

**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**DHT – DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL**

**SUREG/PA – SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**

**RELATÓRIO SISTEMA DE ALERTA DA BACIA DO RIO  
DO TAQUARI**

Porto Alegre, março, 2014

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**Ministro de Estado**  
Edison Lobão

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
**Diretor Presidente**  
Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**  
Thales de Queiroz Sampaio

**Chefe do Departamento de Hidrologia**  
Frederico Cláudio Peixinho

**Coordenadora Executiva**  
Andrea Germano

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE**  
**Superintendente Regional**  
José Leonardo Silva Andriotti

**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**  
Marcos Alexandre de Freitas

**Supervisora de Hidrologia**  
Márcia Conceição R Pedrollo

## **CRÉDITOS**

### **Chefe do Projeto**

André Kirmse Chagas – Pesquisador em Geociências

### **Equipe Técnica**

Alice Silva de Castilho – Pesquisadora em Geociências - M. Sc. (organização do relatório)

Andrea de Oliveira Germano – Pesquisadora em Geociências - M. Sc.

Fábio Alex Beling – Pesquisador em Geociências - M. Sc.

Márcia Conceição R Pedrollo – Pesquisadora em Geociências - M. Sc.

Patrícia Wagner Soterio – Técnica em Geociências

Mariângela Hartz – Técnica em Geociências

## Sumário

1. Apresentação .....	5
2. Caracterização da Bacia do Rio Taquari.....	6
2.1. Características Físicas.....	9
2.2. Geologia.....	9
2.3. Relevo .....	11
2.4. Solos.....	13
2.5. Vegetação .....	13
2.6. Clima .....	15
3. Descrição do Sistema de Alerta.....	16
4. Rede de Monitoramento .....	17
4.1. ANA .....	17
4.2. CPRM.....	17
4.3. AHSUL.....	18
4.4. Concessionárias de Energia.....	18
4.5. INMET .....	19
4.6. SACE .....	19
5. Estudos Hidrológicos.....	20
5.1. Seleção de estações fluviométricas e pluviométricas de interesse do sistema de alerta .....	20
5.2. Definição de cotas de alerta e de inundação.....	26
5.3. Identificação da chuva acumulada na bacia potencialmente causadora de enchentes .....	27
5.4. Atualização e definição de curvas chaves.....	36
5.4.1. Rio das Antas em Linha José Júlio (86472000).....	40
5.4.2. Rio Taquari em Porto Estrela (Lajeado - 86870000) .....	40
5.4.3. Rio Taquari em Barragem Bom Retiro (86881000) .....	42
5.4.4. Rio Taquari em Porto Mariante (89895000).....	44
5.4.5. Rio Taquari em Taquari (86950000) .....	45
5.5. Cálculo de tempos de viagem da onda de cheia entre as estações.....	46
5.6. Calibração de modelos de propagação de vazões .....	49
5.6.1. Previsão de vazões para Muçum (86510000) .....	49
5.6.2. Previsão de vazões para Encantado (86720000) .....	50
5.6.3. Previsão de vazões para Estrela .....	51
5.6.4. Previsão de vazões para Barragem Bom Retiro .....	52

5.6.5.	Previsão de vazões para Porto Mariante.....	53
5.6.6.	Previsão de vazões para Taquari .....	54
6.	Conclusões e Recomendações .....	55
7.	Referências Bibliográficas .....	56

## **ANEXOS**

**ANEXO I - CURVAS CHAVES DAS ESTAÇÕES DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO TAQUARI NA FORMA TABULAR**

**ANEXO II - RESULTADOS DOS MODELOS DE PREVISÃO**

**ANEXO III - PROTOCOLO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO TAQUARI**

## 1. Apresentação

Este relatório tem como objetivo apresentar os resultados dos estudos hidrológicos preliminares realizados para a operação do Sistema de Alerta da Bacia do Rio Taquari.

A bacia do rio Taquari está localizada na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul. A bacia sofre com problemas de inundações, principalmente nos seus trechos médio e baixo.

Assim, a CPRM está implantando um sistema de alerta de enchentes nesta bacia, com objetivo de prever as enchentes nos seguintes municípios: Muçum, Encantado, Estrela, Lajeado, Bom Retiro, Porto Mariante e Taquari.

Para tanto está prevista a instalação de uma rede de monitoramento automático hidrológico em 10 pontos da bacia, a saber: Passo Tainha, Linha José Júlio, Passo Carreiro, Muçum, Santa Lúcia, Encantado, Estrela, no rio Fão, Porto Mariante e Taquari. Destes faltam instalar ainda as estações de Passo Carreiro, no rio Fão, Porto Mariante e Taquari.

Este relatório é composto por **seis** capítulos, sendo que o primeiro é esta **Introdução**, o segundo contém a **Caracterização da Bacia do Rio Taquari**, o terceiro uma **Descrição do Sistema de Alerta**, o quarto a **Rede de Monitoramento** usada no sistema, o quinto os **Estudos Hidrológicos** desenvolvidos e o sexto as **Referências Bibliográficas**.

Além disso, este relatório possui **três** anexos, sendo que o primeiro contém as **Curvas Chaves** estabelecidas, o segundo os **Resultados dos Modelos Hidrológicos** já calibrados, o terceiro Proposta de Protocolo de Operação do Sistema de Alerta do Rio Taquari.

## 2. Caracterização da Bacia do Rio Taquari

Segundo CPRM, 2012, a bacia do rio Taquari localiza-se integralmente no Estado do Rio Grande do Sul, na região Hidrográfica do Guaíba, e possui uma área de drenagem de aproximadamente 26.415km<sup>2</sup> (cerca de 9% da área do RS, a qual compreende, total ou parcialmente, 119 municípios) e 1.281.866 habitantes (in STE,2011). A Figura 2.1 apresenta o mapa de localização da bacia.

Devido à sua dimensão, esta bacia possui características físicas e antrópicas diferenciadas: áreas de alto índice de industrialização, áreas com predomínio de produção primária e zonas intensamente urbanizadas. Uma das regiões mais desenvolvidas do Estado, o Aglomerado Urbano do Nordeste, encontra-se nesta bacia hidrográfica.

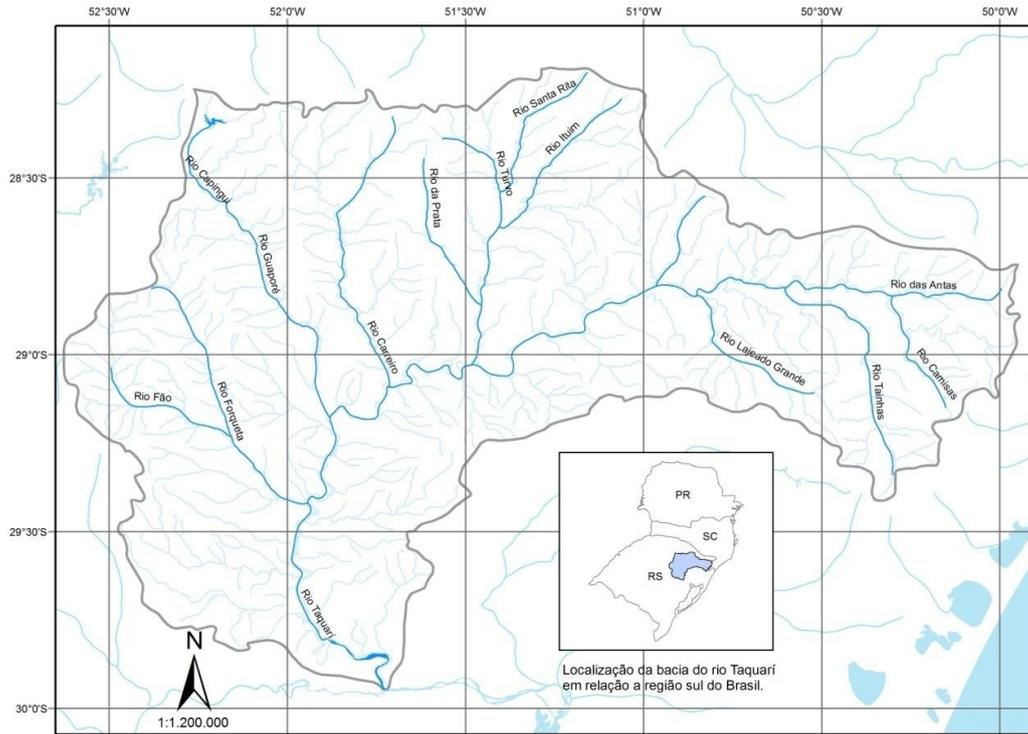


Figura 2.1: Mapa de localização da bacia do rio Taquari

Em relação ao uso e ocupação do solo, na região das nascentes do rio Taquari-Antas, predomina a criação extensiva de gado. Esta paisagem muda na altura da cidade de Antônio Prado, onde passa a predominar a pequena propriedade rural com uso intensivo do solo. Quanto ao uso agrícola, destacam-se em área cultivada as sub-bacias dos rios Carreiro, Forqueta e das Antas, onde predominam as culturas de milho e soja. Além destas culturas, o arroz é cultivado nas partes mais planas, ao sul da bacia.

Na indústria destacando-se os setores de vestuário e artefatos de tecidos, metalúrgica, madeira, produtos alimentares, mobiliário, calçados e minerais não metálicos.

Os municípios integrantes desta bacia concentram 20% do PIB estadual, caracterizando-se por possuírem a base econômica voltada para um setor industrial em crescimento. Por outro lado, o Índice de Desenvolvimento Social apresentou um valor inferior à média do Estado: 0,67 contra 0,74.

Representando cerca de 16% da população estadual, os municípios integrantes da bacia do Taquari-Antas caracterizam-se por um elevado grau de urbanização, por uma densidade demográfica de 40 hab./km<sup>2</sup> e por uma taxa de crescimento populacional próxima à média do Estado.

O rio Taquari nasce na Serra Geral, próximo a região dos Aparados da Serra, em São José dos Ausentes, em altitudes superiores a 1.100m, sendo denominado “rio das Antas” até a foz do rio Carreiro. Tem um curso de leste para oeste até a cidade de Muçum, onde muda para direção norte-sul, até desembocar no rio Jacuí, junto a cidade de Triunfo,

após percorrer aproximadamente 520km. Seus principais afluentes são os rios: da Prata, Carreiro, Guaporé e Forqueta.

Até a cidade de Muçum o rio atravessa regiões muito acidentadas, correndo encaixado em vales profundos, cortando as regiões conhecidas como Encostas Superior e Inferior do Nordeste. Em razão destas regiões movimentadas, sua declividade é elevada, mas apresenta também saltos expressivos e patamares de declividades mais baixas.

Este comportamento se altera no início da transição da Encosta Inferior do Nordeste para a Depressão Central, a jusante da cidade de Muçum, onde são verificadas declividades menores, e margens baixas, favorecendo a inundações nas épocas de chuva.

Hidrologicamente a bacia se caracteriza por regimes torrenciais, de escoamentos superficiais rápidos e bruscas variações de descargas, por apresentar declividade média elevada, rede de drenagem densa com tendência radial, pouca cobertura vegetal, pouca profundidade e baixa permeabilidade dos solos.

A navegação comercial é desenvolvida com intensidade a partir da cidade Muçum até a foz do Taquari, em uma extensão de 148 km, havendo três portos públicos neste trecho: Taquari, Mariante e Estrela. Entre estes terminais portuários destaca-se o de Estrela, pelo volume de carga movimentada e área de influência. Os principais produtos movimentados são grãos e farelos, adubo, carvão, óleos vegetais, areias e seixos rolados para construção civil, havendo intenso intercâmbio com o porto de Rio Grande, tanto para exportação, quanto para importação inter-regional. No trecho do rio Taquari que se inicia a aproximadamente 10km a montante da cidade de Estrela a navegabilidade é garantida pela barragem de Bom Retiro do Sul.

A bacia do rio Taquari apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, dois tipos fundamentais de clima, fortemente influenciados pela morfologia: subtropical (Cfa) e temperado (Cfb). O clima subtropical ocorre na Depressão Central Gaúcha, que é a região da bacia com altitudes baixas e médias. A região do Planalto das Araucárias pertence a zona de clima temperado, onde as altitudes são muito maiores e as temperaturas mais baixas.

A temperatura média anual varia desde 14,5°C, nas cabeceiras da bacia, até em torno de 19°C, na foz. Quanto às chuvas, a área caracteriza-se por ser bem regada e por sua distribuição uniforme durante o ano, sem uma estação seca definida. Os totais pluviométricos variam desde 1700mm, nas cabeceiras, até 1500mm, na foz da bacia.

Existem nesta sub-bacia vários empreendimentos para geração de energia. A empresa STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A, 2011 identificou 03 UHE's – Usinas Hidrelétricas, 11 PCH's – Pequenas Centrais Hidrelétricas e 11 CGH's – Centrais em operação, sendo que foram considerados, conforme a potência instalada: UHE's mais de 30 MW, PCH's entre 1 e 30MW e CGH's com até 1MW.

Atualmente, a rede hidrometeorológica pertencente à ANA e operada pela CPRM/SUREG – PA é composta por 15 estações pluviométricas e 15 fluviométricas. Outras entidades como CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica), SPH (Superintendência de Portos e Hidrovias – RS), SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente – RS) e várias concessionárias de energia elétrica, como RGE e CERAN, são responsáveis por estações nesta bacia.

## **2.1. Características Físicas**

Segundo CPRM, 1997: A bacia do rio Taquari é uma sub-bacia o rio Jacuí. Possui forma irregular, situando-se entre as latitudes 28°00' e 29°55' S e longitudes de 49°55' e 52°00' WGR.

Seus limites são a bacia do rio Pelotas, ao norte; a bacia do Jacuí, ao oeste e ao sul; e as bacias dos rios Caí e Sinos e pequenas bacias costeiras, ao leste.

Drena uma área de aproximadamente 26.428 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 9% do território gaúcho.

O rio Taquari nasce na Serra Geral, próximo à região dos Aparados da Serra, no município de São José dos Ausentes, em altitude superior a 1100m, e desemboca no rio Jacuí, em sua margem esquerda, junto à cidade de Triunfo, após um percurso aproximado de 520 Km.

Até a cidade de Muçum, o rio vence regiões muito acidentadas, correndo encaixado em vales profundos, para atravessar regiões conhecidas como Encostas Superior e Inferior do Nordeste.

Em razão das regiões movimentadas que o rio atravessa, sua declividade é elevada, mas também apresenta saltos expressivos ou patamares de menores declividades.

As seções transversais demonstram um forte encaixamento do seu curso, com vales altos de margens abruptas.

Esse comportamento se altera no início da transição da Encosta Inferior do Nordeste para a Depressão Central, já a jusante da cidade de Muçum, quando são mais amenas as declividades e as margens são baixas, favorecendo, inclusive, inundações nas épocas de cheias.

Estando o rio Taquari situado na região de maior pluviosidade do Estado do Rio Grande do Sul, acrescido da baixa permeabilidade do solo, sua bacia apresenta um grande número de contribuintes.

## **2.2. Geologia**

Segundo CPRM, 1997, “A bacia do rio Taquari é formada basicamente por uma geologia composta de rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral, arenitos da Formação Botucatu, depósitos quaternários recentes constituídos por areias, argilas,

formações superficiais, solos orgânicos e depósitos de seixos rolados, sendo que estes últimos ocorrem com frequência ao longo da calha de determinados cursos d'água.

A Formação Serra Geral, formada por rochas vulcânicas ácidas, intermediárias e básicas, cobre a maior parte da área da bacia, abrangendo a porção norte e centro da mesma.

Os arenitos eólicos da Formação Botucatu estão situados na zona transicional, ocupando os sopés das escarpas e das bases dos morros testemunhos.

Nas porções baixas, parte sul da bacia hidrográfica, ocorrem outras rochas sedimentares da bacia do Paraná.

As rochas pertencentes à Formação Serra Geral podem ser separadas em uma sequência básica, predominante, e uma sequência ácida, mais abundante no topo do pacote, porém com possibilidades de intercalações locais junto à sequência básica inferior. Corpos de arenitos eólicos, deposição inter-derrame, ocorrem também na unidade, encontrando-se posicionados preferencialmente na sequência baixa inferior.

A sequência básica é constituída predominantemente por rochas efusivas, as quais são agrupadas em três grandes grupos: basaltos, andesitos e basaltos com vidro.

A sequência ácida apresenta rochas situadas em posição estratigraficamente superior em relação às rochas da sequência básica. Essas rochas, quando alteradas, exibem coloração em tons cinza-claro e amarelado.

As efusivas ácidas desta sequência são agrupadas em quatro grandes tipos petrográficos, quais sejam: os basaltos pórfiros, os dacitos e riodacitos felsíticos, os riolitos felsíticos e os fenobasaltos vítreos.

A Formação Botucatu desenvolveu-se, na área da bacia hidrográfica, em grande parte sotoposta aos basaltos da Serra Geral, aflorando por vezes em áreas isoladas. A leste do rio Taquari a formação se constitui em uma faixa contínua, com largura que chega a atingir duas centenas de quilômetros.

Em alguns locais, no baixo curso do rio Taquari, a base da Formação Botucatu encontra-se exposta, depositada sobre as formações Rosário do Sul e Rio do Rastro, ambas de ambiente similar, porém de constituição litológica mais fina e heterogênea. A formação Botucatu, nesta área, é constituída por arenitos com estruturas típicas de deposição eólica, apresentando coloração vermelha, rósea e esbranquiçada, sendo de finos a médios, normalmente bimodais, quartzosos e friáveis (devido à matriz reduzida), apresentando grãos foscos e geralmente bem arredondados.

Nas porções baixas da bacia hidrográfica, no fundo dos vales ou planícies onde os cursos d'água correm com menor velocidade, observa-se deposições aluvionares (areias, cascalheiras e sedimentos siltito-argilosos), terraços e depósitos de calha da rede fluvial.

”

### 2.3. Relevo

Segundo CPRM, 1997, “A bacia do rio Taquari apresenta-se no domínio morfo-estrutural das bacias e coberturas sedimentares, com cinco unidades geomorfológicas bem caracterizadas, que são: Planalto dos Campos Gerais, Serra Geral, Patamares da Serra Geral, Planície Colúvio-Aluvionar e Depressão Rio Jacuí.

A unidade geomorfológica Planalto dos Campos Gerais representa ampla área elevada, onde se registram as maiores cotas altimétricas de todo o domínio morfo-estrutural das bacias e coberturas sedimentares. Apresenta-se como uma superfície inclinada, com caimento natural para oeste. As cotas mais elevadas, a leste, estão próximas ao contato com a unidade geomorfológica Serra Geral, na ordem de 1100 e 1200 m.

O Planalto dos Campos Gerais caracteriza-se, a oeste, por um relevo relativamente plano e conservado, representado por superfícies de aplanamento desnudadas, retocadas e degradadas. De modo geral, desenvolveram-se por extensas áreas nas posições interfluviais dos rios Caí e das Antas e entre este último com o rio Pelotas, em seus altos cursos. Essas superfícies de aplanamento, elaboradas por processos de pediplanação em consequência de ataques erosivos sucessivos, indicam a predominância dos processos de erosão areolar, truncando rochas sãs ou pouco alteradas. Na maioria das vezes, elas se apresentam em estágio de degradação, estando geralmente separadas por ressaltos topográficos ou escarpas.

Em algumas áreas, a erosão conseguiu alargar extensos vales, deixando resíduos de antiga superfície de aplanamento.

No Planalto dos Campos Gerais a ocorrência de linhas estruturais, que estão normalmente ocupadas pelos cursos de água, é frequentemente generalizada. Entre um e outro divisor, embutidos em linhas estruturais, ocorrem inúmeros arroios incipientes, também seguindo orientações estruturais.

As formas de relevo referentes à dissecação com controle estrutural e maior entalhamento da drenagem estão associados, via de regra, aos altos cursos dos afluentes do rio das Antas.

A unidade geomorfológica Serra Geral constitui-se nos terminais escarpadas abruptos do Planalto dos Campos Gerais, nas bordas leste e sul, desenvolvidas especialmente sobre rochas efusivas básicas.

A borda leste está representada por um relevo escarpado com desníveis acentuados, de até 1000 m. A direção geral desse escarpamento é, a princípio, N- S, sendo, porém, a mais comum NNE - SSO, a qual corresponde a área conhecida regionalmente como Aparados da Serra. Esses constituem-se nos relevos mais abruptos, com presença de rios de grandes aprofundamentos, adaptados aos sulcos estruturais da área.

As características do relevo, em especial, são propícias ao desenvolvimento e preservação de uma vegetação do tipo florestal.

Na área serrana, as formas de relevo estão representadas por profunda e intensa dissecação (com marcante controle estrutural), frequentes ocorrências de sulcos estruturais e cursos fluviais a ele adaptados. Registram-se cristas simétricas disseminadas pela área e, esporadicamente, a presença de relevos residuais isolados. De modo geral, refere-se a um bordo de planalto muito festonado e profundamente dissecado, em especial através da rede fluvial.

A unidade geomorfológica Patamares da Serra Geral engloba formas em colinas com pequeno aprofundamento dos vales fluviais, as quais constituem feições de relevo que apresentam forte controle estrutural; localizadamente ocorrem formas planares. Os relevos, associados diretamente ao pronunciado escarpamento dos Aparados da Serra, compreendem níveis profundos de dissecação e de entalhamento da drenagem, e se apresentam controlados por inúmeras linhas estruturais.

Na borda da unidade observa-se uma série de morros testemunhos, que avançam sobre a unidade geomorfológica do rio Jacuí.

As principais formas de relevo que ocorrem na bacia, e que pertencem à unidade, apresentam formas alongadas, sub-paralelas, por vezes com ocorrência de cristas simétricas.

A unidade geomorfológica Planície Colúvio-Aluvionar corresponde à superfície plana, rampeada suavemente para leste e em alguns trechos descontínua, posicionada entre a Planície Lagunar, a leste, e os relevos das regiões geomorfológicas Planalto das Araucárias e Planalto Sul-Riograndense, a oeste.

Predominam os modelados planos ou embaciados, resultantes da convergência de leques coluviais espraiamento, cones de rejeição ou concentração de depósito de enxurradas nas partes terminais de rampas e sedimentos. Ocorrem, ainda, formas de topo plano ou baixos tabuleiros.

Os cursos d'água apresentam planícies fluviais ou correm encaixadas em terraços fluviais.

A unidade geomorfológica Depressão Rio Jacuí desenvolve-se no sentido leste-oeste da Depressão Central Gaúcha, limitando-se ao norte com a Serra Geral e os Patamares da Serra Geral, e situando-se a sul da bacia hidrográfica.

A unidade se caracteriza por apresentar um relevo sem grandes variações altimétricas, dando à paisagem um caráter monótono, onde dominam formas alongadas de topo convexo conhecidas por coxilhas.

Por outro lado, ocorrem vastas superfícies planas, rampeadas, recobertas por colúvios, com dissecação incipiente e mapeadas como superfícies pediplanas. Essas rampas estão localizadas geralmente ao norte da unidade, entre o sopé da escarpa da Serra Geral e as coxilhas que contatam com as faixas aluvionares do rio Jacuí. Dessa superfície

emergem inúmeros relevos residuais, com vertentes sedimentadas, relacionados, ora à Serra Geral, ora aos Patamares da Serra Geral. ”

#### **2.4. Solos**

Segundo CPRM, 1997, “Solo é a camada superior meteorizada da parte sólida da crosta terrestre. Para sua formação e individualização, contribuem o clima, o material rochoso, o relevo, os organismos vivos e o tempo, que vão determinar, em cada tipo de solo, a sua cor, textura, estrutura, consistência, conteúdo de matéria orgânica, profundidade e fertilidade, entre as principais características identificadas.

Na sub-bacia em estudo, iniciando-se uma análise a partir das nascentes, verifica-se uma alteração significativa das unidades de solo, tanto nos aspectos físicos quanto químicos. Pode-se considerar a separação em três regiões: Planalto dos Campos Gerais, Serra Geral e Depressão Central.

No Planalto do Campos Gerais, que abrange as áreas de topo do Planalto das Araucárias, grande parte dos solos origina-se de rochas efusivas ácidas. Próximo às nascentes do rio Antas, localiza-se uma superfície aplainada, onde predominam os Cambissolos Brunos Húmicos álicos, de textura argilosa ou muito argilosa, associados as Terras Brunas Estruturadas Húmicas álicas, de textura argilosa. Em altitudes um pouco menores, desenvolvem-se as Terras Brunas Estruturadas intermediárias para Podzólico Bruno-Acinzentado álicas, com relevo variando do ondulado ao forte ondulado. Os solos derivados de rochas efusivas básicas ocorrem principalmente nas imediações de Vacaria e Lagoa Vermelha, e são representados por Latossolo Bruno Câmbico álico e Latossolo Bruno intermediário para Latossolo Roxo álico, ambos de textura muito argilosa.

Na Serra Geral, o relevo característico é o forte ondulado e montanhoso, e os solos que predominam são um complexo de Solos Litólicos com Cambissolo eutrófico, Brunizém Avermelhado e Terra Roxa Estruturada eutrófica, quase todos com fase pedregosa. Apesar da forte inclinação representada pelo relevo, são áreas intensamente utilizadas nas pequenas propriedades que dominam o cenário fundiário local, dado o ótimo nível de fertilidade natural. Próximo à calha do Taquari ocorrem o Brunizém Avermelhado e os Cambissolos eutróficos gleicos, em relevo plano e suave ondulado.

Na Depressão Central, com a influência de outros materiais de origem, os solos aumentam sua diversidade. Destacam-se os Podzólicos Vermelho-Amarelo álicos e distróficos, textura variando entre arenosa e média, originados dos arenitos das Formações Botucatu e Rosário do Sul. Outros solos, com deficiência de drenagem, aparecem nas proximidades da foz do Taquari, como o Podzólico Bruno-Acinzentado, Planossólico eutrófico e o Planossolo eutrófico. ”

## 2.5. Vegetação

Segundo CPRM, 1997, “As características climáticas da bacia do rio Taquari influem no desenvolvimento da vegetação de Floresta Ombrófila Mista e árvores da floresta do tipo latifoliada.

A Floresta Ombrófila Mista, cujo elemento principal é a Araucária, domina o Planalto Meridional, desenvolvendo-se junto a pequenos arbustos e capões. Sua continuidade é interrompida pela ocorrência dos campos limpos, domínio das espécies rasteiras, cujas modalidades e locais de ocorrência recebem denominações diferentes.

A Floresta Ombrófila Mista, associando-se às espécies latifoliadas, apresenta médias térmicas entre 20 e 21°C, no verão e 10 e 11°C, no inverno, situando-se no curso médio do rio Taquari.

A ocorrência da mata de araucária associa-se à regularidade do modelado, daí desaparecer nos patamares de afloramento mais resistente. Seus limites altimétricos correspondem às cotas superiores a 400m, nos estados Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Este revestimento florístico caracteriza muito bem o domínio morfoclimático do planalto arenítico-basáltico do sul do país.

A Floresta Estacional Decidual Montana reveste áreas de relevo dissecado da Serra Geral, em cotas superiores a 400m, correspondentes às partes elevadas das escarpas formadas pelo vale dos rios Taquari-Antas. Limita-se, nas cotas superiores, com a Floresta Ombrófila Mista, sendo a linha de limite determinada pelas formas de relevo, conservado e dissecado.

A cobertura florestal desta formação é formada por um pequeno número de espécies com acentuada adaptação à estacionalidade, onde se destacam: angico, cedro, canjerana, cabriúva, guajuvira e outras. Estas espécies frequentemente penetram na Floresta Ombrófila Mista ao longo da borda do Planalto das Araucárias, constituindo ali um expressivo contingente no extrato dominado.

As condições de solo e relevo, desfavoráveis à agricultura, não impediram a devastação quase completa da cobertura florestal primitiva, em décadas passadas.

Atualmente com o progressivo abandono das áreas utilizadas para a agricultura, passou a predominar a vegetação secundária nos diversos estágios. Os agrupamentos florestais remanescentes ocupam as encostas íngremes e de difícil acesso.

A formação Aluvial reveste os terraços aluviais na Depressão Central do Rio Grande do Sul, ao longo dos cursos inferiores dos rios.

Grande parte da cobertura florestal desta formação foi gradativamente erradicada, sendo substituída por culturas cíclicas e pastagens.

Essa unidade fitofisionômica apresenta pequenas variações estruturais e florísticas em função das condições locais de drenagem. Assim, nas áreas frequentemente inundáveis

e de drenagem lenta, o estrato arbóreo é aberto, sendo dominado por corticeira, salgueiro, ingá, branquilha, jerivá e outras. Nos locais de solos drenados, esporadicamente inundáveis, a cobertura arbórea é densa, sendo formada principalmente pelas espécies: açoita-cavalo, grajuvira, angico, farinha-seca e camboatá. No estrato das arvoretas dominam: sarandi, mata-olho-branco, cafeeiro-do-mato, taquaruçu, além de outras.

O trigo é cultivado tanto nas zonas de campo (lavouras extensivas, mecanizadas) como nas florestais (pequenas lavouras associadas), ocupando principalmente o planalto basáltico. O arroz é cultivado nas áreas baixas, depressão central e rebordo do planalto basáltico. O Milho e a mandioca, empregados na alimentação da população rural e utilizados como alimento, sobretudo para o rebanho suíno, e cuja cultura, embora bem difundida, prevalece nas zonas de minifúndios. O fumo e a uva são cultivados no vale do rio Taquari. Nesta região são cultivadas também frutas cítricas, destinadas à indústria do suco.

Outra atividade econômica importante é a criação de rebanhos bovino, suíno e ovino.

A atividade industrial no vale do Taquari é fundamentalmente de transformação de produtos agrícolas. Encontram-se na região frigoríficos, curtumes, laticínios, vinícolas, indústria têxtil, etc.”

## **2.6. Clima**

Segundo CPRM, 1997, “A bacia do rio Taquari apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, dois tipos fundamentais de clima, fortemente influenciados pela morfologia, subtropical (Cfa) e temperado (Cfb). Sendo:

C - Temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C, temperatura média do mês mais quente superior a 10°C;

f- pelo menos 30mm de precipitação em cada mês do ano;

a - pelo menos um mês com temperatura média superior a 22°C (“verão quente”);

b - temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (“verão tépido”).

O clima subtropical ocorre na Depressão Central e na Encosta do Nordeste, que são as regiões da bacia com altitudes baixas e médias. Os Campos de Cima da Serra, a Serra do Nordeste e parte da Encosta pertencem à zona temperada, onde as temperaturas são mais baixas.

A temperatura média varia desde 14°C nas cabeceiras até entre 16 e 18°C na foz, a média das máximas da mesma forma desde 20°C até entre 22 e 24°C e a média das mínimas desde 10°C até entre 12 e 14°C.

A região apresenta geadas constantes nos períodos de outono, inverno e primavera, estendendo-se, nos municípios de maior altitude, até dezembro. Os meses de maior frequência são junho, julho e agosto, quando também podem ocorrer nevascas.

Quanto às chuvas, a área caracteriza-se por ser bem regada e por sua distribuição uniforme durante o ano, sem uma estação seca definida. Os totais pluviométricos anuais variam em torno de 1700mm nas cabeceiras da bacia e entre 1400 e 1300mm na foz. A umidade relativa média do ar varia entre 82 e 74%, sendo maior nas cabeceiras. ”

### **3. Descrição do Sistema de Alerta**

Um sistema de alerta é composto pelas seguintes atividades:

- Acompanhamento da previsão meteorológica
- Monitoramento de dados hidrológicos
- Elaboração de previsões hidrológicas
- Divulgação das informações

No Brasil, a previsão meteorológica oficial é feita pelo INMET-Instituto Nacional de Meteorologia e INPE/CEPTEC- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Pesquisa e são divulgadas diariamente nos sites:

- <http://www.inmet.gov.br/vime/>
- <http://tempo.cptec.inpe.br/>

O monitoramento de dados hidrometeorológicos é feito oficialmente pelo INMET e ANA, sendo neste caso operado em sua maior parte pela CPRM.

No caso da bacia do rio Taquari, está sendo instalada uma rede de monitoramento automático pela CPRM para operação do sistema de alerta. Além disso, estão sendo identificadas instituições que possuem este tipo de estação para que sejam usadas em redundância a rede da CPRM. No próximo capítulo serão descritas estas redes de monitoramento, bem como do sistema computacional de coleta, armazenamento e análise dos dados.

A partir dos dados de monitoramento são definidas cotas de atenção, alerta e de inundação para cada localidade beneficiada pelo sistema. A cota de inundação é o nível do curso d'água em que começa a haver algum tipo de problema para a localidade. Assim, este nível depende da localização do ponto beneficiado em relação ao curso d'água. A cota de alerta é o nível do curso d'água a partir do qual será feita a previsão hidrológica e divulgada para os municípios beneficiados. A cota de atenção é o nível do curso d'água em que a equipe de operação do sistema de alerta é acionada para eventual operação de alerta.

A elaboração das previsões hidrológicas pode ser feita com o uso de diversos modelos. A escolha do tipo do modelo depende do tamanho da bacia e dos dados de entrada tanto em relação a localização quanto a frequência de coleta e transmissão.

A divulgação das previsões hidrológicas é feita diretamente no site da CPRM e por meio para os interessados cadastrados, sob a forma de boletins, os quais são emitidos três vezes ao dia em caso de situações de alerta na bacia do rio Taquari. Tanto em situações de alerta quanto em situações normais os dados de monitoramento da rede da CPRM, para esta bacia estão disponibilizados no site da empresa.

