20'38"	74,090	7191768,078	396035,646	618,438
R12	540	NA	164°05'29"	211°53'59"	71,768	7191770,426	396036,262	616,500
R12	541	FUNDO	164°18'55"	212°07'25"	70,060	7191772,021	396036,932	616,018
R12	542	FUNDO	164°48'41"	212°37'11"	66,920	7191774,991	396038,112	615,438
R12	543	FUNDO	164°49'54"	212°38'24"	65,937	7191775,831	396038,623	615,181
R12	544	FUNDO	165°08'04"	212°56'34"	64,107	7191777,556	396039,325	615,171
R12	545	FUNDO	164°10'01"	211°58'31"	61,416	7191779,258	396041,663	615,313
R12	546	FUNDO	164°34'20"	212°22'50"	59,568	7191781,050	396042,285	615,746
R12	547	FUNDO	163°49'17"	211°37'47"	58,002	7191781,969	396043,768	615,988
R12	548	FUNDO	163°39'24"	211°27'54"	55,991	7191783,598	396044,960	615,990
R12	549	FUNDO	163°35'52"	211°24'22"	53,047	7191786,080	396046,543	616,395
R12	550	NA	163°29'40"	211°18'10"	49,458	7191789,096	396048,490	616,506

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
R12	551	PL_ALT	162°55'07"	210°43'37"	47,203	7191790,779	396050,068	616,452
R12	552	PL_ALT	162°36'19"	210°24'49"	44,250	7191793,195	396051,785	616,394
R12	553	PL_ALT	162°59'29"	210°47'59"	41,200	7191795,966	396053,090	616,837
R12	554	NA	162°52'44"	210°41'14"	38,682	7191798,090	396054,445	616,515
R12	555	FUNDO	163°31'40"	211°20'10"	37,024	7191799,732	396054,932	615,955
R12	556	FUNDO	162°35'36"	210°24'06"	34,666	7191801,456	396056,643	616,026
R12	557	FUNDO	163°38'08"	211°26'38"	33,480	7191802,792	396056,721	615,874
R12	558	FUNDO	166°38'05"	214°26'35"	31,913	7191805,037	396056,137	615,299
R12	559	FUNDO	165°12'54"	213°01'24"	29,270	7191806,814	396058,235	614,862
R12	560	FUNDO	164°54'32"	212°43'02"	27,592	7191808,141	396059,273	614,824
R12	561	FUNDO	165°56'32"	213°45'02"	25,354	7191810,274	396060,100	615,306
R12	562	FUNDO	164°28'06"	212°16'36"	23,202	7191811,738	396061,796	615,695
R12	563	FUNDO	165°41'53"	213°30'23"	21,365	7191813,540	396062,392	615,778
R12	564	NA	167°38'01"	215°26'31"	19,024	7191815,856	396063,154	616,545
R12	565	PL_ALT	167°01'31"	214°50'01"	13,981	7191819,880	396066,201	618,883
R12	566	PL_ALT	167°01'21"	214°49'51"	7,703	7191825,032	396069,786	619,494
R14	567	PL_ALT	146°12'01"	148°24'37"	38,413	7191767,960	396000,335	617,377
R14	568	NA	145°44'35"	147°57'11"	36,602	7191769,657	395999,634	616,509
R14	569	FUNDO	145°38'46"	147°51'22"	35,159	7191770,912	395998,919	615,489
R14	570	FUNDO	145°37'01"	147°49'37"	32,787	7191772,929	395997,671	614,503
R14	571	FUNDO	144°23'45"	146°36'21"	30,542	7191775,182	395997,023	614,386
R14	572	FUNDO	143°17'31"	145°30'07"	27,250	7191778,223	395995,646	614,086
R14	573	FUNDO	142°37'28"	144°50'04"	24,216	7191780,885	395994,160	613,524
R14	574	FUNDO	143°09'31"	145°22'07"	20,752	7191783,606	395992,006	613,565
R14	575	FUNDO	141°29'19"	143°41'55"	18,274	7191785,954	395991,031	613,364
R14	576	FUNDO	142°11'51"	144°24'27"	15,759	7191787,867	395989,384	613,408
R14	577	FUNDO	138°57'28"	141°10'04"	13,725	7191789,989	395988,819	613,531
R14	578	FUNDO	135°22'39"	137°35'15"	11,576	7191792,134	395988,020	612,828
R14	580	FUNDO	136°31'09"	138°43'45"	9,510	7191793,533	395986,486	613,054
R14	581	FUNDO	134°45'19"	136°57'55"	7,386	7191795,283	395985,253	614,781
R14	582	FUNDO	131°32'44"	133°45'20"	5,697	7191796,742	395984,327	615,401
R14	583	NA	133°06'19"	135°18'55"	4,854	7191797,230	395983,626	616,519

POLIGONAL P03			
CALCULO: TOPOGRÁFICO			
DATUM	SIRGAS2000	Método de Ajustamento:	Projeções das Abcissas
MERIDIANO CENTRAL	51°W	Método de Distribuição do erro Angular:	Inv, proporcional às distâncias

ESTAÇÃO	ÂNGULO HORIZ	AZIMUTE	DISTÂNCIA	COORD.NORTE	COORD.ESTE	COTA	DESCRIÇÃO
MC04		311°16'10.0"					ESTACAO
MC03	47°54'00.0"	179°10'10.0"	49,487	7192000,234	396137,425	630,251	ESTACAO
R01	229°21'06.0"	228°31'16.0"	20,831	7191950,752	396138,142	621,275	ESTACAO
R10	146°08'52.0"	194°40'08.0"	83,718	7191936,955	396122,535	620,473	ESTACAO
R11	213°08'22.0"	227°48'30.0"	36,643	7191855,965	396101,335	621,025	ESTACAO
R12	212°30'53.0"	260°19'23.0"	94,753	7191831,355	396074,186	621,615	ESTACAO
R13	101°53'13.0"	182°12'36.0"	14,758	7191815,428	395980,782	622,840	ESTACAO
R14				7191800,681	395980,213	622,343	ESTACAO

SVN ENGENHARIA DE LEVANTAMENTOS								
RELATÓRIOS DE IRRADIAÇÕES UTM								
CLIENTE: DESIGN HEAD ENGENHARIA E CONSTRUTORA LTDA.								
SISTEMA DE REFERÊNCIA: SIRGAS 2000 - PROJEÇÃO: UTM - M.C: 51° W								
PCH CAVERNOSO V - P04								
ESTAÇÃO	PONTO VISADO	DESCRIÇÃO	ÂNG. HZ	AZ. PLANO	DIST. PLANA	COORD. NORTE	COORD. ESTE	COTA
R01	CV41	SONDAGEM	320°13'46"	319°23'46"	10,126	7191958,421	396131,555	621,313
R01	CV40	SONDAGEM	137°43'22"	136°53'22"	10,027	7191943,413	396144,997	621,657

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-01 - 07/06/2016 - 14:00hs - NA 620,283 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
R07	0,000	396456,699	7192154,213	623,521
259	21,325	396466,706	7192173,044	621,176
225	23,592	396468,189	7192174,759	620,912
NA260ME	26,791	396469,565	7192177,647	620,286
261	27,379	396469,901	7192178,131	620,114
262	28,277	396470,268	7192178,949	619,858
263	29,808	396470,932	7192180,330	619,671
264	30,673	396471,046	7192181,186	619,445
265	32,909	396472,256	7192183,067	618,999
266	35,459	396472,966	7192185,517	618,793
267	36,648	396473,577	7192186,536	618,269
268	38,996	396474,308	7192188,767	618,215
269	40,487	396475,086	7192190,040	618,205
270	42,385	396476,258	7192191,533	618,888
271	43,869	396477,185	7192192,691	619,358
272	47,070	396478,916	7192195,383	620,072
273	49,373	396479,770	7192197,523	620,146
274	52,002	396481,105	7192199,788	620,027
275	54,720	396482,475	7192202,135	619,920
276	56,205	396483,154	7192203,456	619,660
277	59,294	396484,667	7192206,148	619,017
278	62,156	396486,270	7192208,520	619,943
NA279MD	63,766	396487,193	7192209,838	620,280
280	67,472	396489,202	7192212,953	623,264
371	76,679	396495,084	7192220,037	626,525
370	84,076	396497,058	7192227,165	628,769

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-02 - EIXO DA BARRAGEM - 07/06/2016 - 13:12hs - NA 620,714 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
CV28	0,000	396457,596	7192089,903	647,704
220	11,542	396461,772	7192100,663	641,639
MC02	17,546	396465,270	7192105,542	639,663
CV29	20,297	396465,599	7192108,273	638,738
202	31,228	396472,071	7192117,083	636,438
CVSR03	35,503	396472,645	7192121,319	634,357
CV30	60,653	396481,409	7192144,892	626,694
CVSR04	74,481	396487,052	7192157,517	622,363
NA239ME	81,041	396489,477	7192163,612	620,771
240	81,397	396489,686	7192163,900	620,599
241	82,872	396490,474	7192165,148	620,520
NA242ILHA	84,537	396491,032	7192166,716	620,710
243	85,976	396491,330	7192168,124	621,066
NA244ILHA	87,010	396491,777	7192169,056	620,763
245	87,671	396492,261	7192169,507	620,461
246	88,854	396492,420	7192170,679	620,359
247	90,381	396493,501	7192171,756	620,231
248	93,370	396494,909	7192174,393	619,557
249	94,765	396495,189	7192175,760	619,311
250	96,701	396495,753	7192177,612	618,668
251	99,770	396497,226	7192180,305	617,923
252	102,876	396498,440	7192183,164	618,261
253	105,109	396499,841	7192184,902	618,930
254	107,422	396501,237	7192186,746	619,335
255	110,025	396501,206	7192189,350	620,532
256	112,519	396502,061	7192191,693	620,568
257	114,714	396503,071	7192193,641	620,592
NA258MD	116,757	396503,807	7192195,547	620,610
CV-31	121,483	396505,735	7192199,862	622,413
MC01	136,744	396511,616	7192213,944	629,449
CVSR05	141,335	396513,457	7192218,150	629,801
CV32	161,409	396521,056	7192236,730	631,818
CV33	181,588	396521,319	7192256,906	631,428
CV34	201,520	396521,551	7192276,837	630,053
CV35	221,412	396521,830	7192296,727	630,035
CV36	241,404	396522,155	7192316,716	631,778
CV37	261,517	396522,391	7192336,829	633,347
CV38	279,272	396522,615	7192354,582	635,132
CV39	301,370	396522,898	7192376,678	637,745

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-03 - 07/06/2016 - 14:30hs - NA 620,787 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
R06	0,000	396505,875	7192136,330	626,619
281	8,824	396509,061	7192144,559	622,133
NA283ME	12,462	396510,890	7192147,703	620,787
284	14,545	396512,027	7192149,449	619,528
285	16,364	396512,970	7192151,005	619,091
286	19,477	396513,208	7192154,108	618,883
287	22,281	396513,994	7192156,800	618,167
288	24,485	396514,669	7192158,898	618,675
289	28,034	396515,895	7192162,229	618,879
290	31,270	396517,614	7192164,970	618,472
291	34,226	396518,251	7192167,856	617,766
292	38,231	396519,731	7192171,579	617,392
293	40,966	396520,912	7192174,045	617,139
294	43,902	396522,029	7192176,760	617,382
295	47,109	396523,217	7192179,740	617,818
296	50,274	396524,746	7192182,511	618,506
297	53,835	396525,292	7192186,029	620,066
NA298MD	56,218	396526,020	7192188,298	620,786
299	59,561	396527,674	7192191,204	624,100
374	78,186	396527,794	7192209,828	629,444

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-04 - 07/06/2016 - 15:03hs - NA 620,751 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
320	0,000	396579,884	7192137,724	625,898
NA319ME	7,983	396576,608	7192145,004	620,798
318	9,703	396576,176	7192146,669	620,379
317	12,034	396575,321	7192148,837	619,808
316	13,658	396574,572	7192150,278	618,845
315	16,572	396573,289	7192152,894	618,674
314	18,773	396572,250	7192154,835	618,514
313	23,198	396570,363	7192158,837	618,393
312	26,633	396569,733	7192162,213	618,324
311	29,745	396568,512	7192165,077	618,119
310	34,237	396566,756	7192169,211	617,812
307	36,235	396566,331	7192171,163	618,334
309	37,040	396565,985	7192171,890	618,319
308	41,214	396563,705	7192175,386	618,621
306	44,022	396564,461	7192178,091	618,836
305	45,700	396563,619	7192179,542	619,032
304	48,877	396563,180	7192182,689	620,076
NA303MD	49,720	396562,838	7192183,460	620,704
A01	52,122	396560,963	7192184,962	622,632
375	76,562	396545,083	7192203,538	628,404

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-05 - 08/06/2016 - 10:03:42hs - NA 617,019 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
CV01	0,000	396123,286	7191937,377	620,491
NA519ME	5,479	396118,818	7191934,207	617,017
518	6,541	396117,999	7191933,531	616,517
517	8,470	396116,422	7191932,420	616,275
516	10,452	396114,637	7191931,558	616,270
515	13,540	396112,164	7191929,708	616,199
514	16,822	396109,241	7191928,217	616,198
513	19,246	396107,296	7191926,769	616,178
512	22,224	396104,799	7191925,147	616,133
511	25,839	396101,810	7191923,113	616,133
510	29,173	396099,079	7191921,202	616,088
509	31,842	396097,007	7191919,519	616,256
508	34,726	396094,332	7191918,440	616,157
507	37,424	396092,093	7191916,935	616,226
506	39,848	396090,006	7191915,702	616,262
505	42,035	396088,218	7191914,444	616,531
504	44,898	396085,577	7191913,336	616,769
503	46,654	396083,914	7191912,774	616,858
NA502MD	47,910	396083,968	7191911,518	617,021
501	52,439	396080,147	7191909,089	618,163
500	61,924	396072,145	7191903,996	620,965

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-06 - 08/06/2016 - 10:29:38hs - NA 616,972 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
537	0,000	396156,750	7191865,614	620,430
NA536ME	4,042	396152,713	7191865,404	616,990
535	5,768	396151,311	7191866,411	616,513
534	8,851	396148,312	7191865,698	615,886
533	11,342	396145,850	7191865,318	615,633
532	13,895	396143,410	7191864,566	615,591
531	15,652	396141,778	7191863,913	616,116
530	18,491	396139,073	7191863,056	616,148
529	20,700	396136,940	7191862,479	615,591
528	23,259	396134,385	7191862,345	615,480
527	26,600	396131,086	7191861,816	615,563
526	29,394	396128,311	7191861,484	615,565
525	33,215	396124,565	7191860,729	615,664
524	36,188	396121,622	7191860,311	615,806
523	39,155	396118,704	7191859,775	615,993
522	41,762	396116,115	7191859,469	616,355
521	44,089	396113,885	7191858,805	616,686
NA520MD	45,016	396113,012	7191858,491	616,953
R11	56,963	396101,335	7191855,965	621,025

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-07 - 08/06/2016 - 11:02:04hs - NA 616,517 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
539	0,000	396035,647	7191768,078	618,439
NA540ME	2,427	396036,262	7191770,426	616,500
541	4,158	396036,932	7191772,021	616,018
542	7,353	396038,112	7191774,991	615,438
543	8,337	396038,623	7191775,831	615,181
544	10,199	396039,325	7191777,556	615,171
545	13,091	396041,663	7191779,258	615,313
546	14,988	396042,285	7191781,050	615,746
547	16,733	396043,768	7191781,969	615,988
548	18,751	396044,960	7191783,598	615,990
549	21,695	396046,543	7191786,080	616,395
NA550ILHA	25,285	396048,490	7191789,096	616,507
551	27,592	396050,068	7191790,779	616,452
552	30,556	396051,785	7191793,195	616,394
553	33,619	396053,090	7191795,966	616,837
NA554ILHA	36,138	396054,445	7191798,090	616,515
555	37,851	396054,932	7191799,732	615,955
556	40,280	396056,643	7191801,456	616,026
557	41,618	396056,721	7191802,792	615,874
558	43,938	396056,137	7191805,037	615,299
559	46,688	396058,235	7191806,814	614,862
560	48,373	396059,273	7191808,141	614,824
561	50,661	396060,100	7191810,274	615,306
562	52,901	396061,796	7191811,738	615,695
563	54,799	396062,392	7191813,540	615,778
NA564MD	57,237	396063,154	7191815,856	616,545
565	62,284	396066,201	7191819,880	618,883
566	68,561	396069,787	7191825,032	619,494
R12	76,264	396074,186	7191831,355	621,615

RIO CAVERNOSO - PCH CAVERNOSO V				
SEÇÃO STB-08 - 08/06/2016 - 11:45:08hs - NA 616,514 m				
Sentido do Perfil = M Esquerda p/ M Direita				
PONTO	Dist Prog (m)	Cood. E(m)	Coord. N (m)	Altitude (m)
567	0,000	396000,335	7191767,960	617,377
NA568ME	1,836	395999,634	7191769,657	616,509
569	3,281	395998,919	7191770,912	615,489
570	5,653	395997,671	7191772,929	614,503
571	7,997	395997,023	7191775,182	614,386
572	11,335	395995,647	7191778,223	614,086
573	14,384	395994,160	7191780,885	613,524
574	17,854	395992,006	7191783,606	613,565
575	20,396	395991,031	7191785,954	613,364
576	22,920	395989,384	7191787,867	613,408
577	25,117	395988,819	7191789,989	613,531
578	27,406	395988,020	7191792,134	612,828
580	29,482	395986,486	7191793,533	613,054
581	31,623	395985,253	7191795,283	614,781
582	33,350	395984,327	7191796,742	615,401
NA583MD	34,206	395983,626	7191797,231	616,519
R14	39,059	395980,213	7191800,681	622,343
R13	53,817	395980,782	7191815,428	622,840

4.1.1.3 – Cartografia

Para a cartografia do projeto da PCH Cavernoso V, foram adquiridos dados provenientes de uma cobertura área por perfilamento a laser, além imagens aéreas de alta resolução. A missão foi realizada pela empresa Rotorwest Aerotaxi S.A.E Ltda. em fevereiro de 2016. O perfilamento a laser foi realizado com densidade de 4 pontos/m², enquanto as imagens possuem um GSD (Ground Sample Distance) de 0,10 m subsidiando a geração ortofotos de alta resolução e curvas de nível com equidistância de 5 metros. Ainda nessa etapa, com a finalidade de apoiar o levantamento aéreo, também foram levantados alguns pontos de apoio fotogramétrico distribuídos na região imageada.

A seguir são apresentadas as plantas da disposição dos pontos de HV, e as ortofotocartas, que unem a imagem ortoretificada e a altimetria resultante do perfilamento laser em uma única planta.

4.1.1.3.1 – Avaliação da Cartografia

Para verificar a qualidade da cartografia gerada, foram considerados os critérios de avaliação do decreto 89.817 (20/06/1984), que define o Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) para as cartas geradas, considerando a escala final do produto cartográfico:

- Escala 1: 10.000
- Equidistância altimétrica: 5 metros.

Com relação à classificação da cartografia avaliada, segundo os artigos 8º e 9º do Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984 tem-se o seguinte para cartas Classe A:

- Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) - Planimétrico - estabelecido;
- Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC - Altimétrico - estabelecido;
- PEC Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente;
- PEC Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente e;
- O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

PEC PARA CARTAS CLASSE A							
Escala	PLANIMETRIA			ALTIMETRIA			
	PEC (0,5 mm na escala da carta)	Erro padrão correspondente	Erro padrão isolado	Equidistância das curvas de nível	PEC Classe A - Delta máximo permitido	Erro padrão correspondente	Erro padrão isolado
1:2.000	1,00 m	0,60 m	1,608	1,00 m	0,50 m	0,33 m	0,80 m
1:5.000	2,50 m	1,50 m	4,02	5,00 m	2,50 m	1,66 m	4,02 m
1:10.000	5,00 m	3,00 m	8,04	5,00 m	2,50 m	1,66 m	4,02 m

Com a finalidade de verificar a qualidade da cartografia gerada, foram levantados 10 pontos distribuídos na área do projeto. Lançados esses pontos sobre a base cartográfica, confrontou-se as altitudes ortométricas obtidas pelo levantamento de campo com as altitudes interpoladas pelas curvas de nível da cartografia. O resultado é pode ser verificado na figura a seguir:

PONTOS DE PEC RESERVATÓRIO - PCH CAVERNOSO V								
PONTO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ALT. ORTO. (m)	SIGMA E (m)	SIGMA N (m)	SIGMA H (m)	COTA REST. (m)	DELTA (m)
PEC-01	396511,616	7192213,944	629,449	-	-	-	628,376	1,073
PEC-02	396465,270	7192105,542	639,663	0,0001	0,0001	0,0003	639,678	-0,015
PEC-03	396137,425	7192000,234	630,251	0,0001	0,0001	0,0002	629,909	0,342
PEC-04	396258,656	7191893,844	640,831	0,0001	0,0001	0,0004	640,578	0,253
PEC-05	396352,951	7192119,356	642,198	0,0002	0,0002	0,0004	641,855	0,343
PEC-06	398366,316	7195381,27	650,475	-	-	-	650,159	0,316
PEC-07	398110,385	7195214,220	652,997	-	-	-	652,446	0,551
PEC-08	395980,782	7191815,428	622,840	-	-	-	622,084	0,756
PEC-09	396269,300	7192067,184	647,945	-	-	-	646,992	0,953
PEC-10	396522,898	7192376,678	637,745	-	-	-	637,741	0,004

CLASSIFICAÇÃO		PONTOS	PORCENTAGEM
DELTA ATÉ (m)	0,50	6	60%
	1,00	3	30%
	1,50	1	10%
	2,50	0	0%
	ACIMA DE 2,50	0	0%
TOTAL		10	100%

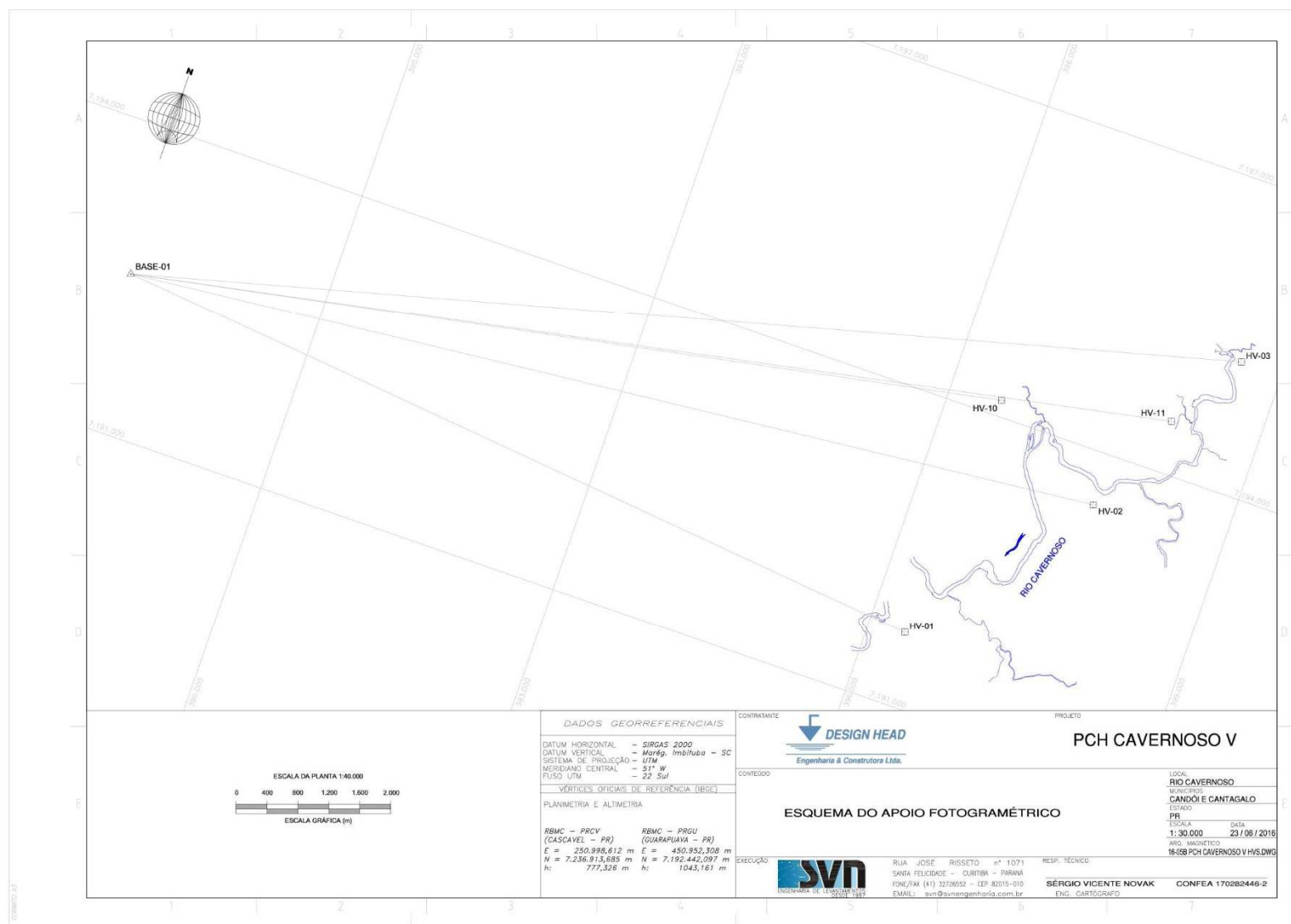
A cartografia gerada sobre a área do reservatório com altimetria na equidistância de 5 m está enquadrada na classe A do Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo o teste de amostragem apresentado. Ao todo foram levantados 10 pontos para verificação da qualidade da cartografia e todos apresentaram discrepância menor que o limite estabelecido para classificação do PEC Classe A (< 2,5 m) conforme os critérios estabelecidos pela norma.

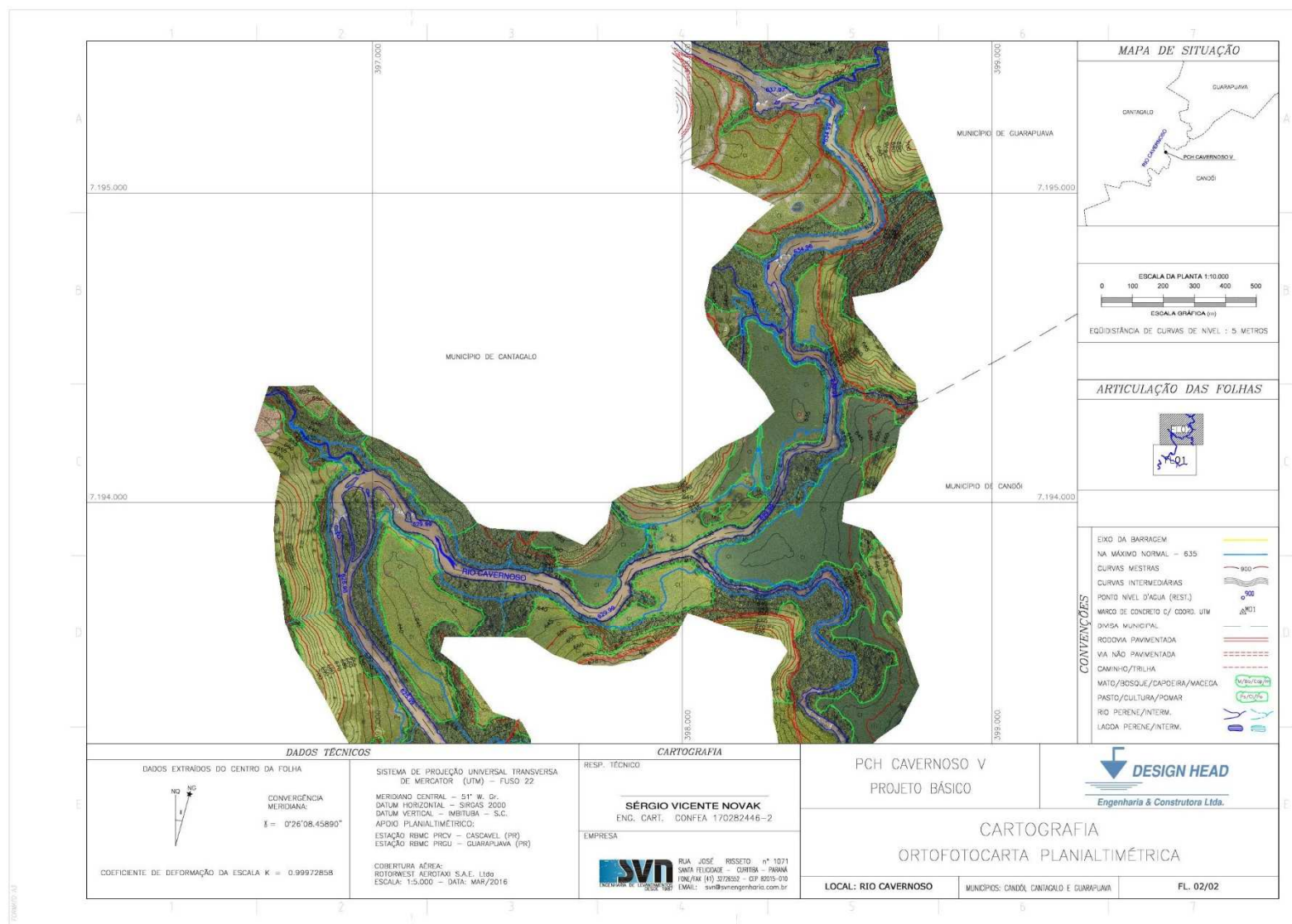
4.1.1.3.2 – Determinação do NA Máximo Normal – 635,00 m

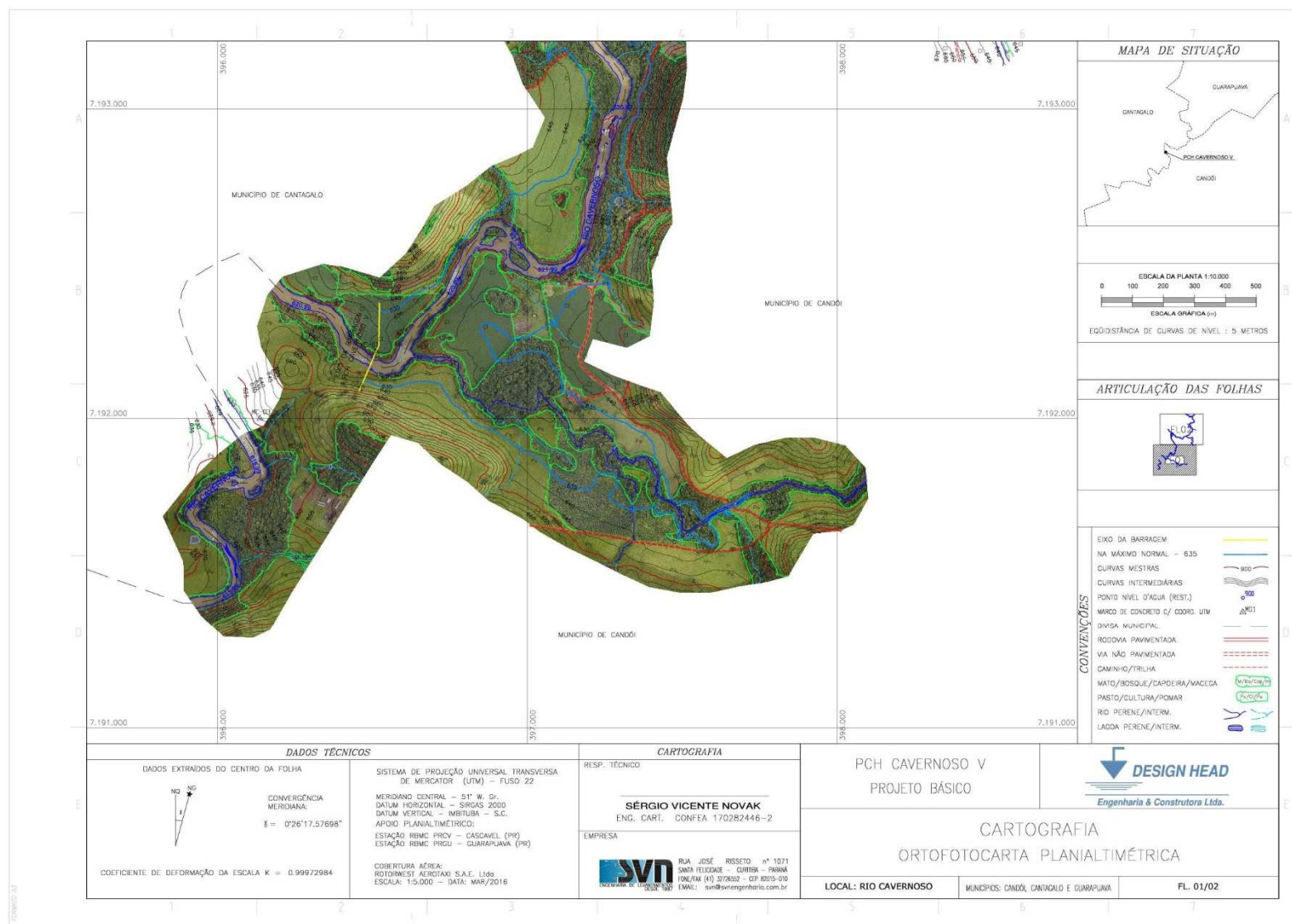
Após gerada e verificada a base cartográfica do projeto da PCH Cavernoso V, pode-se aferir a qualidade e a consistência do produto gerado, uma vez que atendeu muito bem aos critérios de classificação Classe A do Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC).

O perfilamento efetuado possui abundância de dados, uma vez que coletou 4 pontos por metro quadrado, o que permite gerar curvas de nível com equidistância de um metro, e a interpolação dessas curvas em intervalos menores, com precisão similar a um levantamento em campo por topografia tradicional.

Diante dessa análise, optou-se pela definição da curva de nível do NA Máximo Normal a partir dos dados do perfilamento a laser. O reservatório projetado da PCH Cavernoso V possui como NA Máximo Normal a curva de nível de cota 635,00 m, e é apresentada projetada sobre as ortofotocartas geradas a partir da base cartográfica e ortofotos do projeto da PCH Cavernoso V.







SUMÁRIO

CAPÍTULO 4.2

4.2. ESTUDOS HIDROMETEREOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS.....	5
4.2.1. INTRODUÇÃO	5
4.2.2. POTAMOGRAFIA E OUTROS USOS DA ÁGUA	5
4.2.3. PARÂMETROS FISIOGRAFICOS BÁSICOS.....	8
4.2.3.1. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	8
4.2.3.2. ÍNDICE DE GRAVELIUS	8
4.2.4. CLIMA.....	9
4.2.4.1. CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA.....	9
4.2.5. OUTROS USOS DA ÁGUA.....	13
4.2.6. BASE DE DADOS.....	15
4.2.6.1. CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS.	17
4.2.7. CORRELAÇÕES.....	25
4.2.8. SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS	27
4.2.9. CONCLUSÕES SOBRE A EXTENSÃO DA SÉRIE DE VAZÕES.	35
4.2.10. CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES	36
4.2.11. VAZÕES MÍNIMAS.	36
4.2.12. ESTUDOS DAS CHEIAS	37

4.2. ESTUDOS HIDROMETEREOLÓGICOS E SEDIMENTOLÓGICOS

4.2.1. Introdução

O presente estudo hidrológico foi desenvolvido no sentido de subsidiar a elaboração do projeto básico da PCH Cavernoso V, localizada no rio Cavernoso, sub-bacia 65, bacia do Paraná. O estudo contemplou a base de dados disponível na intenção de aprimorar os conceitos emitidos no relatório de inventário hidrelétrico.

