

Caracterização de regimes hidrológicos de bacias hidrográficas do Brasil

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Gabriel Rodrigues Modesto (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: gabriel.modesto@inpe.br

Daniel Andres Rodriguez (CCST/INPE, Orientador)
E-mail: daniel.andres@inpe.br

COLABORADORES

Dr. Javier Tomasella (CEMADEN)

Julho de 2017

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Nome: **Gabriel Rodrigues Modesto**

Local de Trabalho: **CCST/INPE**

Título do Projeto: **Caracterização de regimes hidrológicos de bacias hidrográficas do Brasil**

Tipo de bolsa: **Bolsa PIBIC-IC**

Período: **Fevereiro/2017 a Julho/2017**

Caracterização de regimes hidrológicos de bacias hidrográficas do Brasil

Gabriel Rodrigues Modesto¹ (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)
Daniel Andres Rodriguez² (CCST/INPE, Orientador)
Javier Tomasella³ (Cemaden, Colaborador)

RESUMO

Este trabalho propõe a caracterização de comportamento hidrológico de bacias hidrográficas do Brasil de micro a meso-escala (< 10.000 km²), para fins de regionalização. Para o andamento do trabalho foram necessárias realizar tais tarefas: Primeiro houve a necessidade de selecionar bacias, as quais a pesquisa aborda e da base de dados do Hidroweb da ANA foram extraídas séries de vazão; em segundo lugar foi realizada interpolação de dados de precipitação e após a de evapotranspiração, ambas no período de 01/01/1980 à 31/12/2010. Após interpolação, foram calculadas as médias mensais das bacias, para que assim fosse possível o conhecimento das precipitações e evapotranspirações mensais médias presentes em cada uma das 544 bacias estudadas.

¹ Aluno do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas – **E-mail: gabriel.modesto@inpe.br**

² Centro de Ciência do Sistema Terrestre - **E-mail: daniel.andres@inpe.br**

³ Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – **E-mail: javier.tomasella@cemaden.gov.br**

Sumário

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo Geral	7
2.2 Objetivos Específicos	7
3. BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BRASIL.....	8
3.1 Bacias de micro e meso-escala	9
3.2 Ciclo hidrológico	10
4. Materiais e Métodos	12
4.1 Caracterização	12
4.2 Regionalização.....	12
4.3 Seleção de dados.....	13
4.4 Interpolação de dados	13
4.5 Precipitação	13
4.6 Evapotranspiração	14
4.7 Médias Climatológicas	15
5. Considerações Finais.....	16
6. Referências	17

Lista de figuras

Figura 1 - Bacias Hidrográficas do Brasil	9
Figura 2 - Bacias de micro e meso-escala abordadas no estudo.....	10
Figura 3 - Ciclo da água	11
Figura 4 - Fórmula de Penman-Monteith	14

1. INTRODUÇÃO

A observação de dados hidrológicos sofre com algumas lacunas espaciais, temporais e até de confiabilidade, e esse desafio precisa ser vencido. Inspirando-se nesse desafio, os estudos hidrológicos têm por finalidade conduzir estimativas que confirmem os dados observados.

O Brasil é um país que possui grande potencial hídrico, chegando a ser considerado o maior potencial do mundo, contando com a maior reserva de água doce da América Latina. Por todo o território brasileiro estende-se 12 macro bacias hidrográficas, sendo elas divididas em sub bacias. Algumas sub bacias sofrem com a questão de falta de dados observados. Esta falta não é por desinteresse nas áreas em que se localizam, mas a ausência de dados observados pode-se dar pelo fato de que, em muitos lugares do terreno brasileiro, o acesso se torna inviável, fazendo com que algumas áreas do vasto território brasileiro não sejam analisadas de forma completa, tendo que se basear em áreas que são muito semelhantes, deduzindo os dados que determinada área possui, porém, de forma mais correta e com fundamentos.

