

## SISTEMA DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO COM TELEMETRIA EM UMA PEQUENA BACIA URBANA

*Greta Symanski Rey Gil<sup>1</sup> & Maria Fernanda Rodrigues Pereima<sup>2</sup> & Vitor da Costa Alcântara<sup>3</sup> & João Victor Galvane<sup>4</sup> & Alessandro Vieira Barreto<sup>5</sup> & Giovani Gracioli<sup>6</sup> & Patrícia Uda Kazue<sup>7</sup> & Cesar Augusto Pompêo<sup>8</sup>*

**Resumo** – No Brasil, existe uma carência de dados hidrológicos em pequenas bacias. O projeto “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima” busca, portanto, um maior entendimento da dinâmica de pequenas bacias, tendo como unidade de estudo a Bacia do Rio do Meio, que está em sua maioria localizada no interior do Campus. O projeto consiste em uma rede de monitoramento hidrológico com sete pontos, consistindo em uma densidade de estações na ordem de 0,6km<sup>2</sup>/estação. Um dos pontos mais importantes do monitoramento hidrológico é a transmissão de dados consistentes em intervalos de tempo adequados à análise. O sistema neste trabalho descrito, denominado EPOSMote juntamente ao Módulo Hidrológico, apresenta alta potencialidade para realizar o monitoramento de parâmetros hidrológicos em pequenas bacias urbanas. Isto, em função do seu baixo custo de aquisição, baixo consumo de energia, possibilidade de integração de diferentes tipos de sensores, execução de tarefas agendadas, transmissão de dados via telemetria, além do seu pequeno tamanho.

**Palavras-Chave** – Monitoramento Hidrológico, Pequenas Bacias, Telemetria.

## HYDROLOGICAL MONITORING SYSTEM WITH TELEMTRY IN A SMALL URBAN RIVER BASIN

**Abstract** – In Brazil, a lack of hydrological data in small river basins is a reality. The project entitled “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima” seeks, therefore, a larger understanding in small river basins dynamics, stating Rio do Meio’s Basin as the area of study, mostly located inside the Campus. The project consists in a hydrological monitoring network with seven stations, having a monitoring density in the order of 0.6 km<sup>2</sup>/point. One of the most important issues is the data transmission within a suitable time space for analysis. The described system in this work, denominated EPOSMote, along with the Hydrological Model shows a high potenciality for hydrological parameters monitoring within small urban river basins because of its low acquisition cost, low energy consumption, the possibility of integrating diferent kinds of sensors, execution of scheduled tasks, data transmission via telemetry and its small size.

**Keywords** – Hydrological Monitoring, Small River Basins, Telemetry.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, gre.symanski@hotmail.com\*

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, mfernandapereima@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Graduação em Engenharia Elétrica, costec222@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, jvgalvani@hotmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, alessandrobarreto1201@gmail.com

<sup>6</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Informática e Estatística (INE), giovani@lisha.ufsc.br

<sup>7</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), patricia.kazue@ufsc.br

<sup>8</sup> Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), cesar.pompeo@ufsc.br

## INTRODUÇÃO

O monitoramento hidrológico em bacias rurais e urbanas possibilita a formação de banco de dados fundamentais para estudos hidrológicos, como os sobre o balanço hídrico ou avaliação dos efeitos da urbanização sobre a ocorrência de inundações (Boiten, 2005). Consequentemente, ele é fundamental para o gerenciamento de recursos hídricos e planejamento do uso do solo, podendo, por exemplo, auxiliar na definição de medidas de minimização das inundações urbanas.

As informações de monitoramento hidrológico são hoje de responsabilidade da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, sendo essa responsabilidade transferida para a ANA – Agência Nacional de Águas. O maior interesse para esse tipo de atividade é, portanto, do setor hidroelétrico, mas as informações destinam-se, também, para o controle ambiental, irrigação e para as estruturas de desenvolvimento hídrico. Por esse motivo, segundo Goldenfum (2016), há uma grande carência de dados no Brasil em bacias com menos de 500km<sup>2</sup>, pois as estações de monitoramento estão instaladas, principalmente, em bacias hidrográficas médias e grandes. O estudo de bacias pequenas fica sob a responsabilidade de grupos de pesquisa e, portanto, o incentivo de órgãos financiadores de pesquisa nacionais e estaduais é de grande importância (Paiva, 2016).

