



**CONSTRUÇÃO DE DIAGRAMAS UNIFILARES DA REDE
HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL E DE APROVEITAMENTOS
HIDRELÉTRICOS DAS SUB-BACIAS 85 A 88, NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO ATLÂNTICO – TRECHO SUDESTE**

SINGLE-LINE DIAGRAM DEVELOPMENT OF NATIONAL
HYDROMETEOROLOGICAL NETWORK AND OF HYDROPOWER DAMS IN
SUB-BASINS 85 TO 88 IN THE ATLANTIC WATERSHED – SOUTHEASTERN
PORTION

Guilherme Mendoza Guimarães

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Graduando em Engenharia Ambiental
gmguimaraess@gmail.com

Juliano Santos Finck

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Graduando em Engenharia Ambiental
juliano.finck@gmail.com

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Superint. Regional de Porto Alegre
fmarcuzzo@gmail.com

RESUMO

Diagramas unifilares são métodos de organização sistemáticos que consistem na construção de esquemas de dados em cursos d'água, nos quais são locados tanto as estações em operação, as desativadas e os barramentos na bacia, visando um mais claro entendimento de informações de estações da rede hidrometeorológica e de barramentos disponíveis em uma bacia hidrográfica. O objetivo deste trabalho foi propor um modelo de diagrama unifilar, utilizando o mapeamento das informações de interesse hidrológico das sub-bacias 85, 86, 87 e a porção brasileira da sub-bacia 88 (Bacia Hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste), englobando parte do estado do Rio Grande do Sul. Assim, colocaram-se as principais informações de interesse para estudos sobre recursos hídricos. O estudo foi descritivo a fim de fornecer informações do organograma básico de funcionamento dos principais rios através de SIG, servindo como base para diversos tipos de estudo, como a regionalização de vazões. Entre os principais rios das sub-bacias estão: Rio Piratini, Rio Camaquã, Rio Jaguarão, Rio dos Sinos, Rio Gravataí. Confeccionaram-se 14 partes de diagramas unifilares para a sub-bacia 85; 10 partes para sub-bacia 86; 16 partes para a sub-bacia 87; e 5 partes para a sub-bacia 88.

Palavras-chave: Diagramas Unifilares; Rede Hidrometeorológica Nacional; Consistência de Dados; Sistema de Informação Geográfico; Bacia Hidrográfica do Atlântico Sul.

ABSTRACT

Single-line diagrams are systematic methods of organization that consist of the development of data schemes for streams, in which the hydropower dams and hydrological stations, both in operation and deactivated, are located, aiming for a better knowledge of information from the national hydrometeorological network and hydropower dams available in a watershed. The aim of this paper was to propose a single-line diagram model using digital mapping information of hydrological interest for the sub-basins 85, 86, 87 and on the Brazilian section of sub-basin 88 (Atlantic watershed, or basin 8, – southeast section), encompassing the state of Rio Grande do Sul, managing the synthesis of major information of hydrological interest for studies on water resources. This study was descriptive in order to provide basic chart information of the dynamic of main rivers and it is the foundation for many types of studies using GIS, such as regionalization of flow rates. Among the majors rivers of the sub-basins are: Piratini River, Camaquã River, Jaguarão River, Gravataí River. The sub-basin 85 has fourteen pieces of single-line diagram; the sub-basin 86 has ten; the sub-basin 87 has sixteen; and the sub-basin 88 has five pieces of single-line diagram.

Keywords: Single-Line Diagrams; National Hydrometeorological Network; Data Consistency; Geographic Information System; South Atlantic Watershed.

1 - Introdução

A concepção de diagramas unifilares da rede hidrometeorológica nacional e dos barramentos baseia-se em esquemas sintéticos com a localização das informações de interesse hidrológico em cursos d'água, nos quais são alocadas tanto as estações em operação, as estações desativadas, bem como os aproveitamentos hidrelétricos e os demais barramentos, também representando interligações de bacias através de transposição e demais modificações no curso natural da água. Através do traçado sistemático das estações da rede fluviométrica e dos barramentos é possível fornecer uma melhor representação dos cursos d'água da bacia, integrando as relações de dados disponíveis e o funcionamento da hidrologia e dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Diversos trabalhos utilizam diagramas unifilares para desenvolver seus estudos, como para projetos de instalação de estações hidrométricas, para dotar a Agência Nacional de Águas (ANA) de dados hidrológicos consistentes, como na sub-bacia do rio Corrente Grande (GUANHÃES ENERGIA, 2012a) e na sub-bacia do rio Guanhões (GUANHÃES ENERGIA, 2012b, 2013). Nos trabalhos desses autores, foram elaborados diagramas unifilares para as estações pluviométricas e para as fluviométricas. Optando-se, dessa maneira, por desenvolver diagramas distintos para cada tipo de estação a fim de que não houvesse sobreposição de informação. Esses diagramas são esquemas sintéticos dos cursos d'água, em que estão alocados os aproveitamentos hidrelétricos, as estações em operação na bacia e as estações propostas para instalação. Assim, foram apresentadas as distâncias aproximadas entre estações e aproveitamentos hidrelétricos, considerando o percurso pela calha do rio, sendo que essas distâncias foram calculadas a partir da base cartográfica digital da ANA (GUANHÃES ENERGIA, 2012a; 2012b, 2013).

Em outro estudo, Paca (2008) afirma que diagramas unifilares permitem a identificação rápida dos apoios, das áreas de drenagem e da existência de barramentos, podendo-se aprimorar essa representação ao acrescentar a distância entre as estações, bem como estimando o tempo de viagem do fluxo de água para cotas baixas, médias e altas. Nesse caso, o autor avaliou dados hidrológicos através de análises pluviométricas e fluviométricas para a bacia do rio Guamá, localizado na Bacia Hidrográfica do Atlântico – trecho norte/nordeste.

Os dados utilizados em estudos de regionalização são do tipo descritivo, físico e hidrológico. Entre os dados descritivos, ressaltam-se a localização, os rios principais, o

relevo, a geologia, as declividades, entre outros. Já entre os dados físicos, tem-se, por exemplo, a área de drenagem (que pode ser determinada por planímetro ou geoprocessamento). Por fim, dentre os dados hidrológicos, pode-se citar, por exemplo, a precipitação média anual (TUCCI, 2002). Assim, de acordo com Veiga *et al.* (2011), entre os dados disponíveis e indispensáveis para o desenvolvimento de trabalhos de regionalização de vazão, estão o mapa da rede hidrometeorológica da bacia; boletins fluviométricos de campo; e diagramas unifilares contendo nome da estação, código e área de drenagem. Já, em seu material de orientações para consistência de dados fluviométricos, a ANA (BRASIL, 2012) afirma que é imprescindível a análise do diagrama unifilar fluviométrico para estudos de consistência fluviométrica da bacia. Na mesma linha de raciocínio, Gontijo Junior e Koide (2012) afirmam que os diagramas unifilares fluviométricos são importantes também para a avaliação do descarte de estações, uma vez que permitem sua visualização espacial, a qual é uma ferramenta útil para maior validação dos resultados.

