



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**Diagnóstico das Estações Hidrometeorológicas  
no Brasil**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Fabiana Teixeira de Souza**

**Itajubá, MG, Brasil**

**2020**

# **Diagnóstico das Estações Hidrometeorológicas no Brasil**

**por**

**Fabiana Teixeira de Souza**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à comissão  
examinadora Programa de Graduação em Ciências  
Atmosféricas da Universidade Federal Itajubá (UNIFEI, MG),  
como requisito parcial para obtenção do grau de

**Bacharel em Ciências Atmosféricas.**

**Orientador: Professor Alexandre Augusto Barbosa**

**Itajubá, MG, Brasil  
2020**

**Universidade Federal de Itajubá  
Instituto de Recursos Naturais  
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a  
Monografia

**Diagnóstico das Estações Hidrometeorológicas  
no Brasil**

elaborada por

**Fabiana Teixeira de Souza**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de

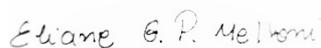
**Bacharel em Ciências Atmosféricas**

**Comissão Examinadora:**



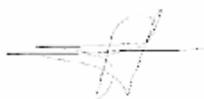
---

**Alexandra Augusto Barbosa, Dr. (UNIFEI)**  
(Orientador)



---

**Eliane Guimarães Pereira Melloni, Dr. (UFLA)**



---

**Alexandre Germano Marciano, Me. (UNIFEI)**

Itajubá, 11 de novembro de 2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, minha muito obrigada ao meu Deus que tudo fez e tudo faz pra que eu alcance meus objetivos e vitórias, autor e consumidor da minha fé, que abre portas e me guia sempre pelo caminho da bondade.

Ao meu esposo amado que apoia meus sonhos e se dedica a mim com amor e ternura. Ele que me motiva e não me deixa desanimar frente as adversidades que a jornada acadêmica me proporcionou nos últimos anos.

A minha família no Maranhão incluindo, minha mãe que me criou, Ester Fontes, que formou meu caráter e que apoia minhas decisões mesmo relutante, que ora por mim, e me ensina todos os dias sobre independência, respeito e amor próprio. A minhas irmãs Estela e Estefânia que mesmo longe, se comunicam e me acompanham sempre que podem, minha muito obrigada. E por fim, a minha tia amada, Tatiana que sempre me apoia em tantas decisões, inclusive na minha formação acadêmica.

A Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, que me desafiou, me capacitou e me fez enxergar novos horizontes. Em especial, o meu muito obrigada aos professores do curso de Ciências Atmosféricas, que sempre me apoiaram, motivaram e ensinaram de forma tão familiar.

Ao meu querido orientador Prof. Alexandre Barbosa, que desde sempre me ensinou a ser crítica e objetiva nas pesquisas e apresentações. Que desde o início me ensinou de forma dinâmica, o que facilitou o aprendizado. Ensinou-me a ter paixão pelo trabalho de campo.

As minhas grandes amigas Raquel Pereira e Thaís Cortez pela companhia e ajuda tanto referente a atividades acadêmicas, como também, pelo companheirismo fora da universidade. Só Deus sabe a alegria que é ter vocês na minha vida.

A minha mãe biológica Ivanilce e ao meu padrasto Gilberto, que sempre acreditaram na minha capacidade de alcançar meus objetivos.

A meus sogros Virgínia e José Mario e, a minha cunhada Maria Aparecida, que me acompanharam durante toda essa jornada, me apoiando e incentivando no que foi preciso.

Dedicatória:  
Para meu esposo, com você cada dia é uma alegria. Obrigada pelo seu incentivo e pela paciência comigo naqueles dias tão atarefados que precederam a entrega deste trabalho.

Epígrafe  
“Não tenho nenhum talento especial, sou apenas apaixonadamente curioso”.  
(Albert Einstein)

## Sumário

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
	2.1 Clima do Brasil.....	4
	2.2 Tipos de Monitoramento.....	5
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
	3.1 Descrição da área de estudo.....	9
	3.2 Levantamento das estações hidrometeorológicas do Brasil.....	11
	3.3 Organização dos Dados.....	12
4.	RESULTADO E DISCUSSÃO .....	13
5.	CONCLUSÃO .....	25
6.	REFERÊNCIAS .....	26

## **RESUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
Programa de Graduação em Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil

### **Diagnóstico das Estações Hidrometeorológicas no Brasil**

AUTORA: Fabiana Teixeira de Souza  
ORIENTADOR: Prof. Alexandre Augusto Barbosa  
Local e Data da Defesa: Itajubá, 18 de novembro de 2020.

O aumento e variação da atividade econômica amplificaram a dependência dos recursos hídricos, principalmente em regiões com alta variação anual no ciclo e regiões áridas. A perda na capacidade, na disposição e a posse dos recursos hídricos de forma rápida e em grande escala têm gerado grandes mudanças nos ciclos hidrológicos regionais. Os efeitos qualitativos são inúmeros; além disso, são muito variáveis trazendo efeitos negativos para o ecossistema, para a economia do país e para a sociedade como um todo. Para esse contexto, o monitoramento hidrometeorológico é uma das principais maneiras de gerenciar dados, constituído por ações de coleta, tratamento, conservação, reestabelecimento e a possibilidade de informações sobre as condições atmosféricas e vazão de rios. Diante disso, a proposta desse trabalho é fazer um levantamento das estações hidrometeorológicas ativas e inativas do Brasil, para que possamos fazer um diagnóstico dos sistemas de monitoramento brasileiro e se estes estão aptos para supostas futuras complicações relacionadas com os recursos hídricos. Durante os cálculos do trabalho, foi possível notar que a Região Sudeste apresenta mais número de estações ativas, isso se dá devido ao fato dessa região ter mais densidade populacional, ou seja, nessa região precisa-se ter mais atenção para o uso de um bem tão valioso. Além disso, o trabalho mostrou que o Brasil precisa dar mais atenção a esse recurso tão precioso para nós, e que se faz necessário mais investimento nas estações de monitoramento no que diz respeito a instrumentações e manutenção desses equipamentos, modernização dos seus sistemas de coleta, além da reativação de diversas estações que até o momento estão desativadas.

Palavras-chave: Ciclo hidrológico. Monitoramento hidrometeorológico. Estações Hidrometeorológicas.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa Zonal do Clima Brasileiro.....	4
FIGURA 2 - Mapa da América do Sul.....	10
FIGURA 3 - Mapa das Regiões Hidrográficas Brasileiras.....	11
FIGURA 4 - Mapa das Estações Hidrometeorológicas no Brasil.....	12
FIGURA 5 - Total de estações pluviométricas e fluviométricas ativas e inativas no Brasil.....	14
FIGURA 6 - Estações pluviométricas ativas e inativas por região.....	14
FIGURA 7 - Estações fluviométricas ativas e inativas por região.....	15
FIGURA 8 - Estações pluviométricas ativas e inativas por estado.....	16
FIGURA 9 - Estações fluviométricas ativas e inativas por estado .....	16
FIGURA 10 - Uma CB em seu estágio de maturidade.....	17
FIGURA 11 - Razão área/estação pluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil.....	18
FIGURA 12 - Razão área/estação fluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil.....	18
FIGURA 13 - Estações pluviométricas ativas com e sem sistema de telemetria.....	20
FIGURA 14 - Estações fluviométricas ativas com e sem sistema de telemetria.....	20
FIGURA 15 - Razão área por estações pluviométricas que fazem uso do sistema de telemetria para os estados brasileiros e Brasil.....	21
FIGURA 16 - Razão área por estações fluviométricas que fazem uso do sistema de telemetria para os estados brasileiros e Brasil.....	21
FIGURA 17 - Comparação de quantidade de estações pluviométricas ativas entre o Brasil e outros países.....	22
FIGURA 18 - Razão área/estação pluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil. e outros países.....	23
FIGURA 19 - Setores Responsáveis pela Coleta de Dados nas Estações Hidrometeorológicas.....	24

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estações ativas e inativas no Brasil.....	13
TABELA 2 - Razão área/ estação pluviométrica para os países, Estados Unidos, Brasil, Canadá, França e Noruega.....	22

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

MGB-IPH – Modelo de Grandes Bacias  
RMSP – Região Metropolitana de São Paulo  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ZCAS – Zona de Convergência da Atlântico Sul  
ANA – Agência Nacional da Águas  
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico  
PCDs – Plataforma de Coleta de Dados  
SCD – Satélite de Coleta de Dados  
CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá  
LIH – Laboratório de Informações Hídricas  
CB – Cumulonimbus  
OMM – Organização Meteorológica Mundial

## 1. INTRODUÇÃO

A água presente no planeta se divide por três reservatórios principais: os oceanos, os continentes e a atmosfera, sendo que entre estes existe uma circulação contínua chamada de ciclo hidrológico (não mencionamos aqui a água existente nas camadas mais profundas da crosta terrestre que, estima-se, seja da ordem de algumas vezes o que está presente no citado ciclo) (TUCCI, 2001).

É o recurso natural mais escasso do planeta Terra, peça fundamental na dinâmica da natureza que estimula e impulsiona todos os ciclos ecológicos. A quantidade total de água existente na Terra, nas suas três fases, sólida, líquida e gasosa, tem permanecido estável, desde o surgimento do Homem (MIRANDA et al., 2010).

Hoje, o homem e os outros tipos de organismos vivos, além de utilizar a água para suas funções vitais, usam os recursos hídricos para uma grande variedade de atividades, tais como: produção de energia, navegação, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (GUIMARÃES, 2010).

Estima-se que 97,5% da água presente no planeta é salgada e não é apropriada para o nosso consumo direto nem à irrigação de plantações. Dos 2,5% de água doce, 69% é de difícil alcance, pois está retida nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% localizam-se nos rios (TUNDISI, 2003).

