SUMARIO

6.1.1. Estudos hidrológicos 34

6.1.1.1 Climatologia 34

6.1.1.2 Recursos Hídricos Superficiais 39

6.1.1.3 Recursos Hídricos Subterrâneos 57

6.1.1.4 Apresentação das Informações Hidrometeorológicas Utilizadas 60

6.1.1.5 Tratamento e consistência dos dados utilizados 61

6.1.1.6 Correlação estatística entre as estações fluviométricas 64

6.1.1.7 Metodologia empregada para obtenção da séria de vazões no local do aproveitamento 66

6.1.1.8 Preenchimento da série 71

6.1.1.9 Série de vazões médias mensais 72

6.1.1.10 Curvas características da PCH Paredinha 74

6.1.1.11 Estudo de vazões extremas 75

6.1.1.12 Estudo de vazões mínimas 79

6.1.1. Estudos hidrológicos

Este estudo apresenta como base os dados hidrológicos da bacia do rio Cachoeira, os quais foram obtidos através da Agência Nacional de Águas – ANA, para serem utilizados como embasamento na implantação da PCH Paredinha. Os dados estão desenvolvidos nos seguintes tópicos:

- O levantamento de dados hidrológicos;
- A análise de consistência para os dados levantados;
- A determinação da série de vazões médias mensais para o eixo da PCH Paredinha;
- A determinação da vazão máxima para dimensionamento e segurança das estruturas;
- A determinação da vazão mínima para manutenção de ecossistemas aquáticos.

6.1.1.1 Climatologia

A caracterização do clima e das condições meteorológicas da área da PCH Paredinha requer prévio conhecimento dos fatores e parâmetros que controlam e determinam os processos climatológicos ocorrentes na região.

O clima e as condições meteorológicas de uma região são determinados principalmente pelas circulações atmosféricas que atuam nas diversas escalas em que se insere a região, e em menor proporção pelas condições geográficas, geológicas e hidrológicas locais. Essas circulações são decorrentes da distribuição não uniforme da radiação solar líquida sobre a terra, do movimento de rotação da Terra, das diferenças de calor específico da terra e da água, do relevo, da evaporação de grandes massas de água e da evapotranspiração de grandes florestas. Esses fatores determinam um padrão variável no tempo e no espaço da

pressão atmosférica, umidade e temperatura do ar que, por sua vez caracterizam as condições de tempo em cada lugar. Apesar de toda a complexidade atmosférica, já se tem estabelecidos os principais fenômenos meteorológicos atuantes nas diversas regiões do Planeta Terra.

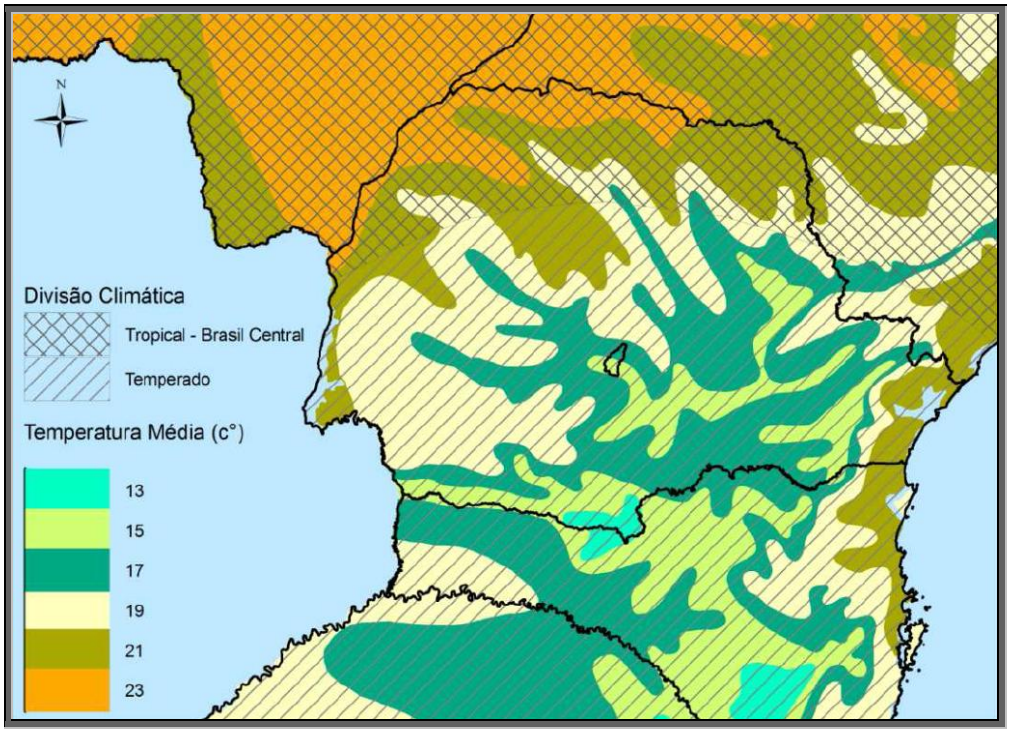
Segundo Nimer (1990), o sul do Brasil é uma das regiões geográficas do globo bem regadas por chuvas. Com efeito, o seu regime de chuvas ‑ caracterizado por índices pluviométricos que variam de 1.250 a 2.000 mm. De acordo com o mesmo autor, a temperatura no Sul do Brasil exerce um papel no mesmo sentido da pluviosidade, ou seja, o papel de unificador e uniformizadora do clima regional.

No estado do Paraná existem duas divisões de clima bem distintas, segundo a classificação de Kópen:

- Cfa – Clima Subtropical;
- Cfb – Clima Temperado.

Na região de implantação da PCH Paredinha, o clima caracteriza-se por ser do tipo Cfb, apresentando verões amenos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes.

Figura 6-1
Classificação climática do estado do Paraná segundo Kóppen. Fonte: desenho 301-DE-MAM-009. Em destaque, a bacia hidrográfica do rio Cachoeira.



As temperaturas na região oscilam entre 15 e 30ºC no verão, com freqüentes chuvas causadas por causa do calor associado à umidade. No inverno não são incomuns ocorrências esporádicas de intensas precipitações. Geadas são fenômenos constantes na região, não descartando ainda a precipitação de neve. Na região de implantação do aproveitamento, as variações de temperaturas encontradas podem ser caracterizadas pelos seguintes valores:

Temperaturas máximas:

- Média anual.....17,1 ºC
- Média do mês mais quente (janeiro)..... 20,8 ºC
- Média do mês mais frio (julho).....12,8 ºC

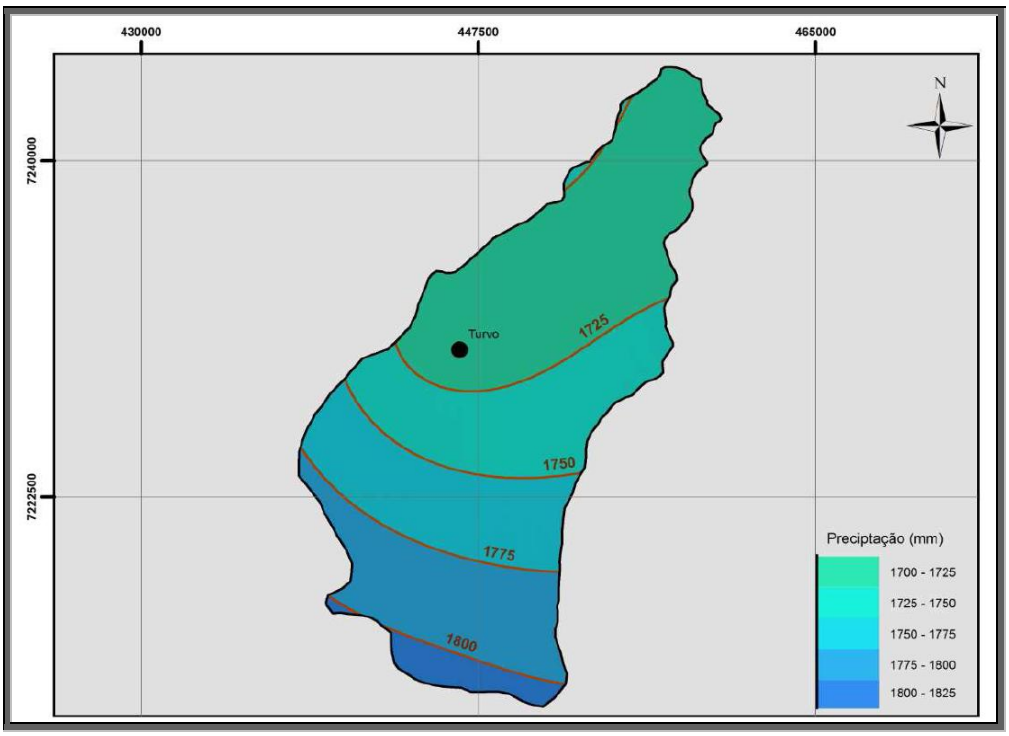
Temperaturas extremas:

- Máxima absoluta (novembro).....36,0 ºC

- Máxima absoluta (junho).....-6,8 ºC
- Máxima do mês mais frio (junho).....25,6 ºC
- Máxima do mês mais quente (janeiro).....32,0 ºC
- Média das máximas do mês mais quente (janeiro).....26,7 ºC
- Média das máximas do mês mais frio (julho).....8,4ºC

A umidade relativa do ar pode variar de 72 a 81%. A precipitação pluviométrica total normal varia de 1.548 a 1,809 mm, com um total de dias chuvosos em que a precipitação média fica acima de 5,0 mm entre 10 e 18 dias.

Figura 6-2
Precipitação anual média no estado do Paraná Isoietas na bacia hidrográfica do rio Cachoeira. Fonte: desenho 301-DE-MAM-008.



Na Figura 6-3 é possível verificar as estações pluviométricas que se encontram próximas à PCH Paredinha.

Figura 6-3
Localização das estações pluviométricas. Fonte: Google Earth, 2009

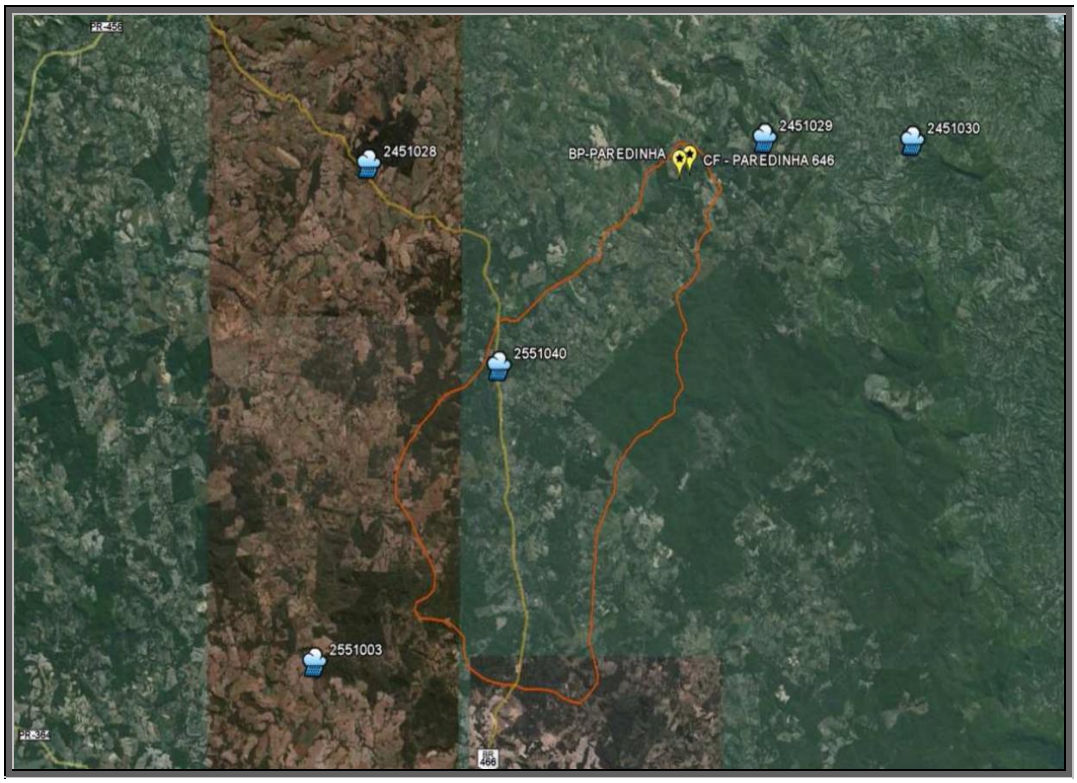


Tabela 6-1
Média anual de precipitação para as estações pluviométricas (mm).

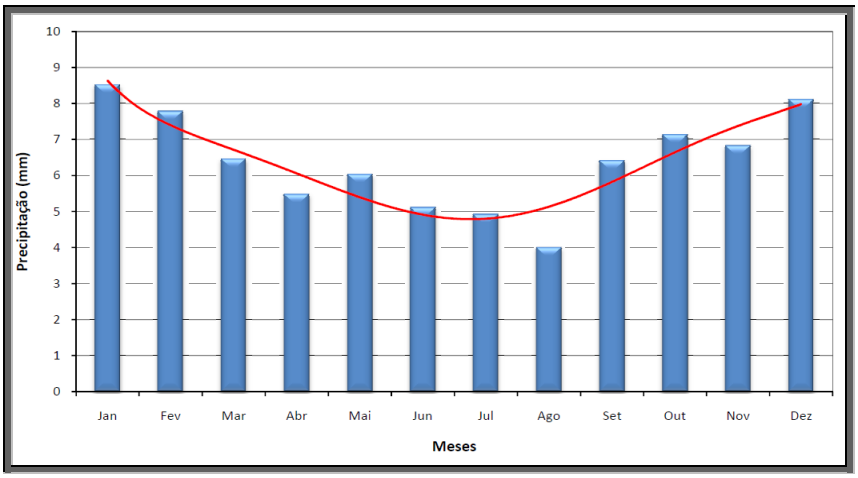
Estação Pluviométrica	Responsável	Precipitação anual (mm)
Boa Ventura de São Roque (02451028)	UDERHSA	1808,8
Colônia de Baixo (02451033)	UDERHSA	1686,0
Faxinal da Boa Vista (02451029)	UDERHSA	1650,1
Turvo (02551040)	UDERHSA	1548,0
Vitorino (02451030)	UDERHSA	1665,6
Média		1669,3

O número de dias chuvosos com precipitações mensais maiores que 5 mm só apresentados na Figura 6-2. Estas informações são importantes para auxiliar no planejamento da construção.