Justamente por haver poucas estações em pequenas bacias, o monitoramento destas se torna fundamental para o entendimento das informações hidrológicas de uma bacia pequena, e dos processos que ocorrem no seu ciclo hidrológico (Goldenfum, 2016). Os métodos hidrológicos são eficientes em metodologias e modelos de simulação de dados, que podem suprir a deficiência de dados em bacias não monitoradas. Entretanto, essa eficiência está atrelada à disponibilidade de dados para calibração e validação de modelos (Paiva, 2016). Pensando nisso, o projeto de pesquisa “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima”, dos Departamentos de Engenharia Sanitária e Ambiental – ENS e de Informática e Estatística - INE da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC monitora uma pequena bacia, de aproximadamente 4km<sup>2</sup>. O projeto consiste em uma rede de monitoramento hidrológico com sete pontos escolhidos dentro do Campus, consistindo em uma densidade de estações na ordem de 0,6 km<sup>2</sup>/estação.

Cada um destes sete pontos constituirá uma Plataforma Automática de Coleta de Dados (PCD) que, segundo recomendação da ANA (2011), precisa ser composta por um sensor de chuva e um sensor de nível de água, um sistema de alimentação por captação de energia solar, um regulador de carga da bateria, um sistema de transmissão de dados por satélite ou celular (GPRS - *General Packet Radio Services*) e um *datalogger* para processamento e armazenamento dos dados adquiridos.

A ANA (2011) também traz recomendações mínimas para esta transmissão de dados das PCDs, operadas pelas empresas de geração hidrelétricas, visando a atender à exigência do Art. 5º da Resolução Conjunta ANA ANEEL nº 3/2010. Conforme esta resolução, os dados coletados pelos equipamentos devem ser transmitidos para uma central de apoio, de responsabilidade das operadoras das estações, em intervalos mínimos de 01 hora, onde devem ser armazenados em uma base local, processados e repassados à ANA no formato exigido. O *datalogger* deve ser de baixo consumo de energia e, o sistema de comunicação, composto pelo *modem* e pela antena, sendo a transmissão dos dados armazenados no *datalogger* feita via tecnologia de comunicação GPRS ou via satélite.

Apesar do constante investimento na modernização da rede com estas instalações telemétricas, a aquisição automatizada e transmissão de dados hidrológicos é ainda muito onerosa. O sistema de monitoramento do projeto de pesquisa “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima” traz a implementação da transmissão de dados pela plataforma EPOSMote, uma alternativa que traz como principal benefício seu baixo custo e monitoramento

constante (a cada 5min), transmissão de dados com baixo *delay*, baixo consumo de energia e necessidade de pouco espaço físico.

Desta maneira, este trabalho tem como objetivo principal descrever essa proposta inovadora para transmissão de dados de medições hidrológicas em monitoramento de bacias hidrográficas.

## METODOLOGIA

A presente metodologia consiste na apresentação e descrição da plataforma EPOSMote, utilizada para o monitoramento hidrológico no *campus* da Universidade Federal de Santa Catarina, no âmbito do projeto de pesquisa “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do *Campus* Reitor João David Ferreira Lima”. Para melhor entendimento do funcionamento do sistema em si, serão descritos, previamente, o projeto EPOSMote, os componentes do sistema, visto que cada *hardware* tem um papel importante para a comunicação com os sensores, para o processamento e para o envio dos dados coletados.

### EPOSMote

O projeto EPOSMote inicialmente visava ao desenvolvimento de um módulo de rede de sensores sem fio, focado em aplicações de Agricultura de precisão, tendo 3 versões desenvolvidas. A terceira versão, utilizada para o Sistema de Monitoramento e lançada em 2015, possui um micro controlador ARM Cortex-M3 com 32KB de RAM e 512KB de *flash* e comunicação sem fio no padrão IEEE 802.15.4.

O EPOSMote III é uma plataforma bastante versátil. Dentre as suas principais vantagens de utilização, está o baixo consumo de energia, aspecto determinante no projeto de um sistema embarcado (Slongo, 2013). Pode ser desenvolvido para se comunicar com diferentes tipos de sensores, executar tarefas agendadas e, assim, pode ser usado para a execução das rotinas de uma estação de coleta de dados. Outra característica relevante é o seu pequeno tamanho, pouco maior que uma moeda de um real.