Frente a natural carência de informações hidrológicas na bacia, buscaram-se metodologias adequadas para suprir eventuais lacunas de informação, baseadas no conhecimento dos rios da região central do Estado do Paraná, embasadas em inferência estatística. Os dados coletados são comentados e apresentados no decorrer deste relatório.

Foram levantados os aspectos climatológicos da região onde está inserida a bacia, visando compor um cenário de fundo que facilitasse a compreensão do ciclo hidrológico no rio Cavernoso.

Buscou-se ainda reconstituir a série de vazões médias mensais visando a análise energética da usina e definindo o regime do rio Cavernoso no eixo de captação. O fluviograma mensal é apresentado, bem como são discutidos os ajustes empregados, coeficientes de correlação obtidos e finalmente a apreciação gráfica dos resultados.

Também foram conduzidas estimativas de vazões máximas e suas probabilidades de ocorrência, para os dimensionamentos hidráulicos de desvio do rio e estruturas vertentes da PCH Cavernoso V. As vazões mínimas ou de estiagem são igualmente importantes na determinação da vazão sanitária, atendendo as exigências ambientais.

As curvas de permanência de vazões também são apresentadas e exprimem a característica da disponibilidade do recurso hídrico bem como sua distribuição temporal, muito importante na atual fase de projeto.

O reservatório é tratado com especial atenção no que diz respeito à questão do armazenamento, (determinação da depleção mais adequada, além de averiguar os tempos necessários de enchimento e esvaziamento) e remanso. Avaliações sedimentológicas são conduzidas de forma a estimar a vida útil do pequeno reservatório.

Permeando os tópicos acima descritos sempre se tem em consideração a morfologia da bacia, com características peculiares no que diz respeito à densidade de drenagem, substrato geológico e perfil de quedas do rio.

4.2.2. Potamografia e outros usos da água

A bacia do rio Cavernoso é parte integrante da bacia do rio Paraná. Sua área de captação está inserida na sub-bacia 65 que é contribuinte do rio Iguaçu e todos seus afluentes, até a confluência com o rio Paraná, exclusive.

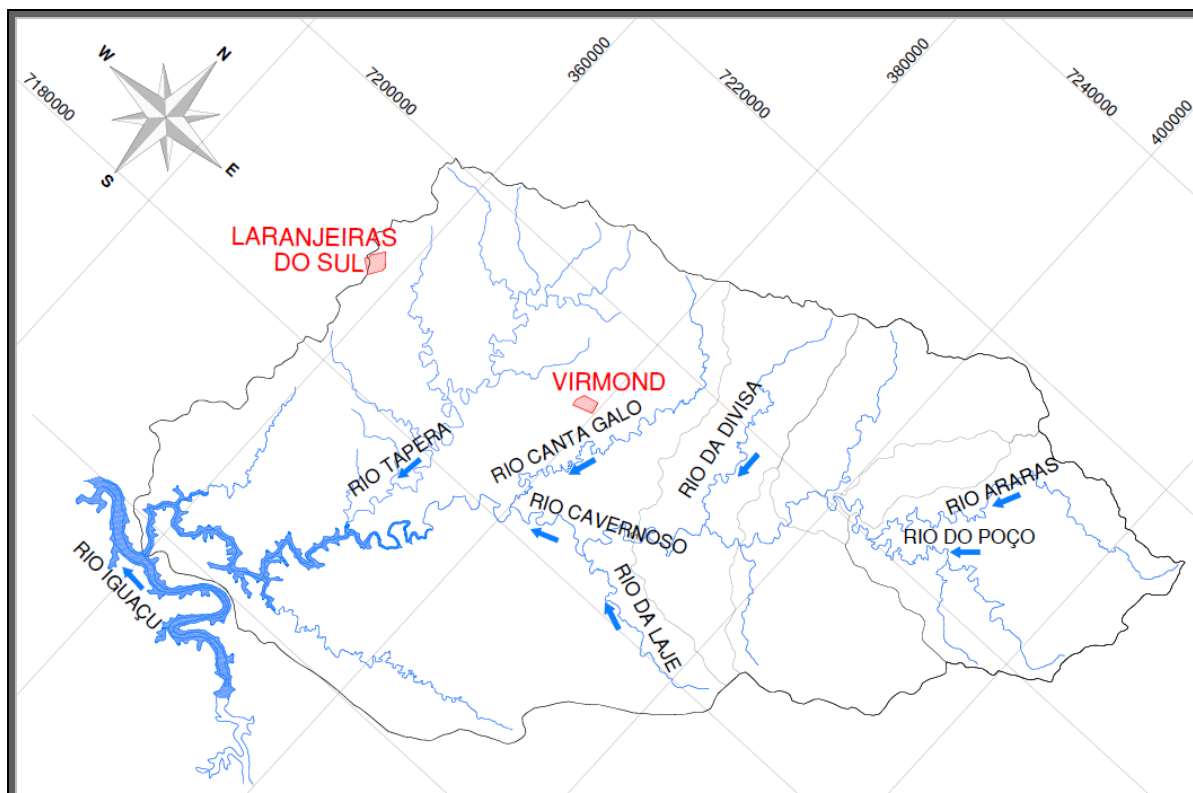


Figura 4.2.1 - Bacia hidrográfica do rio Cavernoso.

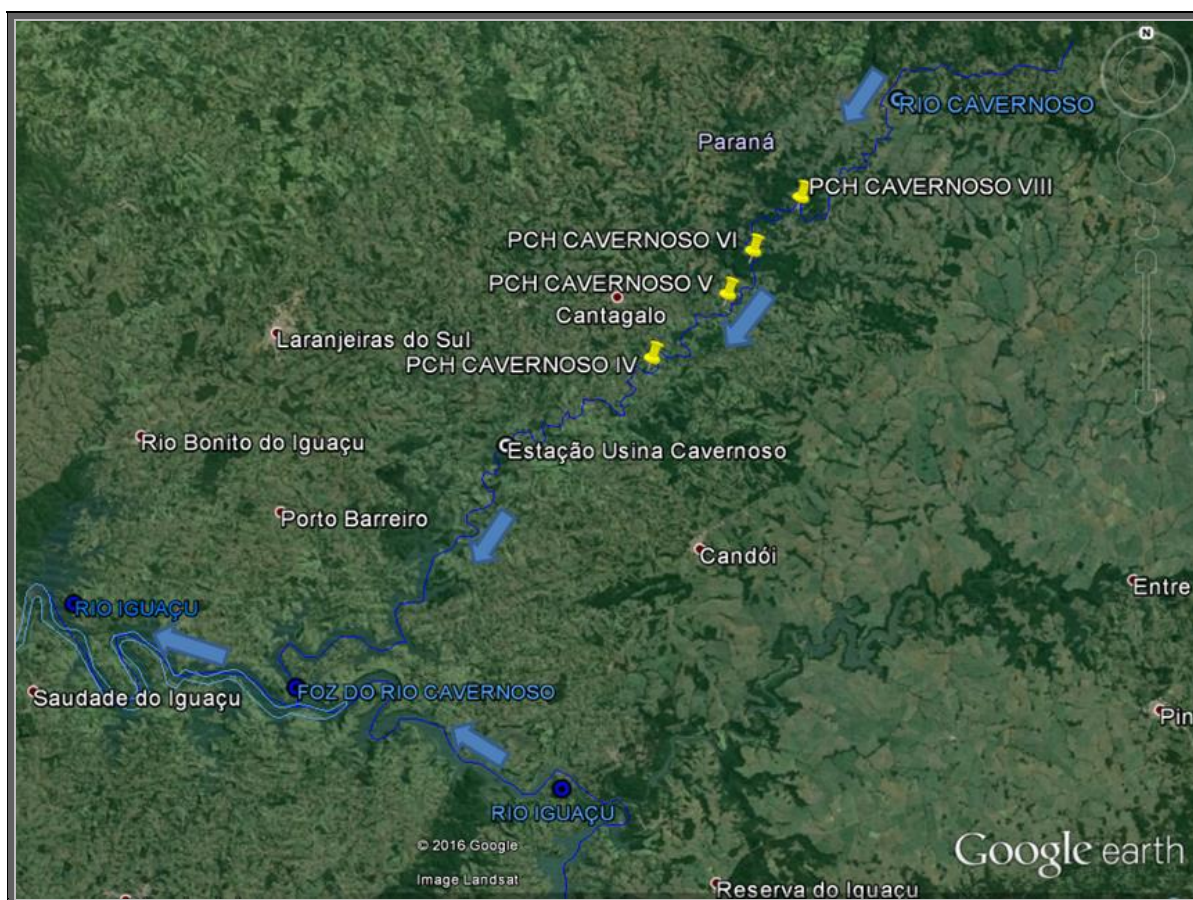


Figura 4.2.2 - Complexo Cavernoso – 04 PCH's.

O divisor d'água ao norte ocorre nas Serras do Cantagalo, do Passo Liso e do Macaco, em elevação superior a EL. 1000, cerca de 15 km a norte dos municípios de Virmond e Laranjeiras do Sul.

O rio Cavernoso desenvolve-se ao longo de 132 quilômetros e recebe uma rede dendrítica de tributários, entre eles: o rio Araras, rio do Poço, rio da Divisa, rio da Laje, rio Santa Galo, rio Tapera e outros córregos menos expressivos.

O rio Cavernoso é afluente do rio Iguaçu pela margem direita, no ponto atualmente alagado pelo reservatório da UHE Salto Santiago.



Figura 4.2.3 - Foz do rio Cavernoso e encontro com o rio Iguaçu.

A bacia do rio Cavernoso apresenta uma drenagem em forma de uma cunha direcionada no sentido norte/sul.

Apresenta-se a seguir, a largura média (L_m) do rio Cavernoso nas proximidades da PCH Cavernoso V.

$L_m = A / L_t$		
A=	336	km ²
L_t =	50,44	km
L_m =	6,7	km

O desnível Total do rio Cavernoso é da Ordem de 622m, e atualmente existem operando apenas os aproveitamentos hidrelétricos chamados Usina Hidrelétrica do Rio Cavernoso e anexo à jusante também a CGH Cavernoso.

4.2.3. Parâmetros Fisiograficos Básicos

4.2.3.1. Tempo de Concentração

Mede o tempo que leva para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção considerada, onde L é extensão do rio (km) e H é o Desnível bruto Total (m).

$T_c = (0,87 * L^3 / H)^{0,385}$		
L=	131,2	m
H=	380	m
Tc=	26,9	horas

O número obtido demonstra que a contribuição conjunta das águas precipitadas da Bacia, em caso de Uniformidade de distribuição pluviométrica é de 26,9 horas. Isto demonstra que existe um pequeno retardo no Trânsito das Vazões ao longo da calha do rio, em função de sua extensão.

4.2.3.2. Índice de Gravelius

Este Parâmetro é um indicador que auxilia no conhecimento prévio do comportamento hidrológico. É calculado pelo quociente resultante da relação entre o perímetro e a circunferência de área igual á da bacia.

Quanto mais ele se aproximar do valor unitário, mais a forma da bacia se aproxima de um círculo e, por conseguinte, haverá uma tendência de que haja picos expressivos de enchentes.

$K_c = 0,28 * P / A^{0,5}$		
P=	85,13	km
A=	336	km ²
K _c	1,3	

Classificação quanto a propensão para cheias.

INTERVALO (k _c)	CLASSIFICAÇÃO
1,0 – 1,2	Ocorrência de Cheia
1,2 – 1,5	Situação Média
> 1,5	Baixa Propensão

O valor encontrado demonstra que a bacia apresenta propensão média para a ocorrência de cheias. Isto realmente ocorre, conforme inspeção dos dados fluviométricos observados na região, motivado pelos seguintes fatores:

- Alta declividade do gradiente hidráulico do rio;
- Modelo de terreno marcado por vales confinados;
- Ações antrópicas de desmatamento e substrato impermeável.

4.2.4. Clima

Para caracterizar a região quanto ao clima (precipitação, temperatura, evaporação, umidade relativa, vento), procedeu-se a uma pesquisa para indicar as estações que melhor representem o padrão regional.

Baseado nas informações do programa HG77 desenvolvido pelo CEHPAR(UFPR), que trata da regionalização de parâmetros hidrológicos de pequenas bacias hidrográficas, coloca-se a seguir as informações climáticas obtidas para a bacia hidrográfica do rio Cavernoso.

Nesse segmento, as abordagens serão feitas de modo a identificar e a quantificar elementos mais representativos dos parâmetros climáticos.

4.2.4.1. Circulação atmosférica

O clima e as condições meteorológicas de uma região são determinados principalmente pelas circulações atmosféricas, que atuam nas diversas escalas em que ela se insere, e em menor proporção pelas condições geográficas, geológicas e hidrológicas locais. Essas circulações são decorrentes da distribuição uniforme da radiação líquida sobre a terra, do movimento rotação da terra e da água, do relevo, da evaporação de grandes massas de água, e da evapotranspiração de grandes florestas (Raudkivi, 1979). Apesar de toda a complexidade da circulação atmosférica, já se tem estabelecidos os fenômenos meteorológicos mais atuantes nas diversas regiões do planeta Terra.

O Sul do Brasil, como resultado de sua localização em latitudes médias, está sujeito aos seguintes centros básicos de ação atmosférica: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, o Anticiclone Migratório Polar, o Centro de Baixa Pressão do Chaco, as Altas Tropicais da Amazônia, e o Anticiclone do Pacífico. Este último eventualmente influi, com acúmulo de ar frio, para intensificar a Frente Polar Atlântica, que passa a atuar no clima regional.

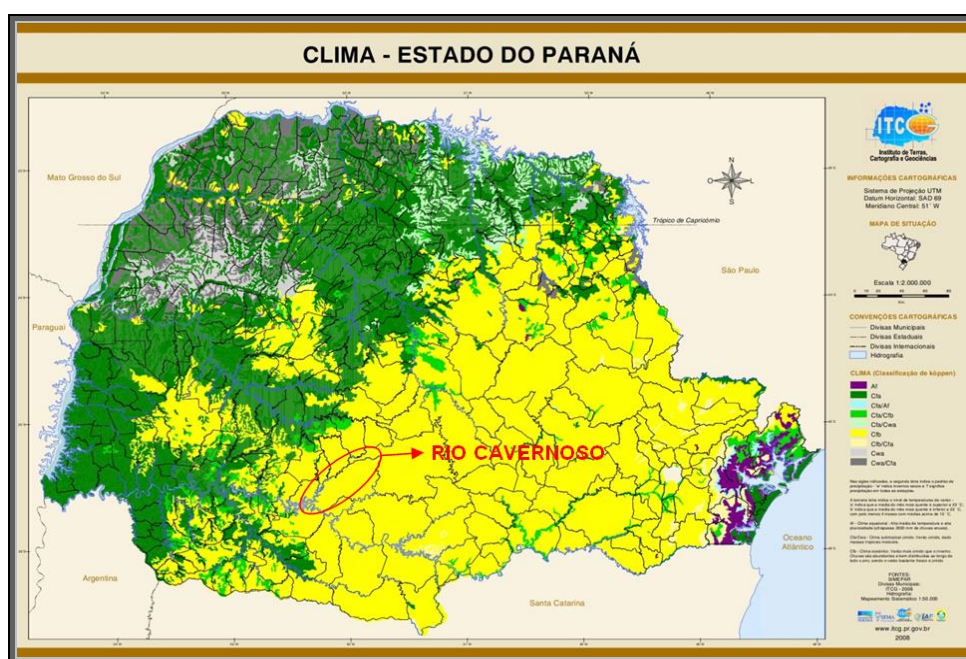


Figura 4.2.4 - Mapa isotermas anuais.

Três tipos de clima são identificados no Paraná, que são definidos principalmente pela localização do Estado, as temperaturas e os ciclos de chuva.

No litoral predomina o clima tropical super-úmido, sem estação seca. Nas regiões norte, oeste e sudoeste predomina o clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca, com poucas geadas. Na região de Curitiba, nos campos gerais e sul, o verão é brando, sem estações secas e ocorrem geadas severas.

A temperatura média do Estado é de 18,5°C.

As regiões compreendidas pelo Primeiro, Segundo e parte do Terceiro Planalto Paranaense sofrem ação de um clima do tipo Cfb – Subtropical úmido Mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C. Nestas regiões, a umidade relativa do ar varia de 80 a 85%, e tendem a diminuir em direção ao norte e a Oeste.

Nas regiões Norte, Oeste e Sudoeste, compreendendo quase todo o Terceiro Planalto Paranaense, predomina o clima tipo Cfa – Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C.

Nos três planaltos paranaenses, os índices médios de umidade relativa do ar variam entre 80 e 85% e tendem a diminuir em direção ao Norte e Oeste, exceção feita ao vale do rio Paraná, na porção compreendida pelo lago de represamento da hidrelétrica de Itaipu.

Entre os diversos fatores naturais que interferem nas condições médias do tempo, a cobertura vegetal está deixando de exercer o seu papel moderador, por encontrar-se em avançado estágio de extinção já há algum tempo.

O clima incidente na bacia do Rio Cavernoso é do tipo Cfb, classificado como subtropical úmido, ao qual está associado um regime de chuvas distribuídos ao longo das estações do ano, com altura precipitada superior a 1800 mm anuais.

Os verões são Brandos caracterizados por apresentarem temperaturas superiores a 22°C, enquanto que nos meses mais frios as temperaturas ficam inferiores a 16 °C com geadas severas e frequentes. O Gráfico a seguir apresenta a distribuição das temperaturas médias na bacia.

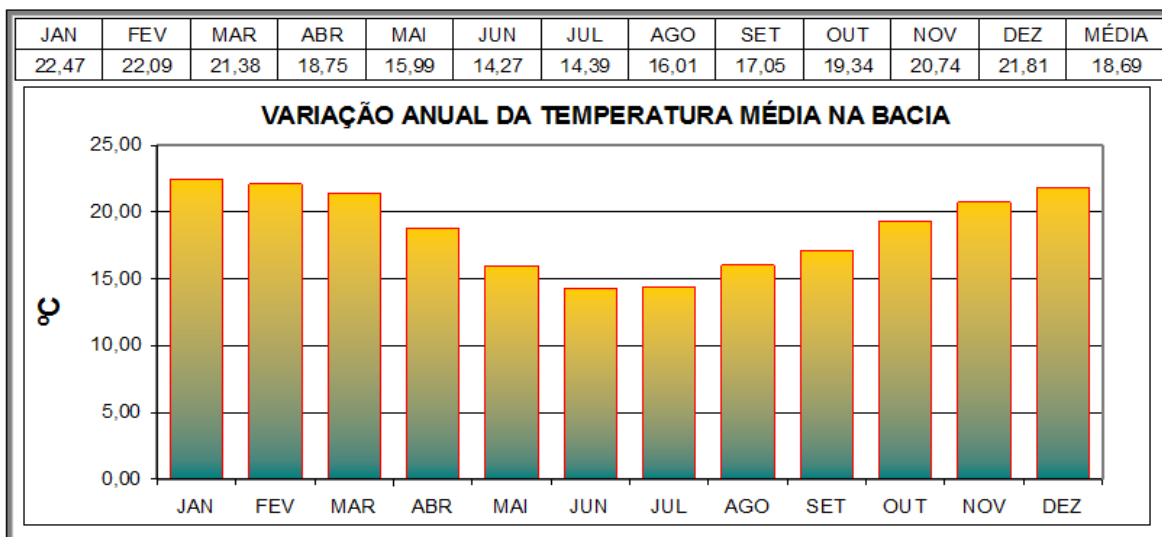


Gráfico 4.2.1 - Distribuição das temperaturas médias mensais na bacia do rio Cavernoso.

O comportamento sazonal da Umidade relativa está registrado em forma gráfica ficando evidenciado que os valores máximos médios anuais estão posicionados dentro de um intervalo de 68 a 79%.

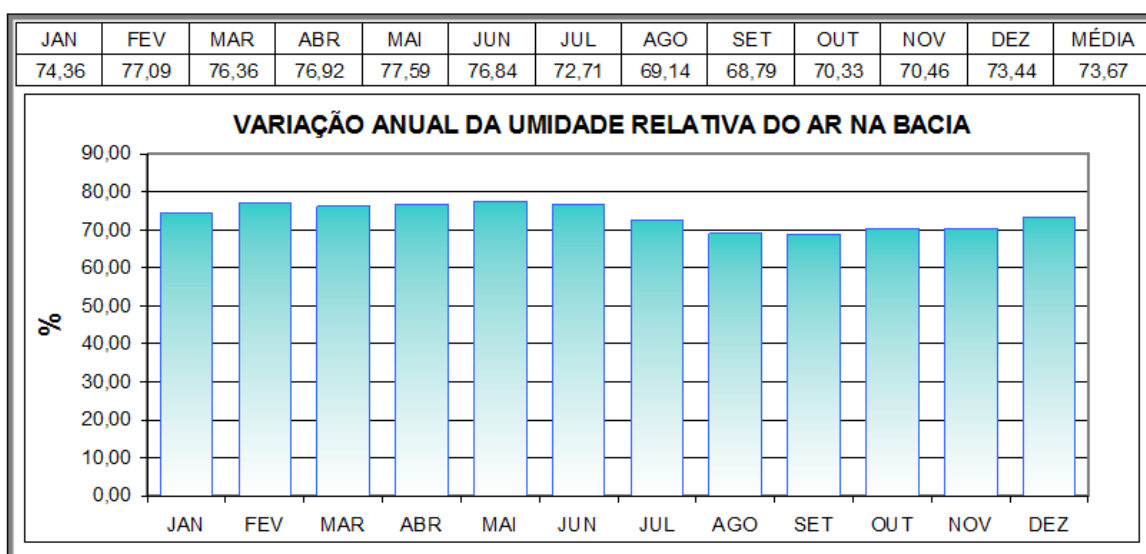


Gráfico 4.2.2 - Distribuição umidade relativa do ar na bacia do rio Cavernoso.

O parâmetro evapotranspiração real depende do grau da umidade relativa do ar, da velocidade do vento, da temperatura, da radiação e outros que condicionam o poder de evaporação da atmosfera.

No escopo deste trabalho, utilizar-se-á do conceito de evapotranspiração real. No gráfico abaixo demonstra o regime da região do rio Cavernoso.

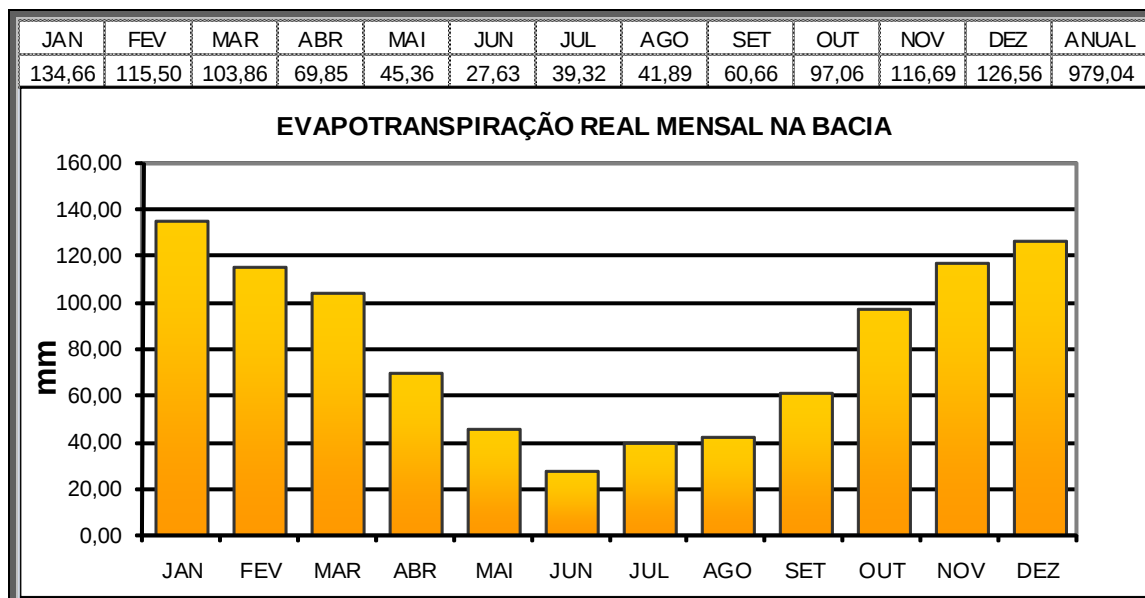


Gráfico 4.2.3 - Estimativa da evapotranspiração na bacia.

A insolação média mensal na bacia de 190h, o que nos permite estimar uma evapotranspiração real de 2276mm.

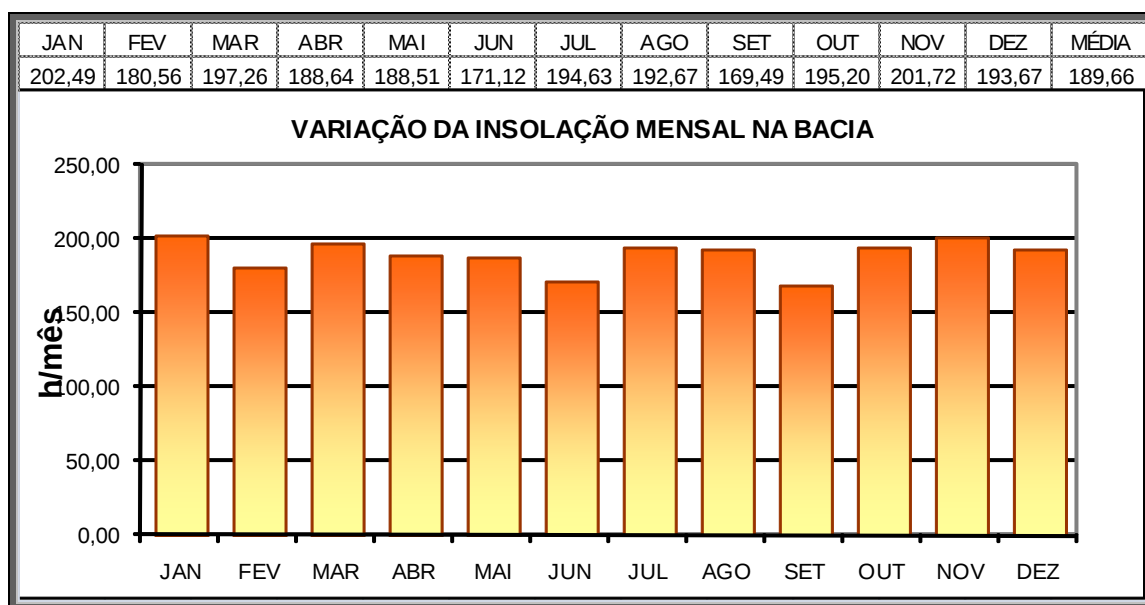


Gráfico 4.2.4 - Distribuição da insolação na bacia do rio Cavernoso.

Dados coletados na região inferem uma precipitação média na bacia de 1834,07mm, sendo que os meses que apresentam médias mensais pluviométricas mais elevadas são outubro e janeiro.

O Gráfico a seguir apresenta a distribuição média das chuvas na região da bacia.

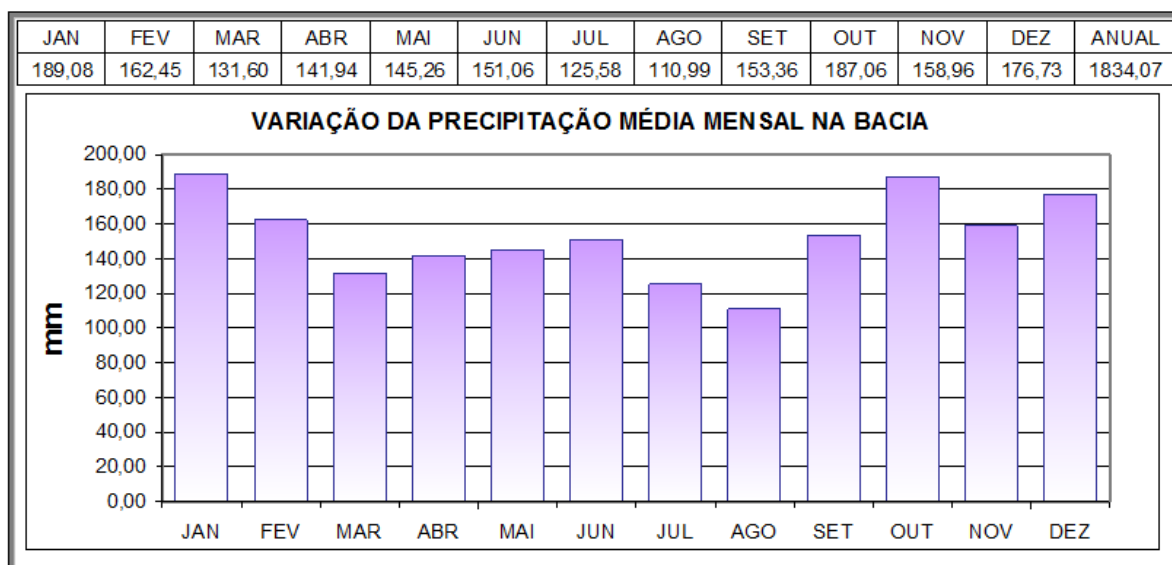


Gráfico 4.2.5 - Distribuição das chuvas médias mensais em mm na bacia do rio Cavernoso.

4.2.5. Outros usos da água

A utilização dos recursos naturais está condicionada a um conjunto de normas, entre elas a obrigatoriedade das outorgas de uso e licenciamentos ambientais, visando exercer um controle por parte do Estado para assegurar o uso racional.

Considerando que a água é um bem vital para a manutenção de toda cadeia física e biológica que garantem as condições de vida, a regulamentação atual proposta para a utilização dos recursos hídricos indica novas condutas.

Estas envolvem o planejamento e o gerenciamento de aspectos quantitativos e qualitativos da água e, adicionalmente, também ampliam conceitos com vistas a incorporar as componentes sociais e econômicas que garantam as condições de sustentabilidade do uso múltiplo.

A regulamentação ocorreu através da Lei nº. 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos fundamentada nos seguintes pontos:

- A água é um bem de domínio público;
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- Em situações de escassez o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- A gestão dos recursos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implantação da Política de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Esta regulamentação introduziu conceitos na forma de como deve ser focado o recurso hídrico na garantia à disponibilidade de água para as diversas utilizações, incluindo a geração de energia elétrica, que deve garantir uso compartilhado da água por parte de outros possíveis demandantes além de preservar as condições mínimas de afluência em trechos ensecados de rio.

A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos nos rios, a redução das áreas alagadas e das matas de galeria por ação antrópica são vetores de deterioração e perdas de volume e da qualidade da água que se verificam nas áreas que sofrem maior pressão ocupacional e de desenvolvimento.

Em situações desta natureza e considerando que a água tem distribuição irregular, o compartilhamento do uso pode gerar situações de conflito, demandando a arbitragem no Estado no estabelecimento das cotas de consumo para os diversos fins.

O aumento e a diversidade dos usos múltiplos da água, via de regra, resultam em impactos diversos exigindo, cada vez mais, ações de monitoramento visando a manutenção das condições de sanidade dos corpos d'águas.

No estado do Paraná a questão da utilização do Recurso Hídrico, sua outorga e resolução de conflitos são reguladas pela entidade Instituto das Águas do Paraná.

Quanto aos usos observados da água durante a fase das campanhas de campo, não foram constatadas captações de água para irrigação de lavouras, abastecimento urbano ou usos industriais. Também não foi observado o uso para lazer ou recreação.

Quanto aos usos da água registrados oficialmente, em consulta preliminar ao site do Instituto das Águas do Paraná, nenhuma outorga para uso consultivo foi encontrada que restrinja a disponibilidade hídrica para o eixo da PCH Cavernoso V.

Referindo-se ao uso do solo na bacia, informa-se que a mesma encontra-se significativamente antropizada comparada ao ambiente natural de floresta, em detrimento do uso agrícola e pecuário.

Entretanto as margens do rio Cavernoso são relativamente bem protegidas. Fora desta faixa de preservação permanente e principalmente nas regiões altas o uso do solo é intenso seja através da agricultura, seja em atividades de pecuária ou reflorestamento.

O curso d'água não pode ser utilizado para navegação tratando-se de um rio de pequeno porte e razoável declividade, com o obstáculo da Usina Cavernoso, além de diversas cachoeiras.

Assim não foram detectados usos consuntivos significativos no rio Cavernoso que pudessem interferir nas avaliações energéticas do presente estudo.

O rio Cavernoso apresenta margens geralmente encaixadas e curso sinuoso devido principalmente as condicionantes geológicas e alinhamentos de falha.

Este fato, aliado a boa declividade e produção hídrica aponta para uma vocação para uso

hidroenergético, através de captações com desvios, mantendo a vazão residual no trecho ensecado, até o ponto em que a água seria restituída ao curso natural do rio.

4.2.6. Base de dados

Para elaboração dos estudos hidrológicos do rio Cavernoso foram colhidas informações em caráter consistido principalmente das entidades relacionadas a seguir:

- ANA (Agência Nacional das Águas) – Sistema de Dados Hidrometereológicos – HidroWeb;
- INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ – SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do estado do Paraná).

Para a composição da série histórica de vazões médias mensais no rio Cavernoso, foi realizado o levantamento nos bancos de dados Hidroweb da ANA e selecionados postos fluviométricos próximos ao eixo de interesse e que apresentassem maior similaridade possível com a região onde será construída a PCH Cavernoso V.

Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico ANA (Hidroweb), foram selecionadas duas estações fluviométricas com base em critérios de:

- Proximidade;
- Disponibilidade temporal;
- Área de drenagem compatível;
- Características físicas – geologia, relevo, declividade, cobertura vegetal;
- Qualidade dos dados.

A figura a seguir ilustra as estações fluviométricas nas proximidades da bacia do rio Cavernoso, bem como os eixos a qual as informações foram empregadas.

Disponibilidade de Dados hidrológicos nas proximidades da bacia do rio Cavernoso.