Tabela 6-2
Dias chuvosos > 5 mm – média da bacia.

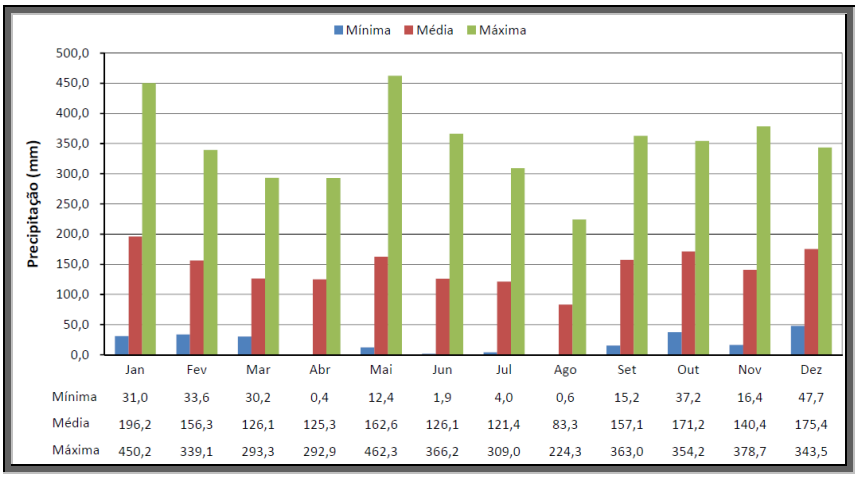
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Mínima	2	2	2	0	1	0	0	0	1	2	1	3	1
Média	9	8	11	5	6	5	5	4	6	7	7	8	6
Máxima	18	14	12	11	14	12	11	10	13	14	16	15	13

Figura 6-4
Média de dias chuvosos na bacia com precipitação maior que 5 mm



Quanto à variação sazonal, os histogramas das precipitações médias mensais mostram máximas relativas alternadas nos meses de relativas nos meses de junho julho e agosto. Estes períodos chuvosos são válidos em termos de longo prazo, pois não existem períodos chuvosos e secos claramente definidos. As precipitações máximas e mínimas podem acontecer em qualquer época do ano.

Figura 6-5
Precipitação média na bacia do rio Cachoeira



6.1.1.2 Recursos Hídricos Superficiais

- **Região Hidrográfica**

Conforme a subdivisão em regiões hidrográficas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelecida pela Resolução n° 32, de 15 de outubro

de 2003, o território nacional foi dividido em 12 regiões hidrográficas: Região Hidrográfica Amazônica;

Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia; Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental; Região Hidrográfica do Parnaíba; Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental; Região Hidrográfica do São Francisco; Região Hidrográfica Atlântico Leste; Região Hidrográfica Atlântico Sudeste; Região Hidrográfica do Paraná; Região Hidrográfica do Uruguai; Região Hidrográfica Atlântico Sul e Região Hidrográfica do Paraguai.

A área em estudo se encontra na Região Hidrográfica do Paraná que e constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional. A Região Hidrográfica do Paraná, com 32% da população nacional, apresenta o maior desenvolvimento econômico do Pais. Com uma área de 879.860 Km2, a região abrange os estados de São Paulo (25% da região), Paraná (21%), Mato Grosso do Sul (20%), Minas Gerais (18%), Goiás (14%),Santa Catarina (1,5%) e Distrito Federal (0,5%)41. A região e delimitada, ao norte, pelas regiões hidrográficas do Paraguai, Araguaia e São Francisco, a leste pela região do Atlântico Sudeste e ao sul pelas regiões do Uruguai e do Atlântico Sul (Ver Detalhe 1 do mapa 301-DE-MAM-001).

Cerca de 54,6 milhões de pessoas vivem na região (32% da população do Pais), sendo 90% em áreas urbanas. A região possui a cidade mais populosa da América do Sul, São Paulo. Outros importantes centros populacionais são: Brasília, Curitiba, Goiânia, Campinas, Campo Grande e Uberlândia.

O crescimento de grandes centros urbanos, como São Paulo, Curitiba e Campinas, em rios de cabeceira, tem gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que aumentam as demandas, diminui a disponibilidade de água devido a contaminação por efluentes domésticos, industriais e drenagem urbana.

Esse fato faz com que as cargas poluidoras geradas por essas regiões tenham um impacto maior sobre os corpos de água, pois as cabeceiras dos rios apresentam menor capacidade de assimilação da poluição.

A poluição de origem domestica e industrial e o principal impacto sobre os recursos hídricos desta região hidrográfica. As baixas percentagens de coleta e tratamento de esgotos domésticos fazem com que sejam significativas as cargas poluidoras, notadamente nas proximidades dos principais núcleos urbanos, comprometendo a qualidade dos mananciais de abastecimento, com destaque para a Região Metropolitana de São Paulo (reservatórios Guarapiranga e Billings), o rio Piracicaba e a bacia do Alto Iguaçu, onde se encontra a Região Metropolitana de Curitiba (BRASIL, 2005).

- **Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná**

Para fins de planejamento e administração dos recursos hídricos superficiais, o território do Estado do Paraná esta dividido em dezesseis bacias hidrográficas e doze unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos.

As Bacias Hidrográficas são regiões geográficas limitadas por divisores de águas que direcionam as águas da chuva da área mais alta a mais baixa, formando, a partir de vários afluentes, o rio principal. As Unidades Hidrográficas de Gerenciamento dos Recursos Hídricos são áreas cuja abrangência pode ser a bacia hidrográfica na sua totalidade, conjunto de bacias hidrográficas ou parte de bacias hidrográficas, visando promover o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

A Resolução no 49/2006 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) instituiu as diretrizes para a gestão das bacias hidrográficas do Paraná como unidade de planejamento. As bacias hidrográficas do Paraná são: Cinzas, Iguaçu, Ivai, Itararé, Litorânea, Ribeira, Paraná 1, 2 e 3, Paranapanema 1, 2, 3 e 4, Piquiri, Pirapo e Tibagi.

A Resolução do CERH n.º 49/2006 também definiu as doze unidades hidrográficas de gerenciamento dos recursos hídricos no território paranaense, a

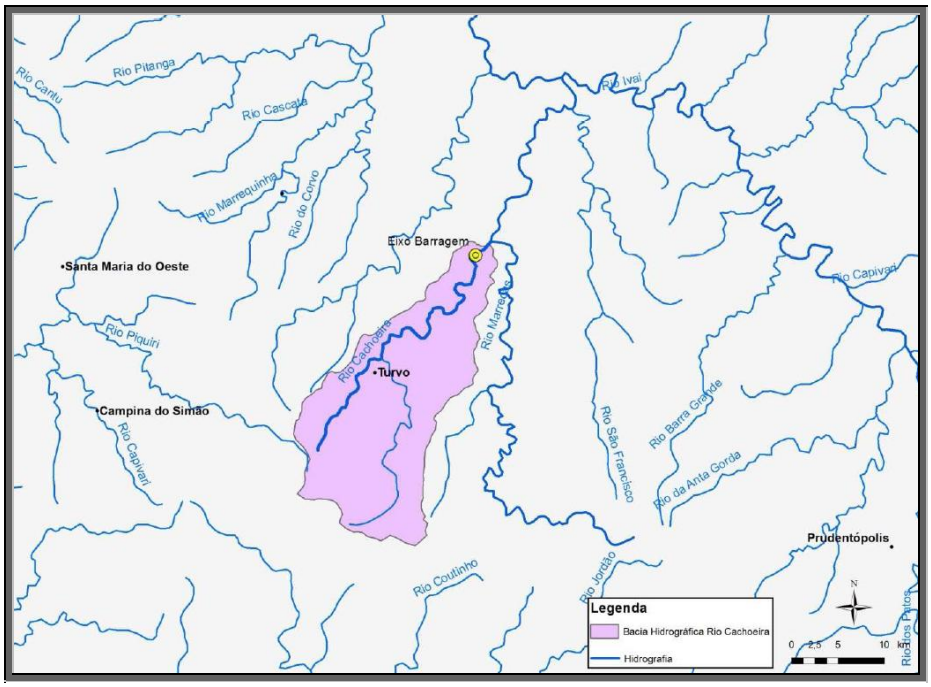
saber: Alto Iguaçu/Ribeira, Alto Ivai, Alto Tibagi, Baixo Iguaçu, Baixo Ivai/Paraná 1, Baixo Tibagi, Cinzas/Itararé/Paranapanema 1 e 2, Litorânea, Médio Iguaçu, Paraná 3, Pirapo/Paranapanema 3 e 4, Piquri/Paraná 2.

A área de estudo pertence a bacia hidrográfica do Ivai (ver Detalhe 2 do mapa 301-DEMAM- 001) e a unidade hidrográfica do Alto Ivai (ver Detalhe 3 do mapa 301-DE-MAM- 001). A bacia hidrográfica do rio Ivai não apresenta comitê de bacia hidrográfica.

A bacia do rio Ivai é a segunda maior bacia do território paranaense e esta localizada integralmente dentro dos limites do Estado. Possui uma área de 36.540,02 Km². Ao NNE, limita-se com as bacias do rio Tibagi, Pirapo e Paranapanema 4; no sentido sul, faz limites com as bacias do rio Paraná 2 e Piquiri, e ao centro-oeste o limite se faz com a bacia do rio Paraná 1. As águas do rio Ivai deságuam no rio Paraná, limite com o Estado do Mato Grosso do Sul. As cidades que se destacam são Maringá, Apucarana e Campo Mourão.

A área de drenagem da PCH Paredinha (ver mapa 301-DE-MAM-001) esta na micro-bacia do rio Cachoeira, tributário do rio Marrecas, como mostra a Figura 6-6, este afluente do rio Lajeada, que desemboca no rio Ivai. A área possui 342,70 km2 atingindo os municípios de Turvo (88,54%) e Guarapuava (11,46%). Em relação ao total da área dos municípios, cerca de, 1,23% da área do município de Guarapuava esta na área de estudo, alem de 32,30% do território de Turvo.

Figura 6-6
Localização área de estudo



- **Usos Múltiplos da Água**

A água constitui elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Presta-se para múltiplos usos:

Geração de energia elétrica, abastecimento domestico e industrial, irrigação de culturas agrícolas, navegação, recreação, aqüicultura, piscicultura, pesca e também para assimilação e afastamento de esgotos. Os setores usuários das águas são os mais diversos, com aplicação para inúmeros fins. A utilização pode ter caráter consuntivo, ocorrendo quando a água e captada do seu curso natural e somente parte dela retorna ao curso normal do rio, ou não consuntivo, onde toda a água captada retorna ao curso Deagua de origem.

O rio Cachoeira onde se insere o reservatório da PCH Paredinha e considerado como de classe 2, conforme consta no artigo art. 1º da Portaria SUREHMA nº. 019/92 de 12 de maio de 1992, que especifica o enquadramento dos cursos de água da bacia do rio Ivai.

A Resolução CONAMA n° 357, de 17 de marco de 2005, que redige sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, diz que o rios de classe 2 podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, apos tratamento convencional;
- A proteção das comunidades aquáticas;
- A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- A irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o publico possa vir a ter contato direto; e
- A aqüicultura e a atividade de pesca.

Nos próximos itens estão descritos os principais usos da água na área de estudo e as estimativas da vazão de uso conjuntivo e de consumo para o ano de 2061, considerando a vida útil do projeto.

- **Metodologia**
- Diagnostico Atual

A caracterização dos usos da água foi realizada com base no relatório do diagnostico das demandas e disponibilidades hídrica superficiais, elaborado para o plano estadual de recursos hídricos do estado do Paraná. Com o objetivo de trazer essas informações para a área em estudo, foi realizada uma adaptação buscando usar a mesma metodologia do plano estadual de recursos hídricos.

Os dados coletados e analisados são dos municípios de Turvo e Guarapuava que integram a área de drenagem em estudo, representando 32,30% e 1,23% de seus territórios, respectivamente. Para complementação do diagnostico foram utilizados dados oficiais do IBGE e realizaram-se os procedimentos descritos no próximo item para estimar os usos para o ano de 2011.

- Cenário para vazão de Usos Consuntivos

Para a elaboração do cenário futuro para a vazão de uso conjuntivo, estimou-se a vazão dos principais tipos de usos para a área de estudo do período de 2011 a 2061. Os usos estimados foram:

- Abastecimento Urbano

A estimativa para abastecimento urbano foi feita a partir do levantamento da população urbana de 2010, segundo censo 2010 do IBGE. Obtida a população urbana dos municípios de Turvo e Guarapuava, utilizou-se a taxa de crescimento anual da população brasileira, calculada pelo IBGE, para estimar a população ate o ano de 2050. Para a projeção ate 2061 foram adotadas a taxa de crescimento nacional entre os anos de 2049 e 2050 (Ver Tabela 6-3).

Tabela 6-3
Taxa de crescimento da população em relação ao ano anterior

ANO	TAXA DE CRESC.	ANO	TAXA DE CRESC.	ANO	TAXA DE CRES.
2010	-	2027	0,403%	2044	-0,137%
2011	0,866%	2028	0,373%	2045	-0,163%
2012	0,814%	2029	0,341%	2046	-0,189%
2013	0,769%	2030	0,308%	2047	-0,215%
2014	0,729%	2031	0,275%	2048	-0,240%
2015	0,694%	2032	0,240%	2049	-0,266%
2016	0,664%	2033	0,205%	2050	-0,291%
2017	0,637%	2034	0,171%	2051	-0,291%
2018	0,612%	2035	0,137%	2052	-0,291%
2019	0,589%	2036	0,103%	2053	-0,291%
2020	0,568%	2037	0,070%	2054	-0,291%
2021	0,547%	2038	0,038%	2055	-0,291%
2022	0,527%	2039	0,007%	2056	-0,291%
2023	0,505%	2040	-0,023%	2057	-0,291%
2024	0,483%	2041	-0,052%	2058	-0,291%
2025	0,458%	2042	-0,081%	2059	-0,291%
2026	0,431%	2043	-0,110%	2060	-0,291%

A definição da população urbana atendida levou em consideração a localização do manancial de captação de água superficial. Para o município de Turvo toda a população urbana e atendida pela bacia do rio Cachoeira, enquanto que para o município de Guarapuava considerou-se que apenas uma parte da população urbana será abastecida por esta, correspondente ao território do município inserida na área de estudo.