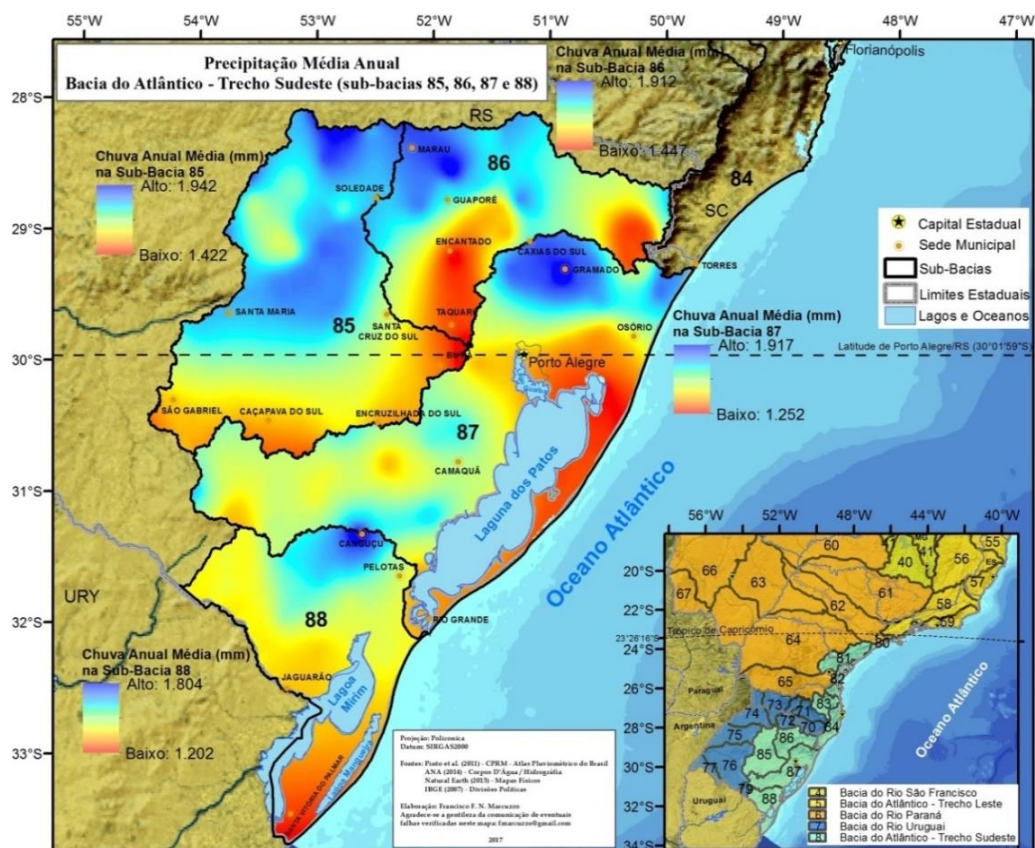
Além disso, Tschiedel *et al.* (2012) e Simon *et al.* (2013) desenvolveram estudos que se valem de consistência de dados iniciais do inventário disponibilizado pela ANA para sua execução. Dessa forma, o primeiro desenvolveu um estudo hidromorfológico detalhado da sub-bacia 87, o qual faz parte integrante da área de distribuição geográfica das estações fluviométricas estudadas neste trabalho; enquanto que o último realizou um estudo fluviométrico da mesma sub-bacia, detalhando diferenças para determinação do ano hidrológico. Marcuzzo e Melati (2015a) realizaram um estudo de diagramas unifilares das sub-bacias da bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste (8) – concluindo que a maneira como foram construídos estes diagramas se mostrou adequada para o conhecimento organizacional da rede fluviométrica. Além disso, Melati e Marcuzzo (2014) afirmam que trabalhos de consistência de dados são indispensáveis para estudos hidrológicos. Ainda, esses autores recomendam o acréscimo de dados de altitude das estações e intervenções no curso d'água, suas respectivas distâncias no talvegue e a disposição das estações pluviométricas (P e Pr) nas drenagens das estações. Nesse sentido, Guimarães *et al.* (2017) realizaram o acréscimo dessas informações para as sub-bacias 80, 81, 82, 83 e 84 da bacia hidrográfica do Atlântico — Trecho Sudeste — proporcionando o aumento do conhecimento organizacional da rede fluviométrica dessa região.

2 – Material e Métodos

2.1 – Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Atlântico — Trecho Sudeste (Figura 1) é classificada como bacia 8 de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009), e possui área territorial aproximada de 229.883 km² (calculada por SRTM 30m) em sua parte brasileira. Uma visão geral de todas as sub-bacias da bacia 8 pode ser encontrada no trabalho sobre diagramas unifilares da sub-bacia 80 a 84 (GUIMARÃES *et al.*, 2017). Observa-se, ainda, que na Figura 1 a bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste também possui parte do seu território na região hidrográfica de número 12, denominada região hidrográfica do Atlântico Sul (ANA, 2009).

Figura 1. Localização das sub-bacias 85 a 88 da bacia do Atlântico - Trecho Sudeste e sua hipsometria.



Fonte: Os autores.

As sub-bacias 85 a 88 da bacia do Atlântico — Trecho Sudeste (Figura 1) — estão inseridas somente no estado do Rio Grande do Sul, com o restante da bacia englobando parte dos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Nota-se que na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul há uma pequena área (740,3 km²) pertencente à sub-bacia

84 cuja área é de 17.077,3 km², porção equivalente a 4,3% da área dessa sub-bacia no estado do Rio Grande do Sul. Considerando a área total do estado do Rio Grande do Sul de 281.737,95 km² (IBGE, 2017), valor esse que inclui as áreas referentes às Lagoas dos Patos e Mirim, verifica-se que a pequena área da sub-bacia 84 equivale a 0,26% da área territorial do estado do Rio Grande do Sul. A contribuição da área de cada sub-bacia para a área territorial do estado do Rio Grande do Sul é detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 - Distribuição da área de cada sub-bacia

Sub-bacias da Bacia do Atlântico – Trecho Sudeste	Área da Sub-bacia dentro do Rio Grande do Sul (km ²)	% da contribuição da área de cada Sub-bacia na área do RS
Sub-bacia 85	42170,55	14,97%
Sub-bacia 86	26365,51	9,36%
Sub-bacia 87	58504,58	20,77%
Sub-bacia 88	27370,89	9,72%

Fonte: Os autores.