### Módulo Hidrológico EPOSMote III

O Módulo Hidrológico EPOSMote III é uma placa filha, utilizada nas estações do sistema de monitoramento no *campus*. Essa placa suporta o acoplamento do EPOSMote III, conectado através de um par de conectores na placa, que se encaixa em outros conectores e permite que ele se comunique com até 4 sensores de 12v, podendo estes, no caso do projeto, serem sensores de nível de água ou de turbidez. Em adição, o módulo possui portas programáveis de entrada e saída de dados, usadas para interface com pluviômetros. Este módulo é capaz de fornecer até 3A a 3.6V, utilizando o regulador de tensão LM350 (VR1). A tensão de entrada da placa é 12VDC.

Na Figura 1, é possível ver o Módulo Hidrológico e seus componentes.

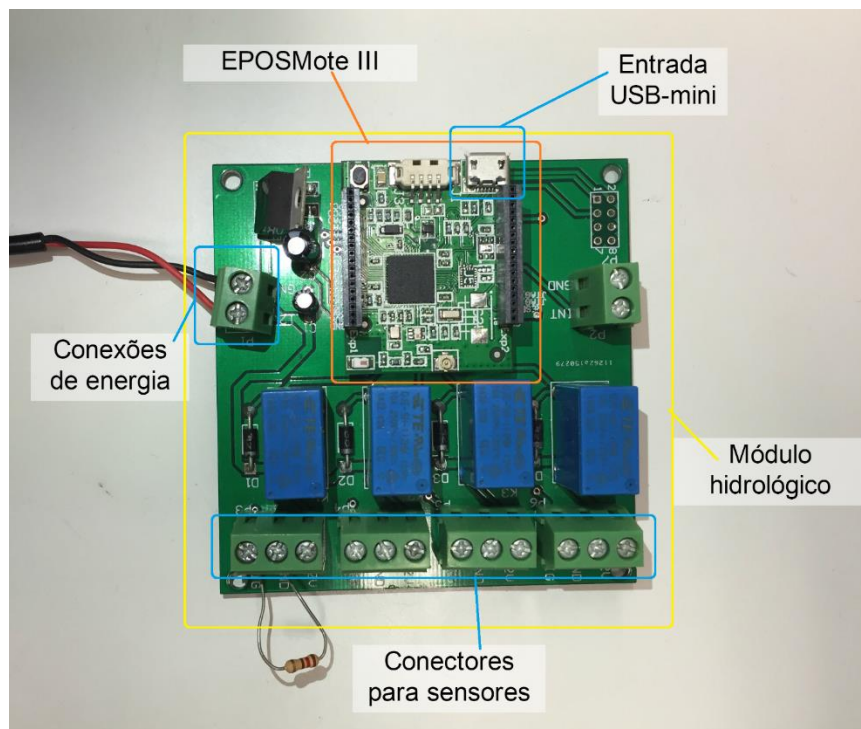


Figura 1 - Módulo Hidrológico EPOSMote III.

### Módulo EPOSMote III GSM-GPS/GPRS

Essa placa de conexão GPRS executa a função do envio de dados para o servidor (Figura 2). Ela se conecta diretamente no EPOSMote III através de conectores, tem suporte para conexão de microchip e antena, permitindo uma boa transmissão de dados via GSM-GPS/ GPRS.

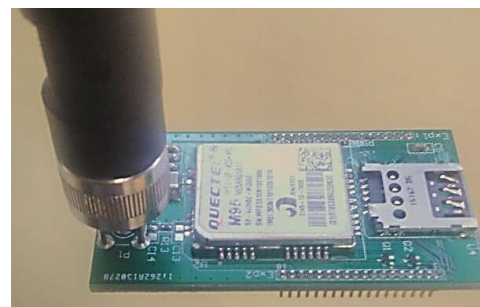


Figura 2 - Módulo GPS.

### Funcionamento do Sistema

De uma maneira geral, para que dados, como os hidrológicos, sejam coletados de cursos de água, é necessário o uso de sensores que interpretem esses dados e forneçam informações referentes à hidrometria dos cursos de água. Também, é necessário um sistema que se comunique com esses sensores e que consiga realizar o seu acionamento, além de fornecer a energia necessária para o funcionamento. Esse sistema, por sua vez, precisa ter meios de enviar os dados coletados para um banco de dados, onde o usuário poderá ter acesso aos mesmos. A Figura 3 mostra o funcionamento conceitual de um sistema de monitoramento hidrométrico.