Com a população estimada, utilizou-se para o calculo da vazão demandada, o coeficiente de retirada urbana per capita para os municípios de Turvo e Guarapuava adotadas pelo SUDERHSA (2010 b), que foi determinada através do calculo do quociente entre o volume macro produzido de água (SNIS) e a população atendida de água (SNIS), para cada município. Sendo assim, os coeficientes adotados para os municípios de Guarapuava e Turvo foram de 130,80 l/hab x dia e 102 l/hab x dia, respectivamente.

- Abastecimento Rural

A vazão de uso rural representa a demanda de água para atender a população rural. Ela foi calculada a partir da população rural no ano de 2010, segundo censo do IBGE. Sua extrapolação, para o ano de 2061, foi feita aplicando-se uma taxa de crescimento de 0,28% que representa o crescimento médio anual da população rural dos municípios de Guarapuava e Turvo entre os censos de 2000 e 2010.

Para obter a população rural atendida pela bacia hidrográfica em estudo foi realizada uma ponderação, considerando que esta população esta relacionada ao quanto da área da bacia representa das áreas totais dos municípios, aproximadamente 32,30% e 1,23% de Turvo e Guarapuava, respectivamente.

Com os dados da população efetivamente atendida, utilizou-se o coeficiente de 90 litros/habitante/dia (SEMA, 2010), como coeficiente de retirada rural, para estimativa da vazão demandada.

- Irrigação

A vazão demandada para irrigação foi calculada a partir do levantamento da área irrigada dos municípios de Turvo e Guarapuava, retirada do censo agropecuário de 2006 (IBGE).

Realizou-se a mesma ponderação feita o abastecimento rural, obtendo assim a área irrigada efetivamente atendida pela área de estudo. Aplicou-se uma

vazão de retirada e consumo para irrigação de 0,209 L/s/ha (SUDERHSA, 2010 b), obtendo-se assim a vazão demandada para irrigação.

O calculo da estimativa da vazão para irrigação foi feita aplicando-se uma taxa anual de crescimento de 4,88%, que foi a taxa media de crescimento das áreas irrigadas para aRegiao Hidrográfica do Paraná entre os anos de 1996 a 2000, conforme MMA/ANA (CONEJO, 2005, p. 80).

- Industrial

A estimativa da demanda de água pela industria foi realizada adotando-se uma taxa de crescimento anual de 2,78 %, que representa a media de crescimento da produção física da industria, segundo dados mensais do IBGE entre o período de jan/1991 a out/2010, para o Estado do Paraná.

Esta taxa foi aplicada a vazão industrial demandada para os municípios de Turvo e Guarapuava, calculada para o ano de 2004 no relatório do diagnostico das demandas e disponibilidades hídricas superficiais, que e um dos produtos do plano estadual de recursos hídricos do estado do Paraná.

Para este uso foi realizada a mesma ponderação feita para os demais, considerando a área efetiva do município que e atingida pela área de drenagem da PCH Paredinha.

- Dessedentação animal

O consumo de água para dessedentação animal esta diretamente associado ao efetivo dos rebanhos existentes e ao tipo de criação (extensiva ou intensiva) e, corresponde não somente ao consumo propriamente dito dos animais, mas também a toda demanda de água associada a sua criação.

Os dados coletados sobre os rebanhos dos municípios da área de estudo, foram obtidos através de dados sobre a pecuária, fornecidos pelo IBGE, e correspondem ao numero de cabeças dos rebanhos de asininos, bovinos, bubalinos,

caprinos, codornas, coelhos, equinos, galinhas, galos, muares, ovinos e suínos entre os anos de 1974 a 2009.

Apos a obtenção dos números dos rebanhos foi realizada a mesma ponderação feita para o abastecimento rural, considerando a percentagem da área dos municípios efetivamente presentes na área de estudo.

Com os dados do rebanho efetivamente presente na área de estudo, obteve-se a vazão de demanda para cada tipo de rebanho multiplicando-se o numero de cabeças de animais pela vazão de consumo por tipo de animal (ver Tabela 6-4).

Tabela 6-4
Demanda de água por tipo de animal

Animais	L/cabeça/dia
Bovinos	45
Eqüinos	40
Bubalinos	50
Suínos	100
Caprinos	8
Ovinos	8
Galos, frangas, frangos e pintos	0,25
Galinhas	0,6

A somatória das vazões demandadas dos diferentes tipos de rebanho nos fornece a vazão de uso para a dessedentação animal.

Para a estimativa dos rebanhos para os anos posteriores a 2009 foi adotada a media do numero de cabeças de cada espécie, pois se verificou que anualmente (entre 1974 a 2009), o aumento no numero de animais não apresenta uma tendência aparente.

- **Usos Consuntivos**

- Diagnostico Atual

- Abastecimento Publico;

Guarapuava e Turvo possuem uma população urbana de 153.098 e 5.053 habitantes (IBGE, 2010). A empresa de saneamento que atende ambos os municípios é a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

No município de Guarapuava, a rede de abastecimento de água tratada da SANEPAR esta disponível para 100% da população urbana. O sistema de tratamento de água e composto pelas seguintes fases: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Segundo SANEPAR (2010), o manancial que atende o município de Guarapuava e o rio dos Patos com uma área de 1.017,2 Km². Este manancial não pertence a área de drenagem do rio Cachoeira, portanto não interfere na disponibilidade hídrica da região em estudo.

No município de Turvo, a rede de abastecimento de água tratada da SANEPAR esta disponível para 100% de sua população urbana. O sistema de tratamento de água e composto pelas seguintes fases: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.44.

Conforme SANEPAR (2010), a área em estudo possui um ponto de captação de água superficial próximo a região urbana do município. No relatório do diagnostico das demandas e disponibilidades hídrica superficiais, elaborado para o plano estadual de recursos hídricos do estado do Paraná, a vazão de captação de água superficial para abastecimento da população urbana era de 2,4 L/s, enquanto que outros 4,7 L/s eram provenientes de captação subterrânea.

Para a área de estudo, através dos cálculos realizados, chegou-se ao valor de consumo atual de 0,009 m3/s.

- Abastecimento Rural;

Segundo dados do Censo 2010 do IBGE, os municípios de Guarapuava e Turvo possuem 14.365 e 8.785 habitantes na zona rural, totalizando 23.150 habitantes. Considerando a proporção da área de cada município na área de estudo, estima-se a população rural na área de estudo e a vazão para o ano de 2010, chegando a uma demanda atual de 0,003 m3/s.

- Dessedentação Animal;

A constituição do rebanho dos municípios de Guarapuava e Turvo encontra-se na Tabela 6-5.

Tabela 6-5
Número de cabeças dos diferentes tipos de rebanho dos municípios de Turvo e Guarapuava

Tipo de rebanho	Guarapuava (nº. cabeças)	Turvo (nº. cabeças)
Bovino	55.900	48.400
Equino	5.890	3.600
Bubalino	30	95
Asinino	11	-
Muar	130	125
Suíno	49.830	9.530
Caprino	3.600	1.250
Ovino	18.900	4.400
Galos, frangas, frangos e pintos	78.175	30.294
Galinhas	170.227	15.606
Codornas	-	-
Coelhos	370	-

Considerando a proporção dos municípios pertencente a área de estudo, estima-se que o numero de cabeças para os diferentes tipos de rebanho na área de estudo será conforme a distribuição da Tabela 6-6.

Tabela 6-6
Número de cabeças dos diferentes tipos de rebanhos da área de estudo

Tipo de rebanho	Guarapuava (nº. cabeças)	Turvo (nº. cabeças)
Bovino	687	15.635
Equino	72	1.163
Bubalino	-	31
Asinino	-	-
Muar	2	40
Suíno	613	3.079
Caprino	44	404
Ovino	232	1.421
Galos, frangas, frangos e pintos	961	9.786
Galinhas	2.093	5.041
Codornas	-	-
Coelhos	5	-

Os diferentes tipos de espécies demandam uma quantidade de água para sua criação. A Tabela 6-4 mostra a demanda de água para os diferentes tipos de animais. Multiplicando-se o numero de cabeças de animais pela sua taxa de consumo de água e somando a demanda de todas as espécies, temos a vazão de dessedentação para a área de estudo de 0,015 m3/s.

- Irrigação;

Segundo IBGE (2006), os dois municípios componentes da área de estudo possuem 85 estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação, somando 223 hectares de área irrigada (ver Tabela 6-7 e Tabela 6-8).

Tabela 6-7
Estabelecimento agropecuários com uso de área irrigada e total de área irrigada por tipo de método

Municípios	Inundação	Sulcos	Aspersão (pivô central)	Aspersão (outros métodos)	Localizado (gotejamento, microaspersão, etc.)	Outros métodos de irrigação e/ou molhação	Total
Guarapuava	-	2	-	25	11	27	60
Turvo	-	-	-	9	1	15	25
Total	-	2	-	34	12	42	85

Tabela 6-8
Área irrigada por tipo de método, em hectares (ha)

Municípios	Inundação	Sulcos	Aspersão (pivô central)	Aspersão (outros métodos)	Localizado (gotejamento, microaspersão, etc.)	Outros métodos de irrigação e/ou molhação	Total
Guarapuava	-	-	-	94	54	43	192
Turvo	-	-	-	8	-	22	31
Total	0	0	0	102	54	65	

A área irrigada dos municípios efetivamente presente na área de estudo, considerando a proporção do território pertencente a esta área Tabela 6-8, esta na . Para estimativa da vazão utilizou-se a taxa de água demandada por área irrigada, adotada por SUDERHSA (2010 b) de 0,209 (L/s.ha). Desta forma obteve-se que a vazão demandada para irrigação na área de estudo e de 0,003 m3/s.

- Industria;

Dentre as industrias existentes na área de estudo, destaca-se no município de Turvo a IBEMA Cia. Brasileira de Papel, sendo responsável pela produção de papel-cartao com uma capacidade instalada de 108.000 toneladas/ano, colocando a empresa como a 3a maior produtora do Brasil.

Segundo o relatório do diagnostico das demandas e disponibilidades hídrica superficiais, elaborado para o plano estadual de recursos hídricos do estado do Paraná, a demanda de água para a industria no ano de 2004, dos municípios da área de estudo foi respectivamente de 5,4 e 61,1 m3/s para Guarapuava e Turvo.

Realizando a ponderação correspondente as áreas dos municípios inseridas na área de estudo a vazão demandada de água para o uso na industria e de 0,030 m3/s.

- Vazão de Usos Consuntivos

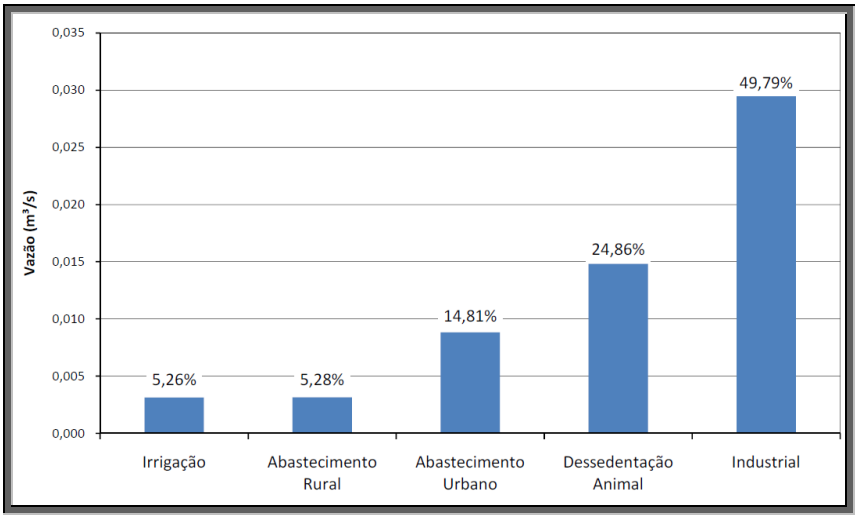
Na Tabela 6-9 estão a vazão de uso consuntivos para o ano de 2010 para os diferentes tipos de usos. Observa-se uma vazão total de 0,060 m3/s, sendo que o industrial e o uso predominante com uma vazão de 0,030 m3/s.

Tabela 6-9
Vazões de usos consuntivos atual

Tipos	Q (m³/s)
Abastecimento Urbano	0,009
Abastecimento Rural	0,003
Abastecimento Animal	0,015
Irrigação	0,003
Industrial	0,03
Total	0,06

A Figura 6-7 mostra a distribuição da vazão dos diferentes tipos de uso, onde o uso industrial representa 49,79 % da vazão demandada total, enquanto que a dessedentação animal corresponde a 24,86 % e abastecimento urbano 14,81 %.

Figura 6-7
Distribuição da vazão por tipos de uso



- Cenário para Vazão de Usos Consuntivos

A Tabela 6-10 mostra a estimativa da vazão de uso consuntivo ate o ano de 2061, conforme metodologia descrita anteriormente, para um período de 50 anos que e a vida útil do empreendimento.

Tabela 6-10
Estimativa da vazão de usos consuntivos, em m³/s

Tipo de uso	1970	1980	1991	2000	2011	2021	2031	2041	2051	2061
Abastecimento Urbano	0,001	0,002	0,006	0,008	0,009	0,009	0,01	0,01	0,001	0,009
Abastecimento Rural	0,001	0,001	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Dessedentação	0,02	0,027	0,01	0,013	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Irrigação	0	0,001	0,001	0,002	0,003	0,005	0,009	0,014	0,022	0,036
Industrial	0,01	0,013	0,018	0,023	0,03	0,04	0,053	0,069	0,091	0,12
Total	0,032	0,043	0,039	0,048	0,061	0,073	0,089	0,111	0,141	0,182

- Disponibilidade Hídrica

A Tabela 6-11 mostra a disponibilidade hídrica para a área de estudo, demonstrando a relação da vazão de demandada e a vazão disponível.