POSTO SELECIONADO	CÓDIGO DNAAE	RIO	ÁREA DRENAGEM km²	INÍCIO	FIM	PERÍODO ANOS	ENTIDADE	LATITUDE (N) ou (S)	LONGITUDE (W) ou (E)
GUAMPARÁ	64764000	PIQUIRÍ	1690	jul-84	dez-14	31	ANA	24 59 00,46	52 17 00,85
USINA CAVERNOSO	65855000	CAVERNOSO	1490	jan-52	dez-10	58	ANA	25 29 34,46	52 12 51,86
EIXO PCH CAVERNOSO VIII	-	CAVERNOSO	336	mai/1964	dez/2015	51	-	25 18 17,70	51 58 13,50
EIXO PCH CAVERNOSO VI	-	CAVERNOSO	593	mai/1964	dez/2015	51	-	25 21 18,30	52 00 40,40
EIXO PCH CAVERNOSO V	-	CAVERNOSO	803	mai/1964	dez/2015	51	-	25 23 01,30	52 01 56,50
EIXO PCH CAVERNOSO IV	-	CAVERNOSO	1058	mai/1964	dez/2015	51	-	25 25 30,30	52 05 13,00

Visualização gráfica dos períodos comuns para estabelecimento das correlações.

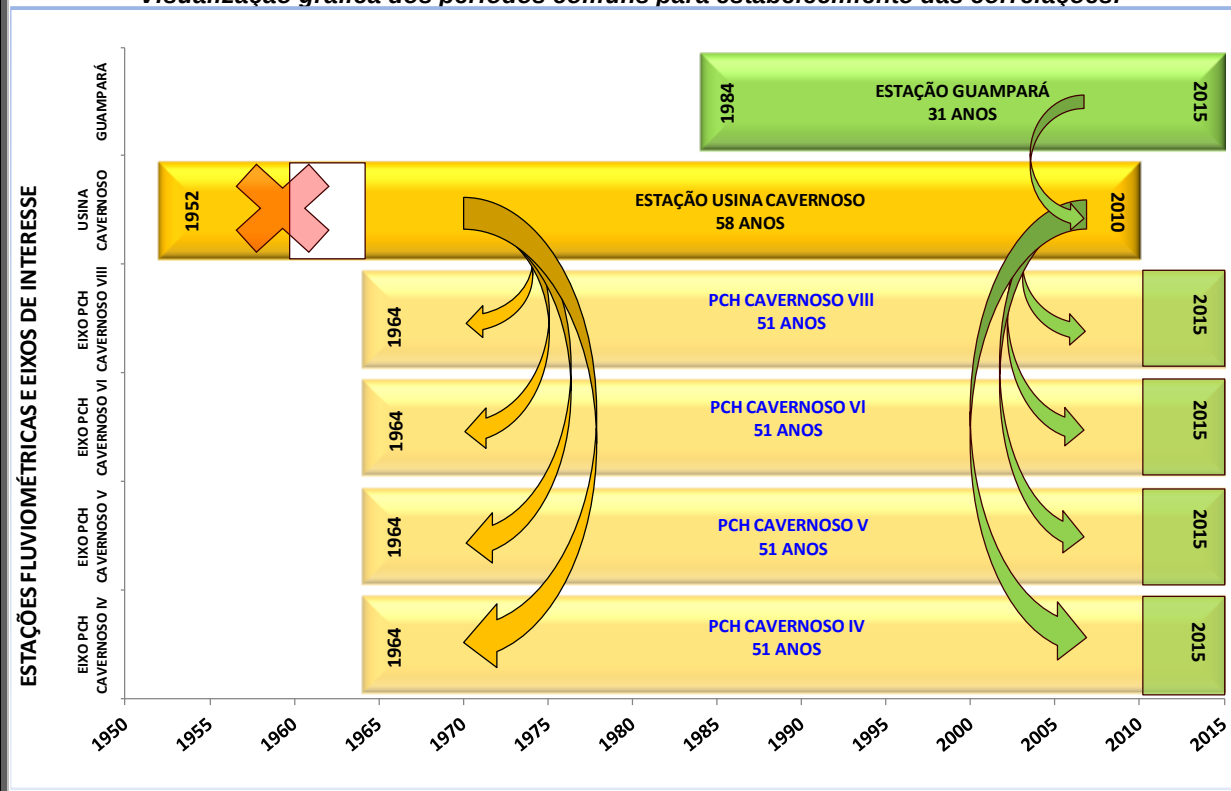


Gráfico 4.2.6 - Disponibilidade de dados - Estações fluviométricas selecionadas.

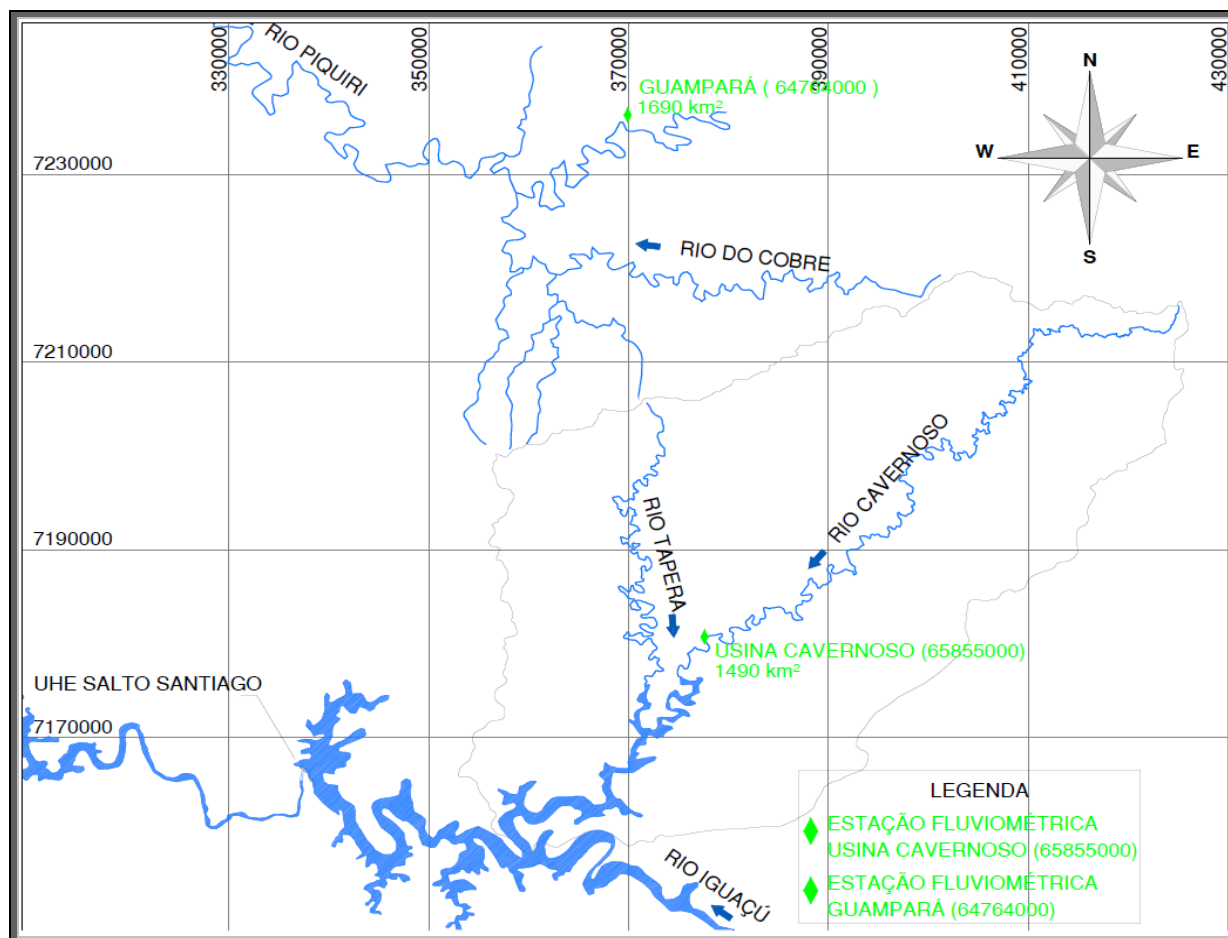


Figura 4.2.5 - Localização das estações pluviométricas e fluviométricas selecionadas.

Desta análise preliminar depreende-se que é possível estender até dezembro de 2015 a série do eixo de interesse da PCH Cavernoso V no rio Cavernoso, utilizando-se de correlações com a série disponível no rio vizinho Cavernoso, desde que seja efetuada a consistência de dados daquele posto auxiliar.

4.2.6.1. Consistência dos dados fluviométricos.

Para atestar a confiabilidade das estações fluviométricas utilizadas no estudo hidrológico da PCH Cavernoso V, foram comparados dos dados de vazões disponíveis para cada estação e os resultados são detalhados a seguir.

Através dos gráficos, observa-se que o regime hidrológico registrado em ambas as estações possuem grande similaridade, fato justificado por se tratar de rios que correm sobre substrato geológico similar, usos do solo semelhantes, são bacias contíguas e muito próximas, portanto expostas aproximadamente ao mesmo vetor de chuvas regional e condições hidrometeorológicas.

Para comprovar tal afirmação, os registros de vazões disponíveis na Hidroweb para as estações Guampará e Usina Cavernoso foram transformados de m³/s para vazões específicas (l/s/km²) e desta forma foram plotadas em um fluviograma contendo o período em comum entre ambas.

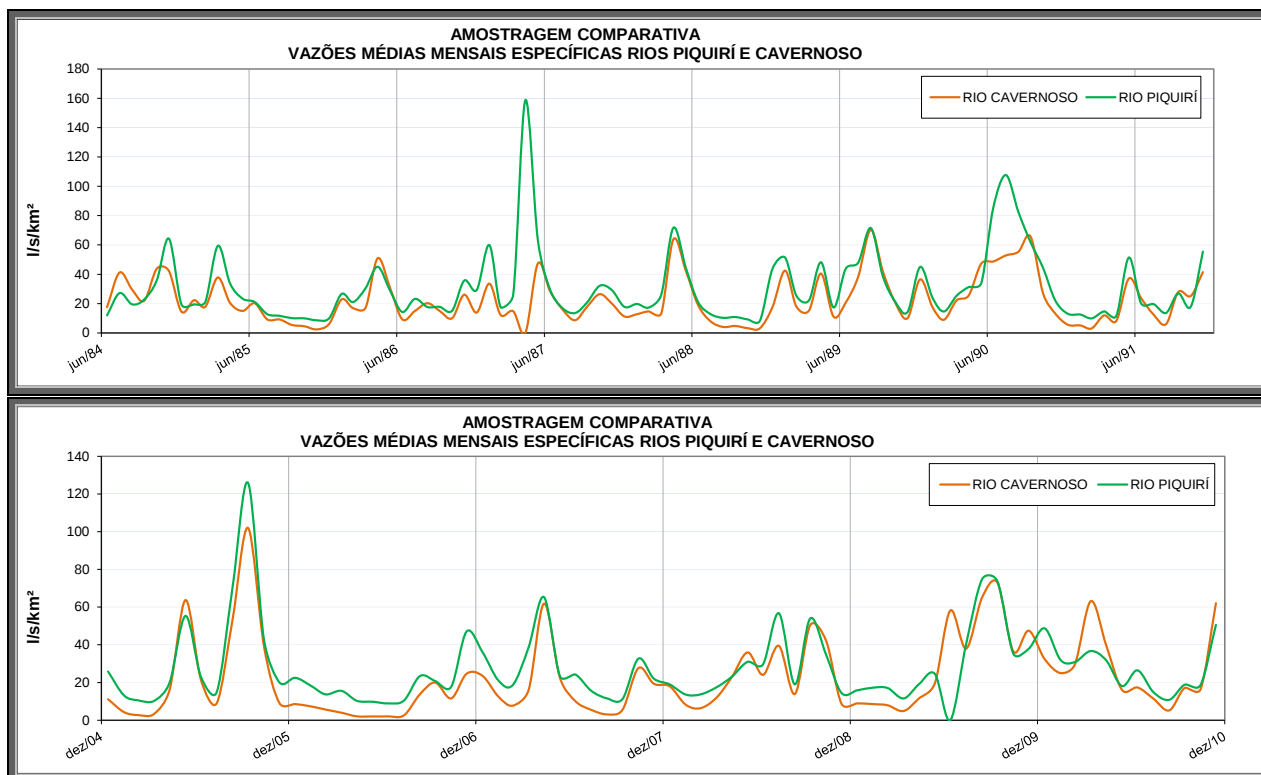


Gráfico 4.2.7 - Fluviograma de vazões entre as estações selecionadas – Usina Cavernoso e Guampará.

Podemos observar a mesma tendência no comportamento entre os rios Cavernoso e Piquiri e, atestando visualmente a confiabilidade da hipótese apresentada acima. A análise empreendida sobre a base de dados utilizada considerando os procedimentos metodológicos para consolidar o trabalho de consistência das informações permitiram estabelecer uma base de alta representatividade e de confiabilidade da bacia.

Para tal, também foi realizada a análise das estações fluviométricas através da plotagem das vazões específicas acumuladas, a fim de apontar possíveis distorções com clareza, caso exista.

A vazão acumulada de cada estação plotada no eixo das ordenadas está em função da soma das vazões acumuladas das duas estações fluviométricas selecionadas (Usina Cavernoso e Guampará) dispostos no eixo X.

Constata-se a uniformidade do regime hidrológico por meio do gráfico abaixo que apresenta o comportamento das vazões acumuladas para as duas estações selecionadas.

É possível visualizar a clara a semelhança no comportamento hidrológico registrado entre as estações Usina Cavernoso e Guampará.

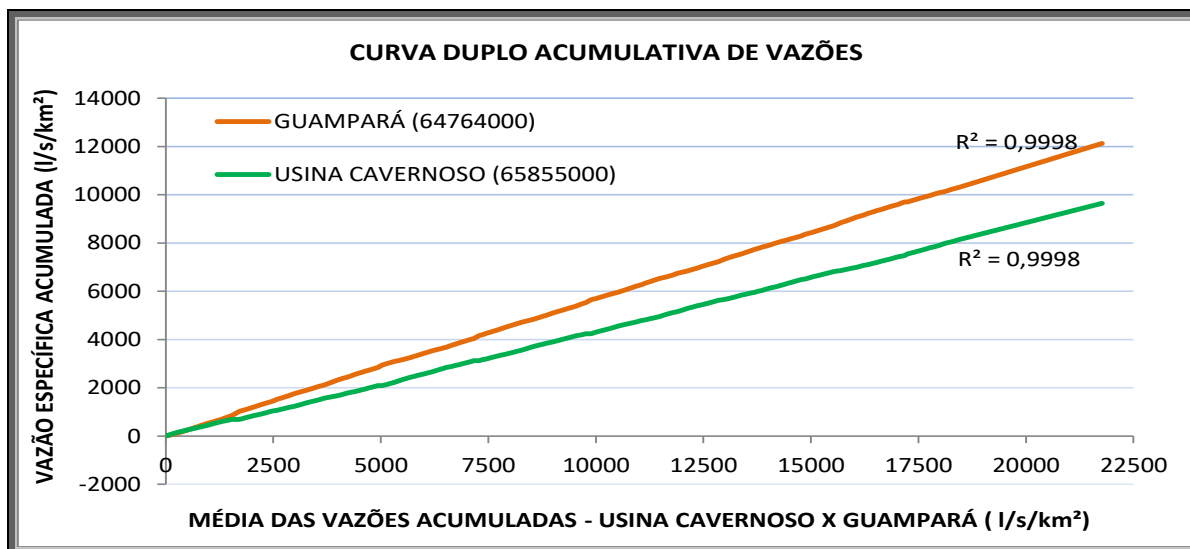


Gráfico 4.2.8 - Curva duplo acumulativa – período em comum entre as estações.

O descolamento das linhas indicadoras é proveniente da diferença entre suas vazões específicas, sendo a produtividade hídrica do rio Piquiri, superior a do rio Cavernoso.

O resultado aponta para uma representação gráfica de uma linha reta, possibilitando deduzir que os procedimentos utilizados na correção de dados duvidosos, de preenchimentos de falhas e de extensão da série não introduziram imprecisões capazes de mudar a tendência do regime hidrológico da bacia.

Destarte, pode-se afirmar que o projeto conseguiu obter indicadores efetivas de qualificação das séries que se apresentaram homogêneas e sem ocorrência de incremental negativo, o que permite ampla utilização para estudos diversos, com destaque para as simulações energéticas que estabelecerão o patamar definitivo de motorização do empreendimento.

Os resultados se apresentaram conforme o esperado, ou seja, os vetores das duas estações seguiram a mesma tendência com elevados valores de R^2 demonstrando pequenas variações justificada pela área de influência que incide sobre cada um dos postos fluviométricos.

Diante das análises, podemos assegurar que a estação Usina Cavernoso, mesmo que dispondo apenas de valores não consistidos pela ANA em seu banco de dados, apresenta total confiabilidade em sua aplicação como estação base representativa do rio Cavernoso na região de interesse da PCH Cavernoso V.

- **Estação Usina Cavernoso (65855000):**

Inicialmente foi baixada do Site Hidroweb a série de vazões da estação Usina Cavernoso (065855000), instalada no rio Cavernoso. Os dados disponíveis são de caráter não consistido e foram submetidos à uma criteriosa análise e ajustes de consistência, promovendo alto nível de confiança na sua aplicação. Encontra-se disponível na Hidroweb para este posto, dados de cota e vazão entre o período de jan/1952 à dez/2014.

A estação Usina Cavernoso encontra-se instalada muito próximo ao eixo de interesse da PCH Cavernoso V (aproximadamente 30 km).

Consistência do resumo de descarga:

Foi identificada a ausência de dados entre os períodos de mar/1960 à abr/1964, e mês de jan/1995 onde as medições estavam consideradas no relatório como se fosse o mês subsequente ao mês da falha. Procedeu-se com a devida correção através do preenchimento da data correta evitando-se a assincronia dos dados no ajuste da curva chave.

Devido a existência de uma lacuna sem informações hidrológicas por longo período (49 meses) na estação fluviométrica Usina Cavernoso, optou-se pela consideração dos dados disponíveis, à partir do mês de mai/1964. Assim podemos depreender com segurança que a série de vazões médias mensais construída retrata com alta confiabilidade o regime de vazões no rio Cavernoso.

Primou-se, sobretudo por resultados consistentes evitando-se a adoção de informações advindas de estações fluviométricas desconexas com o regime hidrológico do rio Cavernoso.

Apenas para a análise da Curva Chave foi considerado todo o histórico de vazões disponível na Hidroweb (período de jan/1952 à dez/2010). Foram identificados três pontos discrepantes no gráfico oriundo possivelmente de erros de anotação de caderneta de campo ou digitação.

Prova disto é a comparação, por exemplo, do último ponto azul (medição correta) que apresenta uma vazão de 205 m³/s na cota 148m, enquanto o último ponto vermelho (discrepante) apresenta-se na com vazão de 379m³/s na cota 115m, ou seja, vazão superior, porém cota inferior.

Tabela 4.2.1 - Relação dos dados de cota vazão com os erros destacados - Estação Usina Cavernoso.

Código estação	NívelConsistencia	Data	Vazão média	Cota média
65855000	1	01/05/1987	239,14	146,80
65855000	1	01/05/1992	379,29	113,23
65855000	1	01/04/1998	256,23	139,31

Assim, o gráfico apresenta-se da seguinte forma:

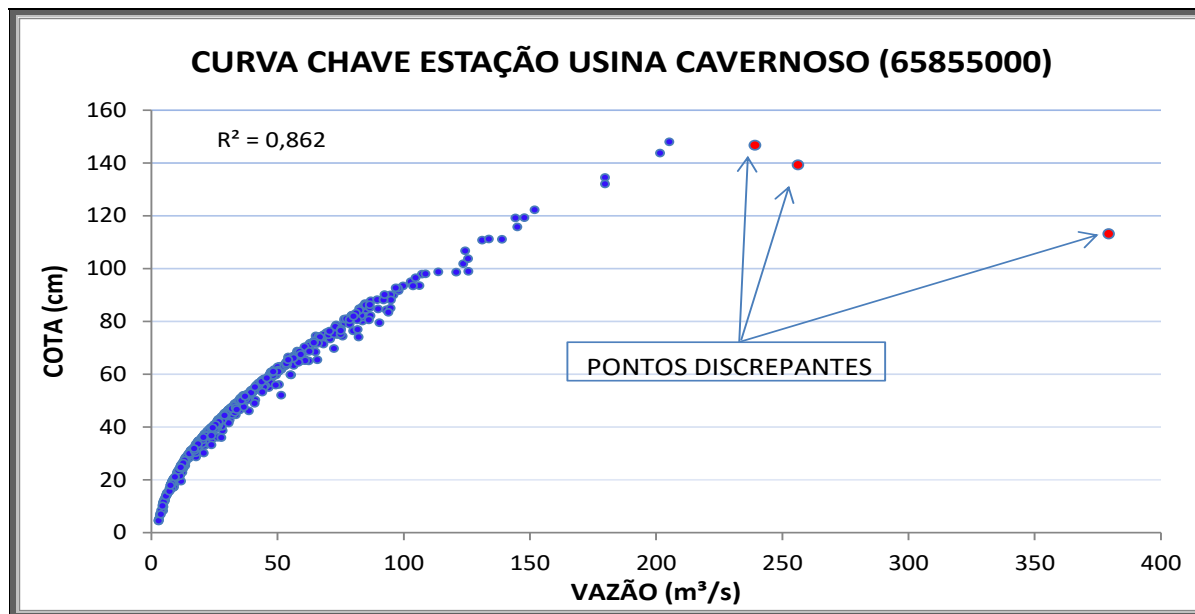


Gráfico 4.2.9 - Resumo de medição de descarga da estação Usina Cavernoso (065855000).

À partir do gráfico acima, constatou-se que consideração destes pontos comprometeria a eficácia da série desta estação fluviométrica e foram então descartados. Após as correções iniciais da curva chave, o gráfico apresenta-se da seguinte forma:

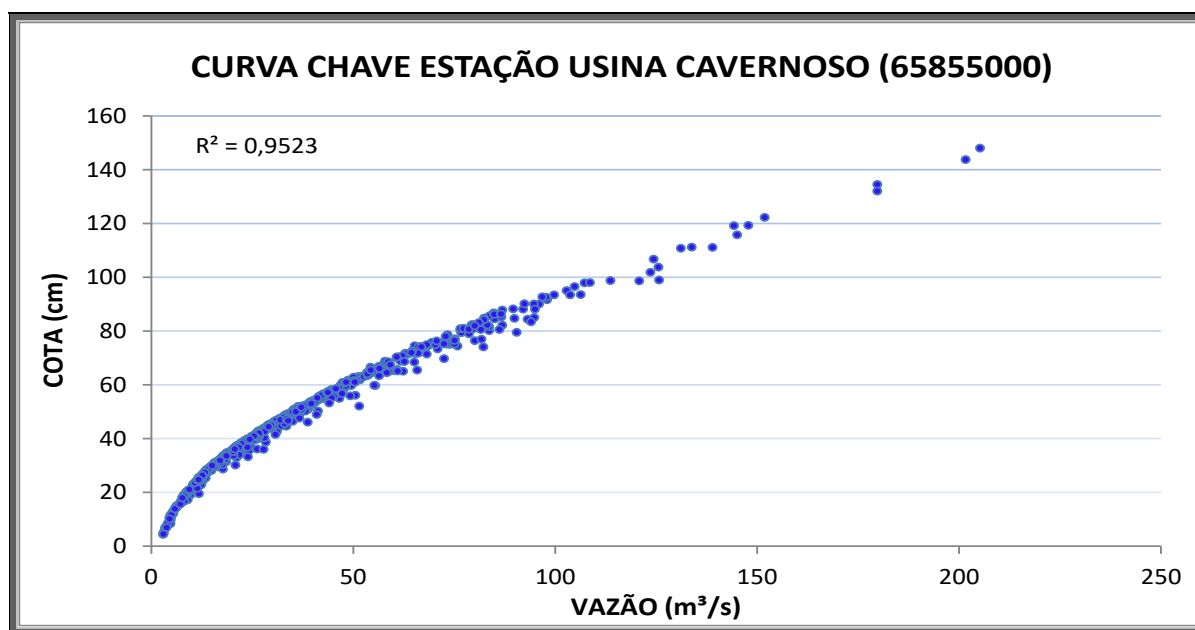


Gráfico 4.2.10 - Resumo de medição de descarga corrigido da estação Usina Cavernoso (065855000).

Com a eliminação dos pontos divergentes, o resultado de R^2 eleva-se de 0,862 para 0,9523 atestando o procedimento de ajuste. Nota-se que após a consistência preliminar os dados de descarga tanto os consistidos quanto os dados brutos alinham-se em uma mesma tendência, o que significa que a curva chave mantém a validade (mesma tendência) para todo o período observado.

- **Estação Guampará (064764000):**

Na sequência foram baixados os dados da estação Guampará (064764000) instalada no rio Piquiri. Esta estação dispõe de dados fluviométricos de caráter consistido entre o período de jul/1984 à dez/2001 e também de dados não consistidos entre o período de jan/2002 à dez/2015.

Foi necessária a utilização deste posto apenas para os cinco últimos anos da série histórica de vazões médias mensais construída para a PCH Cavernoso V (jan/2011 à dez/2015).

Os dados extraídos do site da ANA foram transportados para o software Excel, para a devida análise e manipulação dos dados. Foi identificada apenas uma inconsistência sendo a sobreposição de dado de cota em data errada (mês de jul/2009), tal qual foi corrigida através da inclusão do mês na planilha.

A estação Guampará não dispõe de dados de vazões na Hidroweb, o que não causa empecilhos, pois é perfeitamente possível gerar a série de vazões aplicando-se o método de cálculo por meio de suas cotas. Desta forma, foi composta a série de vazões médias mensais através do ajuste do resumo de descarga e então a construção da série de vazões através de suas cotas.

Consistência do resumo de descarga:

Através da análise da Curva Chave do Resumo de Descargas, para o período consistido de jul/1984 à abr/1998, foi gerado o ajuste entre a vazão observada e a calculada, com $R^2 = 0,9595$ atestando boa confiabilidade do ajuste. Assim, o gráfico apresenta-se da seguinte forma:

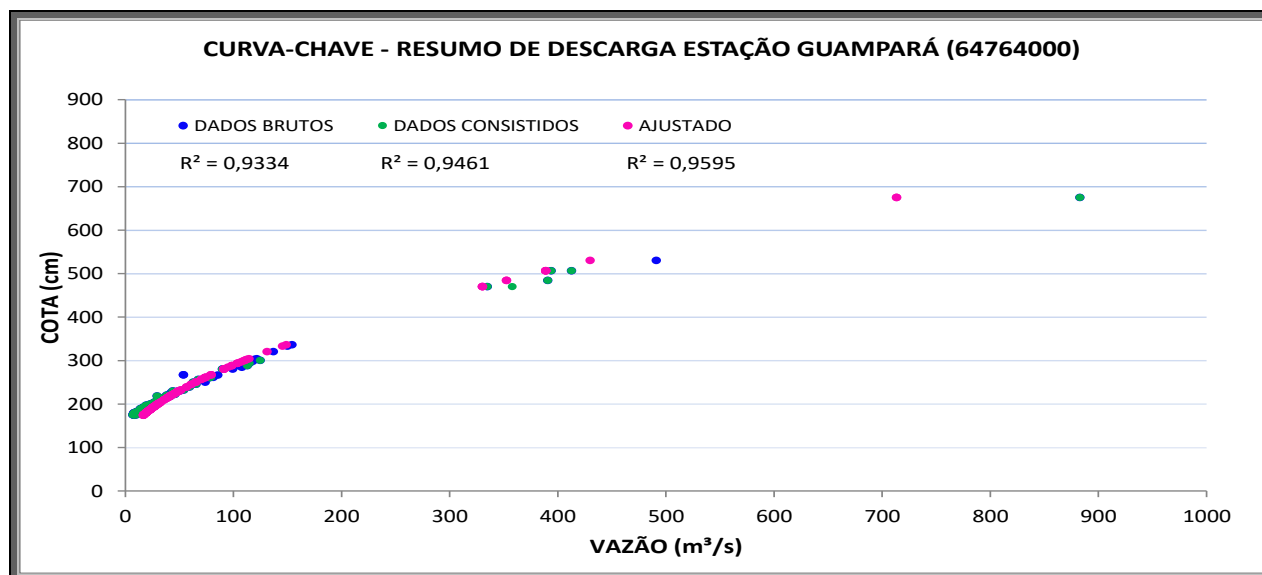


Gráfico 4.2.11 - Curva chave do Resumo de Descargas estação Guampará.

No gráfico acima, foram plotados os valores de cota x vazão em cor azul para os dados observados não consistidos ($R^2 = 0,9334$), em cor verde para os dados observados consistidos ($R^2 = 0,9461$) e em cor rosa para os dados calculados com $R^2 = 0,9595$, verifica-se que a série

alinha-se em uma mesma tendência atestando a sua conformidade por todo o período observado.

O resultado de R^2 obtido demonstra-se satisfatório sendo, $R^2 = 0,9595$ para o ajuste da calibração do resumo de descarga, imprimindo absoluta segurança no emprego integral dos dados disponíveis na estação Guampará para o presente estudo.

Efetuuou-se um ajuste da equação da curva chave no modelo abaixo, observando-se os desvios em relação:

- A amostra de calibração acima descrita;
- A vazão média consistida (de jun/1984 até dez/2014).

Fórmula: $Q_{calc} = A * (H - H_0)^n$ *

* Fórmula disponível no Livro Hidrologia Básica, capítulo 10 - Medições de vazão, página 190.

Tais parâmetros foram calibrados em diversos ajustes (5), sendo que ao fim obteve-se uma configuração que atendia ambas as premissas satisfatoriamente, de tal sorte que a equação da curva chave assumiu o seguinte formato:

$$Q_{calc} = 0,015 * (H - 112)^{1,70}$$

Tabela 4.2.2 - Hipóteses estudadas para a identificação do melhor ajuste linear.

HIPÓTESE	$Q_{calc} = A * (H - H_0)^n$	VALORES	1	2	3	4	Opção eleita
	A	0,0150504	0,005	0,009	0,001	0,008	0,015
	n	1,700	1,900	1,800	2,200	1,810	1,700
	H ₀	112	112	111	80	112	112

Os testes de hipótese de parâmetros A, n, H₀ visaram atingir a média das amostras existentes de calibração de curva chave e simultaneamente das vazões existentes no período consistido, além do ajuste visual satisfatório.

Ao final de cinco tentativas obteve-se êxito conforme demonstrado no quadro abaixo:

Tabela 4.2.3 - Resultados das hipóteses estudadas para a identificação do melhor ajuste linear - estação Guampará.

HIPÓTESE	$Q_{calc} = A * (H - H_0)^n$	VALORES	1	2	3	4	Opção eleita
	A	0,0150504	0,005	0,009	0,001	0,008	0,015
	n	1,700	1,900	1,800	2,200	1,810	1,700
	H ₀	112	112	111	80	112	112
RESUMO DESC CALIBRAÇÃO	Q méd. observ. calibração (Período consist)	72,98	72,98	72,98	72,98	72,98	72,98
	Q méd. calculado calibração (Período consist)	72,98	72,98	72,98	73,05	73,01	72,98
	Diferença - Q _{méd. calc} / Q _{méd. obs} (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Variância (S ²)	518,91	87,55	218,04	87,42	178,00	518,91
	Desvio padrão	22,78	9,36	14,77	9,35	13,34	22,78
VAZÕES OBSERVADO NO PERÍODO	Q méd. calculado - Vazões (Período consist)	56,13	52,41	54,44	51,82	54,13	56,13
	Variância (S ²)	1595,56	1883,60	1722,68	1734,87	1757,78	1595,56
	Desvio padrão	39,94	43,40	41,51	41,65	41,93	39,94

Conforme podemos observar no destaque da última coluna da tabela acima, esta hipótese foi a que apresentou menor variância e desvio padrão dentre as opções estudadas.

Desta forma, foi possível realizar a extensão dos dados de vazões à partir de jan/2010 à dez/2014 realizada através da interface entre os dados de cotas desta estação e os parâmetros fixados com a aplicação da fórmula $Q_{calc} = A * (H - H_0)^n$.

Com isto foi possível obter a série de vazões médias mensais (m^3/s) do rio Cavernoso, através da assunção das vazões específicas oriundas das estações fluviométricas selecionadas (Usina Cavernoso e Guampará).

Para atestar a qualidade da série de vazões calculadas através das cotas, apresentamos a seguir o gráfico de curva chave para a estação Usina Cavernoso considerando em cor azul os dados fluviométricos consistidos pela ANA e em cor amarela os dados consistidos por este agente e calculados através da base de dados de cotas disponibilizado na Hidroweb.

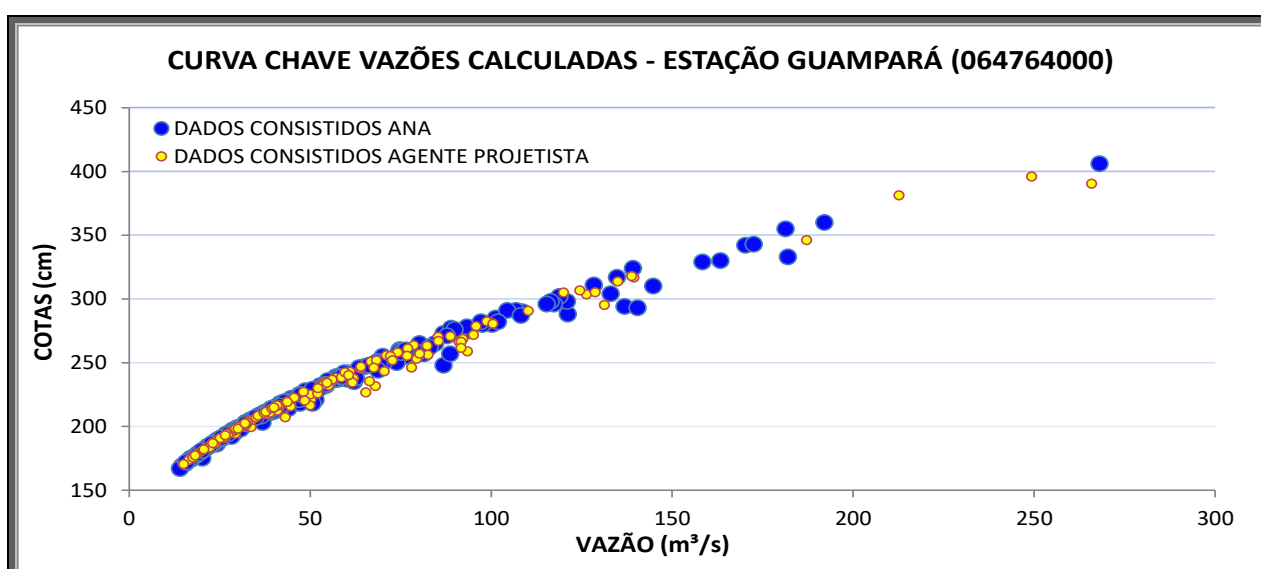


Gráfico 4.2.12 - Curva chave estação Guampará – mesma tendência entre os dados consistidos pela ANA x dados consistidos e calculados pelo agente projetista.