Entre os principais rios da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, na sub-bacia 85 estão os rios Jacuí, Pardo e Vacacaí-Mirim; na sub-bacia 86, os rios Taquari, Antas, Turvo, Carreiro, Guaporé e Forqueta; na sub-bacia 87, os rios Tramandaí, Caí, Sinos, Gravataí, Camaquã e Jacuí, além dos corpos d'água do Lago Guaíba e da Laguna dos Patos; na sub-bacia 88, os rios Jaguarão, Piratini e Arroio Grande, além dos corpos d'água da Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Segundo dados do censo do IBGE (2011), a região de maior população na sub-bacia 85 situa-se no município de Santa Maria com 261.031 habitantes, na porção ocidental da sub-bacia, enquanto que a região de menor população nessa sub-bacia situa-se no município de Lagoa dos Três Cantos com 1.598 habitantes, na região setentrional. Na sub-bacia 86, o município com maior população é Caxias do Sul com 435.564 habitantes na região central da sub-bacia, ao passo que o município com menor população é André da Rocha com 1.216 habitantes na região setentrional da sub-bacia. Na sub-bacia 87, o município com maior população é Porto Alegre com 1.409.351 habitantes, na região central da sub-bacia, enquanto que o município com menor população é Linha Nova com 1.624 habitantes na região setentrional da sub-bacia. Na sub-bacia 88, o município com maior população é Pelotas com 328.275 habitantes na região setentrional da sub-bacia,

ao passo que o município com menor população é Pedras Altas com 2.212 habitantes na região centro-oeste da sub-bacia.

Verifica-se que a precipitação pluviométrica média anual nas sub-bacias 85 a 88 da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste varia de 1.202 mm.ano⁻¹ na sub-bacia 88 até 1.942 mm.ano⁻¹ na sub-bacia 85, segundo os dados disponibilizados por Pinto *et al.* (2011) e processados no estudo apresentado por Marcuzzo e Melati (2015a). Estudos detalhados da precipitação de duas sub-bacias próximas a sub-bacia 87 e a sub-bacia 86, são apresentados por Simon *et al.* (2013), Melati (2015), Melati e Marcuzzo (2015a), Kich *et al.* (2015) e Melati e Marcuzzo (2015b). Além disso, verifica-se nos estudos de Marcuzzo e Melati (2015b, 2015c), que para a sub-bacia 85 há uma deficiência na densidade de estações pluviométricas segundo recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

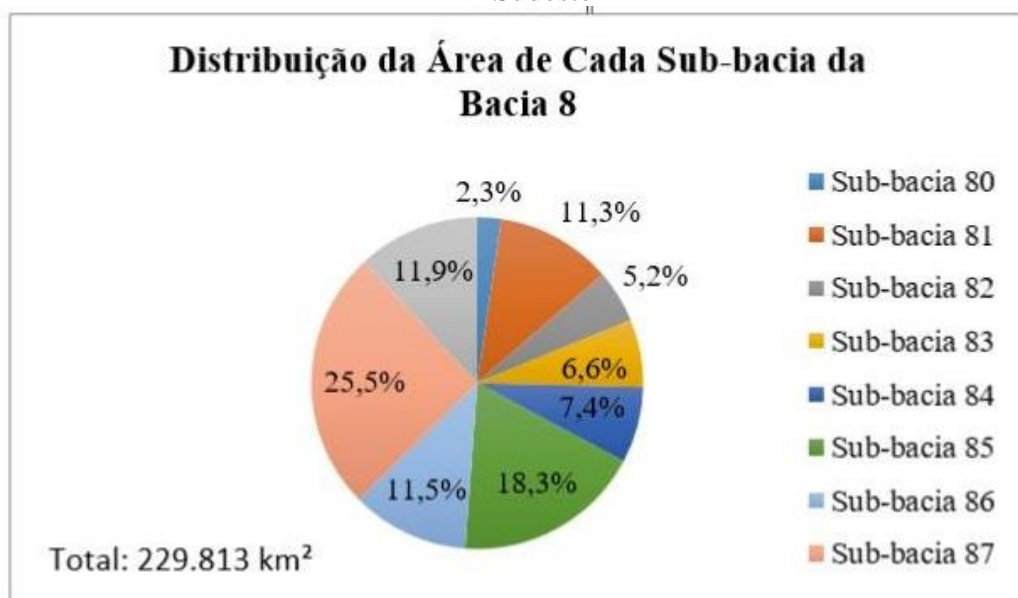
Percebe-se, ainda na Figura 1, que na sub-bacia 85 a menor precipitação média anual é de 1.422 mm, enquanto que a maior precipitação média anual é de 1.942 mm. Já na sub-bacia 86, a menor precipitação média anual é de 1.447 mm, enquanto que a maior precipitação média anual é de 1.942 mm. Na sub-bacia 87, a menor precipitação média anual é de 1.252 mm, enquanto que a maior precipitação média anual é de 1.917 mm. Na sub-bacia 88 a menor precipitação média anual é de 1.202 mm, enquanto que a maior precipitação média anual é de 1.804 mm. Entre todas as sub-bacias da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, a sub-bacia 87 possui maior área territorial (Quadro 2), representando um pouco mais de 25% de toda a área da bacia 8 (Quadro 3). Já a sub-bacia 80 possui a menor área territorial, contabilizando um pouco mais de 2% da área total.

Quadro 2 - Área de cada sub-bacia da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste

Sub-bacias da Bacia do Atlântico – Trecho Sudeste	Área (km ²) Calculada por SRTM 30	Perímetro (km) Calculado por SRTM 30
80	5.335	1191,4
81	25.998	1338,4
82	11.876	1100,1
83	15.114	791,1
84	17.077	1163,1
85	42.170	1525,3
86	26.365	1690,7
87	58.504	1763,5
88	27.370	1029,5

Fonte: Os autores.

Quadro 3 - Distribuição da Área de cada sub-bacia da bacia do Atlântico - Trecho Sudeste



Fonte: Os autores.

2.2 - Concepção do Diagrama Unifilar

O traçado sistemático unifilar de cursos d'água, de acordo com Koefender *et al.* (2017), bem como com Marcuzzo e Melati (2015a), é uma representação gráfica da posição de estações fluviométricas e demais obras hidráulicas nos cursos d'água em sua totalidade, de forma organizada, com representação desde a estação fluviométrica mais próxima da nascente até a mais próxima do exutório do rio e/ou bacia em estudo. De acordo com os mesmos autores, esse sistema ordenado de representação gráfica deve conter a área de drenagem de cada elemento presente no esquema do diagrama, sempre mostrando o

percurso da nascente para a foz. A representação da posição física sequencial dos componentes do diagrama é detalhada no tutorial desenvolvido por Koefender *et al.* (2017).