Tabela 6-11
Disponibilidade hídrica para a área de estudo (m³/s)

Ano	Vazão média de longo termo	Vazão demandada	$Q_{demanda}/Q_{mlt}$	Vazão de retorno	Vazão consumida	Acréscimo vazão consumida (em relação a 2010)
1970	7,327	0,032	0,44%	0,019	0,013	-0,011
1980	7,327	0,043	0,59%	0,026	0,017	-0,007
1991	7,327	0,039	0,53%	0,024	0,015	-0,009
2000	7,327	0,048	0,66%	0,029	0,019	-0,005
2011	7,327	0,061	0,83%	0,037	0,024	0,000
2021	7,327	0,073	0,99%	0,044	0,029	0,005
2031	7,327	0,089	1,21%	0,054	0,035	0,011
2041	7,327	0,111	1,51%	0,067	0,044	0,020
2051	7,327	0,141	1,92%	0,085	0,055	0,032
2061	7,327	0,182	2,49%	0,110	0,072	0,048

Para a realização da analise da área de drenagem da PCH Paredinha foi utilizada a razão entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a vazão media a longo termo. A European Environment Agency e as Nações Unidas utilizam o Índice de Retirada de Águaou water exploitation index, que e igual ao quociente entre a retirada total anual e a vazão media de longo período. Este índice adota a seguinte classificação:

- < 5% - Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento e necessária. A água e considerada um bem livre;

- 5 a 10% - A situação e confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
- 10 a 20% - Preocupante. A atividade de gerenciamento e indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- 20% a 40% - A situação e critica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- > 40% - A situação e muito critica.

A área de estudo encontra-se numa condição excelente atualmente com um índice inferior a 5%. Para o ano de 2061 a área continuara apresentando uma condição excelente com pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento.

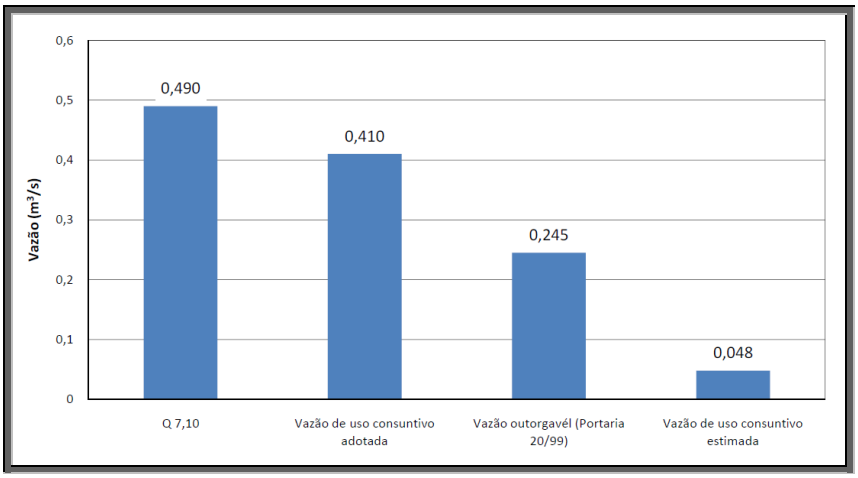
- Vazão de Uso Consuntivo para Uso nos Estudos Energéticos

Para o estudo energético a vazão de uso consuntivo adotada, levou em consideração a Resolução da SUDERHSA 20/99, que define os critérios de outorga para recursos hídricos superficiais no estado do Paraná. Segundo esta portaria, a vazão máxima outorgavel para captações a fio Deagua e igual a 50% da Q7,10. No estudo energético a vazão de uso consuntivo adotada foi a correspondente a 50 % da vazão em 98% do tempo (Q98), cujo valor calculado foi de 0,41 m3/s. Esta vazão e superior a vazão máxima outorgavel (0,245 m3/s) e a vazão de uso consuntivo estimada para o ano de 2061 (0,048 m3/s), caracterizando um cenário conservador, pois a vazão não turbinada será maior, podendo ser demandada por outros usuários da bacia.bOs valores das vazões analisadas estão na Tabela 6-12 e Figura 6-8.

Tabela 6-12
Vazão de uso consuntivo para estudo energético

Tipo de Vazão	Valor (m³/s)
$Q_{7,10}$	0,49
Vazão de uso consuntivo adotado	0,41
Vazão outorgavél 50% $Q_{7,10}$ (Portaria 20/99)	0,245
Vazão de uso consuntivo estimado	0,048

Figura 6-8
Vazão de uso consuntivo para estudo energético



- **Usos Não Consuntivos**

- Energia Elétrica

Na área de drenagem do rio Cachoeira foram identificadas quatro Pequenas Centrais Hidrelétricas em diferentes estágios de implantação, que buscam o aproveitamento dasaguas para a geração de energia elétrica. Segundo dados levantados no Sistema de Informações Georeferenciadas do Setor Elétrico (SIGEL) 54, o empreendimento localizado no rio marrecas esta num ponto mais a jusante da PCH Paredinha.

Tabela 6-13
Unidades geradoras de energia elétrica

Nome (PCH)	Estágio	Latitude	Longitude	Município	Rio	Ato Legal	P outorgada (W)	Proprietário
Confluência	Outorga	-24,91	-51,40	Prudentópolis	Marrecas	DSP 627/2002	20000	Confluência Energia S/A
Cachoeira	Operação	-24,93	-51,43	Guarapuava	Pequeno	Dec nº. 86.499 de 27/10/1981	1840	Companhia Brasileira de Papel
Cachoeira	PB com registro	-24,93	-51,42	Turvo	Cachoeira	DSP 627/2002	5700	Não identificado
Salto da Ponte	PB com registro	-24,94	-51,42	Turvo	Cachoeira	DSP 627/2002	1350	Não identificado

- Navegação

Conforme consta no caderno setorial de recursos hídricos: transporte hidroviário, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente no ano de 2006, a região

hidrográfica do Paraná possui 1.900 km navegáveis, com mais 2.900 km potenciais para navegação, totalizando 4.800 km de extensões navegáveis.

Analisando o mapa dos principais rios navegáveis elaborado pelo Ministério dos Transportes, o rio Cachoeira não possui áreas consideradas navegáveis, conforme a Lei no 5917/73 que aprova o Plano Nacional de Viação.

- Turismo

O município de Turvo, pertencente a área de estudo, possui como principais aspectos turísticos, relacionado a interação dos recursos hídricos e a paisagem, cachoeiras e grutas.

Na sede de Turvo ou a cerca de meia hora, ha cachoeiras, como Salto Grande e Faxinal dos Saltinhos, e grutas, como a Toca do Tigre e a Colônia Velha 56.

- Considerações Finais

A área de drenagem da PCH Paredinha possui uma grande diversidade de usos, concentrando-se no uso industrial com uma vazão de 0,030 m3/s, que corresponde a 49,79 % da vazão total para usos consuntivos, que e de 0,060 m3/s. A principal indústria usuária da água e a de papel e celulose, IBEMA.

A estimativa da vazão dos usos consuntivos para o ano de 2061, levou aos valores de acréscimo da vazão de consumo mostrados na Tabela 6-14. As vazões de uso consuntivo encontradas para serem analisadas para o estudo energético representam o acréscimo da vazão consumida em relação ao ano de 2011.

Tabela 6-14
Resumo das vazões de uso consuntivo, em (m³/s)

Ano	Acréscimo vazão consumida (em relação a 2011)
2011	-
2021	0,005
2031	0,011
2041	0,02
2051	0,032
2061	0,048

Para o calculo dos estudos energéticos foi adotada a vazão de 0,41 m3/s, que corresponde a 50% da vazão em 98 % do tempo (Q_{98}), e superior a vazão máxima outorgada e a vazão de uso consuntivo estimada, o que caracteriza um cenário conservador, não implicando em graves conflitos com os demais usuários da bacia.

6.1.1.3 Recursos Hídricos Subterrâneos

Este item tem por objetivo caracterizar as principais unidades aqüíferas do Estado do Paraná, e a possível disponibilidade hídrica destas. A caracterização foi feita através do “Produto 1.2 – Diagnostico das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas”, que integra a PARTE B dos produtos previstos para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, em execução pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA.

- **Unidades Aqüíferas da Área de Estudo**

As Unidades Aqüíferas de ocorrência no Estado do Paraná, conforme termos consagrados utilizados pela comunidade hidrogeologia do Paraná, são: Aqüíferas pré-cambriana, Karst, Paleozoica Inferior, Paleozoica Media-Superior, Paleozoica Superior, Guarani, Serra Geral Norte e Sul, Caiua, Guabirotuba e Costeira.

A região estratégica IVA 2 de gestão dos recursos hídricos do Paraná, onde localiza-se a área de estudo, e atingida pelas seguintes unidades aqüíferas: Paleozóica Media-Superior; Paleozóica Superior; Guarani e Serra Geral Norte (ver mapa 301-DE-MAM-010).

- Paleozóica Media Superior

A unidade aqüífera Paleozóica Média-Superior e formada pelos aqüíferos Rio Bonito e Itararé e esta localizada no Segundo Planalto Paranaense, ocupando uma área de 19.533,30 km².

E constituída principalmente pelas litológicas que constituem o aqüífero Itararé, que são representadas por camadas de arenitos que se encontram intercaladas com diamictitos, argilitos e folhelhos varvicos. A espessura media do pacote sedimentar e de aproximadamente 800 m e a das camadas aqüíferas varia entre 5 e 20 m. Uma das características marcantes do aqüífero e a variação lateral, tanto dos arenitos como dos sedimentos peliticos. A vazão media dos poços e de 9,6 m3/h.

O aqüífero Rio Bonito e representado por arenitos de granulação fina a media, as vezes conglomeraticos, que ocorrem intercalados com folhelhos, siltitos, argilitos e leitos de carvão. A espessura total dos sedimentos atinge 140 m. Na região de ocorrência dessas rochas, igualmente distribuídas no Segundo Planalto Paranaense, o índice pluviométrico alcança 1.400 mm/ano. A vazão media dos poços gira em torno de 17,5 m3/h.

- Paleozóica Superior

A área ocupada por esta unidade aqüífera e de 17.117,06 km2. As vazões medias dos aqüíferos que compõem a Unidade Aqüífera Paleozóica Superior são: Irati (4,6 m3/h), Serra Alta (5,4 m3/h), Terezina (6,8 m3/h), Palermo (4,1 m3/h) e Rio do Rasto (6,4 m3/h).

- Unidade Aqüífera Guarani

O Aqüífero Botucatu, também denominado Aqüífero Gigante do Mercosul (Araujo et al., 1995) ou Aqüífero Guarani, e referido como sendo o conjunto de estratos eólicos e fluviolacustres que se encontram sotopostos aos basaltos da Formação Serra Geral.

No Estado do Paraná, a maior parte do aqüífero encontra-se confinada e distribuída numa uma área de 103.930,92 km2, abrangendo toda a extensão do Terceiro Planalto Paranaense. As vazões medias dos poços perfurados na unidade aqüífera e da ordem de 74,2 m3/h.

- Unidades Aqüíferas Serra Geral Norte

Aqüífero Serra Geral e a denominação utilizada para referir-se a sequência de derrames de lavas basálticas que ocorre no Terceiro Planalto Paranaense. A área de afloramento dessas rochas, em território paranaense, corresponde a 101.959,63 km2 e as espessuras máximas atingem ate 1.500 m (Araújo et al., 1995). Em função das características geomorfológicas e hidrogeologicas, a unidade aqüífera Serra Geral pode ser subdividida em Serra Geral Norte (área de 61.095,33 km2) e Serra Geral Sul (área de 40.864,30 km2). A unidade Serra Geral Sul corresponde a área da bacia do rio Iguaçu, no Terceiro Planalto, e a Serra Geral Norte, nas áreas onde ocorrem as demais bacias do Terceiro Planalto, incluindo as bacias dos rios Ivai, Itararé, Piquiri, Paraná 3, Pirapo, Tibagi, Cinzas e Paranapanema 1, 2 e 3.

- **Disponibilidade Hídrica Subterrânea**

Segundo o relatório, denominado “Produto 1.2 – Diagnostico das Disponibilidades Hídricas Subterrâneas”, que integra a PARTE B dos produtos previstos para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná, em execução pela SUDERHSA, a disponibilidade hídrica subterrânea para a região estratégica de gestão dos recursos hídricos IVA 2, onde insere-se a área de estudo, esta configurada conforme a Tabela 6-15.

Tabela 6-15
Disponibilidade Hídrica Subterrânea por área Estratégica IVA 2

Unidade Aquífera	Área na IVA 2	Potencial		Disponibilidade na BHT		Vazão Outorgavel	
		L/s/Km²	m³/h/Km²	L/s	m³/h	%	m³/dia
Paleozóica Média Superior	110,07	5,6	20,16	616,37	2.218,92	20	7.988,12
Paleozóica Superior	4.039,50	3,6	12,96	14.542,20	52.351,94	20	188.466,97
Guarani	5.049,77	12,4	44,64	62.617,11	225.421,59	10	405.758,86
Serra Geral Norte	4.285,57	4,2	15,12	17.999,39	64.797,82	20	233.272,15
Total	9.199,33						835.486,10

A Tabela 6-16 mostra os valores de vazão captada para os municípios que pertencem a área de estudo e que demandam água da bacia em analise. Observa-se que o setor de maior demanda e a pecuária com uma vazão total de 22,45 L/s. A vazão total captada para a área em estudo chega a 34,29 L/s.

Tabela 6-16
Captação de água subterrânea para a área de estudo

Municípios	Captação subterrânea (L/s)				
	Abastecimento Urbano	Abastecimento Rural	Industrial	Irrigação	Pecuário
Guarapuava	0,5	-	0,1	0,94	4,82
Turvo	4,7	5,6	-	-	17,63
Total	5,2	5,6	0,1	0,94	22,45

6.1.1.4 Apresentação das Informações Hidrometeorológicas Utilizadas

- **Caracterização das estações fluviométricas utilizadas**

Foi verificada a inexistência de dados fluviométricos na bacia do rio Cachoeira. Pesquisou-se, portanto, a existência de estações fluviométricas situadas em bacias hidrográficas próximas. Dos rios que puderam ser obtidos dados foram os rios dos Patos, Ivaí, Piquiri, Cantu, das Pedras e rio Jordão. Estas bacias, assim como a bacia do rio Cachoeira, são todas contribuintes da bacia do rio Paraná.

