IV-015 - CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUAIA – MT

Elias Lira dos Santos Junior[(1)]
Mestre em Ciências de Engenharia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF; 2002). Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA; 1995). Professor Assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, Coordenação de Engenharia Ambiental (UTFPR-MD).
Alexandre Oliveira Silva[(2)]
Graduando de Engenharia Civil da Universidade Federal do Mato Grosso.
Christian Luiz Perlin[(3)]
Graduando de Engenharia Civil da Universidade Federal do Mato Grosso.
Guilherme Simplício Dias[(4)]
Graduando de Engenharia Civil da Universidade Federal do Mato Grosso.
Ingrid Biasetto Ens[(5)]
Graduando de Engenharia Civil da Universidade Federal do Mato Grosso.

Endereço[(1)]**:** Avenida Brasil, 4232 CEP 85.884-000 - Caixa Postal 271 - Medianeira - PR – Brasil. Telefone Geral +55 (45) 3240-8000 - Fax : +55 (45) 3240-8101. Email: eliasjunior@utfpr.edu.br

RESUMO

Este artigo visa prever o comportamento da sub-bacia do Rio Araguaia em análise, através dos eventos ocorridos na série histórica estudada. A época de maior precipitação é entre os meses de outubro e março, sendo estes dados os mais baixos entre 1987 e 1991. Constatou-se que a sub-bacia não tem tendência de inundação, devido aos seus índices de conformação, fator de forma e baixa declividade.

PALAVRAS-CHAVE: Alto Araguaia, Diagnostico Ambiental, Bacia Hidrográfica.

INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo diagnosticar a sub-bacia hidrográfica do Rio Araguaia, que está localizada na nascente da grande Bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, na divisa dos estados do Mato Grosso e Goiás. O Estudo do comportamento de uma bacia hidrográfica é de total importância para projetos de Engenharia, e dentro de um estudo minucioso é possível dimensionar projetos hidráulicos em função da caracterização da Bacia.

Para a caracterização física da bacia a metodologia utilizou ferramentas de SIG; o projeto HidroWeb/ANA ofereceu um banco de dados com todas as informações coletadas pela rede hidrometeorológica reunindo dados das vazões e chuvas das estações de monitoramento na cidade de Alto Araguaia-MT.

Os dados disponíveis pelo HidroWeb possibilitaram caracterizar a bacia diante dos fenômenos naturais, levando em conta sua forma física delimitada pela formação topográfica.

A Sub-Bacia hidrográfica do Rio Araguaia determinada para o diagnóstico, está localizada na divisa dos estados de Mato Grosso e Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil, entre as coordenadas 27°35'50 S e 48°38'24 W (Figura 1).A Sub-bacia esta localizada na nascente do Rio Araguaia.