#### **4. Rede de Monitoramento**

Para a operação de um sistema de alerta é necessário o monitoramento de uma rede hidrológica, preferencialmente com equipamentos automáticos com transmissão em tempo real. Na bacia do rio Taquari existem estações pertencentes a redes de diversas instituições, as quais serão descritas a seguir.

Ressalta-se que na operação de um sistema de alerta é importante e desejável a redundância das estações garantindo a obtenção dos dados, especialmente nas situações de alerta.

##### **4.1. ANA**

Na Bacia do rio Taquari existem várias estações pertencentes a rede hidrológica básica nacional de responsabilidade da ANA – Agência Nacional de Águas, cuja operação nesta bacia é feita pela CPRM. Estas estações são convencionais, os dados de precipitação, são, de um modo geral acumulados e coletados uma vez por dia, já os dados dos níveis dos rios são coletados duas vezes por dia às 7 e 17 horas. Estas estações têm séries extensas de dados, os quais são usados na calibração dos modelos de previsão. Além disso, em algumas estações, os dados são transmitidos diariamente pelo observador via telefone para a CPRM, para serem usados, a princípio, para avaliar a *performance* dos equipamentos automáticos, mas também em substituição a eles em caso de pane dos equipamentos.

##### **4.2. CPRM**

Para a operação do sistema de alerta, está prevista a instalação de uma rede de monitoramento em 10 pontos da bacia, a saber: Passo Tainha, Linha José Júlio, Passo Carreiro, Muçum, Santa Lúcia, Encantado, Estrela, no rio Fão, Porto Mariante e Taquari. Destes faltam instalar ainda as estações de Passo Carreiro, no rio Fão, Porto Mariante e Taquari. O critério de seleção destes pontos levou em conta, os municípios a serem beneficiados pelo sistema.

As estações são automáticas e em sua maioria têm sensores de nível e precipitação. O fabricante das estações é Vaissala, a transmissão é via GPRS. A frequência de coleta e de transmissão dos dados é a cada 15 minutos.

A CPRM opera também um sistema de alerta na bacia vizinha do rio Caí. Nesta bacia foram instaladas uma série de estações com medidores de precipitação e nível dos rios. O fabricante das estações é Squitter, a transmissão é via GPRS. A frequência de coleta e de transmissão dos dados é a cada 15 minutos.

As estações instaladas na bacia do rio Caí são: Capão dos Cochos, São Vendelino, Linha Gonzaga, Nova Palmira, Costa do Rio Cadeia, Barca do Caí, Passo Montenegro.

### **4.3. AHSUL**

A AHSUL é responsável por gerenciar a navegação no rio Taquari que acontece desde a sua foz até o Porto de Estrela, localizado na cidade de mesmo nome. Para tanto esta instituição monitora os níveis do rio Taquari em diversos pontos e tem uma barragem localizada na cidade de Bom Retiro. Esta barragem, além da transposição de nível, com um sistema de eclusa, mantém o nível do rio Taquari na cota 13,0m no Porto de Estrela garantido a navegação até lá.

Historicamente o monitoramento do nível pela AHSUL é feito diariamente quatro vezes por dia, às 0, 6, 12 e 18h. Atualmente em parceria com a Univates a AHSUL tem instalado estações de monitoramento de nível automático na bacia do rio Taquari. Já foram instaladas estações nos seguintes pontos: Barragem Bom Retiro, Estrela, Porto Mariante, Taquari, Forqueta, Marques de Souza, Rio das Antas, São Marcos, Fontoura Xavier, Marau, Anta Gorda, Monte Alegre dos Campos, André Rocha e Encantado. Os dados destas estações são usados, a princípio, para aferir a *performance* dos equipamentos da CPRM, mas podem ser usados em substituição a eles no caso de pane dos mesmos. Além disso, as séries históricas são usadas para a calibração de modelos de previsão.

A frequência de coleta dos dados é horária e a transmissão é feita para uma área de ftp de um servidor localizado na AHSUL, de onde os dados estão disponíveis para *download*.

### **4.4. Concessionárias de Energia**

A ANA e a ANEEL editaram uma Resolução Conjunta número 003/2010 que determina que os empreendimentos hidroelétricos deverão operar uma rede automática de monitoramento hidrológico a montante e jusante dos empreendimentos hidrelétricos.

Na bacia do rio Taquari, existem vários empreendimentos hidrelétricos e, alguns deles já se encontram adequados a esta resolução, com a rede de monitoramento automático instalada.

Alguns destes pontos são de interesse do sistema de alerta do rio Taquari, em especial os pontos dos empreendimentos localizados na calha principal, que são concessão da CERAN-Centrais Elétricas Rio das Antas. Destes o de maior interesse é a usina 14 de julho.

Nesta usina são coletados dados de nível e vazão a montante, jusante e de nível no barramento com frequência horária.

A série histórica é utilizada na calibração de modelos e os dados, a princípio para avaliar a *performance* dos equipamentos automáticos da CPRM, mas também em substituição a eles em caso de pane dos mesmos.

Em caso de ampliação dos municípios beneficiados, outros empreendimentos monitorados automaticamente serão importantes para o sistema, em especial na bacia do rio Forqueta.

#### **4.5. INMET**

O INMET – Instituto Nacional de Meteorologia possui uma rede de monitoramento meteorológico na bacia do rio Taquari. Algumas estações são automáticas e os dados transmitidos em tempo real e são disponibilizados para download no site do INMET.

A frequência de coleta é horária. As estações de interesse para o sistema de alerta do rio Taquari são as seguintes: São José dos Ausentes; Vacaria; Lagoa Vermelha; Soledade; Rio Pardo; Bento Gonçalves; Canela. Estão localizadas na bacia do rio Caí, mas eventualmente podem ser usadas no alerta do Taquari, as estações: Gramado e Caxias do Sul.

Os dados das estações do INMET são utilizados para avaliação da chuva na bacia, avaliação da *performance* da previsão meteorológica e dos equipamentos automáticos da CPRM e futuramente serão utilizados em modelos de previsão baseados na transformação de chuva em vazão.

#### **4.6. SACE**

A CPRM desenvolveu o SACE – Sistema de Alerta e Controle de Enchentes. Este sistema computacional foi desenvolvido em Java, capaz de coletar, armazenar, analisar e divulgar os dados das estações automáticas coletados por diversos equipamentos; transmitidos via GPRS ou satélite, armazenados via pasta, ftp ou url.

No caso das estações automáticas da CPRM na bacia do rio Taquari, os dados são transmitidos para uma área de área de ftp localizada num servidor da CPRM e são armazenados automaticamente neste sistema computacional.

Neste sistema os dados automáticos passam por uma análise preliminar composta por filtros de: variações bruscas em pequenos espaços de tempo; permanência de valor ao longo de um período grande; valores máximo e mínimo admitidos; comparação entre sensores.

Este sistema disponibiliza os dados monitorados no site da CPRM em forma tabular e gráfica. Além disso, permite o armazenamento de equações de previsão hidrológica de baixa complexidade, bem como pública e transmite os boletins na página e via email para os interessados.

## **5. Estudos Hidrológicos**

Os estudos hidrológicos desenvolvidos podem ser agrupados em:

- Seleção de estações fluviométricas e pluviométricas de interesse do sistema de alerta;
- Definição de cotas de alerta e de inundação;
- Identificação da chuva acumulada na bacia potencialmente causadora de enchentes;
- Atualização e definição de curvas chaves;
- Cálculo de tempos de viagem da onda de cheia entre as estações;
- Calibração de modelos de correlação entre cotas e vazões e de propagação de vazões;
- Calibração de modelos de transformação de chuva em vazão;
- Estudos hidráulicos específicos.

### **5.1. Seleção de estações fluviométricas e pluviométricas de interesse do sistema de alerta**

Na seleção das estações pluviométricas foram utilizados os seguintes critérios:

- Localização da estação;
- Tamanho da série de dados;
- Qualidade da série de dados;
- Proximidades de estações automáticas existentes para serem usadas em modelos de transformação de chuva em vazão calibrados, em tempo real;
- Estações Automáticas.

Com base nestes critérios foram selecionadas as estações apresentadas na Tabela 5.1 e na Figura 5.1.

Tabela 5.1 – Estações Pluviométricas de interesse do sistema de alerta

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Período de dados</b>	<b>Pma (mm)</b>	<b>Operadora</b>
02851003	Antônio Prado	28 51 12	51 17 04	630	1943/2013	1762,3	CPRM
<b>02951010</b>	<b>Encantado</b>	<b>29 14 16</b>	<b>51 51 34</b>	<b>60</b>	<b>1943/2013</b>	<b>1385,3</b>	<b>CPRM</b>
<b>02850009</b>	<b>Passo Tainha</b>	<b>28 52 03</b>	<b>50 27 22</b>	<b>640</b>	<b>1943/2013</b>	<b>1546,7</b>	<b>CPRM</b>
02851024	Prata	28 45 22	51 37 42	680	1944/2013	1569,3	CPRM
02851044	Guaporé	28 50 40	51 52 45	520	1985/2013	1803,5	CPRM
02952001	Barros Cassal	29 05 07	52 35 05	620	1986/2013	1797,3	CPRM
02851022	Passo Migliavaca	28 37 10	51 52 00	380	1957/2013	1785,1	CPRM
02851052	Nossa Senhora de Fátima	28 27 43	51 32 16	263	2002/2013	-	CPRM
02951024	Porto Garibaldi	29 48 42	51 23 11	-	1970/2013	-	CPRM
02950063	Vila Tainhas	29 16 37	50 18 38	-	2000/2013	-	CPRM
<b>02951092</b>	<b>Linha José Júlio</b>	<b>29 05 52</b>	<b>51 41 59</b>	<b>-</b>	<b>2013</b>	<b>-</b>	<b>CPRM</b>
s/c	<b>Estrela</b>	<b>29 25 00</b>	<b>51 57 00</b>	<b>60</b>	<b>2013</b>	<b>1385,3</b>	<b>CPRM/UNIVATES</b>
s/c	<b>Barca do Caí</b>	<b>29 35 21</b>	<b>51 22 58</b>	<b>-</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1611,0</b>	<b>CPRM*</b>
<b>02950045</b>	<b>Capão dos Cochos</b>	<b>29 21 00</b>	<b>50 30 00</b>	<b>890</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1604,6</b>	<b>CPRM*</b>
<b>02950050</b>	<b>Linha Gonzaga</b>	<b>29 08 31</b>	<b>50 59 12</b>	<b>140</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1716,8</b>	<b>CPRM*</b>
<b>02951022</b>	<b>Nova Palmira</b>	<b>29 20 08</b>	<b>51 11 26</b>	<b>80</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1736,4</b>	<b>CPRM*</b>
<b>02951080</b>	<b>Passo Montenegro</b>	<b>29 42 02</b>	<b>51 26 26</b>	<b>27</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1542,7</b>	<b>CPRM*</b>
<b>02951027</b>	<b>São Vendelino</b>	<b>29 21 59</b>	<b>51 22 16</b>	<b>140</b>	<b>2010/2013</b>	<b>1712,6</b>	<b>CPRM*</b>
s/c	<b>André Rocha</b>	<b>28 37 44</b>	<b>51 34 49</b>	<b>710</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1760,0</b>	<b>UNIVATES</b>
s/c	<b>Anta Gorda</b>	<b>28 58 13</b>	<b>52 00 39</b>	<b>413</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1723,0</b>	<b>UNIVATES</b>
<b>02951003/A840</b>	<b>Bento Gonçalves</b>	<b>29 10 00</b>	<b>51 31 01</b>	<b>624</b>	<b>2014</b>	<b>1579,5</b>	<b>INMET</b>
<b>02950042/A829</b>	<b>Canela</b>	<b>29 21 23</b>	<b>50 48 45</b>	<b>833</b>	<b>2014</b>	<b>1768,4</b>	<b>INMET</b>
02951008	Caxias do Sul	29 09 48	51 10 47	751	-	1723,6	INMET
s/c	<b>Fontoura Xavier</b>	<b>28 58 56</b>	<b>52 20 42</b>	<b>765</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1755,1</b>	<b>UNIVATES</b>
s/c	<b>Gramado</b>	<b>29 22 26</b>	<b>50 52 36</b>	<b>823</b>	<b>2014</b>	<b>1882,9</b>	<b>INMET</b>

<b>02851014/A844</b>	<b>Lagoa Vermelha</b>	<b>28 12 35</b>	<b>51 31 31</b>	<b>803</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1769,6</b>	<b>INMET</b>
s/c	<b>Marau</b>	<b>28 27 01</b>	<b>52 11 57</b>	<b>549</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1841,0</b>	<b>UNIVATES</b>
s/c	<b>Marques de Souza</b>	<b>29 19 54</b>	<b>52 05 52</b>	<b>52</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1590,0</b>	<b>UNIVATES</b>
s/c	Monte Alegre dos Campos	28 40 52	50 47 02	970	2014	1683,1	CPRM
s/c	<b>Rio das Antas</b>	<b>29 02 44</b>	<b>51 34 11</b>	-	<b>2009/2013</b>	-	<b>UNIVATES</b>
<b>A813</b>	<b>Rio Pardo</b>	<b>29 59 19</b>	<b>52 22 18</b>	<b>35</b>	<b>2014</b>	<b>1618,5</b>	<b>INMET</b>
<b>A837</b>	<b>Soledade</b>	<b>28 49 52</b>	<b>52 30 49</b>	<b>718</b>	<b>2014</b>	<b>1771,0</b>	<b>INMET</b>
<b>A829</b>	<b>São José dos Ausentes</b>	<b>28 44 53</b>	<b>50 04 06</b>	<b>1186</b>	<b>2009/2013</b>	<b>1724,3</b>	<b>INMET</b>
s/c	<b>São Marcos</b>	<b>28 58 05</b>	<b>51 04 12</b>	<b>725</b>	<b>2014</b>	<b>1732,4</b>	<b>INMET</b>
<b>A880</b>	<b>Vacaria</b>	<b>28 30 30</b>	<b>50 57 32</b>	<b>961</b>	<b>2014</b>	<b>1718,3</b>	<b>INMET</b>

Pma –Precipitação média anual; s/c – sem código; \* Bacia do Rio Cai; **em negrito – estações telemétricas**

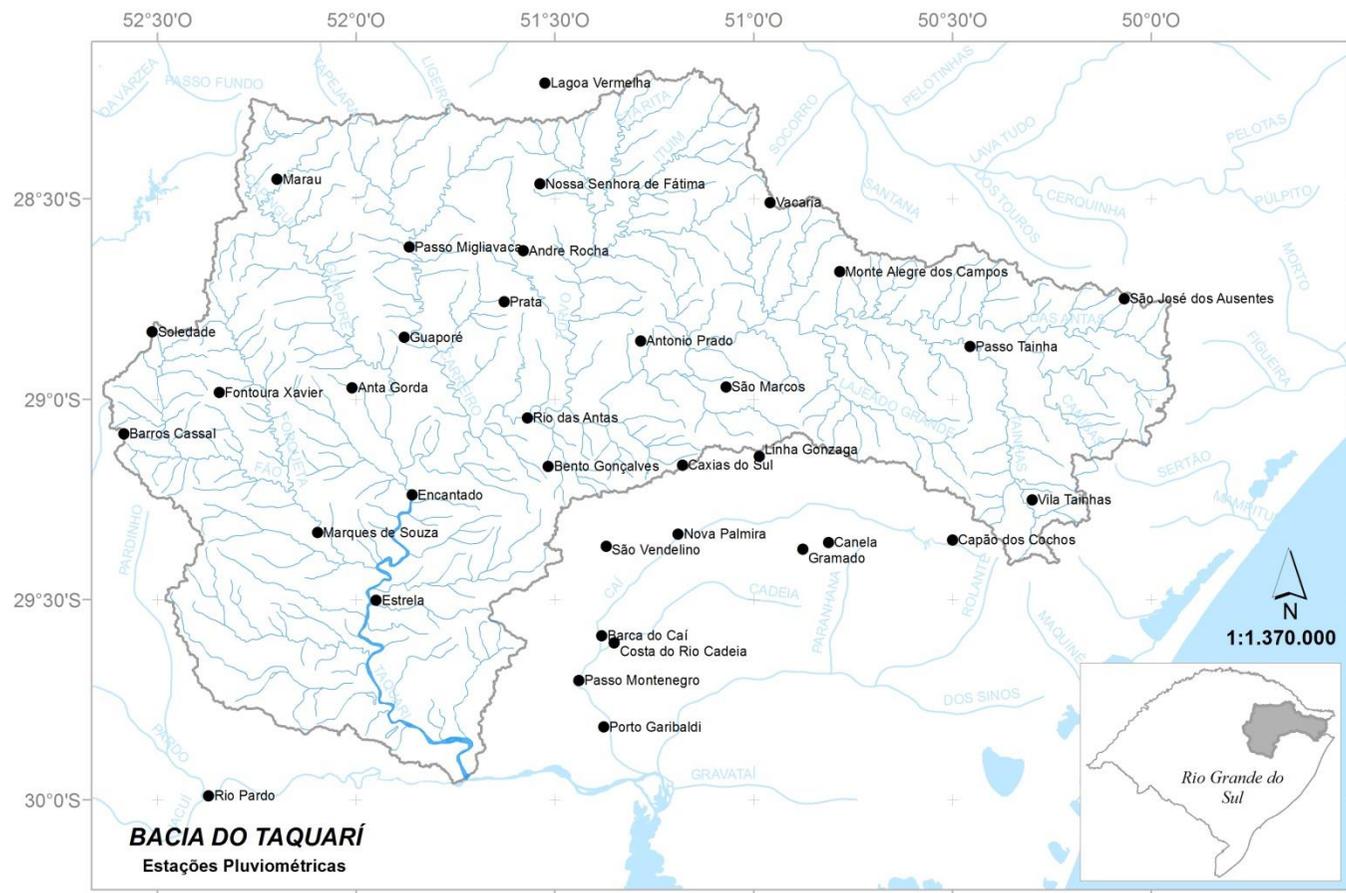


Figura 5.1 - Estações Pluviométricas de interesse do sistema de alerta

Na seleção das estações fluviométricas foi levado em conta os pontos em que se deseja fazer a previsão de níveis dos rios em tempo real, ou seja, os municípios beneficiados pelo sistema. Portanto as estações fluviométricas de interesse foram, conforme apresentado na Tabela 5.2 e na Figura 5.2:

- Usinas hidrelétricas;
- Estações da rede básica nacional;
- Estações automáticas;
- Estações da AHSul.

Tabela 5.2 – Estações Fluviométricas de interesse do sistema de alerta

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/s) (1)</b>	<b>Período de dados</b>	<b>Operadora</b>
86160000	Passo Tainhas	Antas	1097	28 52 05	50 27 22	25,0	1940 em diante	CPRM
86298000	RS-122	Antas	7.367	28 56 25	51 11 17	169	2008 a 2013	CERAN
86305000	Castro Alves	Antas	8.780	29 01 51	51 21 29	202	2009 a 2013	CERAN
86451000	Monte Claro	Antas	12.467	29 01 18	51 31 54	297	2009 a 2013	CERAN
s/c	Rio das Antas	Antas	12.298	29 02 44	51 34 11	288	2009 a 2013	UNIVATES
86471000	Usina 14 de Julho	Antas	12.931	29 04 49	51 40 40	288	2009 em diante	CERAN
86472000	Linha Jose Júlio	Antas	12.985	29 05 52	51 41 59	298	2013 em diante	CPRM
86500000	Passo Carreiro	Carreiro	1.829	28 50 56	51 49 57	42	1939 em diante	CPRM
86510000	Muçum	Taquari	15.826	29 10 01	51 52 02	364	1940 em diante	CPRM
86580000	Santa Lucia	Guaporé	2.382	29 07 11	51 54 43	62	1940 em diante	CPRM
86720000	Encantado	Taquari	19.200	29 14 04	51 51 18	442	1941 em diante	CPRM
86745000	Passo Coimbra	Forqueta	780	29 12 58	52 11 23	21	1957 em diante	CPRM
s/c	Marques de Souza	Forqueta	2.473	29 19 00	52 05 00	63	2009 a 2013	UNIVATES
86870000	Lajeado	Taquari	23.665	29 25 00	51 57 00	540	1939 a 1986	CPRM
s/c	Porto Estrela	Taquari	23.665	29 25 00	51 57 00	540	2009 a 2013	CPRM/AHSul/UNIVATES
86881000	Bar Bom Retiro	Taquari	23.850	29 36 00	51 57 00	544	1939 a 1970	AHSul
86895000	Porto Mariante	Taquari	24.701	29 41 32	51 58 12	552	1959 em diante	CPRM/AHSul
86950000	Taquari	Taquari	25.913	29 48 25	51 52 34	567	1931 em diante	CPRM/AHSul

(1) – UFSM, 2001; s/c – sem código; estações em negrito - telemétricas

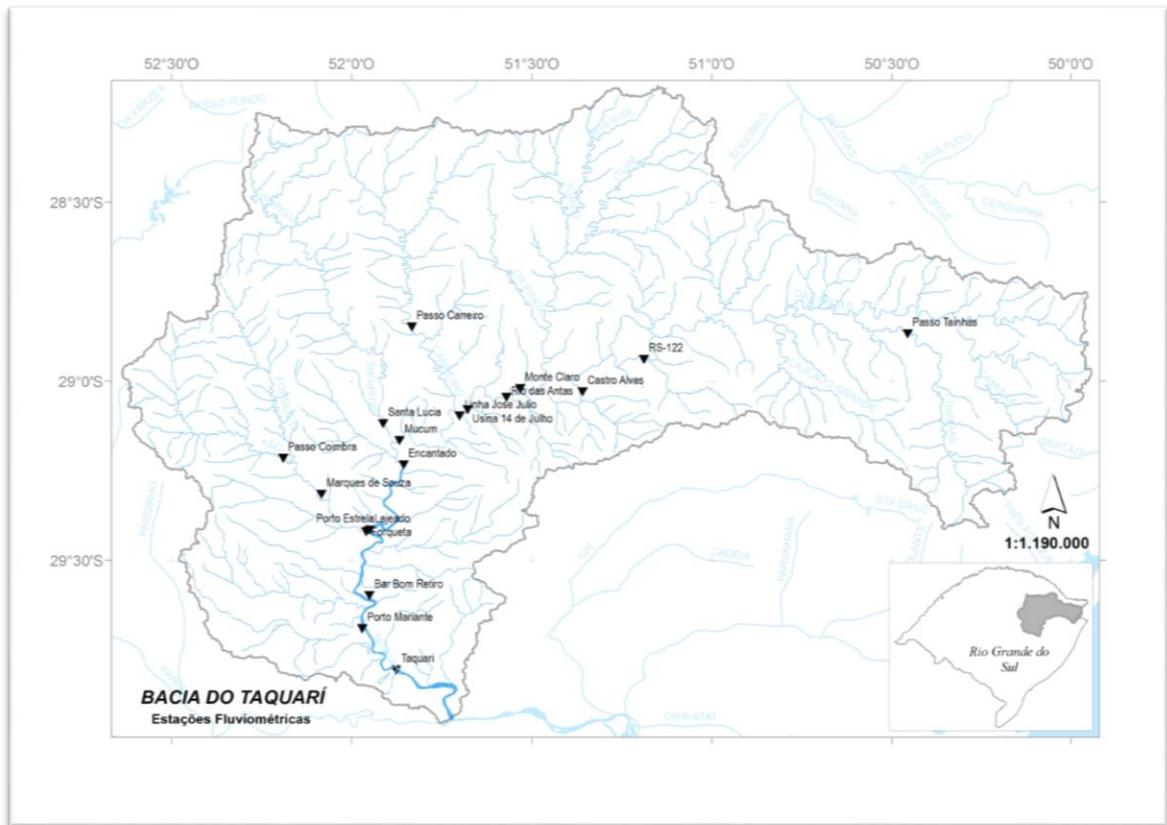


Figura 5.2 – Localização das estações fluviométricas de interesse para o sistema de alerta do rio Taquari

## 5.2. Definição de cotas de alerta e de inundação

As cotas de alerta e de inundação foram definidas para algumas das estações fluviométricas de interesse do sistema de alerta, a partir das cotas de alerta e de inundação já definidas pela comunidade em Porto Estrela. Foram analisados também os perfis transversais das estações fluviométricas e a análise de frequência das cotas máximas anuais observadas nas estações.

No trabalho Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado/RS de Eckhardt, 2008 foi considerado que a cota de inundação da cidade de Lajeado é de 19m. Esta cidade fica margem direita do rio Taquari em frente a cidade de Estrela, que fica na margem esquerda, onde está localizado o porto de mesmo nome. Esta informação foi obtida através de contatos com a população local. Entretanto este mesmo estudo tem como produto o mapeamento de áreas inundáveis. O resultado de quantificação destas áreas com uso urbano é a seguinte: na cota 17m a área é de 2,67ha; na cota 18 de 5,54ha e na cota 19 de 9,35ha. Assim, optou-se por definir como cota de inundação em Porto Estrela a cota 18m.

A relação das cotas de alerta e de inundação definidas para a bacia do rio Taquari se encontram apresentadas na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3 – Relação de Cotas de Alerta e de Inundação definidas para as estações da bacia do rio Taquari.**

Estação	Cotas (cm)				Vazão (m <sup>3</sup> /s)		
	Atenção	Alerta	Inundação	Perfil	Atenção	Alerta	Inundação
Muçum	680	1000	1100	570	2000	3864	4539
Encantado	560	870	950	>1500	1996	4016	4605
Porto Estrela	1360	1700	1800	1700	2000	3955	4624
Bom Retiro	-	1350	1420	-	-	4040	4647
Porto Mariante	730	1000	1060	1200	2000	3924	4538
Taquari	680	800	820	800	2035	4020	4653

Segundo ANEEL/UFSM, 2001, a equação de regionalização de vazões máximas para a bacia do rio Taquari é a seguinte:

$$Q_{\text{máxTR}} = a * P^b * A^c * (d - e * \text{LN}(-\text{LN}(1-(1/\text{TR}))))$$

Onde:

- $Q_{\text{máxTR}}$  – vazão máxima com tempo de retorno associado de x anos em m<sup>3</sup>/s
- P – Precipitação média anual da bacia em m;
- A – Área de drenagem em km<sup>2</sup>;
- Parâmetros da equação: a = 0,086; b = 2,571; c = 0,999; d = 0,7846; e = 0,3833

Assim, para Porto Estrela que tem área de drenagem de 23.665 km<sup>2</sup> e precipitação média anual de 1,69m, a vazão com 1,02 anos de retorno é da ordem de 2.000m<sup>3</sup>/s; com 2 anos de 7.200m<sup>3</sup>/s; com 5 anos 10.600m<sup>3</sup>/s e com 10 anos 12.800m<sup>3</sup>/s.

### **5.3. Identificação da chuva acumulada na bacia potencialmente causadora de enchentes**

Foi feita uma pesquisa na série de dados pluviométricos das estações convencionais constantes na Tabela 5.1 da chuva acumulada com antecedência de 3, 7 e 14 dias dos eventos de cheia na bacia. A escolha da duração de 3 dias para a chuva acumulada foi em função do tempo de concentração da bacia, já a escolha da duração de 7 dias foi em função do horizonte das previsões meteorológicas disponibilizadas pelas entidades competentes. Por fim, a escolha da duração de 14 dias foi em função das anomalias de precipitação que são divulgadas pelas mesmas entidades.

Com a relação das estações pluviométricas pertencentes à área de drenagem das estações fluviométricas foi calculada a chuva média na bacia utilizando polígonos de Thiessen. O percentual de cada estação pluviométrica por estação fluviométrica encontra-se apresentado na Tabela 5.4.

O percentual da estação de Capão dos Coxos é muito pequeno (1%), portanto esta estação não foi descartada para o cálculo da precipitação média e o seu percentual incorporado a estação Vila Tainhas. O mesmo ocorreu para a estação São Vendelino, cujo percentual foi incorporado a Encantado e Porto Garibaldi para a estação Taquari que foi incorporado também a estação Encantado.

Tabela 5.4 – Percentual da Área de Drenagem das estações pluviométricas por estações fluviométricas

<b>Estação Pluviométrica</b>		<b>Percentual (%)</b>					
<b>Nome</b>	<b>Código</b>	<b>86510000</b>	<b>86720000</b>	<b>86870000</b>	<b>86881000</b>	<b>8689500</b>	<b>86950000</b>
Antônio Prado	2851003	13%	11%	9%	9%	9%	8%
Barros Cassal	2952001	-	-	8%	8%	9%	9%
Caxias do Sul	2951008	6%	5%	4%	4%	4%	4%
Encantado	2951010	6%	8%	13%	18%	19%	22%
Guaporé	2851044	4%	9%	8%	8%	8%	7%
Monte Alegre dos Campos	2850020	13%	11%	9%	9%	9%	8%
Nossa Senhora de Fátima	2851052	16%	13%	11%	11%	10%	10%
Passo Migliavaca	2851022	8%	14%	12%	11%	11%	10%
Passo Tainhas	2850009	18%	15%	13%	12%	12%	11%
Prata	2851024	7%	6%	5%	5%	5%	5%
Vila Tainhas	2950063	9%	8%	7%	6%	6%	6%

Com base nos percentuais das estações convencionais foi calculada a chuva acumulada para cada um dos eventos para a estação de Muçum (86510000), conforme apresentado na Tabela 5.5. Foram selecionados os eventos que a cota máxima observada em Muçum foi maior do que 1000cm.

Ressalta-se que dependendo do evento uma quantidade de estações pluviométricas convencionais possuíam dados disponíveis, conforme apresentado a seguir:

- De 1940 a 1945 – somente Caxias do Sul;
- De 1946 a 1953 – além da anterior: Encantado, Passo Tainhas, Antônio Prado;
- De 1954 a 1960 – além das anteriores: Prata;
- De 1961 a 1985 – além das anteriores: Passo Migliavaca;
- De 1986 a 1999 – além das anteriores: Guaporé;
- De 2000 a 2002 – além das anteriores: Vila Tainhas;
- De 2003 em diante – além das anteriores: Monte Alegre dos Campos e Nossa Senhora de Fátima.

Tabela 5.5 – Precipitação acumulada causadora de enchentes em Muçum

Data do Evento	Cota Máxima (cm) em Muçum	Precipitação Acumulada (mm)			
		1 dias	3 dias	7 dias	14 dias
18/07/1940	1180	0	93	111	111
06/05/1941	1375	11	131	324	502
20/05/1942	1030	14	201	227	228
26/01/1946	1796	98	217	217	345
22/09/1954	1171	38	80	154	215
05/04/1956	1762	62	198	233	271
29/09/1961	1372	22	76	112	150
11/10/1963	1250	18	91	98	107
21/08/1965	1565	37	125	252	262
05/08/1966	1182	40	94	102	148
20/09/1967	1593	55	136	146	222
28/08/1972	1474	51	98	146	198
20/09/1972	1104	31	106	114	181
02/08/1977	1370	28	73	109	174
18/08/1977	1467	11	107	148	160
30/07/1980	1395	56	129	136	144
23/08/1980	1293	13	109	210	213
28/06/1982	1432	76	106	110	195
24/10/1982	1330	13	117	147	164
12/11/1982	1152	8	74	110	170
03/05/1983	1116	4	75	98	120
06/07/1983	1540	92	94	125	179
02/08/1983	1015	14	80	124	175
18/08/1983	1487	31	94	140	147
09/07/1984	1180	26	74	121	129
10/10/1986	1102	25	94	108	110
14/05/1987	1230	22	88	105	172

Data do Evento	Cota Máxima (cm) em Muçum	Precipitação Acumulada (mm)			
		1 dias	3 dias	7 dias	14 dias
15/08/1987	1168	7	47	89	105
14/09/1988	1678	28	182	214	218
22/09/1988	1174	30	72	80	294
05/07/1989	1284	56	68	147	175
12/09/1989	1890	65	92	135	175
24/09/1989	1888	60	127	127	258
31/05/1990	2054	66	118	136	147
01/06/1990	1440	6	112	142	148
13/10/1990	1398	4	67	134	153
27/12/1991	1180	25	92	120	201
28/05/1992	1898	72	109	137	153
05/07/1993	1282	25	93	115	148
06/07/1992	1050	49	59	135	167
06/07/1993	1293	14	61	129	162
04/08/1997	1866	55	150	216	222
16/10/1997	1108	15	51	138	210
02/02/1998	1082	24	73	104	177
28/04/1998	1009	54	54	95	102
24/06/1998	1052	44	72	72	110
01/08/1998	1451	23	23	50	92
19/09/1998	1050	1	61	107	131
11/07/2000	1112	36	88	88	178
13/10/2000	1671	56	107	133	179
20/07/2001	1890	109	120	115	147
01/10/2001	2100	113	155	191	199
11/06/2002	1514	18	70	130	158
02/07/2002	1100	59	87	87	90
21/02/2003	1600	8	104	115	158
09/07/2003	1022	49	52	67	71
26/10/2003	1250	60	65	78	87
16/12/2003	1150	34	63	104	146
19/05/2005	1300	56	109	110	155
14/06/2005	940	63	98	99	99
01/09/2005	1000	28	111	112	164
17/10/2005	1550	44	128	141	244
27/07/2006	1150	23	99	104	121
10/07/2007	1800	98	141	148	169
24/09/2007	1900	38	112	182	186
27/10/2008	2000	32	153	181	259
10/08/2009	1200	32	98	128	158
12/09/2009	1750	69	117	170	199
28/09/2009	1400	64	87	113	147
05/01/2010	1200	66	95	98	126
23/09/2010	1300	11	125	125	158
27/03/2011	1180	65	129	130	142
01/05/2011	1200	2	2	9	92

Data do Evento	Cota Máxima (cm) em Muçum	Precipitação Acumulada (mm)			
		1 dias	3 dias	7 dias	14 dias
21/07/2011	2000	82	108	179	218
09/08/2011	1800	72	103	114	165
20/09/2012	1150	1	81	96	163
25/08/2013	1600	49	107	108	126
01/09/2013	1200	11	9	58	169

Importante ressaltar que as enchentes na bacia do rio Taquari ocorrem mais frequentemente nos meses de maio a outubro, conforme apresentado na Figura 5.3 elaborada a partir das informações contidas na Tabela 5.5.