Sem a água a vida na Terra seria inconcebível, e é por esse motivo que a utilização desse bem necessita ser pensado, avaliado e levado em consideração a conservação para que não prejudique nenhum dos distintos usos que ela proporciona à vida humana.

O ciclo hidrológico resulta de uma série de processos da natureza na qual a água inicia a sua rota indo de um período inicial até retornar à posição de origem. Este ciclo global acontece entre a superfície terrestre e a atmosfera e é promovido principalmente pela energia radiante do Sol e relacionado à gravidade e à rotação da Terra. Os elementos que incitam este ciclo são: a energia térmica solar, a força dos ventos que levam vapor d'água para os continentes e a força da gravidade, que são responsáveis pela ocorrência da precipitação, da infiltração e do deslocamento das massas de água (TUCCI, 2001).

O aumento e variação da atividade econômica aumentou a dependência dos recursos hídricos, principalmente em regiões com alta variação anual no ciclo hidrológico e em regiões áridas. Além disso, à medida que a economia foi se transformando e ficando cada vez mais complexa e diversificada, mais usos foram sendo incluídos aos recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos, de tal forma que ao ciclo hidrológico, impõe-se um ciclo hidrosocial com vastas dimensões e grandes impactos ecológicos e econômicos. Este ciclo hidrosocial é uma adequação do homem às distintas características do ciclo hidrológico e, também, às suas variações (REIS et al., 2016).

Há diferentes setores que possuem interesse nos recursos hídricos, entre eles estão os principais setores da economia. Cada setor tem seu interesse específico nesse recurso tais como: vazão para geração de energia, quantidade para abastecimento público, irrigação, entre outros.

As implicações sobre a utilização dos recursos hídricos decorrem de dois notáveis problemas que são: a expansão das populações humanas e a consequente ampliação necessária para irrigação e produção de alimentos. A perda na capacidade, na disposição e a posse dos recursos hídricos de forma rápida e em grande escala têm gerado grandes mudanças nos ciclos hidrológicos regionais. Como exemplos temos que o estabelecimento de barragens amplia a taxa de evaporação, a implantação de canais para diferentes usos da água gera instabilidades no balanço hídrico e a remoção demasiada de água para irrigação prejudica o volume dos rios e lagos (MIRANDA et. al.,2010).

Do ponto de vista quantitativo o que afeta na drenagem e intensifica o escoamento superficial é o grau de urbanização que prejudica a capacidade de retenção de água na superfície e nos aquíferos. Os efeitos qualitativos são inúmeros e, além disso, são muito variáveis; acarretando, com isso, efeitos negativos para o ecossistema, para a economia e para a sociedade (GARCIA; PAIVA, 2006). Além disso, o lançamento de nitrogênio e fósforo nos rios, lagos e represas, por esgotos não tratados e uso de fertilizantes causam o fenômeno de eutrofização dos quais os efeitos ecológicos, na saúde humana e nas despesas no tratamento de água são expressivos, principalmente em regiões de demasiada urbanização.

É fato que o ciclo hidrológico está rigorosamente ligado às mudanças abruptas de temperatura (principalmente) na atmosfera e na hidrosfera. Com o aquecimento da atmosfera advém, entre outras complicações, alterações nos níveis

de precipitação, no que se refere às suas ocorrências e intensidade. Isso afetará consideravelmente a disponibilidade e conseqüentemente a distribuição temporal da vazão dos rios. Atualmente, o Brasil encara uma deficiência de adequação à instabilidade hidrológica natural, resultado de intervenções nas bacias hidrográficas, com a necessidade de se enfrentar essa questão que estará acoplada aos atuais obstáculos oriundos pelas mudanças climáticas (PAGNOCCHESCHI, 2016).

Para esse contexto, o sistema de gestão dos recursos hídricos não se encontra totalmente ajustado às condições climáticas e hidrológicas recentes, necessitando, entre outros, de aplicações em monitoramento, modelagem, sistemas de alerta, bases de uma organização de defesa, solução para eventos extremos e consolidação institucional.

Os alagamentos, enchentes e inundações estão crescentes na história da humanidade. O número de episódios e o total de pessoas afetadas vêm aumentando consideravelmente nos últimos anos. Este crescimento está seguindo a tendência daquelas categorias de desastres naturais que são amplificadas pela ação antrópica, associadas com a acentuada e desordenada urbanização, a apropriação de áreas de risco e ao desmatamento (BINDA et al., 2012).

Desse modo, há uma profunda relevância em entender as propriedades físicas do perigo natural que será capaz de se tornar um desastre; pois, estas propriedades estão imediatamente associadas à quantidade de danos causados em um dado local. Há a necessidade de se relacionar às características do perigo com as peculiaridades do ambiente e também com suas vulnerabilidades.

O monitoramento hidrometeorológico é uma das principais maneiras de gerenciar dados hidrológicos, principalmente precipitação e vazão de rios. Feito por uma quantidade de estações hidrométricas, compostas por estações pluviométricas e fluviométricas. Esse sistema ajuda na previsão de episódios de condições de emergência e no alerta às instituições encarregadas de tomarem medidas para preservar vidas e reduzir prejuízos econômicos e ambientais, além da gestão a longo prazo por meio de análises de séries temporais e cenários pré-definidos dos resultados decorrentes de inundações, estiagens e secas (CONSTANTINO et. al., 2008).

É por esse motivo que a proposta desse trabalho é fazer um levantamento das estações hidrometeorológicas ativas e inativas do Brasil, comparando as quantidades das mesmas por região, estado e também comparando entre países

desenvolvidos da América Latina e Europa. Além disso, fazer uma comparação de estações por área para regiões, estados e países respectivamente. Assim, podemos fazer um diagnóstico dos sistemas de monitoramento brasileiro e se estes estão aptos para futuras complicações relacionadas com a gestão dos recursos hídricos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Clima do Brasil

O clima do Brasil dispõe de uma ampla variedade de condições de tempo em uma grande área e topografia variada, mas a maior parte do país é tropical. Acolhe seis principais subtipos climáticos: equatorial, tropical, semiárido, tropical de altitude, temperado e subtropical. As diferentes condições climáticas produzem ambientes que variam de florestas equatoriais a florestas temperadas e savanas tropicais. Muitas regiões têm microclimas totalmente diferentes. Na Figura 1 estão retratados os principais regimes climáticos presentes no Brasil.

Figura 1: Mapa Zonal do Clima Brasileiro.



Fonte: Nimer, E. Um modelo metodológico de classificação climática. Revista Brasileira de Geografia.

Na região equatorial há uma faixa latitudinal que inclui a região amazônica e a região nordeste do Brasil, as quais indicam um clima chuvoso e semiárido, respectivamente (mas, mesmo assim, há uma boa delimitação entre estação seca e chuvosa). Na região central do Brasil e na região Sudeste, há uma estação seca e outra chuvosa bem definida. A estação chuvosa tem um regime do tipo monção, com períodos chuvosos em que denomina a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e períodos secos, em que o regime de chuvas é mais localizado. Na região Sul do Brasil, o regime de chuvas é denominado por frentes frias o ano inteiro, por ciclones que se formam localmente ou por ciclones extratropicais que por ali passam. Em todas as regiões do país ocorrem intensificações e desintensificações dos sistemas de tempo provocado pela topografia (CAVALCANTI, 2016).

Essa diversidade climática faz com que seja premente o estabelecimento de uma boa rede de informações hidrológicas em todo o país.

## **2.2 Tipos de Monitoramento**

Com o crescimento planejado e sustentável das bacias hidrográficas urbanas, torna-se progressivamente mais essencial o estudo de ferramentas que proporcionem máxima compreensão e previsão dos procedimentos realizados nas mesmas (GARCIA e PAIVA, 2006). Na bibliografia encontram-se vários trabalhos que buscam perceber o papel do escoamento pluvial em áreas urbanas e rurais.

A ausência de planejamento para ocupações de bacias hidrográficas brasileiras tem submetido a população a riscos hidrometeorológicos. Logo, tem-se explorado novas formas de redução e adequação aos impactos gerados pelos eventos extremos e, no meio das medidas não estruturais, a aplicação de geotecnologias para concepção de sistemas de monitoramento e alerta mostram-se como um indispensável recurso de previsão para eventos de inundações (REIS et.al., 2016).

Com intenção de conseguir uma gestão eficaz dos recursos hídricos que gere uma oferta em custos e qualidade favoráveis à sociedade, vários métodos e ferramentas têm sido usados e produzidos. O futuro da hidrologia depende em grande medida da disponibilidade de dados adequados para a construção e validação dos modelos hidrológicos, papel que o sensoriamento remoto pode e deve representar muito bem (ENGMAN, 1996).

Para Rango e Shalabi (1998), os obstáculos para integrar as utilidades do sensoriamento remoto na instrumentalização da hidrologia são de natureza financeira e não exatamente tecnológica, diante disso, os autores listaram 3 razões que justifiquem adquirir dados através dos sensores remotos: a capacidade de obter dados espacializados em lugar de observações exatos; competência para captar dados sobre o estado da superfície terrestre em vastas áreas (precipitação, umidade do solo, água subterrânea, evapotranspiração, água de superfície e características fisiográficas das bacias) e habilidade para, baseada nos registros dos sensores, permitir a reconstrução de séries históricas.

O sensoriamento remoto e os modelos hidrológicos têm sido empregados no monitoramento e na simulação da água em sua fase terrestre, assim como para a análise integrada entre recursos hídricos, uso da terra e mudanças climáticas.