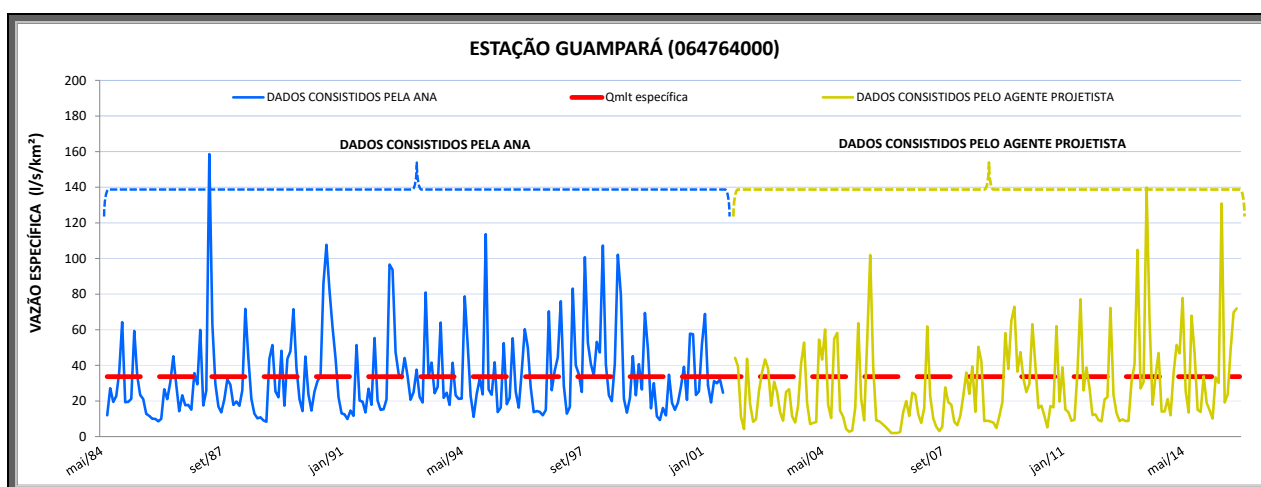


Gráfico 4.2.13 - Fluviograma de vazões - estação Guampará (064764000).

Nos gráficos 4.2.1 e 4.2.2, verifica-se que as vazões oriundas de dados consistidos pela empresa projetista (destacada em cor amarela), quando plotadas sobre a curva chave, seguem a mesma tendência dos dados consistidos e disponibilizados pela ANA, desta forma atestando plena confiabilidade para a extensão da série de vazões da estação Guampará entre o período de jan/2002 à dez/2015.

Procedeu-se com a conversão inicialmente em m^3/s para vazão específica em $l/s/km^2$ da série de vazões das estações Usina Cavernoso e Guampará a qual foram correlacionadas para a extensão e complementação da estação base.

Desta maneira foi possível complementar a série do posto base no período de jan/2010 à dez/2015.

4.2.7. Correlações

Para se efetuar a complementação dos dados no rio Cavernoso, utilizou-se como base as informações existentes nos rios vizinhos Cavernoso (preferencialmente) e Piquiri (secundariamente) onde ambos os rios sofreram correlações cruzadas visando a complementação e extensão dos dados no rio Cavernoso e posteriormente sua transferência para o rio Cavernoso através da hipótese de mesma vazão específica.

O rio Cavernoso e rio Piquiri, por sua vez, apresentam diferenças quanto ao regime de vazões específicas (bem como do vetor de chuvas), o que não compromete as correlações ora estabelecidas. Na estação Cavernoso, a vazão específica é de $26,35 l/s/km^2$ para o período considerado de mai/1964 à dez/2010, enquanto na estação Guampará a vazão específica é de $33,72 l/s/km^2$ para o período de jul/1984 à dez/2015.

De fato a equação de regressão adotada detectou este fenômeno tanto no coeficiente angular quanto no termo fixo, ambos positivos, corrigindo automaticamente a vazão do rio Cavernoso permitindo-se complementar falhas e efetuar a extensão até a data final pretendida com dados oriundos do rio Piquiri.

Desta forma, foi optou-se pela conversão das séries de vazões disponíveis na Hidroweb inicialmente em m^3/s para vazão específica em $l/s/km^2$ e transferência por proporção de áreas de drenagem para a estação que receberá a complementação.

A correlação é estabelecida depurando-se os períodos não coincidentes, eliminando-se as datas com falhas. Com este vetor de vazões específicas ajusta-se pelo método dos mínimos quadrados uma equação de correlação a qual contém por definição a diferenciação de vazões entre as bacias.

A partir da série básica complementada da Usina Cavernoso, calculou-se em planilha Excel a série do eixo de interesse no rio Cavernoso. Desta maneira foi possível estender a série original do posto base, do período original considerado (46 anos) para um período total de 51 anos (mai/1964 à dez/2015).

A estação Usina Cavernoso, com $1.490km^2$, operada pela SUDERHSA, tem a seção de medição localizada no rio Cavernoso à jusante do eixo de interesse da PCH. Este seria, portanto o posto que melhor representa as condições do rio Cavernoso.

A hipótese básica lançada seria de que a vazão específica do rio Cavernoso no eixo de referência com 803 km² - PCH Cavernoso V, será determinada em princípio a partir dos dados disponíveis e complementados na estação Usina Cavernoso, no mesmo rio, pela consideração direta da mesma vazão específica.

Justifica-se tal premissa devido:

- As bacias hidrográficas estarem localizadas em região geologicamente semelhante, correspondente a região do terceiro Planalto paranaense, com seus rios correndo sobre geologia composta principalmente de rochas basálticas, que veio a superfície quando o Gondwana se separou, abrindo inúmeras fendas na litosfera, por onde o magma conseguiu extravasar, criando portanto uma macro estrutura de derrames vulcânicos que se "esparrramaram" por cima das estruturas sedimentares que compõe o Segundo Planalto.
- Possuem parâmetros físicos de declividade do terreno, cobertura vegetal, uso do solo, tipo de solos etc, muito parecidos;
- Na micro região da bacia, onde se situam os postos acima, a configuração climática apresenta pouca variação, com pequenas diferenças de pluviosidade ocorrendo no sentido leste – oeste e expressas particularmente pela variação da vazão específica entre postos.

A seguir são apresentadas a correlação calculadas inter-postos e, em sequência, a série de vazão média mensal específica em l/s/km² obtida para o posto base, complementada para o rio Cavernoso, nos períodos com falhas de observação.

A tabela e o gráfico a seguir indicam o grau de correlação entre os postos básicos bem como apresentam a equação de transferência e parcialmente a tabela de ajustes.

Tabela 4.2.4 - Ajuste linear - estações fluviométricas Guampará e Usina Cavernoso.

Rio	Rio Piquiri	RIO CAVERNOSO	RIO CAVERNOSO
ESTAÇÃO	GUAMPARÁ	USINA CAVERNOSO	EIXO PCH CAVERNOSO VIII
Código	64764000	65855000	65855000
Mês	MED	MED	MED
	MENSAL	MENSAL	MENSAL
	l/s/km ²	l/s/km ²	l/s/km ²
jul/84	11,97	17,53	8,60
ago/84	27,16	41,18	22,30
set/84	19,48	29,54	15,38
out/84	22,85	21,95	18,41
nov/84	35,92	43,83	30,20
dez/84	64,27	42,22	55,78
jan/85	19,36	14,48	15,27
fev/85	19,52	22,30	15,41
mar/85	21,17	17,87	16,90
abr/85	59,38	37,84	51,36
mai/85	33,79	20,49	28,28
jun/85	23,39	15,02	18,91
jul/85	21,10	20,21	16,84
ago/85	12,83	9,25	9,37
set/85	11,67	9,16	8,33
out/85	10,07	5,46	6,89
nov/85	9,95	4,55	6,78
dez/85	8,62	2,42	5,58
...	...	...	...

...	...	...	...
abr/09	11,55	4,89	8,22
mai/09	19,12	11,57	15,05
jun/09	24,57	19,58	19,97
ago/09	40,48	37,96	34,32
set/09	74,77	65,04	65,25
out/09	73,71	72,96	64,30
nov/09	35,30	36,52	29,64
dez/09	37,91	47,48	32,00
jan/10	48,73	32,44	41,76
fev/10	31,96	25,00	26,64
mar/10	30,87	29,61	25,65
abr/10	36,72	63,14	30,93
mai/10	31,77	39,76	26,46
jun/10	18,13	16,03	14,15
jul/10	26,45	17,38	21,66
ago/10	14,91	11,45	11,25
set/10	10,83	5,21	7,57
out/10	18,84	17,13	14,80
nov/10	18,69	16,41	14,66
dez/10	50,58	62,06	43,43
RESUMO	MED	MED	MED
	MENSAL	MENSAL	MENSAL
	l/s/km ²	l/s/km ²	l/s/km ²
MÉDIA	30,89	25,67	25,67
MÁX	125,86	101,97	111,34
MÍN	8,33	2,01	5,32

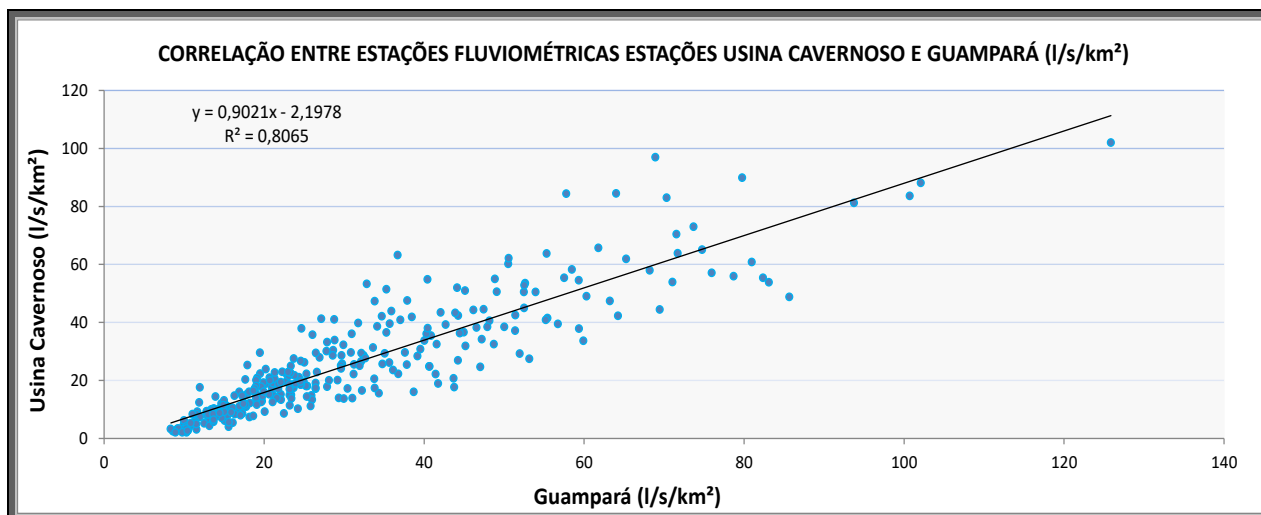


Gráfico 4.2.14 - Correlações entre as estações fluviométricas selecionadas – Usina Cavernoso x Guampará.

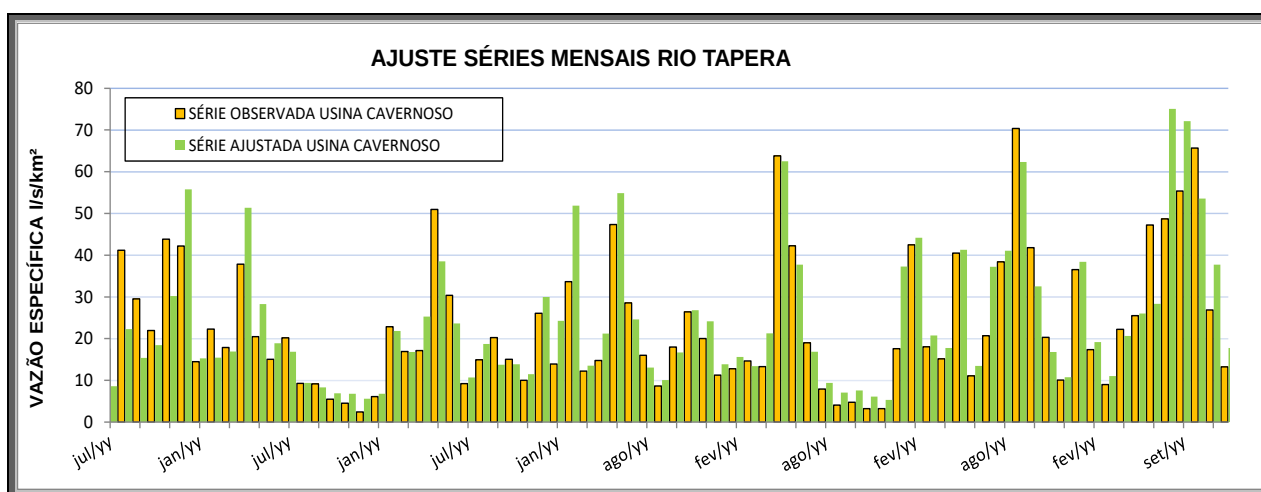


Gráfico 4.2.15 - Ajuste das vazões na estação base Usina Cavernoso.

As conclusões que foram possíveis tirar destas comparações, sempre tomadas em termos de vazões específicas foram as seguintes:

A partir das correlações entre a estação Usina Cavernoso (rio Cavernoso) e Guampará (rio Piquiri) notou-se um comportamento proporcional em termos de vazão específica média mensal entre estes dois rios, haja vista a similaridade no tamanho entre as suas bacias.

Estas correlações foram testadas no sentido de possibilitar o emprego dos dados da estação Guampará para uma eventual complementação da série no rio Cavernoso, uma vez que o posto Guampará possui dados de boa qualidade e excelente continuidade.

4.2.8. Séries de vazões médias mensais

Através das considerações e ajustes acima expostos foi possível preencher as falhas de observação do posto Usina Cavernoso, bem como estender a série de vazões médias mensais, completando um período de 51 anos de dados. O tamanho da amostra é considerado suficiente para uma análise energética segura.

A série obtida, conforme demonstrado, apresenta uma tendência de erro médio nulo. A dispersão em torno da equação de correlação é inevitável devido as diferenças naturais de pluviosidade que naturalmente ocorrem entre as bacias.

A vazão específica média de longo período resultou 27,18l/s/km² a partir das equações acima estabelecidas, valor este compatível com a vazão média regional no mapa de isolinhas da SUDERHSA. A tabela a seguir apresenta a série de vazões específicas médias mensais em l/s/km² válida para o rio Cavernoso no eixo da PCH Cavernoso V.

Tabela 4.2.5 - Série de vazões médias mensais específicas complementada para o rio Cavernoso no eixo da PCH Cavernoso V (l/s/km²).

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS ESPECÍFICAS COMPLEMENTADA (l/s/km²) PARA O RIO CAVERNOSO - A.D = 1.490 km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1964					26,05	36,78	30,03	45,06	39,15	31,31	13,54	26,79	31,09
1965	17,39	38,70	27,25	18,84	69,63	24,15	42,73	31,82	20,87	58,36	36,78	29,94	34,70
1966	29,14	46,05	24,82	12,32	10,55	15,48	16,31	9,48	19,76	49,02	27,73	20,58	23,44
1967	17,90	17,74	19,41	9,66	9,01	21,76	23,84	19,57	23,21	12,84	14,76	23,60	17,78
1968	17,76	10,27	7,95	11,51	13,55	12,69	12,52	12,61	12,00	25,19	21,21	13,78	14,25
1969	29,66	14,93	11,69	19,78	23,12	44,27	33,98	23,56	24,15	36,92	38,88	29,28	27,52
1970	20,72	14,21	15,53	14,31	13,93	34,39	49,64	21,24	24,45	36,46	21,77	33,84	25,04
1971	67,01	23,22	16,74	21,64	51,41	46,70	53,47	20,41	28,19	32,25	20,59	23,54	33,76
1972	31,53	23,71	22,93	31,95	15,02	32,77	38,70	64,49	65,26	57,10	22,84	27,34	36,14
1973	51,57	39,54	18,96	10,77	21,30	31,30	34,76	31,75	45,82	53,30	28,44	12,63	31,68
1974	20,63	16,38	22,48	9,92	6,99	21,34	17,92	15,42	23,55	14,11	17,06	22,84	17,39
1975	19,76	37,87	17,94	10,24	7,09	16,04	10,52	12,98	25,20	65,84	35,96	38,27	24,81
1976	24,86	16,05	9,70	17,47	16,24	41,94	15,87	25,70	32,11	25,09	39,08	25,76	24,16
1977	26,82	14,23	12,40	10,46	5,71	17,65	12,78	10,66	11,24	21,20	20,45	18,95	15,21
1978	8,32	4,12	3,71	2,12	3,29	3,54	34,63	23,78	18,73	9,21	10,02	10,19	10,97
1979	6,11	7,99	6,60	5,75	49,14	15,22	9,25	22,49	34,21	56,21	56,19	32,93	25,17
1980	37,25	24,52	23,87	8,27	20,94	18,16	32,70	24,16	56,27	36,91	18,68	34,71	28,04
1981	32,04	24,32	13,51	14,04	14,43	17,67	12,82	7,68	5,30	27,94	21,85	72,05	21,97
1982	26,21	9,97	8,16	3,79	3,59	48,69	97,39	25,71	10,74	56,92	120,68	54,68	38,88
1983	33,72	26,85	49,26	47,66	120,72	99,29	135,38	33,25	62,60	63,62	40,82	18,03	60,93
1984	14,22	17,97	11,80	18,85	18,76	41,91	17,53	41,18	29,54	21,95	43,83	42,22	26,65
1985	14,48	22,30	17,87	37,84	20,49	15,02	20,21	9,25	9,16	5,46	4,55	2,42	14,92
1986	6,13	22,85	16,93	17,14	50,94	30,39	9,23	14,94	20,27	15,05	9,99	26,07	19,99
1987	13,89	33,65	12,24	14,79	31,08	47,36	28,56	16,01	8,66	17,99	26,44	20,01	22,56
1988	11,24	12,78	14,66	13,27	63,81	42,27	19,03	7,91	4,07	4,74	3,24	3,21	16,69
1989	17,60	42,49	18,03	15,14	40,48	11,10	20,69	38,41	70,38	41,81	20,32	10,08	28,88
1990	36,53	17,38	9,00	22,20	25,50	47,24	48,73	52,85	55,37	65,68	26,89	13,25	35,05
1991	5,60	5,12	3,09	11,95	8,21	37,12	23,83	12,52	6,02	27,90	25,20	41,47	17,34
1992	18,76	11,87	11,13	20,49	50,82	81,14	44,45	51,40	53,22	51,96	38,62	20,92	37,90
1993	19,48	29,54	22,88	14,14	60,75	31,26	32,44	21,01	33,14	84,41	17,06	37,89	33,67
1994	10,87	22,13	11,35	14,70	20,49	55,87	44,95	19,47	8,32	21,69	28,60	27,51	23,83
1995	28,47	29,42	18,48	18,86	10,25	14,66	50,44	12,15	18,73	40,80	18,04	9,49	22,48
1996	22,24	48,98	38,40	30,05	8,91	8,95	14,37	7,36	13,02	82,99	35,71	40,86	29,32
1997	36,25	57,07	28,54	9,36	9,06	53,79	33,72	29,28	26,16	83,54	53,50	24,77	37,09
1998	15,50	27,38	34,13	44,48	54,83	18,54	19,14	35,42	88,04	89,87	22,70	9,92	38,33
1999	13,92	31,85	16,91	24,75	19,04	44,42	50,53	10,27	13,70	5,95	3,32	5,36	20,00
2000	12,32	25,64	15,46	6,04	13,48	17,80	28,33	15,12	84,33	55,34	24,93	14,39	26,10
2001	29,22	96,89	33,87	20,85	22,12	32,21	29,38	18,58	16,49	57,90	19,98	20,06	33,13
2002	44,24	39,50	11,03	4,24	43,75	18,49	8,35	9,72	25,69	36,01	43,38	38,16	26,88
2003	17,33	30,75	25,36	13,84	8,94	25,09	26,63	11,38	7,93	17,10	40,98	52,78	23,18
2004	18,86	7,02	7,69	8,22	54,49	43,27	60,17	17,77	10,47	54,91	58,21	14,57	29,64
2005	11,14	4,32	2,74	3,38	16,09	63,71	21,52	9,07	53,83	101,97	39,21	9,15	28,01
2006	8,58	7,32	5,65	3,99	2,06	2,01	2,05	2,60	13,77	19,98	11,58	24,64	8,69
2007	23,55	12,52	7,71	16,03	61,86	22,52	10,16	5,50	3,08	5,55	27,63	19,36	17,96
2008	17,98	8,28	6,39	11,91	22,80	35,98	24,06	39,42	13,90	50,45	42,08	8,71	23,50
2009	8,96	8,54	7,93	4,89	11,57	19,58	58,17	37,96	65,04	72,96	36,52	47,48	31,63
2010	32,44	25,00	29,61	63,14	39,76	16,03	17,38	11,45	5,21	17,13	16,41	62,06	24,87
2011	19,63	38,93	15,30	13,76	8,88	9,50	36,67	77,18	25,96	38,82	27,75	12,19	28,40
2012	12,45	9,20	8,62	20,85	22,17	72,26	23,55	13,37	8,76	9,71	8,77	8,85	18,21
2013	30,58	40,65	104,87	27,01	30,77	139,76	66,54	17,98	34,15	47,02	14,07	14,16	47,30
2014	21,14	12,02	35,48	51,49	46,77	77,86	25,66	13,51	67,91	46,77	15,03	13,87	35,63
2015	33,91	18,90	14,92	10,16	33,29	30,21	130,93	19,18	23,71	48,61	69,89	71,95	42,14
MED	22,47	24,10	18,65	17,42	27,58	34,75	33,90	22,71	28,86	40,61	28,88	25,72	27,18
MAX	67,01	96,89	104,87	63,14	120,72	139,76	135,38	77,18	88,04	101,97	120,68	72,05	139,76
MIN	5,60	4,12	2,74	2,12	2,06	2,01	2,05	2,60	3,08	4,74	3,24	2,42	2,01

Legenda	
26,05	Dado observado na estação Usina Cavernoso.
19,63	Dado proveniente da correlação com a estação Guampará
31,08	Média entre o mês antecessor e o mês subsequente.

O gráfico a seguir apresenta o rio Cavernoso e seu regime anual – sem tendência de picos de vazão média mensal.

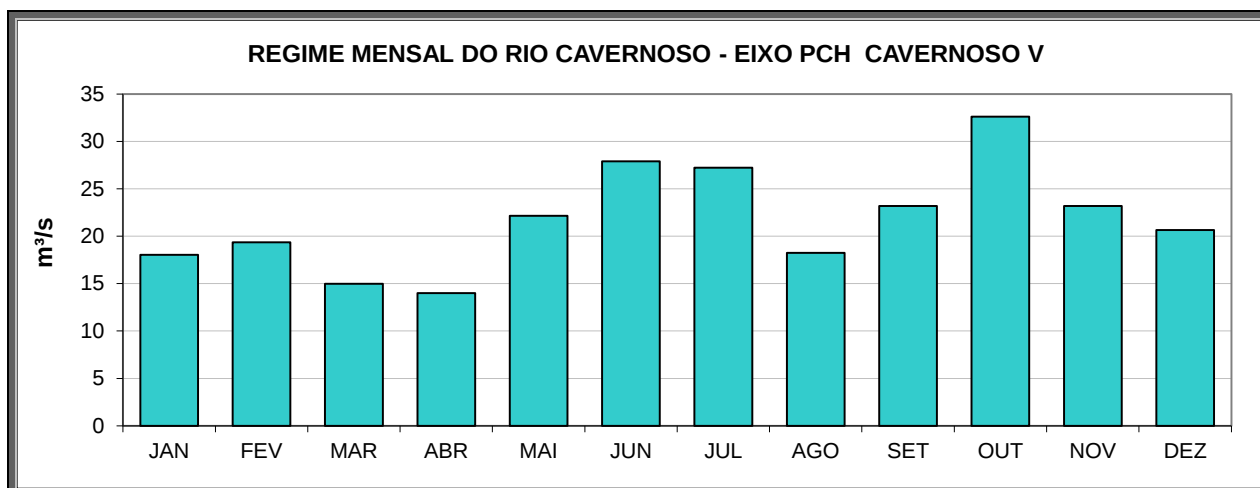


Gráfico 4.2.16 - Vazões específicas médias mensais rio Cavernoso (l/s/km²).

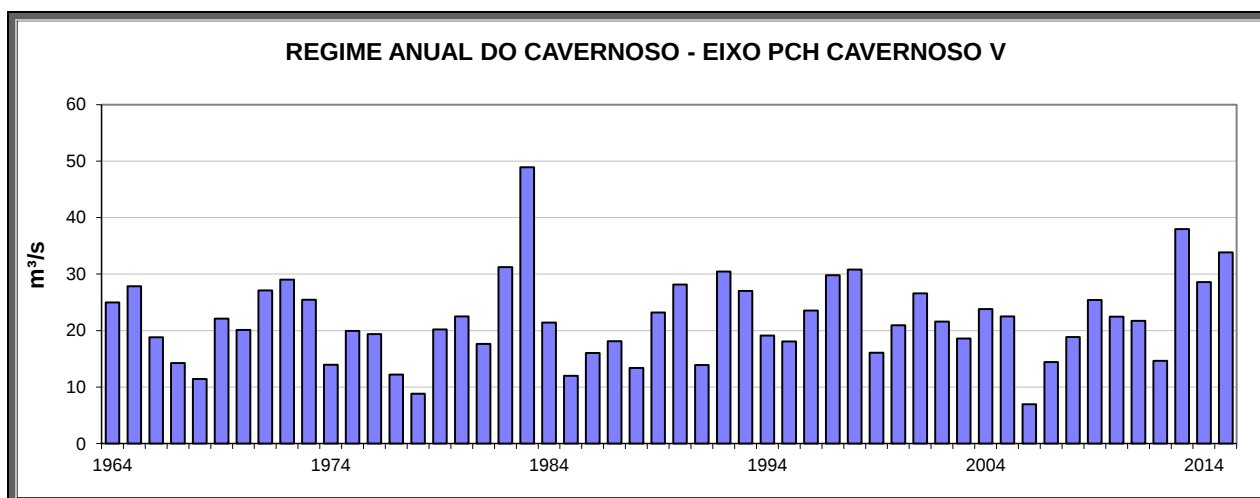


Gráfico 4.2.17 - Vazões específicas médias anuais rio Cavernoso (l/s/km²).

A visualização gráfica das séries mensais apresentadas anteriormente permite inferir que o comportamento do rio Cavernoso segue uma tendência similar a da variação da precipitação anual na bacia.

Desta maneira foi determinada a série de vazões médias mensais do rio Cavernoso chegando-se ao período total de mai/1964 a dez/2015, portanto 51 anos de dados, julgado suficiente e atual para a avaliação energética deste projeto básico.

A seguir é apresentada a série de vazões médias mensais em m³/s para o local da PCH Cavernoso V.

Tabela 4.2.6 - Série de vazões médias mensais complementada para o rio Cavernoso no eixo da PCH Cavernoso V (m³/s).

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS COMPLEMENTADA (m³/s) PARA O RIO CAVERNOSO - EIXO PCH CAVERNOSO V												- A.D =	803 km²
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1964					20,92	29,54	24,11	36,18	31,44	25,14	10,87	21,51	24,97
1965	13,96	31,08	21,88	15,13	55,92	19,40	34,31	25,55	16,76	46,87	29,53	24,04	27,87
1966	23,40	36,98	19,93	9,90	8,47	12,43	13,10	7,61	15,87	39,37	22,27	16,53	18,82
1967	14,37	14,25	15,59	7,76	7,23	17,48	19,14	15,71	18,64	10,31	11,86	18,95	14,27
1968	14,26	8,24	6,38	9,24	10,88	10,19	10,05	10,13	9,64	20,23	17,03	11,07	11,45
1969	23,81	11,99	9,39	15,89	18,57	35,55	27,28	18,92	19,39	29,65	31,22	23,51	22,10
1970	16,64	11,41	12,47	11,49	11,18	27,62	39,86	17,05	19,64	29,28	17,48	27,18	20,11
1971	53,81	18,64	13,44	17,37	41,29	37,50	42,93	16,39	22,64	25,90	16,53	18,90	27,11
1972	25,32	19,04	18,41	25,65	12,06	26,31	31,08	51,78	52,40	45,85	18,34	21,96	29,02
1973	41,41	31,75	15,23	8,65	17,11	25,14	27,91	25,50	36,79	42,80	22,84	10,14	25,44
1974	16,57	13,16	18,05	7,97	5,61	17,14	14,39	12,38	18,91	11,33	13,70	18,34	13,96
1975	15,87	30,41	14,40	8,22	5,69	12,88	8,45	10,43	20,24	52,87	28,87	30,73	19,92
1976	19,97	12,89	7,79	14,03	13,04	33,68	12,74	20,63	25,78	20,15	31,38	20,69	19,40
1977	21,54	11,42	9,95	8,40	4,59	14,17	10,26	8,56	9,03	17,02	16,42	15,21	12,22
1978	6,68	3,31	2,98	1,70	2,64	2,84	27,81	19,10	15,04	7,40	8,05	8,19	8,81
1979	4,91	6,41	5,30	4,62	39,46	12,22	7,43	18,06	27,47	45,13	45,12	26,44	20,21
1980	29,91	19,69	19,17	6,64	16,82	14,58	26,26	19,40	45,19	29,64	15,00	27,87	22,51
1981	25,72	19,53	10,85	11,27	11,59	14,19	10,30	6,17	4,26	22,44	17,55	57,86	17,64
1982	21,04	8,01	6,55	3,05	2,88	39,10	78,20	20,65	8,62	45,70	96,90	43,91	31,22
1983	27,08	21,56	39,55	38,27	96,94	79,73	108,71	26,70	50,26	51,09	32,78	14,48	48,93
1984	11,42	14,43	9,48	15,14	15,06	33,66	14,08	33,07	23,72	17,63	35,20	33,90	21,40
1985	11,63	17,91	14,35	30,38	16,45	12,06	16,23	7,43	7,35	4,38	3,65	1,94	11,98
1986	4,92	18,34	13,59	13,77	40,90	24,40	7,41	12,00	16,28	12,09	8,02	20,94	16,05
1987	11,15	27,02	9,83	11,87	24,95	38,03	22,94	12,86	6,95	14,44	21,23	16,07	18,11
1988	9,03	10,26	11,77	10,66	51,24	33,95	15,28	6,35	3,27	3,80	2,60	2,58	13,40
1989	14,13	34,12	14,47	12,16	32,51	8,91	16,62	30,84	56,52	33,57	16,32	8,09	23,19
1990	29,33	13,95	7,22	17,83	20,48	37,94	39,13	42,44	44,46	52,74	21,59	10,64	28,15
1991	4,50	4,11	2,48	9,60	6,60	29,81	19,13	10,06	4,83	22,40	20,24	33,30	13,92
1992	15,07	9,53	8,94	16,46	40,81	65,15	35,69	41,28	42,73	41,72	31,01	16,80	30,43
1993	15,65	23,72	18,38	11,35	48,78	25,10	26,05	16,87	26,61	67,78	13,70	30,42	27,04
1994	8,73	17,77	9,12	11,81	16,45	44,87	36,09	15,64	6,68	17,42	22,97	22,09	19,14
1995	22,86	23,63	14,84	15,14	8,23	11,77	40,50	9,76	15,04	32,77	14,49	7,62	18,05
1996	17,86	39,33	30,84	24,13	7,16	7,19	11,54	5,91	10,46	66,64	28,67	32,81	23,54
1997	29,11	45,83	22,92	7,52	7,27	43,19	27,08	23,52	21,01	67,08	42,96	19,89	29,78
1998	12,45	21,98	27,40	35,72	44,03	14,89	15,37	28,45	70,70	72,17	18,23	7,97	30,78
1999	11,18	25,58	13,58	19,88	15,29	35,67	40,58	8,24	11,00	4,78	2,67	4,30	16,06
2000	9,89	20,59	12,42	4,85	10,82	14,29	22,75	12,14	67,71	44,44	20,02	11,56	20,96
2001	23,47	77,80	27,20	16,74	17,77	25,87	23,59	14,92	13,24	46,50	16,04	16,11	26,60
2002	35,52	31,72	8,86	3,40	35,13	14,85	6,71	7,81	20,63	28,92	34,83	30,64	21,58
2003	13,91	24,69	20,36	11,11	7,18	20,15	21,38	9,14	6,37	13,73	32,91	42,38	18,61
2004	15,15	5,64	6,17	6,60	43,75	34,75	48,32	14,27	8,41	44,10	46,74	11,70	23,80
2005	8,94	3,47	2,20	2,72	12,92	51,16	17,28	7,28	43,23	81,89	31,48	7,35	22,49
2006	6,89	5,88	4,53	3,20	1,66	1,62	1,64	2,09	11,06	16,05	9,30	19,79	6,97
2007	18,91	10,05	6,19	12,87	49,67	18,08	8,16	4,42	2,48	4,45	22,19	15,54	14,42
2008	14,44	6,65	5,13	9,57	18,31	28,89	19,32	31,66	11,16	40,51	33,79	7,00	18,87
2009	7,19	6,86	6,37	3,92	9,29	15,72	46,71	30,48	52,22	58,59	29,32	38,13	25,40
2010	26,05	20,08	23,78	50,70	31,93	12,87	13,95	9,19	4,18	13,75	13,18	49,83	22,46
2011	15,77	31,26	12,28	11,05	7,13	7,63	29,44	61,97	20,85	31,18	22,28	9,79	21,72
2012	10,00	7,39	6,92	16,74	17,80	58,02	18,91	10,73	7,03	7,80	7,04	7,11	14,63
2013	24,56	32,64	84,21	21,69	24,71	112,23	53,43	14,44	27,42	37,76	11,30	11,37	37,98
2014	16,98	9,65	28,49	41,35	37,56	62,52	20,61	10,85	54,53	37,56	12,07	11,14	28,61
2015	27,23	15,18	11,98	8,15	26,73	24,26	105,14	15,40	19,04	39,03	56,12	57,77	33,84
MED	18,04	19,35	14,97	13,99	22,14	27,91	27,22	18,24	23,18	32,61	23,19	20,66	21,82
MAX	53,81	77,80	84,21	50,70	96,94	112,23	108,71	61,97	70,70	81,89	96,90	57,86	112,23
MIN	4,50	3,31	2,20	1,70	1,66	1,62	1,64	2,09	2,48	3,80	2,60	1,94	1,62

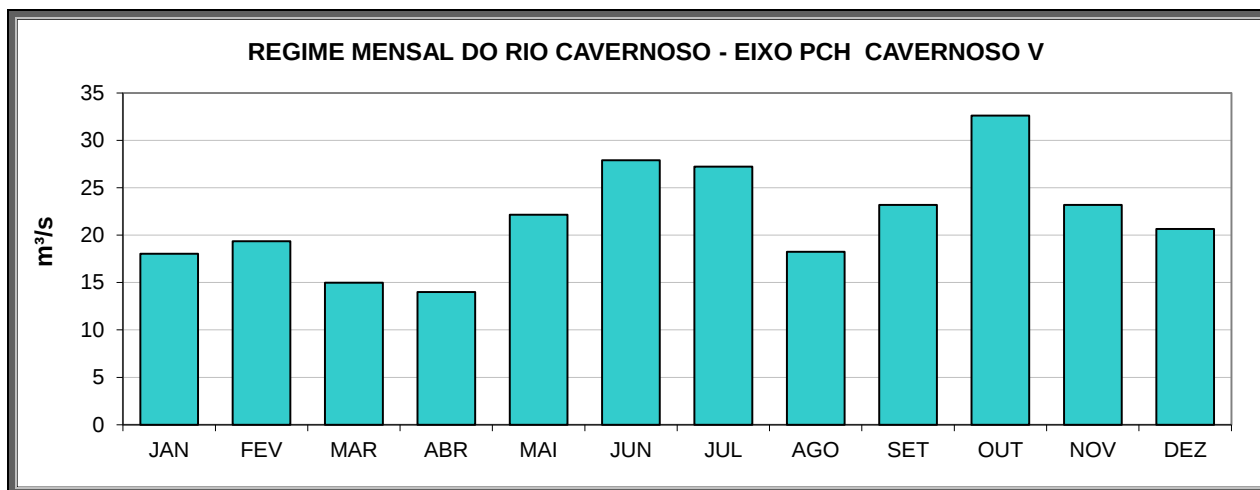


Gráfico 4.2.18 - Vazões médias mensais rio Cavernoso – eixo PCH Cavernoso V (m³/s).