Na Tabela 6-17 é apresentada as principais características das estações fluviométricas selecionadas para realizar este estudo. São elas: Rio dos Patos (64620000), Tereza Cristina (64625000), Guampará (64764000), Ponte Leôncio Primo (64773000), ETA Guarapuava (65809000), Guarapuava (65810000). Os dados a seguir, bem como a série de vazões para as estações elegidas neste estudo foram obtidos diretamente da Agência Nacional de Águas – ANA.

Tabela 6-17
Características das estações fluviométricas.

CÓDIGO		64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
NOME		RIO DOS PATOS	TEREZA CRISTINA	GUAMPARÁ	PONTE LEÔNCIO PRIMO	ETA - GUARAPUAVA	GUARAPUAVA
RIO		dos Patos	Ivaí	Piquiri	Cantu	das Pedras	Jordão
ESTADO		Paraná	Paraná	Paraná	Paraná	Paraná	Paraná
MUNICÍPIO		Prudentópolis	Cândido de Abreu	Palmital	Palmital	Guarapuava	Guarapuava
COORDENADA GEOGRÁFICA	Latitude	25°12'30"	24°49'48"	24°58'59"	24°46'59"	25°23'52"	25°26'22"
	Longitude	50°56'37"	51°08'32"	52°16'59"	52°13'59"	51°26'09"	51°27'16"
COORDENADA UTM	Latitude	7211986	7253869	7236312	7258512	7190934	7186311
	Longitude	505679	485630	370498	375348	456169	454307
TIPO		FDSQ	FDSQ	FD	FD	FDSQ	FD
ALTITUDE (M)		690	454	550	480	950	950
ÁREA DE DRENAGEM (KM²)		1086	3572	1703	908	306	731
PERÍODO DE OPERAÇÃO	INÍCIO	1930	1956	1984	1978	1985	1936
	TÉRMINO	2005	2005	2002	2005	2005	1967

Para desenvolver os estudos de hidrologia do rio Cachoeira, e conseqüentemente da PCH Paredinha, baseou-se em dados obtidos através da regionalização das vazões das estações fluviométricas acima citadas.

Na sequência, estão apresentados os dados levantados e os valores calculados para a determinação da série hidrológica da PCH Paredinha.

6.1.1.5 Tratamento e consistência dos dados utilizados

A consistência de dados tem como objetivo fornecer dados qualificados para, a partir das estações disponíveis, selecionar as estações que serão utilizadas para determinar as vazões mensais da bacia do rio Cachoeira, no local de instalação da PCH Paredinha. A consistência também demonstra que as estações selecionadas possuem uma boa correlação entre si, corroborando o valor do estudo apresentado. Após selecionadas as estações fez-se a triangulação dos dados através da média aritmética obtida entre as vazões específicas das estações com dados disponíveis, obtendo a vazão específica para o eixo. Esta última, multiplicada pela área de drenagem do eixo, resultou na vazão média mensal do aproveitamento. Este método é aplicado para as vazões médias de cada mês com dados disponíveis entre os anos de 1931 e 2009, vazões extremas para cheias de projeto e vazões mínimas.

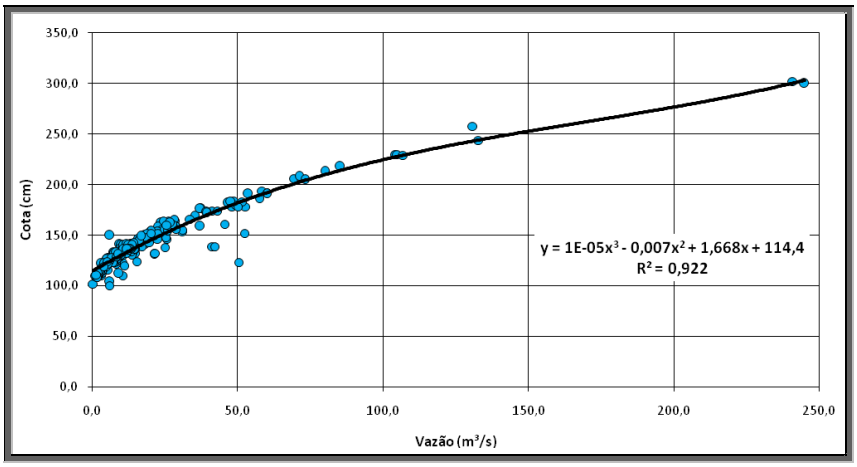
Os dados obtidos são provenientes da base de dados hidrológicos da ANA conforme descrito anteriormente.

Foram traçadas as curvas-chave, no formato cota x vazão, para averiguar-se a confiabilidade dos dados obtidos.

As curvas-chave resultantes mostraram forte correlação entre cota e vazão, comprovando os dados primários obtidos serem fidedignos para análises posteriores. As correlações (r^2) das curvas, exponencial para todas as estações apresentam-se acima de 0,82.

Assim, possível traçar a curva-chave para a estação Rio dos Patos. Percebe-se na curva grande aderência dos dados ao modelo de regressão escolhido, obtendo-se um r^2=0,922.

Figura 6-9
Curva chave de descarga para a estação Rio dos Patos



Foram pesquisadas também, outras estações como destaque a seguir.

Figura 6-10
Curva chave de descarga para a estação Tereza Cristina

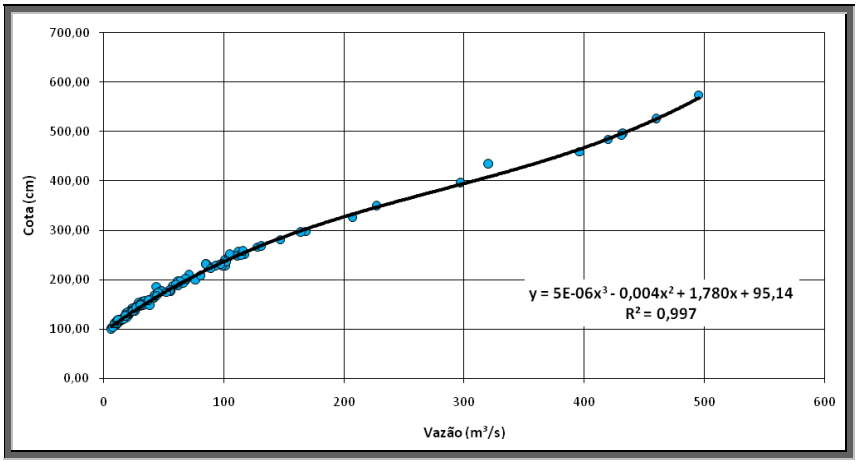


Figura 6-11
Curva chave de descarga para a estação Guampará

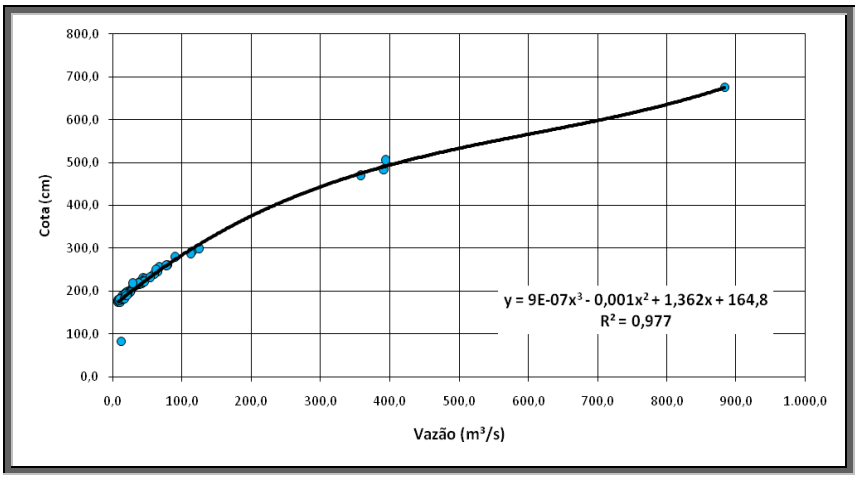


Figura 6-12
Curva chave de descarga para a estação Ponte Leôncio Primo

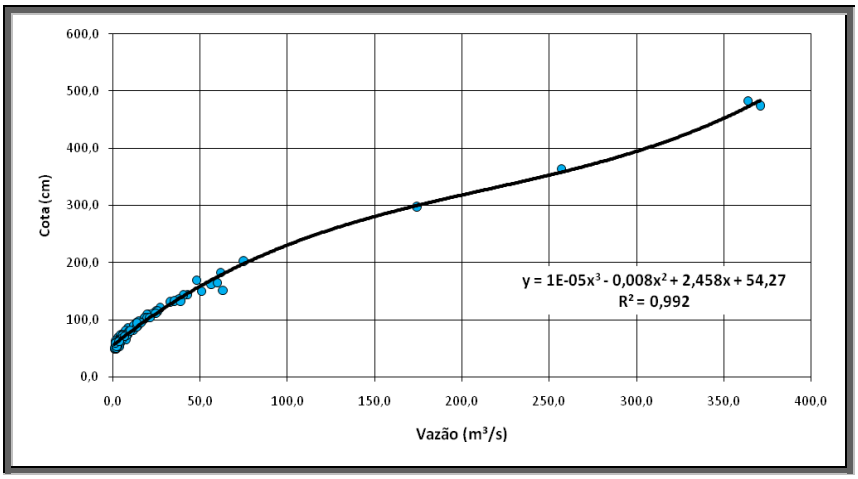


Figura 6-13
Curva chave de descarga para a estação ETA Guarapuava

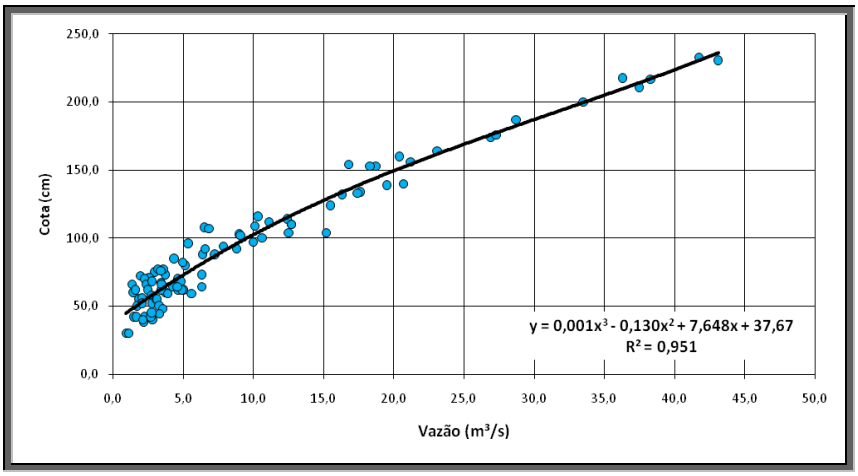
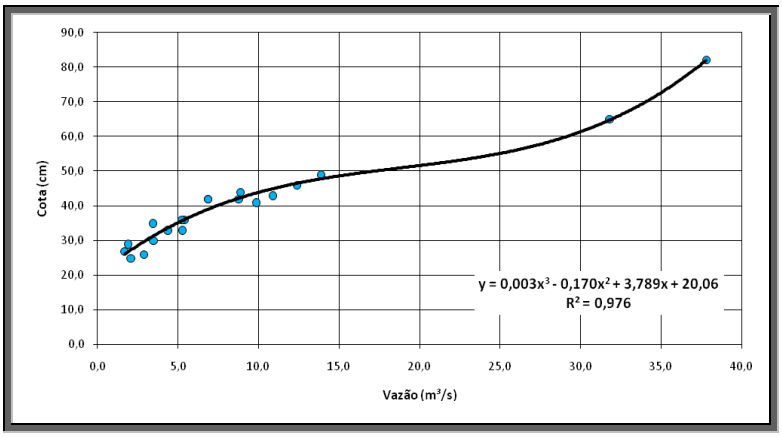


Figura 6-14
Curva chave de descarga para a estação Guarapuava



6.1.1.6 Correlação estatística entre as estações fluviométricas

Esta seção apresentará a comparação entre as estações fluviométricas para que se possam determinar todas as correlações existentes entre as estações.

As correlações foram feitas tendo como base o mesmo período de leituras dos postos em questão.

Foram verificadas as correlações entre os postos fluviométricos para tendências/regressões Lineares e Potência.

Abaixo se observa o resultado dos respectivos "r²" das equações.

Tabela 6-18
Resumo de correlações das estações fluviométricas – r² (Tendência/Regressão: Linear).

	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio Primo	ETA Guarapuava	Guarapuava
Rio dos Patos	-	0,8997	0,6847	0,6373	0,8380	0,8492
Tereza Cristina	0,8997	-	0,7191	0,7451	0,8315	0,8401
Guampará	0,6847	0,7191	-	0,7724	0,6638	0
Ponte Leôncio Primo	0,6373	0,7451	0,7724	-	0,6604	0
ETA Guarapuava	0,8380	0,8315	0,6638	0,6604	-	0
Guarapuava	0,8492	0,8401	0	0	0	-

Tabela 6-19
Resumo de correlações das estações fluviométricas – r² (Tendência/Regressão: Potência).

	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio Primo	ETA Guarapuava	Guarapuava
Rio dos Patos	-	0,9158	0,6837	0,6852	0,7843	0,8191

	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio Primo	ETA Guarapuava	Guarapuava
Tereza Cristina	0,9158	-	0,7393	0,7566	0,7882	0,8494
Guampará	0,6837	0,7393	-	0,7724	0,6638	0
Ponte Leôncio Primo	0,6852	0,7566	0,7724	-	0,6604	0
ETA Guarapuava	0,7843	0,78823	0,6638	0,6604	-	0
Guarapuava	0,8191	0,8494	0	0	0	-

A correlação entre os postos Guarapuava com Guampará, Ponte Leôncio Primo e ETA Guarapuava é inexistente, pois os mesmos não possuem dados coincidentes em nenhum mês de suas séries históricas, porém ambos demonstraram boas correlações quando comparados com os demais postos, supondo uma boa correlação também entre si, se houvessem dados coincidentes.

Tabela 6-20
Dados característicos das estações fluviométricas.