Os modelos são generalizações da realidade que se destinam a refletir de forma simplificada o comportamento de um sistema. O melhor modelo é aquele que reflete melhor a realidade e que tenha uma forma menos complexa de representação, contemplando sua saída e uma boa correlação com mundo real (WARREN, 2013). No que diz respeito a hidrologia, os modelos propõem-se a representar fluxos e armazenamentos de água e suas características no ambiente da bacia hidrográfica. Essa vasta aplicação inclui a determinação de vazões e níveis dos rios, estudo dos efeitos do uso da terra sobre os recursos hídricos, transporte e deposição de sedimentos, efeitos de mudanças climáticas, influência sobre a ecologia aquática, entre outros (TUCCI, 2001).

Lopes et al. (2015) desenvolveram um sistema prático de estimativa de cheias com o Modelo de Grandes Bacias – MGB-IPH, que é um modelo hidrológico teórico distribuído e constituído de módulos específicos que demonstram matematicamente os processos físicos que acontecem na bacia hidrográfica. Nesse trabalho, os autores puderam concluir que embora amplas incertezas relacionadas a maiores antecedências da previsão, em especial quando a chuva prevista é inserida em um modelo hidrológico, a análise de diversas previsões pode levar a várias situações distintas de inundação, como exemplo.

O sensoriamento remoto em hidrologia ganhou força na última década, devido principalmente à variação de sensores orbitais replicado ao monitoramento de mudanças hidrológicas e climatológicas globais. As utilidades são diversas, compreendendo a estimação de parâmetros superficiais (como por exemplo, o índice

de área foliar, rugosidade superficial, altura do dossel, entre outros), estimativas hidrológicas como precipitação, evapotranspiração, teor de água no solo, total de água armazenada na superfície, nível de rios e reservatórios, vazões e qualidade da água; estimativas auxiliares como temperatura superficial, radiação incidente, vapor de água na atmosfera, entre outros (SCHULTZ;ENGMAN, 2000;LIANG, 2004;LAKSHMI, 2005; CAZENAVE, 2008).

A utilização de sensoriamento remoto retrata uma possibilidade intrigante na redução de incerteza de modelos hidrológicos, pois a aquisição de dados de sensoriamento remoto é de caráter espacial, permitindo que significativos padrões hidrológicos sejam relacionados com a resposta espectral dos alvos em distintos comprimentos de onda eletromagnética. É fato que, independentemente das incertezas referentes às estimativas dos modelos compartilhados e de sensoriamento remoto, a viabilidade de combiná-los resulta em significativo benefício mútuo (REFSGAARD, 2000).

Silva (2005) e Marciano (2019) estabeleceram, com base em levantamentos topográficos e séries históricas e do Rio Sapucaí as manchas de inundação para os municípios do Alto Sapucaí utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG's). Os resultados, enunciados pelos autores, estão bem ajustados aos valores medidos nos locais, por ocasião de grandes enchentes.

Reis et al. (2016) ajustaram e validaram a utilização de modelos de regressão polinomial para antecipar o crescimento do nível do rio Sapucaí em uma seção de interesse, partindo do nível observado em um ponto a montante usando unicamente registros de níveis fluviométricos.

A aplicação da telemetria para levantamento de dados hidrológicos tem grande valia nos casos de áreas extensas e de difícil acesso de ponto de controle. A palavra telemetria tem sua origem na união de duas palavras gregas, *tele* que significa remoto e *metron* que significa medida, logo telemetria significa efetuar medições a distância ou em local remoto. Esta nasceu da indispensabilidade de se efetuar medidas em lugares que não se pode acessar ou de difícil acesso (CONDE et al., 2009).

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) teve o primeiro sistema de telemetria implantado no ano de 1976, em consequência das fortes chuvas que aconteceram entre os dias 28 e 29 de janeiro deste mesmo ano e também causou a elevação d'água a níveis considerados perigosos no reservatório Guarapiranga.

Esse evento revelou a necessidade de um monitoramento em tempo real dos parâmetros hidrológicos como a chuva e o nível dos reservatórios para que episódios como a ocorrida em 28 de 29 de janeiro não voltassem a ocorrer (CONDE et al., 2009).

Mattos (2004) avaliou o uso de uma aquisição de dados pluvio-fluviométricos em estações situadas na bacia do Alto Sapucaí com aplicação de dispositivos não-convencionais de medição e de transmissão de dados, como: um sensor de nível ultrassônico e um sistema de transmissão de dados via telefone celular. Os motivos para a utilização de tais equipamentos se deram, sobretudo, à necessidade de aplicação de um dispositivo de medição de níveis d'água que não fosse intrusivo, reduzindo a chance de ser levado pela correnteza por circunstância de grandes cheias e de um sistema de transmissão que fosse, além de confiável, de baixo custo de aquisição e manutenção. O trabalho teve como resultado adicional a implantação de um sistema de aquisição, tratamento e disponibilização de dados, para que se possa ter controle dos fluxos de dados com baixo custo de operação e domínio tecnológico próprio.

A Região do Alto Sapucaí, no Sul de Minas, que tem aproximadamente 5.500 km<sup>2</sup>, teve o primeiro sistema de telemetria implantado no ano de 2002, com parceria entre a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e a Copasa MG, em consequência das fortes chuvas que aconteceram entre os dias 2 e 4 de janeiro de 2000 e que causou a inundação de extensas áreas urbanas e rurais nas cidades dessa região. Esse evento revelou a necessidade de um monitoramento em tempo real dos parâmetros hidrológicos como a chuva e precipitação para a emissão de alertas para as comunidades locais. Esse sistema funcionou entre os anos de 2002 e início de 2015 e teve o Laboratório de Informações Hídricas (LIH) da UNIFEI como gestor. As estações pluviométricas automáticas ou convencionais possuem equipamentos para medição do volume precipitado em função do tempo. Os pluviômetros convencionais são aparelhos totalizadores que medem a altura de chuva total em um determinado período de tempo.

Os pluviômetros automáticos podem ser digitais ou analógicos. Os automáticos digitais são equipamentos que registram automaticamente as variações de chuva ao longo do tempo e reuni as informações em formato digital. Os automáticos analógicos, também denominados de pluviógrafos, são equipamentos que registram em um gráfico as alturas de precipitações em função do tempo. Por

meio dos pluviômetros automáticos é possível quantificar a altura pluviométrica, a duração e a intensidade de chuvas (BLAINSKI, 2012). Atualmente, a grande maioria das novas instalações utilizam somente pluviômetros automáticos e digitais.

As estações fluviométricas automáticas são usadas para indicar a vazão em uma determinada seção topobatimétrica de um curso d'água, no decorrer do tempo. Essa medição é realizada, atualmente, por meio de sensores de pressão ou acústicos que medem o nível do rio, para um específico instante de tempo (leituras em tempo real). Os instrumentos automáticos mais aplicados para medir e registrar a variação do nível d'água de um rio no decorrer do tempo são os sensores de pressão hidrostática, que permanecem submersos e possibilitam o registro contínuo dos níveis d'água em uma seção de rio (PACA, 2008). Por meio desses equipamentos quantifica-se a descarga líquida da seção em função do tempo. Modelos vazão-vazão – que correlacionam vazões entre seções de montante e jusante de um curso d'água, assim como modelos chuva-vazão – que correlacionam as precipitações na bacia com as vazões líquidas nas seções topobatimétricas, são utilizados para um maior entendimento da drenagem nas áreas estudadas.

É possível, e desejável, instalar uma estação pluviométrica no mesmo ponto onde está instalada a estação fluviométrica. Essa conduta tem o objetivo de expandir o número de variáveis monitoradas em pontos estratégicos da bacia hidrográfica. Esse é o caso da maioria das estações hidrometeorológicas levantadas no presente estudo (FORMIGA, 2005).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Descrição da área de estudo**

O Brasil é o maior país da América do Sul e da região da América Latina. Delimitado pelo oceano Atlântico a leste, o Brasil tem um litoral de 7.491 km. O país faz fronteira com todos os outros países sul-americanos, exceto Chile e Equador, sendo limitado a norte pela Venezuela, Guiana, Suriname e pelo departamento ultramarino francês da Guiana Francesa; a noroeste pela Colômbia; a oeste pela Bolívia e Peru; a sudoeste pela Argentina e Paraguai e ao sul pelo Uruguai. A topografia brasileira também é diversificada e inclui morros, montanhas, planícies,

planaltos e cerrados. A grande extensão territorial do Brasil abrange diferentes ecossistemas, como a Floresta Amazônica, reconhecida como tendo a maior diversidade biológica do mundo. A extensão territorial é de 8.510.295 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). Na Figura 2 está evidenciada a inserção do Brasil na América do Sul.

Figura 2: Mapa da América do Sul.



Fonte: disponível em: <https://escolakids.uol.com.br/geografia/localizacao-do-brasil.htm>.

No Brasil as águas superficiais estão distribuídas em 12 regiões hidrográficas, onde foram agrupadas por bacias com rios de grande vazão e bacias menores do litoral brasileiro, formadas por rios com pequena extensão e vazão. Cada rio ou curso d'água brasileiro possui características próprias e complexas que resultam da combinação de vários aspectos geográficos da região onde está localizado, entre eles, o clima, o relevo, a cobertura vegetal, como também da ação do homem na natureza. A Figura 3 retrata a delimitação das bacias hidrográficas brasileiras. Deve-se lembrar que, de acordo com a legislação brasileira, a bacia hidrográfica é a unidade básica para gestão, planejamento e estudos de recursos hídricos.

Figura 3: Mapa das Regiões Hidrográficas Brasileiras.