O trabalho de pesquisa aborda dentro do regime hidrológico brasileiro 544 bacias hidrográficas, que estão na faixa de micro e meso escala, ou seja, até 10.000 Km² de extensão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo caracterizar e regionalizar bacias hidrográficas, de micro e meso-escala ($< 10.000 \text{ km}^2$).

2.2 Objetivos Específicos

- 1) Selecionar bacias de micro e meso-escala ($< 10.000 \text{ Km}^2$) para compor base de referência para classificação e regionalização de regimes hidrológicos característicos;
- 2) Qualificar séries históricas de vazão de bacias das bacias selecionadas;
- 3) Selecionar e calcular índices de vazão para representar as especificidades e diversidade dos regimes hidrológicos.

3. BACIAS HIDROGRÁFICAS DO BRASIL

Bacia hidrográfica define-se sendo toda área de captação natural da água oriunda de chuvas, contando com o escoamento para um único ponto de saída, que é denominado de seção de controle. Uma bacia hidrográfica é formada por um ou mais rios principais juntamente com seus afluentes. O relevo é um fator limitador de bacia, pois as áreas mais elevadas são consideradas como divisores de águas. É considerada uma área geográfica, portanto sua medição é feita em km². Bacias hidrográficas são consideradas áreas de planejamento e gerenciamento de recursos, já que ações nas bacias podem gerar consequências abrangentes.

Em poucas palavras, bacia hidrográfica possui elementos de entrada e saída, sendo eles água oriunda da precipitação e água do escoamento, respectivamente.

O Brasil é um país que possui uma vasta e densa rede hidrográfica, com rios que se destacam pela extensão, largura e profundidade.

No Brasil encontram-se 12 bacias hidrográficas sendo elas: Bacia Amazônica, Tocantins-Araguaia, Nordeste (Rio Parnaíba), São Francisco, Paraguai, Paraná, Uruguai, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul.



Figura 1 - Bacias Hidrográficas do Brasil

3.1 Bacias de micro e meso-escala

Bacias de micro a meso escala se encaixam na faixa de bacias com tamanho até 10.000 Km². Trabalhando com a faixa de micro a meso, torna mais fácil o foco na caracterização, regionalização, descoberta de recursos, processos naturais e degradação ambiental. O trabalho aborda 544 bacias, todas dentro dessa escala.

Um dos critérios de escolhas dessas bacias foi, além do tamanho, o fato delas não incluírem reservatórios de geração de energia ou de controle de cheias. Isto porque a caracterização do comportamento destas bacias exige que as vazões sejam naturais, portanto, não sujeitas ao efeito de regularização da barragem.