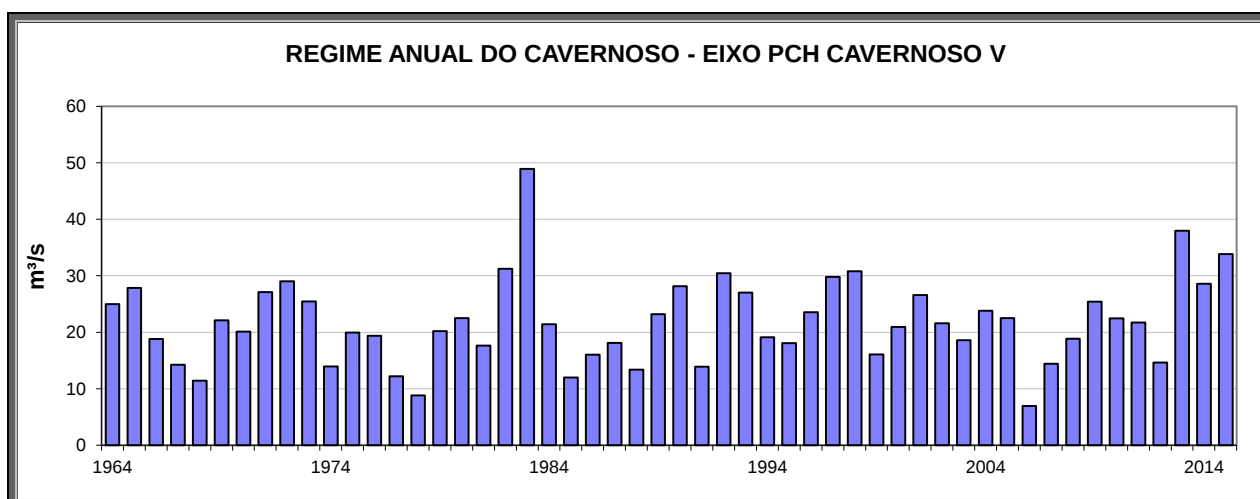


Gráfico 4.2.19 - Vazões médias anuais rio Cavernoso – eixo PCH Cavernoso V (m³/s).

As séries originais foram obtidas dos sistemas de bancos de dados da ANEEL e SUDERHSA e estão gravadas no CD que acompanha este adendo hidrológico.

A série de vazões médias mensais desenvolvida para a PCH Cavernoso V foi composta pelo histórico de vazões disponíveis nas estações Usina Cavernoso e estação Guampará.

Apresenta-se abaixo as séries de vazões médias mensais (m³/s) e vazões médias mensais específicas (l/s/km²) destas estações.

Estação Usina Cavernoso (065855000):

Tabela 4.2.7 - Série de vazões médias mensais específicas (l/s/km²) para o rio Cavernoso - estação Usina Cavernoso - A.D – 1.490 km².

Série de vazões médias mensais específicas (l/s/km²) para o rio Cavernoso - estação Usina Cavernoso - AD 1.490 km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1964					26,05	36,78	30,03	45,06	39,15	31,31	13,54	26,79	31,09
1965	17,39	38,70	27,25	18,84	69,63	24,15	42,73	31,82	20,87	58,36	36,78	29,94	34,70
1966	29,14	46,05	24,82	12,32	10,55	15,48	16,31	9,48	19,76	49,02	27,73	20,58	23,44
1967	17,90	17,74	19,41	9,66	9,01	21,76	23,84	19,57	23,21	12,84	14,76	23,60	17,78
1968	17,76	10,27	7,95	11,51	13,55	12,69	12,52	12,61	12,00	25,19	21,21	13,78	14,25
1969	29,66	14,93	11,69	19,78	23,12	44,27	33,98	23,56	24,15	36,92	38,88	29,28	27,52
1970	20,72	14,21	15,53	14,31	13,93	34,39	49,64	21,24	24,45	36,46	21,77	33,84	25,04
1971	67,01	23,22	16,74	21,64	51,41	46,70	53,47	20,41	28,19	32,25	20,59	23,54	33,76
1972	31,53	23,71	22,93	31,95	15,02	32,77	38,70	64,49	65,26	57,10	22,84	27,34	36,14
1973	51,57	39,54	18,96	10,77	21,30	31,30	34,76	31,75	45,82	53,30	28,44	12,63	31,68
1974	20,63	16,38	22,48	9,92	6,99	21,34	17,92	15,42	23,55	14,11	17,06	22,84	17,39
1975	19,76	37,87	17,94	10,24	7,09	16,04	10,52	12,98	25,20	65,84	35,96	38,27	24,81
1976	24,86	16,05	9,70	17,47	16,24	41,94	15,87	25,70	32,11	25,09	39,08	25,76	24,16
1977	26,82	14,23	12,40	10,46	5,71	17,65	12,78	10,66	11,24	21,20	20,45	18,95	15,21
1978	8,32	4,12	3,71	2,12	3,29	3,54	34,63	23,78	18,73	9,21	10,02	10,19	10,97
1979	6,11	7,99	6,60	5,75	49,14	15,22	9,25	22,49	34,21	56,21	56,19	32,93	25,17
1980	37,25	24,52	23,87	8,27	20,94	18,16	32,70	24,16	56,27	36,91	18,68	34,71	28,04
1981	32,04	24,32	13,51	14,04	14,43	17,67	12,82	7,68	5,30	27,94	21,85	72,05	21,97
1982	26,21	9,97	8,16	3,79	3,59	48,69	97,39	25,71	10,74	56,92	120,68	54,68	38,88
1983	33,72	26,85	49,26	47,66	120,72	99,29	135,38	33,25	62,60	63,62	40,82	18,03	60,93
1984	14,22	17,97	11,80	18,85	18,76	41,91	17,53	41,18	29,54	21,95	43,83	42,22	26,65
1985	14,48	22,30	17,87	37,84	20,49	15,02	20,21	9,25	9,16	5,46	4,55	2,42	14,92
1986	6,13	22,85	16,93	17,14	50,94	30,39	9,23	14,94	20,27	15,05	9,99	26,07	19,99
1987	13,89	33,65	12,24	14,79		47,36	28,56	16,01	8,66	17,99	26,44	20,01	21,78
1988	11,24	12,78	14,66	13,27	63,81	42,27	19,03	7,91	4,07	4,74	3,24	3,21	16,69
1989	17,60	42,49	18,03	15,14	40,48	11,10	20,69	38,41	70,38	41,81	20,32	10,08	28,88
1990	36,53	17,38	9,00	22,20	25,50	47,24	48,73	52,85	55,37	65,68	26,89	13,25	35,05
1991	5,60	5,12	3,09	11,95	8,21	37,12	23,83	12,52	6,02	27,90	25,20	41,47	17,34
1992	18,76	11,87	11,13	20,49		81,14	44,45	51,40	53,22	51,96	38,62	20,92	36,72
1993	19,48	29,54	22,88	14,14	60,75	31,26	32,44	21,01	33,14	84,41	17,06	37,89	33,67
1994	10,87	22,13	11,35	14,70	20,49	55,87	44,95	19,47	8,32	21,69	28,60	27,51	23,83
1995		29,42	18,48	18,86	10,25	14,66	50,44	12,15	18,73	40,80	18,04	9,49	21,94
1996	22,24	48,98	38,40	30,05	8,91	8,95	14,37	7,36	13,02	82,99	35,71	40,86	29,32
1997	36,25	57,07	28,54	9,36	9,06	53,79	33,72	29,28	26,16	83,54	53,50	24,77	38,21
1998	15,50	27,38	34,13		54,83	18,54	19,14	35,42	88,04	89,87	22,70	9,92	40,56
1999	13,92	31,85	16,91	24,75	19,04	44,42	50,53	10,27	13,70	5,95	3,32	5,36	20,00
2000	12,32	25,64	15,46	6,04	13,48	17,80	28,33	15,12	84,33	55,34	24,93	14,39	26,10
2001	29,22	96,89	33,87	20,85	22,12	32,21	29,38	18,58	16,49	57,90	19,98	20,06	33,13
2002	44,24	39,50	11,03	4,24	43,75	18,49	8,35	9,72	25,69	36,01	43,38	38,16	26,88
2003	17,33	30,75	25,36	13,84	8,94	25,09	26,63	11,38	7,93	17,10	40,98	52,78	23,18
2004	18,86	7,02	7,69	8,22	54,49	43,27	60,17	17,77	10,47	54,91	58,21	14,57	29,64
2005	11,14	4,32	2,74	3,38	16,09	63,71	21,52	9,07	53,83	101,97	39,21	9,15	28,01
2006	8,58	7,32	5,65	3,99	2,06	2,01	2,05	2,60	13,77	19,98	11,58	24,64	8,69
2007	23,55	12,52	7,71	16,03	61,86	22,52	10,16	5,50	3,08	5,55	27,63	19,36	17,96
2008	17,98	8,28	6,39	11,91	22,80	35,98	24,06	39,42	13,90	50,45	42,08	8,71	23,50
2009	8,96	8,54	7,93	4,89	11,57	19,58	58,17	37,96	65,04	72,96	36,52	47,48	31,63
2010	32,44	25,00	29,61	63,14	39,76	16,03	17,38	11,45	5,21	17,13	16,41	62,06	27,97
MED	22,22	24,11	16,78	16,01	26,89	31,44	31,47	22,12	28,52	40,87	29,07	25,88	26,35
MAX	67,01	96,89	49,26	63,14	120,72	99,29	135,38	64,49	88,04	101,97	120,68	72,05	135,38
MIN	5,60	4,12	2,74	2,12	2,06	2,01	2,05	2,60	3,08	4,74	3,24	2,42	2,01

Tabela 4.2.8 - Série de vazões médias mensais (m³/s) para o rio Cavernoso - estação Usina Cavernoso - A.D – 1.490 km².

Série de vazões médias mensais (m³/s) para o rio Cavernoso - estação Usina Cavernoso - AD 1.490 km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1964					38,82	54,81	44,74	67,14	58,34	46,65	20,18	39,92	46,32
1965	25,90	57,66	40,60	28,07	103,75	35,99	63,67	47,42	31,09	86,96	54,80	44,61	51,71
1966	43,43	68,61	36,99	18,36	15,71	23,07	24,30	14,13	29,45	73,05	41,32	30,67	34,92
1967	26,67	26,43	28,93	14,40	13,42	32,43	35,52	29,16	34,58	19,13	22,00	35,16	26,49
1968	26,47	15,30	11,84	17,15	20,19	18,91	18,66	18,79	17,88	37,54	31,60	20,54	21,24
1969	44,19	22,25	17,42	29,48	34,45	65,96	50,63	35,11	35,98	55,01	57,93	43,62	41,00
1970	30,87	21,17	23,14	21,32	20,75	51,24	73,97	31,64	36,44	54,32	32,44	50,43	37,31
1971	99,85	34,59	24,94	32,24	76,61	69,59	79,67	30,41	42,00	48,06	30,68	35,08	50,31
1972	46,98	35,33	34,16	47,60	22,38	48,83	57,67	96,09	97,24	85,07	34,03	40,74	53,84
1973	76,84	58,92	28,26	16,05	31,74	46,64	51,79	47,31	68,27	79,41	42,38	18,81	47,20
1974	30,74	24,41	33,49	14,79	10,41	31,80	26,70	22,97	35,09	21,02	25,42	34,04	25,91
1975	29,44	56,43	26,73	15,25	10,56	23,90	15,68	19,35	37,55	98,11	53,58	57,02	36,97
1976	37,05	23,92	14,46	26,03	24,20	62,49	23,64	38,29	47,84	37,39	58,23	38,39	35,99
1977	39,96	21,20	18,47	15,59	8,51	26,30	19,04	15,89	16,75	31,59	30,47	28,23	22,67
1978	12,40	6,14	5,53	3,16	4,90	5,27	51,59	35,43	27,91	13,73	14,94	15,19	16,35
1979	9,11	11,90	9,83	8,57	73,21	22,68	13,79	33,51	50,98	83,75	83,73	49,06	37,51
1980	55,50	36,53	35,56	12,32	31,20	27,06	48,73	36,00	83,84	55,00	27,83	51,71	41,77
1981	47,73	36,24	20,13	20,92	21,50	26,33	19,11	11,45	7,90	41,63	32,56	107,35	32,74
1982	39,05	14,86	12,16	5,65	5,35	72,55	145,10	38,31	16,00	84,81	179,81	81,47	57,93
1983	50,24	40,00	73,39	71,02	179,87	147,94	201,72	49,54	93,27	94,80	60,82	26,87	90,79
1984	21,18	26,78	17,59	28,09	27,95	62,45	26,12	61,36	44,01	32,71	65,31	62,91	39,70
1985	21,58	33,23	26,63	56,38	30,53	22,38	30,12	13,78	13,64	8,14	6,78	3,60	22,23
1986	9,13	34,04	25,23	25,54	75,90	45,28	13,75	22,27	30,20	22,43	14,88	38,85	29,79
1987	20,70	50,14	18,24	22,03		70,57	42,56	23,86	12,90	26,80	39,40	29,82	32,45
1988	16,75	19,05	21,84	19,77	95,08	62,99	28,35	11,79	6,07	7,06	4,83	4,79	24,86
1989	26,22	63,31	26,86	22,56	60,32	16,54	30,83	57,23	104,87	62,30	30,28	15,01	43,03
1990	54,43	25,89	13,40	33,08	38,00	70,39	72,60	78,74	82,50	97,86	40,06	19,74	52,23
1991	8,35	7,63	4,61	17,81	12,24	55,31	35,50	18,66	8,97	41,56	37,55	61,79	25,83
1992	27,96	17,68	16,59	30,54		120,90	66,23	76,59	79,30	77,42	57,54	31,18	54,72
1993	29,03	44,02	34,10	21,07	90,52	46,57	48,34	31,30	49,38	125,77	25,43	56,45	50,16
1994	16,19	32,98	16,92	21,91	30,53	83,25	66,97	29,01	12,40	32,32	42,62	41,00	35,51
1995		43,84	27,54	28,10	15,27	21,85	75,15	18,11	27,91	60,80	26,89	14,13	32,69
1996	33,14	72,98	57,22	44,77	13,28	13,34	21,41	10,97	19,41	123,65	53,20	60,88	43,69
1997	54,01	85,03	42,53	13,95	13,50	80,15	50,25	43,63	38,98	124,47	79,72	36,90	55,26
1998	23,10	40,79	50,85		81,70	27,63	28,52	52,78	131,19	133,91	33,83	14,79	56,28
1999	20,75	47,46	25,20	36,88	28,38	66,18	75,30	15,30	20,42	8,87	4,95	7,98	29,80
2000	18,35	38,21	23,04	9,00	20,08	26,52	42,21	22,53	125,65	82,46	37,15	21,45	38,89
2001	43,54	144,36	50,46	31,06	32,96	48,00	43,78	27,68	24,57	86,28	29,77	29,89	49,36
2002	65,91	58,85	16,44	6,32	65,19	27,55	12,44	14,49	38,28	53,66	64,63	56,86	40,05
2003	25,82	45,81	37,79	20,61	13,32	37,39	39,68	16,96	11,82	25,48	61,06	78,64	34,53
2004	28,10	10,46	11,45	12,25	81,18	64,47	89,66	26,47	15,61	81,82	86,74	21,70	44,16
2005	16,60	6,43	4,08	5,04	23,98	94,92	32,06	13,52	80,21	151,94	58,42	13,63	41,74
2006	12,78	10,90	8,41	5,94	3,08	3,00	3,05	3,87	20,52	29,78	17,25	36,72	12,94
2007	35,09	18,65	11,49	23,89	92,17	33,56	15,14	8,20	4,59	8,26	41,17	28,84	26,75
2008	26,79	12,34	9,52	17,75	33,97	53,61	35,85	58,74	20,71	75,18	62,70	12,98	35,01
2009	13,34	12,72	11,82	7,28	17,23	29,18	86,68	56,56	96,91	108,71	54,41	70,74	47,13
2010	48,34	37,25	44,12	94,08	59,24	23,88	25,89	17,06	7,76	25,52	24,45	92,46	41,67
MED	33,1	35,9	25,0	23,9	40,1	46,8	46,9	33,0	42,5	60,9	43,3	38,6	39,27
MAX	99,9	144,4	73,4	94,1	179,9	147,9	201,7	96,1	131,2	151,9	179,8	107,4	201,72
MIN	8,3	6,1	4,1	3,2	3,1	3,0	3,0	3,9	4,6	7,1	4,8	3,6	3,00

Estação Guampará (064764000):

Tabela 4.2.9 - Série de vazões médias mensais específicas (l/s/km²) para o rio Piquiri - estação Guampará - A.D – 1.690 km².

Série de vazões médias mensais ESPECÍFICAS (l/s/km²) para o rio Piquiri - estação Guampará - A.D = 1.690 km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1984							11,97	27,16	19,48	22,85	35,92	64,27	30,28
1985	19,36	19,52	21,17	59,38	33,79	23,39	21,10	12,83	11,67	10,07	9,95	8,62	20,90
1986	9,99	26,62	21,03	30,46	45,14	28,65	14,26	23,20	17,67	17,79	15,13	35,68	23,80
1987	29,36	59,93	17,45	25,93	158,64	63,25	29,69	16,90	13,57	20,92	32,15	29,20	41,41
1988	17,79	19,77	17,28	26,02	71,71	44,26	21,11	12,84	10,28	10,86	9,19	8,33	22,46
1989	43,77	51,42	25,41	22,11	48,19	17,38	43,71	47,93	71,55	38,48	21,04	14,35	37,11
1990	44,98	23,72	14,64	25,30	31,25	33,85	85,66	107,69	82,39	61,81	44,25	22,12	48,14
1991	13,07	12,53	9,92	14,67	11,65	51,41	20,23	19,66	13,63	26,95	17,92	55,43	22,26
1992	20,21	15,09	15,37	20,96	96,65	93,75	47,45	35,30	32,86	44,14	34,15	20,69	39,72
1993	24,96	37,62	22,29	19,22	80,98	33,63	41,59	24,37	27,89	64,03	21,80	24,69	35,26
1994	17,78	41,46	23,23	21,19	21,34	78,72	52,51	22,79	11,07	23,83	32,45	23,71	30,84
1995	113,66	26,49	23,54	41,77	13,73	16,30	52,48	18,25	21,80	55,22	25,25	16,26	35,40
1996	36,79	60,33	50,04	27,80	13,78	14,35	13,94	12,02	15,01	70,34	26,06	37,06	31,46
1997	44,48	75,97	28,59	12,87	16,74	83,12	40,06	35,10	25,06	100,73	52,65	40,66	46,34
1998	34,36	53,18	47,23	107,32	40,43	23,18	19,95	40,88	102,11	79,78	21,35	13,42	48,60
1999	21,62	45,19	23,19	40,70	26,45	69,46	49,11	15,83	29,99	11,40	9,29	16,10	29,86
2000	11,90	34,82	19,01	15,09	19,05	27,89	39,19	20,66	57,80	57,53	23,36	25,37	29,30
2001	51,97	68,93	28,82	19,17	31,21	29,94	32,16	24,67	32,25	68,23	28,13	19,03	36,21
2002	46,19	35,72	16,93	10,81	110,77	24,58	16,37	13,58	29,77	40,30	42,08	46,56	36,14
2003	33,84	39,56	37,86	31,06	15,86	29,60	24,59	15,04	15,44	26,45	28,79	52,55	29,22
2004	23,94	14,71	14,08	13,02	59,36	43,90	50,54	19,66	16,09	48,87	58,48	19,80	31,87
2005	25,84	13,17	10,53	10,29	19,97	55,33	23,10	15,03	71,06	125,86	42,71	20,08	36,08
2006	22,49	18,19	13,70	15,58	10,31	9,80	8,94	10,45	23,42	20,75	17,70	47,05	18,20
2007	36,15	21,08	18,66	38,72	65,28	23,33	24,25	15,60	11,55	11,22	32,66	22,09	26,72
2008	19,01	13,64	13,69	17,42	23,03	30,98	29,64	56,73	19,02	53,96	34,72	14,46	27,19
2009	15,89	17,30	17,07	11,55	19,12	24,57		40,48	74,77	73,71	35,30	37,91	33,42
2010	48,73	31,96	30,87	36,72	31,77	18,13	26,45	14,91	10,83	18,84	18,69	50,58	28,21
2011	24,20	45,59	19,39	17,69	12,28	12,97	43,08	87,99	31,21	45,47	33,20	15,94	32,42
2012	16,23	12,63	11,99	25,55	27,02	82,54	28,54	17,25	12,14	13,20	12,16	12,25	22,63
2013	36,34	47,50	118,69	32,38	36,54	157,37	76,19	22,37	40,29	54,56	18,03	18,14	54,87
2014	25,87	15,76	41,76	59,51	54,29	88,74	30,88	17,42	77,71	54,29	19,10	17,81	41,93
2015	40,03	23,39	18,97	13,69	39,34	35,93	147,58	23,70	28,72	56,32	79,91	82,19	49,15
MED	31,32	32,99	25,56	27,87	41,47	44,20	37,62	27,76	33,07	44,65	29,17	29,14	33,72
MAX	113,66	75,97	118,69	107,32	158,64	157,37	147,58	107,69	102,11	125,86	79,91	82,19	158,64
MIN	9,99	12,53	9,92	10,29	10,31	9,80	8,94	10,45	10,28	10,07	9,19	8,33	8,33

Tabela 4.2.10 - Série de vazões médias mensais (m³/s) para o rio Piquiri - estação Guampará - A.D – 1.690 km².

Série de vazões médias mensais rio Piquiri (m³/s) - estação Guampará - A.D 1.690 km²													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	média
1984							20,24	45,90	32,93	38,62	60,70	108,61	51,2
1985	32,73	32,99	35,78	100,34	57,10	39,54	35,66	21,68	19,72	17,03	16,82	14,57	35,3
1986	16,88	44,99	35,54	51,48	76,29	48,42	24,10	39,21	29,86	30,07	25,57	60,30	40,2
1987	49,61	101,28	29,49	43,82	268,09	106,89	50,17	28,56	22,93	35,35	54,34	49,34	70,0
1988	30,07	33,41	29,20	43,97	121,19	74,81	35,68	21,70	17,38	18,36	15,54	14,08	37,9
1989	73,97	86,90	42,95	37,36	81,45	29,38	73,88	81,00	120,92	65,03	35,55	24,25	62,7
1990	76,02	40,09	24,74	42,76	52,82	57,21	144,77	181,99	139,24	104,47	74,77	37,38	81,4
1991	22,09	21,17	16,76	24,80	19,68	86,88	34,19	33,22	23,04	45,54	30,29	93,68	37,6
1992	34,15	25,50	25,98	35,43	163,33	158,43	80,19	59,66	55,54	74,60	57,71	34,96	67,1
1993	42,18	63,57	37,67	32,48	136,85	56,83	70,29	41,19	47,14	108,20	36,84	41,72	59,6
1994	30,04	70,07	39,25	35,82	36,06	133,04	88,75	38,51	18,70	40,27	54,85	40,07	52,1
1995	192,09	44,77	39,79	70,59	23,21	27,55	88,69	30,84	36,84	93,32	42,67	27,47	59,8
1996	62,17	101,95	84,57	46,99	23,29	24,26	23,55	20,31	25,36	118,88	44,04	62,63	53,2
1997	75,17	128,39	48,32	21,75	28,30	140,46	67,70	59,31	42,35	170,23	88,98	68,71	78,3
1998	58,07	89,87	79,81	181,38	68,33	39,18	33,71	69,09	172,56	134,83	36,08	22,67	82,1
1999	36,53	76,38	39,19	68,79	44,71	117,39	83,00	26,75	50,68	19,26	15,71	27,21	50,5
2000	20,10	58,84	32,12	25,50	32,19	47,13	66,23	34,91	97,68	97,22	39,48	42,87	49,5
2001	87,82	116,49	48,71	32,39	52,75	50,59	54,35	41,70	54,50	115,32	47,53	32,16	61,2
2002	78,06	60,37	28,62	18,27	187,20	41,53	27,66	22,95	50,31	68,11	71,12	78,69	61,1
2003	57,19	66,85	63,98	52,49	26,80	50,03	41,57	25,41	26,09	44,70	48,66	88,80	49,4
2004	40,46	24,86	23,79	22,00	100,32	74,19	85,41	33,22	27,18	82,60	98,83	33,47	53,9
2005	43,67	22,26	17,79	17,40	33,75	93,51	39,04	25,40	120,09	212,70	72,19	33,94	61,0
2006	38,02	30,75	23,15	26,33	17,43	16,56	15,10	17,66	39,58	35,07	29,91	79,51	30,8
2007	61,09	35,62	31,54	65,44	110,32	39,42	40,98	26,37	19,52	18,97	55,20	37,34	45,2
2008	32,13	23,05	23,14	29,45	38,92	52,36	50,09	95,88	32,15	91,20	58,67	24,44	46,0
2009	26,85	29,23	28,85	19,52	32,31	41,53		68,41	126,36	124,57	59,65	64,07	56,5
2010	82,36	54,02	52,16	62,06	53,69	30,63	44,70	25,20	18,30	31,84	31,58	85,49	47,7
2011	40,90	77,05	32,78	29,89	20,74	21,92	72,81	148,70	52,75	76,85	56,11	26,95	54,8
2012	27,44	21,35	20,27	43,18	45,66	139,49	48,24	29,16	20,52	22,30	20,54	20,70	38,2
2013	61,41	80,27	200,59	54,72	61,76	265,95	128,77	37,80	68,09	92,20	30,48	30,65	92,7
2014	43,72	26,63	70,58	100,58	91,74	149,97	52,19	29,43	131,33	91,74	32,27	30,11	70,9
2015	67,65	39,53	32,07	23,14	66,49	60,72	249,41	40,05	48,54	95,18	135,04	138,90	83,1
MED	52,92	55,76	43,20	47,10	70,09	74,70	63,58	46,91	55,88	75,46	49,30	49,24	56,99
MAX	192,09	128,39	200,59	181,38	268,09	265,95	249,41	181,99	172,56	212,70	135,04	138,90	268,09
MIN	16,88	21,17	16,76	17,40	17,43	16,56	15,10	17,66	17,38	17,03	15,54	14,08	14,08

4.2.9. Conclusões sobre a extensão da série de vazões.

A série de vazões médias mensais desenvolvida pelo agente para o eixo do barramento com área de drenagem de 803 km² contempla o período de mai/1964 à dez/2015 totalizando 51 anos e apresenta uma vazão média de longo termo de 21,82 m³/s ou 27,18 l/s/km², valor coerente com a média regional e devidamente atualizada.

Cabe ressaltar que na fase de inventário elaborado no ano de 2009 a série de vazões apresentava a mesma vazão média de longo termo de 21,60 m³/s ou 26,90 l/s/km² válida para o período de abr/1964 à jan/2008.

A série obtida, conforme demonstrado apresenta uma tendência de erro médio nulo. A dispersão em torno da equação de correlação é inevitável devido às diferenças naturais de pluviosidade que naturalmente ocorrem entre as bacias.

Esta série hidrológica foi consistida e está apta para embasamento dos estudos energéticos da PCH Cavernoso V.

4.2.10. Curva de permanência de vazões

A curva de permanência resulta da ordenação estatística dos componentes da série em função das ocorrências que são determinadas com a divisão de intervalos de classe. Fornece um indicador de garantia de um determinado nível de vazão para dimensionamentos diversos.

Essa ordenação é representada por um gráfico que indica o percentual de tempo em que um valor é igualado ou superado no universo amostral. Quanto a seus atributos, pode-se enumerar um conjunto de informações que dela pode ser obtida para auxiliar nas análises referentes:

- ao conhecimento do regime do rio, indicando eventual tendência de capacidade natural de regularização e a determinação de valores de vazões associadas a diferentes probabilidades de permanência no tempo;
- ao dimensionamento energético, pois de sua base deriva a curva de permanência de potência que é o principal elemento para se estabelecer os níveis de motorização do aproveitamento.

Pela característica da curva de permanência (Gráfico 4.2.18), constata-se que o traçado indica baixa capacidade de regularização, pois a $Q_{95\%}$ ($1,85 \text{ m}^3/\text{s}$) corresponde a um percentual de 37% do valor relativo à vazão média de longo termo ($21,82 \text{ m}^3/\text{s}$).

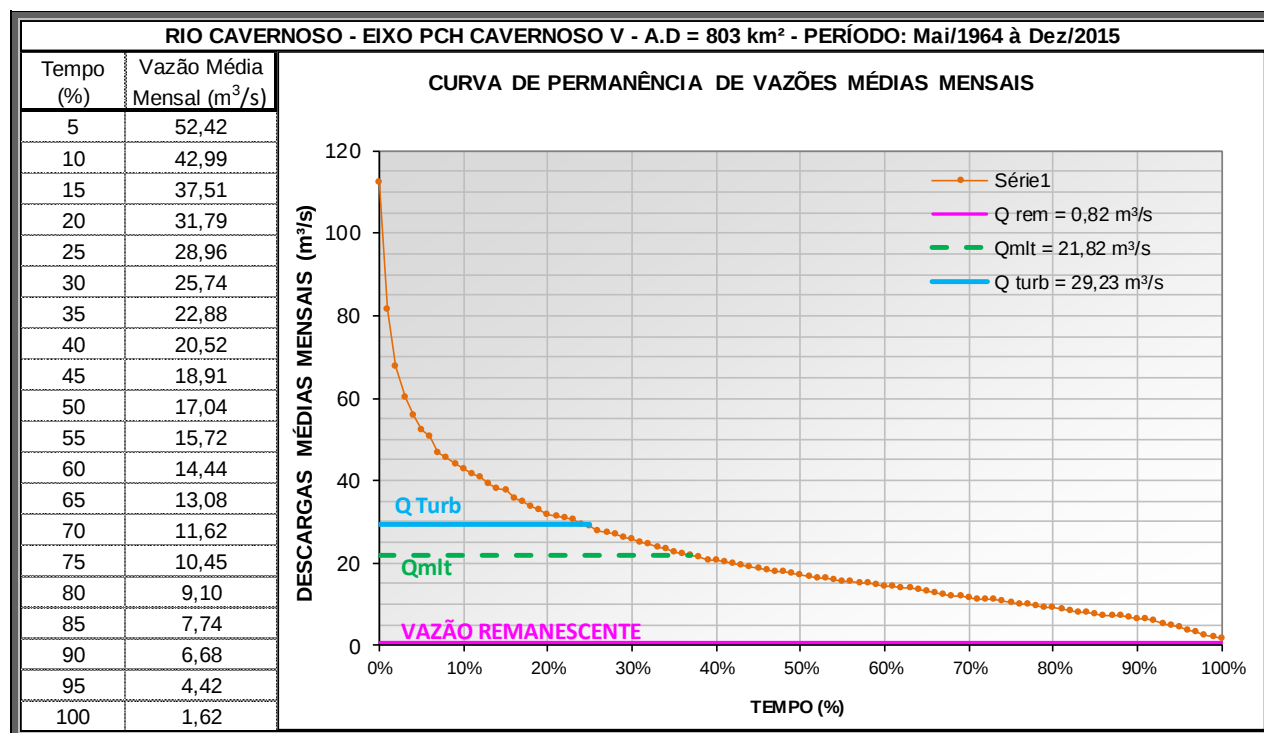


Gráfico 4.2.20 - Curva de permanência – eixo PCH Cavernoso V.

4.2.11. Vazões mínimas.

Antigas normas setoriais estabeleciam que na elaboração dos estudos e na concepção do Projeto, deveria ser considerado que a vazão remanescente no curso d'água, a jusante do

barramento, não pode ser inferior a 80 % da vazão mínima média mensal, calculada com base nas vazões naturais observadas no local previsto para o barramento, de acordo com o Manual de PCH – ELETROBRÁS/ANEEL.

Observa-se que no Estado do Paraná os licenciamentos ambientais tem tomado como base o valor de referência 50% Q_{7,10} (cinquenta por cento da vazão de estiagem de sete dias de duração e 10 anos de recorrência), segundo órgão fiscalizador dos recursos hídricos do estado - SUDERHSA.

A seguir estão apresentados os valores de vazão mínima média diária esperada para sete dias de duração e variados tempos de retorno obtidos a partir dos estudos de regionalização de vazões, considerando distribuições estatísticas de Weibull.

Os valores colocados no gráfico abaixo foram gerados pelo programa de regionalização HG77 do CEHPAR(UFPR) para a foz do rio Cavernoso e transladados por simples relação de área de drenagem para o eixo da PCH Cavernoso V.

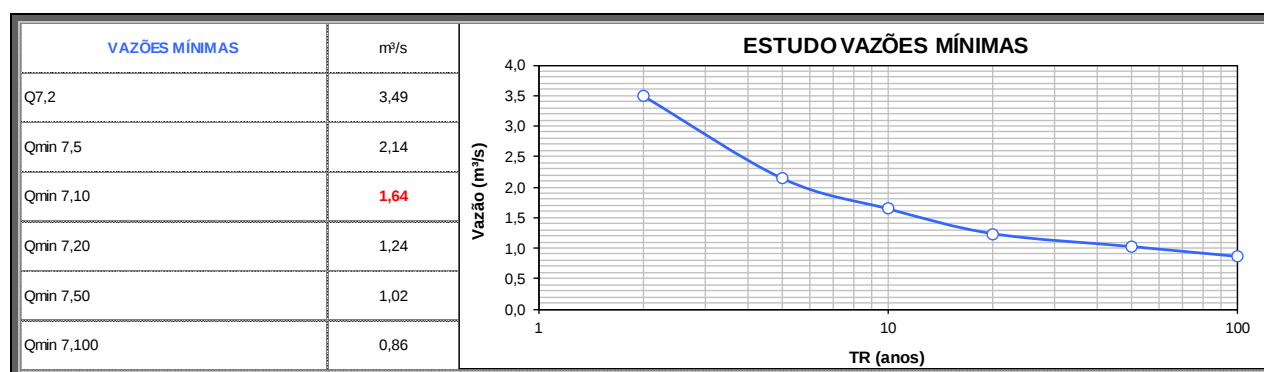


Gráfico 4.2.21 - Vazões mínimas.