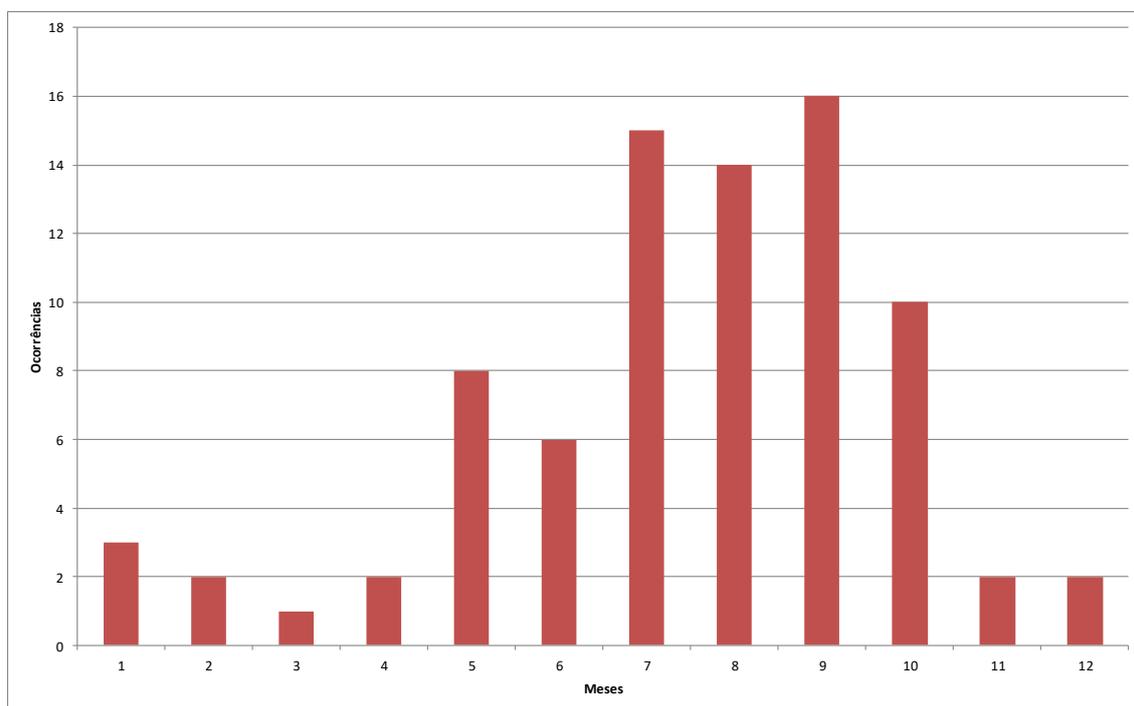


Figura 5.3 – Número de ocorrências de eventos de cheia registrados na estação de Muçum

As Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam a análise das precipitações acumuladas com 3, 7 e 14 dias e as cotas máximas das enchentes registradas em Muçum. Analisando estas figuras verifica-se que as enchentes com cota máxima maior ou igual a 1000cm foram deflagradas por precipitação acumulada de pelo menos 50mm de 3 dias de duração, de pelo menos 70mm de 7 e 14 dias de duração. Já as enchentes com cota máxima maior ou igual a 1500cm foram deflagradas por precipitação acumulada de pelo menos 90mm em 3 dias de duração, de 105mm em 7 dias e 125mm de 14 dias.

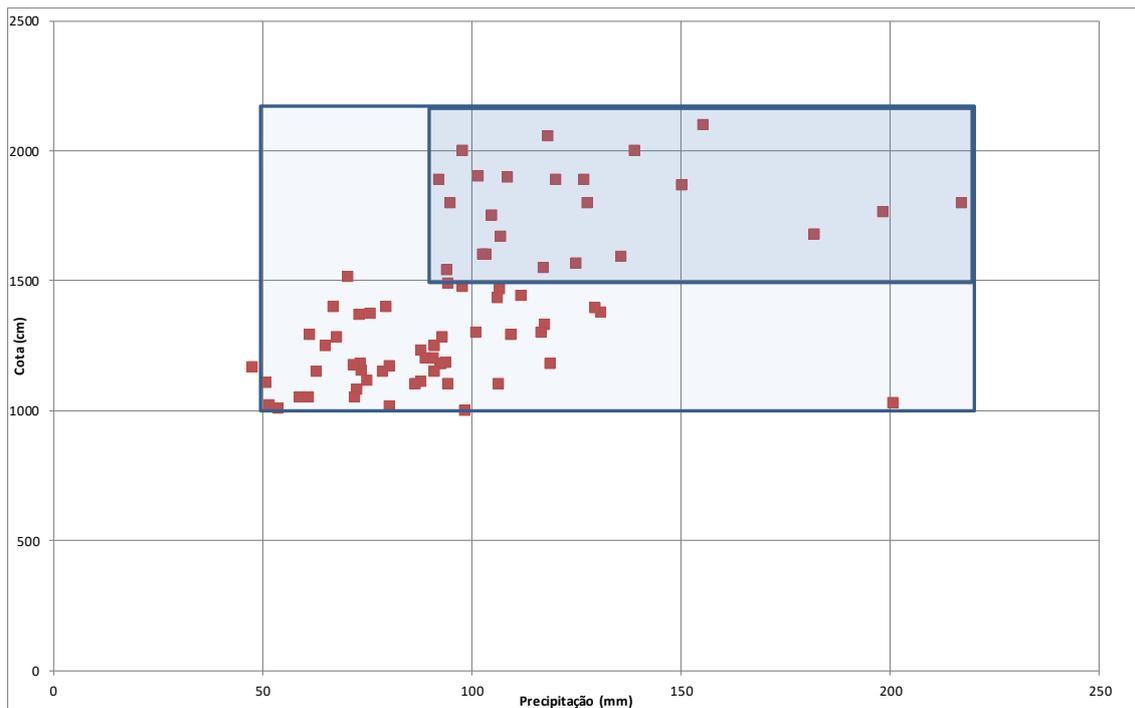


Figura 5.4 – Precipitação acumulada com 3 dias de duração versus cota máxima das cheias históricas em Muçum

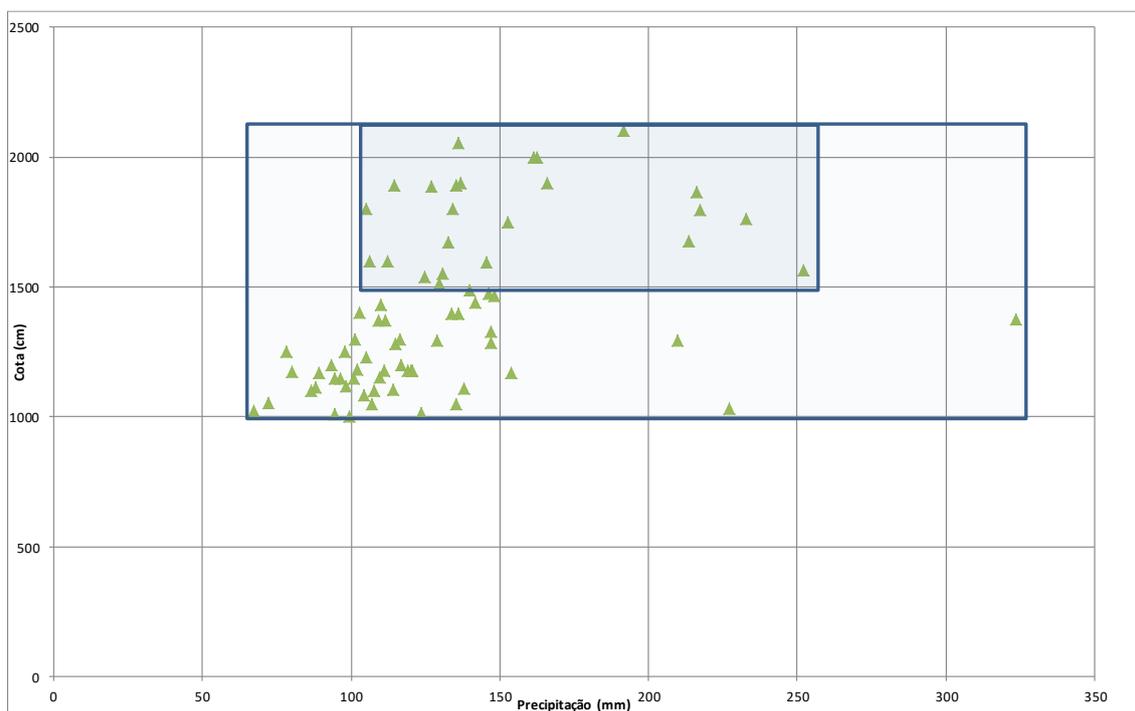


Figura 5.5 – Precipitação acumulada com 7 dias de duração versus cota máxima das cheias históricas em Muçum

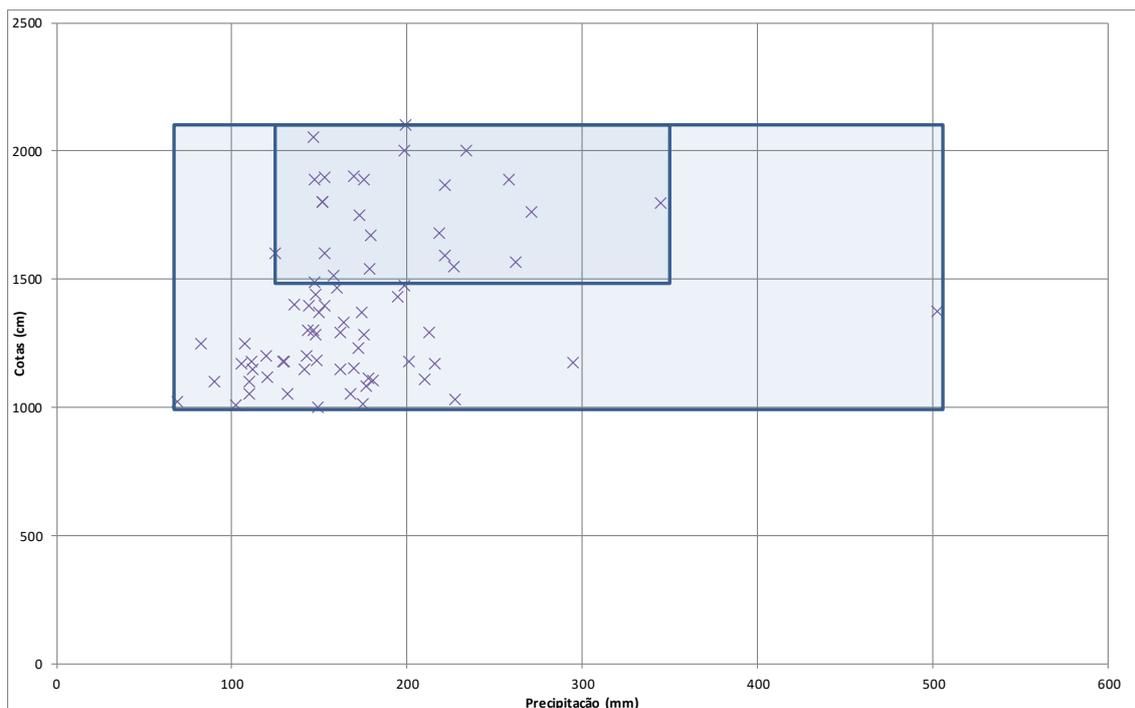


Figura 5.6 – Precipitação acumulada com 14 dias de duração versus cota máxima das cheias históricas em Muçum

Durante a operação do sistema de alerta, para a avaliação da chuva média na bacia do rio Taquari, o percentual da área de drenagem de cada estação fluviométrica foi calculado em relação às estações pluviométricas automáticas existentes na bacia do rio Taquari. Este percentual das áreas de drenagem por estação fluviométrica encontra-se apresentado na Tabela 5.6.

Ressalta-se que durante a operação do sistema de alerta algumas estações podem ter sua transmissão comprometida, portanto para cada uma das estações pluviométricas automáticas consideradas chave foi identificada uma estação automática alternativa para o cálculo da precipitação média em tempo real.

Tabela 5.6 – Percentual da Área de Drenagem das estações pluviométricas automáticas por estações fluviométricas

<b>Nome</b>	<b>Código</b>	<b>Alternativa</b>	<b>86510000</b>	<b>86720000</b>	<b>86870000</b>	<b>86881000</b>	<b>8689500</b>	<b>86950000</b>
Encantado	2951010	Muçum ou Santa Lúcia	-	6%	11%	20%	20%	19%
Estrela	s/c	Encantado	-	-	-	7%	10%	14%
Lagoa Vermelha	s/c	Vacaria	19%	17%	14%	13%	13%	12%
Linha José Júlio	s/c	Muçum ou Santa Lúcia	30%	28%	26%	11%	11%	10%
Linha Gonzaga	02950050	Caxias do Sul	5%	5%	4%	5%	5%	5%
Passo Tainha	2850009	São José dos Ausentes	22%	18%	16%	15%	14%	14%
São José dos Ausentes	s/c	Passo Tainhas	7%	6%	5%	5%	4%	4%
Soledade	s/c	Fontoura Xavier	-	6%	13%	12%	12%	11%
Vacaria	s/c	Lagoa Vermelha	16%	14%	12%	12%	11%	11%

#### 5.4. Atualização e definição de curvas chaves

A atualização das curvas chaves foi feita levando em conta desvios sistemáticos e maiores do que mais ou menos 10% e extrapolação no ramo superior até a cota máxima observada.

As curvas chaves atualizadas para as estações encontram-se apresentadas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Curvas Chaves atualizadas do Sistema de Alerta da Bacia do rio Taquari

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Amplitude (cm)</b>		<b>Validade</b>	
86160000	Passo Tainhas	Tainhas	30	720	03/08/1997	31/12/2013
86500000	Passo Carreiro	Guaporé	45	480	19/06/2010	31/12/2013
			480	990	01/03/1940	31/12/2013
			990	2060	19/06/2010	31/12/2013
86510000	Muçum	Taquari	52	910	20/07/2001	31/12/2013
			910	1300	06/04/1956	31/12/2013
			1300	2000	01/01/1940	31/12/2013
86580000	Santa Lucia	Guaporé	30	340	14/06/1995	31/12/2013
			340	1030	01/01/1983	31/12/2013
			1030	1250	14/06/1995	31/12/2013
86720000	Encantado	Taquari	120	407	20/09/2007	31/12/2013
			407	1920	01/01/1983	31/12/2013
86745000	Passo Coimbra	Forqueta	115	400	21/07/2011	31/12/2013
			400	10000	10/07/1957	31/12/2013
			1000	1350	05/01/2010	31/12/2013

As curvas chaves vigentes estão apresentadas na forma tabular no Anexo I e na forma gráfica nas Figuras 5.7 a 5.12.

### 86160000 - Passo Tainhas - Rio Tainhas

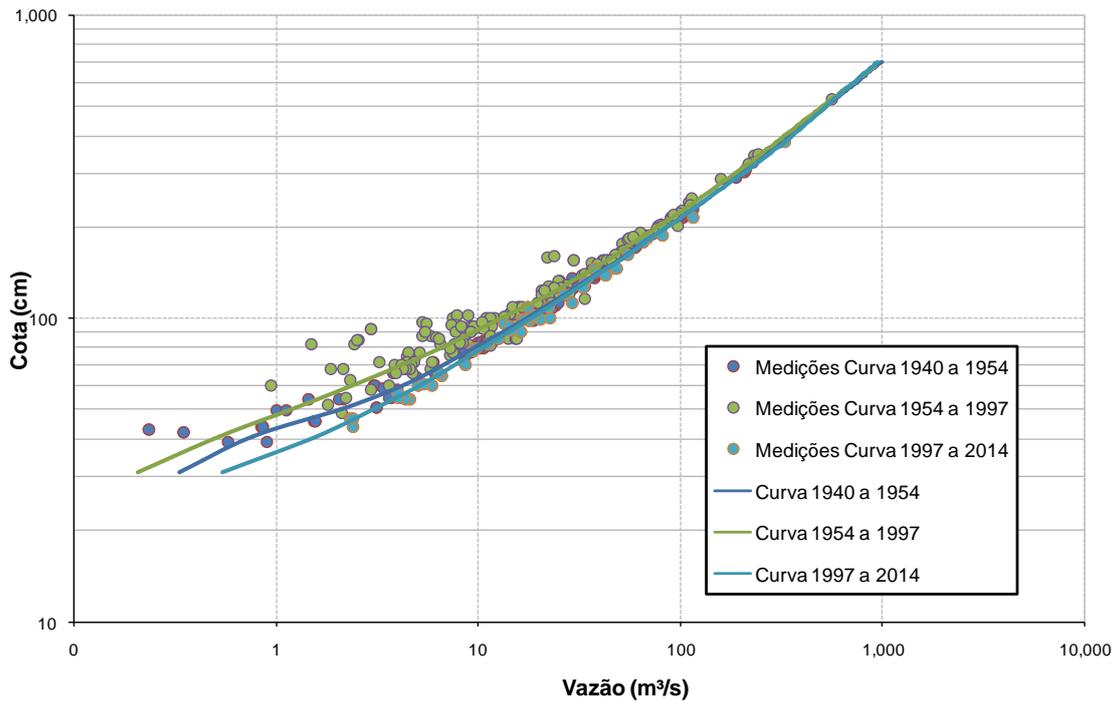


Figura 5.7 – Curva Chave do rio das Antas em Passo Tainhas (86160000)

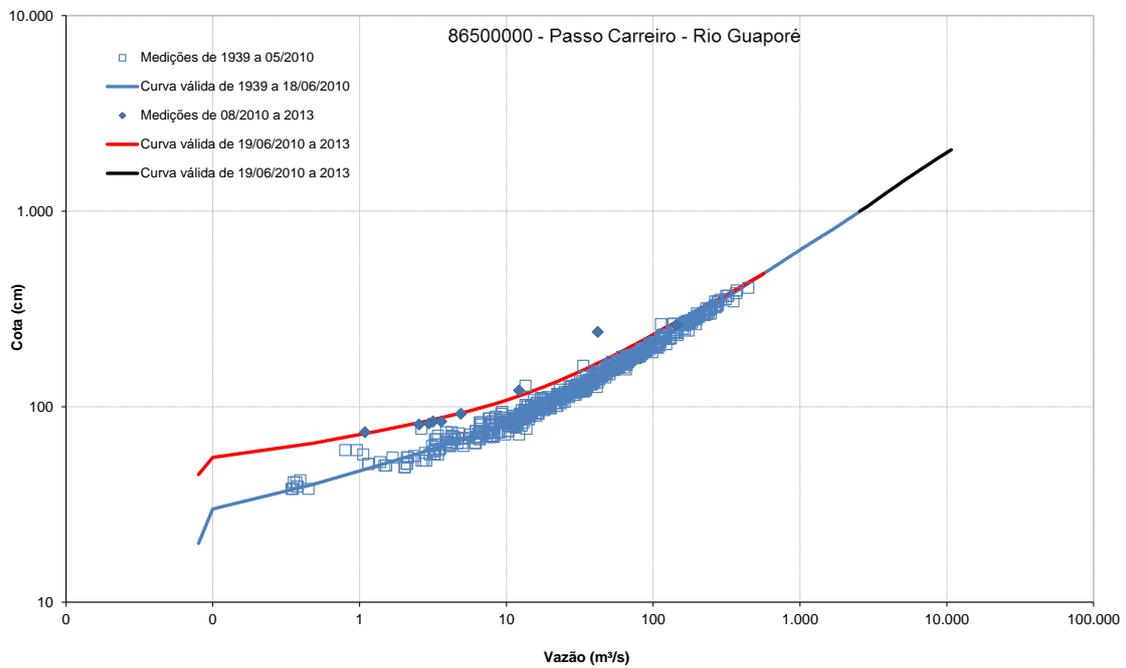


Figura 5.8 – Curva Chave do rio Guaporé em Passo Carrero (86500000)

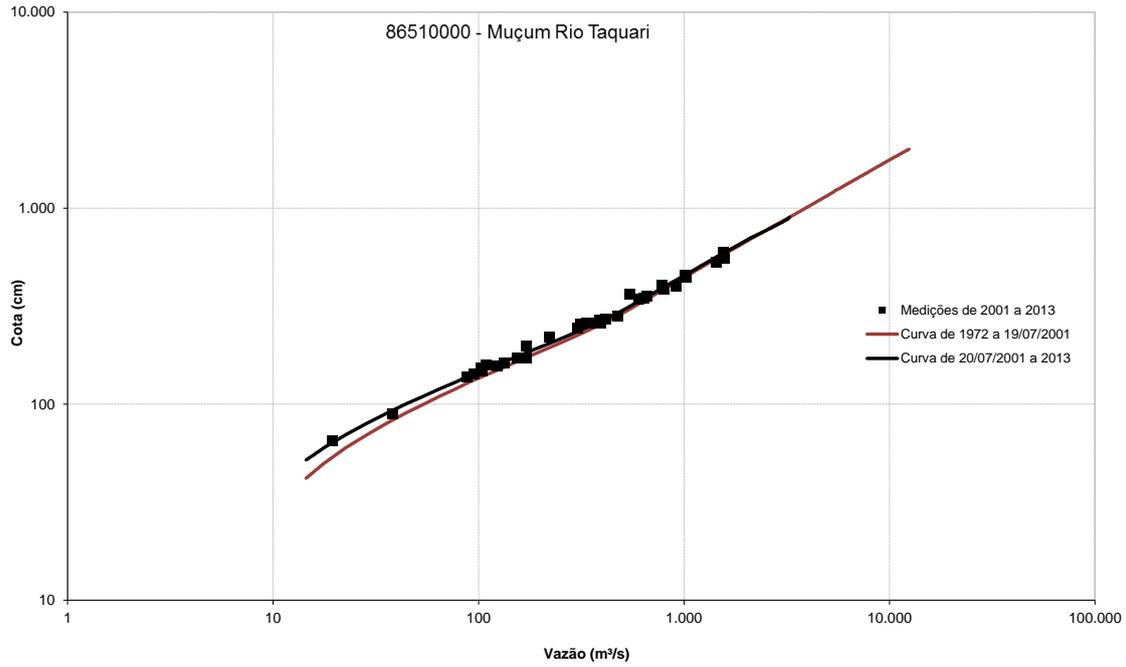


Figura 5.9 – Curva Chave do rio Taquari em Muçum (86510000)

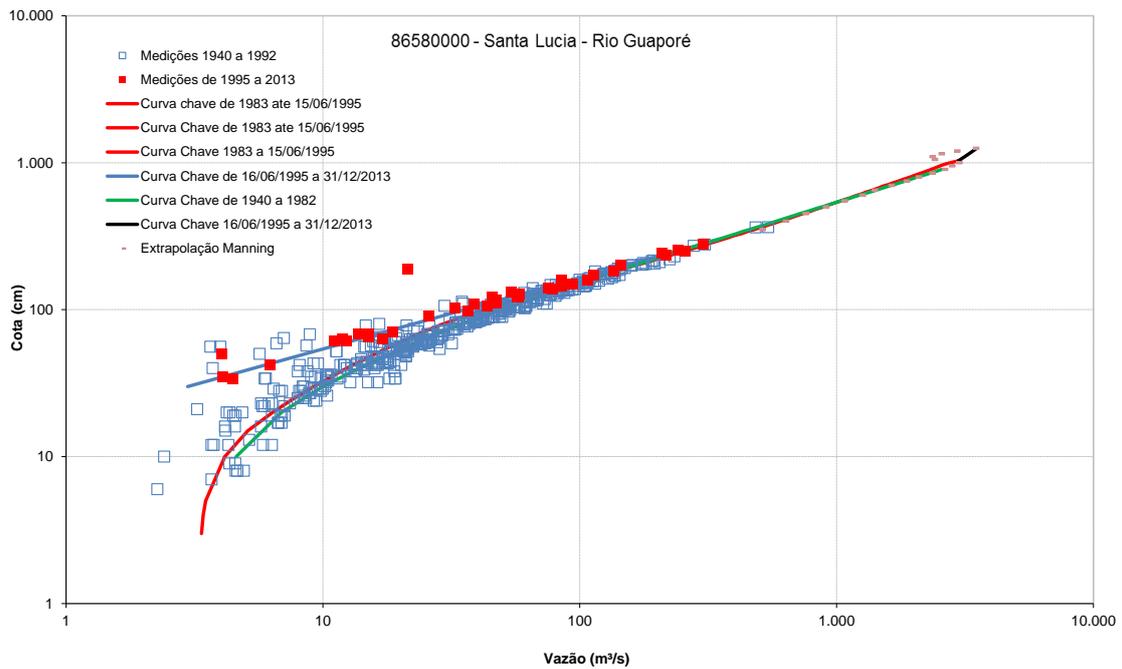


Figura 5.10 – Curva Chave do rio Guaporé em Santa Lúcia (86580000)

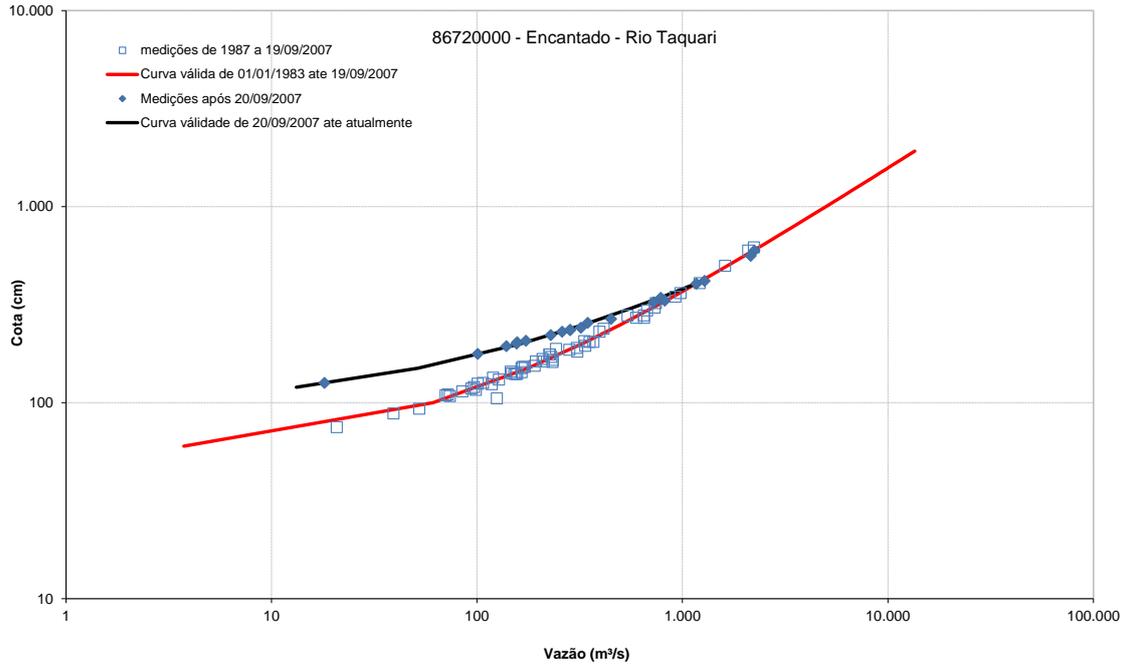


Figura 5.11 – Curva Chave do rio Taquari em Encantado (86720000)

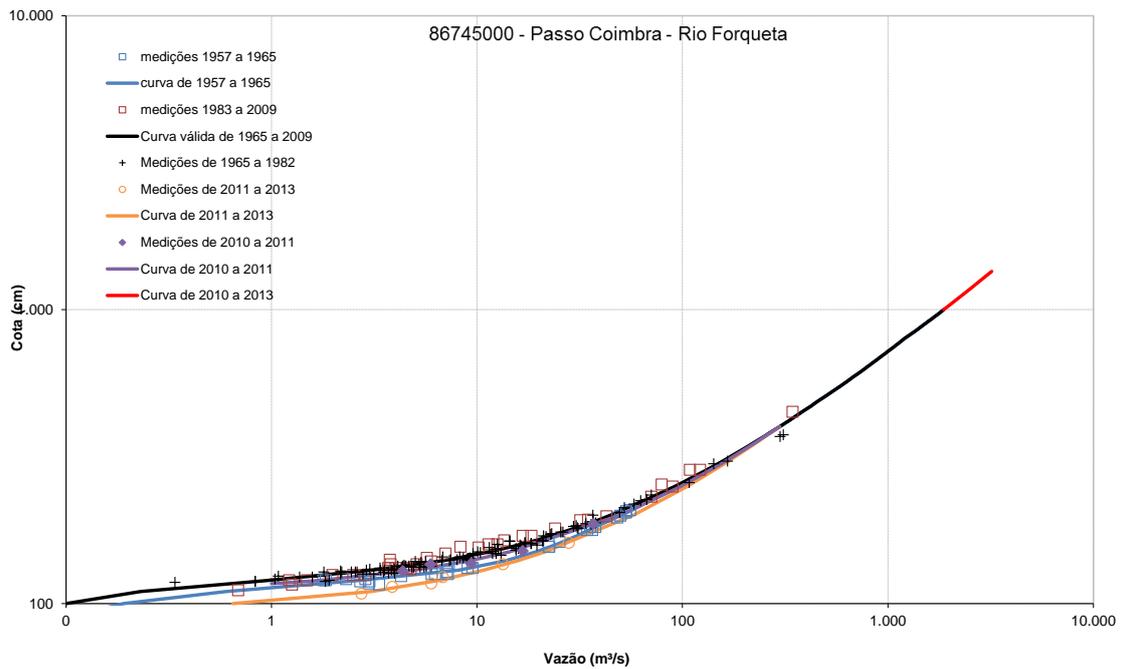


Figura 5.12 – Curva Chave do rio Forqueta em Passo Coimbra (86745000)

Alguns pontos de interesse não tinham curvas chaves definidas, portanto foram feitas algumas análises e levantamentos que permitiram a definição de algumas curvas as quais precisam ser validadas de preferência com dados medidos.

A descrição destas atividades encontra-se apresentada a seguir.

#### 5.4.1. Rio das Antas em Linha José Júlio (86472000)

A estação linha José Júlio foi instalada em outubro de 2013, portanto ainda não há série de medições de vazões para a definição da curva chave.

Entretanto a CERAN possui uma usina a montante desta estação, chamada 14 de julho e disponibiliza a série de vazões defluentes desde 2009. Com base nestes dados de vazão e das cotas medidas na Linha José Júlio foi estabelecida uma curva chave baseada na simples correlação, a qual encontra-se apresentada na forma de equação e gráfica na Figura 5.13 a seguir, e na forma tabular no Anexo I.

$Q = 0,39 (h-248,75)^{1,32}$  para cotas entre 400 e 1800 cm

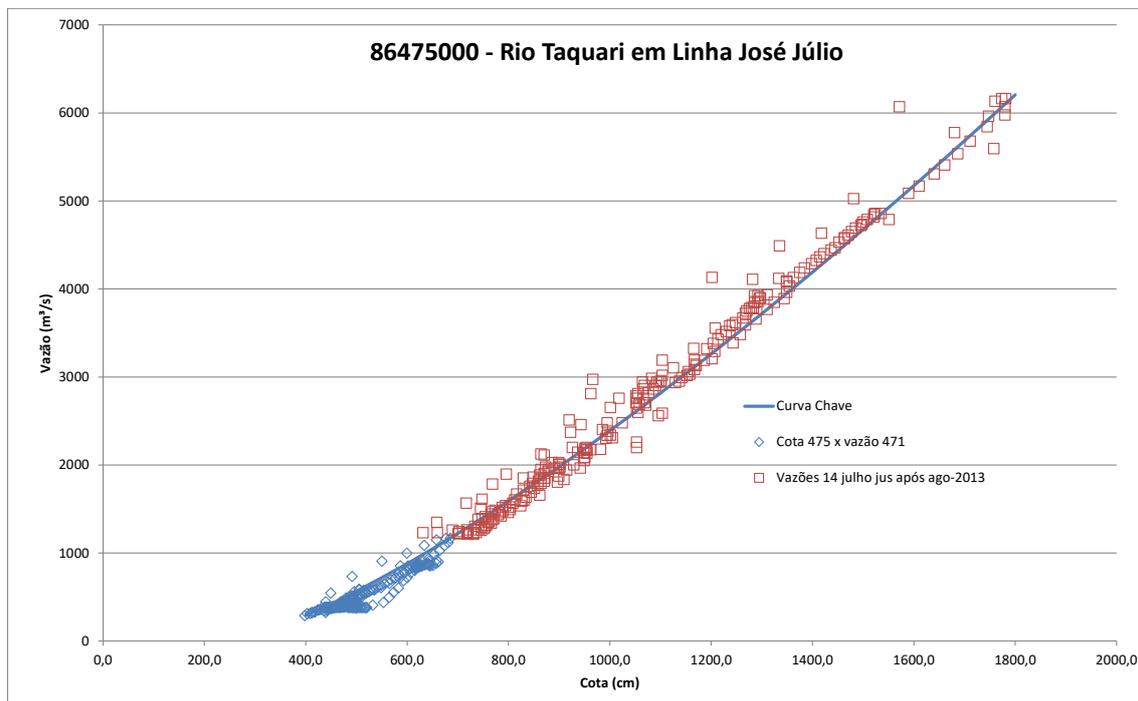


Figura 5.13 – Curva chave preliminar da estação Linha José Júlio - 86472000

Deve-se utilizar esta curva com cautela, pois a mesma foi estabelecida com base em dados de vazão de outra instituição. E deverá ser validada após o levantamento da seção transversal da estação e à medida que as medições de vazão forem sendo realizadas nesta estação.