Neste trabalho, utilizou-se o inventário de Estações Fluviométricas e Pluviométricas disponibilizado pela Agência Nacional de Águas no sistema HydroWeb (BRASIL, 2013), de 03/02/2017 para as sub-bacias 85, 86 e 88 e de 20/01/2017 para a sub-bacia 87. Em um estudo de GUIMARÃES *et al.* (2017) demais diagramas unifilares da bacia do atlântico trecho sudeste (sub-bacia 80 a 84) podem ser verificados.

Para a consistência de dados plotou-se no ARCGIS a localização geográfica e seus respectivos atributos fornecidos no inventário utilizado de cada estação fluviométrica, pluviométrica e barramentos. Sendo assim, tais dados foram comparados com a área de drenagem, com a altitude e com os limites georeferenciados de bacias hidrográficas, calculados por SRTM 30. Além disso, utilizaram-se informações fornecidas do IBGE (2010) do censo de municípios para verificar a localização geográfica de cada estação, sobrepondo essas informações e confrontando-as com os atributos fornecidos pelo inventário.

Definiu-se que as estações cujos atributos de sub-bacia e de município fornecidos pelo inventário que não se correlacionassem com a atual localização geográfica eram passíveis de equívocos, seja no preenchimento desses atributos ou na localização geográfica da estação analisada. Ainda, definiu-se que diferenças maiores que 30 metros para o campo de altitude e que diferenças maiores que 1% para o campo de área de drenagem também representavam possíveis equívocos no preenchimento desses atributos ou na localização geográfica dessas estações.

2.3 – Cálculo da área de Drenagem das Estações Fluviométricas nas Sub-bacias Pertencentes à Bacia 8

Para a delimitação das sub-bacias de forma automática e posterior cálculo da área de drenagem, utilizou-se o programa ArcGIS 10.2 (ESRI, 2014), conforme já descrito por Marcuzzo e Melati (2015), o qual utiliza o algoritmo de Jenson e Domingue (1988), definindo uma direção de fluxo para as células em direção a célula vizinha de maior declividade, também realizando o preenchimento de áreas de depressão em que os escoamentos convergem, possibilitando assim as operações hidrológicas. Assim, a

delimitação de cada sub-bacia e posterior determinação de sua área de drenagem foi calculada utilizando o Modelo Digital de Elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com aproximadamente 30 metros de resolução espacial que foi gerado por interferometria de radar através da missão do ônibus espacial de topografia por radar da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*; Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço) e os dados digitais são disponibilizados pela USGS (*United States Geological Survey*; Serviço Geológico dos Estados Unidos) sendo possível recortar um polígono do modelo digital de elevação para a área de interesse e fazer um mosaico (EARTH EXPLORER, 2014). Para o cálculo da área de drenagem utilizou-se a projeção conforme de Lambert, a qual é a mais indicada para quando se trabalha com grandes bacias em médias latitudes. Dessa forma, essa projeção é classificada como cônica e nesse caso também é de cone secante, pois corta o elipsoide em dois paralelos de referência (SNYDER, 1987).

Em um estudo para a sub-bacia do Taquari-Antas, Melati e Marcuzzo (2015) verificaram que os modelos digitais de elevação obtidos por sensores remotos apresentaram resultados bastante precisos para a delimitação das sub-bacias em regiões com declive acentuado, porém os sensores apresentaram limitações para a geração da drenagem nas regiões planas desta sub-bacia. Segundo os autores, a utilização de modelos digitais de elevação interpolados provenientes de curvas de nível é uma boa alternativa para contornar o problema apresentado, possibilitando a melhor delimitação da sub-bacia hidrográfica. Melati (2015), Melati e Marcuzzo (2015), Marcuzzo e Melati (2015a), Koefender (2015), Koefender e Marcuzzo (2015) e Guimarães *et al.* (2017) estudaram a delimitação da área de drenagem de estações fluviométricas com medição de descarga líquida também, com o objetivo de se observarem discrepâncias com os dados informados pelo inventário da ANA e de corrigi-las. Dessa maneira, a metodologia detalhada para o cálculo das áreas de drenagem pode ser observada no tutorial desenvolvido por Koefender *et al.* (2017).