Fonte: ANA – Agência Nacional das Águas, 2005

### 3.2. Levantamento das estações hidrometeorológicas do Brasil

A principal fonte de informações sobre estações hidrometeorológicas espalhas pelo Brasil foi encontrada no site da Agência Nacional das Águas (ANA). No que se refere ao monitoramento das águas no Brasil, o órgão público ANA é responsável por acompanhar a situação dos recursos hídricos e coordena a Rede Hidrometeorológica Nacional que capta, com o apoio dos estados e outros parceiros, informações como nível, vazão e sedimentos dos rios ou quantidade de chuvas. Além de, em colaboração com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), definir as regras de operação dos reservatórios das usinas hidrelétricas, para garantir que todos os setores que dividem o reservatório, tenham acesso à água represada.

A ANA disponibiliza informações e dados dessas estações nos seguintes sistemas: Hidroweb (banco de dados com todas as informações coletadas pela



dados, foi possível fazer a contagem das estações pluviométricas e fluviométricas com status ativo e inativo no Brasil, além de quantificar quantas estações usam o sistema de telemetria ou não, visto que esse sistema é o mais atual e eficiente.

Nesse processo, separamos e quantificamos as estações ativas e inativas de forma regional e estadual, o que facilitou a visualização e nos deu um olhar crítico na análise dos totais obtidos, visto que dependendo da região/estado há mais necessidade ou não de mais estações em operação. Além disso, pesquisamos a quantidade de estações de países da América Latina e Europa escolhidos de forma aleatória para comparar com a quantidade de estações no Brasil.

Verificamos também os principais setores responsáveis pela coleta, manutenção e uso de dados das estações hidrometeorológicas para os mais diversos fins.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

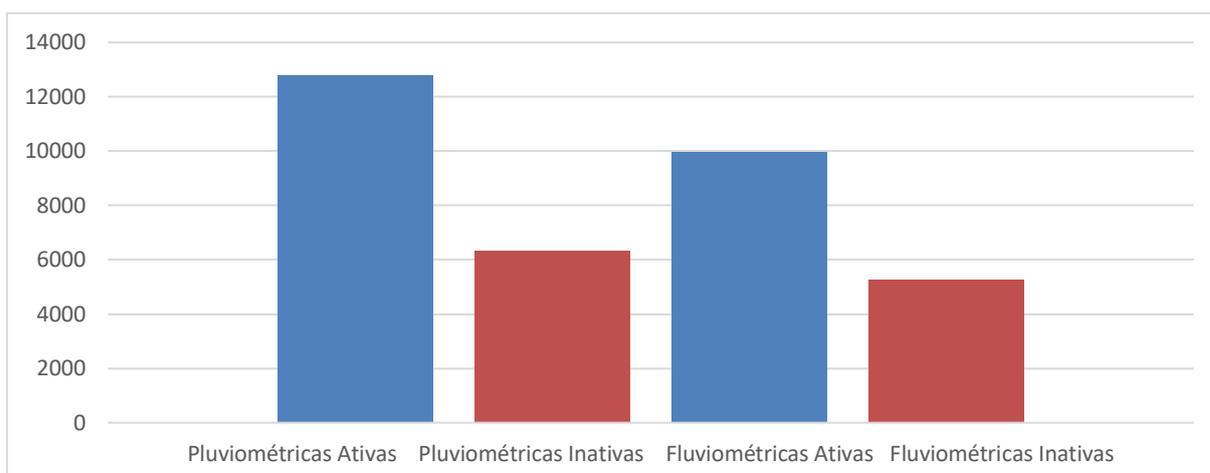
De acordo com os dados obtidos há, atualmente no Brasil, um total de 34.331 estações, incluindo estações pluviométricas e fluviométricas; sendo que 11.553 (44%) estão com status inoperante (Tabela 1). É importante ter o conhecimento de que quanto mais estações com status de funcionamento ativo, mais dados os responsáveis podem obter para posteriormente utilizar de forma consciente, na distribuição, abastecimento e saneamento urbano.

Tabela 1: Estações ativas e inativas no Brasil.

<b>Estação - Tipo</b>	<b>Ativo</b>	<b>Inativo</b>	<b>Total Geral</b>
Fluviométrica	9.967	5.247	15.214
Pluviométrica	12.811	6.306	19.117
<b>Total Geral</b>	<b>22.778</b>	<b>11.553</b>	<b>34.331</b>

Na figura 5 é mostrado, na forma gráfica, o resultado da tabela anterior. É importante lembrar que a conduta de se instalar estações fluviométricas e pluviométricas simultaneamente no mesmo ponto da bacia tem o objetivo de expandir o número de variáveis monitoradas em pontos estratégicos das bacias hidrográficas.

Figura 5: Total de estações pluviométricas e fluviométricas ativas e inativas no Brasil.



Se expandirmos a observação e fizermos a consolidação de estações por região, vemos que o Sudeste tem o maior destaque; logo após está a Região Nordeste. Isso está diretamente ligado à necessidade de uma maior quantidade de estações para essas regiões, tanto pelo volume populacional como é o caso do Sudeste, quanto pela necessidade de gestão na distribuição e abastecimento hídrico nos estados nordestinos, devido ao histórico de grandes secas frequentes. Enfatizando que ainda que o total de estações seja aparentemente alto (o que não é e será melhor explorado nas conclusões deste trabalho), é possível observar também que ainda há um grande número de estações inoperantes.

Nas Figuras 6 e 7 são evidenciadas a quase paridade entre estações inativas e ativas por região brasileira. A pergunta que podem ser feitas são: por que isso aconteceu? Por que não houve a iniciativa da modernização das já alocadas?

Figura 6: Estações pluviométricas ativas e inativas por região.

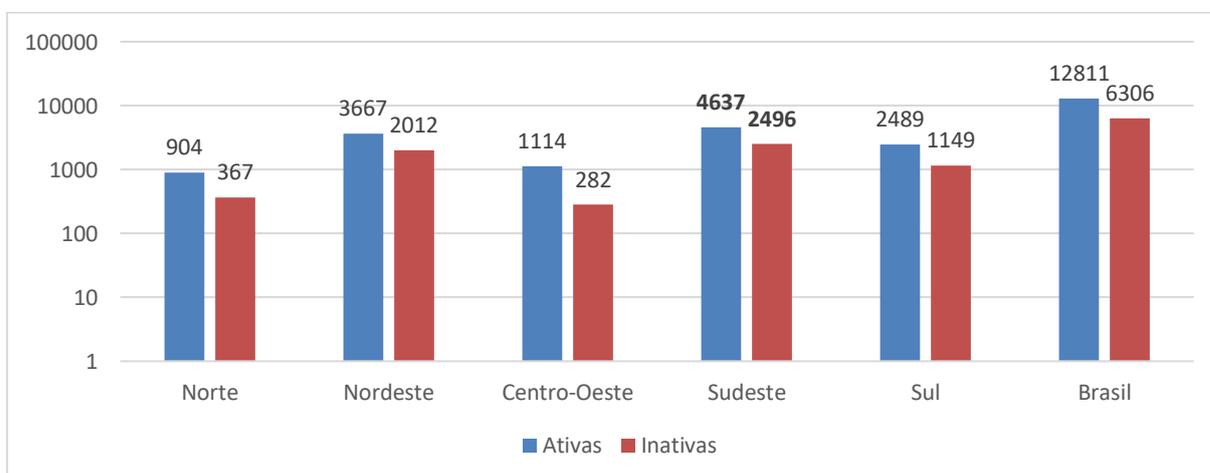
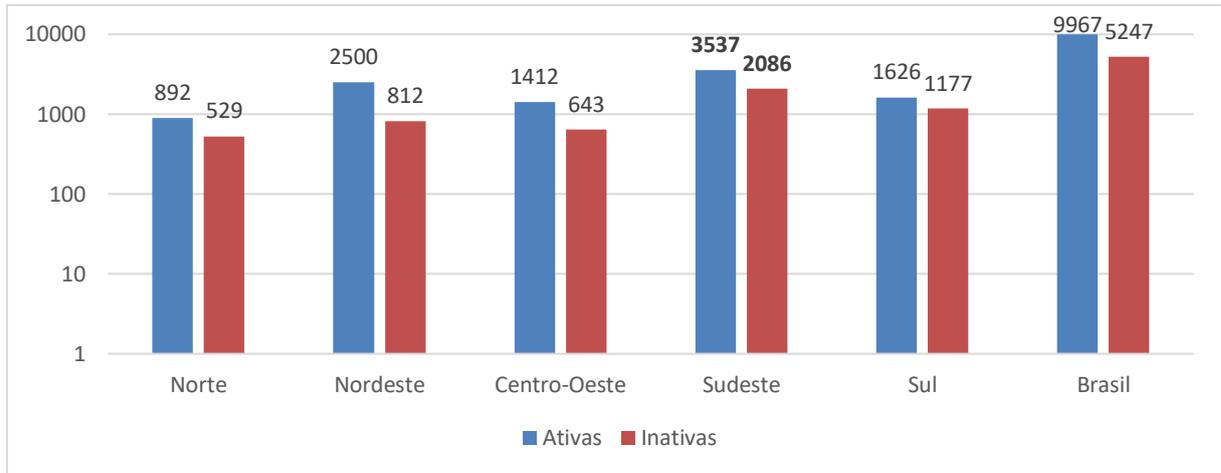


Figura 7: Estações fluviométricas ativas e inativas por região.



A sequência de análise deste trabalho, implicitamente visto, é país-regiões-estados. Agora, vamos observar a quantidade de estações por estado, assim podemos ver como cada estado investe em estações hidrometeorológicas para o monitoramento hídrico.