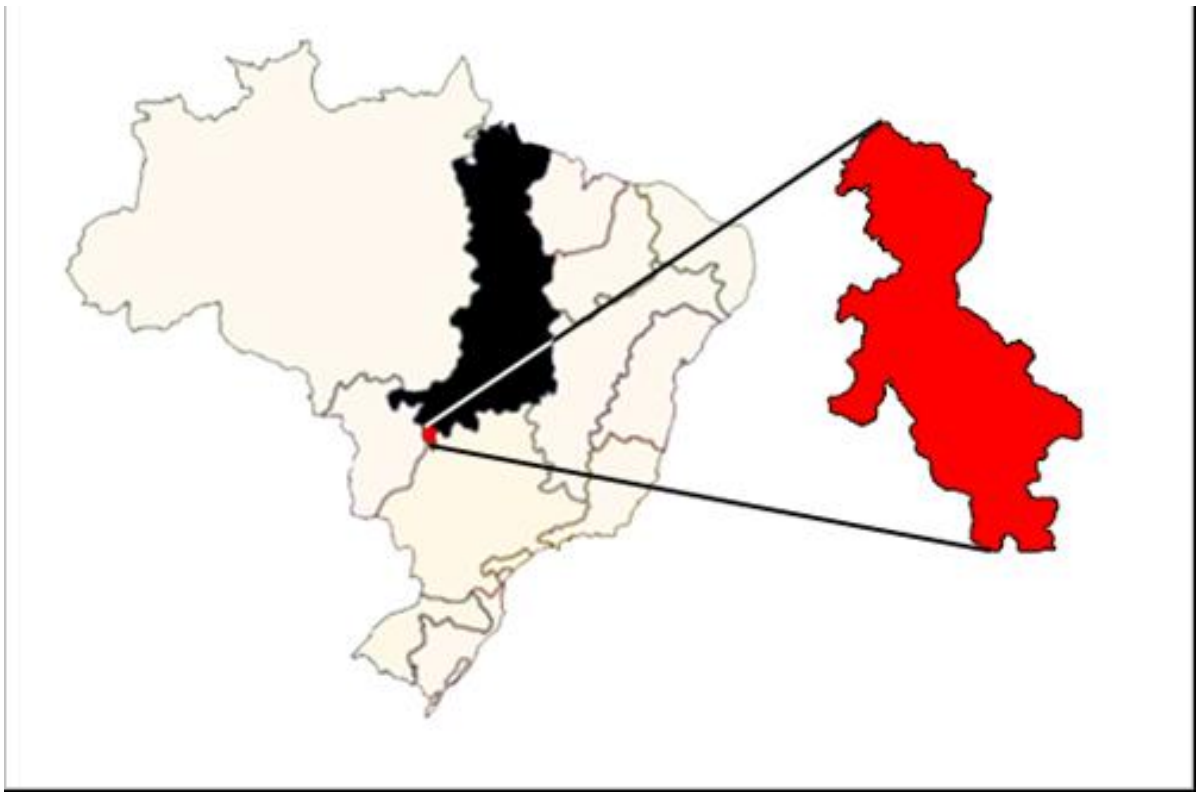


Figura 1. Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar o diagnóstico da Sub-bacia do Rio Araguaiaforam utilizados os softwares Spring 5.1.8(software SIG que permite carregar banco de imagens georeferenciadas de satélite) e Hidro 1.2.1 (software disponibilizado no site da Agencia Nacional das Aguas - ANA, que permite a entrada de dados para estudos hidrometeorológicos).

Os Bancos de dados da bacia diagnosticada disponíveis pelo INPE e ANA, em seus respectivos sítios eletrônicos foram: Imagem de Satélite LANDSAT 5 (sensor TM), com passagem no dia 08 de Abril de 2011,Imagem MDE (Modelo digital de Elevação), disponível pelo projeto TOPODATA/INPE,Chuvas Diárias com históricos dos anos de 1965 a 2011 e Vazões, com históricos dos anos de 1965 a 2007.

Devido à falta de alguns dados de chuva e vazão, decidiu-se limitar o período estudado para 21 anos, compreendidos entre 1972 e 1992. Todos os estudos relacionados a estes dados neste artigo são relacionados apenas a estes anos.

Delimitação da Bacia

Para os estudos de caracterização física da Sub-Bacia do Rio Araguaia localizou-se a o ponto de estação no modelo digital de elevação (Figura 2) disponibilizado pelo projeto TOPODATA. Este projeto foi desenvolvido por um grupo de estudos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), seus dados foram originados da missão espacial SRTM, referenciando as características geomorfológicas de todo o território nacional.