Figura 3 - Funcionamento de um sistema de monitoramento.

Uma vez que o funcionamento de uma estação de monitoramento foi compreendido, é possível falar sobre os detalhes de como cada um dos componentes de uma estação atuam dentro desse projeto. Nessa exposição, é possível notar que o sistema realiza a execução de três etapas: coleta de dados, processamento desses dados, e, em seguida, o envio desses dados para um banco de dados.

Conforme mencionado anteriormente, um fator determinante para um projeto de um sistema embarcado é o quanto de energia esse sistema consome. Uma estação necessita de uma fonte de energia que permite o funcionamento dos sensores e dos equipamentos de controle. Existem dois tipos de fornecimento de energia que as estações do sistema de monitoramento do projeto de pesquisa “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima” trabalham: com energia ligada à rede elétrica ou com energia proveniente de energia solar.

Essa energia é responsável pela alimentação do primeiro componente do sistema, o Módulo Hidrológico EPOSMote III. Como explicado anteriormente, neste módulo estão conectados os sensores, o EPOSMote III e a placa GPRS. Cada sensor possui uma voltagem específica para seu funcionamento, podendo variar até 12V. O EPOSMote III, que realiza o acionamento dos sensores, possui outra voltagem para seu funcionamento, sendo de 3V. Já a placa GPRS para envio dos dados, necessita de 3.6V para funcionar.

Se não houver um circuito que realize a distribuição dessas tensões de maneira integrada, seria necessário um outro sistema com diversas ligações independentes. Isso acarretaria na necessidade de mais espaço, o custo seria maior, e dificultaria o processo de instalação e manutenção de uma estação. Com a utilização do Módulo Hidrológico EPOSMote III, o sistema torna-se compacto, a energia é bem distribuída, e o acionamento dos sensores é simplificado.

Possuindo o *firmware* que realiza todos os procedimentos necessários para o funcionamento da estação, o EPOSMote III é conectado diretamente ao Módulo Hidrológico EPOSMote III. Sua alimentação é proveniente do próprio módulo.

Quando utilizado na estação, o EPOSMote III possui uma rotina, em que, a cada 5 minutos são obtidos os dados dos sensores e os mesmos são armazenados em sua memória. Caso a estação possua uma placa GPRS instalada, esses dados acumulados são enviados a cada 5 minutos para o banco de dados. Se não possuir uma placa GPRS, os dados são armazenados na memória *flash* e,

posteriormente, é possível realizar a coleta dos dados através de outro EPOS que esteja rodando um *firmware* para coleta de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema de monitoramento hidrológico, utilizando a plataforma EPOSMote III, está incorporado no projeto “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima”, dos Departamentos de Engenharia Sanitária e Ambiental e de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que engloba o monitoramento de parâmetros hidrológicos, hidráulicos, de consumo e de qualidade de água dentro do *Campus*. O objetivo principal do projeto consiste em pesquisar soluções inovadoras e exemplares que contribuam para a recuperação da qualidade da água dos córregos que cortam o *Campus* da UFSC.

O projeto prevê sete estações monitoramento hidrológico e uma estação pluviométrica (Figura 4). Os locais de monitoramento foram escolhidos de acordo com sua expressividade quanto à contribuição em relação à vazão total, à estabilidade da seção e à lâmina d’água adequada para receber equipamentos. Atualmente, há cinco estações com medição de nível em funcionamento e uma de medições pluviométricas.

A bacia hidrográfica que alimenta o *Campus* corresponde à bacia do rio do Meio. A área da bacia é de aproximadamente 4 km<sup>2</sup>, com declividade variando de 1,0 m/m próximo à cabeceira e 0,003 m/m próximo ao exutório. A bacia encontra-se em região densamente urbanizada, com a presença de ocupações irregulares e lançamentos de efluentes sanitários em seus trechos de contribuição (Collares *et al.*, 2004; Pinto *et al.*, 2007).