Para a PCH Cavernoso V, na fase dos estudos de inventário considerou-se o desconto de 50% da vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos (Q_{10,7}) para definição da vazão sanitária, resultando em (50%Q_{10,7}) 0,82m³/s.

Este valor foi mantido nesta atual fase de projeto básico por atender ao critério do órgão gestor de recursos hídricos no Estado do Paraná.

4.2.12. Estudos das cheias

As cheias incidentes numa bacia hidrográfica são variáveis estatísticas que devem ser avaliadas criteriosamente para os cálculos de capacidade de escoamento dos órgãos extravasores, na definição de cotas de segurança da barragem e da casa de força.

Os aspectos morfológicos, a natureza da vegetação, as características geológicas, a temperatura, a magnitude e a duração das precipitações bem como as ações antrópicas de uso e ocupação de solos delimitam o conjunto das variáveis intervenientes no fenômeno das cheias.

Seguindo uma linha de estimativa probabilística, para que se obtenham resultados verossímeis, a série de dados deve ser adequada, principalmente, em sua extensão temporal,

cujos registros devem ser entendidos como uma amostra de uma população de enchentes que ocorreram e que poderão se reproduzir novamente.

A estação Usina Cavernoso forneceu uma amostra constituída por 56 elementos de valores máximos diários, selecionados dentro de cada ano hidrológico.

Seguindo as recomendações contidas no documento intitulado “Diretrizes para elaboração de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas”, utilizou-se da Distribuição de Gumbel, pois o coeficiente de assimetria resultou inferior a 1,5.

Tabela 4.2.11 - Amostras de eventos de cheia anual (máxima diária) obtidas da estação Usina Cavernoso (065855000).

ESTUDO DE VAZÕES DE CHEIA - DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL ESTACIÓN USINA CAVERNOSO (65855000)						
ORDEM	Ano	VAZÃO	DECRES.	P = 1/TR	TR = n + 1 / r	Y
1	1952	300,15	750,00	1,75	57,00	4,034214532
2	1953	190,30	691,25	3,51	28,50	3,332098203
3	1954	358,45	647,50	5,26	19,00	2,917527168
4	1955	530,00	542,00	7,02	14,25	2,6205978
5	1956	441,40	530,00	8,77	11,40	2,388060749
6	1957	509,00	509,00	10,53	9,50	2,196194392
7	1958	156,00	492,50	12,28	8,14	2,032342235
8	1959	163,84	485,00	14,04	7,13	1,88894701
9	1960	42,81	455,70	15,79	6,33	1,761131781
10	1964	187,36	448,55	17,54	5,70	1,645564354
11	1965	375,55	444,26	19,30	5,18	1,539865809
12	1966	235,50	444,26	21,05	4,75	1,442277465
13	1967	124,64	441,40	22,81	4,38	1,351461592
14	1968	90,80	427,10	24,56	4,07	1,266376177
15	1969	160,90	427,10	26,32	3,80	1,186192975
16	1970	217,20	427,10	28,07	3,56	1,11024205
17	1971	327,00	404,19	29,82	3,35	1,037973134
18	1972	427,10	398,45	31,58	3,17	0,96892803
19	1973	295,25	386,97	33,33	3,00	0,902720456
20	1974	286,68	375,55	35,09	2,85	0,839021046
21	1975	319,68	369,85	36,84	2,71	0,777545982
22	1976	265,95	361,30	38,60	2,59	0,718048242
23	1977	126,60	358,45	40,35	2,48	0,660310759
24	1978	212,32	348,45	42,11	2,38	0,604141000
25	1979	404,19	344,16	43,86	2,28	0,549366602
26	1980	344,16	338,44	45,61	2,19	0,495831822
27	1981	242,82	327,00	47,37	2,11	0,443394593
28	1982	647,50	324,56	49,12	2,04	0,391924047
29	1983	750,00	319,68	50,88	1,97	0,341298403
30	1984	398,45	300,15	52,63	1,90	0,291403118
31	1985	59,70	295,25	54,39	1,84	0,242129232
32	1986	455,70	289,13	56,14	1,78	0,193371856
33	1987	144,24	286,68	57,89	1,73	0,145028734
34	1988	485,00	283,00	59,65	1,68	0,096998848
35	1989	250,14	280,55	61,40	1,63	0,049180985
36	1990	268,38	268,38	63,16	1,58	0,001472253
37	1991	244,04	265,95	64,91	1,54	-0,04623356
38	1992	386,97	250,14	66,67	1,50	-0,09404783
39	1993	691,25	244,04	68,42	1,46	-0,14208924
40	1994	427,10	244,04	70,18	1,43	-0,1904864
41	1995	542,00	242,82	71,93	1,39	-0,23938104
42	1996	448,55	235,50	73,68	1,36	-0,28893209
43	1997	444,26	217,20	75,44	1,33	-0,33932099
44	1998	324,56	212,32	77,19	1,30	-0,39075877
45	1999	280,55	190,30	78,95	1,27	-0,44349577
46	2000	444,26	187,36	80,70	1,24	-0,49783521
47	2001	283,00	163,84	82,46	1,21	-0,55415299
48	2002	361,30	160,90	84,21	1,19	-0,61292725
49	2003	348,45	156,00	85,96	1,16	-0,67478448
50	2004	244,04	145,22	87,72	1,14	-0,74057505
51	2005	338,44	144,24	89,47	1,12	-0,81150418
52	2006	145,22	126,60	91,23	1,10	-0,88937713
53	2007	289,13	124,64	92,98	1,08	-0,97710617
54	2008	427,10	90,80	94,74	1,06	-1,0799183
55	2009	369,85	59,70	96,49	1,04	-1,20893171
56	2010	492,50	42,81	98,25	1,02	-1,39699967
MÉDIA (x)			327	MÉDIA (YN)		0,5508
DESVIO PADRÃO(Sn)			152	DESVIO PADRÃO (SN)		1,1801
MODA			427,10	MEDIANA		322
COEF. ASSIMETRIA			-0,66			

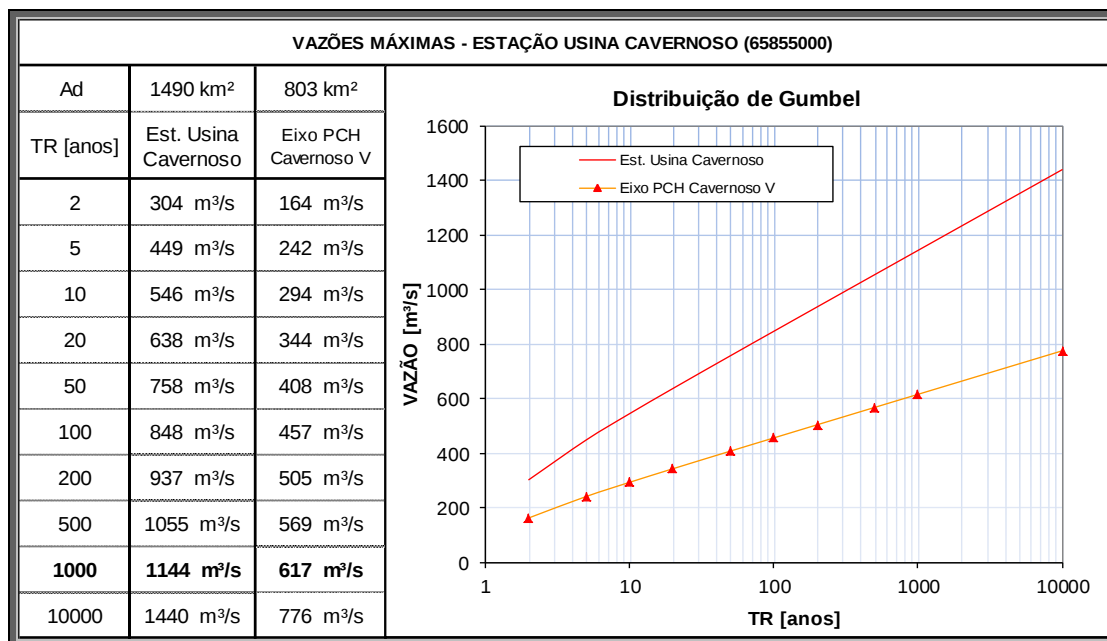


Gráfico 4.2.22 - Vazões máximas segundo ajuste de Gumbel.

Os valores de vazões de enchente foram calculados para diversos tempos de recorrência inicialmente no eixo da estação Usina Cavernoso, e em seguida transferido para o eixo da PCH Cavernoso V por simples relação entre as áreas de drenagens, conforme apresentado no gráfico anterior.

Para o dimensionamento das estruturas vertentes e de desvio recomenda-se aplicar o conceito de maximização da vazão para o valor instantâneo pelo método de Fuller de acordo com a formulação abaixo:

$$Q_{INST} = \lambda Q_{MED};$$

$$\lambda = 1 + a / (AD)^b, \text{ onde } a = 2,66 / b = 0,3;$$

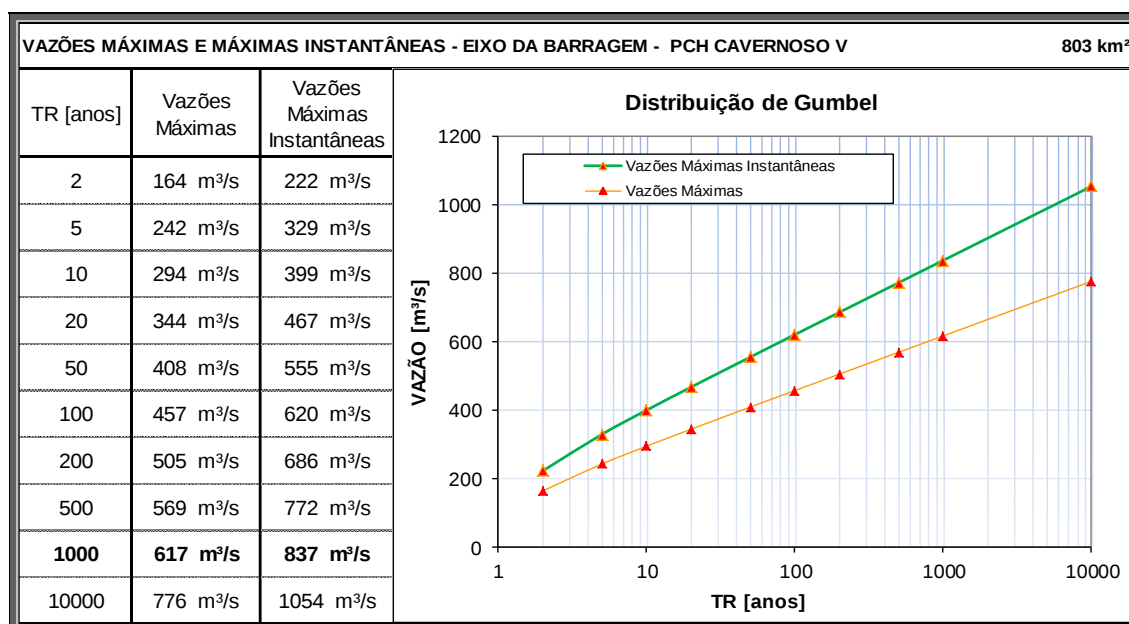


Gráfico 4.2.23 - Vazões máximas e máximas instantâneas, segundo ajuste de Gumbel, eixo PCH Cavernoso V.

Os valores máximos instantâneos foram então atribuídos diretamente sobre os valores máximos calculados para o eixo da PCH Cavernoso V pela metodologia de Gumbel.

Por se tratar de um rio de pequeno porte, com margens totalmente desabitadas, os valores de vazões para o dimensionamento das obras de desvio poderiam ser flexibilizados adotando-se tempos de recorrência menores correspondentes a tempos de recorrência de TR 2 anos com vazão de 164 m³/s.

Já para o vertedouro o mesmo foi dimensionado para um tempo de recorrência de 1000 anos (instantâneo) com vazão de 837 m³/s e verificado para uma capacidade última superior a vazão decamilenar conforme poderá ser verificado no capítulo 4.3 – Estudos Hidráulicos.

É oportuno mencionar que na fase dos estudos de inventário a vazão milenar instantânea de 1.116m³/s foi calculada utilizando-se dados fluviométricos da mesma estação (Usina Cavernoso).

A diferença deste número para o atual resultado (837 m³/s) é justificado pela detecção e correção dos três pontos discrepantes de vazões médias (mai/1987, mai/1992 e abr/1998) possivelmente de erros de anotação de caderneta de campo ou digitação. O detalhamento do procedimento de correção consta na página 19 – Consistência do Resumo de Descarga contido neste capítulo.

Assinala-se que o vale do rio Cavernoso é totalmente desabitado no entorno do reservatório e também nas margens próximas à casa de força da PCH Cavernoso V.

Francisco Beltrão, PR, setembro de 2016.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 4.3

4.3	ESTUDOS HIDRÁULICOS.....	41
4.3.1.	ESTUDOS DE RESERVATÓRIO.....	41
4.3.1.1.	ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO CAVERNOSO.....	41
4.3.1.2.	CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOMÉTRICA DA BACIA	42
4.3.1.3.	CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS.....	43
4.3.1.4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO RESERVATÓRIO	46
4.3.1.5.	CURVA COTA-ÁREA E COTA-VOLUME	47
4.3.1.6.	TEMPO DE ENCHIMENTO	49
4.3.1.7.	TEMPO DE RETENÇÃO	50
4.3.1.8.	ESTUDOS DE REMANSO	52
4.3.2.	DISPOSITIVO DE LIBERAÇÃO VAZÃO REMANESCENTE.....	52
4.3.3.	DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS VERTENTE E DE DESVIO	53
4.3.3.1.	CURVA CHAVE DO VERTEDOR	53
4.3.3.2.	DESVIO DO RIO.....	54
4.3.3.3.	CONTROLE DO CANAL DE FUGA – SOLEIRA NATURAL.....	58
4.3.4.	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ADUÇÃO.....	60
4.3.5.	DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA / CÂMARA DE CARGA.....	61
4.3.6.	DIMENSIONAMENTO DO CONDUTO FORÇADO	61
4.3.7.	PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DE ADUÇÃO	62
4.3.8.	ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	70
4.3.9.	PRÉ-DIMENSIONAMENTO GERADORES.....	71
4.3.10.	DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL:	71
4.3.11.	CÁLCULO DA ROTAÇÃO NOMINAL:.....	71
4.3.12.	ESTIMATIVA DE PESO DO GERADOR:	72
4.3.13.	NÚMERO DE POLOS DO GERADOR:.....	72

4.3 ESTUDOS HIDRÁULICOS

Os estudos hidráulicos desenvolvidos no âmbito deste projeto básico visaram subsidiar o estudo de alternativas e também sustentar o detalhamento da alternativa selecionada.

Baseou-se na metodologia do manual da Eletrobrás, quando aplicável e também em outras fontes distintas citadas na bibliografia ao final do capítulo.

Basicamente os tópicos aqui relacionados são os seguintes:

Estudos de reservatório – curva cota área volume, análise do tempo de enchimento, tempo de retenção, tempo de assoreamento e remanso do reservatório;

Estudos de borda livre do vertedor e análise da capacidade última de vertimento;

Estudos hidráulicos para desvio do rio - Curva chave para desvio do rio Fase Única;

Estudos hidráulicos de borda livre da casa de força - Curva chave do canal fuga ou remanso de reservatório em função do aproveitamento previsto a jusante;

Estudos hidráulicos do eixo do barramento - Curva chave da soleira de controle natural;

Estudos hidráulicos do circuito adutor – verificação das perdas de carga para o regime operativo e para outros regimes de projeto;

Dimensionamento da turbina Francis Horizontal simples;

Dimensionamento do gerador.

4.3.1. ESTUDOS DE RESERVATÓRIO

4.3.1.1. ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO CAVERNOSO

A formação de um reservatório, ao criar um ambiente lântico, propicia condições para deposição de sedimentos transportados pelos cursos d'água, nas frações do material em suspensão e arraste, ocasionando deposições que ocuparão os volumes destinados para o armazenamento.

O transporte e a deposição de sedimentos, que dependem de uma vasta gama de fatores intervenientes, podem redundar em prejuízo ao modificar as condições de contorno dos reservatórios, pela ocupação de volume útil destinado para a geração hidrelétrica.

Isto ocorre pela formação de uma frente de material sólido que avança sobre as estruturas de adução interferindo na captação e ocasionando processos abrasivos de desgastes aos componentes mecânicos, com possibilidade de efetiva redução de vida útil das instalações, principalmente, se as condições de uso e ocupação dos solos implicarem em alterações de elevado grau antrópico.

O transporte de sedimentos é um fenômeno ocasionado pela desagregação da estrutura da camada superficial dos solos por ação mecânica provocada pelas precipitações. Cabe às enxurradas o carreamento dos materiais para as calhas dos cursos d'água. Consta-se que são processos naturais que atuam de forma contínua moldando a configuração dos relevos.

Envolvem sequencialmente, processos de erosão, deslocamento, transporte, deposição e compactação evidenciando-se que o maior volume de sedimentos transportados (70% a 90%) ocorre no período das cheias. No decorrer de um ciclo hidrológico, as maiores descargas sólidas antecedem aos hidrogramas das vazões máximas havendo um decréscimo paulatino com a transição para estação da estiagem.

A água é o veículo principal de transporte dos sedimentos e a erosão inicia-se pelo impacto das gotas de chuva, cuja energia cinética é responsável pelo descolamento e pelo lançamento ao ar das partículas de solo.

As gotas de chuva variam de tamanho (0,5 a 6,0 mm) e a velocidade de impacto depende do diâmetro e pode variar entre 2,0 a 9,0 m/s. Isto explica o fato de que as grandes tormentas, de maior intensidade, são as causadoras da maior parte da erosão nas bacias.

Existe um conjunto de fatores que atuam tanto na produção quanto no controle das taxas de erosão. Além do regime das chuvas, a cobertura vegetal, o tipo de solo e a declividade dos terrenos também interferem no processo.

A exploração econômica das terras, principalmente, pela prática da agricultura, é um tipo de uso do solo que tem contribuído para o incremento das descargas sólidas, modificando, inclusive, as condições de fluxo pelo assoreamento provocado em trechos de menor declividade, onde a diminuição da velocidade da corrente proporciona a deposição.

4.3.1.2. CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOMÉTRICA DA BACIA

Os dados de medições de descarga sólida utilizados para determinação da curva de descarga de sedimentos e estimativa da descarga sólida média anual normalmente referem-se às estações fluviométricas selecionadas no rio em questão, ou na pior hipótese em um de seus afluentes ou ainda outro curso do qual o rio seja contribuinte.

Buscou-se inicialmente obter a curva da descarga de sedimentos e a estimativa da descarga sólida média anual para o rio Cavernoso. Entretanto, não existem dados sedimentométricos na bacia.

Como não há dados complementares disponíveis no rio Cavernoso, optou-se por adotar o valor de referência máximo do trabalho intitulado “Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros”, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS e a ELETROBRÁS, que apresenta um mapeamento das tendências regionais sob o enfoque da produção de sedimentos em suspensão.

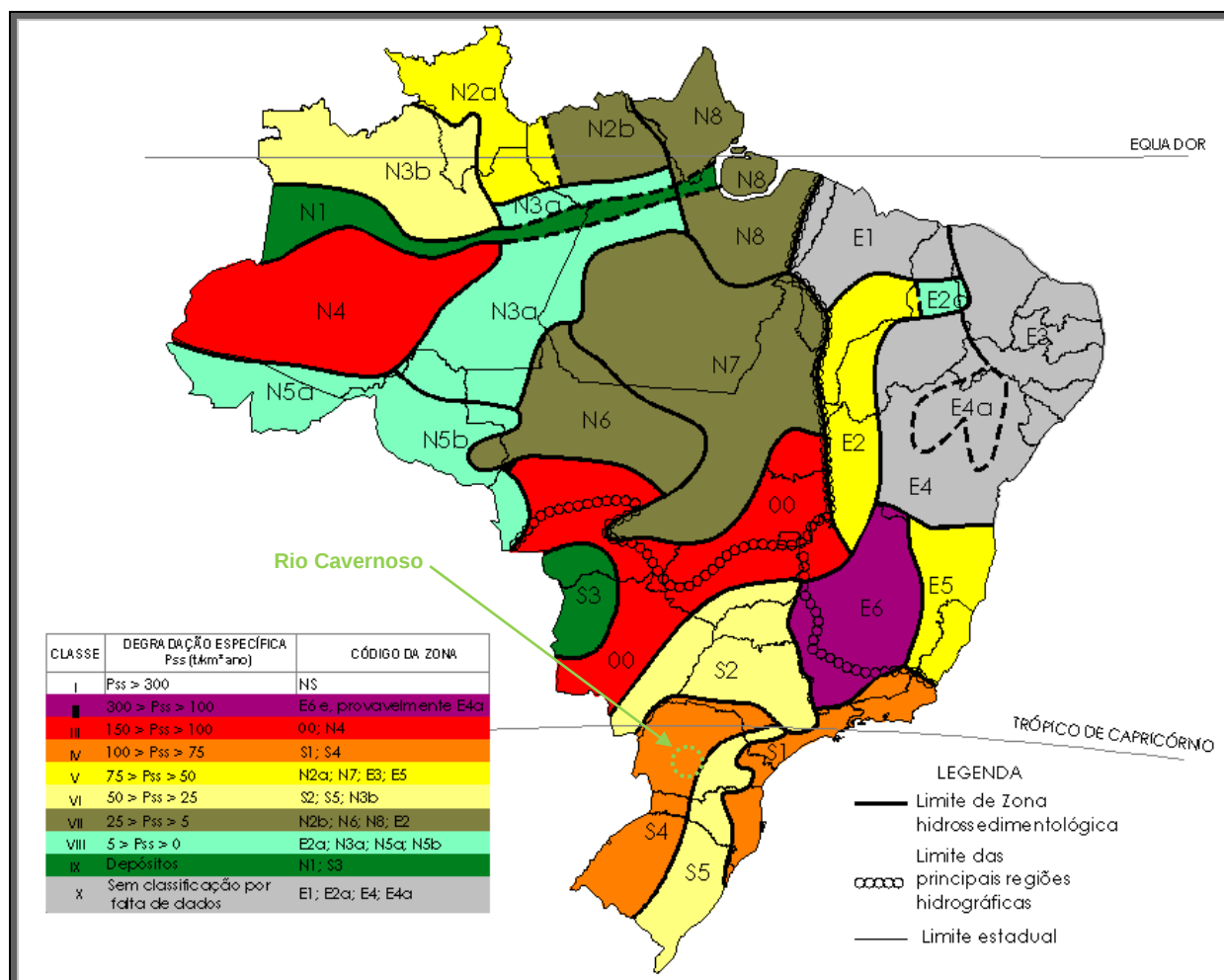


Figura 4.3.1 - Regionalização da produção de sedimentos no Brasil.

O Diagnóstico Sedimentológico identifica e quantifica áreas comuns, com mesmos valores de produção em suspensão específica (P_{SE}), associando esse parâmetro com:

Um **Código de Zona**: Define os limites geográficos das regiões homogêneas;

Uma **Classe**: Estabelece a ordem de grandeza da produção específica de sedimentos em suspensão.

A bacia do rio Cavernoso insere-se Zona S4, Classe VI, e apresenta uma produção específica de sedimentos em suspensão dentro do intervalo especificado: $100 \text{ t/km}^2.\text{ano} > P_{SE} > 75 \text{ t/km}^2.\text{ano}$.

4.3.1.3. CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DOS RESERVATÓRIOS

A partir do conjunto de medições de descarga sólida, seria ajustada uma curva de descarga de sedimentos relacionados à descarga líquida específica (q_1) em l/s/km^2 , e a descarga sólida total específica (q_{st}) em t/ano/km^2 . É recomendado utilizar o método dos mínimos quadrados, considerando-se uma função de ajuste do tipo:

$$Q_{st} = b.q_1^m \quad (a)$$

Neste caso partiu-se diretamente de um valor adotado de descarga sólida total anual. O valor adotado, se convertido em t/ano/km², através da consideração da densidade específica do solo solto arrastado de 1,3t/m³ resulta numa carga média de 75 t/km²/ano.

Infelizmente não há dados disponíveis para quantificar a curva granulométrica dos sedimentos transportados. Entretanto podemos inferir através do conhecimento geológico da bacia que se trata de sólidos em suspensão alto teor de argila fina.

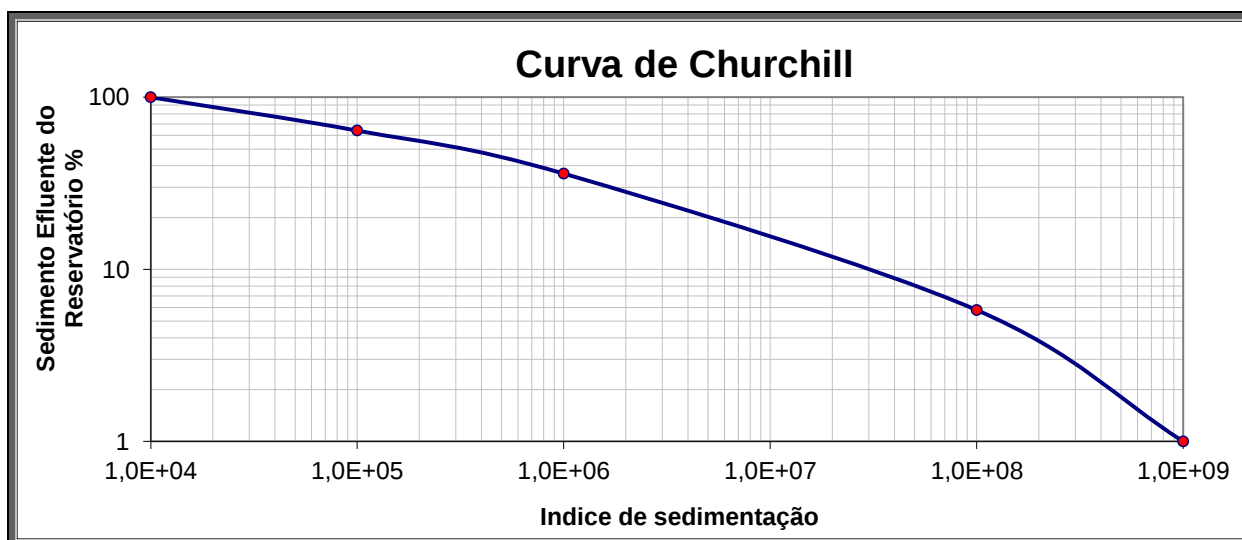


Gráfico 4.3.1 – Curva de Churchill para cálculo da vida útil dos reservatórios.

Através dos estudos realizados acima, obteve-se a produção anual de sólidos – Pse. O valor obtido para este rio é de 75 t/ano/km², que multiplicado pela área de drenagem do aproveitamento identificado permite obter a produção anual de sólidos no barramento em t/ano.

Com os dados do reservatório, como volume total e volume anual afluente ($Q_{med} \times 8760 \times 3600$), é possível se determinar o índice de retenção de sólidos. Com o peso específico médio dos sedimentos estimado em 1,3t/m³, obtém-se o volume de sólidos anual retido. Ao se comparar este volume com volume morto do lago formado se calcula a vida útil do reservatório.

A seguir apresenta-se a curva de Churchill bem como tabela modelo de cálculo. A seguir apresenta-se o cálculo do tempo previsto de assoreamento do aproveitamento PCH Cavernoso V.

Quadro 4.3.1 - Resumo da avaliação sedimentológica do reservatório.

QUADRO RESUMO SEDIMENTOLÓGICO			PCH CAVERNOSO V
ÁREA BACIA	Ad	km ²	803
VAZÃO MÉD LONGO TERMO	Qmlt	m ³ /s	21,82
VOLUME MORTO DO RESERVATÓRIO	Vm	m ³	2.982.274
VOLUME TOTAL	Vm	m ³	2.982.274
Pse	-	t/km ² .ano	75
DESCARGA SÓLIDA ANUAL	Dst	t/ano	60.225
VOLUME ANUAL AFLUENTE	Qanual	m ³	688.265.357
COMPRIMENTO DO RESERVATÓRIO	L	m	6168
ÍNDICE SEDIMENTAÇÃO -ENTRADA NO GRÁFICO DE CHURCHILL	Per.ret/Vmed	Adimensional	3,0E+06
PORCENTAGEM DE SEDIMENTO EFLUENTE	%	%	27,0%
RETENÇÃO DE SÓLIDOS NO RESERVATÓRIO - DIFERENÇA	ER	%	73,0%
CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS	C	t/m ³	1,3
VOLUME DE SÓLIDOS ANUAL AFLUENTE	Vsol=Dst/C	m ³	46.327
VOLUME DE SÓLIDOS RETIDO	Vret=Vsol x ER	m ³	33.819
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (COMPROMETIMENTO DO VOLUME MORTO)	Vm/Vret	anos	88,18
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (COMPROMETIMENTO TOTAL DO LAGO)	Vm/Vret	anos	88,18

O principal objetivo da inclusão deste capítulo de análise hidrossedimentológica, dentro do escopo maior de um estudo de projeto básico é detectar possíveis problemas que venham a comprometer drasticamente a vida útil do aproveitamento.

Considerando que o assoreamento atinja a cota da linha de centro da tomada de água formando uma rampa propícia ao arraste de sedimentos, um processo de desgaste progressivo adicional dos equipamentos poderá se iniciar.

No entanto, o eixo em questão possui vida útil de elevada calculada em 88 anos, sendo um período longo, evidenciando que este reservatório tem alta probabilidade de não apresentar problemas relacionados ao depósito de sedimentos. Além disso, os dispositivos extravasores

da PCH auxiliam a limpeza dos sedimentos do reservatório, evitando assim o acúmulo indesejado. Outro fator que auxilia o carregamento dos sedimentos são as cheias, as quais aumentam a velocidade da água no leito do rio, inclusive nos pontos mais baixos, empurrando naturalmente o sedimento ora depositado no reservatório.

Mesmo com a baixa probabilidade de riscos associados ao assoreamento do reservatório, são listados abaixo ações que serão incorporados na operação da usina quanto ao controle do reservatório, tais como:

Previsão de acessos em ambas às margens para facilitar a remoção do material quando necessário;

Sobre-carregamentos devido ao assoreamento sobre as estruturas de barragem e muros de contenção;

Ações preventivas ao longo da bacia para montante. Este tipo de ação pode ser concentrado em distribuição de mudas de espécies nativas para replantio das margens, financiamento do órgão ambiental responsável no sentido de fiscalização, implantação e controle da proteção das margens, conforme orientação do Órgão Ambiental do estado.

Estas precauções poderão ser tomadas em caso de problemas quanto ao assoreamento do lago, no entanto esta avaliação não prevê ações imediatas quanto a este problema.

4.3.1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO RESERVATÓRIO

O vale do rio na área do reservatório é encaixado em ambas as margens. As margens apresentam-se contidas por barrancas laterais de solo protegidas por faixa variável de vegetação.

A barragem proposta neste Projeto Básico tem como função principal criar queda e captar a água. O reservatório formado é consequência desta necessidade, afim de criar a queda necessária para a geração da energia proposta por este empreendimento.

Esta PCH tem característica de ser operada à fio d'água, ou seja, o reservatório não foi dimensionado para receber volume adicional de água superior ao nível normal, e todo excedente de água por ventura observado que eleve o NAM é vertido, afim de regular a altura do reservatório. Não existe, portanto, deplecionamento e armazenamento para o aspecto energético.

Para a finalidade de manobra temporária de máquinas, em regime de estiagem, de modo que a mesma possa operar em faixa mais adequada de engolimento por um curto prazo de tempo (horário), admitem-se rebaixamento do NAM não superiores a 50 cm.

O nível máximo, em função da passagem da cheia milenar de projeto pela estrutura vertente, foi calculado à soleira livre e deve atingir a elevação 637,35 (NAM_{máx}) para uma vazão de TR 1.000 anos igual a 837 m³/s.

4.3.1.5. CURVA COTA-ÁREA E COTA-VOLUME

A curva cota-área-volume foi levantada a partir de dados topográficos com curvas de nível a para o eixo adotado. Esta curva exprime com precisão os dados geométricos dos reservatórios, úteis nos cálculos energéticos e de desapropriações para montante.

A área total alagada para o arranjo relativamente ao nível máximo normal resultou em 102,28 ha, dos quais 25,78 ha correspondem ao leito natural do próprio rio, sendo a área efetivamente alagada ou área de barrancas calculado em 76,50 ha.

A faixa de proteção ambiental mínima (APP) foi considerada de 50 m em torno de todo o reservatório resultando em uma área de 89,47 ha. A extensão do lago resultou em 6.168 m associados a um perímetro total alagado de 20.146 m e o volume total do lago calculado em $2,982 \times 10^6 \text{ m}^3$.

O gráfico na sequência mostra os cálculos e gráficos relativos à determinação da curva cota – área – volume do reservatório da PCH Cavernoso V.