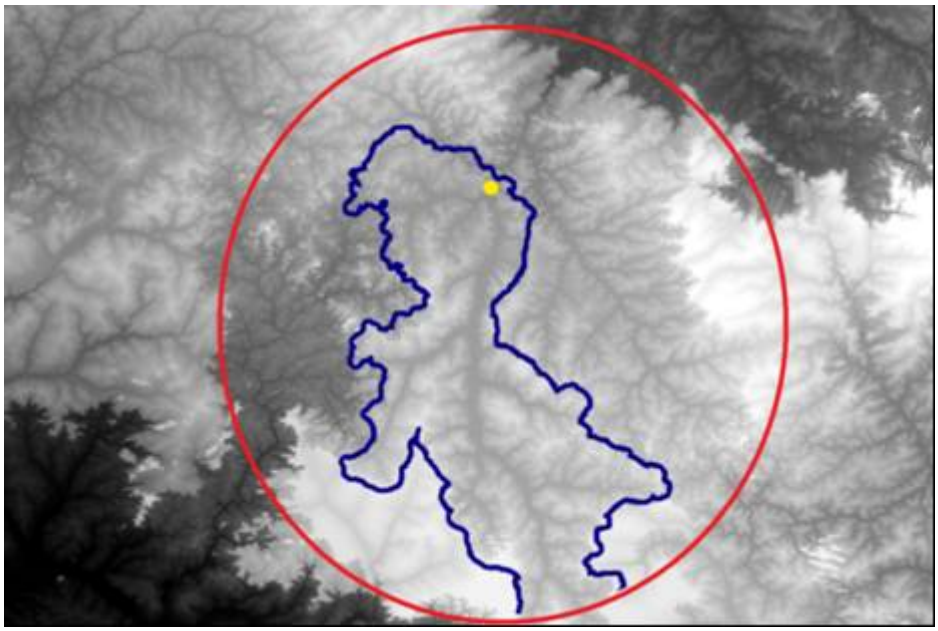


Figura 2. Modelo da estrutura topográfica da sub-bacia do Rio Araguaia.

A região circular é a localização da bacia escolhida para o estudo, o ponto amarelo representa a estação fluviométrica, que consequentemente reduz a área de estudo da bacia para a destacada.

Área de Drenagem da Bacia

Para o cálculo da área de Drenagem da Bacia foi utilizada a ferramenta *"Operações Métricas"* do software Spring 5.1.8, esta ferramenta permite o calculo da área em km² e perímetro em km, o procedimento de calculo consiste em contornar os limites da bacia, identificando os limites topográficos do terreno.

Uso e ocupação do Solo

Com base em algoritmos de classificação da máxima verossimilhança (Maxver), o software Spring 5.1.8, permite classificar o uso de todo o terreno com base na aproximação de pixels da imagem georeferenciada de satélite. O procedimento consiste em "Treinar" o algoritmo e inserir os pixels que indicam; solo exposto, vegetação, área de cultivo e curso d'agua, o resultado final gera um mapa de pixels com a classificação de cores escolhidas.
A Ferramenta "Medidas de Classes" permite calcular a percentagem de pixels totais com as quatro classes inseridas, podendo ser feito a área aproximada com base na área de drenagem total.

Classificação do Solo

Para classificar o tipo de solo da Bacia Hidrográfica em estudo, foram pesquisados os mapas interativos disponíveis pelo IBGE *(*http://mapas.ibge.gov.br/*)*, os tipos de solos foram também identificados no site da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), as coordenadas de localização da estação fluviométrica foram inseridas para localização do solo predominante.

Forma da Bacia

A forma da bacia influencia o escoamento superficial e, consequentemente, o hidrograma resultante de uma determinada chuva. Os índices mais usados para caracterizar a bacia são: fator de forma, índices de compacidade e conformação:

a) Fator de Forma:é a razão entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial. A largura média da Bacia em estudo foi subdividido em 25 regiões
b) Índice de Compacidade: é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.Os menores valores de compacidade indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados.

c) Índice de Conformação: é a relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento axial medido ao longo do curso d´água desde a desembocadura até a cabeceira mais distante do divisor de água.

Declividade

A ferramenta "Declividade" do software Spring, através dos dados das cotas do terreno advindos da imagem SRTM (representação geomorfológica da bacia, permite calcular a declividade da bacia mapeando a área em tons diferentes de coloração magenta escuro com variações de 0,01 m/m a 0,40 m/m de declividade.

Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem é definida pela relação entre o comprimento total dos cursos d'agua (Km) e a área da bacia hidrográfica (km²). A Bacia foi subdividida em 13 regiões definidas pelos cursos d'agua de 3ª Ordem, os comprimentos das 13 regiões foram somadas com o comprimento do curso d'agua principal (Rio Araguaia) resultando no comprimento total.

Hidrograma

Para a obtenção do hidrograma e do ietograma foi utilizado o software Microsoft Excel 2003 para a plotagem dos gráficos, tendo como base os dados de precipitação e vazão da bacia fornecidos pelo software Hidro 1.2.1.

Vazão Ecológica ($Q_{7,10}$)

É um método de determinar a vazão mínima, também conhecida como vazão ecológica, que visa manter os padrões de qualidade da água em corpos receptores de poluentes, sendo a quantidade suficiente para sua remoção. Obtendo tal valor mínimo, pode-se estabelecer a vazão máxima possível de ser utilizada pelos usuários.