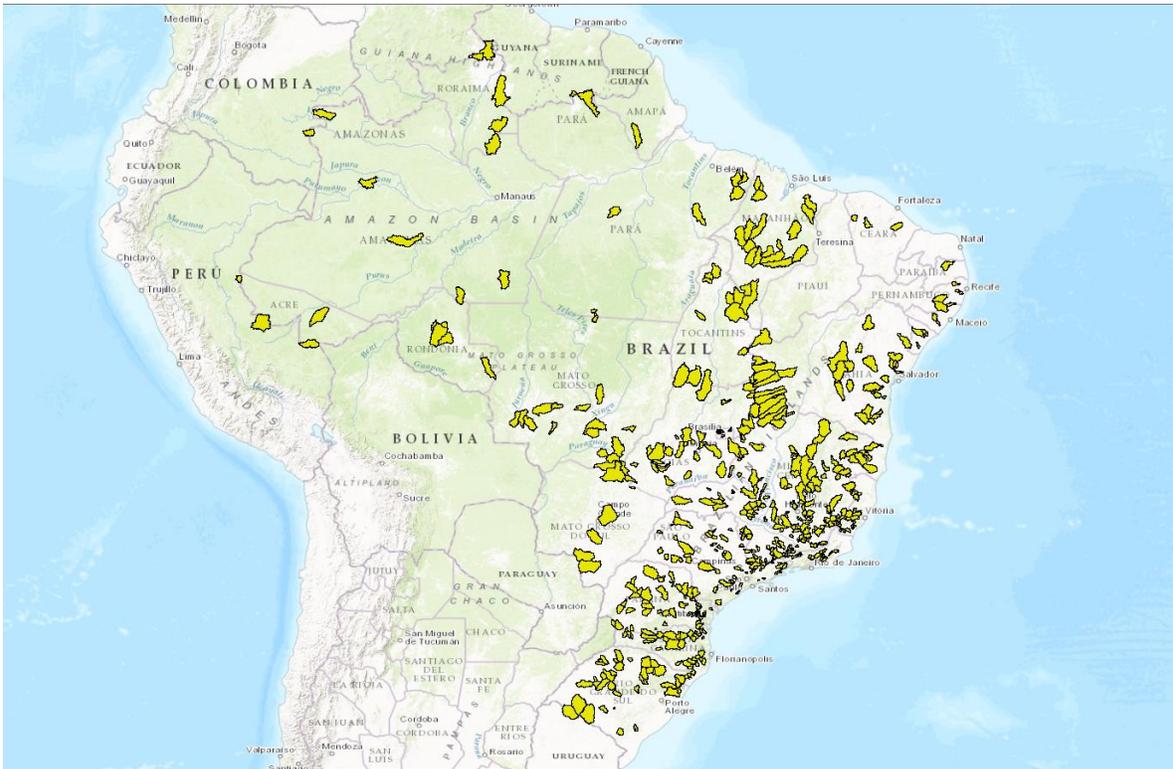


Figura 2 - Bacias de micro e meso-escala abordadas no estudo

3.2 Ciclo hidrológico

Ciclo hidrológico é o fenômeno responsável pela circulação de água entre a terra e a atmosfera, que se realiza pela troca de água entre os rios, oceanos, superfícies terrestres e a atmosfera em diferentes modos, como: chuva, neve e granizo.

Ao decorrer do ciclo hidrológico ocorrem vários processos, para que o mesmo seja modificado, sendo eles:

- Precipitação: é o vapor de água que se condensa e cai sobre a superfície;
- Infiltração: é o fluxo de água da superfície que infiltra no solo;
- Escoamento: é o movimento das águas na superfície, indo dos solos para os oceanos;
- Evaporação: é a passagem da água no estado líquido para o estado gasoso, quando se desloca da superfície para a atmosfera;

- Transpiração: é passagem da água que está nos organismos passando para a atmosfera;
- Evapotranspiração: é a absorção da água pelas plantas, que volta à atmosfera através de transpiração ou evaporação;
- Condensação: é a passagem da água na sua forma de vapor para a sua forma líquida, criando nuvens e nevoeiro.