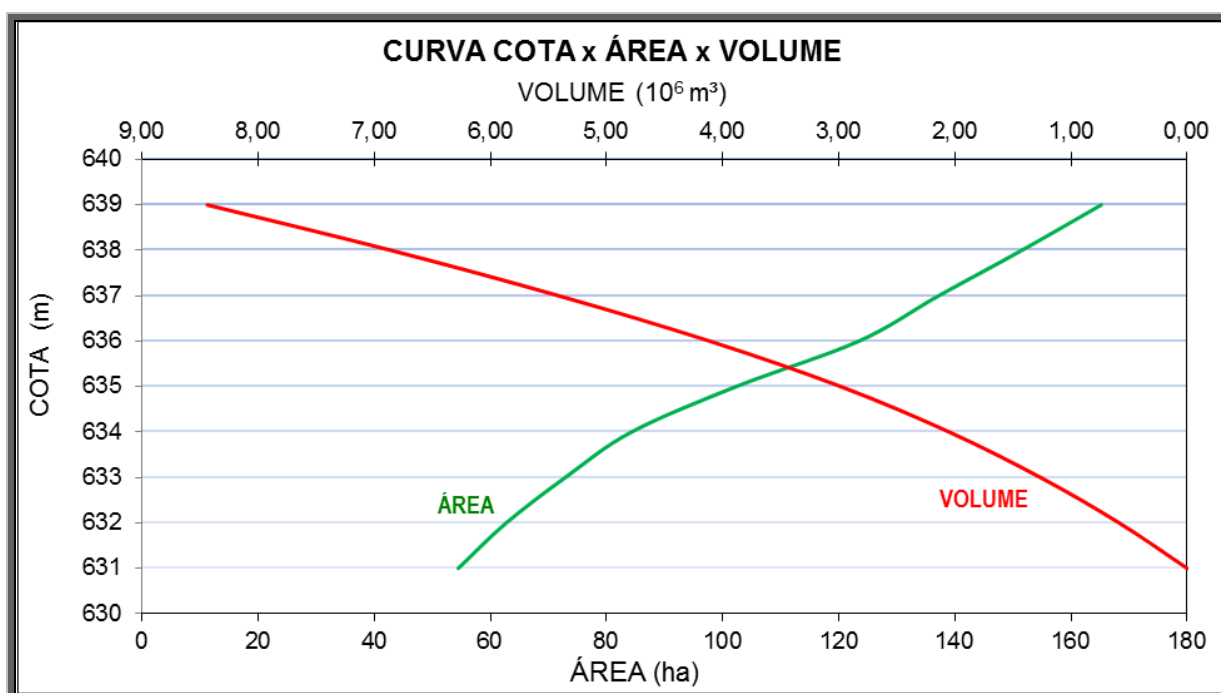


Gráfico 4.3.2 – Curva cota área volume PCH Cavernoso V

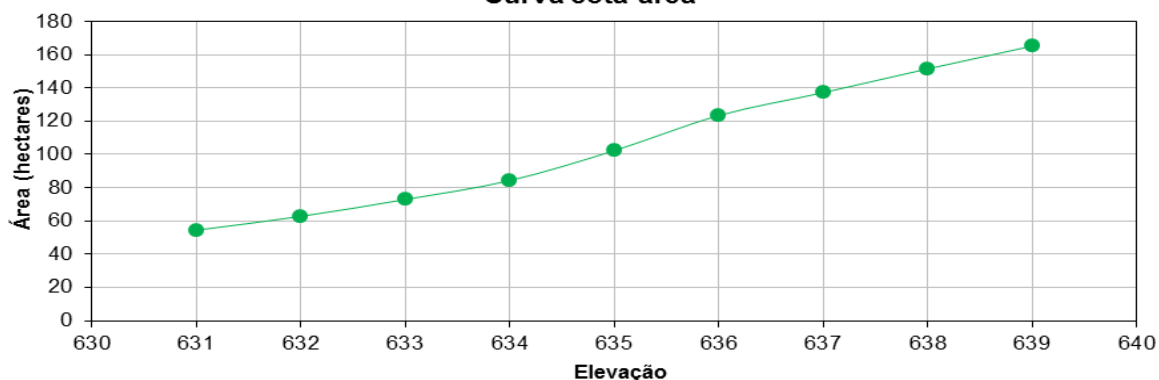
CURVA COTA - ÁREA - VOLUME DO RESERVATÓRIO

RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO
PCH CAVERNOSO V
5,0 MW

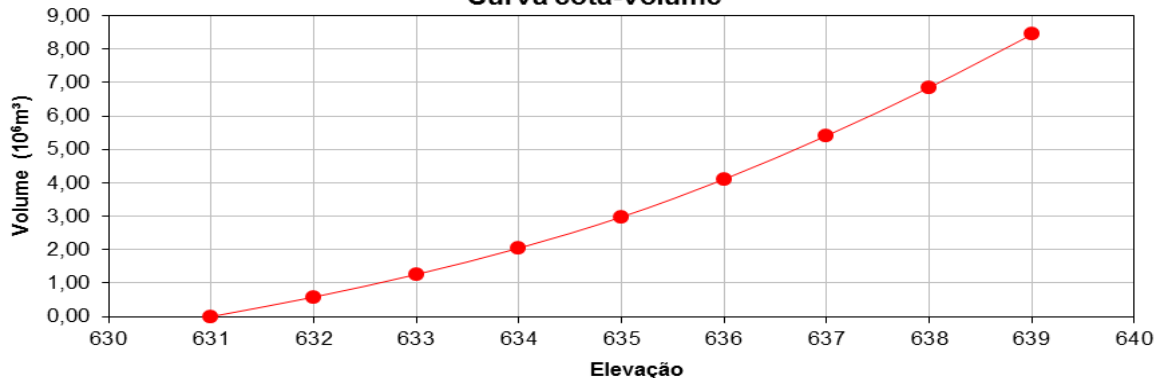
Nível de água normal de montante	635,00
Nível de água mínimo de montante	635,00
Área Alagada total (ha)	102,28
Área Alagada efetiva (ha)	76,50
Calha natural do rio área (ha)	25,78
Área de Preservação Permanente (ha) faixa 50m	89,47
Comprimento do reservatório (m)	6.168
Perímetro do reservatório (m)	20.146
Volume morto (Namin) 10 ⁶ m ³	2,982
Volume útil (Namin) 10 ⁶ m ³	0,000

cota	área	volume total	volume útil
m	ha	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³
631,00	54,43	0,000	0,000
632,00	62,69	0,586	0,000
633,00	72,88	1,263	0,000
634,00	84,27	2,049	0,000
635,00	102,28	2,982	0,000
636,00	123,42	4,110	0,000
637,00	137,19	5,413	0,000
638,00	151,52	6,857	0,000
639,00	165,19	8,441	0,000

Curva cota-área



Curva cota-volume



4.3.1.6. TEMPO DE ENCHIMENTO

Existe a preocupação ambiental quanto ao período de enchimento do reservatório, onde o trecho de jusante do rio não pode ser totalmente ensecado, evitando o comprometimento do ambiente lótico para jusante.

Por outro lado, o tempo de enchimento não pode ser muito curto, permitindo à fauna migrar para regiões mais altas em segurança.

Conforme resoluções normativas, o enchimento do reservatório deve ocorrer concomitantemente com a liberação de uma vazão mínima para jusante. Esta vazão foi estipulada em concordância com o Órgão Ambiental do Paraná (IAP) no valor de $0,82 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo que esta vazão será liberada através de orifício previsto no pranchão de fechamento da galeria de desvio, com garantia de vazão remanescente mesmo durante o enchimento do reservatório.

O ideal para reservatórios do porte da PCH Cavernoso V seria manter um enchimento gradativo, com a vazão remanescente previamente calculada suficiente para manter o ambiente lântico nas poças encontradas no trecho ensecado entre a captação e o canal de fuga.

Na prática, o tempo de enchimento do reservatório dependerá da época hidrológica. Em períodos de estiagem, o reservatório demorará mais para encher, ao passo que em épocas de vazões altas, o enchimento será mais rápido.

Como simplificação, o modelo adotou uma vazão efluente constante de $18,91 \text{ m}^3/\text{s}$, resultando em um tempo de enchimento próximo à 2 dias, para uma afluência de 45% da curva de permanência, ou seja, vazões médias no período de cheias, de maio a julho, conforme verificado na série histórica de vazões deste empreendimento.

Em termos práticos, o tempo de enchimento deve ser regulado conforme a afluência verificada no evento do fechamento do reservatório. Porém serão curtos períodos de tempo, devido ao pequeno volume composto pelo reservatório.

O gráfico a seguir ilustra a variação do tempo de enchimento para diversas condições de afluência.

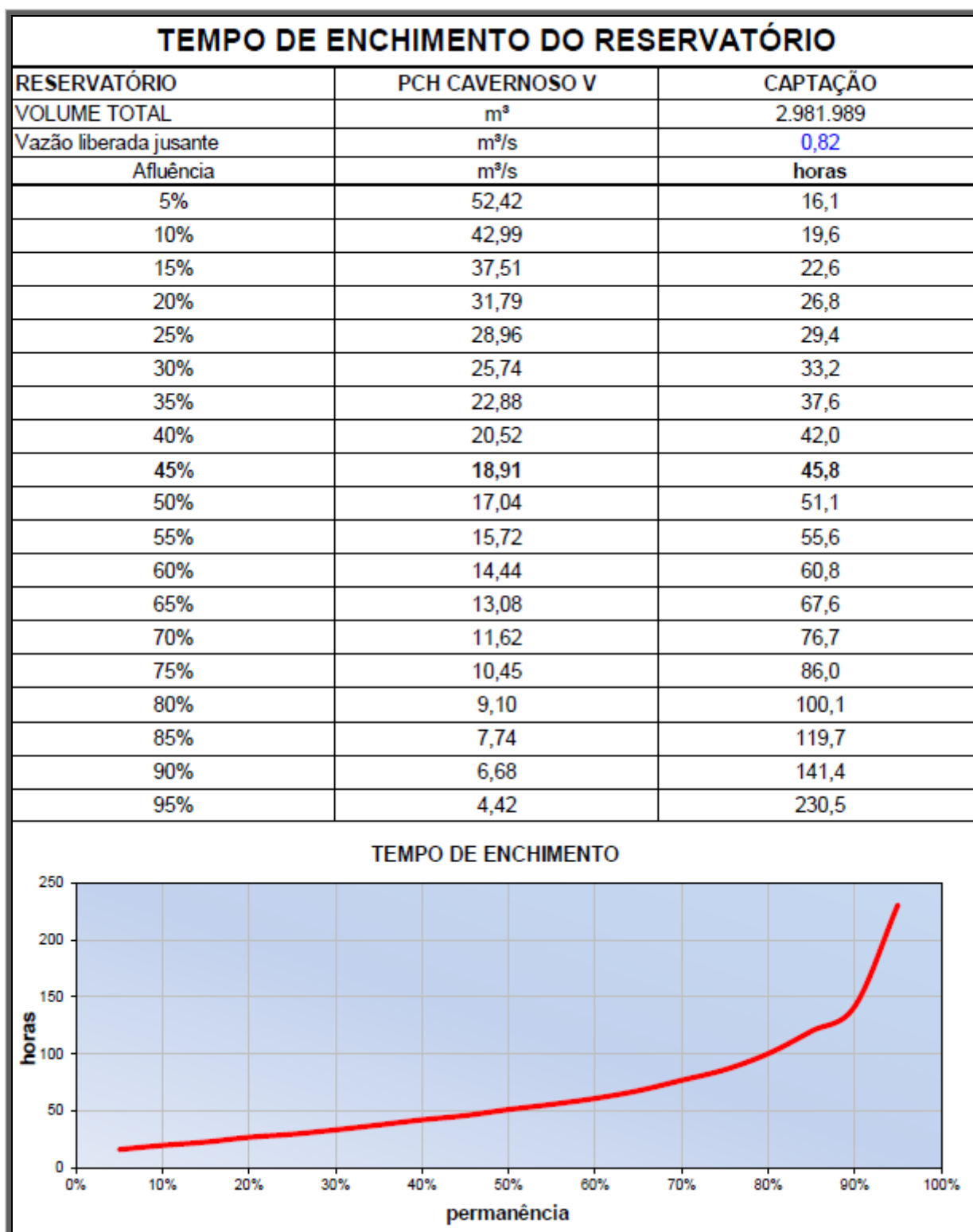


Gráfico 4.3.3 – Curva de tempo de enchimento PCH Cavernoso V

4.3.1.7. TEMPO DE RETENÇÃO

O reservatório da PCH Cavernoso V é um caso que o volume total é relativamente baixo frente à afluência natural a seção, resultando em um tempo de renovação de 2 dias para vazões afluentes de 45% de permanência, valor próximo a descarga média de longo período.

Reservatórios com tempo de retenção excessivamente longo indicam possíveis problemas de ordem sanitária. Entretanto, nota-se que o rio em questão não é receptor de efluentes urbanos e apresenta qualidade da água favorável.

A oxigenação d'água é favorecida pela elevada declividade longitudinal do rio, o condicionando a passar por diversas corredeiras e cachoeiras permitindo a satisfatória aeração do corpo aquoso.

TEMPO DE RETENÇÃO DO RESERVATÓRIO		
RESERVATÓRIO	PCH CAVERNOSO V	ACUMULAÇÃO/CAPTAÇÃO
VOLUME TOTAL	m³	2.981.989
condição de afluência	m³/s	horas
5%	52,42	15,8
10%	42,99	19,3
15%	37,51	22,1
20%	31,79	26,1
25%	28,96	28,6
30%	25,74	32,2
35%	22,88	36,2
40%	20,52	40,4
45%	18,91	43,8
50%	17,04	48,6
55%	15,72	52,7
60%	14,44	57,4
65%	13,08	63,3
70%	11,62	71,3
75%	10,45	79,3
80%	9,10	91,0
85%	7,74	107,0
90%	6,68	124,0
95%	4,42	187,6

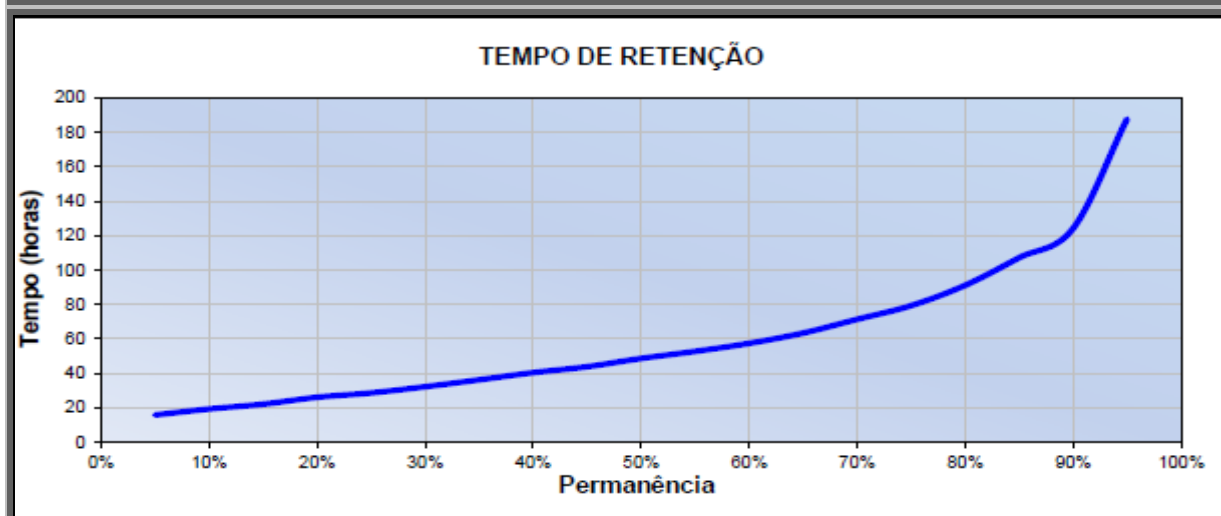


Gráfico 4.3.4 - Tempo de retenção ou renovação do reservatório.

4.3.1.8. ESTUDOS DE REMANSO

A ação de barrar um rio é uma intervenção nas condições naturais de escoamento que implica no aumento do perímetro molhado nas seções transversais de montante e na diminuição da declividade original do trecho afetado, ocasionando a redução da velocidade. À medida que se avança no sentido da barragem para o final do reservatório as condições originais do escoamento se restituem em termos de declividade e velocidades de fluxo.

O remanso de um reservatório obedece a um comportamento de uma curva representativa do perfil longitudinal do nível da água até o ponto em que o acréscimo do nível deixa de ser sensível. A longitude depende da declividade da calha e da altura da barragem que delinearão sua influência em termos de superfície efetiva das áreas a serem inundadas para a formação do reservatório.

Dos aspectos mencionados, não existem maiores preocupações no projeto quanto aos estudos de remanso uma vez que a área limítrofe do reservatório é comprovadamente desabitada.

Outro aspecto que justifica o descarte desta análise é que o vertedouro previsto possui comprimento expressivamente superior em comparação à calha natural do rio. Este fato implica em sobre-elevações do nível d'água em regime de cheia menores do que ocorre naturalmente.

4.3.2. DISPOSITIVO DE LIBERAÇÃO VAZÃO REMANESCENTE

A vazão sanitária ou remanescente é uma vazão mínima a ser liberado constantemente pelo barramento no trecho do rio ensecado.

O arranjo proposto nos estudos de inventário e projeto básico propõe a casa de força afastada do barramento e vertedor, neste caso há caracterização de trecho de rio ensecado (ou TVR – trecho de vazão reduzida) e a vazão ecológica tem que ser mantida para sustentar a vida aquática local.

Neste caso foi proposto nos estudos em desenvolvimento de impacto ambiental um valor contínuo de 0,82 m³/s, valor este que se refere ao parâmetro 50% Q_{10,7} - cinquenta por cento da vazão mínima de estiagem de sete dias em um período de retorno de 10 anos.

A determinação hidrológica das vazões de estiagem respeita a metodologia apresentada no Estudo de Inventário Hidrelétrico.

Portanto a manutenção da vazão mínima de jusante para fins ambientais durante a operação da usina foi considerada, e assim, no cálculo energético, haverá impacto na produção de energia.

Está previsto neste projeto básico que o dispositivo de vazão sanitária será 6 tubos, de diâmetro 20 cm, posicionados na elevação 633,00 m, no vertedouro. As dimensões desta tubulação são suficientes para liberar a vazão mínima e constante no TVR.

4.3.3. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS VERTENTE E DE DESVIO

4.3.3.1. CURVA CHAVE DO VERTEDOR

Quanto aos níveis a serem atingidos a montante, visando dar condições para a passagem da onda de cheia pelo vertedor, optou-se neste projeto por implantar um vertedouro tipo soleira livre, posicionado na margem esquerda do rio, desaguando em pequeno canal lateral perpendicular ao leito do rio, o qual está projetado com crista na elevação 635,00 m.

Assim, as interferências com o ambiente provocadas pela elevação do nível do reservatório ocorreriam em cheias excepcionais, algumas vezes ao ano e em área desocupada.

Para o dimensionamento dos vertedores foi considerada formulação clássica:

$$Q = C * L * H^{1,5}$$

C = coeficiente de descarga para vertedor perfil *Creager*, variando entre 1,43 a 2,34, sendo considerado 2,1 quando verificado NAM;

L = comprimento da soleira vertente, cujo valor é 113 m;

H = lâmina d'água sobre a soleira do vertedor.

O vertedor foi dimensionado para suportar uma vazão de cheia milenar de 837 m³/s, atingindo a el. 637,35 m, fato este que induziu a adoção da el. 638,40 m como a cota de coroamento da crista da barragem e da tomada d'água, suportando com isso uma vazão de 1.5318,54 m³/s, valor duas vezes superior à vazão milenar.

No gráfico a seguir é apresentada a curva chave para o vertedor.

Tabela 4.3.1 – Curva chave no vertedor.

PCH CAVERNOSO V - RIO CAVERNOSO - CURVA CHAVE NO VERTEDOR									
Comporta Basculante 1m x 60m					Quantidade de comportas:		0		
Cota do piso da Comporta (Aberta)							VAZÕES MÁXIMAS INSTANTÂNEAS (COEF. FULLER)		
Altura da Comporta							TR 2 ANOS 222 m³/s		
Largura de cada Comporta							TR 5 ANOS 329 m³/s		
Nível de água Normal de Montante							TR 10 ANOS 399 m³/s		
Vertedor Soleira Livre auxiliar - Concreto							TR 20 ANOS 467 m³/s		
Cota da soleira vertente (NAM)					635,00m		TR 50 ANOS 555 m³/s		
Comprimento de soleira vertente					113m		TR 100 ANOS 620 m³/s		
Coeficiente de descarga - cd para carga de projeto					Conforme Coluna 5		TR 200 ANOS 686 m³/s		
VAZÃO REMANESCENTE					0,82m³/s		TR 500 ANOS 772 m³/s		
Número de Orifícios (un.)					6		TR 1.000 ANOS 837 m³/s		
Cota do centro de pressão					633,00m		TR 10.000 ANOS 1054 m³/s		
Diâmetro orifício					0,20m		NAM normal 635,00m		
Área total de orifício					0,031m²		Free Board 1,05m		
Coef. Perda de carga na entrada					0,25				
NA Max	Carga sobre vertedor Bascante	Carga sobre vertedor Soleira Livre	Coef. Real de Descarga vertedor Bascante	Coef. Real de Descarga vertedor Soleira Livre	Vazão Vertedor Comp. Basc. m³/s	Vazão Vertedor Soleira Livre m³/s	Vazão Remanescente m³/s	Vazão Total	
635,00	0,00	0,00	1,43	1,43	0	0	0,82	0,82	
635,20	0,20	0,20	1,52	1,52	0	15	0,86	16,19	
635,40	0,40	0,40	1,60	1,60	0	46	0,90	46,53	
635,60	0,60	0,60	1,67	1,67	0	88	0,93	88,55	
635,80	0,80	0,80	1,73	1,73	0	140	0,97	141,09	
636,00	1,00	1,00	1,79	1,79	0	202	1,00	203,39	
636,20	1,20	1,20	1,84	1,84	0	274	1,04	274,78	
636,40	1,40	1,40	1,89	1,89	0	354	1,07	354,69	
636,60	1,60	1,60	1,93	1,93	0	441	1,10	442,54	
636,80	1,80	1,80	1,97	1,97	0	537	1,13	537,83	
637,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0	639	1,16	640,06	
637,20	2,20	2,20	2,03	2,03	0	748	1,19	748,80	
637,35	2,35	2,35	2,05	2,05	0	836	1,21	837,00	
637,60	2,60	2,60	2,07	2,07	0	983	1,24	984,20	
637,80	2,80	2,80	2,09	2,09	0	1109	1,27	1110,21	
638,00	3,00	3,00	2,11	2,11	0	1240	1,30	1241,39	
638,20	3,20	3,20	2,13	2,13	0	1376	1,32	1377,55	
638,40	3,40	3,40	2,14	2,14	0	1517	1,35	1518,54	

Para a vazão milenar Q Tr1000 ANOS = 837 m³/s o nível máximo de montante será na el. 637,35. Recomenda-se adotar uma cota de proteção contra extravasamento na el. 638,40m configurando um free board de 1,05m. Os órgãos extravasores, operando em ultimate capacity, suportam uma vazão de 1518,54 m³/s.

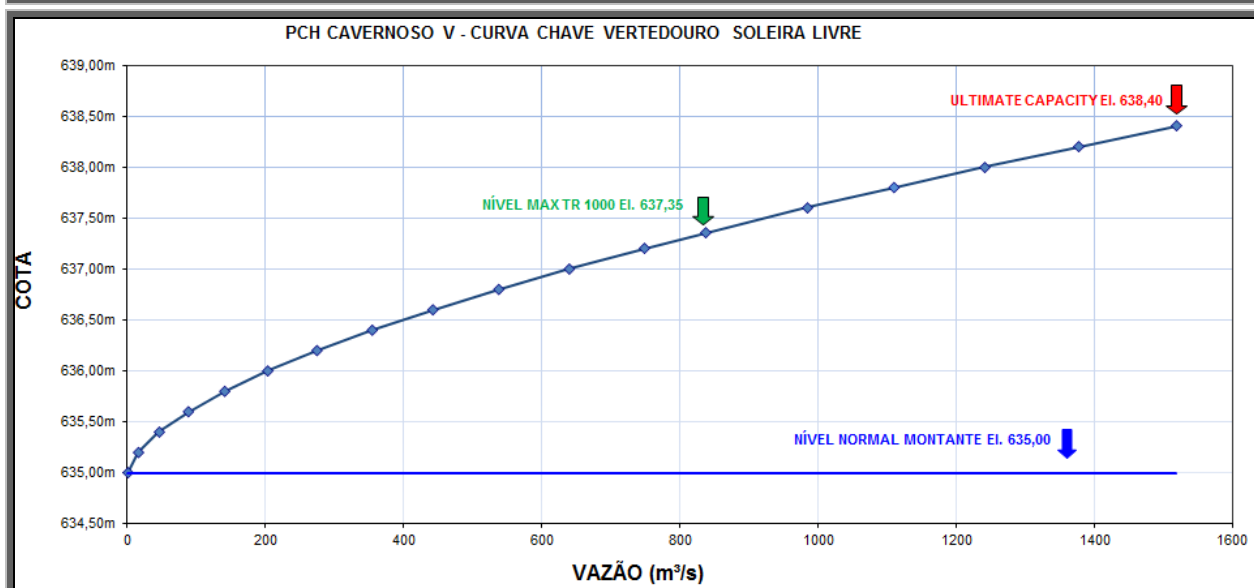


Gráfico 4.3.5 - Curva chave para vertedor lateral com soleira livre na el. 635,00.

4.3.3.2. DESVIO DO RIO

Como estrutura de desvio, optou-se por adotar galeria de concreto, posicionada na margem esquerda do rio, descrito no item anterior. O local selecionado para instalação da galeria é adequado às condições topográficas e hidrológicas da região, além de ser a opção de arranjo para desvio mais segura e que tem o menor investimento. Ensecadeiras de montante e jusante de solo e enrocamento serão lançadas para criar a região ensecada, necessária para o lançamento das estruturas que estarão posicionadas no leito do rio. Ao término, estas ensecadeiras serão incorporadas à barragem.

Na entrada da galeria, são previstas ranhuras para abrigar comporta vagão acionada hidráulicamente, utilizada para o fechamento do sistema de desvio e consequente enchimento do reservatório.

Como não há riscos de vidas humanas para jusante, em caso de ruptura eventual de uma ensecadeira, definiu-se que a vazão de projeto para o desvio a ser considerada próxima a TR 2 anos máxima, correspondendo a 130,00 m³/s.

O cálculo da altura das ensecadeiras foi baseado na metodologia hidráulica de dimensionamento de canais abertos, simulando as alturas em que a água atinge em determinadas situações hidrológicas pré-estabelecidas em tempos de recorrência.

No arranjo de desvio da PCH Cavernoso V, foi estabelecido em projeto que o desvio será executado em uma fase apenas, pois a galeria de desvio será executada na parte seca próxima a margem esquerda do rio. Haverá um septo natural que protegerá as obras desta galeria. O rio será interrompido em sua seção plena, em um lance de ensecadeiras, posicionadas a montante e jusante, de modo que na região ensecada seja possível lançar e compactar o material constituinte da barragem. O rio, por sua vez, fluirá integralmente pela galeria.

Foram utilizadas para o cálculo da galeria as equações abaixo:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

$$Q' = \frac{Z}{\eta} \cdot A R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Conforme citado anteriormente, o desvio será executado em fase única, e as ensecadeiras serão construídas com crista na el. 630,00 m a montante e 625,00 m a jusante, protegendo as obras até uma vazão igual a 130 m³/s equivalente a um tempo de permanência de vazões mensais inferior a 1%, e próximo a TR 2 anos máxima.

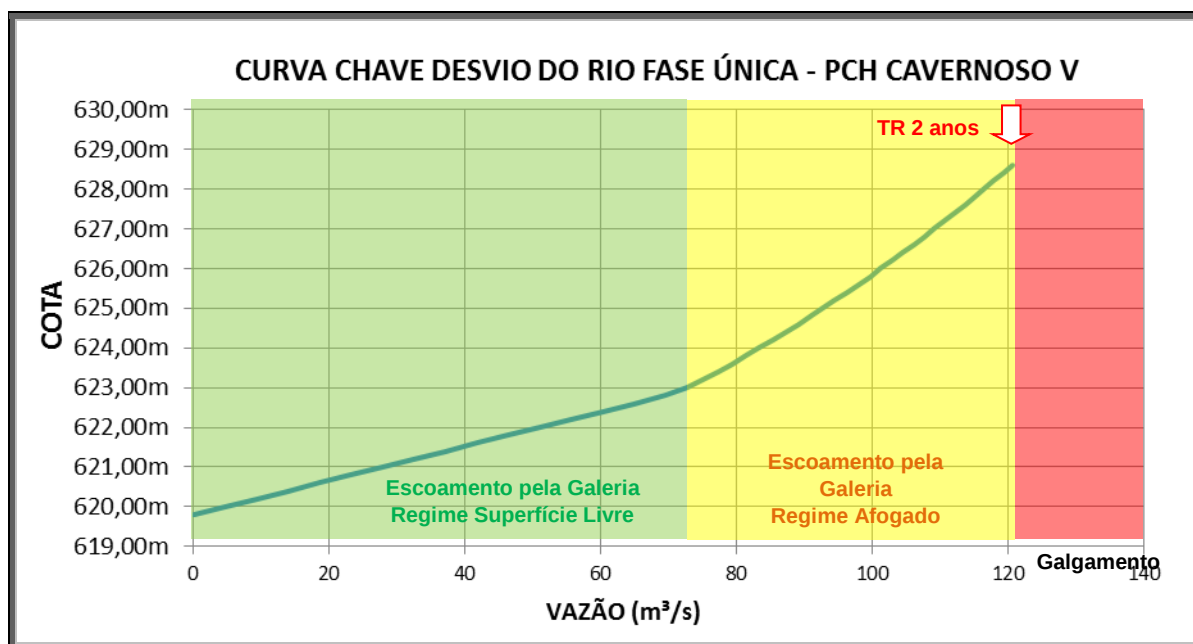


Gráfico 4.3.6 – Curva chave para desvio da Fase Única

A enseadeira de jusante foi projetada para conter o contra-fluxo do rio. Não há, na prática, a jusante da galeria, um aumento expressivo do nível de água. A elevação do nível de água é observada na seção do rio onde é formada a contenção da vazão afluyente, no caso, na enseadeira de montante.

Além disto, no desemboque da galeria de desvio, é observado que o rio forma uma pequena queda, que naturalmente eleva a velocidade da água neste ponto e cria uma barreira natural contra o refluxo do rio. Portanto, a tendência é que esta formação natural topográfica observada no leito do rio contribua, juntamente com a enseadeira de jusante, na proteção das obras da região ensecada.

Abaixo segue planilha de cálculo do desvio do rio:

Tabela 4.3.2 – Cálculo do Desvio do Rio

	ITERAÇÃO	COTA DE MONTANTE	COTA DE FUNDO GALERIA	COTA DE TOPO GALERIA	CARGA HIDRÁULICA	ÁREA	PERÍMETRO MOLHADO	RH	VAZÃO GALERIA
Não Afogado (Canal)	1	619,80	619,80	638,20	0,00	0	0	0	0,0
	2	620,00	619,80	638,20	0,20	0,6	0,4	1,5	4,6
	3	620,20	619,80	638,20	0,40	1,2	0,8	1,5	9,3
	4	620,40	619,80	638,20	0,60	1,8	1,2	1,5	13,9
	5	620,60	619,80	638,20	0,80	2,4	1,6	1,5	18,5
	6	620,80	619,80	638,20	1,00	3	2	1,5	23,2
	7	621,00	619,80	638,20	1,20	3,6	2,4	1,5	27,8
	8	621,20	619,80	638,20	1,40	4,2	2,8	1,5	32,4
	9	621,40	619,80	638,20	1,60	4,8	3,2	1,5	37,1
	10	621,60	619,80	638,20	1,80	5,4	3,6	1,5	41,7
	11	621,80	619,80	638,20	2,00	6	4	1,5	46,3

	12	622,00	619,80	638,20	2,20	6,6	4,4	1,5	51,0
	13	622,20	619,80	638,20	2,40	7,2	4,8	1,5	55,6
	14	622,40	619,80	638,20	2,60	7,8	5,2	1,5	60,2
	15	622,60	619,80	638,20	2,80	8,4	5,6	1,5	64,9
	16	622,80	619,80	638,20	3,00	9	6	1,5	69,5
Afogado (Galeria)	17	623,00	619,80	638,20	3,20	9	6	1,5	72,7
	18	623,20	619,80	638,20	3,40	9	6	1,5	75,0
	19	623,40	619,80	638,20	3,60	9	6	1,5	77,2
	20	623,60	619,80	638,20	3,80	9	6	1,5	79,3
	21	623,80	619,80	638,20	4,00	9	6	1,5	81,3
	22	624,00	619,80	638,20	4,20	9	6	1,5	83,3
	23	624,20	619,80	638,20	4,40	9	6	1,5	85,3
	24	624,40	619,80	638,20	4,60	9	6	1,5	87,2
	25	624,60	619,80	638,20	4,80	9	6	1,5	89,1
	26	624,80	619,80	638,20	5,00	9	6	1,5	90,9
	27	625,00	619,80	638,20	5,20	9	6	1,5	92,7
	28	625,20	619,80	638,20	5,40	9	6	1,5	94,5
	29	625,40	619,80	638,20	5,60	9	6	1,5	96,2
	30	625,60	619,80	638,20	5,80	9	6	1,5	97,9
	31	625,80	619,80	638,20	6,00	9	6	1,5	99,6
	32	626,00	619,80	638,20	6,20	9	6	1,5	101,2
	33	626,20	619,80	638,20	6,40	9	6	1,5	102,9
	34	626,40	619,80	638,20	6,60	9	6	1,5	104,5
	35	626,60	619,80	638,20	6,80	9	6	1,5	106,0
	36	626,80	619,80	638,20	7,00	9	6	1,5	107,6
	37	627,00	619,80	638,20	7,20	9	6	1,5	109,1
	38	627,20	619,80	638,20	7,40	9	6	1,5	110,6
	39	627,40	619,80	638,20	7,60	9	6	1,5	112,1
	40	627,60	619,80	638,20	7,80	9	6	1,5	113,6
	41	627,80	619,80	638,20	8,00	9	6	1,5	115,0
	42	628,00	619,80	638,20	8,20	9	6	1,5	116,4
	43	628,20	619,80	638,20	8,40	9	6	1,5	117,9
	44	628,40	619,80	638,20	8,60	9	6	1,5	119,2
	45	628,60	619,80	638,20	8,80	9	6	1,5	120,6
	46	628,80	619,80	638,20	9,00	9	6	1,5	122,0
	47	629,00	619,80	638,20	9,20	9	6	1,5	123,3
	48	629,20	619,80	638,20	9,40	9	6	1,5	124,7
	49	629,40	619,80	638,20	9,60	9	6	1,5	126,0
	50	629,60	619,80	638,20	9,80	9	6	1,5	127,3
	51	629,80	619,80	638,20	10,00	9	6	1,5	128,6
	52	630,00	619,80	638,20	10,20	9	6	1,5	129,9

Assim sendo, na fase única do desvio, o rio fará seu percurso integralmente pela galeria de desvio. Em sua capacidade máxima, cuja cheia atingiria a cota da crista da ensecadeira, o desvio do rio nesta primeira fase suportaria uma vazão máxima de 130,00 m³/s.

A galeria de desvio será executada em concreto armado, com 40,5 metros de extensão, inserida de forma esconsa ao eixo do barramento. A dimensão da galeria é 3 metros de largura por 3 metros de altura, dotada de ranhuras para instalação e operação de comporta vagão para o evento de fechamento e enchimento do reservatório.

Para determinar a altura das ensecadeiras desta fase única, estas foram condicionadas a capacidade máxima de vazão pela galeria. Até o NA atingir a elevação 622,80 m, a galeria foi dimensionada para trabalhar como canal aberto. Após este nível, a mesma passa a ter um regime hidráulico equivalente a um bueiro, com entrada afogada e elevação do NA de montante, caso as vazões afluentes sejam maiores que a capacidade de escoamento da galeria.

Em um eventual pulso de cheia acima da vazão 69,50 m³/s, a galeria passa a trabalhar afogada, com elevação do nível de montante. A ensecadeira eleva-se 7 metros acima do topo da galeria.

No entanto, uma hipótese de galgamento é minimizada quando se projeta o desvio do rio em período de baixa hidraulicidade, constatado no momento da execução da PCH.