#### 5.4.2. Rio Taquari em Porto Estrela (Lajeado - 86870000)

Em Estrela está localizado o Porto Estrela que é operado pela AHSul. A barragem de nível de Bom Retiro mantém a cota do porto acima de 13m para garantir a navegação até este ponto. Portanto não é possível definir a curva neste ponto para cotas inferiores a 13m. Para cotas superiores a esta foi estabelecida uma relação entre cota em Estrela e a

cota na estação de Lajeado (86870000) operada por vários anos, na qual era feita medição de descarga, mas não foi estabelecida curva chave.

Com as medições históricas de vazão na estação Lajeado em cotas acima de 13m em Porto Estrela foi estabelecida uma curva, a qual foi aferida com vazões de Encantado e Bom Retiro corrigidas por proporcionalidade de áreas e volume do hidrograma de cheia.

A curva chave de Porto Estrela encontra-se apresentada na forma de equação e gráfica a seguir e na forma tabular no Anexo I.

$$Q = 93,9 \cdot (h - 7,057)^{1,629} \text{ para cotas entre } 13,60 \text{ a } 35,70\text{m}$$

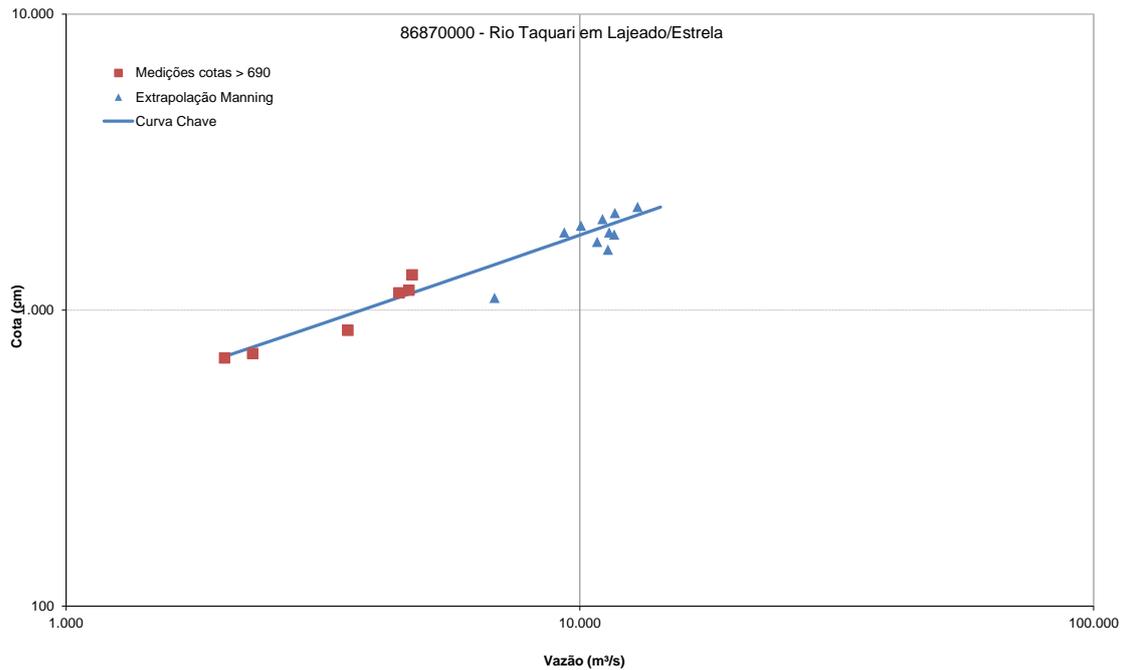


Figura 5.14 – Curva Chave Preliminar do Rio Taquari em Porto Estrela (86870000)

Na década de 70, o IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS desenvolveu um estudo no trecho do rio Taquari entre Porto Estrela e a Barragem Bom Retiro. Este estudo IPH, década-1970 teve como produto perfil da linha d'água do rio neste trecho e a definição das curvas-chaves em Lajeado e Barragem Bom Retiro, sendo que para esta a curva foi definida até a cota 11,81m e para aquela até a cota 16m, neste caso muito aquém da cota máxima da curva definida no presente estudo. A comparação entre a curva definida no estudo IPH, década-1970 e o presente estudo encontra-se apresentada na Figura 5.15.

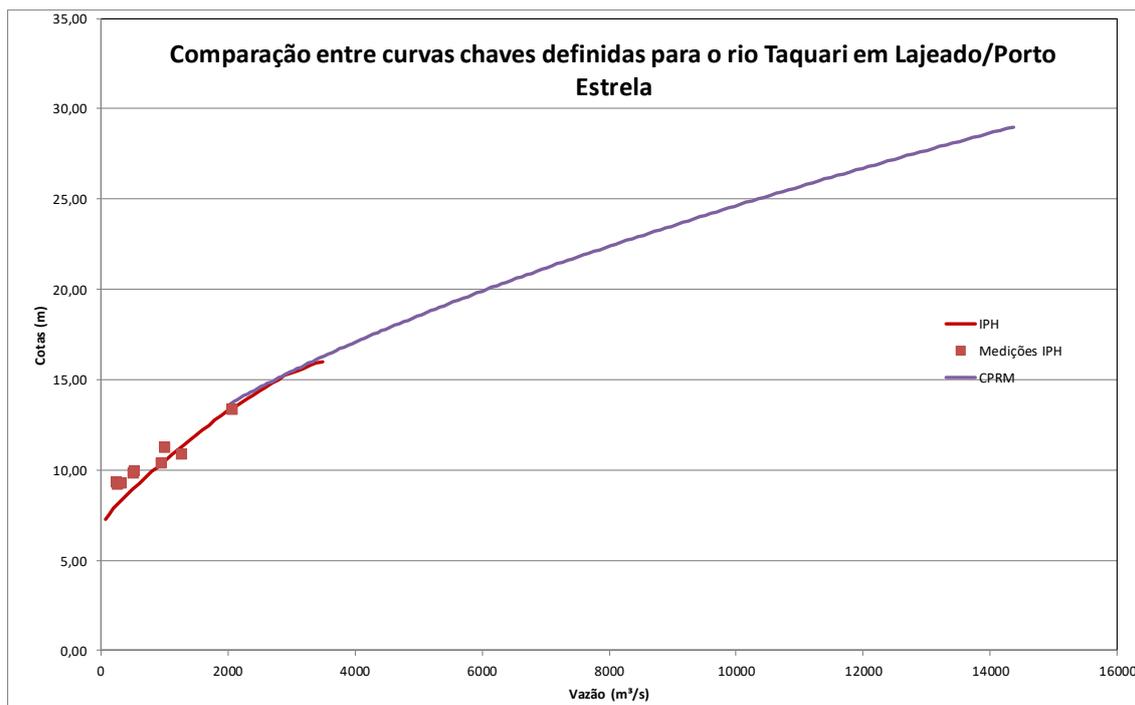


Figura 5.15 – Comparação entre as curvas-chaves definidas no estudo IPH, década 1970 e CPRM para o rio Taquari em Lajeado/Porto Estrela

A curva-chave de Porto Estrela deve ser aferida com dados medidos, levantamento de perfil transversal e utilização de modelagem hidrodinâmica entre Porto Estrela e a Barragem de Bom Retiro.

### 5.4.3. Rio Taquari em Barragem Bom Retiro (86881000)

A AHSul é responsável pela navegação no rio Taquari. Esta se dá desde o Porto do Rio Grande, localizado na Lagoa dos Patos até o Porto de Estrela localizado na cidade de Estrela. Existe um trecho do rio Taquari, a montante de Taquari em que foi construída, na década de 70, uma barragem de nível com uma eclusa para permitir a navegação até Porto Estrela. Esta barragem chama-se Barragem Bom Retiro.

Para garantir a navegação até Porto Estrela é mantido o nível a montante da barragem na cota 13m. A barragem possui 6 comportas de fundo com 17m de largura. Sendo que a comporta mais próxima à eclusa só é aberta em caso de cheias para evitar a erosão nas proximidades da eclusa. A barragem possui também um vertedouro de emergência com cota da crista de 13,50m. Atualmente a eclusa funciona em média, 10 vezes por dia.

O monitoramento de nível é feito a montante, jusante e nas comportas. A cota a montante da barragem é mantida constante e igual a 13m, quando a cota a jusante ultrapassa os 10m, as comportas são levantadas permitindo que toda a vazão passe pela estrutura.

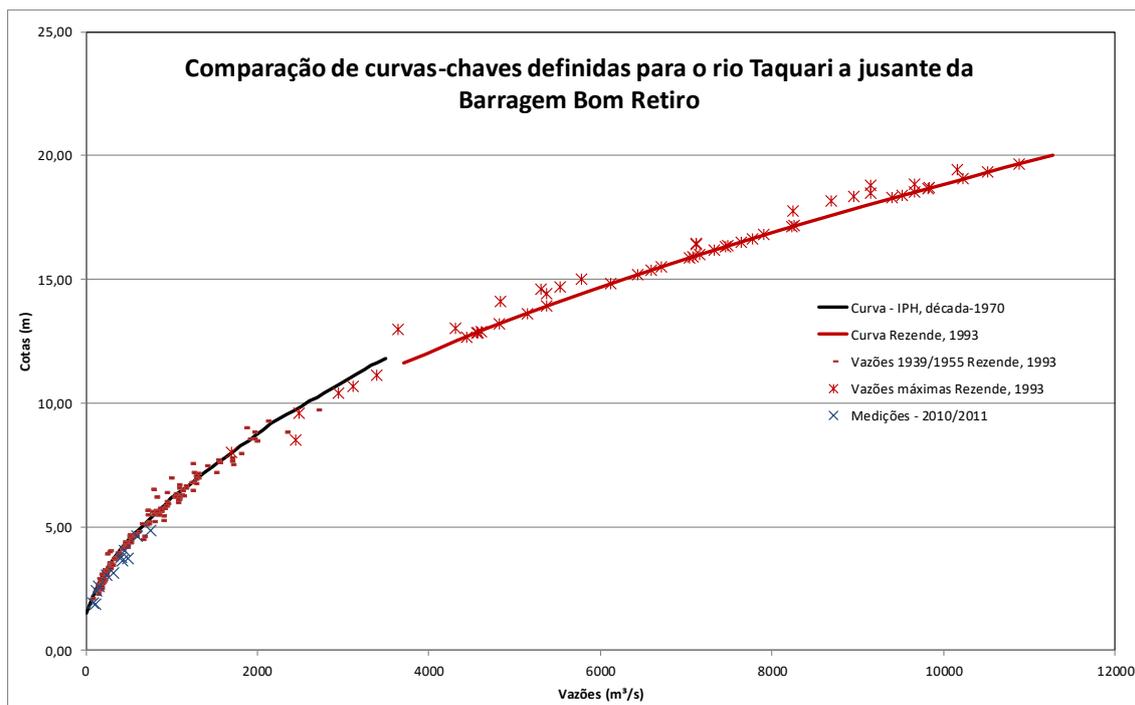
Para a definição da curva de defluência da Barragem de Bom Retiro foram utilizadas as seguintes informações:

- Curva-chave definida no estudo IPH, década de 1970 até a cota 11,81m;
- Curva-chave definida no estudo Rezende, 1993 até a cota 20m;
- Medições de descarga realizadas a jusante da barragem e na localidade chamada Cruzeiro do Sul, no período de 2010 a 2011, disponibilizadas pela AHSul e apresentadas na Tabela 5.8;
- Dados de monitoramento da barragem de Bom Retiro no período de 2008 a 2013 (cotas a montante e jusante da barragem; abertura das comportas) disponibilizados pela AHSul.

Tabela 5.8 – Vazões a jusante da Barragem Bom Retiro Medidas e Calculadas

Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)			
	Bom Retiro Jus Medida	Cruzeiro do Sul Medida	Bom Retiro Jus Calculada	Desvio (%)
17/03/2010	109	108	109	0%
11/05/2010	420	352	414	1%
31/05/2010	419	405	497	-19%
30/06/2010	489	474	472	3%
08/08/2010	446	440	487	-9%
01/09/2010	129	110	129	0%
01/10/2010	590	638	583	1%
28/10/2010	155	203	155	0%
26/11/2010	757	760	648	14%
16/12/2010	241	257	226	6%
11/01/2011	86	79	86	0%
21/02/2011	326	336	329	-1%

A Figura 5.16 apresenta as curvas-chaves definidas no estudo IPH, década de 1970 e por Rezende, 1993.



A curva-chave definida por Rezende, 1993 foi validada com a utilização da equação de Manning na condição de comportas totalmente abertas e da equação do vertedouro para cotas maiores do que 13,5m, apresentando resultados satisfatórios. Assim, a curva-chave definida por Rezende, 1993 será utilizada até que possam ser realizadas medições em cotas altas, levantamento de perfil transversal e utilização de modelagem hidrodinâmica entre Porto Estrela e a Barragem de Bom Retiro.

A equação da curva-chave a jusante da Barragem Bom Retiro é apresentada na forma de equação a seguir e na forma tabular no Anexo I.

$Q = 31,834 (h-0,5)^{1,976}$  para cotas a jusante da barragem entre 11,60 a 20m e comportas completamente abertas.

#### 5.4.4. Rio Taquari em Porto Mariante (89895000)

Foram realizadas medições de vazão nesta estação de 1978 até 2002. Assim com estes dados históricos foi definida a curva chave desta estação, conforme apresentado a seguir em forma gráfica e de equação e na forma tabular no Anexo I.

$Q = 262,756*(h-0,837)^{1,088}$  para cotas entre 0,90 e 8m

$Q = 11,26*(h+0,13)^{2,53}$  para cotas entre 8 e 21,50m

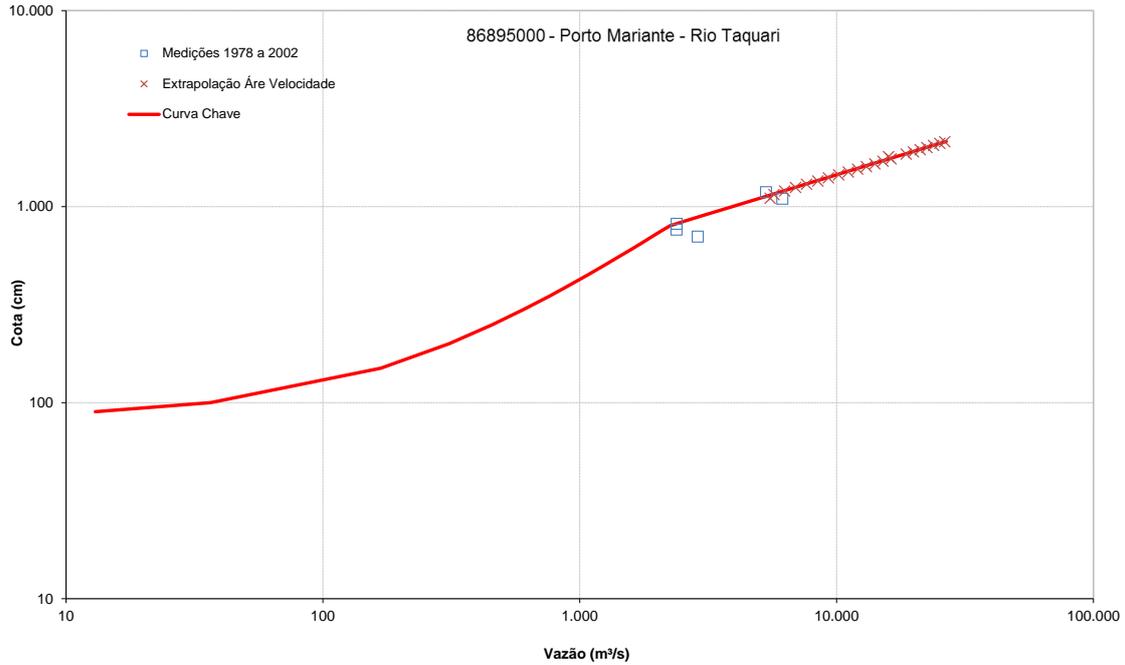


Figura 5.18 – Curva Chave Preliminar do Rio Taquari em Porto Mariante (86895000)

Esta curva deve ser aferida com novas medições e com levantamento da seção transversal.

#### 5.4.5. Rio Taquari em Taquari (86950000)

Foram realizadas medições de vazão nesta estação de 1972 a 1985. Foi definida a curva chave desta estação apesar da dispersão de dados, para cota superior levando em conta as vazões monitoradas a montante e o volume do hidrograma de cheia.

$$Q = 266,13 \cdot (h - 1,79)^{1,26} \text{ para cotas entre 2 e 7,50m}$$

$$Q = 3469,22 \cdot (h + 6,83)^{0,93} \text{ para cotas entre 7,50 e 11,50m}$$

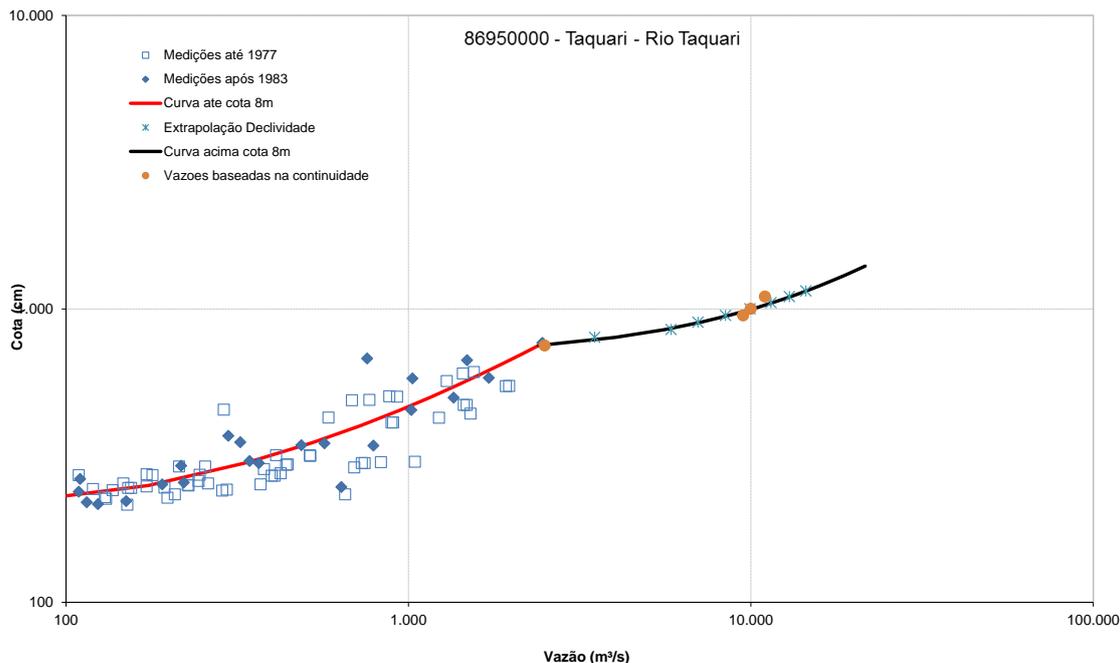


Figura 5.19 – Curva Chave Preliminar do Rio Taquari em Taquari (86950000)

Esta curva deve ser aferida com o levantamento da seção transversal e novas medições de vazão.

### 5.5. Cálculo de tempos de viagem da onda de cheia entre as estações

O cálculo do tempo de viagem da onda de cheia entre as estações foi feito seguindo as etapas:

- Montagem do diagrama unifilar;
- Levantamento da distância entre as estações no curso d'água através do *Google Earth*;
- Levantamento da velocidade da vazão máxima medida nos resumos de medição de descarga;
- Cálculo do tempo de viagem com a distância e velocidade da cheia entre as estações;
- Aferição dos tempos calculados através dos cotogramas das duplas leituras diárias;
- Aferição dos tempos calculados através dos cotogramas das estações automáticas.

Como as vazões máximas medidas são bastante inferiores do que as vazões máximas observadas na bacia do rio Taquari, verificou-se, através da análise dos cotogramas das estações automáticas, que a velocidade da onda de cheia é em geral cerca de duas vezes maior do que a velocidade máxima medida. Os tempos de viagem calculados encontram-se apresentados na Tabela 5.9. O diagrama unifilar encontra-se apresentado na Figura 5.20.

Tabela 5.9 – Tempos de viagem da onda de cheia entre as estações fluviométricas de interesse do alerta.

Ponto		Distância (km)	Velocidade		Tempo		
Inicial	Final		Máxima medida (m/s)	Adotada (m/s)	viagem calculado (h)	viagem observado (h)	adotado (h)
86471000	86472000	15	1,4	1,0	4	-	2
86472000	86510000	41,5	1,4	1,0	11	4	4
86500000	86510000	48	1,5	1,0	13	-	18
86510000	86720000	13	2,0	1,5	2	0	-
86580000	86720000	19	2,0	1,5	3	5	3
86720000	Porto Estrela	46	1,8	1,5	9	6	6
86745000	Porto Estrela	58	1,8	1,5	11	-	-
Porto Estrela	86881000	22	1,8	1,5	4	2	2
86881000	86895000	12	2,0	1,5	2	3	3
86895000	86950000	21	0,8	0,6	9	-	12

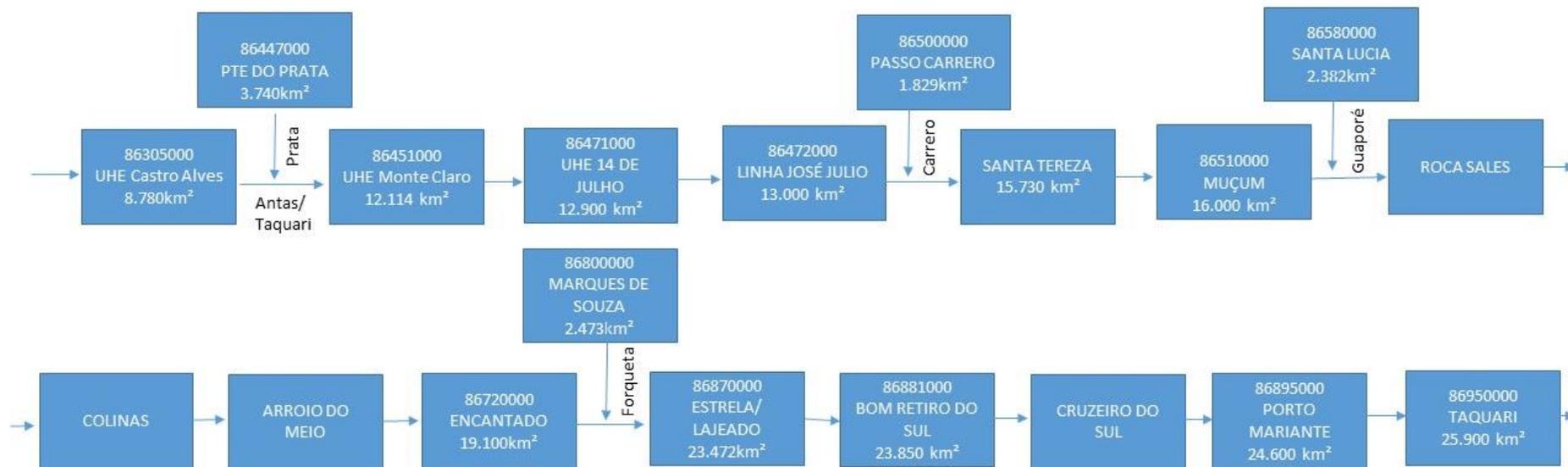


Figura 5.20 – Diagrama unifilar do sistema de alerta de enchentes da bacia do rio Taquari

## **5.6. Calibração de modelos de propagação de vazões**

Foram estabelecidos modelos de propagação de vazões para a previsão dos níveis dos cursos d'água na bacia do rio Taquari. Modelos deste tipo são mais simples para estabelecimento e aplicação e, geralmente, apresentam resultados mais satisfatórios do que os modelos do tipo transformação de chuva em vazão (Tucci, 2005). Porém, apresentam o inconveniente de pequeno tempo de antecedência de previsão, da ordem de horas, o que pode limitar o seu uso em alguns casos. Normalmente também apresentam bons resultados para bacias com áreas de drenagem de maior porte, da ordem de 10.000km<sup>2</sup>.

Já os modelos de transformação de chuva em vazão, são modelos mais complexos que requerem um número maior de parâmetros a serem calibrados e, normalmente, apresentam não são tão eficientes para a previsão do hidrograma de cheia, em especial no tempo de subida e pico deste hidrograma. Por outro lado, apresentam a grande vantagem de ter um tempo de antecedência da previsão maior do que os modelos de correlação ou propagação, da ordem de dias. Podem apresentar também resultados mais satisfatórios para bacias com áreas de drenagem de menor porte, menores do que 5.000km<sup>2</sup>.

Assim, como a maior parte dos pontos de previsão da bacia do rio Taquari tem área de drenagem maior do que 15.000km<sup>2</sup>, primeiro foram calibrados modelos de propagação e numa etapa subsequente serão calibrados modelos de transformação chuva e vazão.

### **5.6.1. Previsão de vazões para Muçum (86510000)**

Para a definição do modelo de previsão de vazões para a cidade de Muçum (86510000) foram utilizados os dados de vazões defluentes da Usina 14 de Julho (86471000) da CERAN, localizada no rio Taquari e as vazões da estação Passo do Carreiro (86500000), localizada no rio Carreiro.

O tempo de viagem da onda de cheia entre a usina e Muçum foi calculado usando os eventos de cheia da usina monitorados no período de 2009 a 2012 com discretização horária e os mesmos eventos monitorados na estação 86510000 as 7 e 17h. Este tempo de viagem é de 6 horas.

O tempo de viagem da onda de cheia entre a estação Passo Carreiro (86500000) e Muçum foi calculado usando os eventos de cheia monitorados no período de 2009 a 2012, as 7 e 17 horas. E foi estimado em 18h.

Com base nas vazões defluentes da usina foi estabelecida a curva chave da estação Linha José Júlio, e com os dados de monitoramento desta estação no período de novembro a dezembro de 2013 foi estabelecido o tempo de viagem da onda de cheia entre esta estação e Muçum de 4 horas.

Assim, foram estabelecidas quatro equações de propagação para a previsão de vazões para Muçum as quais encontram-se apresentadas a seguir.

$$1 - Q_{\text{mucum}}(t+6) = 1,45 \cdot Q_{\text{usina}}(t) - 0,20 \cdot Q_{\text{mucum}}(t-6) + 190$$

$$2 - Q_{\text{mucum}}(t+6) = 1,42 \cdot Q_{\text{usina}}(t) - 0,18 \cdot Q_{\text{mucum}}(t-6) + 1,32 \cdot Q_{\text{PCarreiro}}(t-18) + 116$$

$$3 - Q_{\text{mucum}}(t+4) = 1,45 \cdot Q_{\text{linha}}(t) - 0,20 \cdot Q_{\text{mucum}}(t-4) + 190$$

$$4 - Q_{\text{mucum}}(t+4) = 1,42 \cdot Q_{\text{linha}}(t) - 0,18 \cdot Q_{\text{mucum}}(t-4) + 1,32 \cdot Q_{\text{PCarreiro}}(t-18) + 116$$

Onde:

- $Q_{\text{mucum}}$  – vazão em Muçum em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{usina}}$  – Vazão na Usina 14 de Júlio em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{PCarreiro}}$  – Vazão na estação Passo do Carreiro em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{linha}}$  – Vazão na estação Linha Jose Júlio em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $t$  – instante de tempo atual em horas

Ressalta-se que a curva chave da estação Linha Jose Júlio foi baseada nas vazões defluentes da usina e a diferença das áreas de drenagem entre estes dois pontos é desprezível, então adotou-se a seguinte simplificação que não há incremento de vazões e não há variação do hidrograma de cheia entre estes dois pontos. Ou seja, a vazão defluente da usina no instante  $t$  é igual à vazão na estação Linha Jose Júlio 2 horas depois. Assim, a equação de previsão de vazões é a mesma se forem utilizados os dados da vazão defluente da usina ou da estação Linha José Júlio, diferindo somente quanto ao tempo de antecedência que passa de 6 para 4 h.

A Tabela 5.10 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.10 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Muçum

Evento	Data pico	Qmax ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cmax (cm)	Erro Padrão <sup>1</sup>	EP/Qmax (%)
1	12/09/2009	10014	1764	409	4%
2	27/03/2011	5128	1180	689	13%
3	21/07/2011	12546	2010	983	8%
4	09/08/2011	10168	1780	245	2%
5	19/09/2012	3999	1015	546	14%

1 – Erro Padrão refere-se ao modelo 3

Não houve ganhos na utilização dos modelos 2 e 4 em relação aos modelos 1 e 3. A vantagem de se utilizar os modelos 1 e 3 é o uso dos dados de Passo Carreiro, que representa o rio Carreiro, porém distante da foz no rio Taquari.

### 5.6.2. Previsão de vazões para Encantado (86720000)

Para a definição do modelo de previsão de vazões para a cidade de Encantado (86720000) foram utilizados os dados de vazões das estações de Muçum (86510000) e Santa Lucia (86580000).

O tempo de viagem da onda de cheia entre Muçum e Encantado foi considerado desprezível, já o tempo de viagem entre Santa Lúcia e Encantado foi considerado como sendo de 12 horas e foi calculado usando os eventos de cheia da usina monitorados no período de 2003 a 2011 com discretização às 7 e 17 horas.

Assim, foram estabelecidas duas equações de propagação para a previsão de vazões para Encantado as quais encontram-se apresentadas a seguir. Importante ressaltar que esta equação deve ser usada para substituir os dados de Muçum ou de Encantado, caso haja perda de sinal de alguma destas duas estações, já que o tempo de viagem entre as mesmas é desprezível.

$$1 - Q_{\text{encantado}}(t) = (Q_{\text{muçum}}(t) + Q_{\text{stalucia}}(t-12))$$

$$2 - Q_{\text{encantado}}(t) = 1,15 * (Q_{\text{muçum}}(t))$$

Onde

- $Q_{\text{encantado}}$  – vazão em Encantado em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{muçum}}$  – vazão em Muçum em  $\text{m}^3/\text{s}$
- $t$  – Instante de tempo atual em horas

A Tabela 5.11 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.11 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Encantado

Evento	Data	Qmax ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Cmax (cm)	Erro Padrão <sup>1</sup>	EP/Qmax (%)
1	fev/03	6577	1196	483	7%
2	jul/07	10641	1640	895	8%
3	out/08	13334	1904	342	3%
4	set/09	10641	1640	277	3%
5	jul/11	13313	1902	1057	8%

1 – Erro Padrão refere-se ao modelo 1

Não houve ganhos significativos com a utilização do Modelo 1 ou 2. A vantagem de se utilizar o modelo 1 é o fato do uso das informações da estação Santa Lúcia que representa as vazões do rio Guaporé próximo à foz no rio Taquari.

### 5.6.3. Previsão de vazões para Estrela

Para a definição do modelo de previsão de vazões para a cidade de Estrela foram utilizados os dados de vazões das estações de Encantado (86720000) e Passo Coimbra (86745000).

O tempo de viagem da onda de cheia entre as estações de Encantado e Passo Coimbra e Porto Estrela foi considerado como 6h, e foi calculado usando os eventos de cheia no

Porto Estrela monitorados no período de 2003 a 2011 com discretização às 0, 6, 12 e 18 horas e nas estações às 7 e 17 horas.