Nas Figuras 8 e 9 notamos que no estado de São Paulo (SP) há uma quantidade mais elevada de estações ativas, tanto pluviométricas quanto fluviométricas, logo em seguida o estado de Minas Gerais (MG). Isso pode estar ligado ao fato de que nesses estados, há uma densidade populacional maior que os demais estados, o que faz com que a demanda hídrica seja superior aos mesmos. Em contrapartida, os estados do Acre (AC) e Rondônia (RR), são os estados com menos estações, podendo ser associado também a densidade populacional, que é o oposto dos estados de MG e SP. Além de possuir menos estações, podemos observar também que quase metade do total de estações tanto pluviométricas quanto fluviométricas, estão inoperantes.

Figura 8: Estações pluviométricas ativas e inativas por estado.

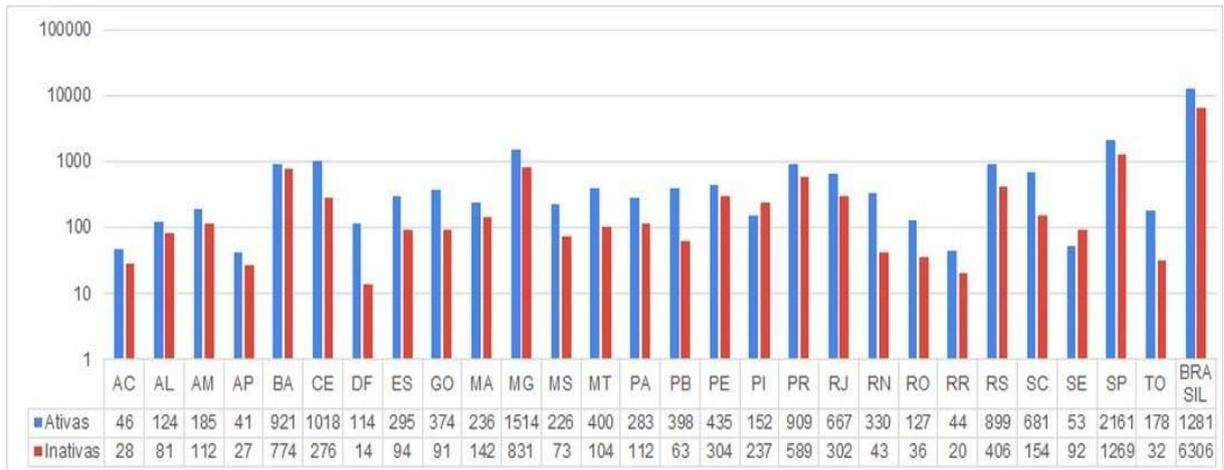
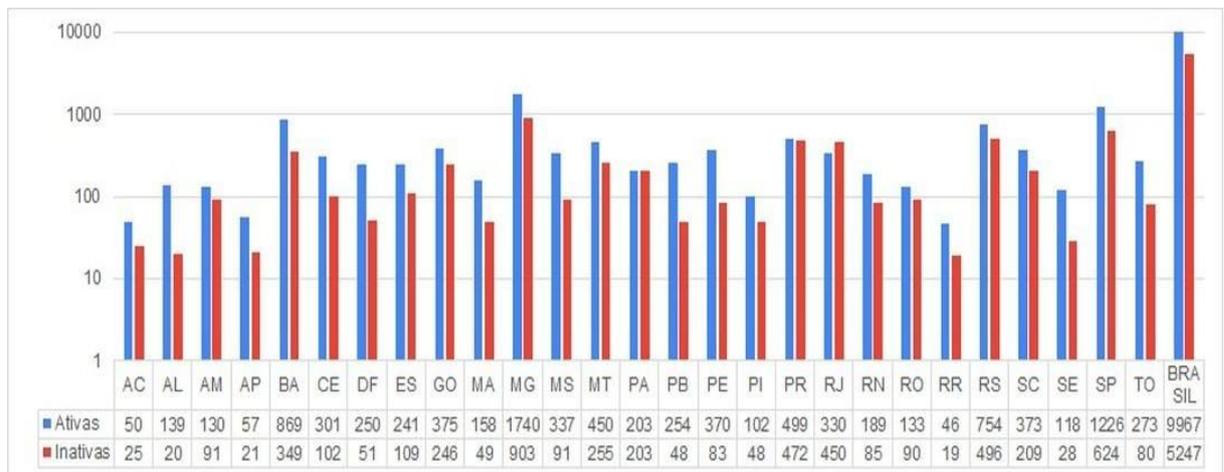


Figura 9: Estações fluviométricas ativas e inativas por estado.



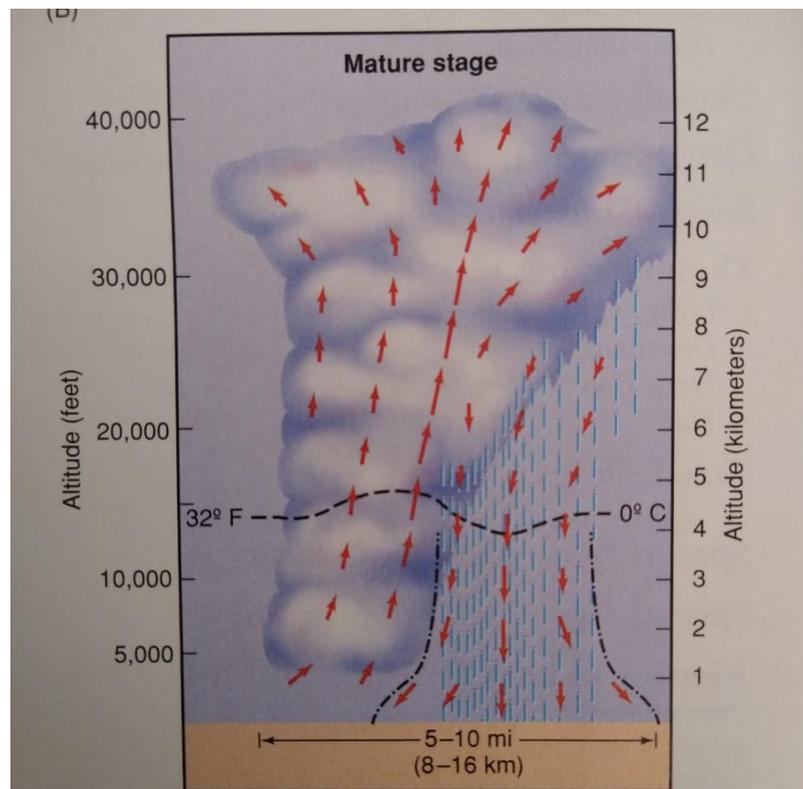
Se relacionarmos a área de cada estado com o total de estações pluviométricas e fluviométricas ativas, e também fazer a mesma relação para todo o Brasil, podemos compreender melhor a importância da quantidade de estação por estado. No geral, há mais carência de estações ativas para estados com áreas extensas, devido à necessidade de suprir a demanda de distribuição, abastecimento hídrico e elétrico, entre outras utilidades.

Para que possamos entender melhor, uma estação pluviométrica instalada em uma região montanhosa, por exemplo, em média, tem um raio de precisão de, no máximo, 300 km<sup>2</sup>, com esse valor variando de acordo com o local de instalação (fonte: LIH). A estação fluviométrica, por sua vez, depende dos pontos de interesse para o monitoramento de reservatórios, operação de barragens, monitoramento de cursos d'água, estudos sobre disponibilidade hídrica, entre outros.

Neste trabalho faremos a proposição de que, para haver um ótimo monitoramento pluviométrico, deveríamos ter 1 estação pluviométrica cobrindo uma área de 16 km<sup>2</sup>. Mas o porquê dessa afirmação?

A explicação para isso se baseia na ocorrência de uma precipitação advinda de uma simples CB (cumulonimbus) de dimensões mínimas – algo que na literatura se dá com uma base que varia entre 8 e 16 km de extensão. Percebendo que, pela Figura 10, a precipitação ocorre numa das metades da base da CB e que a dimensão mínima a ser utilizada é de 8 km de base, a distância máxima entre 2 estações pluviométricas será de 4 km. Assim, a área a ser coberta pela estação fará parte de uma grade quadrangular com 16 km<sup>2</sup> em cada quadrícula.

Figura 10 – Uma CB em seu estágio de maturidade.



Fonte: Moran e Morgan – Meteorology.

Reitera-se que isso não será análogo para as fluviométricas, visto que a alocação dessas é influenciada pela necessidade de gestão local das vazões dos rios.

Nas Figuras 11 e 12 são mostradas essas relações área por estações pluviométricas e fluviométricas para cada estado e também para Brasil. Se

observarmos o estado de Roraima (RR), por exemplo, há em média uma estação pluviométrica por 5083 km<sup>2</sup> e uma estação fluviométrica por 4862 km<sup>2</sup>; ou seja, é uma área muito grande para que só uma estação abranja. Por outro lado, no estado do Rio de Janeiro (RJ), há em média uma estação pluviométrica por 66 km<sup>2</sup> e uma estação fluviométrica por 133 km<sup>2</sup>, mostrando que as que estão em funcionamento conseguem suprir as observações para uso de dados com um mínimo de confiabilidade.

Nota-se que, pelo critério estabelecido para as estações pluviométricas, nenhum estado brasileiro atingiria a mínima área recomendada neste trabalho (16 km<sup>2</sup>).

Figura 11: Razão área/estação pluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil.