Em termos de cronograma de obras, dois pontos importantes corroboram para esta assertiva:

1. O lançamento da barragem no leito do rio ensecado é uma atividade de curto prazo de execução.
2. Este lançamento não é condicionante com o progresso da obra, portanto é um evento que pode ser postergado, caso sejam detectadas vazões afluentes acima destes limites pré-estabelecidos neste projeto.

A plataforma final das ensecadeiras será de 4,00m, suficiente para se trabalhar com um trator de esteira. A mesma será construída de argila compactada no núcleo e com enrocamento de pedra lançada do lado que será solicitado à ação hidrodinâmica da água. A inclinação do talude neste mesmo lado está prevista ser de 1,1H:1,0V. Os materiais para construção da ensecadeira serão provenientes das escavações obrigatórias, além da barragem e estrutura de desvio.

4.3.3.3. CONTROLE DO CANAL DE FUGA – SOLEIRA NATURAL

O regime do fluxo d'água na região do canal de fuga é observado para confirmar o nível de jusante do empreendimento. Através da curva-chave do canal de fuga, é possível definir os níveis de estanqueidade da casa de força e da cota de afogamento do rotor das turbinas.

A seguir é apresentada a curva chave natural desta seção.

CALCULO DA CURVA CHAVE NO CANAL DE FUGA

CLIENTE: ENERGÉTICA RODÃO LTDA
PROJETO: RIO CAVERNOSO - PCH CAVENOSO V

DADOS DE PROJETO

GEOMETRIA CONFORME TABELA

DECLIVIDADE ESTIRÃO À JUSANTE (J) 0,0150 m/m (L)
NÍVEL DE ÁGUA (NAJ): 615,000 m (h)

FORMULAS

L= 40 m LARGURA DE SOLEIRA ESPESSA
C= 1,3 COEFICIENTE DE DESCARGA
COTA= 614,15 m COTA DA SOLEIRA ESPESSA
H= VARIÁVEL m CARGA SOBRE SOLEIRA
Taludes= 1 m/m TALUDE MÉDIO MARGENS

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

CÁLCULOS:

LEVANTAMENTO

COTA	CARGA	LARGURA MÉDIA	VAZÃO
614,15	0,00 m	40,00 m	0 m³/s
614,75	0,60 m	41,20 m	25 m³/s
615,35	1,20 m	42,40 m	72 m³/s
615,95	1,80 m	43,60 m	137 m³/s
616,55	2,40 m	44,80 m	217 m³/s
617,15	3,00 m	46,00 m	311 m³/s
617,75	3,60 m	47,20 m	419 m³/s
618,35	4,20 m	48,40 m	542 m³/s
618,95	4,80 m	49,60 m	678 m³/s
619,58	5,43 m	50,86 m	837 m³/s
620,15	6,00 m	52,00 m	994 m³/s
620,45	6,30 m	52,60 m	1081 m³/s
620,75	6,60 m	53,20 m	1173 m³/s
621,05	6,90 m	53,80 m	1268 m³/s
621,35	7,20 m	54,40 m	1366 m³/s
621,65	7,50 m	55,00 m	1469 m³/s

CURVA CHAVE CONTROLE NATURAL CANAL DE FUGA - PCH CAVERNOSO V

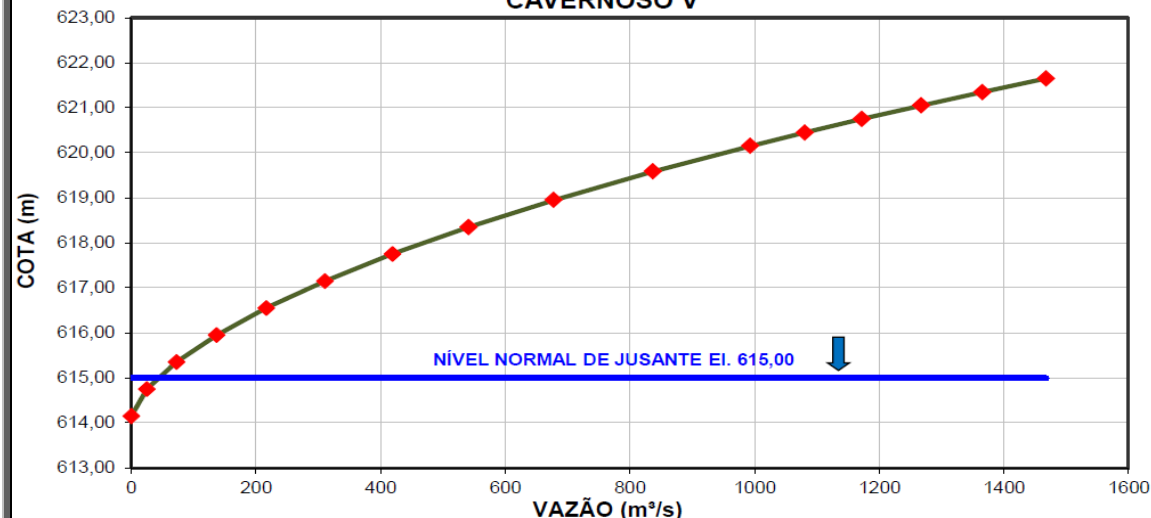


Gráfico 4.3.7 – Curva chave da região do canal de fuga na situação natural

Foi determinada a el. 621,25 m como a cota segura para o casco da casa de força. Esta altura equivale a uma TR superior a TR 10.000 anos, portanto, bastante segura.

4.3.4. DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE ADUÇÃO

O canal de adução foi dimensionado para conduzir uma vazão superior à vazão engolimento das turbinas, para casos de sobre-elevação no canal. No trecho inicial, o próprio vertedouro posicionado adjacente ao canal fará a função do extravasor lateral, que verterá vazões acima da NAM que porventura entrarem neste trecho, a fim de dissipar cheias que possam afogar o canal.

O canal terá uma seção trapezoidal de 6 m de base e 4 m de altura até o NA Normal, com paredes inclinadas 1V:1H em solo, declividade de 0,000074 m/m, com piso iniciando na cota 631,00 m, e finalizando na cota 630,95 m, portanto, praticamente reto. A conformação da topografia impõe ao canal um comprimento de aproximadamente 163 m.

O desenho 02L do caderno de desenhos deste projeto demonstram com detalhes e em escala adequada o canal de adução, em planta, seção típica e seções.

O canal terá *freeboard* médio de 10 metros, condicionados pela topografia, mas que garantem que eventuais elevações de água não extravasem pelas laterais, causando danos às estruturas adjacentes ao canal.

Os taludes foram adotados com essa inclinação devido às características de resistência e estabilidade do material terroso observados no local.

A capacidade de escoamento no canal foi verificada utilizando a equação de Manning, mostrada abaixo:

$$Q = \frac{AS^{1/2}R^{2/3}}{n}$$

Com S = declividade do canal,

A = área,

R = raio hidráulico,

n = coeficiente de rugosidade (*Manning*) no revestimento do canal,

Com os dados acima, foi possível obter, através da equação acima uma velocidade média no canal de 1,22 m/s, que ocasiona pequenas perdas de carga e evita os efeitos danosos de erosão provocados por velocidades mais altas que as preconizadas pela ANEEL.

O canal fundo escavado integralmente em rocha. O coeficiente de *Manning* foi adotado com o valor de 0,035, valor conservador, para atenuar imprevistos.

O acesso ao canal, quando este estiver operando, será pela margem esquerda, para procedimentos de manutenção quando necessários.

4.3.5. DIMENSIONAMENTO DA TOMADA D'ÁGUA / CÂMARA DE CARGA

O dimensionamento da tomada d'água teve como premissa produzir a aceleração progressiva e gradual do escoamento afluente. Foram seguidos critérios e recomendações constantes no “*Hydraulic Design Criteria – HDC*” do “*United States Army Corps of Engineers – USACE*” para a determinação da velocidade máxima de entrada d'água.

O desenho 02K do caderno de desenhos deste projeto demonstra com detalhes e em escala adequada esta estrutura.

As dimensões adotadas para a região das comportas foram: 3,0 m de altura e 3,0 m de largura. Logo, a velocidade máxima de entrada d'água nesta estrutura, com base na vazão turbinada da usina ficou em 1,62 m³/s, valor coerente com a publicação acima citada.

Esta tomada d'água terá grade fina de proteção, bem como previsão de instalação de log-boom na entrada do canal de aproximação, para barrar os corpos suspensos no reservatório.

4.3.6. DIMENSIONAMENTO DO CONDUTO FORÇADO

As avaliações do conduto forçado em aço seguiram as “Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas” (ELETROBRÁS, 2000) e do “*Hydraulic Design Criteria – HDC*” do “*United States Army Corps of Engineers – USACE*”.

Os desenhos 02M e 02N do caderno de desenhos deste projeto demonstram com detalhes e em escala adequada esta estrutura.

Por questões de segurança, este projeto básico adotou como diâmetro uma tubulação igual a 2,40 m. Também foram efetuadas avaliações de variações de pressão decorrentes de variações de vazões (“golpe de aríete”). Para tanto, considerou-se sobrepressão máxima admissível de 40% e tempo de fechamento do distribuidor de 5 (cinco) segundos. A partir destas avaliações, foi possível definir a espessura do conduto forçado, a qual foi setorizada em trechos distintos, mostrados na tabela abaixo:

Tabela 4.3.3 – Características dos Trechos do Conduto Forçado

Trecho	Diâmetro (m)	Comprimento (m)	Espessura (pol)
1 (único)	2,40	90	5/16"

A velocidade máxima constatada para o conduto é 3,23 m/s. As literaturas fontes citadas no início deste item recomendam que a velocidade máxima de escoamento em tubos de aço não ultrapassem 5,0 m/s, portanto, o dimensionamento deste projeto atende de forma satisfatória o quesito de velocidades.

Prevê-se que, para enchimento dos condutos, seja necessário instalar um dispositivo *Bypass*, que deverá estar necessariamente inserido nas comportas com diâmetro pré-dimensionado de 0,20 m, tendo como critério enchimento em até uma hora. Este valor deverá ser confirmado pelo fornecedor deste equipamento, tendo o mesmo critério de enchimento de no máximo uma hora.

4.3.7. PERDA DE CARGA NO CIRCUITO DE ADUÇÃO

A vazão turbinada ou de engolimento é conduzida de um ponto de captação, no caso, na tomada d'água, e levada a outro, através do circuito de adução da PCH. Existe uma transferência de energia, da cota mais alta para a cota mais baixa. No entanto, nem toda a energia existente no ponto de captação pode ser utilizada nas turbinas, porque parte desta energia sofre transformações devido ao atrito das águas no trânsito pelo sistema adutor. Por isso, a turbina aproveita somente a altura efetiva (queda útil) calculada pela diferença entre a queda bruta (H_b) e a perda de carga (h).

A seguir é apresentado o memorial descritivo das perdas de carga do circuito hidráulico da PCH Cavernoso V, que resultou para uma vazão de engolimento 29,23 m³/s uma perda total de 0,46 m ou 2,32%, da captação na el. 635,00 m ao canal de fuga na el. 615,00 m, configurando uma queda bruta de 20 m.

ENERGÉTICA RODÃO LTDA
 FRANCISCO BELTRÃO - PR

PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V
 RIO CAVERNOSO – SUB-BACIA 65

PERFIL HIDRÁULICO - 5,0 MW

CLIENTE:

PROJETO:

ENERGÉTICA RODÃO LTDA

PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

VAZÃO DE PROJETO (m³/s)

29,23

LOCAL	PERDA DE CARGA (m)	N. A. MONTANTE (m)	N.A. JUSANTE (m)
N.A. NORMAL NA BARRAGEM		635,00	635,00
CANAL DE APROXIMAÇÃO	0,0183	635,00	634,98
CANAL ADUTOR	0,0736	634,98	634,91
GRADE FINA DA CÂMARA DE CARGA	0,012	634,91	634,90
RANHURAS COMPORTA CÂMARA DE CARGA	0,040	634,90	634,86
CONDUTO FORÇADO PRINCIPAL	0,285	634,86	634,57
CANAL DE FUGA	0,035	634,57	634,54
NÍVEL DE ÁGUA NORMAL DE JUSANTE			615,00
TOTAL	0,46	ou	2,32%
QUEDA LIQUIDA $H_{liq.} = 635,00 - 615,00 - 0,46 = 19,54 \text{ m}$			

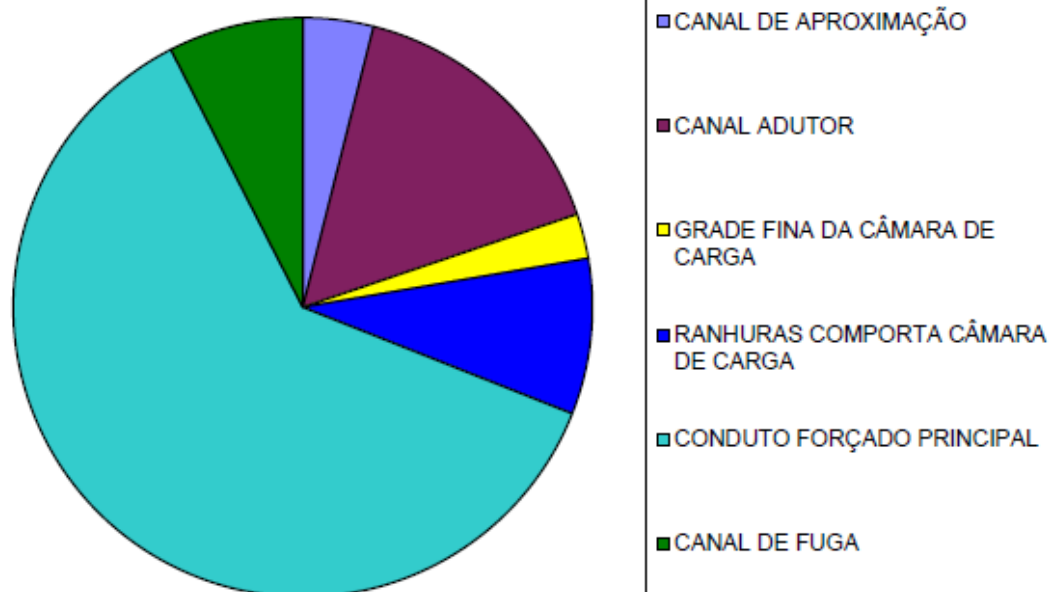


Gráfico 4.3.8 – Perfil Hidráulico

A seguir são apresentadas as memórias de cálculo de cada local onde é observado perda de carga no circuito adutor:

Tabela 4.3.4 – Cálculo da perda de carga no Canal de Aproximação

CALCULO DO CANAL DE ADUÇÃO EM ROCHA (APROXIMAÇÃO)

CLIENTE: ENERGÉTICA RODÃO LTDA
PROJETO: PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

DADOS DE PROJETO

VAZÃO: 29,23 m³/s (Q)
COMPRIMENTO DO CANAL APROXIMAÇÃO : 160 m (L1)
LARGURA: 8,00 m (b)
NÍVEL DE ÁGUA: 5,00 m (h)
INCLINAÇÃO DO TALUDE: 0,000 (m)
COEF. DE RUGOSIDADE: 0,0250 (n)

FORMULAS

$R_h = h \cdot (b + m \cdot h) / (b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2))$ m (RAIO HIDRÁULICO.)
 $A_m = h \cdot (b + m \cdot h)$ m² (ÁREA MOLHADA)
 $P_m = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{1/2}$ m (PERÍMETRO MOLHADO)
 $v = Q / A_m$ m/s (VELOCIDADE DA ÁGUA)
 $v = 1 / n \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$ m/s (VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
 $C =$ (consultar tabela Ve Te Chow) (COEF. DE RUGOSIDADE)
 $J = h_p / (L_1 + L_2)$ m/km (PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

$R_h = 2,22$ m
 $A_m = 40,00$ m²
 $P_m = 18,00$ m
 $v = 0,73$ m/s
 $v = 0,73$ m/s
 $J = 0,00011$ m/m
 $J = 0,11$ m/km
 $h_p = 0,02$ m

Tabela 4.3.5 – Cálculo da perda de carga no canal de adução

CALCULO DO CANAL DE ADUÇÃO EM ROCHA

CLIENTE: ENERGÉTICA RODÃO LTDA
PROJETO: PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

DADOS DE PROJETO

VAZÃO: 29,23 m³/s (Q)
COMPRIMENTO DO CANAL ADUTOR: 163 m (L1)
LARGURA: 6,00 m (b)
NÍVEL DE ÁGUA: 4,00 m (h)
INCLINAÇÃO DO TALUDE: 0,000 (m)
COEF. DE RUGOSIDADE: 0,0250 (n)

FORMULAS

$R_h = h \cdot (b + m \cdot h) / (b + 2 \cdot h(1 + m^2))$ m (RAIO HIDRÁULICO.)
 $A_m = h \cdot (b + m \cdot h)$ m² (ÁREA MOLHADA)
 $P_m = b + 2 \cdot h(1 + m^2)^{1/2}$ m (PERÍMETRO MOLHADO)
 $v = Q / A_m$ m/s (VELOCIDADE DA ÁGUA)
 $v = 1/n \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$ m/s (VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
 $C =$ (consultar tabela Ve Te Chow) (COEF. DE RUGOSIDADE)
 $J = h_p / (L_1 + L_2)$ m/km (PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

$R_h = 1,71$ m
 $A_m = 24,00$ m²
 $P_m = 14,00$ m
 $v = 1,22$ m/s
 $v = 1,22$ m/s
 $J = 0,00045$ m/m
 $J = 0,45$ m/km
 $h_p = 0,07$ m

Tabela 4.3.6 – Cálculo da perda de carga na grande fina da Tomada d'água

CALCULO DA PERDA DE CARGA NA GRADE FINA - TOMADA DE ÁGUA CONDUTO			
CLIENTE:	ENERGÉTICA RODÃO LTDA		
PROJETO:	PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V		
DADOS DE PROJETO			
VAZÃO DE PROJETO:	29,23 m3/s	(VAZÃO)	(Q)
QTDE. GRADES:	2 un.		(n)
DIMENSÕES:	3,00 m	(LARGURA)	(L1)
	6,00 m	(N.A. NORMAL)	(L2)
FATOR DE SEGURANÇA:	0 %		(FS)
FATOR DE FORMA:	3,06		(Kg)
ESPESSURA DA BARRA:	10 mm		(b)
ESPAÇAMENTO BARRAS:	50 mm		(a)
INCLINAÇÃO DA GRADE:	75 °		(θ)
FORMULAS			
	$V= FS*Q/L1*L2*n$	m/s	(VELOCIDADE)
	$A= L1.L2.n$	m2	(ÁREA DAS GRADES)
	$h_i=K_g*(b/a)^{1,333}*SEN(\theta)*(V^2/2*g)$	m	(PERDA DE CARGA)
CÁLCULOS			
	V_c= 0,81	m/s	
	h_i= 0,0116	m	

Tabela 4.3.7 – Cálculo da perda de carga nas ranhuras das comportas da Tomada d'Água

CALCULO DA PERDA DE CARGA NO SULCOS DA COMPORTA TOMADA DE ÁGUA			
CLIENTE:	ENERGÉTICA RODÃO LTDA		
PROJETO:	PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V		
DADOS DE PROJETO			
VAZÃO:	29,23 m3/s	(VAZÃO)	(Q)
QTDE. COMPORTAS:	2 un.		(n)
DIMENSÕES:	3,00 m	(LARGURA)	(L1)
	3,00 m	(N.A. NORMAL)	(L2)
FATOR DE SEGURANÇA:	0 %		(FS)
COEF. DE PERDA CARGA:	0,3		(Ksu)
FORMULAS			
	$V = FS \cdot Q / L1 \cdot L2$	m/s	(VELOCIDADE)
	$A = L1 \cdot L2 \cdot n$	m2	(ÁREA PLENA)
	$h_i = Ksu \cdot V_c^2 / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA)
CÁLCULOS			
	$V_c =$	1,62	m/s
	$A_c =$	18	m2
	$h_i =$	0,04031	m

Tabela 4.3.8– Cálculo da perda de carga no conduto tramo único
CALCULO DA PERDA DE CARGA NO CONDUTO - TRECHOS INDEPENDENTES

CLIENTE: ENERGÉTICA RODÃO LTDA
PROJETO: PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

DADOS DE PROJETO

NÚMERO DE TUBOS INDEPENDENTES:	2	
DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO:	2,40 m	(ϕ)
DIÂM. VALV. BORBOLETA :	2,40 m	(ϕ)
DIÂM. MENOR DA REDUÇÃO:	2,40 m	
COMP. DA TUBULAÇÃO:	90 m	(L)
VAZÃO TURBINADA:	29,23 m ³ /s	(Q)
FATOR DE SEGURANÇA:	0 %	(FS)
QTDE. CURVAS (15-30):	0 un.	(n ₁)
QTDE. CURVAS (>45):	0 un.	(n _{1A})
QTDE. CURVAS (30-45):	0 un.	(n _{1B})
QTDE. BIFURCAÇÕES:	0 un.	(n ₂)
QTDE. REDUÇÕES:	1 un.	(n ₃)
QTDE. VALV. BORBOLETAS:	0 un.	(n ₄)
COEF. ENTRADA TUBULAÇÃO:	0,04	(K _e)
COEF. REF. TIPO TUBULAÇÃO:	0,32	(K _a)
COEF. REF. AS CURVAS (15-30):	0,06	
COEF. REF. AS CURVAS (> 45):	0,13	
COEF. REF. AS CURVAS (30-45):	0,09	(K _c)
COEF. REF. AS BIFURCAÇÕES:	0,20	(K _b)
COEF. REF. AS REDUÇÕES:	0,05	(K _r)
COEF. REF. VALV. BORBOLETA:	0,25	(K _{bo})

FORMULAS

$V = FS \cdot Q \cdot 4 / \pi \cdot \phi^2$	m/s	(VELOCIDADE ENTR. DA TUB/VALV. BORBOLETA)
$h_e = K_e \cdot V^2 / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA NA ENTR. DA TUB.)
$h_a = J \cdot L$	m	(PERDA DE CARGA NA TUB.)
$h_c = (n_1 \cdot K_{c1} \cdot n_{1A} \cdot K_{c1} + n_{1B} \cdot K_{c1}) \cdot V^2 / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA NAS CURVAS)
$h_r = n_3 \cdot K_r \cdot (V_2^2 - V_1^2) / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA NAS REDUÇÕES)
$h_b = n_2 \cdot K_b \cdot V^2 / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA NA BIFURCAÇÃO)
$h_{bo} = n_4 \cdot K_{bo} \cdot V^2 / 2 \cdot g$	m	(PERDA DE CARGA NA VALV. BORBOLETA)
$J = 410 \cdot K_a \cdot V^{1,9} / \phi^{1,1}$	m/km	(PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

$V_{tubulacao} = 3,23$	m/s	(VELOCIDADE NA TUBULAÇÃO.)
$V_{valvula} = 3,23$	m/s	(VELOCIDADE NA VALV. BORBOLETA)
$V_{reducao} = 3,23$	m/s	(VELOCIDADE NA REDUÇÃO)
$h_{entrada} = 0,021$	m	
$J = 2,933$	m/km	
$h_{tubulacao} = 0,264$	m	
$h_{curvas} = 0,000$	m	
$h_{bifurcacao} = 0,000$	m	
$h_{reducao} = 0,000$	m	
$h_{borboleta} = 0,000$	m	
$h_{TOTAL} = 0,29$	m	(PERDA DE CARGA TOTAL)

Tabela 4.3.9 – Cálculo da perda de carga no canal de fuga

CALCULO DA PERDA DE CARGA NO CANAL DE FUGA

CLIENTE: ENERGÉTICA RODÃO LTDA
PROJETO: PROJETO BÁSICO PCH CAVERNOSO V

DADOS DE PROJETO

VAZÃO:	29,23 m ³ /s	(Q)
COMPRIMENTO DO CANAL :	41,00 m	(L)
LARGURA:	14,40 m	(b)
NÍVEL DE ÁGUA:	1,50 m	(h)
INCLINAÇÃO DO TALUDE:	0,000	(m)
COEF. DE RUGOSIDADE:	0,025	(n)

FORMULAS

$Rh = h.(b+m.h)/(b+2.h(1+m^2)^{1/2})$	m	(RAIO HIDRÁULICO.)
$Am = h.(b+m.h)$	m ²	(ÁREA MOLHADA)
$Pm = b+2.h(1+m^2)^{1/2}$	m	(PERÍMETRO MOLHADO)
$v = Q/Am$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA)
$v = 1/n.Rh^{2/3}.J^{1/2}$	m/s	(VELOCIDADE DA ÁGUA - Manning)
$C =$ (consultar tabela Ve Te Chow)		(COEF. DE RUGOSIDADE)
$J =$	m/km	(PERDA DE CARGA UNITÁRIA)

CÁLCULOS:

Rh =	1,24	m
Am =	21,60	m²
Pm =	17,40	m
v =	1,35	m/s
v =	1,35	m/s
J =	0,00085	m/m
J =	0,85	m/km
perda=	0,03492	

4.3.8. ESCOLHA DO TIPO DE TURBINA E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Para a PCH Cavernoso V, foram adotadas turbinas Francis Simples eixo horizontal, com previsão de volante de inércia entre a turbina e o gerador. Serão duas turbinas, detalhadas nesta seção.

A escolha do tipo de turbina, de acordo com o gráfico Escolha do Tipo de Turbina, constante no manual da Eletrobrás, com base nos dados deste Projeto, aproximaram-se mais da Turbina do tipo Francis, conforme figura abaixo:

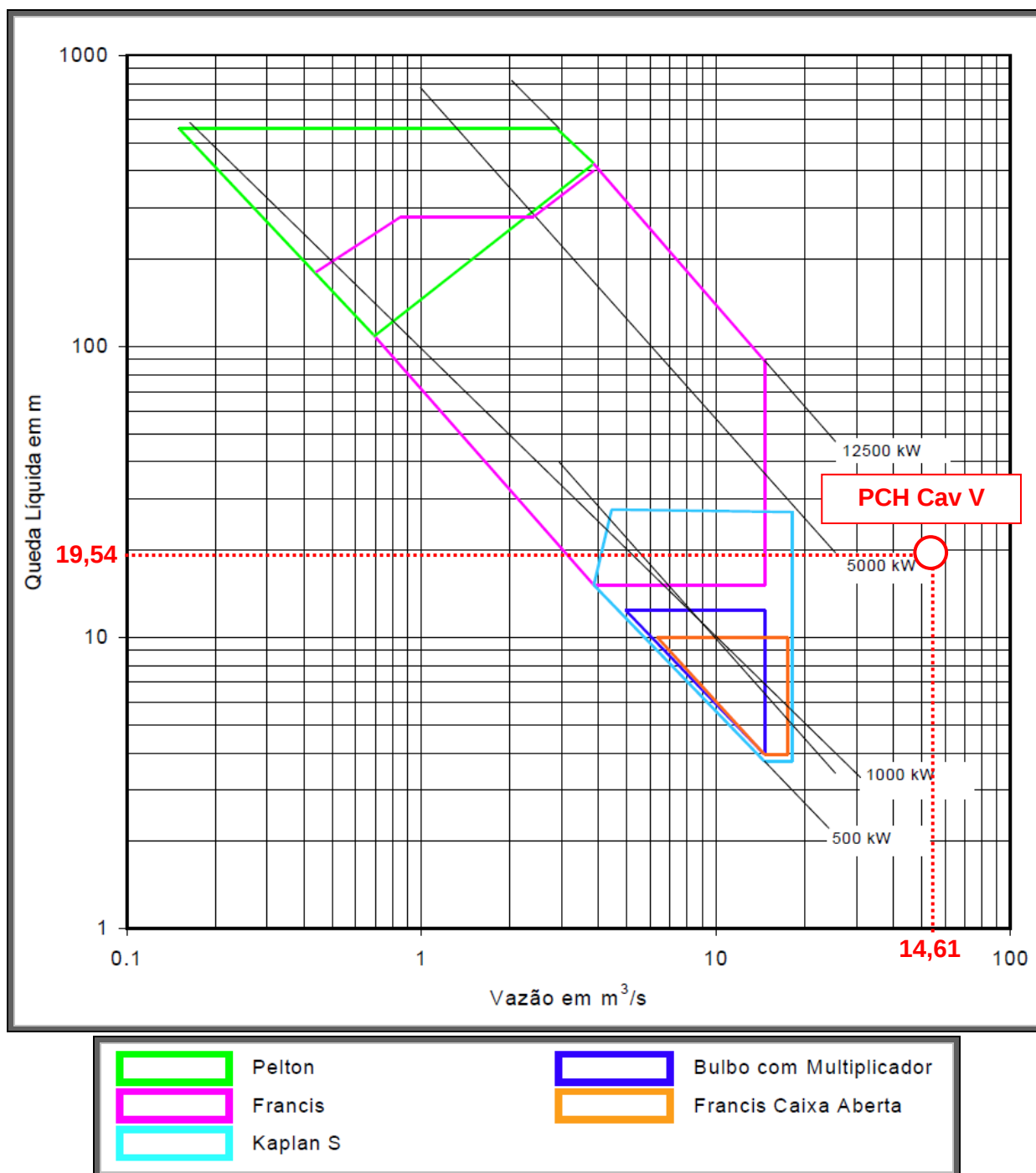


Figura 4.3.2 – Escolha do Tipo de Turbina – Manual da Eletrobrás

A seguir segue resumo dos dados técnicos das turbinas:

Turbina.....	Francis horizontal simples
Número de unidades.....	2
Rendimento.....	92,50%
Potência unitária nominal.....	2.500 kW
Vazão nominal unitária.....	14,61 m³/s
Vazão máxima turbinada.....	29,22 m³/s
Vazão mínima turbinada.....	4,38 m³/s

4.3.9. PRÉ-DIMENSIONAMENTO GERADORES

Para a PCH Cavernoso V, os seguintes estudos sobre os geradores foram considerados:

4.3.10. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL:

A potência do gerador é determinada através da seguinte equação:

$$P_g = P_T \left(\frac{\eta_g}{\cos\phi} \right)$$

Com PT sendo a potência das turbinas, no caso, 5.000 kW, rendimento do gerador estimado em 96,5%, e fator de potência do gerador igual a 0,9. O Manual da Eletrobrás sugere uma faixa de valores, partindo de 96% para geradores até 1.000 kW a 97%, para geradores até 10.000 kW, portanto, a escolha do rendimento dos geradores da PCH Cavernoso V encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela Eletrobrás.

O resultado obtido para a potência dos geradores para este aproveitamento é 5.556 KVA.

4.3.11. CÁLCULO DA ROTAÇÃO NOMINAL:

Para o cálculo da rotação nominal dos geradores, utilizou-se a seguinte equação:

$$n = \frac{1.600 \times Hl^{0,75}}{P_T^{0,5}}$$

Com Hl sendo a queda líquida do empreendimento, calculada em 19,54 metros. A rotação nominal calculada resultou num valor de 297,40 rpm, sendo considerada neste projeto básico o valor de 300 rpm.

4.3.12. ESTIMATIVA DE PESO DO GERADOR:

Para calcular o peso estimado dos geradores da PCH Cavernoso V, utilizou-se o ábaco abaixo:

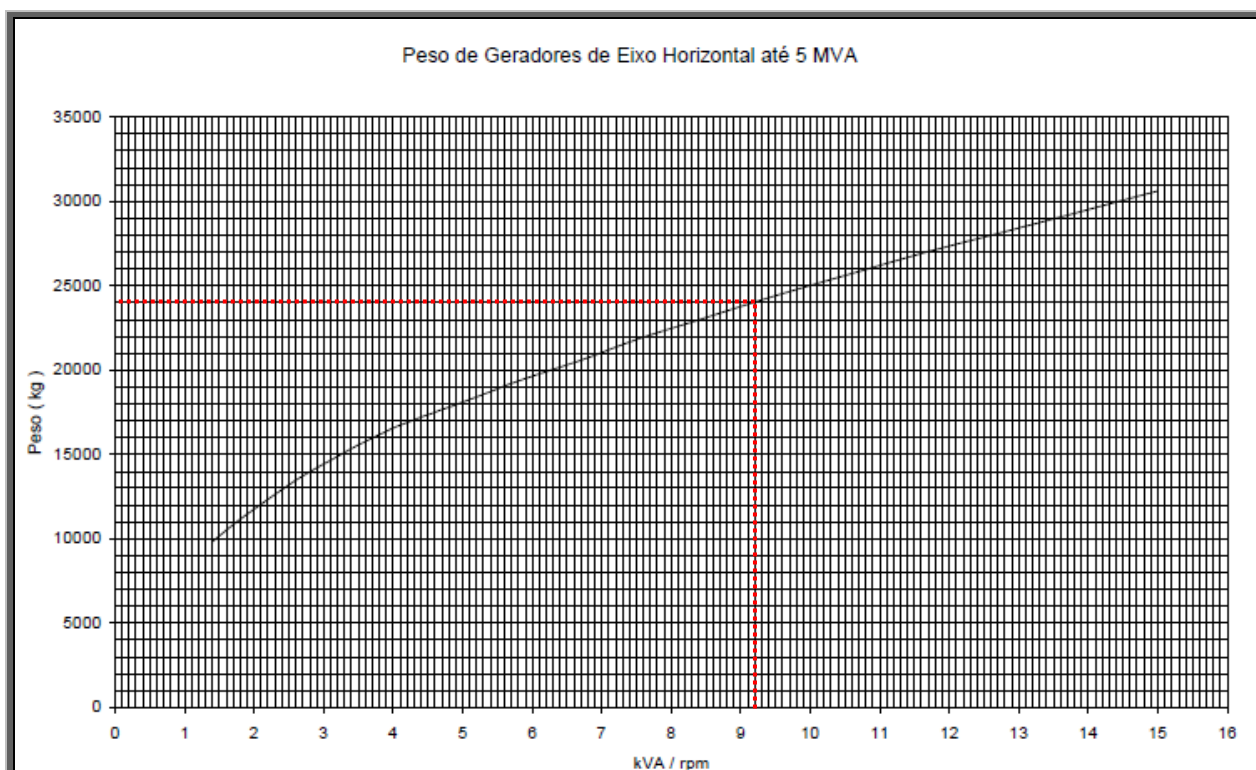


Gráfico 4.3.9 – Ábaco Peso de Geradores menores que 5 MVA – Manual da Eletrobrás

A abscissa kVA / rpm, para o caso da PCH Cavernoso VI foi calculada como 9,25, resultando a ordenada peso no valor aproximado de 24 toneladas.

4.3.13. NÚMERO DE POLOS DO GERADOR:

Determinou-se o número de polos do gerador utilizando-se a seguinte fórmula:

$$p = \frac{7.200}{n}$$

Com n sendo a rotação nominal.

O numero de polos calculado, portanto, são 24 polos.

Na tabela abaixo são listados os dados dos geradores considerados neste projeto básico:

Número de unidades.....	2
Rendimento.....	96,50%
Potência nominal.....	2.500 kW

Rotação nominal.....300 rpm
Peso unitário do Gerador.....24 ton
Número de Polos do Gerador.....24

Francisco Beltrão, PR, setembro de 2016.