Cada estação de monitoramento conta com sensores de nível capacitivos ou ultrassônicos para medição do nível da água. O Módulo Hidrológico EPOSMoteIII é responsável pelo registro dos dados coletados e o módulo GPRS é responsável pela transmissão dos dados via telemetria (Figuras 5 e 6). O sistema de monitoramento contará, também, com sensores de turbidez, a fim de estudar a fundo a dinâmica de sedimentos nos canais. As estações contam com painéis solares para o fornecimento de energia ao sistema ou, em alguns casos, com energia proveniente de prédios adjacentes às estações de monitoramento. Os dados coletados pelo sistema são transmitidos para a base de dados e disponibilizados para a comunidade via *web-site*, podendo ser visualizados praticamente em tempo real no site do Núcleo de Estudos da Água da UFSC (NEA) (<http://www.neagua.ufsc.br/tiki-index.php>). Atualmente, o projeto está em andamento, com a coleta e transmissão dos dados via EPOSMote sendo realizada de maneira adequada. Isto indica o sucesso da implementação deste sistema para o monitoramento no *Campus* da UFSC e contribui para atingir o objetivo principal do projeto.

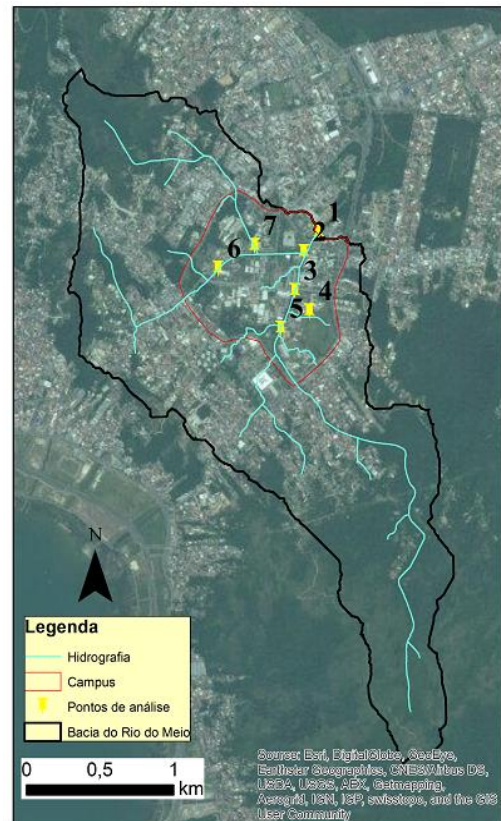
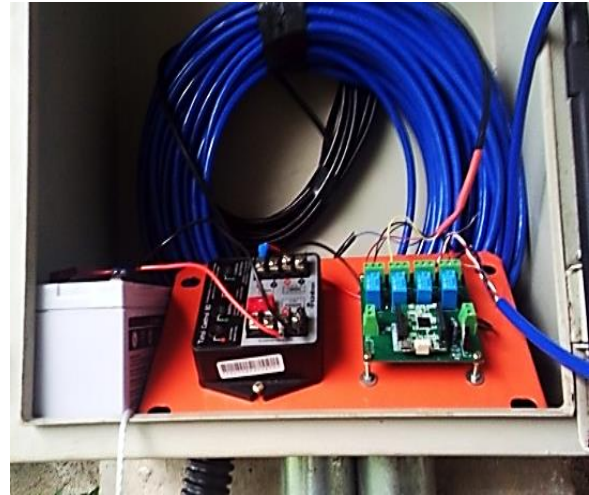


Figura 4 – Pontos<sup>9</sup> de monitoramento previstos no projeto.

<sup>9</sup> A estação pluviométrica fica ao lado esquerdo da estação de monitoramento hidrológico de número 2.



Figuras 5 e 6 - Estação de monitoramento e interior da caixa ambiental da estação.

## Dados

Disponibilização de dados à população dos projetos de pesquisa aqui desenvolvidos.