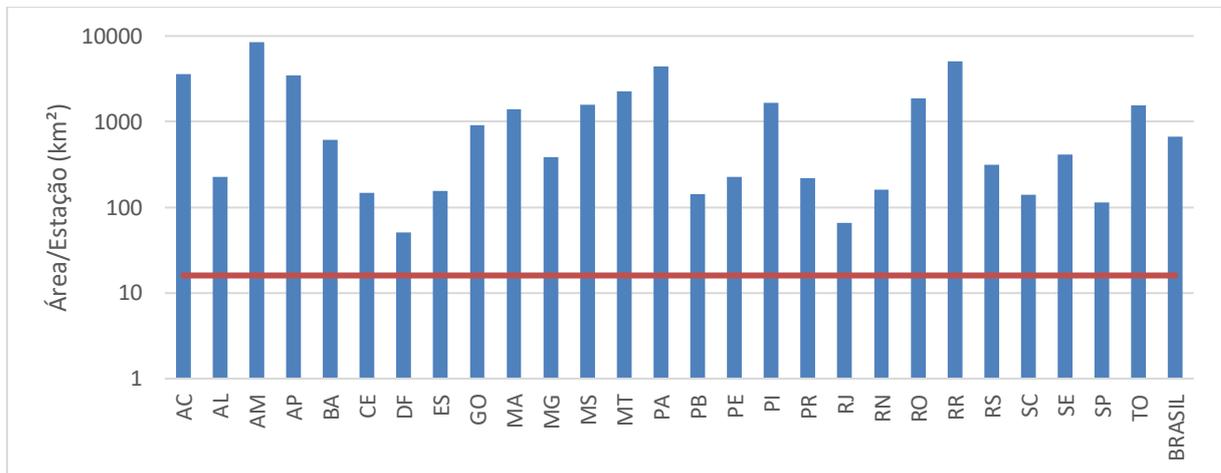
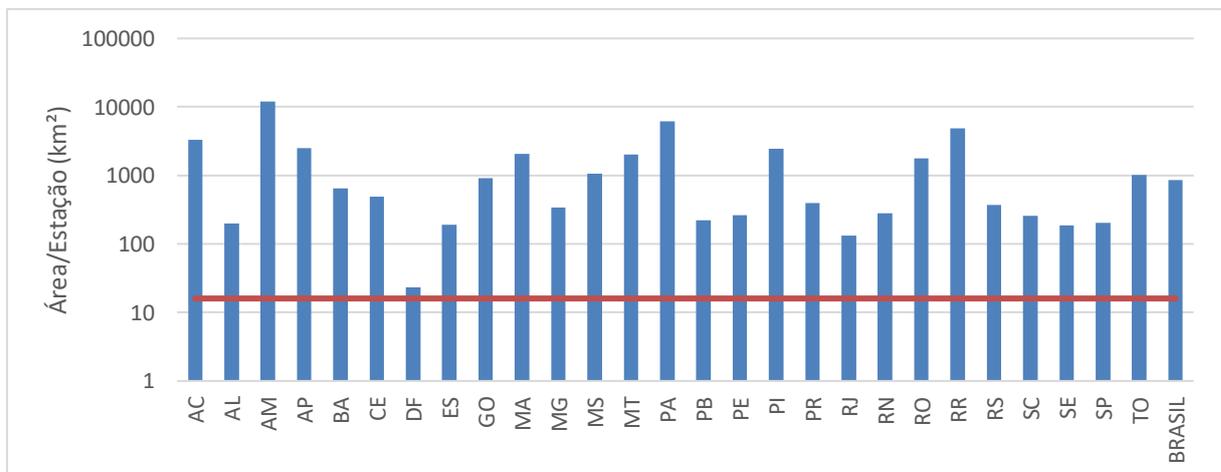


Figura 12: Razão área/estação fluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil.



No decorrer do trabalho mencionamos que para obtenção dos dados das estações hidrometeorológicas, há 3 tipos de sistemas utilizados: o convencional, o

automático e o telemétrico. O sistema de telemetria é o mais eficiente, pois transmite os dados em tempo real.

Por esse motivo, elaboramos gráficos mostrando a quantidade de estações ativas que fazem uso desse sistema (Figuras 13 e 14). Assim, podemos visualizar melhor se as estações brasileiras já estão fazendo uso dessa tecnologia que automatiza em muito o processo de coleta de dados, além de que, considerando uma cenário de risco eminente, por exemplo, é mais eficiente saber o que está acontecendo em tempo real, e assim, tomar as melhores decisões frente a essas situações.

Em termos de Brasil, o percentual de estações pluviométricas e fluviométricas com telemetria são, respectivamente, 47,5% e 36,1%. As estações que não fazem uso da telemetria, no Brasil, ultrapassam as estações que fazem o uso desse sistema. Um controle da qualidade desses dados é imprescindível para um sistema de gerenciamento de recursos hídricos, e a eficiência do sistema só é percebida se há disponibilização dos dados em tempo real.

Como podemos ver, a maioria das estações ainda fazem uso de sistemas convencionais e/ou automáticos para coleta de dados (figuras 13 e 14), o que não torna muito eficiente a coleta de dados, pois a percepção/compreensão dos dados sofre um atraso considerável em função da coleta de dados por parte dos operadores das estações. É importante enfatizar que o sistema de telemetria é o mais indicado, visto que esse sistema se mostra muito eficiente, tanto pelo fato de obter dados em tempo real, quanto pela não dependência de um técnico ir até o local fazer a coleta dos dados. Ademais, para estações instaladas em lugares remotos, se faz necessário o uso dessa tecnologia, com custo-benefício bem reduzidos.

Figura 13: Estações Pluviométricas Ativas com e sem Sistema de Telemetria.

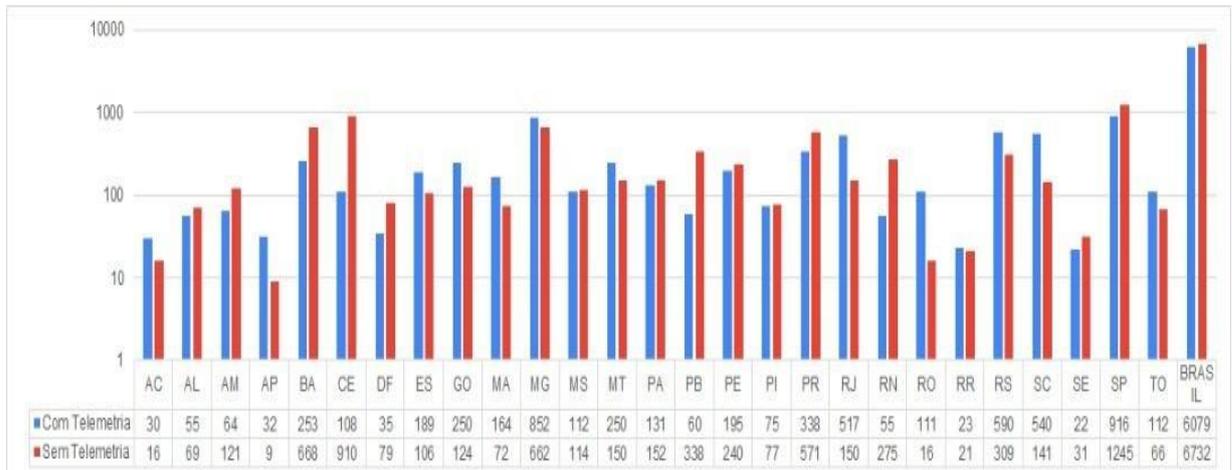
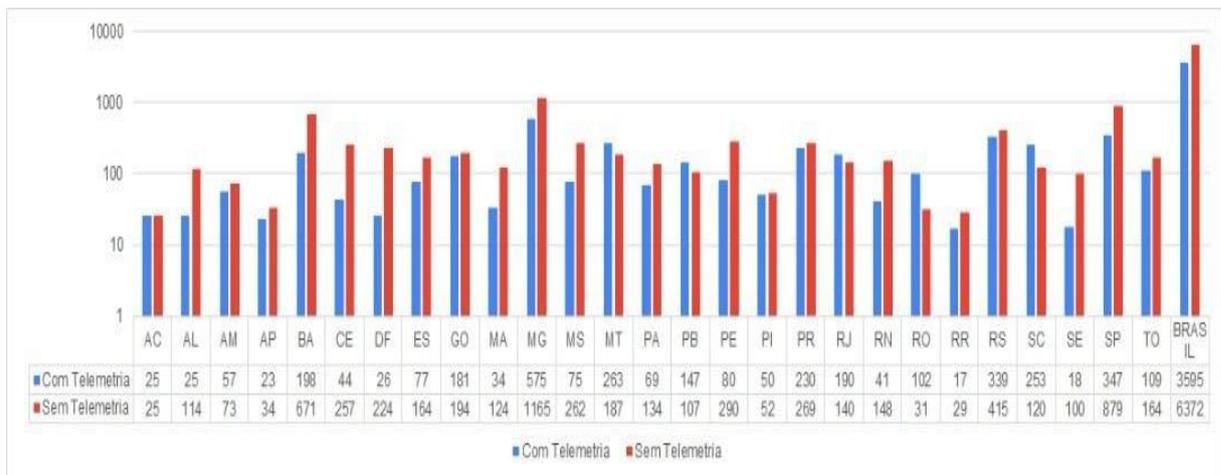


Figura 14: Estações Fluviométricas Ativas com e sem Sistema de Telemetria.



Inserindo, novamente, a razão entre a área de cada estado com o total de estações pluviométricas e fluviométricas ativas com telemetria, obtém-se a Tabela 6. E, como consequência, as Figuras 15 e 16. Dessa maneira foi possível identificar quantos estados já fazem uso dessa tecnologia e quão distantes estão da meta a ser estabelecida como sendo mínima. Nas Figuras 15 e 16 podemos tomar novamente como referência os estados de RR e do RJ. Mais uma vez, em RR, vê-se que uma estação pluviométrica com uso de telemetria cobre em média, uma área de 9724 km<sup>2</sup> no estado de RR e uma estação fluviométrica, de 13156 km<sup>2</sup>. No estado do RJ, por sua vez, uma estação pluviométrica telemétrica abrange, atualmente, uma média de 85 km<sup>2</sup>, e uma estação fluviométrica telemétrica, uma área de 230 km<sup>2</sup>, o que está dentro dos limites aceitáveis para uma boa observação.