Assim, foram estabelecidas duas equações de propagação para a previsão de vazões para Porto Estrela as quais encontram-se apresentadas a seguir. Importante ressaltar que a curva chave de Porto Estrela só é válida para cotas acima de 13,60m e estes modelos também são válidos a partir desta cota.

$$1 - Q_{\text{estrela}}(t) = 0,5 * Q_{\text{estrela}}(t-6) + 0,5 * Q_{\text{encantado}}(t-6) + Q_{\text{coimbra}}(t-6) + 500$$

$$2 - Q_{\text{estrela}}(t) = 0,5 * Q_{\text{estrela}}(t-6) + 0,5 * Q_{\text{encantado}}(t-6) + 1000$$

Onde:

- $Q_{\text{estrela}}$  – vazão em Estrela em  $m^3/s$
- $Q_{\text{encantado}}$  – vazão em Encantado em  $m^3/s$
- $Q_{\text{coimbra}}$  – vazão em Passo Coimbra em  $m^3/s$
- $t$  – Instante de tempo atual em horas

A Tabela 5.12 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.12 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Porto Estrela

Evento	Data	Qmax ( $m^3/s$ )	Cmax (cm)	Erro Padrão <sup>1</sup>	EP/Qmax (%)
1	19/02 a 28/02/2003	6690	2170	451	7%
2	19/07 a 28/07/2007	4602	1840	474	10%
3	16/08 a 28/08/2008	2945	1540	181	6%
4	08/09 a 18/08/2009	8474	2425	287	3%
5	18/07 a 28/07/2011	10434	2685	431	4%
6	08/08 a 15/08/2011	8657	2450	458	5%

1 – Erro Padrão refere-se ao modelo 1, exceto para o evento 2, para o qual refere-se ao modelo 2

Sugere-se que com os dados automáticos seja aplicado o modelo das diferenças para a previsão em Porto Estrela.

#### 5.6.4. Previsão de vazões para Barragem Bom Retiro

Para a definição do modelo de previsão de vazões para a Barragem Bom Retiro foram utilizados os dados de vazões da estação de Porto Estrela.

O tempo de viagem da onda de cheia entre Porto Estrela e Barragem Bom Retiro foi considerado como 2h, e foi calculado usando os eventos de cheia na Barragem Bom Retiro monitorados no período de 2008 a 2011 com discretização às 0, 6, 12 e 18 horas em Porto Estrela e horária na Barragem Bom Retiro.

Assim, foi estabelecida uma equação de propagação para a previsão de vazões para Barragem Bom Retiro a qual encontra-se apresentada a seguir. Importante ressaltar que

a curva chave de Porto Estrela só é válida para cotas acima de 13,60m e estes modelos também são válidos a partir desta cota, além disso, esta equação só é válida com abertura completa das comportas da Barragem Bom Retiro, ou seja, quando a cota a jusante é maior do que 13,0m.

$$1 - Q_{bar}(t) = 0,69 * Q_{bar}(t-2) + 0,30 * Q_{estrela}(t-2) + 49$$

$$2 - Q_{bar}(t) = 0,86 * Q_{estrela}(t-2) + 843$$

Onde:

- $Q_{estrela}$  – vazão em Estrela em  $m^3/s$
- $Q_{bar}$  – vazão na Barragem Bom Retiro em  $m^3/s$
- $t$  – Instante de tempo atual em horas

A Tabela 5.13 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.13 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Barragem Bom Retiro

Evento	Data	$Q_{max}$ ( $m^3/s$ )	$C_{max}$ mont (m)	Erro Padrão <sup>1</sup>	EP/ $Q_{max}$ (%)
1	08/09 a 18/09/09	9217	18,63	269	3%
2	04/01 a 10/01/10	8849	18,27	409	5%
3	17/07 a 26/07/11	10322	19,66	434	4%
4	07/08 a 14/08/08	9319	18,8	389	4%

1 – Erro Padrão referente ao Modelo 1

### 5.6.5. Previsão de vazões para Porto Mariante

Para a definição do modelo de previsão de vazões para Porto Mariante foram utilizados os dados de vazões da Barragem Bom Retiro.

O tempo de viagem da onda de cheia entre Barragem Bom Retiro e Porto Mariante foi considerado como 3h, e foi calculado usando os eventos de cheia na Barragem Bom Retiro monitorados no período de 2008 a 2011 com discretização horária na Barragem Bom Retiro e às 7 e 17h em Porto Mariante.

Assim, foram estabelecidas duas equações de propagação para a previsão de vazões para Porto Mariante as quais encontram-se apresentadas a seguir.

$$1 - Q_{mariante}(t) = 1,11 * Q_{bar}(t-3) + 0,09 * Q_{mariante}(t-12) + 266$$

$$2 - Q_{mariante}(t) = 1,03 * Q_{bar}(t-3) + 226$$

Onde:

- $Q_{bar}$  – vazão na Barragem Bom Retiro em  $m^3/s$

- Qmariante – vazão em Porto Mariante em m<sup>3</sup>/s
- t – instante de tempo atual em horas

A Tabela 5.14 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.14 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Porto Mariante

Evento	Data	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Cmax (cm)	Erro Padrão <sup>1</sup>	EP/Qmax (%)
1	08/09 a 18/09/09	9499	1424	232	2%
2	04/01 a 10/01/10	8908	1388	310	3%
3	17/7 a 26/07/11	7132	1270	- <sup>2</sup>	-
4	07/08 a 14/08/08	9432	1420	208	2%

1 – Erro Padrão referente ao Modelo 1; 2 – Evento sem dados do pico

### 5.6.6. Previsão de vazões para Taquari

Para a definição do modelo de previsão de vazões em Taquari para foram utilizados os dados de vazões de Porto Mariante.

O tempo de viagem da onda de cheia entre Porto Mariante e Taquari foi considerado como 12h, e foi calculado usando os eventos de cheia em Taquari monitorados no período de 2009 a 2011 com discretização às 7 e 17h.

Assim, foi estabelecida uma equação de propagação para a previsão de vazões para Taquari a qual encontra-se apresentada a seguir.

$$1 - Q_{\text{taquari}}(t) = 0,15 * Q_{\text{taquari}}(t-12) + 0,80 * Q_{\text{mariante}}(t-12)$$

Onde:

- Qmariante – vazão em Porto Mariante em m<sup>3</sup>/s
- Qtaquari – vazão em Taquari em m<sup>3</sup>/s
- t – Instante de tempo atual em horas

A Tabela 5.15 apresenta as características dos eventos usados para calibração dos modelos. Os gráficos contendo os hidrogramas previstos e observados encontram-se no Anexo II deste relatório.

Tabela 5.15 – Características dos eventos usados para calibração dos modelos de previsão para Taquari

Evento	Data	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Cmax (cm)	Erro Padrão	EP/Qmax (%)
1	08/09 a 18/09/2009	10420	1010	479	5%
2	04/01 a 10/01/2010	8034	930	752	9%
3	17/07 a 26/07/2011	12181	1070	662 <sup>1</sup>	5%
4	07/08 a 14/08/2008	9233	970	691	7%

1 – Evento sem dados do pico

## 6. Conclusões e Recomendações

Na bacia do rio Taquari dada a sua localização e regime hidrológico existe a probabilidade de ocorrência de cheia em todos os meses do ano. Porém, esta probabilidade é mais elevada nos meses de inverno de maio a outubro. Assim, a operação do sistema de alerta nesta bacia se dá ao longo de todo ano, sugere-se que para tanto seja seguido o Protocolo de Operação do Sistema de Alerta do Rio Taquari constante, na íntegra, no Anexo III deste relatório.

Em síntese este protocolo descreve as atividades em situações, normais e de alerta, define a equipe mínima para operação do sistema diferenciada para os meses de maior e menor probabilidade de ocorrência de cheias.

O protocolo descreve como deve ser a organização das informações antes do início da operação do sistema, descreve as atividades numa situação normal que envolvem o acompanhamento diário da previsão meteorológica e do monitoramento hidrológico e manutenções preventivas programadas, já atividades numa situação de alerta envolvem não só as atividades numa situação normal como também a elaboração de previsões, divulgação de boletins três vezes ao dia e manutenções corretivas.

Quanto à rede de monitoramento, é necessário instalar equipamentos automáticos em Porto Mariante e Taquari. Além disso, o protocolo descreve a necessidade de coletar e armazenar dados convencionais e dados de outras entidades em redundância, não só para avaliação da *performance* dos equipamentos da CPRM, como também sua utilização em caso de pane dos mesmos.

Quanto aos estudos, na operação da rede básica nacional, já foram complementados os perfis transversais das estações que compõem esta rede: Muçum, Encantado, Santa Lúcia, Passo Carreiro e Passo Coimbra. As curvas chaves destas estações já foram definidas, falta avaliar se estes perfis levantados modificarão estas curvas no ramo superior.

As curvas chaves das estações Linha José Júlio, Porto Estrela, Barragem Bom Retiro, Porto Mariante e Taquari, foram definidas de forma preliminar.

No caso da Linha José Júlio, não há dados suficientes de medição para definição da curva de forma definitiva, assim sugere-se que sejam intensificadas as medições nesta estação, nos dois primeiros anos de operação, o ideal é realizar medições mensais, e deslocar equipe de medição em caso de cheia.

No caso de Porto Estrela, como há a interferência da Barragem de Bom Retiro para cotas menores do que 13,0m sugere-se que seja utilizada modelagem hidrodinâmica entre Porto Estrela e a Barragem. Assim, de posse do modelo e do projeto da Barragem seria possível definir a curva não só em Porto Estrela como na Barragem. Para tanto seria necessário o levantamento de seções topobatimétricas no trecho entre Porto Estrela e a Barragem.

No caso de Porto Mariante as medições de vazões foram interrompidas há poucos anos sugere-se assim que haja a retomada das mesmas, em especial para cotas altas, para a definição da curva chave.

No caso de Taquari as medições de vazões foram interrompidas há vários anos devido a problemas de remanso. Sugere-se que sejam realizadas medições em cotas altas para definição da curva e avaliação do efeito deste remanso.

Em termos dos modelos de propagação ajustados, os mesmos foram definidos a partir dos dados existentes. Assim é necessário periodicamente a revisão de todos eles, principalmente à medida que as séries de dados automáticos se tornem mais extensa e que as medições sejam realizadas e as curvas definidas. Porém, isto não impede a utilização imediata dos modelos, já que os mesmos foram calibrados e validados com os dados da série histórica.

No caso de Muçum, um dos modelos depende da vazão em Linha José Júlio, cuja curva chave foi definida de forma preliminar.

No caso de Estrela, a curva foi definida somente acima da cota 13,0m, qual deverá ser reavaliada com o modelo hidrodinâmico.

No caso da Barragem Bom Retiro, as curvas de Estrela e da Barragem serão reavaliadas com o modelo hidrodinâmico.

No caso de Porto Mariante, a curva da estação será reavaliada com as novas medições e da barragem com o modelo hidrodinâmico.

No caso de Taquari, as curvas das estações serão reavaliadas com as novas medições.

## **7. Referências Bibliográficas**

ANA/ANEEL. Resolução Conjunta número 3 de 10 de agosto de 2010.

ANEEL/UFSM. Regionalização das Vazões Características de Longo Termo Para os Rios das Bacias Brasileiras de números 85 a 87. Santa Maria, 2001.

Campelo, M.R. & Duhá, P. A. D. Navegação – A História do Transporte Hidroviário Interior do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre: Centhury, 2009.

CPRM/COFFEY. Treinamento do Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce. Belo Horizonte, 2012.

CPRM. Aquisição e Operação de um Sistema de Alerta Hidrológico na Bacia do rio Taquari. Porto Alegre, 2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (1997). “Projeto: Análise de consistência de dados fluviométricos Bacias do Atlântico Sul, trecho sudeste sub-bacia 86: relatório técnico”. Porto Alegre-RS. 1v.

Eckhardt, Rafael Rodrigo. Geração de Modelo Cartográfico Aplicado ao Mapeamento das Áreas Sujeitas às Inundações Urbanas na Cidade de Lajeado/RS. UFRGS. Porto Alegre, 2008.

Governo do Estado do RS/Secretaria do Meio Ambiente/STE. Elaboração de Serviços de Consultoria relativo às Fases A e B do Plano de Bacia do Taquari-Antas. Porto Alegre, novembro, 2011.

Rezende, B. S. Análise Hidrológica sobre a ocorrência de inundações na cidade de Lajeado RS. Porto Alegre, 1993.

Tucci, C. E. M. Modelos Hidrológicos. ABRH, 2.ed. Porto Alegre, 2005.

UFGS/IPH. Estudos Hidrológicos para a implantação do entrocamento rodo-ferro-hidroviário do rio Taquari-Lajeado. Relatório Final. Porto Alegre, década-1970.

**ANEXO I**

**CURVAS CHAVES DAS ESTAÇÕES DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO  
TAQUARI NA FORMA TABULAR**

Passo Tainha		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
h0	0,17	h0	66,65	h0	248,75	h0	0,55	h0	-0,42	h0	0,00	h0	0,93	h0	1,10	h0	7,06	h0	0,50	h0	0,84	h0	1,79
n	1,95	n	3,77	n	1,32	n	1,95	n	2,77	n	2,07	n	1,84	n	1,53	n	1,63	n	1,98	n	1,09	n	1,26
a	26,48	a	0,65	a	0,39	a	31,07	a	17,15	a	35,82	a	143,29	a	58,41	a	93,85	a	31,83	a	262,76	a	266,13
c1	30	c1	69,00	c1	400	c1	100	c1	50	c1	30	c1	120	c1	115	c1	1360	cota 1	13	c1	90	c1	200
c2	380	c2	74,00	c2	1800	c2	2060	c2	280	c2	340	c2	407	c2	400	c2	3570	cota 2	20	c2	800	c2	750
h0	-0,18	h0	70,40					h0	0,12	h0	0,54	h0	0,53	h0	1,13					h0	-0,13	h0	6,83
n	1,80	n	1,42					n	1,67	n	1,56	n	1,47	n	1,62					n	2,53	n	0,93
a	27,32	a	194,98					a	84,32	a	85,17	a	184,87	a	54,76					a	11,26	a	3469,2
c1	380	c1	74,00					c1	280	c1	340	c1	407	c1	400					c1	800	c1	750
c2	700	c2	84,00					c2	2000	c2	1030	c2	1920	c2	1000					c2	2150	c2	1150
										h0	5,30			h0	1,13								
										n	0,44			n	1,62								
										a	1465,2			a	54,76								
										c1	1030			c1	1000								
										c2	1250			c2	1350								

Passo Tainhas		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s
30	0,5	69	16	400	290	100	7	50	14	30	3	120	13	115	0,6	1360	2001	13,0	4682	90	13	200	38
40	1,5	70	62	410	315	110	10	60	18	40	5	130	23	120	1,7	1370	2051	13,1	4756	100	37	210	62
50	3,0	71	166	420	341	120	13	70	24	50	9	140	36	130	5,0	1380	2101	13,2	4831	110	61	220	88
60	5,0	72	363	430	368	130	18	80	30	60	12	150	52	140	9,3	1390	2152	13,3	4906	120	87	230	115
70	7,6	73	692	440	395	140	23	90	37	70	17	160	69	150	14	1400	2204	13,4	4982	130	114	240	144
80	11	74	1200	450	422	150	28	100	45	80	23	170	89	160	20	1410	2256	13,5	5059	140	141	250	174
90	14	75	1699	460	450	160	34	110	55	90	29	180	112	170	27	1420	2308	13,6	5136	150	168	260	205
100	18	76	2246	470	478	170	41	120	65	100	36	190	136	180	34	1430	2361	13,7	5214	160	196	270	238
110	23	77	2835	480	507	180	48	130	77	110	44	200	163	190	42	1440	2414	13,8	5292	170	224	280	271
120	28	78	3464	490	536	190	56	140	90	120	52	210	192	200	50	1450	2468	13,9	5371	180	252	290	305
130	33	79	4128	500	566	200	64	150	105	130	62	220	224	210	58	1460	2522	14,0	5450	190	281	300	340
140	39	80	4825	510	595	210	73	160	120	140	72	230	257	220	68	1470	2577	14,1	5530	200	310	310	376
150	46	81	5553	520	625	220	82	170	138	150	83	240	293	230	77	1480	2632	14,2	5611	210	339	320	412
160	53	82	6311	530	656	230	92	180	156	160	95	250	330	240	87	1490	2688	14,3	5692	220	368	330	449
170	60	83	7096	540	687	240	103	190	177	170	107	260	370	250	98	1500	2744	14,4	5774	230	398	340	487
180	68	84	7908	550	718	250	114	200	199	180	121	270	411	260	108	1510	2800	14,5	5857	240	427	350	525
190	77			560	750	260	126	210	222	190	135	280	455	270	120	1520	2857	14,6	5939	250	457	360	564
200	86			570	781	270	138	220	247	200	150	290	501	280	131	1530	2914	14,7	6023	260	487	370	604
210	95			580	814	280	151	230	275	210	166	300	548	290	143	1540	2972	14,8	6107	270	517	380	644
220	105			590	846	290	164	240	303	220	183	310	598	300	156	1550	3031	14,9	6192	280	548	390	685
230	115			600	879	300	178	250	334	230	200	320	650	310	168	1560	3089	15,0	6277	290	578	400	726
240	126			610	912	310	193	260	367	240	219	330	703	320	181	1570	3148	15,1	6363	300	609	410	767
250	137			620	945	320	208	270	401	250	238	340	759	330	195	1580	3208	15,2	6449	310	639	420	809
260	149			630	979	330	223	280	438	260	258	350	816	340	208	1590	3268	15,3	6536	320	670	430	852
270	161			640	1013	340	239	290	466	270	279	360	875	350	222	1600	3328	15,4	6624	330	701	440	895
280	174			650	1047	350	256	300	494	280	301	370	937	360	237	1610	3389	15,5	6712	340	732	450	938
290	187			660	1082	360	273	310	523	290	324	380	1000	370	251	1620	3450	15,6	6801	350	763	460	982
300	201			670	1116	370	291	320	553	300	347	390	1065	380	266	1630	3512	15,7	6890	360	794	470	1026
310	215			680	1151	380	309	330	583	310	371	400	1131	390	281	1640	3574	15,8	6980	370	826	480	1071
320	229			690	1187	390	328	340	614	320	397	410	1194	400	302	1650	3637	15,9	7070	380	857	490	1116
330	244			700	1222	400	347	350	645	330	423	420	1243	410	319	1660	3700	16,0	7161	390	889	500	1161
340	260			710	1258	410	367	360	677	340	439	430	1293	420	337	1670	3763	16,1	7253	400	920	510	1207
350	276			720	1294	420	388	370	710	350	463	440	1343	430	355	1680	3827	16,2	7345	410	952	520	1253
360	292			730	1330	430	408	380	744	360	488	450	1395	440	373	1690	3891	16,3	7438	420	984	530	1300
370	309			740	1367	440	430	390	778	370	513	460	1446	450	391	1700	3955	16,4	7531	430	1016	540	1346
380	326			750	1403	450	452	400	812	380	538	470	1499	460	410	1710	4020	16,5	7625	440	1048	550	1394
390	343			760	1440	460	475	410	848	390	564	480	1552	470	430	1720	4086	16,6	7719	450	1080	560	1441
400	358			770	1477	470	498	420	884	400	591	490	1605	480	449	1730	4152	16,7	7814	460	1112	570	1489
410	374			780	1515	480	521	430	920	410	618	500	1659	490	469	1740	4218	16,8	7910	470	1144	580	1537
420	390			790	1552	490	546	440	957	420	645	510	1714	500	489	1750	4285	16,9	8006	480	1176	590	1586
430	406			800	1590	500	570	450	995	430	673	520	1769	510	510	1760	4352	17,0	8103	490	1208	600	1634
440	422			810	1628	510	596	460	1033	440	701	530	1825	520	531	1770	4419	17,1	8200	500	1241	610	1683
450	439			820	1667	520	621	470	1072	450	729	540	1881	530	552	1780	4487	17,2	8298	510	1273	620	1733
460	456			830	1705	530	648	480	1111	460	758	550	1938	540	574	1790	4555	17,3	8397	520	1306	630	1783
470	474			840	1744	540	674	490	1151	470	788	560	1996	550	596	1800	4624	17,4	8496	530	1339	640	1833
480	491			850	1783	550	702	500	1191	480	817	570	2054	560	618	1810	4693	17,5	8595	540	1371	650	1883
490	509			860	1822	560	730	510	1232	490	848	580	2112	570	640	1820	4762	17,6	8695	550	1404	660	1933

Passo Tainhas		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s
500	527			870	1861	570	758	520	1274	500	878	590	2171	580	663	1830	4832	17,7	8796	560	1437	670	1984
510	546			880	1901	580	787	530	1316	510	909	600	2231	590	686	1840	4902	17,8	8898	570	1470	680	2035
520	564			890	1940	590	817	540	1359	520	940	610	2291	600	710	1850	4973	17,9	8999	580	1502	690	2087
530	583			900	1980	600	847	550	1402	530	972	620	2351	610	733	1860	5044	18,0	9102	590	1535	700	2138
540	603			910	2020	610	877	560	1446	540	1004	630	2412	620	757	1870	5115	18,1	9205	600	1569	710	2190
550	622			920	2061	620	908	570	1490	550	1036	640	2474	630	782	1880	5187	18,2	9309	610	1602	720	2242
560	642			930	2101	630	940	580	1535	560	1069	650	2536	640	806	1890	5259	18,3	9413	620	1635	730	2295
570	662			940	2142	640	972	590	1581	570	1102	660	2598	650	831	1900	5331	18,4	9518	630	1668	740	2347
580	683			950	2183	650	1005	600	1627	580	1136	670	2661	660	856	1910	5404	18,5	9623	640	1701	750	2400
590	704			960	2224	660	1038	610	1673	590	1170	680	2725	670	882	1920	5478	18,6	9729	650	1735	760	2453
600	725			970	2265	670	1072	620	1720	600	1204	690	2789	680	907	1930	5551	18,7	9835	660	1768	770	3056
610	746			980	2307	680	1106	630	1767	610	1239	700	2853	690	933	1940	5625	18,8	9942	670	1801	780	3380
620	767			990	2348	690	1141	640	1815	620	1273	710	2918	700	960	1950	5700	18,9	10050	680	1835	790	3701
630	789			1000	2390	700	1176	650	1864	630	1309	720	2983	710	986	1960	5775	19,0	10158	690	1868	800	4020
640	811			1010	2432	710	1212	660	1913	640	1344	730	3049	720	1013	1970	5850	19,1	10267	700	1902	810	4337
650	833			1020	2474	720	1248	670	1963	650	1380	740	3115	730	1040	1980	5925	19,2	10376	710	1935	820	4653
660	856			1030	2516	730	1285	680	2013	660	1417	750	3182	740	1067	1990	6001	19,3	10486	720	1969	830	4967
670	879			1040	2559	740	1322	690	2063	670	1453	760	3249	750	1095	2000	6077	19,4	10597	730	2003	840	5279
680	902			1050	2601	750	1360	700	2114	680	1490	770	3317	760	1123	2010	6154	19,5	10708	740	2037	850	5590
690	925			1060	2644	760	1399	710	2166	690	1528	780	3385	770	1151	2020	6231	19,6	10820	750	2070	860	5899
700	949			1070	2687	770	1437	720	2218	700	1565	790	3453	780	1180	2030	6309	19,7	10932	760	2104	870	6207
710	973			1080	2730	780	1477	730	2271	710	1603	800	3522	790	1208	2040	6386	19,8	11045	770	2138	880	6514
720	997			1090	2774	790	1517	740	2324	720	1641	810	3591	800	1237	2050	6464	19,9	11158	780	2172	890	6820
				1100	2817	800	1557	750	2377	730	1680	820	3661	810	1267	2060	6543	20,0	11272	790	2206	900	7125
				1110	2861	810	1598	760	2431	740	1719	830	3731	820	1296	2070	6622			800	2250	910	7429
				1120	2904	820	1640	770	2486	750	1758	840	3802	830	1326	2080	6701			810	2321	920	7732
				1130	2948	830	1682	780	2541	760	1798	850	3873	840	1356	2090	6781			820	2393	930	8034
				1140	2993	840	1725	790	2596	770	1838	860	3944	850	1386	2100	6861			830	2466	940	8335
				1150	3037	850	1768	800	2652	780	1878	870	4016	860	1417	2110	6941			840	2541	950	8635
				1160	3081	860	1811	810	2709	790	1918	880	4088	870	1447	2120	7022			850	2617	960	8934
				1170	3126	870	1855	820	2766	800	1959	890	4161	880	1478	2130	7103			860	2694	970	9233
				1180	3170	880	1900	830	2823	810	2000	900	4234	890	1510	2140	7184			870	2773	980	9531
				1190	3215	890	1945	840	2881	820	2042	910	4308	900	1541	2150	7266			880	2853	990	9828
				1200	3260	900	1991	850	2939	830	2084	920	4381	910	1573	2160	7348			890	2934	1000	10124
				1210	3306	910	2037	860	2998	840	2126	930	4456	920	1605	2170	7431			900	3017	1010	10420
				1220	3351	920	2084	870	3057	850	2168	940	4530	930	1637	2180	7513			910	3101	1020	10715
				1230	3396	930	2131	880	3117	860	2211	950	4605	940	1670	2190	7597			920	3187	1030	11010
				1240	3442	940	2179	890	3177	870	2254	960	4681	950	1703	2200	7680			930	3274	1040	11303
				1250	3488	950	2227	900	3238	880	2297	970	4757	960	1736	2210	7764			940	3363	1050	11597
				1260	3534	960	2276	910	3299	890	2340	980	4833	970	1769	2220	7848			950	3452	1060	11889
				1270	3580	970	2325	920	3361	900	2384	990	4910	980	1802	2230	7933			960	3544	1070	12181
				1280	3626	980	2375	930	3423	910	2428	1000	4987	990	1836	2240	8018			970	3637	1080	12473
				1290	3672	990	2425	940	3485	920	2473	1010	5064	1000	1870	2250	8103			980	3731	1090	12764
				1300	3719	1000	2476	950	3548	930	2517	1020	5142	1010	1904	2260	8189			990	3827	1100	13055
				1310	3765	1010	2527	960	3611	940	2562	1030	5220	1020	1939	2270	8275			1000	3924	1110	13345
				1320	3812	1020	2579	970	3675	950	2608	1040	5298	1030	1973	2280	8361			1010	4023	1120	13634
				1330	3859	1030	2631	980	3740	960	2653	1050	5377	1040	2008	2290	8448			1020	4123	1130	13923

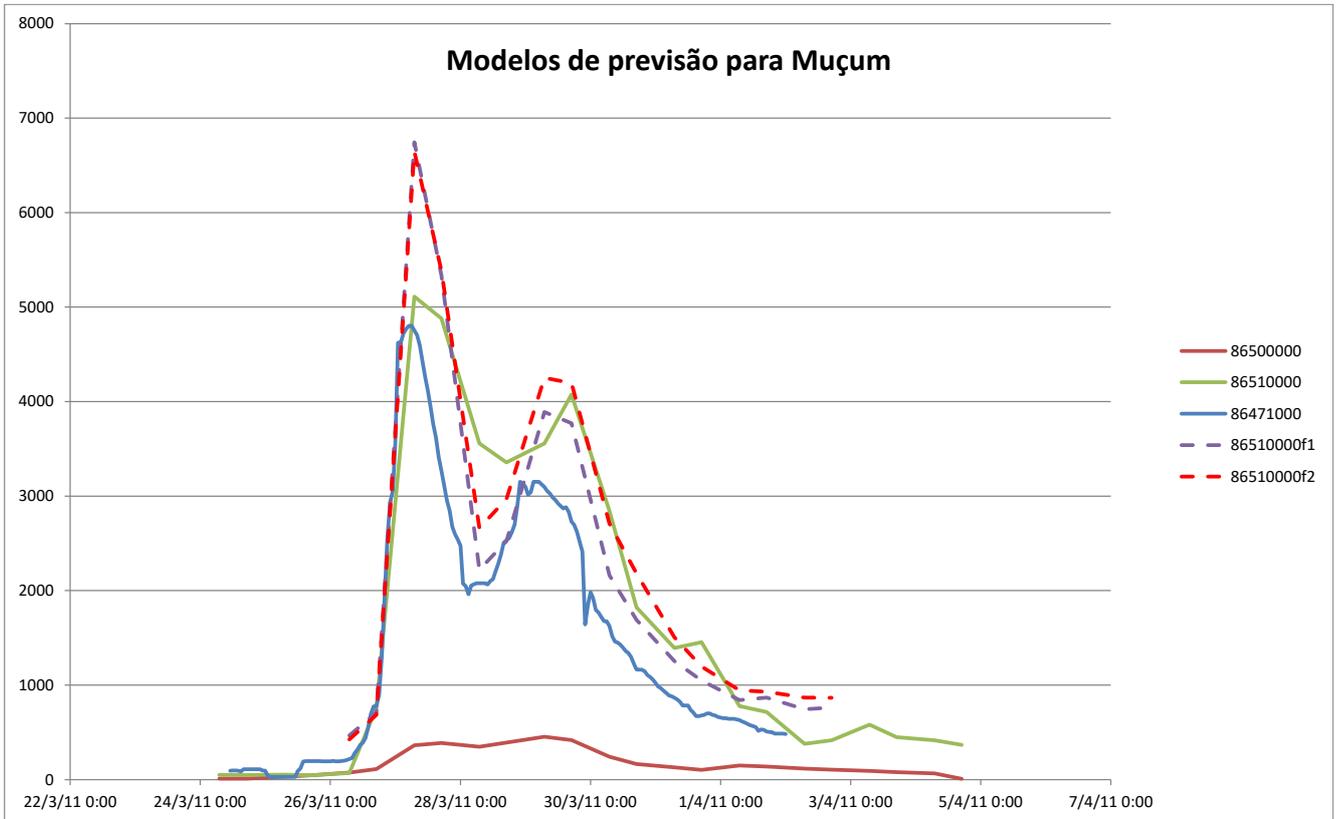
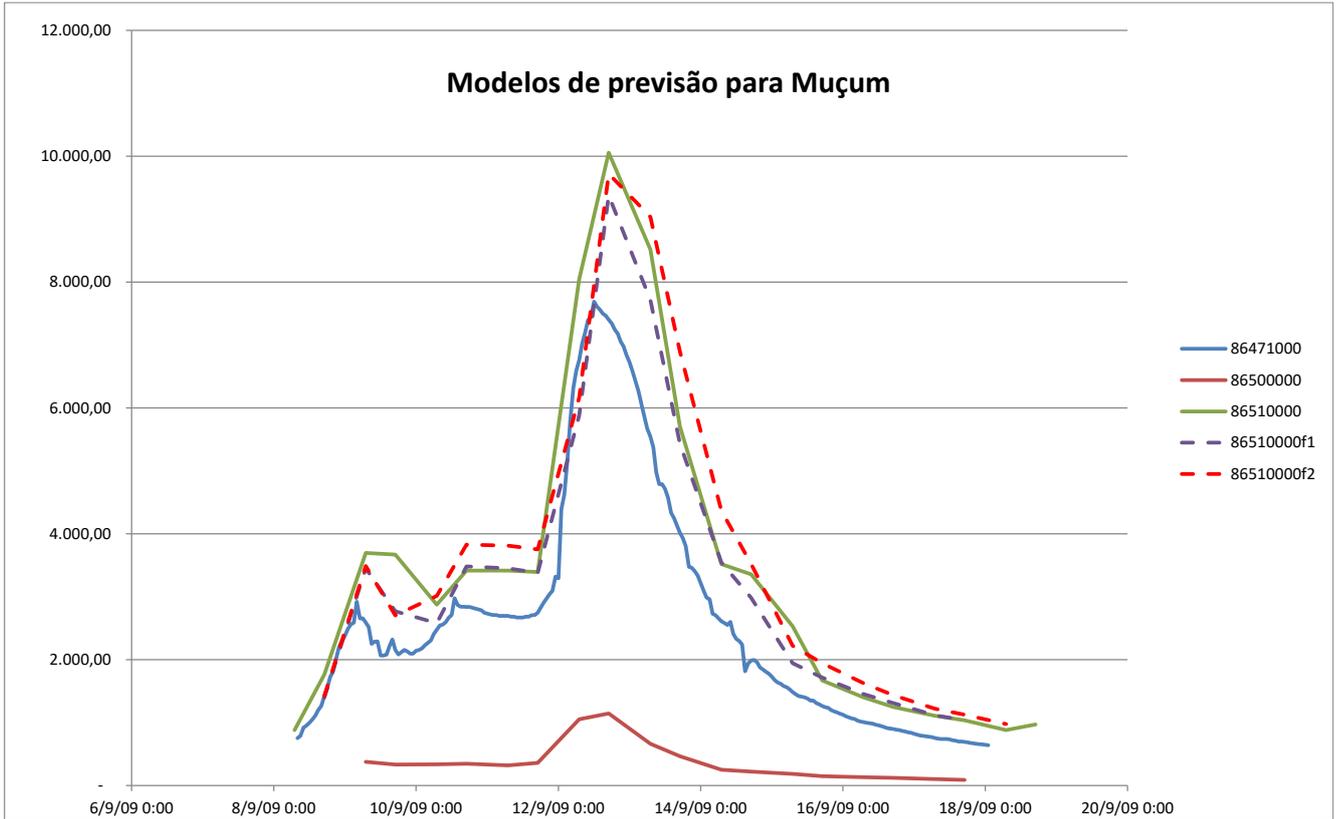
Passo Tainhas		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s
				1340	3906	1040	2684	990	3804	970	2699	1060	5456	1050	2043	2300	8535			1030	4224	1140	14212
				1350	3953	1050	2738	1000	3869	980	2745	1070	5536	1060	2079	2310	8622			1040	4328	1150	14500
				1360	4000	1060	2792	1010	3935	990	2792	1080	5616	1070	2114	2320	8710			1050	4432		
				1370	4048	1070	2846	1020	4001	1000	2838	1090	5696	1080	2150	2330	8798			1060	4538		
				1380	4095	1080	2901	1030	4068	1010	2885	1100	5777	1090	2186	2340	8886			1070	4646		
				1390	4143	1090	2956	1040	4135	1020	2932	1110	5858	1100	2222	2350	8975			1080	4755		
				1400	4191	1100	3012	1050	4202	1030	2980	1120	5939	1110	2259	2360	9064			1090	4866		
				1410	4239	1110	3069	1060	4270	1040	3006	1130	6021	1120	2296	2370	9153			1100	4978		
				1420	4287	1120	3126	1070	4338	1050	3032	1140	6103	1130	2333	2380	9243			1110	5092		
				1430	4335	1130	3183	1080	4407	1060	3058	1150	6186	1140	2370	2390	9333			1120	5208		
				1440	4384	1140	3241	1090	4476	1070	3083	1160	6268	1150	2407	2400	9424			1130	5325		
				1450	4432	1150	3300	1100	4546	1080	3108	1170	6352	1160	2445	2410	9514			1140	5443		
				1460	4481	1160	3359	1110	4616	1090	3133	1180	6435	1170	2483	2420	9606			1150	5564		
				1470	4530	1170	3418	1120	4686	1100	3157	1190	6519	1180	2521	2430	9697			1160	5685		
				1480	4578	1180	3478	1130	4757	1110	3182	1200	6603	1190	2559	2440	9789			1170	5809		
				1490	4627	1190	3539	1140	4828	1120	3206	1210	6688	1200	2598	2450	9881			1180	5934		
				1500	4677	1200	3600	1150	4900	1130	3230	1220	6773	1210	2636	2460	9973			1190	6060		
				1510	4726	1210	3661	1160	4972	1140	3253	1230	6858	1220	2675	2470	10066			1200	6188		
				1520	4775	1220	3723	1170	5044	1150	3277	1240	6943	1230	2715	2480	10159			1210	6318		
				1530	4825	1230	3786	1180	5117	1160	3300	1250	7029	1240	2754	2490	10253			1220	6450		
				1540	4874	1240	3849	1190	5191	1170	3323	1260	7116	1250	2794	2500	10346			1230	6583		
				1550	4924	1250	3913	1200	5265	1180	3346	1270	7202	1260	2833	2510	10440			1240	6717		
				1560	4974	1260	3977	1210	5339	1190	3368	1280	7289	1270	2874	2520	10535			1250	6854		
				1570	5024	1270	4041	1220	5413	1200	3391	1290	7376	1280	2914	2530	10630			1260	6992		
				1580	5074	1280	4106	1230	5488	1210	3413	1300	7464	1290	2954	2540	10725			1270	7132		
				1590	5124	1290	4172	1240	5564	1220	3435	1310	7552	1300	2995	2550	10820			1280	7273		
				1600	5174	1300	4238	1250	5640	1230	3457	1320	7640	1310	3036	2560	10916			1290	7416		
				1610	5225	1310	4305	1260	5716	1240	3478	1330	7728	1320	3077	2570	11012			1300	7561		
				1620	5275	1320	4372	1270	5793	1250	3500	1340	7817	1330	3118	2580	11108			1310	7707		
				1630	5326	1330	4439	1280	5870			1350	7906	1340	3160	2590	11205			1320	7855		
				1640	5377	1340	4508	1290	5947			1360	7996	1350	3202	2600	11302			1330	8005		
				1650	5428	1350	4576	1300	6025			1370	8086			2610	11399			1340	8157		
				1660	5479	1360	4645	1310	6104			1380	8176			2620	11497			1350	8310		
				1670	5530	1370	4715	1320	6182			1390	8266			2630	11595			1360	8465		
				1680	5581	1380	4785	1330	6262			1400	8357			2640	11693			1370	8622		
				1690	5633	1390	4856	1340	6341			1410	8448			2650	11792			1380	8780		
				1700	5684	1400	4927	1350	6421			1420	8540			2660	11891			1390	8941		
				1710	5736	1410	4999	1360	6501			1430	8631			2670	11990			1400	9103		
				1720	5787	1420	5071	1370	6582			1440	8723			2680	12090			1410	9266		
				1730	5839	1430	5143	1380	6663			1450	8816			2690	12189			1420	9432		
				1740	5891	1440	5217	1390	6745			1460	8908			2700	12290			1430	9599		
				1750	5943	1450	5290	1400	6827			1470	9001			2710	12390			1440	9768		
				1760	5995	1460	5364	1410	6909			1480	9095			2720	12491			1450	9939		
				1770	6048	1470	5439	1420	6992			1490	9188			2730	12592			1460	10112		
				1780	6100	1480	5514	1430	7075			1500	9282			2740	12694			1470	10286		
				1790	6152	1490	5590	1440	7159			1510	9376			2750	12795			1480	10463		
				1800	6205	1500	5666	1450	7243			1520	9471			2760	12898			1490	10641		