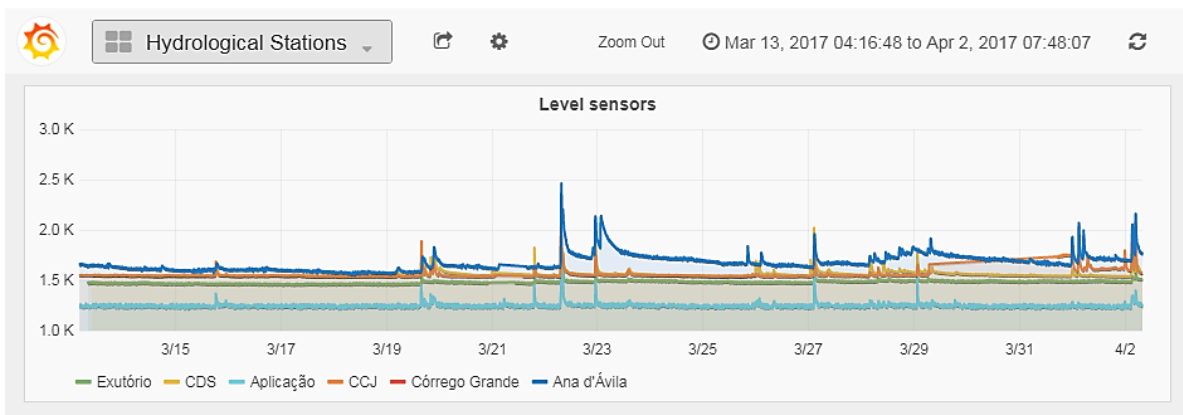


Figura 7 - Dados transmitidos em tempo real para o *web-site* do NEA.

## CONCLUSÕES

O sistema EPOSMote, apresentado neste artigo, tem alta potencialidade para realizar o monitoramento de parâmetros hidrológicos em pequenas bacias urbanas em função do seu baixo custo de aquisição, baixo consumo de energia, possibilidade de integração de diferentes tipos de sensores, execução de tarefas agendadas, transmissão de dados via telemetria, além do seu pequeno tamanho. Especificamente, na bacia do campus da UFSC, o monitoramento em alta densidade espacial foi possibilitado pela implementação da tecnologia EPOSMote em virtude das características citadas. A

implementação dessa tecnologia permitirá um maior entendimento da dinâmica quali-quantitativa do escoamento dos cursos de água que cortam o Campus, a partir dos dados de turbidez e da transformação dos dados de nível em dados de vazão, relação esta encontrada nas curvas-chaves a serem realizadas em outra etapa do projeto “Recuperação da Qualidade da Água dos Córregos do Campus Reitor João David Ferreira Lima”.

## REFERÊNCIAS

- ANA (Agência Nacional de Águas). (2012). Orientações para Operação de Estações Hidrométricas. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília – DF. 52p.
- ANA (Agência Nacional de Águas). (2012). Procedimentos para envio dos dados hidrológicos em tempo real das estações telemétricas. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica Brasília – DF. 19p.
- ANA (Agência Nacional de Águas). (2011). Especificações Técnicas - Plataformas de Coletas de Dados – PCDs. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília – DF. 21p.
- BOITEN, W. (2005). *Hydrometry*. IHE Delft Lecture Note Series. A.A. Balkema Publishers, 259p.
- COLLARES, D.; FREITAS, F.H.M.; SCHWEIG, L.; FIGUEIREDO, L.C.; GRUDTNER, M.; NARQUETTI, R.; FIGUEIREDO, T.; MARTINS, T.P.; NASPOLINI, V.; TISCHER, W. (2004) *A bacia do Itacorubi*. Disponível em: [www.arq.ufsc.br/urbanismoV/2004-1/final.pdf](http://www.arq.ufsc.br/urbanismoV/2004-1/final.pdf)
- GOLDENFUM, J. A. (2016). Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos. In *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Org. por Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D., ABRH, ed. UFSM, Santa Maria – RS, pp. 3 – 15
- PAIVA, E. M. C. D. (2016). Rede de Monitoramento Hidrológico. In *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Org. por Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D., ABRH, ed. UFSM, Santa Maria – RS, pp. 493 – 506
- PAIVA, J. B. D. (2016). Introdução Parte V. In *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Org. por Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D., ABRH, ed. UFSM, Santa Maria – RS, pp. 492
- PINTO, F.J.; STEFFENS, J.; OLIVEIRA, F.H. Análise físico-ambiental urbana da microbacia do rio Itacorubi, Florianópolis – SC, visando o uso de software SIG. In: *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13, 2007, Florianópolis, INPE, 2007, p. 3011-3018.
- SLONGO, L. K. (2013). Circuitos coletores de energia solar para sistemas embarcados de baixo consumo. Florianópolis – SC. 118 p.