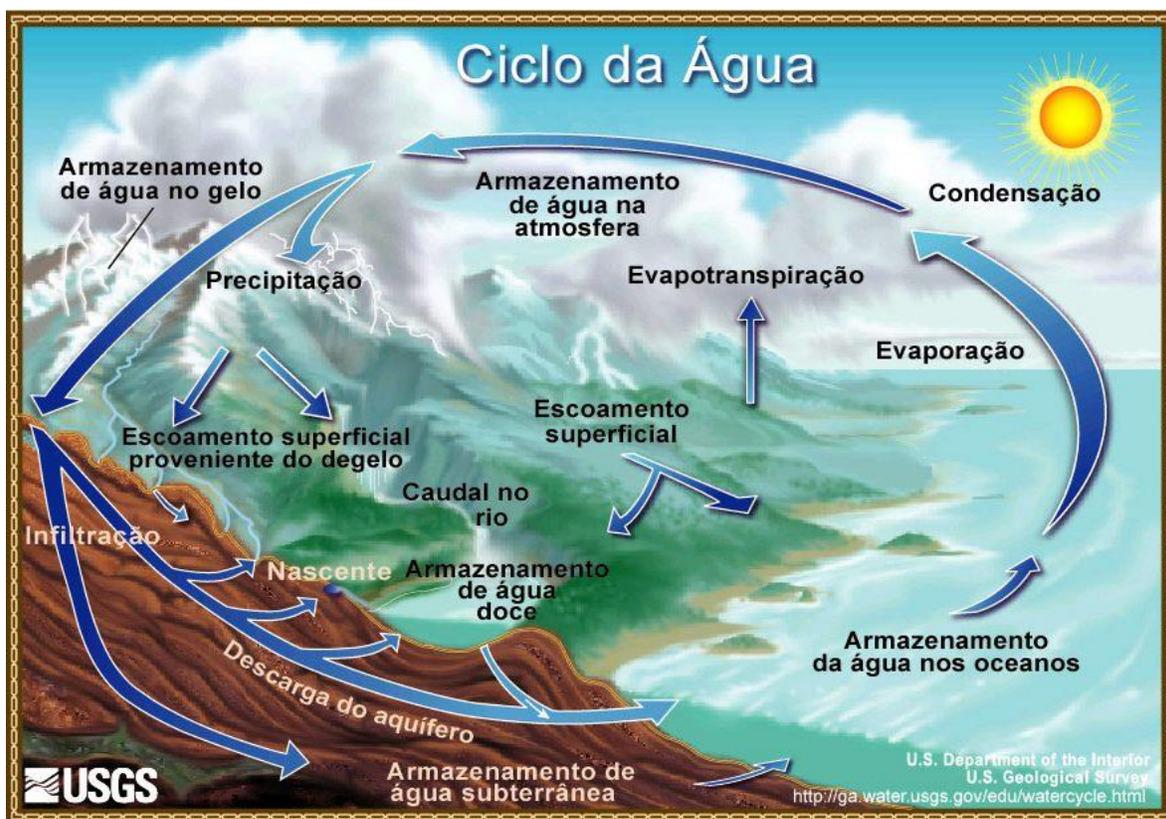


Figura 3 - Ciclo da água. fonte: Por John M. Evans/USGS-USA Gov - <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>

4. Materiais e Métodos

Este trabalho tem como base a análise de bacias hidrográficas na escala de micro a meso, para que, com seus resultados, possa-se compor uma base de referência para caracterização e regionalização das mesmas.

4.1 Caracterização

Caracterização de bacias hidrográficas é feita baseando-se nas medidas físicas de uma bacia, e é responsável por aplicações em recursos hídricos, como: estimativa do tempo de concentração de bacias hidrográficas (Silveira, 2005), cálculo da lâmina e vazão de escoamento superficial (Silva et al., 2006), regionalização de vazões hidrológicas (Fioreze, et al., 2008), estimativa de disponibilidade hídrica (SOARES et al., 2010) e inferência sobre suscetibilidade à ocorrência de inundações (Silva et al., 2009).

4.2 Regionalização

Regionalizar bacias é uma técnica que permite que bacias hidrográficas muito semelhantes tenham a mesma informação de dados, ou seja, se há duas bacias, A e B, porém, somente existem informações sobre a bacia A, mas ao analisar percebe-se que a bacia B tem sua forma, relevo, latitude e longitude muito semelhante à bacia A, dessa forma os dados da bacia A são considerados da bacia B.

4.3 Seleção de dados

A seleção de dados abordou dentro da pesquisa as bacias já antes citadas, e também a extração de séries históricas de vazão do HIDROWEB da ANA (Agência Nacional de Águas), para que assim fosse composta a base para os próximos passos do trabalho. Os dados utilizados também foram obtidos da base de dados do grupo PROCLIMA – Programa de Monitoramento Climático.

4.4 Interpolação de dados

A interpolação de dados é feita através de um conjunto de dados para ser transformado em outro conjunto de dados. No caso da pesquisa, os dados interpolados foram dados observados de precipitação e evapotranspiração, dentro do período de 30 anos, 01/01/1980 à 31/12/2010. Tal interpolação foi feita através de um programa criado no INPE, feito em Fortran, o programa faz o cálculo da média ponderada de determinada área para que assim sejam gerados arquivos binários diários, dentro do período estipulado para a interpolação.