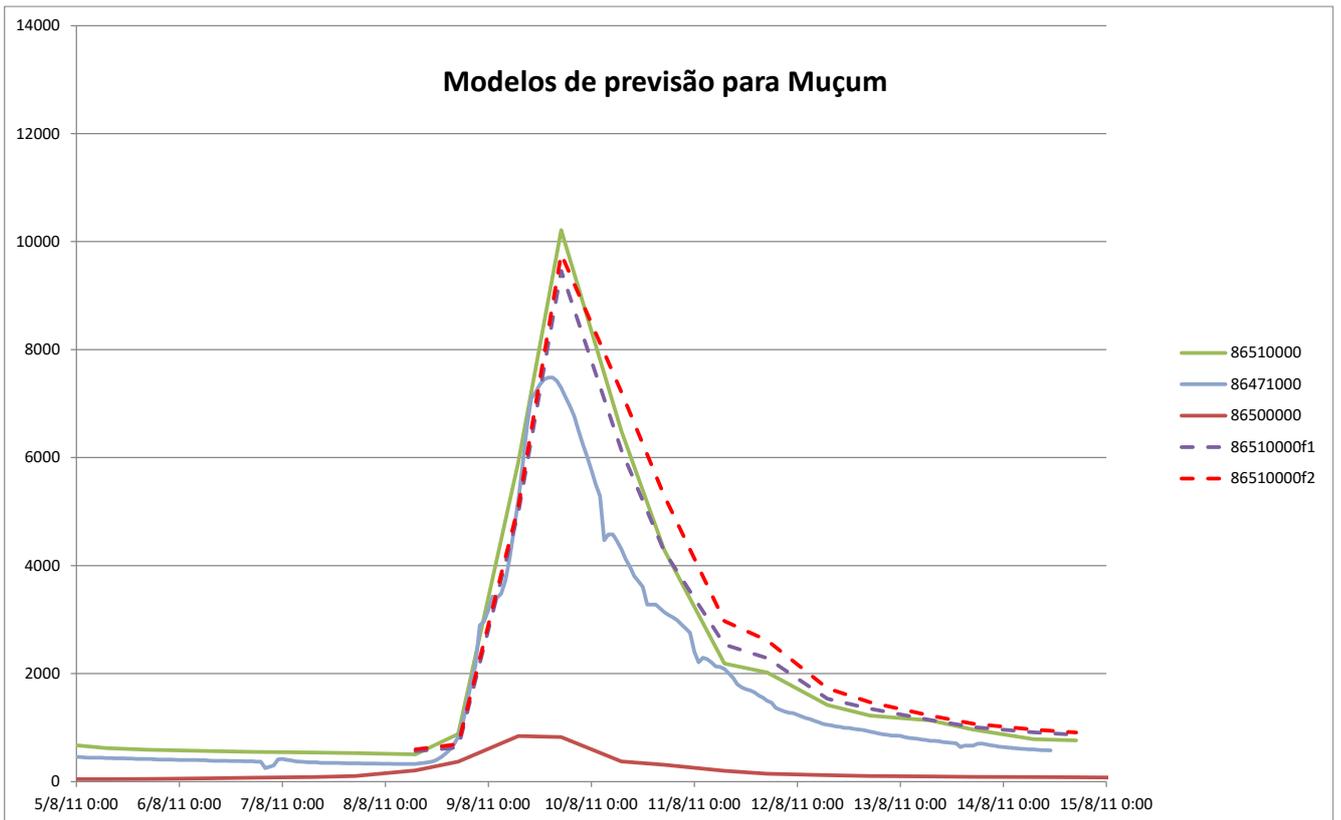
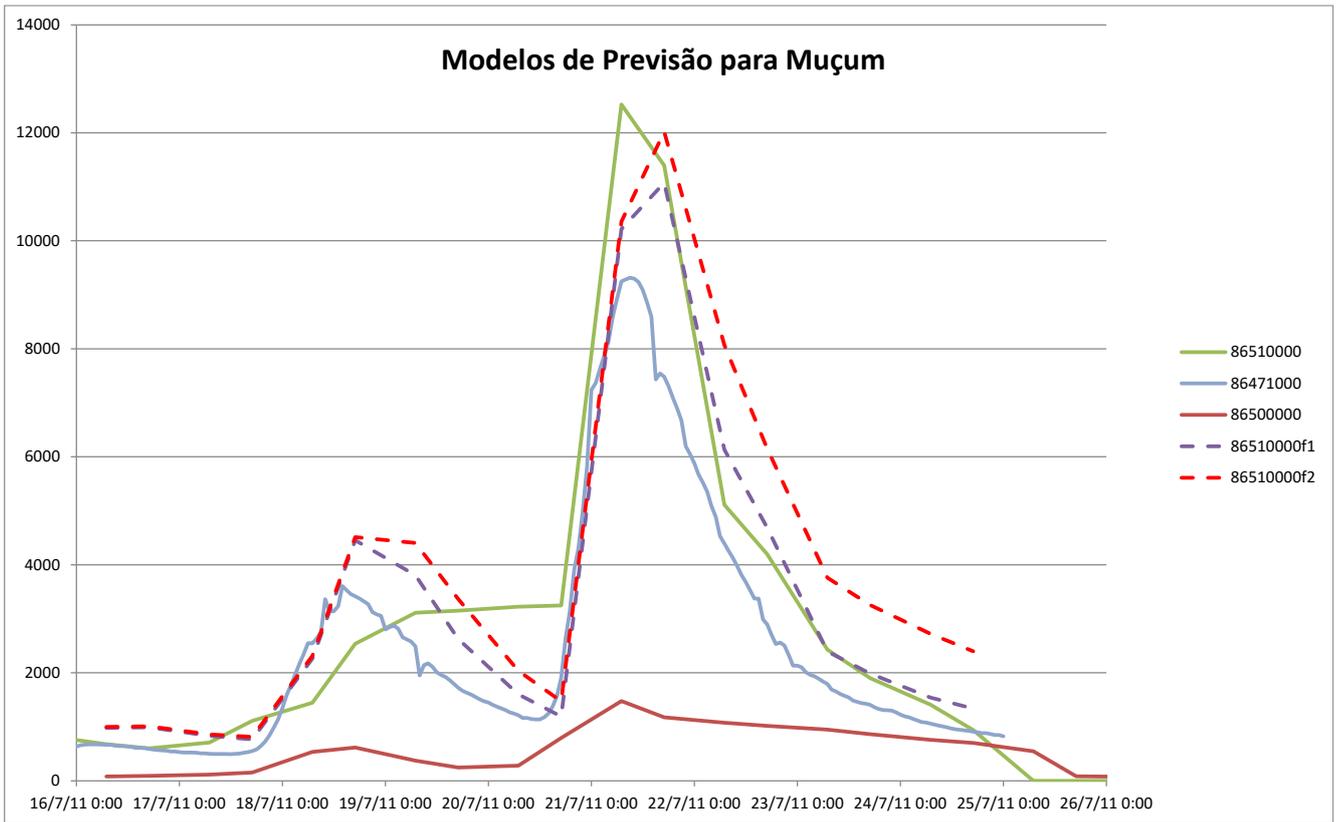
Passo Tainhas		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s
						1510	5743	1460	7327			1530	9565			2770	13000			1500	10821		
						1520	5820	1470	7412			1540	9660			2780	13103			1510	11002		
						1530	5898	1480	7497			1550	9756			2790	13206			1520	11186		
						1540	5976	1490	7582			1560	9851			2800	13309			1530	11371		
						1550	6055	1500	7668			1570	9947			2810	13413			1540	11558		
						1560	6134	1510	7754			1580	10044			2820	13517			1550	11748		
						1570	6214	1520	7841			1590	10140			2830	13621			1560	11939		
						1580	6294	1530	7928			1600	10237			2840	13726			1570	12131		
						1590	6375	1540	8015			1610	10334			2850	13831			1580	12326		
						1600	6456	1550	8103			1620	10432			2860	13936			1590	12523		
						1610	6537	1560	8191			1630	10529			2870	14041			1600	12721		
						1620	6620	1570	8280			1640	10627			2880	14147			1610	12921		
						1630	6702	1580	8369			1650	10726			2890	14253			1620	13124		
						1640	6786	1590	8458			1660	10824			2900	14360			1630	13328		
						1650	6869	1600	8548			1670	10923							1640	13534		
						1660	6954	1610	8638			1680	11022							1650	13742		
						1670	7038	1620	8729			1690	11122							1660	13952		
						1680	7123	1630	8819			1700	11221							1670	14164		
						1690	7209	1640	8911			1710	11321							1680	14377		
						1700	7295	1650	9002			1720	11422							1690	14593		
						1710	7382	1660	9094			1730	11522							1700	14811		
						1720	7469	1670	9187			1740	11623							1710	15030		
						1730	7557	1680	9279			1750	11724							1720	15252		
						1740	7645	1690	9372			1760	11826							1730	15475		
						1750	7734	1700	9466			1770	11927							1740	15701		
						1760	7823	1710	9560			1780	12029							1750	15928		
						1770	7913	1720	9654			1790	12131							1760	16158		
						1780	8003	1730	9749			1800	12234							1770	16389		
						1790	8094	1740	9843			1810	12337							1780	16622		
						1800	8185	1750	9939			1820	12440							1790	16858		
						1810	8277	1760	10035			1830	12543							1800	17095		
						1820	8369	1770	10131			1840	12647							1810	17335		
						1830	8461	1780	10227			1850	12750							1820	17576		
						1840	8555	1790	10324			1860	12855							1830	17819		
						1850	8648	1800	10421			1870	12959							1840	18065		
						1860	8742	1810	10518			1880	13064							1850	18312		
						1870	8837	1820	10616			1890	13169							1860	18562		
						1880	8932	1830	10715			1900	13274							1870	18814		
						1890	9028	1840	10813			1910	13379							1880	19067		
						1900	9124	1850	10912			1920	13485							1890	19323		
						1910	9221	1860	11012											1900	19581		
						1920	9318	1870	11111											1910	19840		
						1930	9416	1880	11211											1920	20102		
						1940	9514	1890	11312											1930	20366		
						1950	9612	1900	11413											1940	20632		
						1960	9711	1910	11514											1950	20901		
						1970	9811	1920	11615											1960	21171		

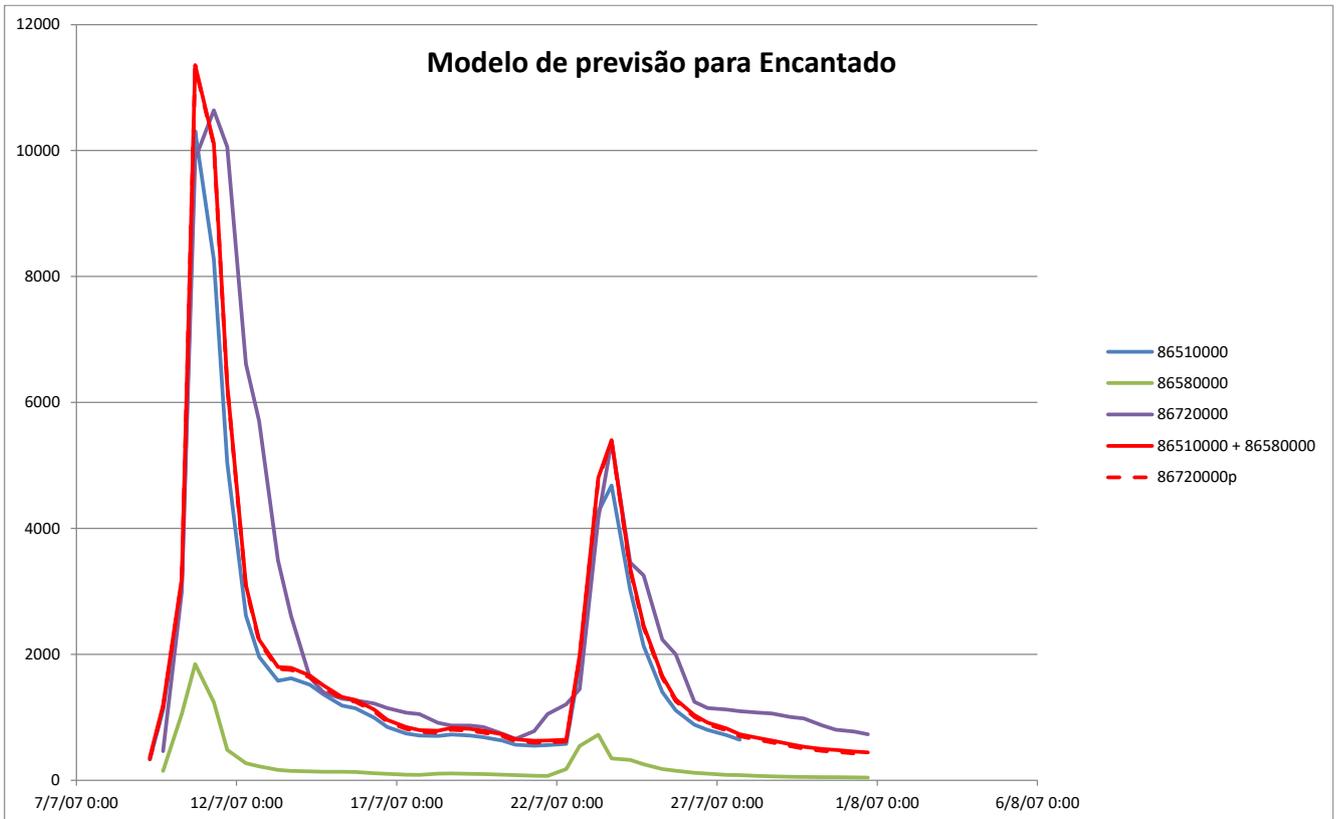
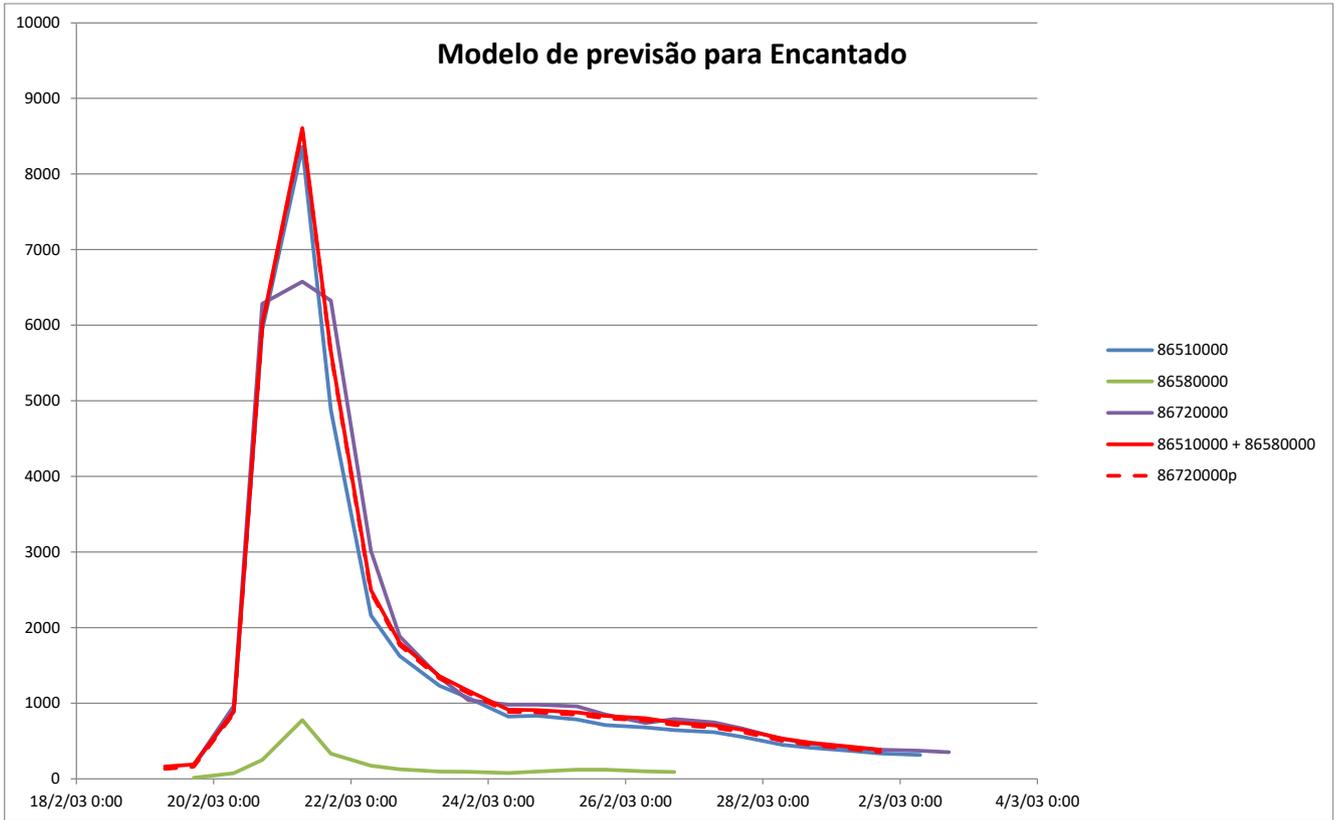
Passo Tainhas		Usina 14 Julho		Linha Jose Júlio		Passo Carreiro		Muçum		Santa Lucia		Encantado		Passo Coimbra		Porto Estrela		Bom Retiro		Porto Mariante		Taquari	
86160000		86471000		86472000		86500000		86510000		86580000		86720000		86745000		86870001		86881000		86895000		86950000	
C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C m	Q m³/s	C cm	Q m³/s	C cm	Q m³/s
						1980	9911	1930	11717											1970	21443		
						1990	10012	1940	11819											1980	21718		
						2000	10113	1950	11922											1990	21994		
						2010	10215	1960	12025											2000	22273		
						2020	10317	1970	12128											2010	22554		
						2030	10419	1980	12232											2020	22837		
						2040	10522	1990	12336											2030	23122		
						2050	10626	2000	12440											2040	23409		
						2060	10730													2050	23698		
																				2060	23990		
																				2070	24283		
																				2080	24579		
																				2090	24877		
																				2100	25177		
																				2110	25480		
																				2120	25784		
																				2130	26091		
																				2140	26400		
																				2150	26711		

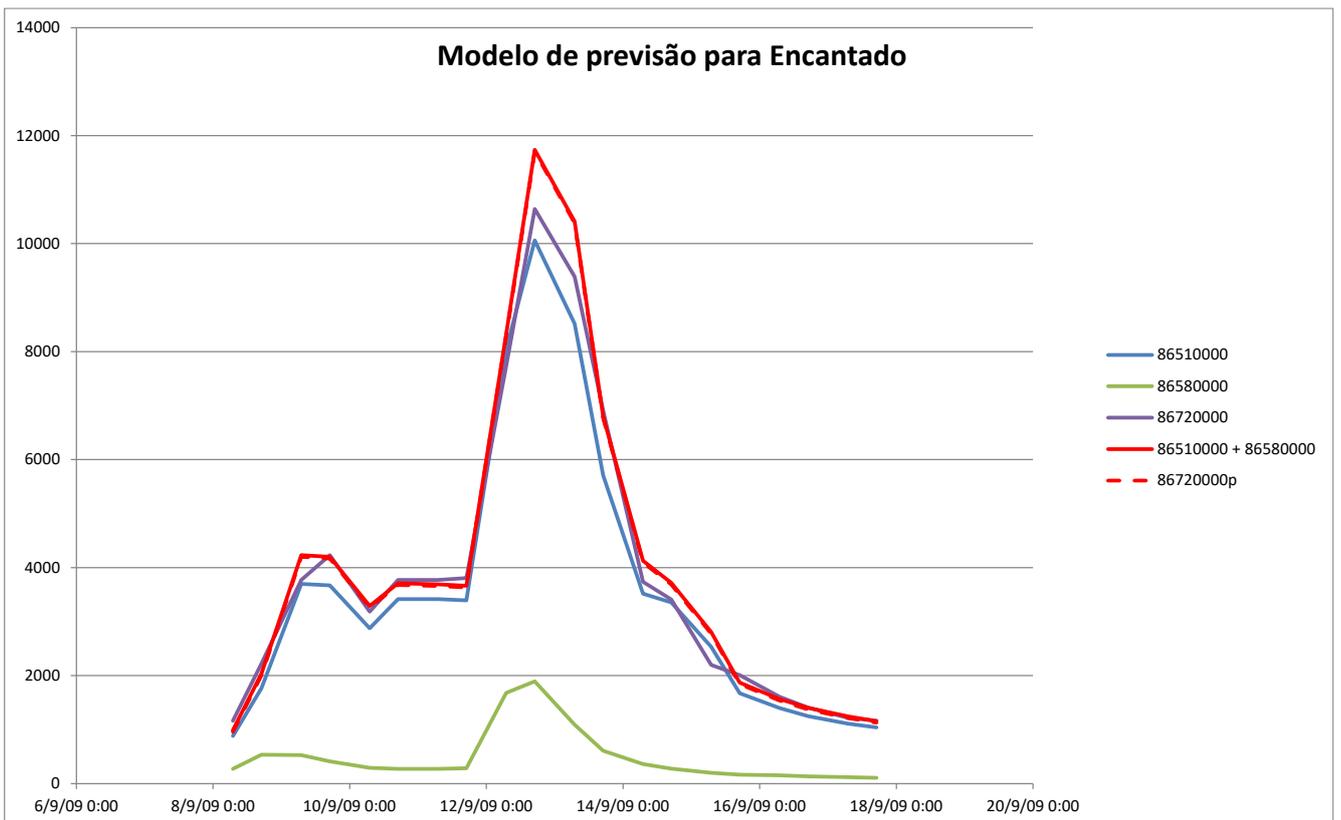
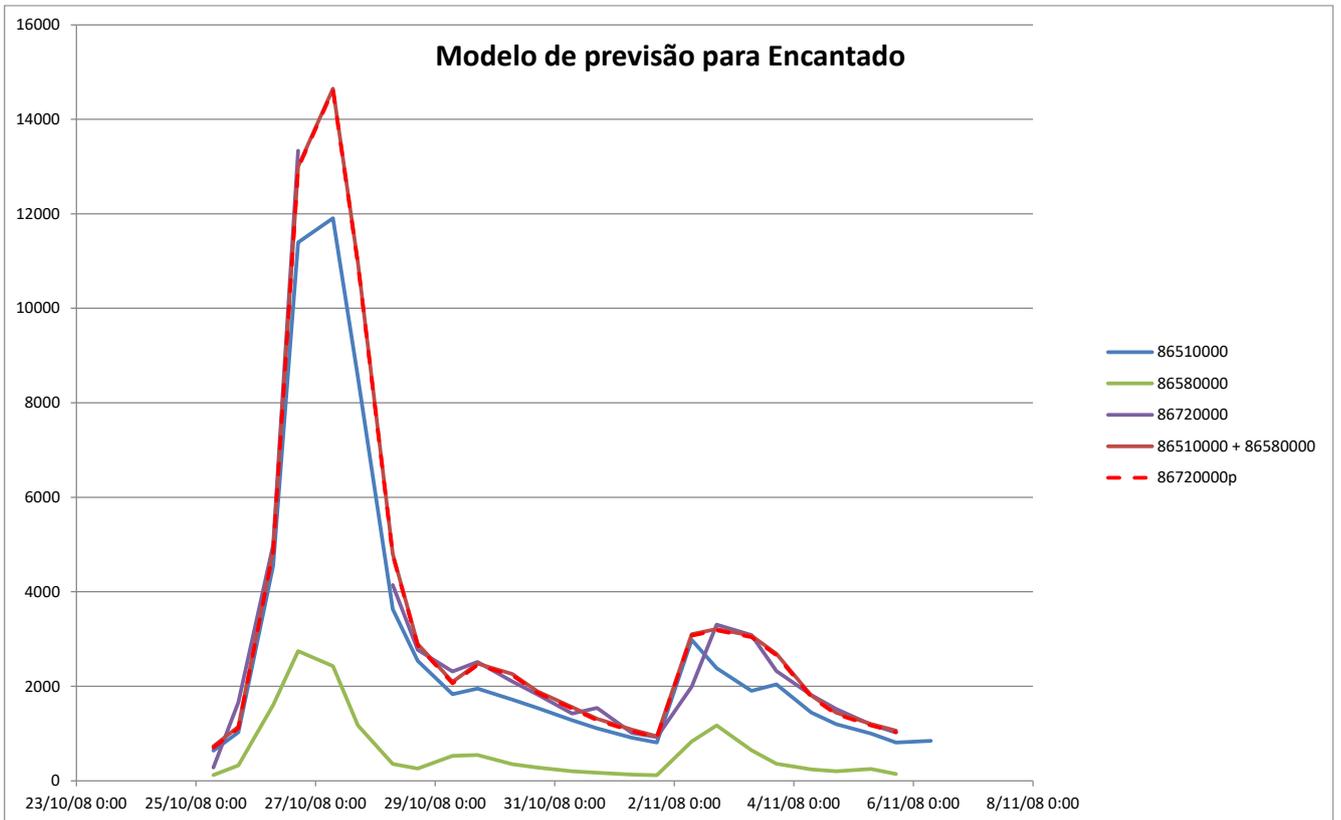
## **ANEXO II**

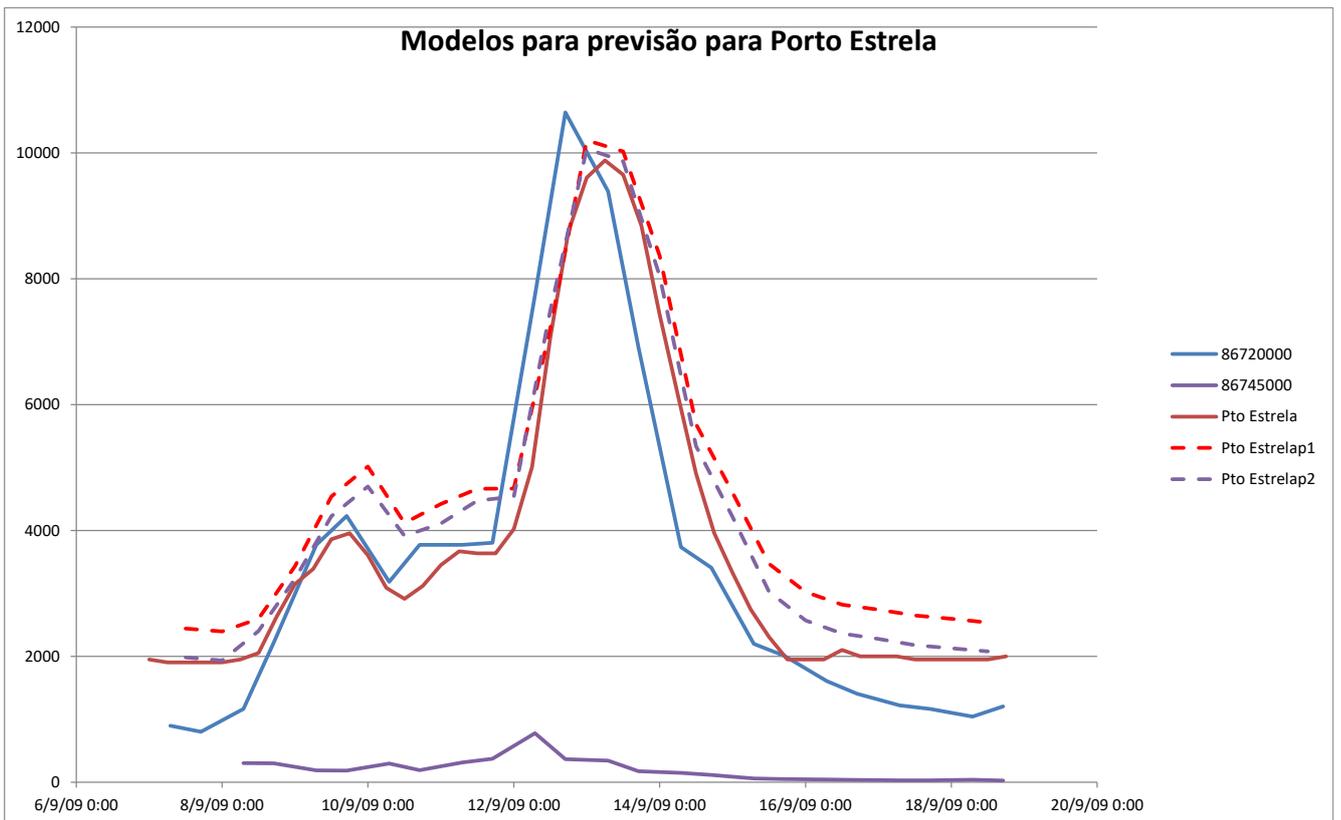
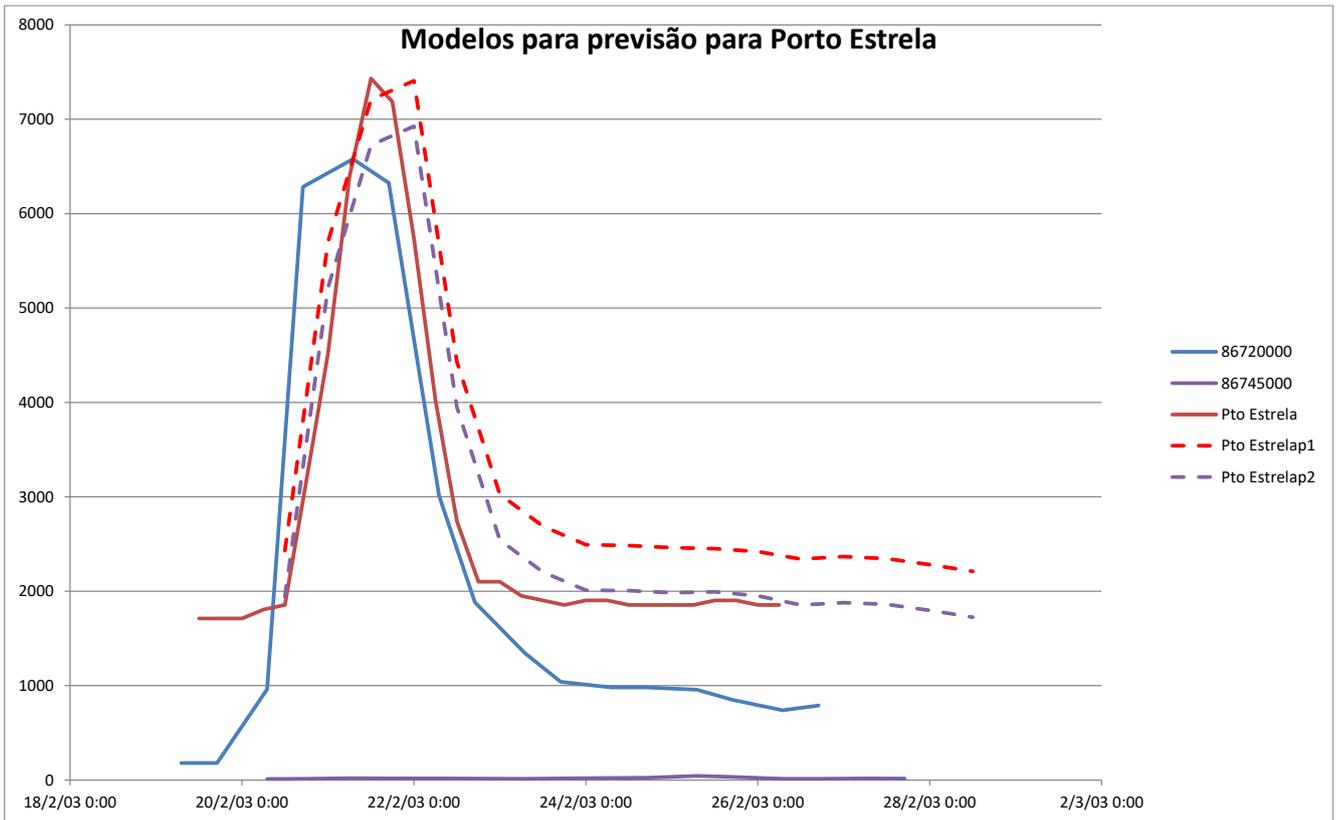
### **RESULTADOS DOS MODELOS DE PREVISÃO**