Figura 15: Razão área por estações pluviométricas que fazem uso do sistema de telemetria para os estados brasileiros e Brasil.

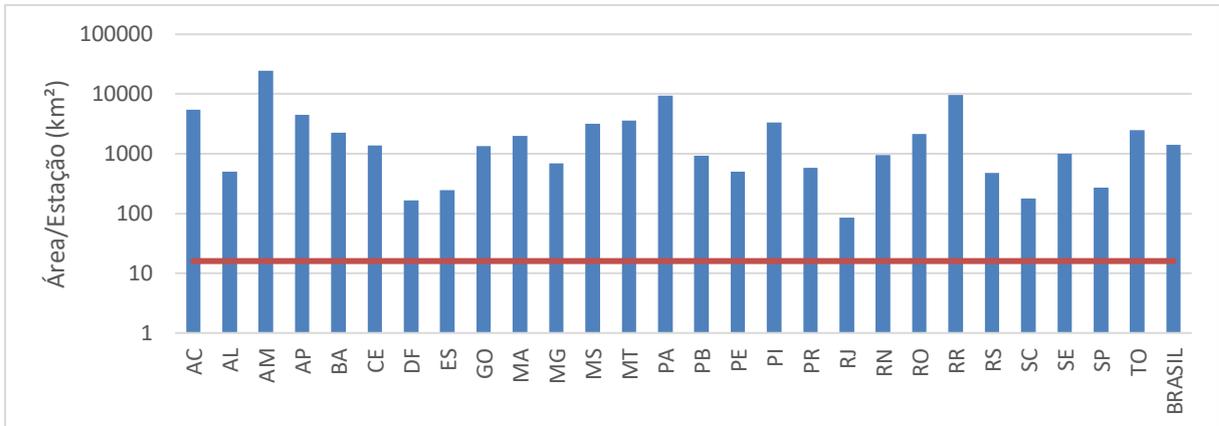
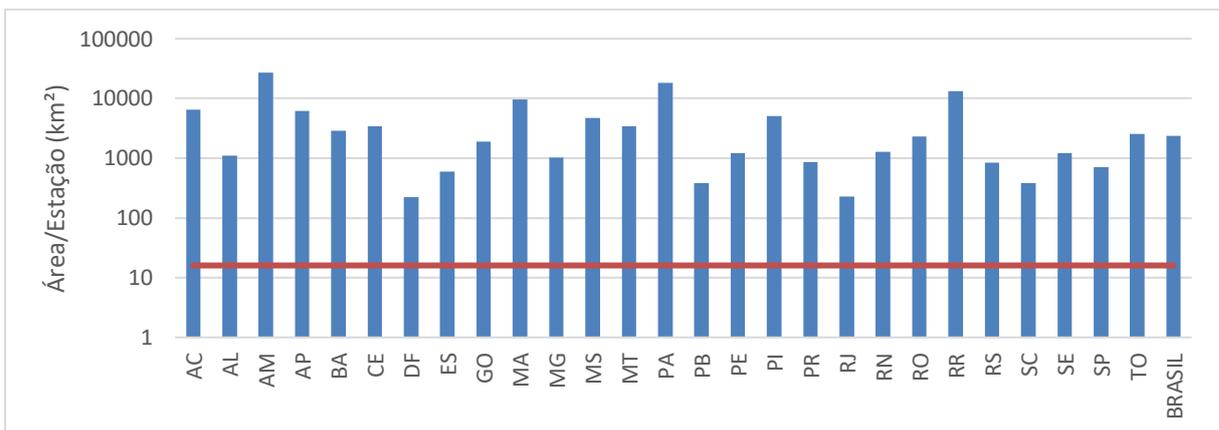


Figura 16: Razão área por estações fluviométricas que fazem uso do sistema de telemetria para os estados brasileiros e Brasil.

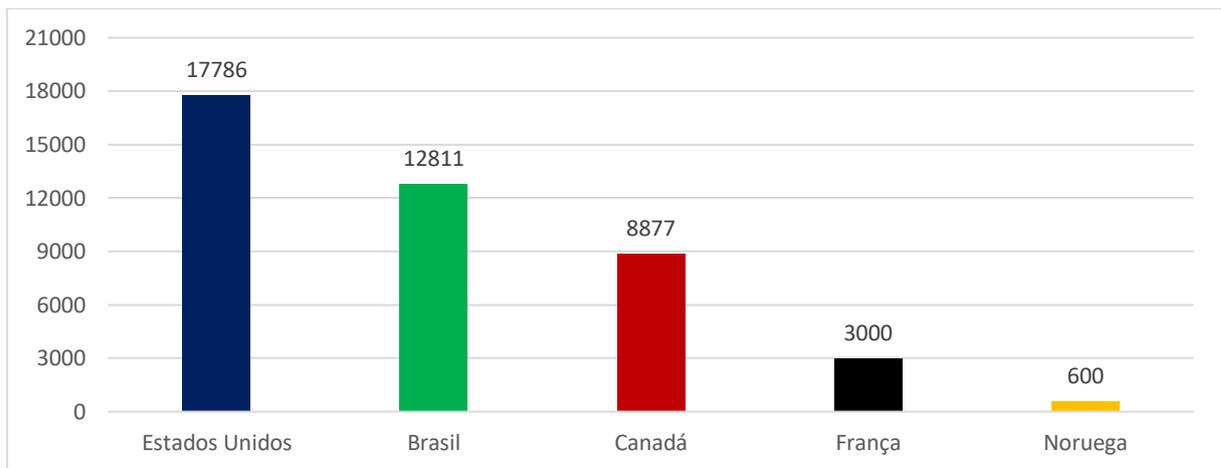


Neste trabalho tivemos o interesse também de comparar a quantidade de estações ativas no Brasil com alguns países da América do norte e Europa. aqui optamos pelos Estados Unidos (EUA), Canadá (CA), França (FRA) e Noruega (NOR). Para tanto, buscamos as informações necessárias no *site* da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Neste local podemos buscar as principais informações sobre estações ativas espalhadas pelo mundo. No entanto, as informações que obtemos dos países aqui citados foram apenas as quantidades de estações pluviométricas; assim, iremos considerar apenas estações pluviométricas ativas para comparação. E também, não nos preocupamos se eram com ou sem telemetria.

Quando comparamos a quantidade de estações pluviométricas ativas no Brasil, com alguns países da América do Norte e Europa (Figura 17), vemos que o

Brasil possui uma quantidade menor de estações ativas em comparação com o EUA. Mas em comparação com os demais países citados o Brasil se sobressai. No entanto, devemos levar em consideração algumas particularidades de cada país como a necessidade de mais estações ativas para monitoramento hídrico e, primordialmente, a área de cada país.

Figura 17: Comparação de quantidade de estações pluviométricas ativas entre o Brasil e outros países.



A razão entre área de cada país e o número de estações pluviométricas ativas está mostrada na Tabela 2.

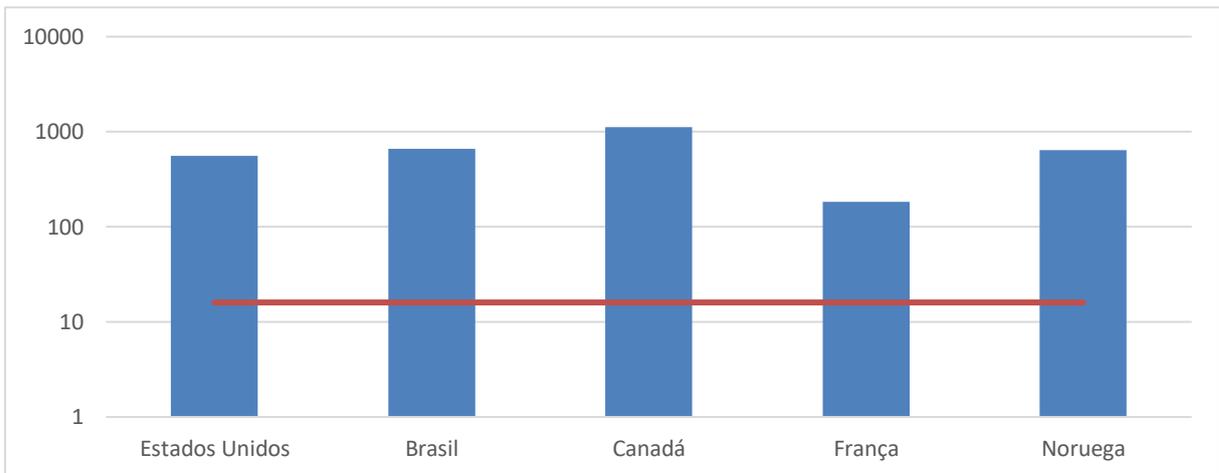
O Brasil por exemplo, tem uma área maior que os demais países citados (Tabela 2), isso significa que o Brasil deveria ter mais estações ativas que os demais países citados, e isso acontece quando comparamos o Brasil com o Canadá, a França e a Noruega. Mas, quando comparamos com os EUA, o Brasil possui um número menor de estações pluviométricas (figura 17). Ou seja, fica claro que o Brasil ainda precisa crescer bastante a sua rede de estações para monitoramento hídrico.

Tabela 2: Razão área/ estação pluviométrica para os países, Estados Unidos, Brasil, Canadá, França e Noruega.