4.5 Precipitação

Precipitação é a descrição de qualquer tipo de fenômeno relacionado à água oriunda do céu, sendo ela vinda de chuva, neve ou chuva de granizo.

Para a realização da pesquisa, foi feita a interpolação de dados observados de precipitação, no período de 01/01/1980 a 31/12/2010, sendo que os dados observados foram extraídos das bases: Cargill, Aneel, PROCLIMA, Clima, Para, SUDENE, INMET, site INMET.

4.6 Evapotranspiração

Evapotranspiração é a perda de água do solo por meio da evaporação e perda de água da planta por transpiração, onde os dois processos são simultâneos e necessitam ser mensurados de forma igualitária.

Para a realização da pesquisa, foi feita a interpolação de dados observados de evapotranspiração, no período de 01/01/1980 a 31/12/2010, sendo que os dados observados foram extraídos da base guariba, localizada na servidora pertencente ao grupo Proclima.

O método utilizado para estimar a evapotranspiração foi com a fórmula de Penman-Monteith, que está representada a seguir:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{\rho \cdot c_p \cdot (e_s - e_a) M}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)}$$

Figura 4 - Fórmula de Penman-Monteith

A fórmula é constituída por: “ λ ” representa o calor latente de vaporização da água (MJ kg^{-1}); “ ET ” representa transpiração ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); “ Δ ” representa a declividade da curva de pressão de vapor contra a temperatura ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); “ R_n ” representa o saldo de radiação ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); “ G ” representa a densidade de fluxo de calor do solo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); “ ρ ” representa a densidade do ar ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$); “ c_p ” representa o calor específico do ar ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$); “ $e_s - e_a$ ” representa o déficit de pressão de vapor de ar para altura de referência medida (kPa); “ M ” representa um valor que depende da escala de tempo usada; “ r_a ” representa a resistência

aerodinâmica (sm^{-1}); “ r_c ” representa a resistência total da cobertura (sm^{-1}); “ γ ” representa a constante psicrométrica ($\text{kPa}\cdot\text{°C}^{-1}$);

4.7 Médias Climatológicas

Como os resultados da interpolação foram arquivos binários diários, foi preciso calcular médias mensais para cada bacia presente no conjunto do estudo. As médias foram calculadas através de um programa feito em Fortran, o qual tem como base de cálculo os arquivos gerados pela interpolação. Médias realizadas para precipitação e evapotranspiração.

5. Considerações Finais

Espera-se que este trabalho traga a percepção necessária em relação as bacias hidrográficas, sendo possível constatar como são algumas destas bacias que compõem o regime hidrográfico brasileiro, adotando como fatores de foco a caracterização, regionalização, descoberta de recursos, processos naturais e degradação ambiental. Sendo assim, para que haja uma melhor avaliação da situação, composição e forma dessas bacias, é preciso que o trabalho se aprofunde mais nos estudos hidrológicos propostos inicialmente, para que os presentes e constantes desafios em relação as características de determinadas bacias sejam superados.

6. Referências

- ESPÍNDOLA, E. L. G. Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa. São Carlos: RIMA, 2004. p. 47-54.
- MEDEIROS, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba,CE. 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. Bacias Hidrográficas – Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. CIÊNCIA HOJE, Rio de Janeiro, v 19, n. 110, p. 40-45, 1995.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M (Eds). Conceito de bacias hidrográficas, teoria e aplicação. Editora da UESC, Ilhéus, BA, 289p. 2002.
- SILVA, A. M. Princípios Básicos de Hidrologia. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras-MG. 1995.
- TEODORO, W.L.I; TEIXEIRA, D; COSTA, D.J.L; FULLER, B.B. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. São Paulo, Revista Uniara, nº20, 2007.
- VINELLA, S.M. & MATTOS, A. Hidrologia aplicada, São Paulo: McGraw-Hill, 1975.