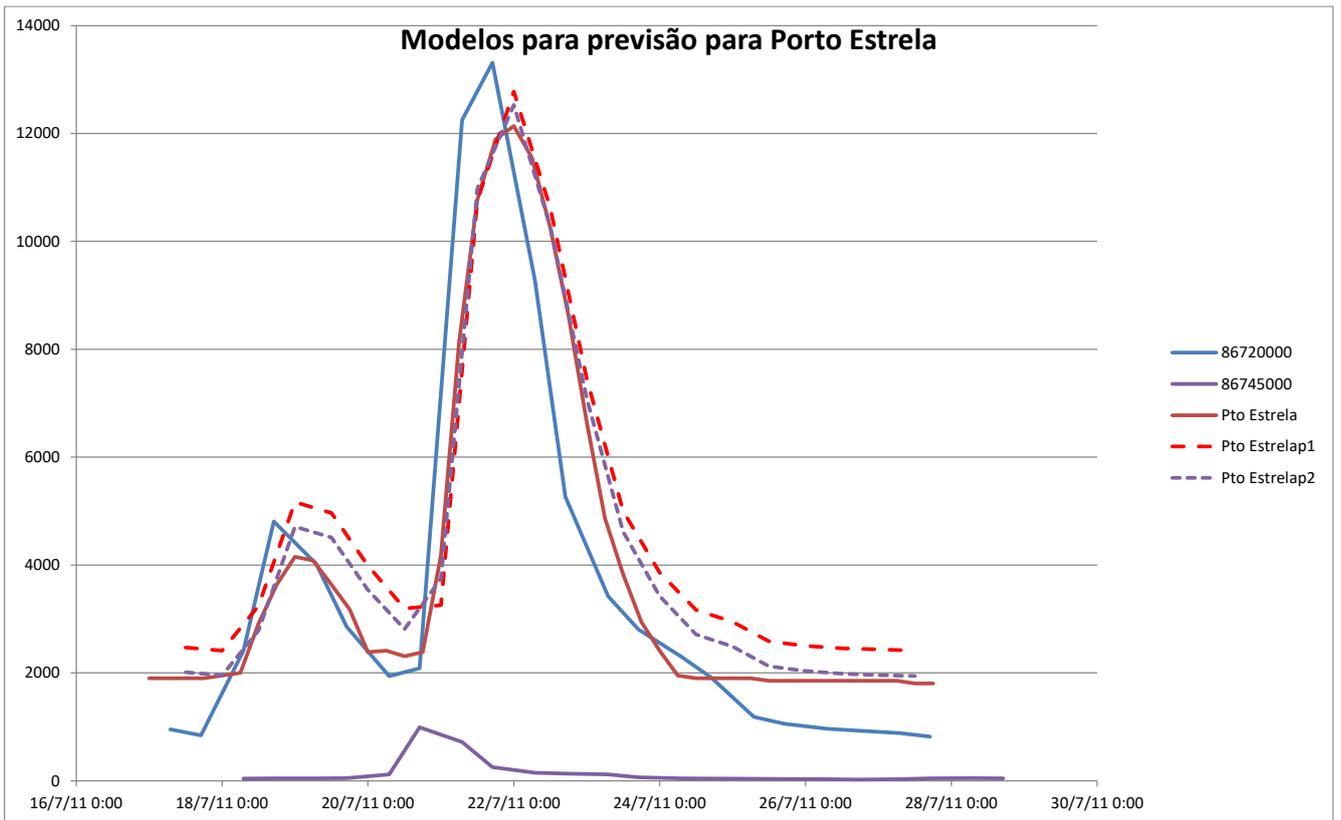
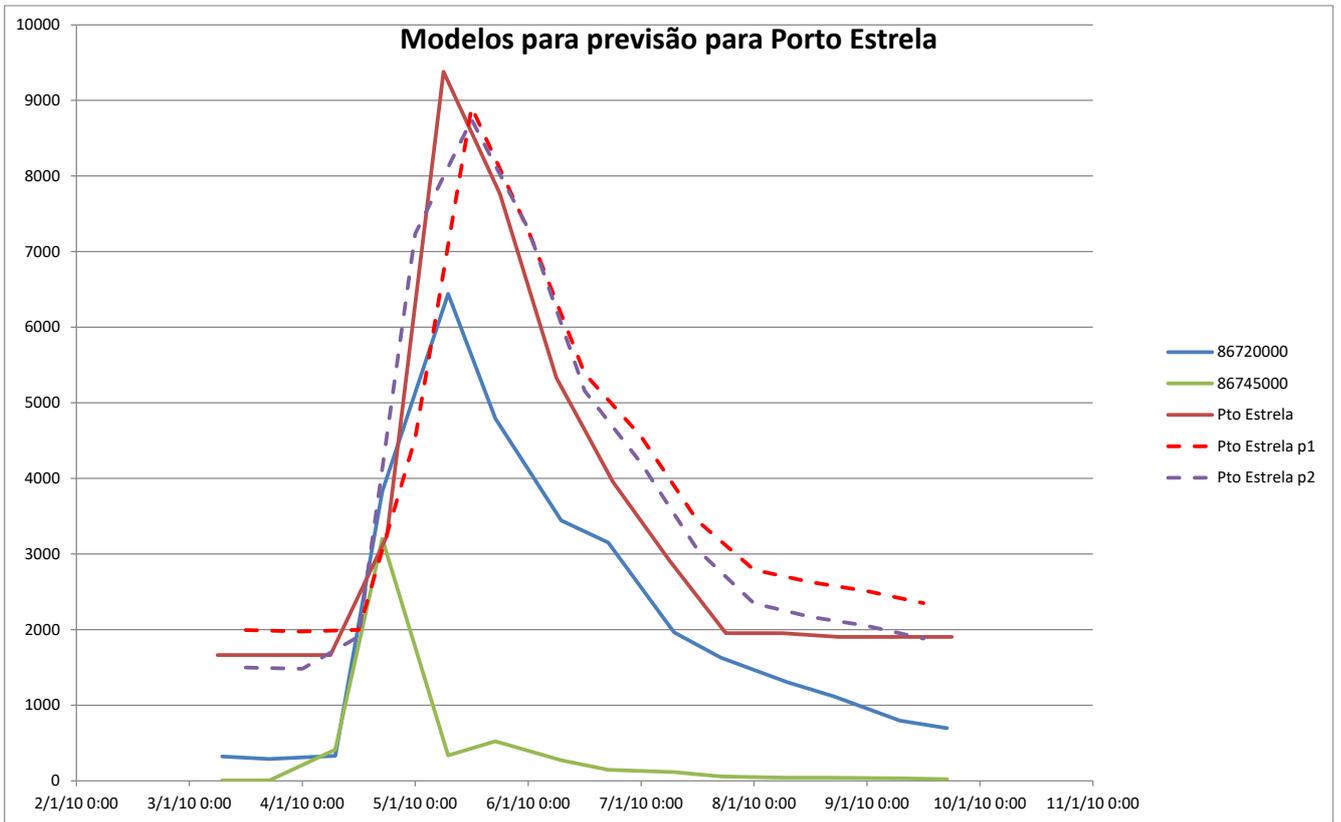


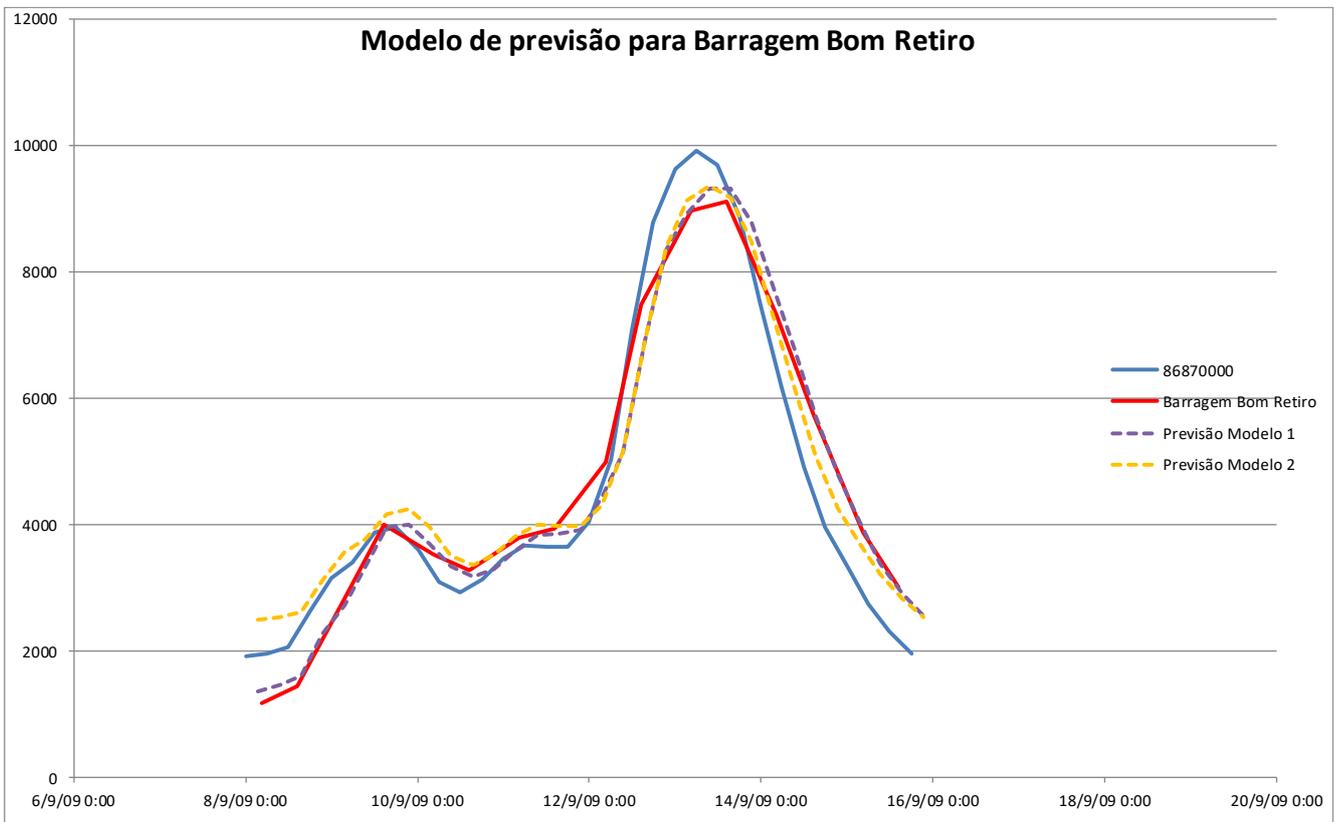
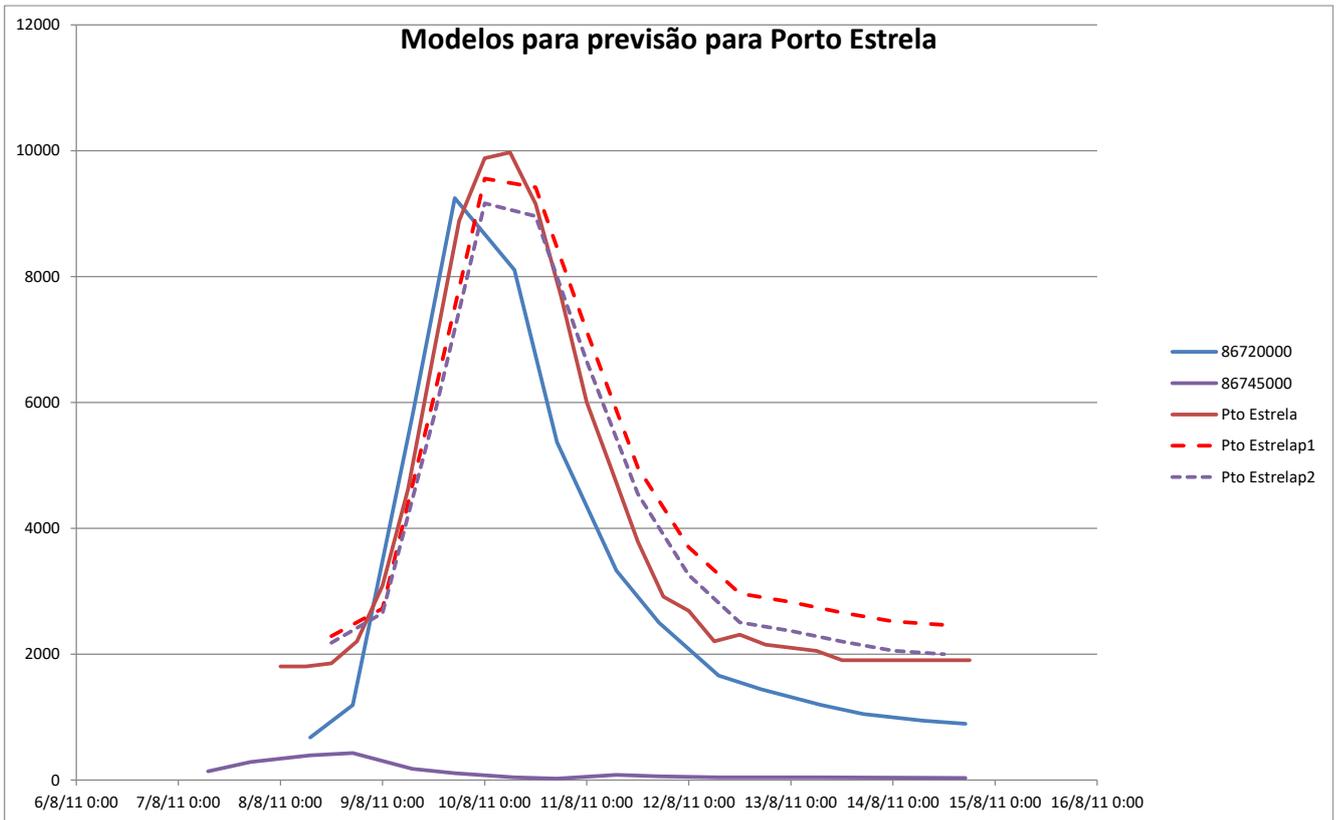


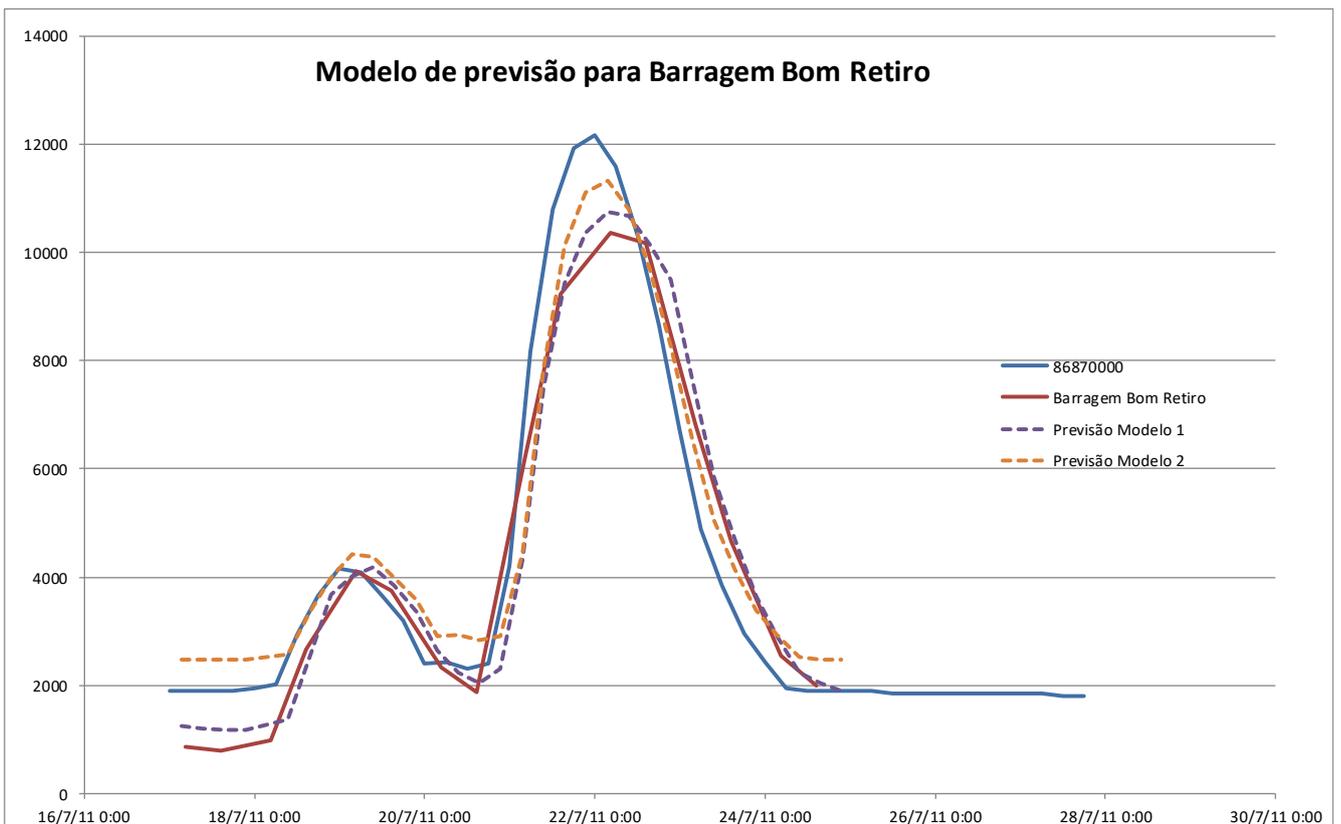
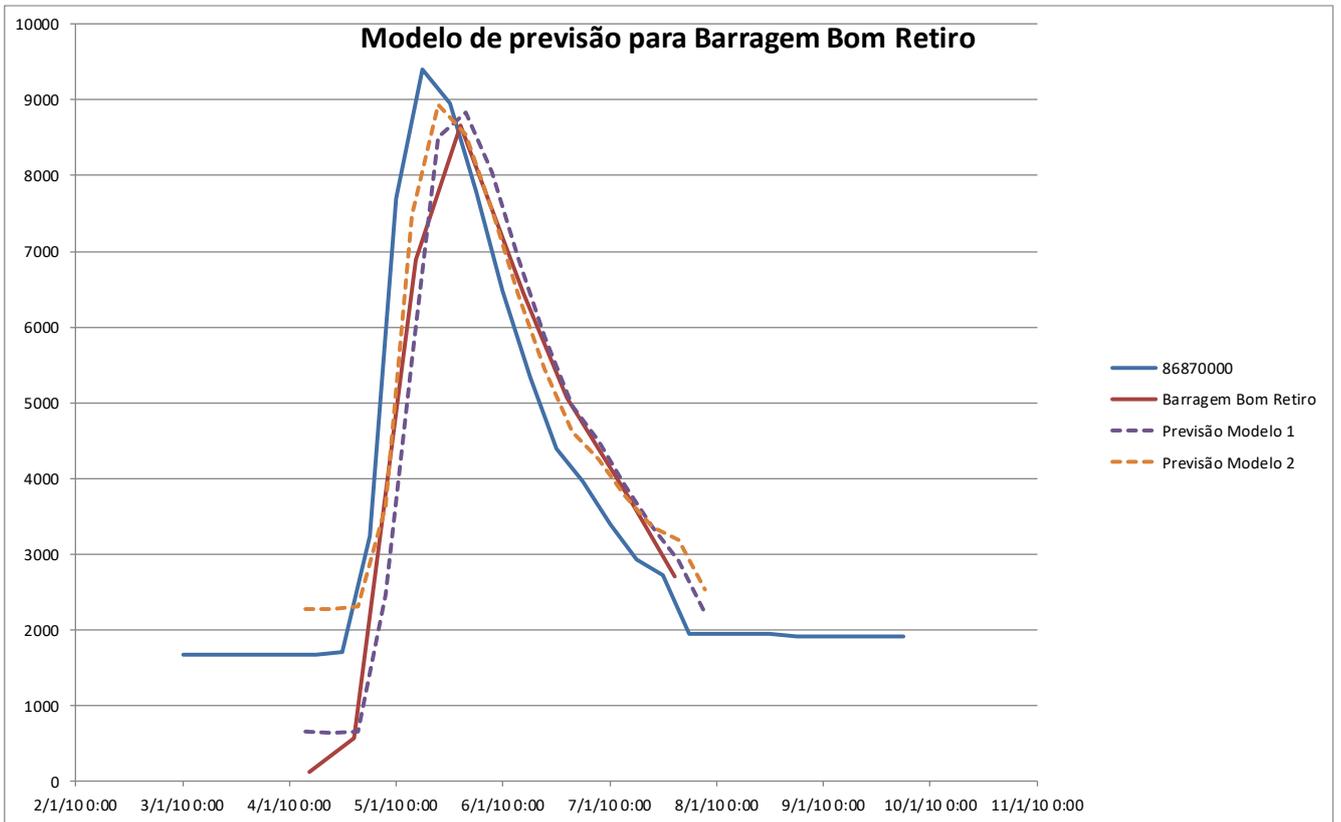


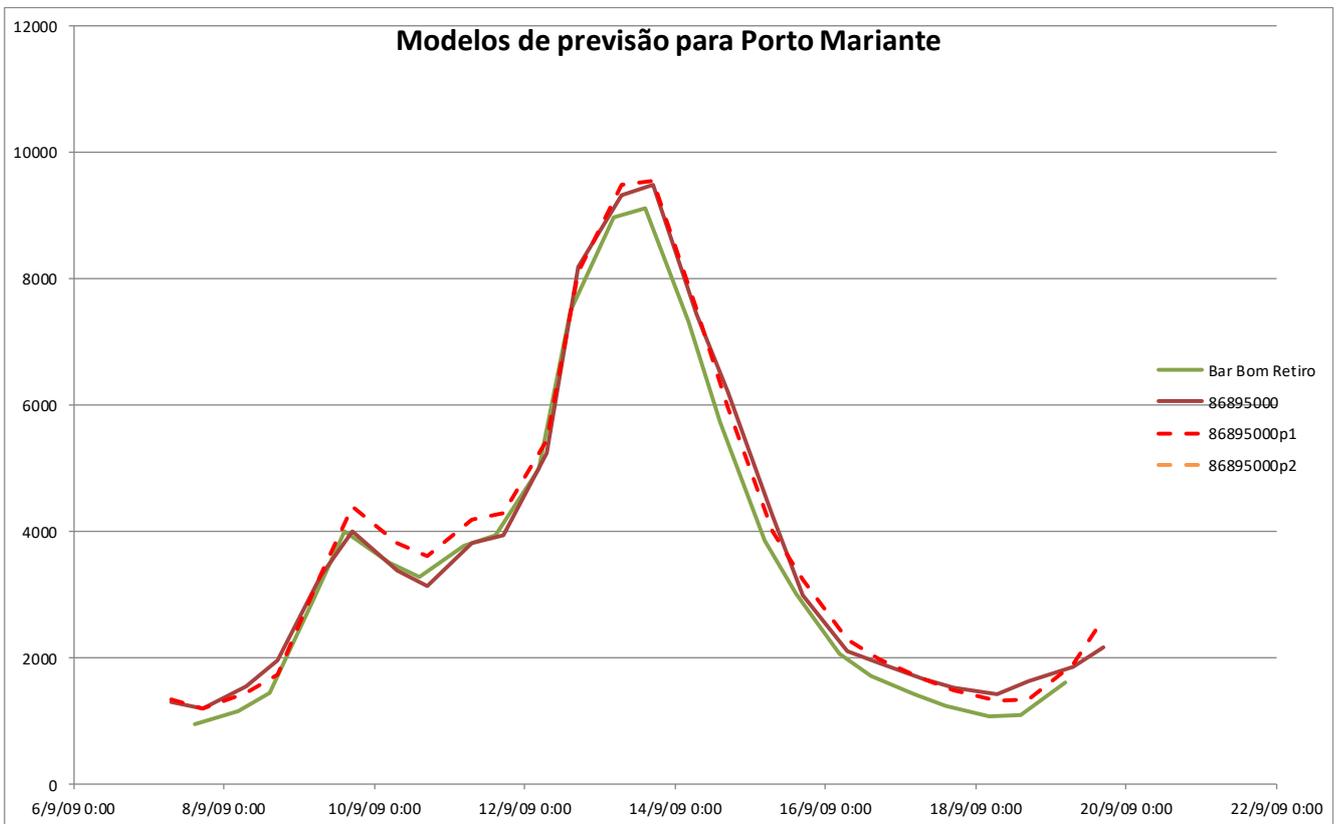
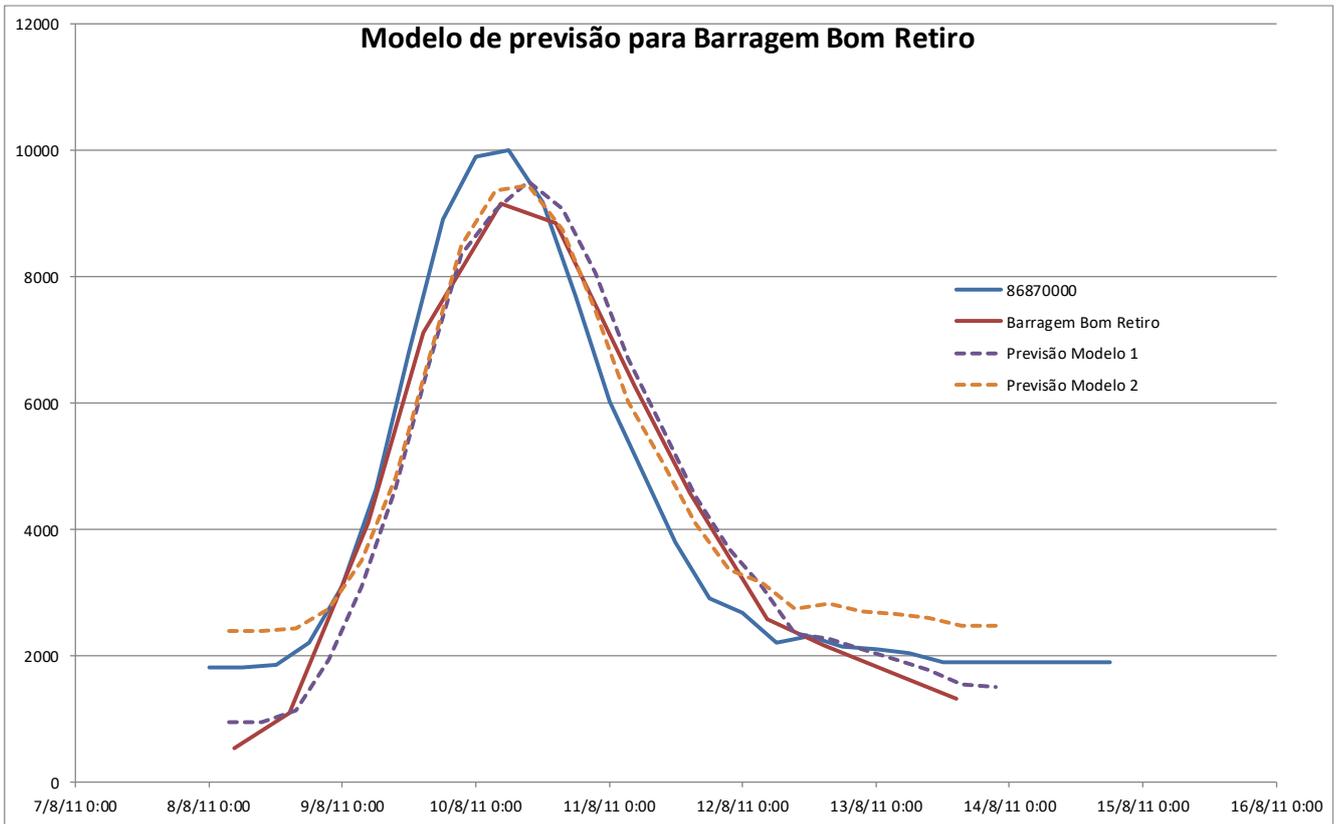