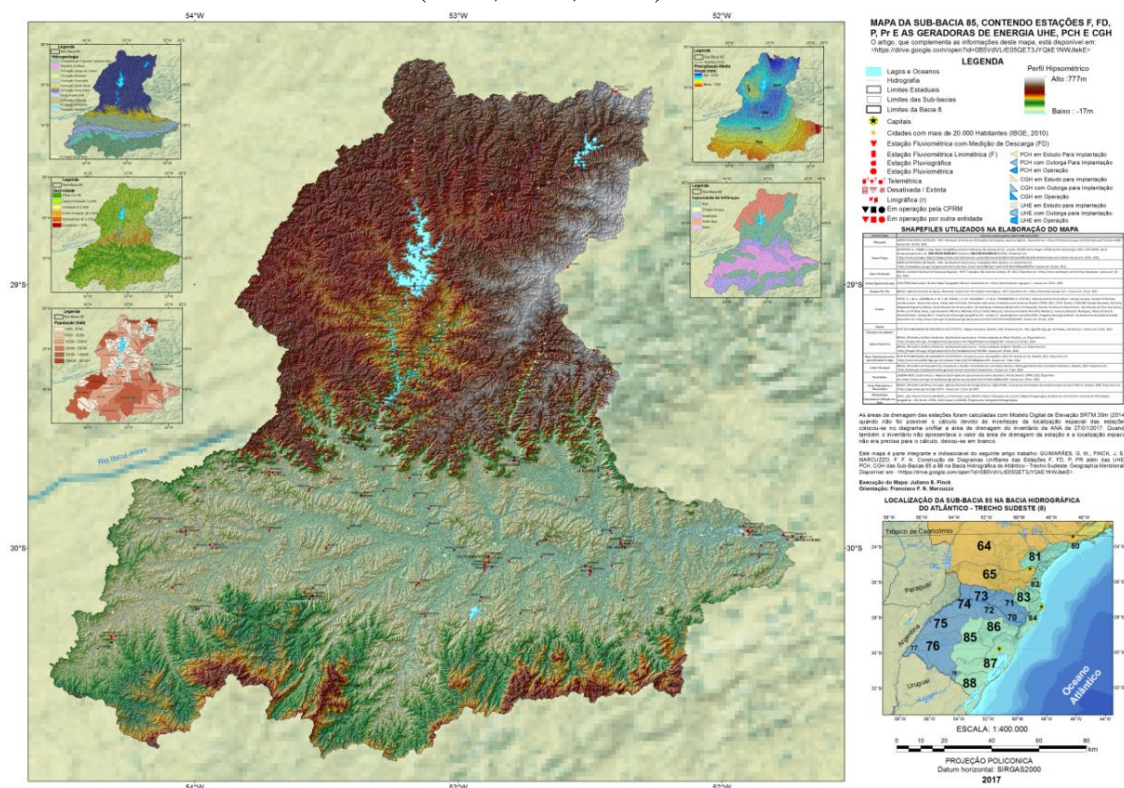
3 – Resultados e Discussão

3.1 – Material produzido neste estudo para baixar da internet

As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam os mapas da rede hidrometeorológica de cada sub-bacia gerados para a realização dos diagramas unifilares e para a consistência de dados.

Observa-se, também, que todos os mapas apresentados contêm informações de estações linimétricas (F), de estações com medição de descarga líquida (FD), de estações pluviométricas (P), de estações pluviográficas (PR) e dos aproveitamentos hidrelétricos: usinas hidrelétricas (UHE); pequenas centrais hidrelétricas (PCH); e centrais geradoras hidrelétricas (CGH). Além disso, os mapas apresentados neste trabalho, com melhor resolução, e os diagramas unifilares fluviométricos podem ser baixados gratuitamente pelos endereços (*links*) na internet disponibilizados nos Quadros 3 e 4, ou pela solicitação via e-mail aos autores deste trabalho.

Figura 2 - Mapa da rede hidrometeorológica nacional (F, FD, P, PR) e aproveitamentos hidrelétricos (UHE, PCH, CGH) na sub-bacia 85.



Fonte: Os autores.

As classes de relevo verificadas nos mapas das sub-bacias nas Figuras 2, 3, 4 e 5 foram determinadas conforme a declividade, adotando a metodologia da EMBRAPA (2006): Plano (0–3%); Suave Ondulado (3–8%); Ondulado (8–20%); Forte Ondulado (20–45%); Montanhoso (45–75%); Escarpado (>75%).

Os mapas da rede e os diagramas unifilares podem ser baixados, para melhor visualização, gratuitamente pelos endereços (*links*) na internet disponibilizados no Quadro 4 e 5, ou através de solicitação por e-mail aos autores deste trabalho.

Quadro 5 - Diagramas unifilares em versão de impressão para baixar.

Diagramas Unifilares	Endereços (“links”) para baixar utilizando o navegador de internet
Sub-Bacia 85	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QEcgY4SkhjN2tSZ1k
Sub-Bacia 86	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QEZ210Y0RoSjhCTEk
Sub-Bacia 87	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QESkMtMzldGZvTTQ
Sub-Bacia 88	https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QEdEFTR2NsUTZkr3M

A sub-bacia 85 somou 14 partes de digramas unifilares; a sub-bacia 86, dez partes; a sub-bacia 87, 16 partes; e a sub-bacia 88, cinco partes, totalizando 45 partes.

3.2 – Diagramas unifilares das sub-bacias 85, 86, 87 e 88

Os diagramas unifilares foram construídos com os dados de estações F, FD, P e Pr disponíveis no inventário da ANA e ANEEL do início de 2017. Os dados inventariais de estações da ANA e/ou UHE, PCH e CGH foram consistidos para serem, com segurança, colocados no diagrama unifilar construído. Incongruências nestes dados são indicativos que podem apontar para algum equívoco de localização (coordenadas geográficas).

Durante a construção dos diagramas unifilares essas situações de incongruências ocorreram inúmeras vezes. Desse modo, cada possível falha de localização geográfica foi encaminhada para a ANA, posto que tal entidade desempenha, entre todas as suas funções, ações de regulação, apoio à gestão dos recursos hídricos, de monitoramento de rios e de reservatórios, além de ser responsável pelo fornecimento de um conjunto de informações hidrológicas. Assim, enviaram-se pedidos de revisão desses dados para um total de 86 estações. Cabe salientar que a Agência Nacional de Águas foi extremamente solícita com os pedidos, verificando e corrigindo as eventuais falhas.

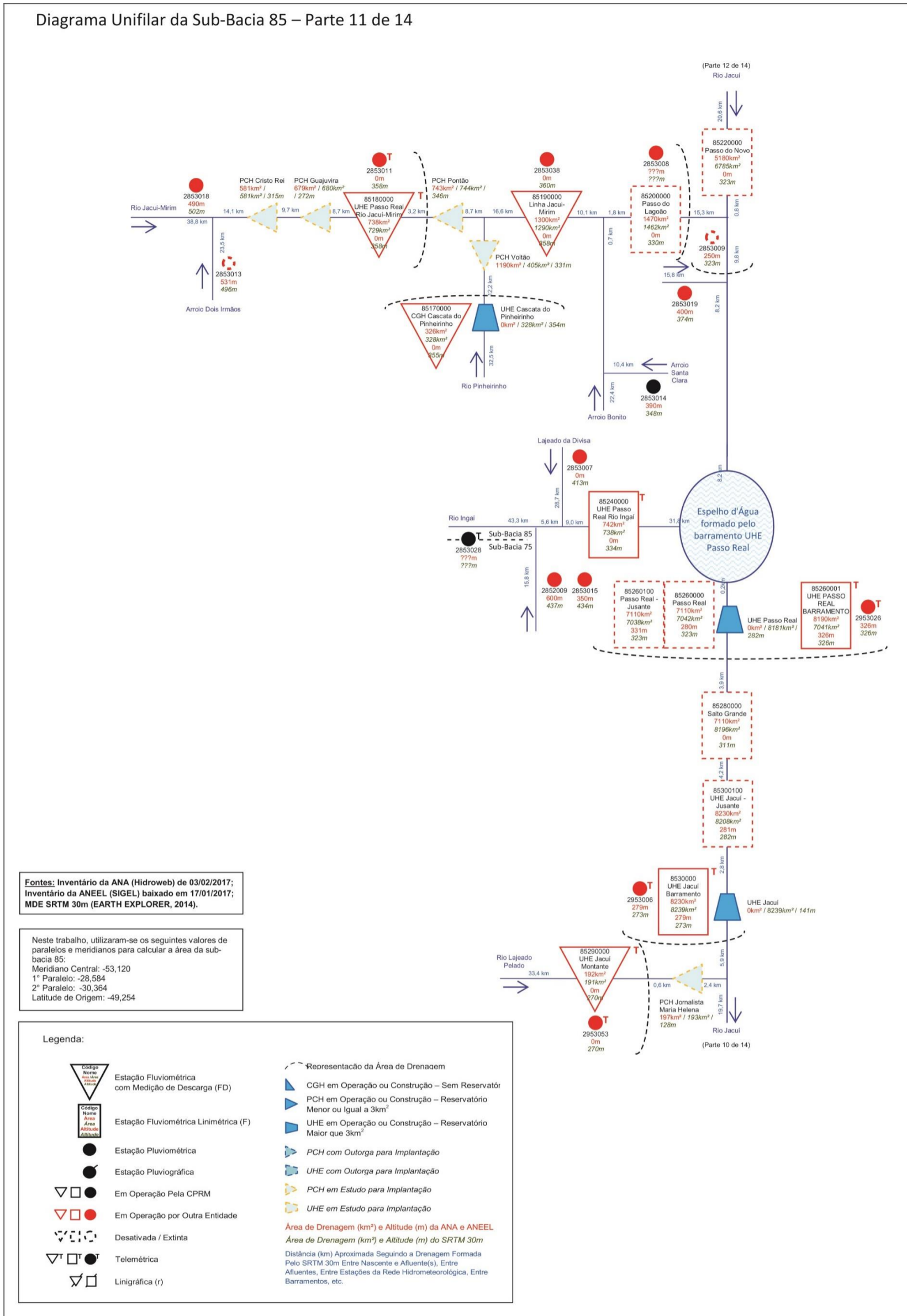
O Quadro 6 apresenta a quantidade de estações pluviométricas, pluviográficas, linimétricas e fluviométricas com medição de descarga líquida por sub-bacia. Assim, verifica-se que a sub-bacia 87 possui o maior número total de estações, enquanto que a sub-bacia 88 possui a menor quantidade de estações.