País	Nº de Estações Pluviométricas	Área	Área/Estação
Estados Unidos	17786	9.834.000	553
Brasil	12811	8.515.767	665
Canadá	8877	9.976.139	1124
França	3000	547.557	183
Noruega	600	385.207	642

Na figura 18 está mostrado de forma mais detalhada a influência da área no diz respeito ao alcance de uma estação pluviométrica. No Brasil, uma estação faz a coleta de dados para uma área 665 km<sup>2</sup> em média. Por outro lado, na França, uma estação fluviométrica cobre uma área de 183 km<sup>2</sup> em média, o que proporciona dados mais confiáveis e precisos na formulação das políticas de planejamento e gestão.

Figura 18: Razão área/estação pluviométrica ativa para os estados brasileiros e Brasil. e outros países.

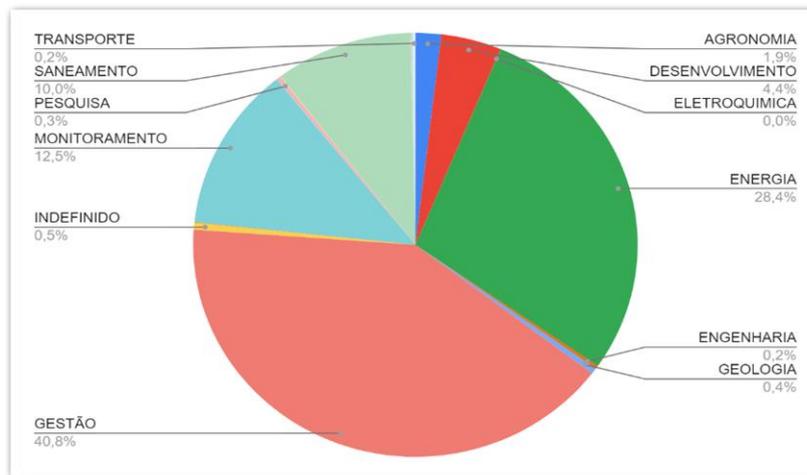


Mencionamos que há diferentes setores que possuem interesse nos recursos hídricos, entre eles estão os principais setores da economia. Cada setor tem seu interesse específico nesse recurso tais como: vazão para geração de energia, quantidade para abastecimento público, irrigação, entre outros. Por esse motivo, produzimos um gráfico para melhor visualização dos principais setores (Figura 19). Coletar, processar, armazenar dados exige conhecimento teórico e técnico. Os setores responsáveis pela coleta de dados e manutenção das estações hidrometeorológicas têm papel fundamental para gestão e conservação dos recursos hídricos.

Analisando a Figura 19 podemos evidenciar, que, em primeiro lugar temos o setor de gestão dos recursos hídricos, sendo que esse setor é importante pelo fato de acompanhar a situação da qualidade e da quantidade das águas do país, além de divulgar relatórios periódicos sobre a oferta e a demanda de recursos hídricos. A ANA, por exemplo, é a principal agência que atua na gestão desses recursos. Em segundo lugar está o setor energético, levando em consideração que o Brasil tem

uma matriz energética brasileira que é baseada em fontes renováveis; sobretudo a energia hidrelétrica. Em terceiro lugar, e não menos importante, o setor de monitoramento hídrico, este faz parte da instrumentação para coleta de dados e possibilitam um melhor entendimento e previsão dos processos ocorridos nas bacias hidrográficas, grandes ou pequenas, tornando-se peça fundamental para os setores subsequentes.

Figura 19: Setores Responsáveis pela Coleta de Dados nas Estações Hidrometeorológicas.



É fato que um setor está ligado ao outro, e é por esse motivo que a observação, coleta e preservação dos dados, tanto históricos quanto dados em tempo real são de suma importância para a sociedade como um todo. O setor de monitoramento, por exemplo, pode ser utilizado para pesquisas acadêmicas - como esta aqui presente - para navegação, transporte, agronomia, entre muitas outras.

## 5. CONCLUSÃO

O Brasil é um país de fartos recursos hídricos, apresenta o terceiro maior potencial hidrelétrico da Terra, visto que a maioria dos seus rios é de planalto. É por esse motivo que se faz necessário o estudo e acompanhamento constante desse recurso essencial a vida, tanto para fins de distribuição, quanto para conservação.

É necessário ter uma rede de monitoramento adequada para extrair as informações necessárias para posteriormente processar e, de acordo com os dados obtidos, poder tomar decisões importantes frente a qualquer situação que envolva os recursos hídricos.

Após a consolidação das estações hidrometeorológicas ativas, inativas, comparação entre países, regiões e estados individualmente, fomos capazes de perceber o quanto o Brasil ainda precisa dar mais atenção e suporte a esse recurso tão precioso para nós.

É necessário mais investimento nas estações de monitoramento; isto é, em tecnologias mais precisas e automatizadas para as instrumentações e manutenção dos mesmos.

Além disso, ainda há muitas estações desativadas. Fazer a reativação destas estações, que até o momento estão desativadas, seria um ótimo começo.

É de suma importância investir em formas sustentáveis tanto no processo de coleta, de uso, aproveitamento e reaproveitamento dos recursos hídricos. Isso faz com que tenhamos, por mais tempo, esse bem tão precioso e poderemos prever e evitar uma possível escassez dos recursos hídricos.

## 6. REFERÊNCIAS

- BINDA, Andrey Luis et al. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE INUNDAÇÕES E DE ALAGAMENTOS REGISTRADOS NA CIDADE DE CHAPECÓ-SC (1980-2010). **RAÍZES**, Curitiba, p. 35-50, 2012.
- BLAINSKI, E.; GARBOSSA, L.H.P.; ANTUNES, E.N. **Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação**. Florianópolis: Epagri, 2012, 43p. (Epagri. Documentos, 240).
- CAZENAVE, A.; SAVENIJA, H. Preface to the special issue of hydrology from space. **Survey Geophysics**, v.29, p.241-245, 2008.
- CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO (SULCOMP), 2008, Criciúma-SC. **Sistema de Monitoramento Hidrológico utilizando Inteligência Artificial [...]**. Santa Catarina: [s. n.], 2008. v. 4.
- Engman, E.T. Remote Sensing Applications to Hydrology: Future Impact. **Hydrological Sciences Journal**, Vol. 41, n.º 4, pp 637 – 647, 1996.
- FORMIGA, Maurício Marinho. **COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA UM SISTEMA DE TELEMETRIA DE BAIXO CUSTO**. 2005. Dissertação (Mestre em Informática) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, [S. l.], 2005.
- GARCIA, Joaquin Ignacio Bonnacarrère; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias. Monitoramento Hidrológico e Modelagem da Drenagem Urbana da Bacia do Arroio Cancela - RS. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Rio Grande do Sul, v. 11, n. 4, p. 99-108, 2006.
- GUIMARÃES, Daniel Pereira. ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS EM MINAS GERAIS. **Embrapa Milho e Sorgo**, Minas Gerais, n. 21, p. 1-90, 2010.
- LAKSHMI, V. Remote sensing and hydrology. In: ASWATHANARAYANA, U. (Org.). *Advances in water science methodologies*. **Londres: Taylor & Francis**, 2005, p.3-24.
- LIANG, S. Quantitative remote sensing of land surface. **Nova Jersey: John Wiley & Sons**, 2004.
- MATTOS, ANTONIO MÁRCIO PAIVA. **Monitoramento Hidrológico - Via Telefonia Celular - para apoio a Sistemas de Previsão de Cheias**. Dissertação (Mestre em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Itajubá, MG, 2004.
- MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros et al. CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: abordagens e Conceitos. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, ano 12, v. 1, n. 21, p. 1-11, 2010.
- PACA, VICTOR HUGO DA MOTTA. **Análise de informações satelitais e dados convencionais da rede pluvio-fluviométrica como contribuição a modelagem hidrológica na região Amazônica** - Estudo de caso: bacia do Rio Guamá – Pará [Rio de Janeiro] 2008XI, 121 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2008) Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- PAGNOCCHESCHI, Bruno et al, (ed.). *Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação / Agência Nacional de Águas*. Brasília: **Agência Nacional de Águas (ANA)**, 2016. 93 p. ISBN 978-85-8210-033-2.

Rango, A. & Shalaby, A.I. Operational Applications of Remote Sensing in Hydrology: Success, Prospects and Problems. **Hydrological Sciences Journal**, Vol. 43, n.º 6, pp 947 – 968, 1998.

REFSGAARD, J.C. Towards a formal approach to calibration and validation of models using spatial data. In: GRAYSON, R.B.; BLÖSCHL, G. (Orgs.). Spatial patterns in catchment hydrology. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2000. p.329-354.

REIS, João Bosco Coura. MONITORAMENTO E ALERTA DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ (MG) POR REGRESSÃO POLINOMIAL. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 134-148, 2016.

SCHULTZ, G.A.; ENGMAN, E.T. Remote sensing in hydrology and water management. **Nova York: Springer**, 2000.

TUNDISI, José Galizia. CICLO HIDROLÓGICO E GERENCIAMENTO INTEGRADO. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, p. 1-33, 2003.

TUCCI, Carlos E. M. HIDROLOGIA: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: **Universidade/UFRGS**, 2001. 70 p. v. 4. ISBN 85-7025-298-6.

WARREN, Morris Scherer. INTEGRAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E MODELOS HIDROLÓGICOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 35, p. 143-159, 2013.

XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2015, Brasília. Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável: desafios do conhecimento e da gestão. **APLICAÇÃO PRELIMINAR DO MODELO MGB-IPH PARA A BACIA HIDROGRÁFICA COMPLETA DA LAGUNA DOS PATOS**. São Paulo: [s. n.], de 22a 27 de novembro de 2015.

XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009, Campo Grande. Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável: desafios do conhecimento e da gestão. **MONITORAMENTO TELEMÉTRICO DE PARÂMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**. MS: [s. n.], 2009.