POSTO	Ad (km²)	MLT (m³/s)	$Q_{ESPECÍFICA}$ (l/s/km²)
Rio dos Patos	1.086	22,1	20,4
Tereza Cristina	3.572	75,4	21,1
Guampará	1.703	51,3	30,2
Ponte Leôncio Primo	908	28,8	31,7
ETA Guarapuava	306	9,1	29,6
Guarapuava	731	13,7	18,7

Figura 6-15
Regionalização de vazões – Estações fluviométricas utilizadas

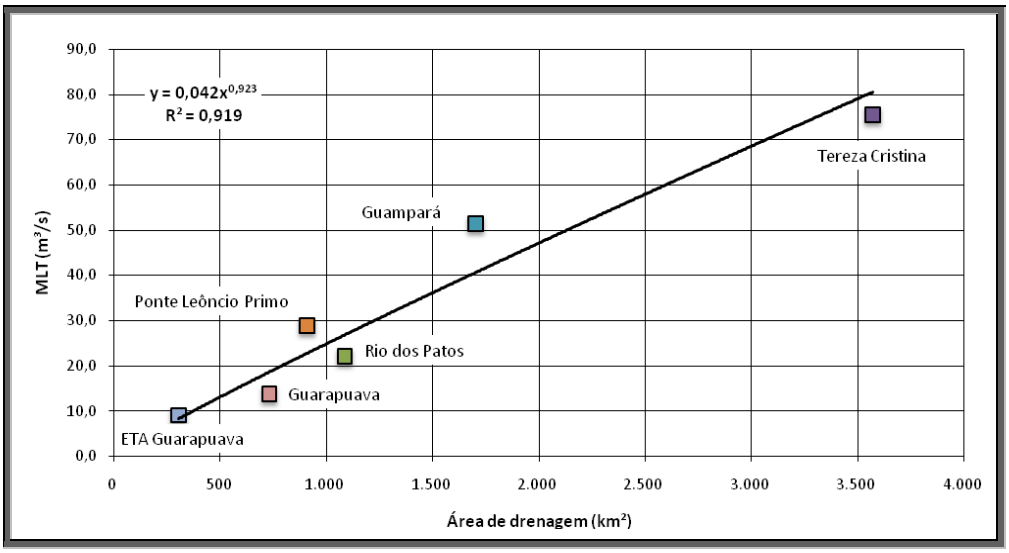
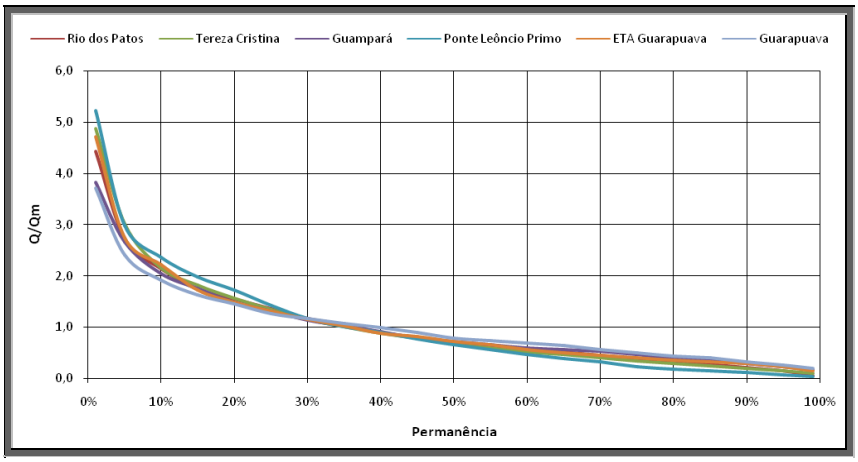


Figura 6-16
Permanência de vazões para as estações fluviométricas utilizadas



6.1.1.7 Metodologia empregada para obtenção da séria de vazões no local do aproveitamento

Para a obtenção dos dados de vazão do rio Cachoeira e, conseqüentemente da PCH Paredinha, utilizaram-se os dados de todas as estações apresentadas: Rio dos Patos, Tereza Cristina, Guampará, Ponte Leôncio Primo, ERA Guarapuava e Guarapuava.

Estes postos apresentam uma eqüidistância boa em relação ao local a ser implantado o aproveitamento, bem como, representam as características das bacias hidrográficas que circundam a bacia do rio Cachoeira. A necessidade de postos que caracterizem as bacias vizinhas surge devido a inexistência de postos na bacia do rio Cachoeira para que sejam feitos os estudos hidrológicos.

A metodologia adotada para obtenção de uma série de vazões médias mensais para o eixo do aproveitamento é descrita a seguir.

Com os dados dos postos fluviométricos indicando boas correlações entre si, fez-se o cálculo das vazões específicas de cada mês, dividindo-se a vazão média de cada mês pela área de drenagem do respectivo posto fluviométrico.

$$\frac{Q_{Posto\ Fluviométrico}}{Ad_{Posto\ Fluviométrico}} = Q_{Específica\ do\ Posto\ Fluviométrico}$$

Onde: $Q_{Posto\ Fluviométrico}$ = Vazão em m³/s do posto fluviométrico;

$Ad_{Posto\ Fluviométrico}$ = Área de drenagem em km² do posto fluviométrico;

e

$Q_{Específica\ do\ Posto\ Fluviométrico}$ = Vazão em l/s/km².

Para a triangulação de todos os postos fluviométricos fez-se a média das vazões específicas dos postos que possuíam dados, para cada mês da série.

Tabela 6-21
Vazões médias mensais dos postos - (m³/s).

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1931	20,4					
1932	24,4					
1933	3,9					
1934	10,6					
1935	25,7					
1936	13,3					9,8
1937	20,4					16,7
1938	23,3					16,3
1939	20,7					15,6
1940	6,6					6,3
1941	26,6					19,6
1942	18,5					14,6
1943	14,9					10,7
1944	15,3					7,9
1945	15,6					8,3
1946	26,3					17,6
1947	21,0					16,0
1948	20,0					13,0
1949	7,7					6,7
1950	20,9					12,4
1951	23,4					11,8
1952	13,8					11,5
1953	14,8					12,7
1954	25,9					19,4
1955	26,3					16,9

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1956	14,9	22,4				12,5
1957	38,0	132,9				23,1
1958	19,2	54,7				10,7
1959	13,4	33,9				8,5
1960	20,9	59,0				14,5
1961	28,8	79,9				15,4
1962	14,3	42,7				11,4
1963	21,2	64,3				15,9
1964	23,3	64,3				15,4
1965	36,0	110,7				18,0
1966	24,9	64,3				14,2
1967	15,9	43,3				10,5
1968	10,4	21,6				
1969	25,0	65,5				
1970	23,4	77,5				
1971	29,4	90,5				
1972	30,9	93,7				
1973	27,4	78,2				
1974	16,0	47,5				
1975	24,3	68,9				
1976	29,4	84,9				
1977	13,0	45,3				
1978	11,9	46,5		28,5		
1979	24,7	70,1		16,3		
1980	24,4	77,0		28,6		
1981	13,2	43,5		20,5		
1982	29,1	104,3		37,6		
1983	52,4	179,4		72,6		
1984	24,5	77,7	45,5	24,8		
1985	11,6	34,8	29,8	18,2	3,5	
1986	15,0	49,9	35,1	20,7	5,1	
1987	24,3	80,7	67,0	29,2	8,1	
1988	13,7	45,2	32,7	17,5	6,6	
1989	28,6	94,0	58,7	39,9	12,9	
1990	39,8	138,0	78,8	42,9	13,2	
1991	10,8	38,1	32,4	16,1	5,5	
1992	31,4	104,0	63,7	36,4	13,1	
1993	31,0	100,9	56,0	33,0	10,8	
1994	18,6	71,3	47,8	28,0	7,1	
1995	28,8	88,6	58,4	27,1	10,3	
1996	32,2	102,8	49,5	27,8	10,3	

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1997	37,6	113,1	77,8	39,3	12,3	
1998	47,0	155,1	82,5	47,2	16,2	
1999	22,3	60,7	46,4	19,2	7,0	
2000	27,3	77,7	45,6	24,5	9,9	
2001	26,4	102,4	59,0	28,3	10,1	
2002	18,7	64,3	57,1	30,8	8,5	
2003	18,8	55,6	44,1	21,4	6,6	
2004	20,5	71,3	48,9	26,0	7,8	
2005	20,2	77,9	56,9	27,4	10,0	
2006	7,0	31,4	25,5	16,8	3,5	
2007	22,1	70,9	40,5	22,0	8,1	
2008	23,2	42,7	41,2	22,2	8,5	
2009	30,7	102,6	51,8	39,2	10,4	

Tabela 6-22
Vazões médias mensais divididas pela área de drenagem dos respectivos postos = Vazão Média Mensal Específica de cada posto – (l/s/km²).

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1931	18,7					
1932	22,4					
1933	3,6					
1934	9,7					
1935	23,7					
1936	12,3					13,4
1937	18,7					22,8
1938	21,4					22,3
1939	19,1					21,3
1940	6,1					8,6
1941	24,5					26,8
1942	17,1					20,0
1943	13,7					14,7
1944	14,1					10,8
1945	14,4					11,3
1946	24,2					24,1
1947	19,4					21,8
1948	18,4					17,8

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1949	7,1					9,2
1950	19,2					16,9
1951	21,5					16,1
1952	12,7					15,8
1953	13,6					17,3
1954	23,8					26,5
1955	24,2					23,1
1956	13,7	6,3				17,1
1957	34,9	37,2				31,6
1958	17,7	15,3				14,6
1959	12,3	9,5				11,6
1960	19,3	16,5				19,8
1961	26,5	22,4				21,1
1962	13,2	11,9				15,6
1963	19,5	18,0				21,8
1964	21,5	18,0				21,1
1965	33,1	31,0				24,7
1966	22,9	18,0				19,4
1967	14,7	12,1				14,4
1968	9,5	6,0				
1969	23,0	18,3				
1970	21,6	21,7				
1971	27,1	25,3				
1972	28,4	26,2				
1973	25,3	21,9				
1974	14,8	13,3				
1975	22,3	19,3				
1976	27,1	23,8				
1977	12,0	12,7				
1978	11,0	13,0		31,4		
1979	22,8	19,6		18,0		
1980	22,4	21,6		31,5		
1981	12,2	12,2		22,6		
1982	26,8	29,2		41,4		
1983	48,3	50,2		80,0		
1984	22,5	21,7	26,7	27,3		
1985	10,7	9,7	17,5	20,1	11,3	
1986	13,8	14,0	20,6	22,8	16,6	
1987	22,4	22,6	39,3	32,1	26,5	
1988	12,7	12,7	19,2	19,3	21,6	
1989	26,3	26,3	34,5	44,0	42,3	

Data / Posto	Rio dos Patos	Tereza Cristina	Guampará	Ponte Leôncio	ETA Guarapuava	Guarapuava
Código	64620000	64625000	64764000	64773000	65809000	65810000
Área de Drenagem	1.086,0 km²	3.572,0 km²	1.703,0 km²	908,0 km²	306,0 km²	731,0 km²
1990	36,7	38,6	46,3	47,2	43,2	
1991	10,0	10,7	19,0	17,7	18,0	
1992	29,0	29,1	37,4	40,1	42,7	
1993	28,5	28,3	32,9	36,4	35,2	
1994	17,1	20,0	28,1	30,8	23,3	
1995	26,5	24,8	34,3	29,9	33,6	
1996	29,6	28,8	29,1	30,6	33,7	
1997	34,6	31,7	45,7	43,2	40,3	
1998	43,3	43,4	48,4	52,0	53,0	
1999	20,5	17,0	27,2	21,2	23,0	
2000	25,1	21,8	26,7	27,0	32,4	
2001	24,3	28,7	34,7	31,2	33,1	
2002	17,2	18,0	33,5	33,9	27,7	
2003	17,3	15,6	25,9	23,6	21,4	
2004	18,8	20,0	28,7	28,6	25,5	
2005	18,6	21,8	33,4	30,2	32,6	
2006	6,5	8,8	15,0	18,5	11,4	
2007	20,4	19,8	23,8	24,3	26,3	
2008	21,4	11,9	24,2	24,5	27,8	
2009	28,2	28,7	30,4	43,2	33,8	

6.1.1.8 Preenchimento da série

A média obtida foi posicionada para representar a vazão específica para o eixo do aproveitamento para o respectivo mês. Após isso, quando multiplicada pela área de drenagem da PCH Paredinha, obteve-se a média mensal para o mês em questão. Aplicando esta metodologia para cada mês da séria obtém-se a série de vazões médias mensais completa do período hidrológico estudado.

A equação que representa esta metodologia é apresentada a seguir:

$$Q_{PCH\ Paredinha} = Q_{Específica\ média\ dos\ postos} \times Ad_{PCH\ Paredinha}$$

Onde: $Q_{PCH\ Paredinha}$ = Vazão em m³/s para a PCH Paredinha;

$Q_{Específica\ média\ dos\ postos}$ = Vazão em l/s/km² média dos postos fluviométricos; e $Ad_{PCH\ Paredinha}$ = Área de drenagem em km² da PCH Paredinha.

A série de vazões obtida para a PCH Paredinha através da metodologia apresentada anteriormente foi determinada como apresentado no item a seguir.