Quadro 6 – Quantidade de tipos de estações por sub-bacia.

Tipo de Estação	Sub-Bacia			
	85	86	87	88
Estação Pluviométrica	154	186	221	104
Estação Pluviográfica	29	21	49	23
Estação Linimétrica	75	89	174	36
Estação fluviométrica com medição de descarga líquida	67	83	75	26

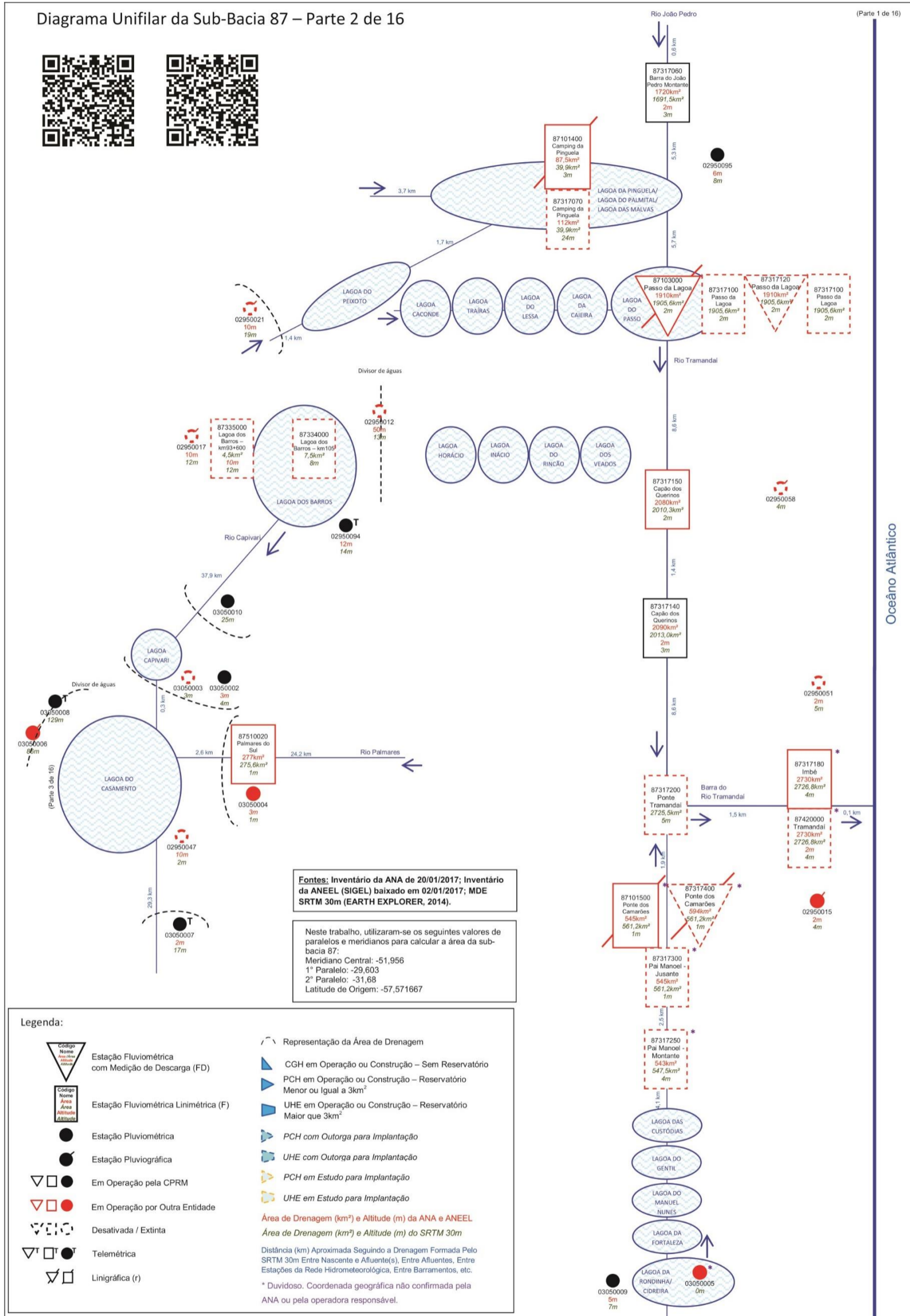
As Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 fornecem exemplos dos diagramas unifilares desenvolvidos nesse trabalho.

Figura 6 – Exemplo de diagrama unifilar da sub-bacia 85 – Parte 11 de 14.