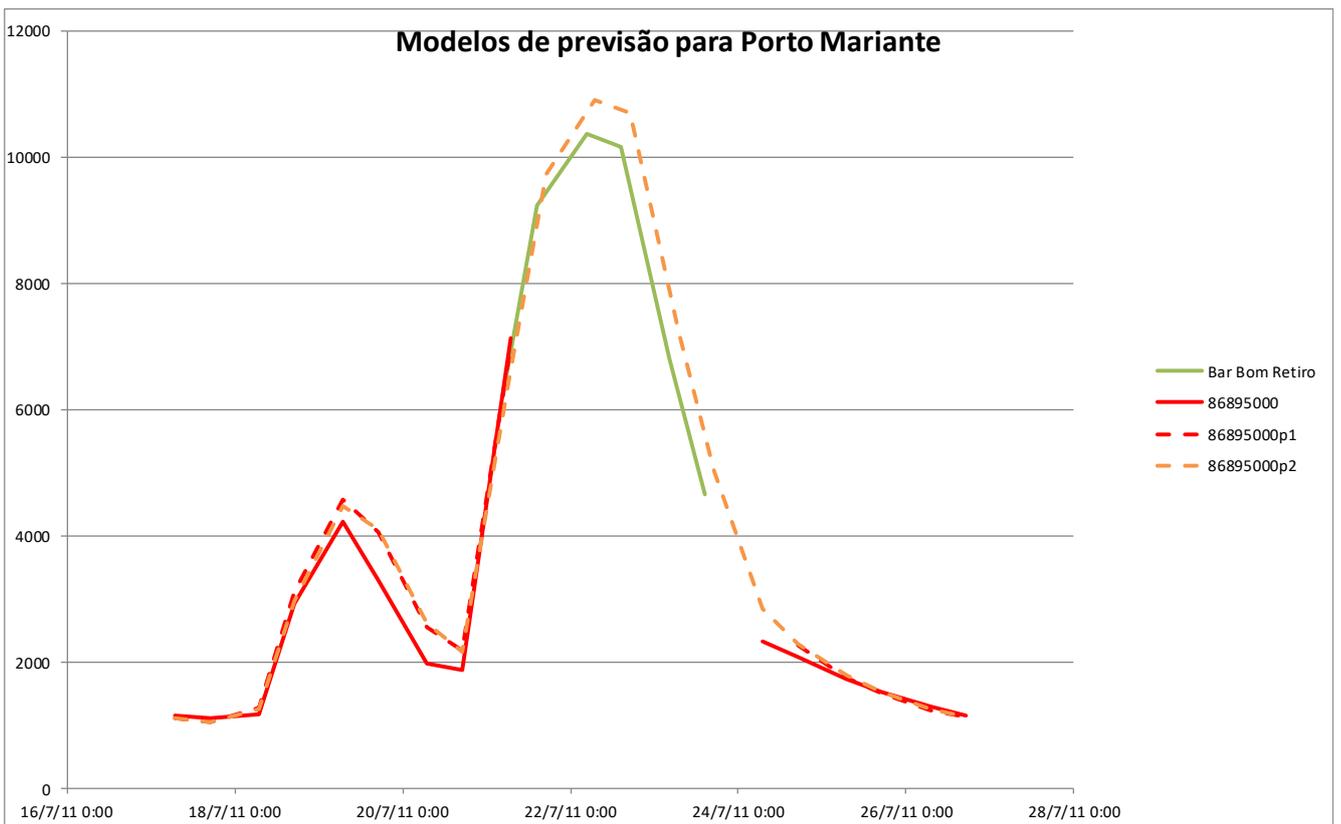
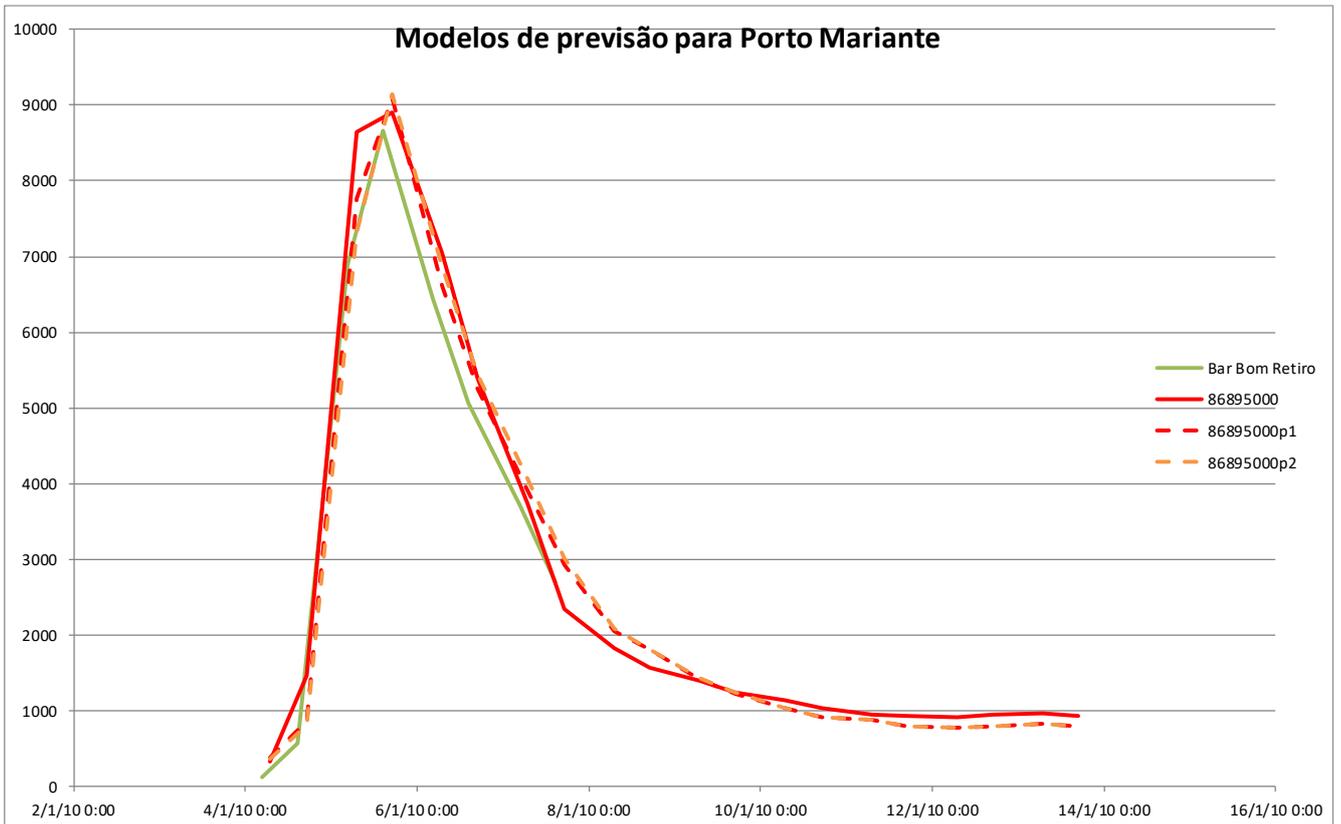


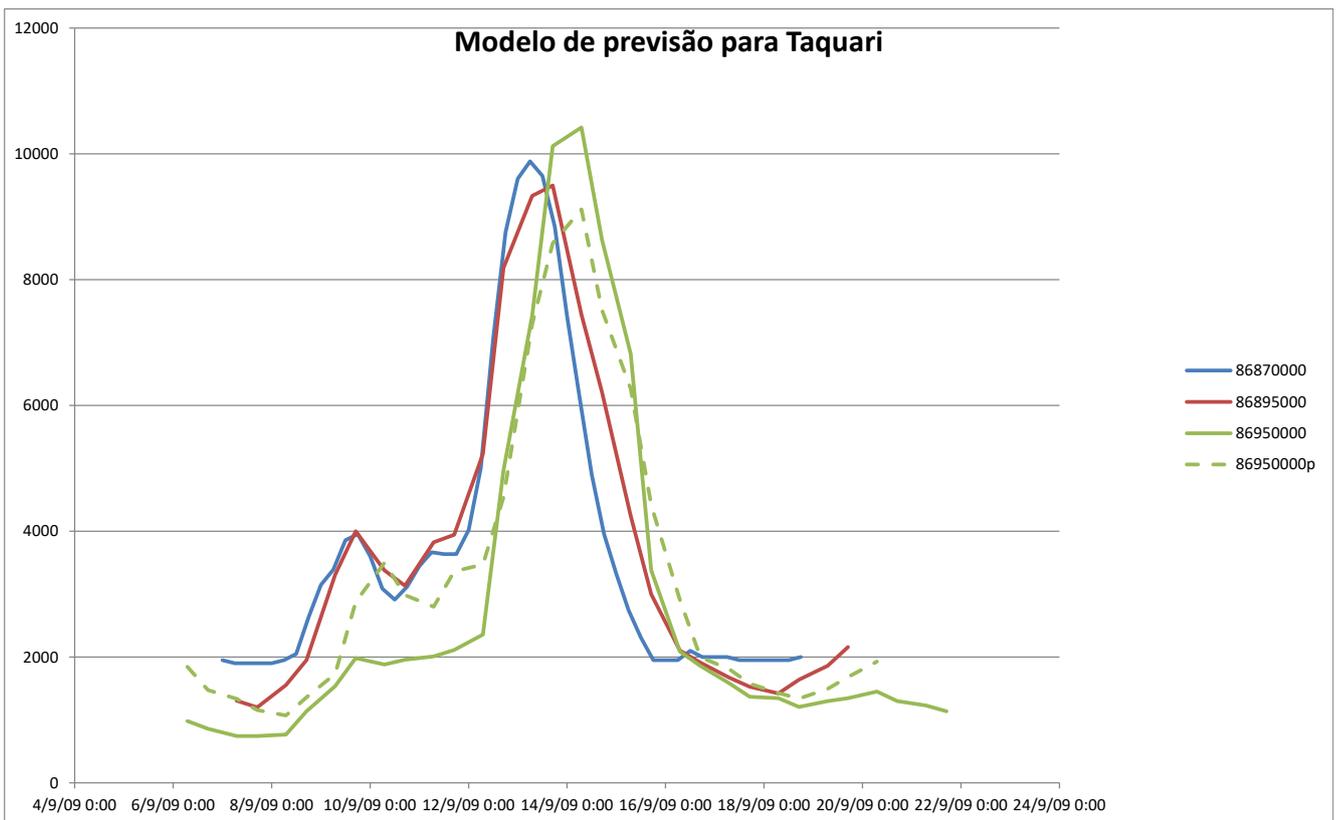
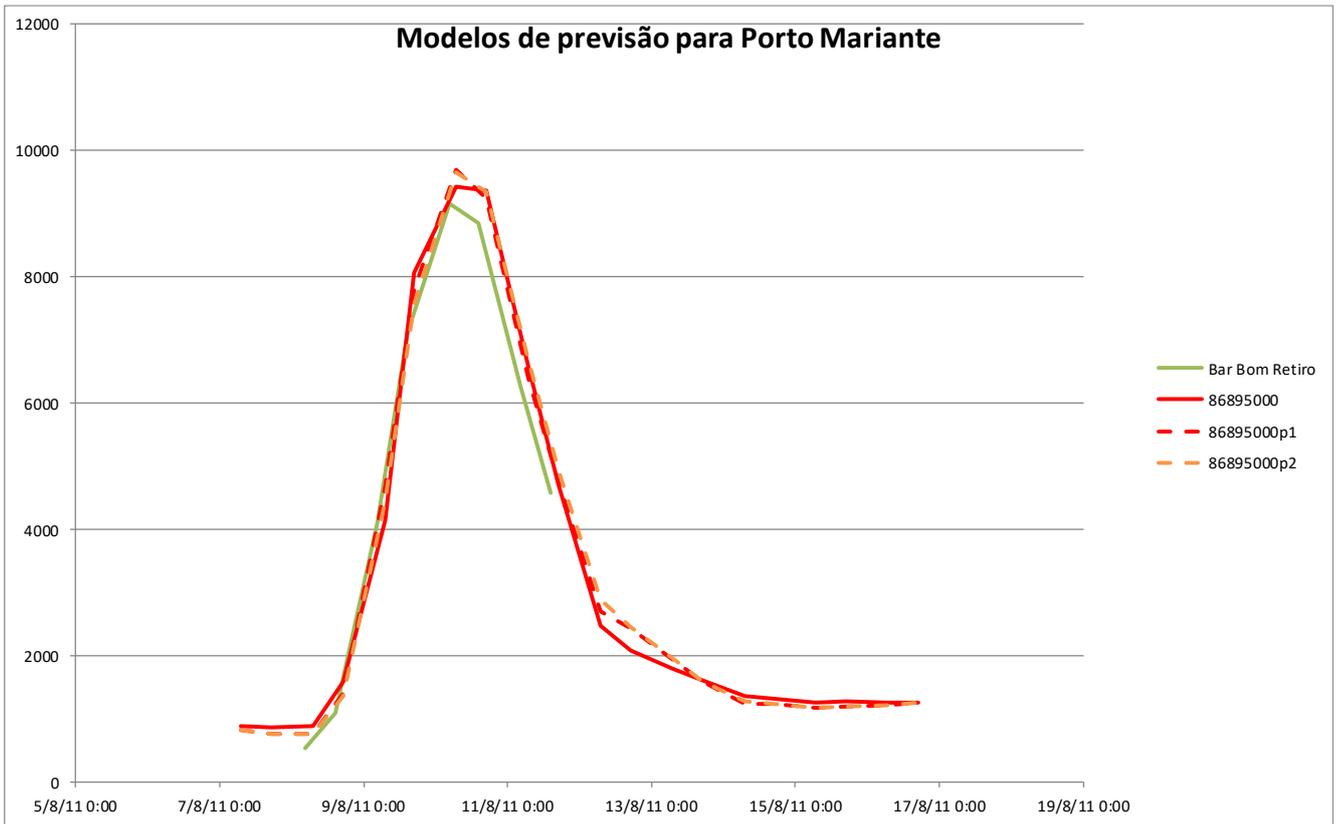


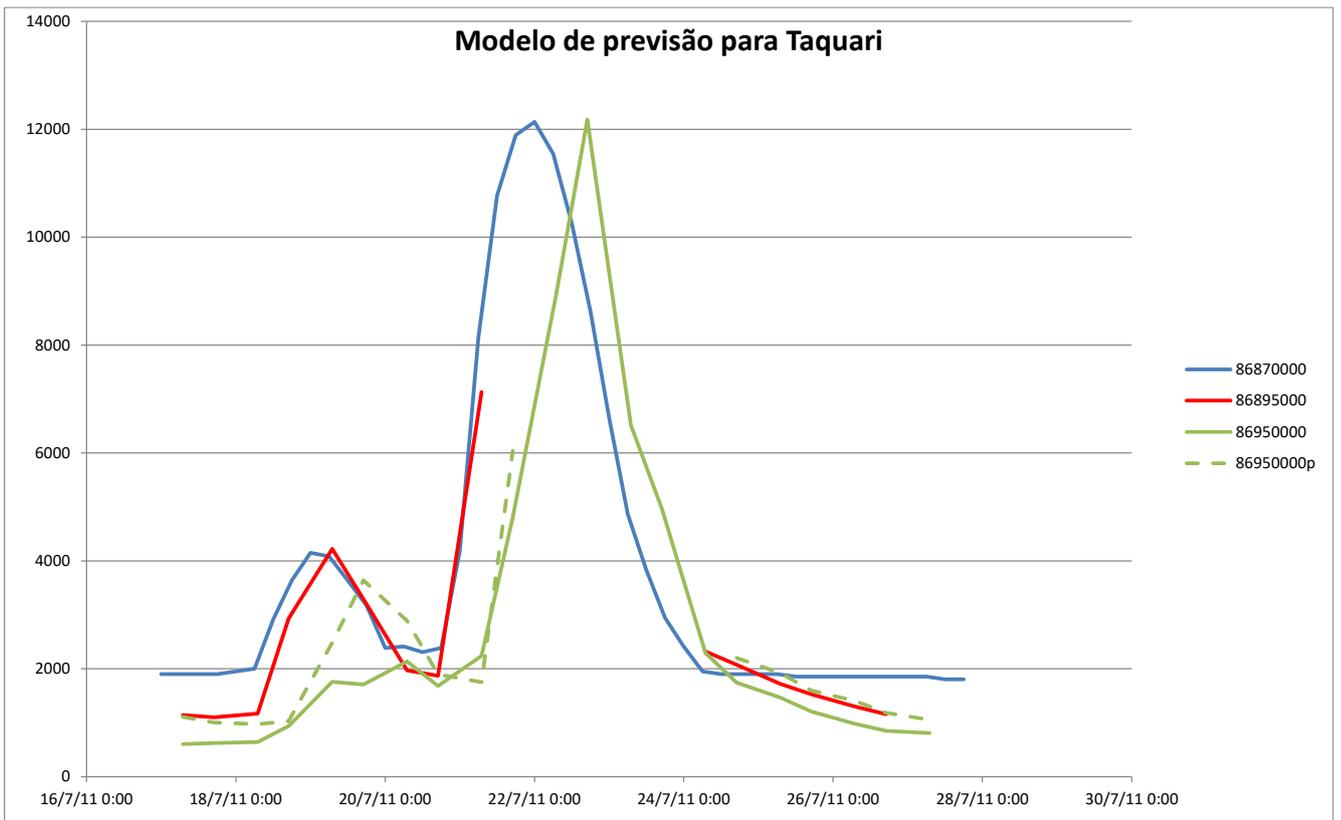
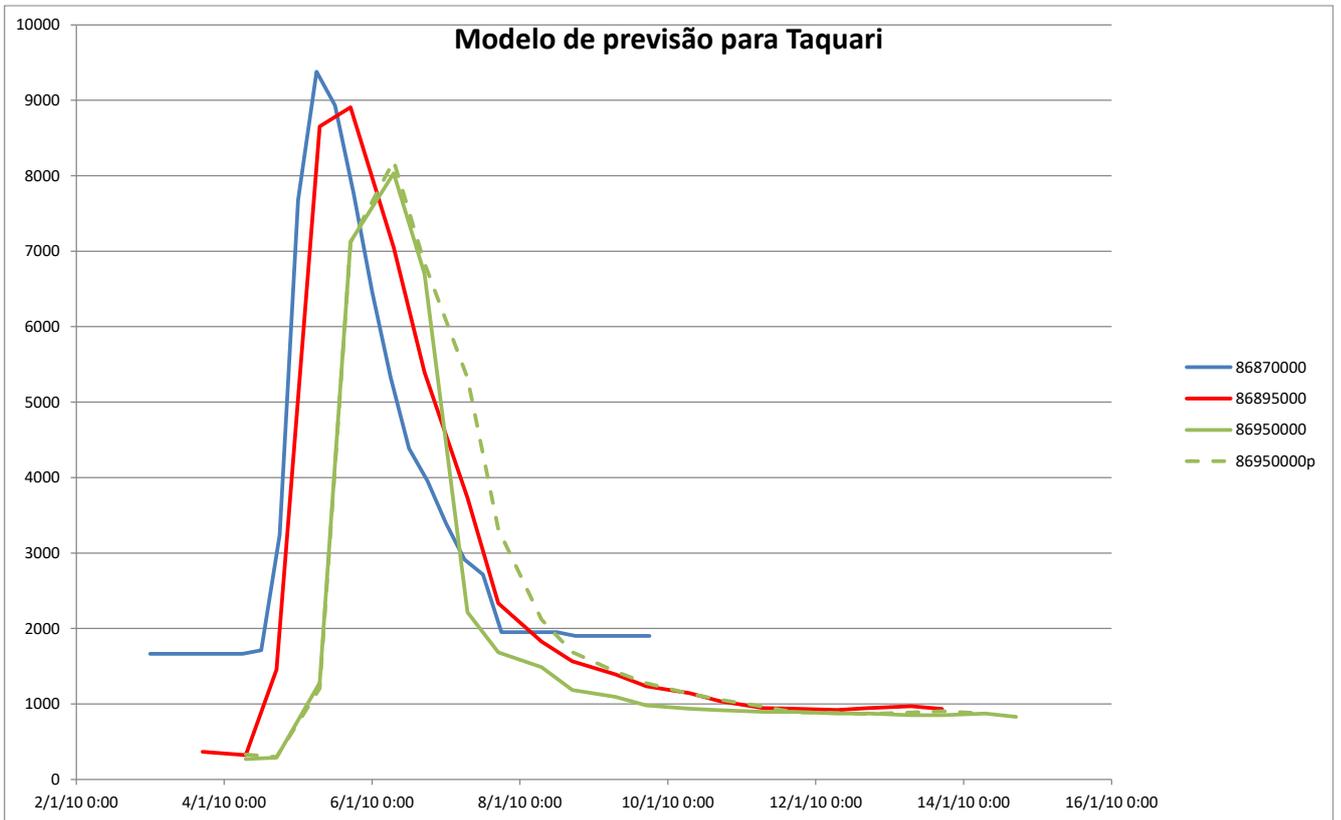


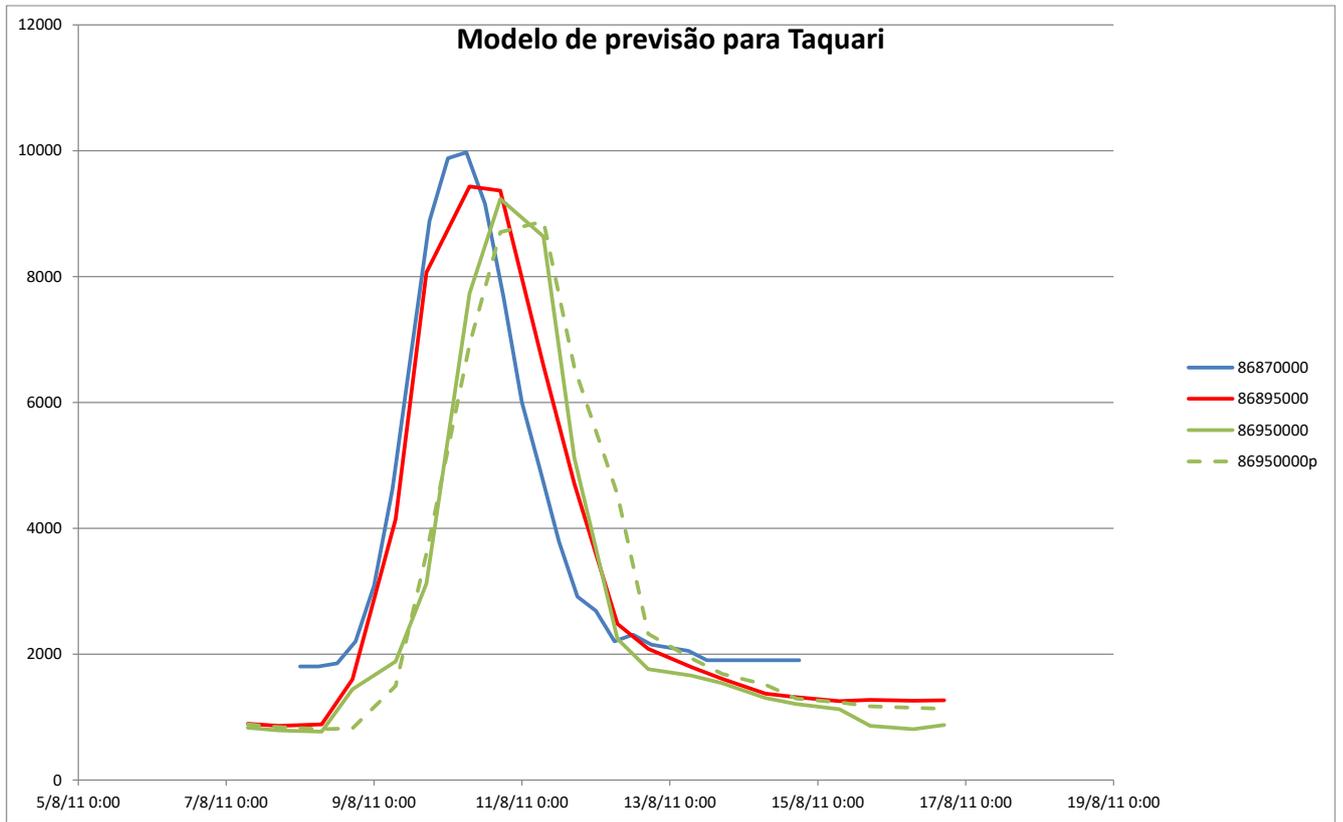












**ANEXO III**

**PROTOCOLO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ALERTA DO RIO TAQUARI**

# **OPERAÇÃO DOS SISTEMAS DE ALERTA DO TAQUARI E CAÍ**

## **ATIVIDADES EM SITUAÇÃO NORMAL**

1. Montar pasta de Operação dos Sistemas
2. Consulta a previsão meteorológica
3. Coleta e Armazenamento de dados
  - a. Dados Convencionais
    - i. Sub-bacia do Taquari
    - ii. Sub-bacia do Caí
  - b. Dados do INMET e INPE
  - c. Dados Automáticos
4. Análise dos dados
5. Manutenção Preventiva das Estações
6. Definição de Escala de Plantão

## **ATIVIDADES EM SITUAÇÃO DE ALERTA**

7. Caracterização
  - a. Situação de Atenção
  - b. Situação de Alerta
8. Checagem geral das estações
9. Logística do escritório e campo em fim de semana e feriados
10. Atividades de Escritório

# OPERAÇÃO DOS SISTEMAS DE ALERTA DO TAQUARI E CAI

## ATIVIDADES EM SITUAÇÃO NORMAL

### 1. Montar pasta de Operação dos Sistemas

Descrição: Montar pasta de operação dos sistemas no servidor contendo as seguintes sub-pastas

- a. Previsão Meteorológica
- b. Dados
  - i. Convencionais
  - ii. Outras Instituições
- c. Análise dos Dados
  - i. Precipitação especializada
  - ii. Análise de cotagramas
  - iii. Análise de hidrogramas
  - iv. Previsões Hidrológicas
- d. Boletins
- e. Relatórios ...
- f. Informações Administrativas
- g. Contatos - Números dos telefones das estações, número dos telefones dos observadores, número e email das pessoas a serem avisadas.
- h. Orçamentos -
- i. Controle de equipamentos – Data de credito de telefone, Data de instalação das estacoes, Data de troca de sensor

### 2. Consulta a previsão meteorológica

Descrição: Consultar sites:

- INPE/CEPTEC - <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>;
- INMET - <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>;
- Climatempo - <http://www.climatempo.com.br/mapas/377/regiao-sul>;

Descrição – Consulta ao email do alerta

- Checar email enviado pelo CEMADEN

Descrição - Arquivar previsões em caso de alertas de chuvas intensas

Periodicidade: 1 vez por dia.

### 3. Coleta e Armazenamento de dados

#### a. Dados Convencionais

Descrição: Ligar para observadores para obter os dados das estações da CPRM e digitar no sistema SACE.

- Sub-bacia do Taquari
  - 86160000 - PASSO TAINHAS – P;
  - 86510000 - MUÇUM – P e F;
  - 86580000 - SANTA LÚCIA – F;

- 86720000 - ENCANTADO – P e F;
- Porto Estrela – AHSul – F (Ligar para o Azambuja para formalizar a obtenção do dado; André; Marcia);
- 86895000 - PORTO MARIANTE – P e F;
- 86950000 - TAQUARI – P e F.
- Sub-bacia do Caí
  - 87269000 - Passo Montenegro - P e F;
  - 87170000 - Barca do Caí - F;
  - 87250000 - Costa do rio Cadeia P e F;
  - 87680000 - São Vendelino - F;
  - 87160000 - Nova Palmira - P e F;
  - 87150000 - Linha Gonzaga - P e F;
  - 02950045 - Capão dos Coxos - P.

Periodicidade: 1 vez por dia.

Observação:

Montar um formulário para coleta dos dados com números dos observadores e montar uma pasta para armazenamento das informações.

Apresentar o sistema SACE para os operadores. Criar rotina operacional para alimentar o SACE com estes dados.

#### b. Dados do INMET e INPE

Descrição: visitar os sites do INMET e INPE, baixar os dados das estações automáticas e introduzi-los no SACE

- Sub-bacia do Taquari
  - São José dos Ausentes;
  - Vacaria;
  - Lagoa Vermelha;
  - Soledade;
  - Rio Pardo;
  - Bento Gonçalves;
  - Canela.
- Sub-bacia do Caí
  - Gramado;
  - Caxias do Sul.

Periodicidade: 1 vez por dia.

Observação:

Descrever o procedimento para os operadores.

Criar rotina computacional para armazenamento no SACE.

#### c. Dados Automáticos

Descrição: Checar o SACE está sendo alimentado pelas estações automáticas da CPRM, AHSul.

- CPRM
- Sub-bacia do Taquari
  - 86160000 - PASSO TAINHAS – P;
  - 86510000 - MUÇUM – P e F;
  - 86580000 - SANTA LÚCIA – F;
  - 86720000 - ENCANTADO – P e F;
  - Porto Estrela – AHSul – P e F;
  - 86895000 - PORTO MARIANTE – P e F;
  - 86950000 - TAQUARI – P e F.
- Sub-bacia do Caí
  - 87269000 - Passo Montenegro - P e F;
  - 87170000 - Barca do Caí - F;
  - 87250000 - Costa do rio Cadeia P e F;
  - 87680000 - São Vendelino - F;
  - 87160000 - Nova Palmira - P e F;
  - 87150000 - Linha Gonzaga - P e F;
  - 02950045 - Capão dos Coxos - P.
- AHSul
- Sub-bacia do Taquari
  - Porto Estrela;
  - Barragem Bom Retiro;
  - Porto Mariante;
  - Taquari.
- CERAN
- Sub-bacia do Taquari
  - 14 de julho.

Periodicidade: 1 vez por dia.

Observação:

Levantar os telefones de contato em caso de dúvida ou de obtenção de dados via observador.

#### 4. Análise dos dados

Descrição: Fazer análise comparativa dos dados das estações automáticas x convencionais e automáticas x automáticas. Checar as críticas do SACE aos dados.

Periodicidade: 1 vez por dia.

Observação:

- Fazer análise de cotogramas convencionais x automáticas e automáticas x automáticas dentro do SACE.
- Fazer análise de cotogramas em Excel caso seja necessário fazer análise de cotogramas de estacoes diferentes.

- Fazer análise espacial da chuva diária (Sugestão: Patrícia montar a rotina).

## 5. Manutenção Preventiva das Estações

Descrição: Avaliação periódica das estações visando mantê-las em pleno funcionamento.

- Checar se estações tem crédito de telefone;
- Verificação do nível de sinal GPRS;
- Avaliação da estrutura como um todo;
- Verificar nível nas régua e o do sensor;
- Caso necessário, retirar sensor de nível, lavar tubulação, recolocar e calibrar sensor;
- Limpar e verificar nivelamento de pluviômetro;
- Fazer pagamento de observador;
- Manter reserva de sensores de nível;
- Abrir adiantamento de despesas com prazos mais longos (máximo=60 dias).

Periodicidade: 1 vez a cada 2 meses

## 6. Definição de Escala de Plantão

Descrição:

Escritório: Equipe formada por um engenheiro e um técnico escalados mensalmente no período de novembro a abril e quinzenalmente de junho a outubro. No caso de alertas emitidos nos finais de semana, caso o alerta se configure, a sugestão é que haja o pagamento de horas extras, (alimentação e transporte quando o trabalho for desenvolvido nas dependências da CPRM), caso contrário, a sugestão é que os dias em sobreaviso sejam convertidos em folgas.

Campo: Equipe formada por dois técnicos escalados mensalmente no período de novembro a maio e quinzenalmente de maio a outubro. No caso de necessidade de viagem nos finais de semana, a sugestão é que haja o pagamento de horas extras, caso contrário, a sugestão é que os dias em sobreaviso nos finais de semana sejam convertidos em folgas.

Periodicidade: 1 vez a cada 6 meses.

## **ATIVIDADES EM SITUAÇÃO DE ALERTA**

### 7. Caracterização

Situação de Atenção

- Bacia do Caí: previsão de chuvas acima de 80mm em 3 dias
- Bacia do Taquari: Preliminar - previsão de chuvas acima de 50mm em 3 dias; 70mm em 7 e 14 dias de chuva acumulada (observada mais prevista)

Situação de Alerta

- Níveis dos rios acima da cota de alerta

8. Checagem geral das estações
  - Verificar se todas as estações estão transmitindo;
  - Verificar se todas as estações estão transmitindo corretamente (comparar os valores transmitidos com os observados e pelas automáticas de outras instituições);
  - Verificar se todas as estações têm créditos suficientes.
  
9. Logística do escritório e campo em fim de semana e feriados:
  - Solicitar/providenciar autorização para a equipe do projeto entrar na CPRM;
  - Solicitar/providenciar autorização para a utilização de veículos (carros de emergência disponíveis);
  - Os carros de emergência devem ficar próximos aos portões de saída.
  - Definir plantões:
  - Equipe escritório;
  - Equipe de campo (verificar necessidade de barco).
  
10. Atividades de Escritório:
  - Fazer o acompanhamento de níveis, chuvas e vazões;
  - Fazer previsão de níveis, caso seja atingido nível de alerta em alguma estação;
  - Emitir boletins 3 vezes por dia em caso de atingir níveis de alerta em alguma estação para os seguintes contatos;
  - Bacia do Cai
    - Definir níveis/totais de chuva de acompanhamento mais constante;
    - Emissão de boletins a partir da cota 700cm em Barca do Cai;
    - Emissão de boletins com previsão, 3 vezes por dia:
      - Endereçado às entidades e pessoas constantes no arquivo E-mails.docx (SERVIDORGEHITE/Projeto Alerta do Cai2/Informações Administrativas);
    - Utilizar modelo de previsão;
    - Utilizar arquivo Excel para elaborar o gráfico da evolução dos níveis de Barca do Cai e Passo Montenegro;
    - Utilizar arquivo Word padrão para montar o Boletim de Alerta e passar para PDF para enviar.
  - Bacia do Taquari
    - Emissão de boletins 3 vezes por dia nas seguintes situações - preliminar:
      - Cota em Muçum >1000cm
      - Cota em Encantado >870cm
      - Cota em Porto Estrela >1700cm
      - Cota em Porto Mariante >1000cm
      - Cota em Taquari >800cm
    - Fazer previsão de níveis para as seguintes localidades:

- Muçum a partir de Linha José Júlio e Passo Carreiro com 4 horas de antecedência
  - Encantado a partir de Muçum e Santa Lúcia em tempo real (usar para backup de dado se preciso)
  - Porte Estrela a partir de Encantado com 6 horas de antecedência
  - Bom Retiro a partir de Encantado com 2 horas de antecedência
  - Porto Mariante a partir de Bom Retiro com 3 horas de antecedência
  - Taquari a partir de Porto Mariante com 12 horas de antecedência
- Encerrar alerta quando:
    - Parou de chover em todas as estações;
    - Níveis baixando em todas as estações;
    - Sem risco de inundação (modelo);
    - Os rios voltaram a calha menor – Nível nas estações menor do que cota de alerta
  - Depois do evento: Revisar todos os dados e estações:
    - Dados transmitidos;
    - Fisicamente (visita de campo), aguardar rios baixarem um pouco.