6.1.1.9 Série de vazões médias mensais

Tabela 6-23
Série de vazões médias mensais da PCH Paredinha.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1931	6,1	2,2	1,3	1,6	12,0	18,9	5,5	2,6	11,3	3,5	5,1	7,1	6,4
1932	3,8	7,1	7,1	19,8	4,3	9,3	4,0	4,6	5,4	13,3	8,2	5,7	7,7
1933	1,7	3,4	3,8	0,8	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4	1,5	1,7	0,7	1,2
1934	6,3	12,6	4,0	2,8	1,3	1,5	1,5	0,5	0,8	2,9	0,7	5,3	3,3
1935	2,2	0,8	7,2	1,2	0,3	5,1	5,7	15,8	17,7	30,3	5,2	6,2	8,1
1936	11,2	2,3	1,4	0,6	0,7	2,5	0,6	5,1	10,5	6,5	4,5	4,7	4,2
1937	10,5	4,8	10,6	7,1	4,7	3,3	2,4	4,9	3,2	12,2	18,6	3,4	7,1
1938	6,5	7,2	3,8	4,4	11,0	18,3	15,5	4,6	5,7	5,0	4,2	4,0	7,5
1939	3,8	7,0	7,5	2,7	8,1	5,0	4,4	1,9	3,8	2,7	23,6	12,8	6,9
1940	5,5	4,8	2,3	2,2	2,5	1,3	1,1	1,9	1,4	1,9	2,4	3,2	2,5
1941	6,5	16,7	7,9	6,4	6,6	6,5	5,0	16,4	7,8	8,0	7,9	10,2	8,8
1942	5,7	12,7	5,5	6,5	4,6	12,0	8,5	4,0	5,9	7,0	2,2	1,9	6,4
1943	3,3	6,0	4,6	2,1	2,8	7,5	3,2	2,7	3,8	10,1	7,1	5,4	4,9
1944	9,0	3,5	12,8	3,2	1,6	1,2	0,8	1,6	2,1	1,4	9,3	4,8	4,3
1945	2,0	8,0	7,3	2,2	1,5	2,8	12,5	2,6	2,4	5,1	3,1	3,4	4,4
1946	9,5	22,8	10,2	4,4	3,9	5,2	15,1	3,9	2,9	11,3	5,7	4,6	8,3
1947	5,5	6,8	4,2	3,2	1,9	4,7	5,7	8,0	18,8	10,5	6,1	9,5	7,1
1948	5,8	8,9	4,5	4,0	6,7	4,1	3,2	10,9	4,0	9,1	10,5	2,9	6,2
1949	2,1	1,3	3,0	3,9	3,8	5,2	1,9	1,8	2,7	3,2	2,2	2,5	2,8
1950	12,6	9,8	10,6	2,7	3,8	3,2	4,0	1,6	4,0	13,1	5,2	3,9	6,2
1951	10,6	10,4	10,5	3,0	1,6	3,0	2,2	1,2	1,0	12,8	13,3	8,2	6,5
1952	4,0	3,7	2,1	1,5	0,3	7,1	2,4	1,4	11,0	12,6	7,0	3,2	4,7
1953	4,6	4,6	3,8	4,3	4,3	3,3	1,9	1,4	8,0	10,3	11,3	6,1	5,3
1954	9,8	3,8	5,2	4,3	25,6	15,4	7,1	3,6	8,8	12,3	5,1	2,8	8,6
1955	3,2	2,3	3,8	4,6	10,9	27,7	18,6	8,2	7,8	2,7	4,6	3,3	8,1
1956	3,0	2,5	2,4	10,3	10,2	10,0	6,1	8,2	3,6	2,1	1,3	1,1	5,1
1957	4,1	7,3	2,7	2,6	2,5	7,5	23,3	26,0	40,6	11,7	10,0	4,4	11,9
1958	3,8	3,6	6,4	2,1	1,7	3,3	3,5	4,1	16,2	5,4	7,5	7,9	5,5
1959	7,6	8,2	2,7	2,1	3,8	3,8	2,1	3,3	5,0	4,4	1,7	1,4	3,8
1960	1,9	5,1	2,8	4,4	4,9	5,2	3,2	12,3	10,2	9,7	11,6	5,1	6,4
1961	3,5	6,9	14,4	9,1	6,6	7,3	2,5	1,3	9,0	8,2	20,7	6,7	8,0

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1962	2,3	5,0	9,2	2,5	1,5	1,9	1,5	1,2	5,4	15,3	4,8	5,3	4,7
1963	6,8	8,8	14,6	8,1	1,7	1,4	0,8	0,8	1,3	12,7	14,4	10,2	6,8
1964	2,7	5,2	7,5	9,2	6,1	12,9	7,4	9,8	7,7	4,5	2,7	7,5	6,9
1965	4,7	8,6	7,2	6,4	22,6	6,2	17,7	7,3	3,7	13,3	14,2	10,2	10,2
1966	6,6	16,1	7,5	3,2	2,7	3,6	4,7	1,9	4,9	17,4	8,2	6,0	6,9
1967	5,8	7,5	8,0	2,9	1,2	6,4	5,6	2,9	3,8	2,6	2,5	5,7	4,6
1968	7,7	2,7	1,6	2,8	1,8	1,7	0,9	0,9	0,8	3,3	4,9	3,0	2,7
1969	6,3	2,4	2,7	8,1	5,5	11,7	9,0	2,3	3,7	12,6	17,0	4,1	7,1
1970	6,9	4,3	5,2	4,2	5,0	16,0	14,4	2,0	4,7	9,3	2,2	15,2	7,4
1971	19,2	5,5	9,4	6,1	19,3	13,1	12,7	3,0	7,8	6,4	2,4	3,3	9,0
1972	4,8	17,1	5,5	6,6	1,6	3,7	11,3	12,9	19,5	17,5	4,5	7,8	9,4
1973	7,5	5,9	3,5	2,2	5,0	10,8	12,7	12,9	14,7	12,8	6,7	2,6	8,1
1974	12,7	6,7	7,4	2,7	1,5	4,9	2,3	3,1	4,0	5,3	4,4	2,9	4,8
1975	2,8	4,0	5,6	3,2	2,1	3,0	2,5	8,7	8,5	18,6	11,3	15,5	7,2
1976	10,5	6,2	6,8	4,6	6,7	14,4	4,1	11,1	12,9	5,0	8,5	14,2	8,7
1977	8,0	10,5	4,4	4,3	1,5	2,4	2,3	1,4	1,5	4,2	4,8	5,6	4,2
1978	1,4	1,6	3,3	1,7	1,3	2,1	11,4	6,5	13,0	2,2	3,7	9,0	4,8
1979	3,8	1,9	2,0	0,9	11,3	1,8	1,7	7,6	18,1	15,8	16,4	11,6	7,7
1980	6,8	4,3	6,6	2,7	6,4	4,6	9,9	11,1	24,0	9,5	3,4	14,6	8,7
1981	12,4	8,9	2,5	4,7	3,3	2,8	1,5	1,1	1,4	7,6	8,2	11,5	5,5
1982	2,7	2,6	1,7	0,8	0,8	19,2	23,1	5,5	1,7	18,7	34,1	15,2	10,5
1983	9,5	8,8	22,6	16,3	44,4	46,9	36,6	5,8	21,0	17,2	6,6	3,3	19,9
1984	6,8	5,0	6,0	10,2	9,9	7,4	3,5	8,2	8,7	5,6	11,3	16,9	8,3
1985	5,6	4,8	5,5	20,0	6,2	3,7	3,5	1,4	2,5	1,5	2,0	1,0	4,8
1986	2,0	7,1	5,6	7,1	13,9	5,5	2,0	5,8	4,0	4,2	3,4	11,9	6,0
1987	6,5	14,6	2,6	4,1	46,0	14,7	6,3	3,4	2,3	4,9	7,5	5,1	9,8
1988	3,6	4,9	4,5	6,0	24,9	10,5	3,8	1,9	1,3	1,7	1,0	6,2	5,9
1989	20,9	22,8	9,8	7,4	16,3	3,1	11,6	12,2	21,9	10,1	4,0	2,9	11,9
1990	28,1	4,8	2,7	6,4	7,9	14,3	26,1	24,2	25,2	21,7	10,2	3,6	14,6
1991	1,7	2,5	1,6	3,0	2,0	13,1	4,7	4,2	1,9	8,5	6,4	12,6	5,2
1992	3,9	4,3	8,4	7,8	39,2	23,7	12,7	11,8	10,5	10,6	9,5	4,8	12,3
1993	6,9	11,4	6,5	5,0	21,2	9,8	13,1	5,0	14,2	26,7	4,8	8,6	11,1
1994	5,7	16,2	5,1	4,8	7,3	19,1	15,8	4,4	1,7	4,0	7,1	6,2	8,1
1995	39,9	9,8	5,4	6,9	2,1	3,5	14,1	3,3	8,5	17,5	6,5	5,6	10,3
1996	15,7	17,0	16,3	7,5	2,4	2,9	4,9	2,9	6,9	21,7	12,1	15,0	10,4
1997	16,2	21,3	5,2	2,2	2,5	15,7	11,4	7,5	9,8	33,8	23,7	12,0	13,4
1998	10,0	12,8	20,6	45,9	9,6	5,9	7,3	15,6	31,4	31,3	4,6	3,3	16,5
1999	6,7	14,3	5,3	7,6	6,2	19,4	15,2	2,5	5,7	2,2	1,5	3,3	7,5
2000	5,0	15,8	6,3	2,7	2,5	6,5	9,7	4,7	24,6	17,7	5,8	8,4	9,1
2001	16,1	23,6	7,1	4,4	7,4	8,7	9,2	6,2	8,2	21,1	6,6	6,0	10,4
2002	14,8	7,9	5,1	1,8	22,8	3,9	2,5	3,0	10,0	10,1	12,5	12,6	8,9
2003	7,2	12,9	7,8	4,7	2,5	6,0	8,4	2,7	3,1	7,3	9,3	14,0	7,1
2004	5,3	3,1	3,3	3,5	18,9	10,9	14,4	3,7	2,9	15,0	15,3	4,0	8,4
2005	5,7	2,3	1,5	2,4	5,4	13,7	5,3	3,2	23,3	36,8	9,5	3,5	9,4
2006	5,0	3,9	2,9	2,0	1,2	1,3	1,2	1,7	7,0	5,1	5,8	12,5	4,1

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2007	11,4	9,1	9,1	8,3	22,0	4,3	6,8	2,8	1,7	1,6	10,9	6,7	7,9
2008	7,3	3,3	2,8	6,3	7,2	10,2	8,4	19,9	3,6	18,5	10,9	2,2	8,4
2009	3,2	4,4	4,3	1,6	3,7	5,1	28,3	11,9	29,2	23,5	11,6	12,3	11,6
Mín	1,4	0,8	1,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,1	0,4	1,4	0,7	0,7	1,2
Méd	7,5	7,7	6,1	5,4	7,8	8,2	7,8	5,8	8,7	10,7	7,9	6,8	7,5
Máx	39,9	23,6	22,6	45,9	46,0	46,9	36,6	26,0	40,6	36,8	34,1	16,9	19,9

6.1.1.10 Curvas características da PCH Paredinha

Figura 6-17
Hidrograma de vazões médias mensais da PCH Paredinha.

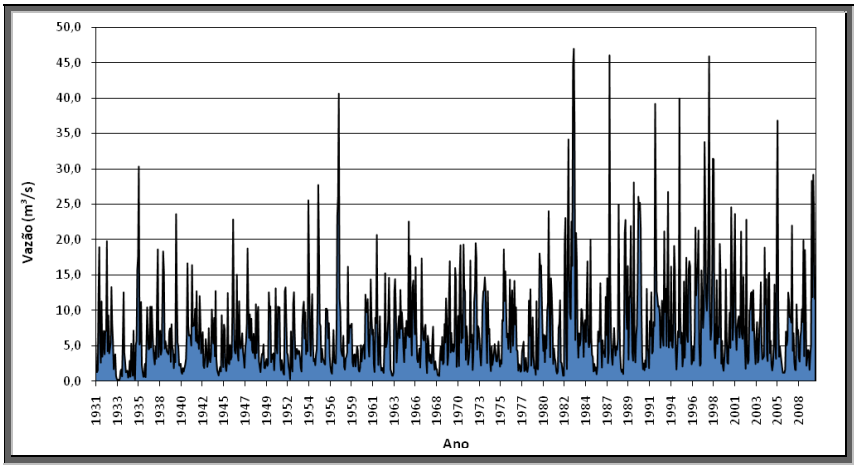


Figura 6-18
Vazões médias mensais características da PCH Paredinha

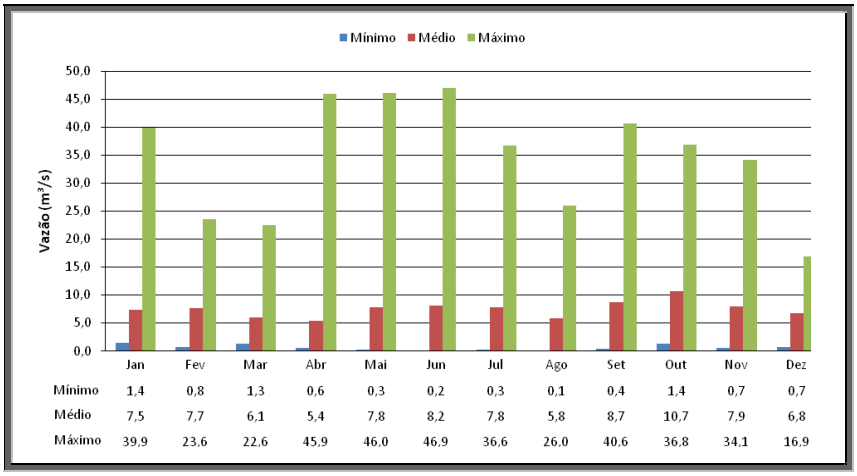
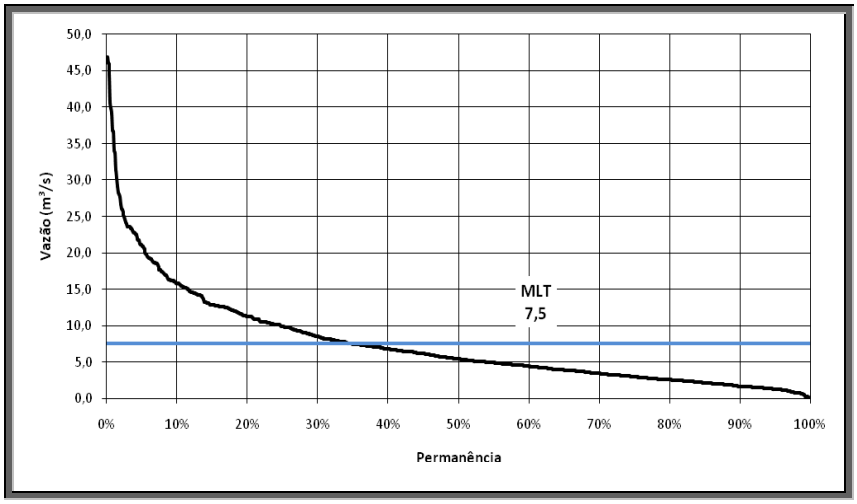


Tabela 6-24
Permanência de vazões médias mensais da PCH Paredinha.

Permanência	Vazão Média Mensal (m³/s)
1%	36,6
5%	21,1
10%	15,8
15%	12,9

Permanência	Vazão Média Mensal (m³/s)
20%	11,3
25%	10,0
30%	8,5
35%	7,5
40%	6,8
45%	6,2
50%	5,5
55%	5,0
60%	4,5
65%	4,0
70%	3,5
75%	3,0
80%	2,6
85%	2,2
90%	1,7
95%	1,3
98%	0,8

Figura 6-19
Curva de permanência de vazões médias mensais da PCH Paredinha.