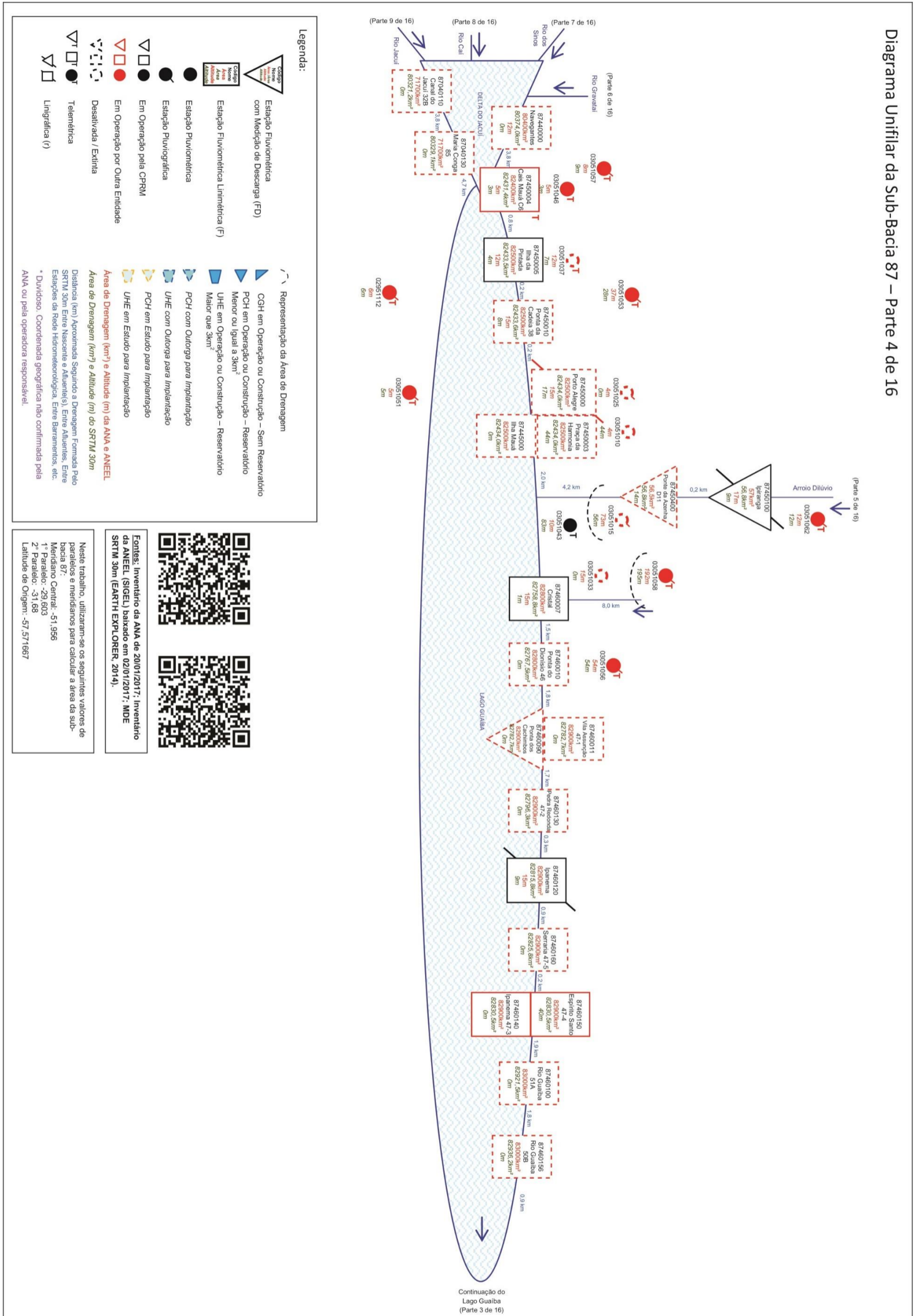
Fonte: Os autores.

Figura 7 - Exemplo de diagrama unifilar da sub-bacia 87 – Parte 2 de 16.



Fonte: Os autores.

Figura 8 - Exemplo de diagrama unifilar da sub-bacia 87 – Parte 4 de 16.



Fonte: Os autores.

4 - Conclusão

O presente estudo forneceu organogramas básicos de funcionamento dos principais rios das sub-bacias 85 a 88, sendo de suma importância para diversos tipos de estudo, como por exemplo, para obter a consistência de dados fluviométricos e pluviométricos, CGH, PCG, UHE; a regionalização de vazões; a modelagem de fluxo dos cursos d'água; o sistema de alerta de enchentes; assim como para estudos de interligação de bacias. Além disso, abordou-se uma metodologia para a consistência de dados durante a construção de diagramas unifilares utilizando SIG, com a qual se obteve resultados satisfatórios.

Todavia, ressalta-se que as diferenças maiores do que 30 metros para o campo de altitude e as maiores do que 1% para o campo de área de drenagem como parâmetros de possíveis erros ainda não estão preconizados na literatura. Para tal, denota-se a importância de análises futuras que possam corroborar com os valores anteriormente citados.

A partir da avaliação visual da distribuição da rede de monitoramento de estações e das intervenções antrópicas mapeadas nos diagramas unifilares, notou-se grande heterogeneidade nas sub-bacias pertencentes à bacia do Atlântico – Trecho Sudeste (8), sendo que, para as sub-bacias estudadas, a maior concentração visual de estações ocorre na sub-bacia 87, na porção metropolitana de Porto Alegre, no delta do Jacuí e no Lago Guaíba. Por conseguinte, como se pode visualizar no mapa da sub-bacia 87, foi necessário detalhar essa região a fim de evitar a sobreposição de estações no mapa.

O desenvolvimento de construção dos diagramas unifilares deste estudo demonstrou-se adequado para o conhecimento organizacional da rede fluviométrica das sub-bacias 85 a 88, proporcionando um melhor conhecimento sistemático dessas bacias. Contudo, visando à ampliação do conhecimento sistemático dessas bacias, recomenda-se que futuramente haja o acréscimo de informações do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da ANA, o qual compreende os reservatórios destinados para usos múltiplos de água, incluindo para o uso de geração de energia.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. B. *et al.* Diagramas Unifilares e Mapeamento das Estações F, FD, P, PR e Barramentos das Sub-bacias 70 a 74 no rio Uruguai. In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13. ABRH, 2016, Aracaju, SE. **Anais...** Porto Alegre: ABRH. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17189>>. Acesso em: 12 abr. 2017

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Inventário das Estações Fluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2017.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Sistema de informações hidrológicas, 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em 03 fev. 2017.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Orientações para consistência de dados fluviométricos**. 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/OrientacoesParaConsistenciaDadosFluviometricos-VersaoJul12.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2 ed. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.jc.iffarroupilha.edu.br/site/midias/arquivos/2012101910232134sistema_brasileiro_de_classificacao_dos_solos.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.