6.1.1.11 Estudo de vazões extremas

Os estudos de freqüência de cheias desenvolveram-se através do mesmo critério de triangulação de vazões específicas utilizado nas vazões médias mensais dos postos fluviométricos de todas as bacias hidrográficas vizinhas e eqüidistantes do eixo.

Também levou-se em consideração o critério de regionalização, seguindo a metodologia descrita no Guia para Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedores.

A partir das descargas médias diárias observadas nas estações fluviométricas consideradas, determinou-se a série de descargas máximas anuais para o período de 1931 a 2009, para o local do aproveitamento.

As descargas máximas anuais transferidas para o local foram submetidas a uma análise de freqüência de cheias, considerando para tanto as distribuições de probabilidade Gumbel, Exponencial, Log-Normal e Normal.

Para a verificação de adequação de ajuste destas distribuições, foi utilizado um moderno teste de aderência chamado *Probability Plot Correlation Coefficient Test*, ou apenas PPCC. O teste do PPCC estima o coeficiente de correlação entre as observações padronizadas ordenadas $x_{(i)}$, com $[x_{(1)} \geq x_{(2)} \geq \ldots \geq x_{(n)}]$ e os quantis $w_{(i)}$ correspondentes a posição de plotagem das observações ordenadas. Este teste possui a vantagem de fornecer uma mensuração do grau de ajuste pelo cálculo do coeficiente de correlação R, dado pela equação:

$$R = \frac{\sum \left(x_{(i)} - \bar{x}\right) \cdot \left(w_{(i)} - \bar{w}\right)}{\left[\sum \left(x_{(i)} - \bar{x}\right)^2 \cdot \sum \left(w_{(i)} - \bar{w}\right)^2\right]^{0,5}}$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(Q_{Oi} - Q_{Ci}\right)^2}$$

Onde: E = erro médio;

Q_{oi} = descargas observadas; e

Q_{ci} = descargas calculadas pela distribuição ajustada.

A mesma metodologia foi utilizada para determinar as curvas de freqüência de cheias para o período seco, utilizadas para o dimensionamento das estruturas de desvio.

Tabela 6-25
Vazões máximas anuais da PCH Paredinha (m³/s).

Ano	Período	Período	Ano	Período	Período	Ano	Período	Período
1931	71,1	22,7	1961	70,9	70,9	1991	73,8	49,9

1932	72,2	72,2	1962	53,5	35,9	1992	242,3	30
1933	19,1	19,1	1963	61,6	61,6	1993	190,4	33,3
1934	51,5	51,5	1964	49,5	49,5	1994	91,3	40,7
1935	71,1	28,6	1965	79,3	54,9	1995	163,1	163,1
1936	40,7	40,7	1966	58,4	43,6	1996	93,6	93,6
1937	104,1	104,1	1967	33,5	33,2	1997	109,8	89,2
1938	72,5	39,8	1968	30,2	30,2	1998	168,4	168,4
1939	60,9	60,9	1969	54,8	51,4	1999	83,9	43,1
1940	17,8	17,8	1970	74,2	74,2	2000	98,8	59,3
1941	53,7	53,7	1971	67,9	67,9	2001	89,8	69,5
1942	47,2	29,9	1972	68	61,9	2002	118,3	77,6
1943	31,4	20,9	1973	81,5	24,7	2003	50,8	50,8
1944	39,5	39,5	1974	33,3	33,3	2004	89	54,1
1945	75,8	31,7	1975	56	37,1	2005	118,7	27,8
1946	67,9	40,1	1976	63,5	52	2006	61	61
1947	67,7	29,4	1977	36,3	36,3	2007	88	71
1948	72,6	33,1	1978	70	35,5	2008	128,7	43,8
1949	19,2	16,7	1979	70,5	59	2009	129,9	36,9
1950	48,4	48,4	1980	93,4	73,8			
1951	59,7	59,7	1981	48,5	48,5			
1952	50,8	15,6	1982	107,2	107,2			
1953	41,4	41,4	1983	211,7	105,2			
1954	70,5	27,8	1984	66,5	66,5			
1955	95,2	16	1985	96,3	96,3			
1956	45,3	45,3	1986	72	54,5			
1957	110,8	28,9	1987	203,3	58,2			
1958	46,9	33,2	1988	156,8	28,5			
1959	26,5	26,5	1989	112,1	79,6			
1960	46,3	29	1990	126,4	82,9			

Tabela 6-26
Correlações para diferentes modelos estatísticos.

Distribuição	Período Anual	Período Seco
	r^2	r^2
GUMBEL	0,99	0,98
EXPONENCIAL	0,99	0,99
LOG-NORMAL	0,99	0,99
NORMAL	0,93	0,92

A distribuição de probabilidade selecionada foi a distribuição Exponencial para o período “anual” e para o período denominado “seco” (que compreende os meses de outubro a março), por terem apresentado o melhor coeficiente “r” quadrado das distribuições estudadas e em função da recomendação, por parte da Eletrobrás, do uso dos métodos Gumbel e/ou Exponencial.

As curvas de pico instantâneo de cheia foram determinadas utilizando a equação de Füller, a partir dos valores médios diários.

$$Q_{max,inst} = Q_{max,med} \times \left(1 + \frac{2,66}{A_d^{0,3}}\right)$$

Onde: $Q_{max, inst}$ = Valor da vazão máxima instantânea de cheia (m³/s);

$Q_{max, med}$ = Valor da cheia máxima média diária (m³/s);

A_d = Área de drenagem (526 km²).

Figura 6-20
Curvas de recorrência de vazões máximas médias diárias – Período anual

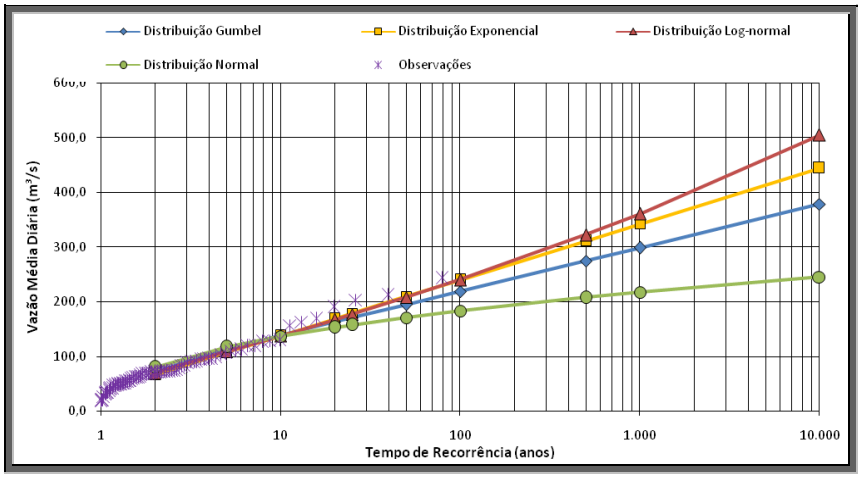


Figura 6-21
Curvas de recorrência de vazões máximas médias diárias – Período seco

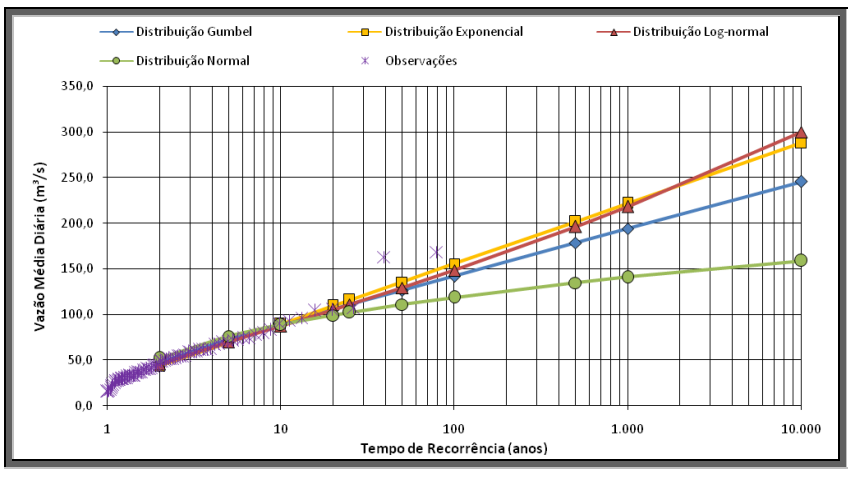


Tabela 6-27
Cheias de projeto para a PCH Paredinha (m³/s).

TR (anos)	Período Anual		Período Seco	
	Média diária	Pico de Cheia	Média diária	Pico de Cheia
2	66	97	43	63
5	107	156	69	101
10	138	201	89	131

TR (anos)	Período Anual		Período Seco	
	Média diária	Pico de Cheia	Média diária	Pico de Cheia
20	168	246	109	160
25	178	260	116	169
50	209	305	136	198
100	240	350	156	227
500	311	455	202	295
1000	342	500	222	324
10000	444	649	288	421

Figura 6-22
Cheias de projeto – Vazões máximas médias diárias

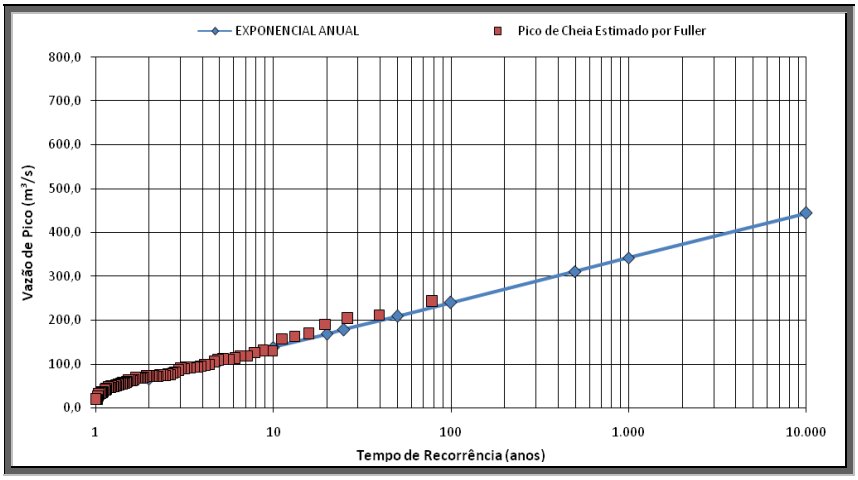
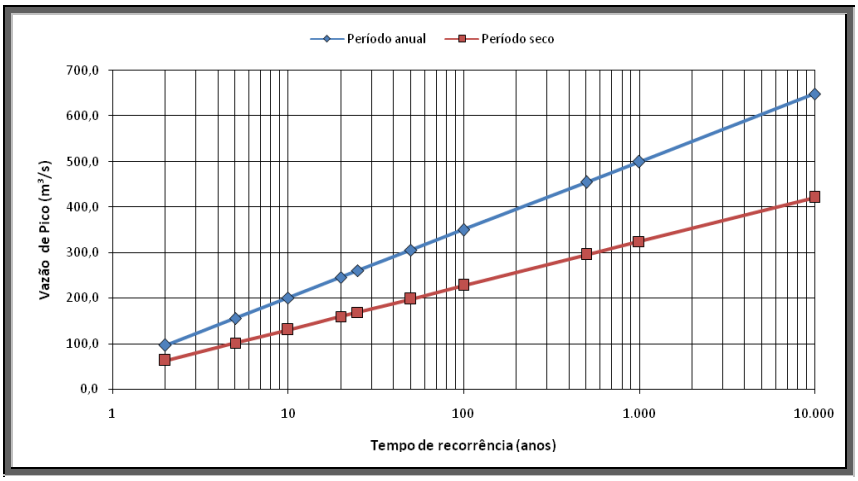


Figura 6-23
Cheias de projeto – Período seco e anual de acordo com os dados encontrados no modelo estatístico da Distribuição Exponencial



6.1.1.12 Estudo de vazões mínimas

O estudo de vazões mínimas visa contemplar as exigências mínimas para a manutenção da vazão remanescente. No caso desta usina que possui arranjo com

derivação das águas do rio, a vazão mínima na alça seca do rio é definida pela menor vazão média de 7 dias consecutivos com um período de recorrência de 10 anos. Vazão definida como "$Q_{7,10}$".

No caso de estudos hidroenergéticos, a vazão remanescente para usos consuntivos é correspondente à metade da vazão com 98% de permanência. Desta forma, não sendo contabilizada, para a determinação da energia assegurada.

Figura 6-24
Vazões mínimas características da PCH Paredinha – Distribuição Weibull

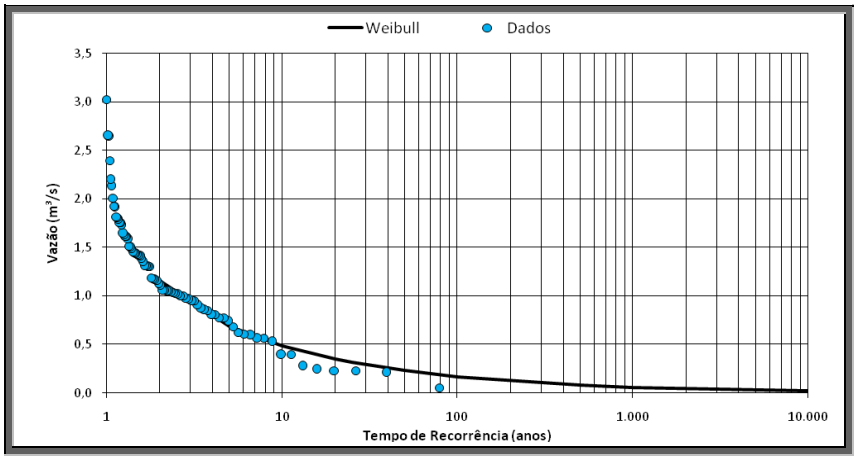


Tabela 6-28
Vazões mínimas características para a PCH Paredinha (m³/s).

Descrição	Vazão (m³/s)
Mínima mensal	2,01
Mínima diária	0,15
$Q_{7,10}$	0,49
$Q_{90\ média\ mensal}$	1,70
$Q_{95\ média\ mensal}$	1,35
$Q_{98\ média\ mensal}$	0,82