EARTH EXPLORER. Desenvolvido por U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2014. Permit your search in area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the help documentation), and/or choose a date range. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 6 abr. 2017.

GONTIJO JUNIOR, W. C.; KOIDE, S. Avaliação de Redes de Monitoramento Fluviométrico Utilizando o Conceito de Entropia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 1, p. 97 – 109, Jan/Mar 2012, Disponível em: <<http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiraderecursoshidricos/2012/vol17/no1/8.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2017

GUANHÃES ENERGIA. **Projeto de monitoramento fluviométrico**. PCH Fortuna II Projeto de Instalação das Estações Hidrométricas em Atendimento à Resolução Conjunta ANEEL/ANA n° 03/2010, 2012a. Disponível em: <<http://guanhaesenergia.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/PCAS/FOR/FOR-II-0202-Programa-Monitoramento-Fluviometrico.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2017.

GUANHÃES ENERGIA. **Projeto de monitoramento fluviométrico**. PCH Senhora do Porto Projeto de Instalação das Estações Hidrométricas em Atendimento à Resolução Conjunta ANEEL/ANA n° 03/2010, 2012b. Disponível em: <<http://guanhaesenergia.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/PCAS/SPT/SPT-0202-Programa-Monitoramento-Fluviometrico.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2017.

GUANHÃES ENERGIA. **Projeto de monitoramento fluviométrico**. PCH Jacaré Projeto de Instalação das Estações Hidrométricas em Atendimento à Resolução Conjunta ANEEL/ANA n° 03/2010, 2013. Disponível em: <<http://guanhaesenergia.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/PCAS/JAC/JAC-0202-Programa-Monitoramento-Fluviometrico.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2017.

GUIMARÃES, G. M.; ALMEIDA, D.B.; MARCUZZO, F. F. N. SIG na construção de diagramas unifilares das estações F, FD, P, Pr além das UHE, PCH, CGH das sub-bacias 80 a 84 na bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18. (SBSR), 2017, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5VdVLRtE05QESEdZZHpLbXNtWTQ/view?usp=sharing>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área Territorial Brasileira**. [Brasília], S.D. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

JENSON, S.K., DOMINGUE, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, n. 11, p. 1593 - 1600, 1988. Disponível em: <<http://edna.usgs.gov/Edna/pubs/extractingtopographicstructure1.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2014.

KICH, E. de M.; MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime hídrico pluvial e fluvial na sub-bacia 86 visando a determinação do seu ano hidrológico, 21. 2015, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015b. p. 1-8. CD-ROM. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15060>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

KOEFENDER, A. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 da bacia hidrográfica do Rio Ibicuí**. 2015. 97 f. TCC (Graduação) Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgObWItM3I1UEMzOGc/view?usp=sharing>. Acesso em: 11 abr. 2017.

KOEFENDER, A. *et al.* **A CONCEPÇÃO DE DIAGRAMA UNIFILAR DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA ESTUDOS DE INTERESSE HIDROLÓGICO**: O passo a passo de como obter as informações, como montar o diagrama unifilar e como verificar e corrigir seus dados inventariais básicos. 2017. 90 p. Tutorial. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/open?id=0B5VdVLRtE05QEeGw4MHN3b2V6b2s>>. Acesso em: 20 maio 2017.

KOEFENDER, A.; MARCUZZO, F. F. N. Modelo e Conceituação de Diagrama Unifilar de Bacia Hidrográfica: O caso da Sub-bacia 76. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 3, p. 201 a 229, 2016. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17524>>. Acesso em 12 abr. 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. A concepção e mapeamento dos diagramas unifilares das estações fluviométricas nas sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do atlântico – trecho sudeste. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 26. (AESABESP), 2015a, São Paulo, PR. **Anais...** São Paulo: SABESP, 2015^a, p. 1 a 20, DVD. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-676_a-concepcao-e-mapeamento-dos-diagramas-unifilares-das-estacoes-fluviometricas-nas-sub-bacias-pertencentes-a-bacia-hidrografica-do-atlantico-trecho-sudeste>. Acesso em 06 abr. 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Cálculo de Densidade pelos Critérios da OMM e Espacialização de Novas Estações P e Pr na Sub-Bacia 85. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2015b, Brasília/DF. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015, p. 1 a 8. CDROM. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15061>>. Acesso em 25 abr. 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Proposta de Novas Estações FD na Sub-Bacia 85 Segundo Critérios da Organização Mundial de Meteorologia. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2015c, Brasília/DF. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015, p. 1 a 8. CDROM. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15061>>. Acesso em 25 abr. 2017.

MELATI, M. D. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 para a sub-bacia do Taquari-Antas**. 2015. f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/40514>>.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Modelos digitais de elevação na delimitação automática das subbacias do rio Taquari-Antas no Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015a, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015b. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0075.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Regionalização da Q7,10 na bacia do rio Taquari–Antas (RS) usando regressão simples e robusta, 21. 2015b, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015b. p. 1-8. CD-ROM. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15059>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo de Perfis de Estações Fluviométricas: Transcrições de Campo, Ajustes de Escritório e Efeito nos Atributos Hidráulicos. In: XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2014, Natal/RN. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014, p. 1 a 10. CDROM. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17448>>. Acesso em 25 abr. 2017.

PACA, V. H. da MOTTA. **Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição à modelagem hidrológica na região amazônica - estudo de caso: bacia do rio Guamá - Pará**. 2008. 121 f. Dissertação (Tese Mestrado em Engenharia Civil) – COOPE, UFRJ. Rio de Janeiro/RJ, março de 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/tese_victor_paca.pdf>. Acesso em 06 abr. 2017.

PINTO, E. J. de A. *et al.* **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos.** Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1:5.000.000. Equipe executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre Moreira; Machado, Érica Cristina; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Melo, Denise Christina de Rezende; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1351&sid=9>>. Acesso em: 3 set. 2016.

SIMON, F. W.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 20. 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1 a 8, CDROM. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/22de4a642c2c18259e4809409096e0ff_6f2356d4ea7d3fcaba0d55bad04e4bea4.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2017.

SNYDER, J. P. **Map Projections – A Working Manual.** Washington: U.S. Geological Survey, 1987. 397 p.

TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11. 2012, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2012. p. 1-20. CD ROM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Analise_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2017.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de Vazões.** Porto Alegre: UFRGS, 2002. 256 p.

VEIGA, A. M; MELO, D. C. de R.; MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. Métodos de regionalização de vazões em cotas baixas de referência para o rio Teles Pires na Bacia Amazônica. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2011, Maceió/AL. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2011. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B6T7sNg_aVgOX3cxR1owUi1yd2c/view?usp=sharing>. Acesso em 06 abr. 2017.