A $Q_{7,10}$ é obtida computando-se as médias móveis das vazões médias diárias com janelas de 7 dias ao longo de um ano. Escolhe-se a mínima dessas médias, para cada ano da série histórica. Assim, obtêm-se uma série de valores mínimos de vazões médias de 7 dias consecutivos.

A principal vantagem do método $Q_{7,10}$ é que não é necessário fazer trabalho em campo, exceto as medidas das vazões, que foram fornecidas pela estação fluviométrica.

O método utilizado foi o Método de Gumbel. Por tal método, calcula-se a média (Qméd) e então o desvio padrão (S) dos valores, para usar no cálculo do coeficiente $\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$. Então se calcula o coeficiente $\alpha = \mathrm{Qmed} + 0{,}577\beta$. Calcula-se também o valor de y, através da fórmula $y = +\ln\left[-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right]$, em que T é o tempo de retorno (10 anos). Finalmente, a vazão mínima será obtida através da fórmula $Q7{,}10 = y * \beta + \alpha$.

Relações entre chuva e vazão

Para o estudo das relações entre chuva e vazão foram feitos os gráficos de Correlação Vazão x Chuva e Comportamento Vazão x Chuva (adimensional) através do programa Microsoft Office Excel 2007, com os dados da Hidroweb importados do programa Hidro 1.2.
Para plotar o gráfico de Comportamento Vazão x Chuva Adimensional usou-se os dados acumulados de chuva e vazão divididos pelas médias anuais totais. Para o gráfico da Correlação Vazão x Chuva, usou-se os valores acumulados durante a série histórica de chuva e vazão. No gráfico, pôde-se determinar uma reta de tendência que se correlaciona os dados, com uma precisão grande.

Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente superficial é a divisão entre o escoamento superficial e a precipitação.

$$CS = \frac{ES\ (mm)}{Ppt\ (mm)}$$

O cálculo de escoamento superficial foi feito através dos valores acumulados de precipitação diária (anexo 8a) e de vazão diária (anexo 8b), no intervalo de tempo de 1972 a 1992.

Para o escoamento superficial, foi considerada a vazão acumulada nesse período.

A transformação da medida da vazão (m^3/s) para mm, para que possamos relacionar com a precipitação (mm), será feita da seguinte forma:

$$Q\ (mm/s) = \frac{Q\ (\frac{m^3}{s})}{A\ (m^2)} \times 1000$$

A precipitação é a soma diária, por isso é necessário multiplicar a vazão pela quantidade de segundos que se tem em um dia:

$$Q\ (mm) = \frac{Q\ (\frac{m^3}{s})}{A\ (m^2)} \times 1000 \times 86400$$

Balanço Hídrico

O balanço hídrico envolve a continuidade de massa e troca de energia dos sistemas envolvidos no tempo e no espaço. Os componentes principais deste balanço são a precipitação, a evapotranspiração, escoamento superficial e a vazão.

Para o cálculo dos componentes, usaremos a seguinte relação:

$$ETP = P - Q;\ \text{onde:}$$

ETP = evapotranspiração (mm)
P = precipitação (mm)
Q = vazão (mm)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e Ocupação do Solo

A Tabela 1 contém os principais usos da bacia e seus respectivos percentuais de ocupação

Tabela 1: Uso e ocupação do Solo

Uso do Solo	Percentagem	Área
Curso D'água	3%	58,76 km²
Vegetação	37%	753,86 km²
Solo Exposto	21%	434,16 km²
Agropecuária	38%	779,19 km²
Total	**100%**	**2.025,97 km²**

Com base nos estudos de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Rio Araguaia observou-se que existe uma área que representa grande aproveitamento do solo para cultivo de diferentes culturas e criação de animais (38,46%), o solo exposto ficou limitante para ser analisado, podendo ser sub-classificado em área desmatada e solo arado, é possível visualizar o formato de sua classificação; áreas retangulares e mais

homogêneas são pastagens com vegetação plana, as áreas heterogêneas e próximas da vegetação são consideradas desmatamento florestal.

Tipos de Rede de Drenagem

A Figura 4 apresenta a ordem dos cursos d'água da bacia onde a cor verde- 1ª Ordem, Vermelho - 2ª Ordem, Azul Ciano - 3ª Ordem e AzulEscuro - 4ª Ordem. A numeração classifica a bacia em 13 sub-regiões a partir de cursos d'agua da 3ª Ordem.

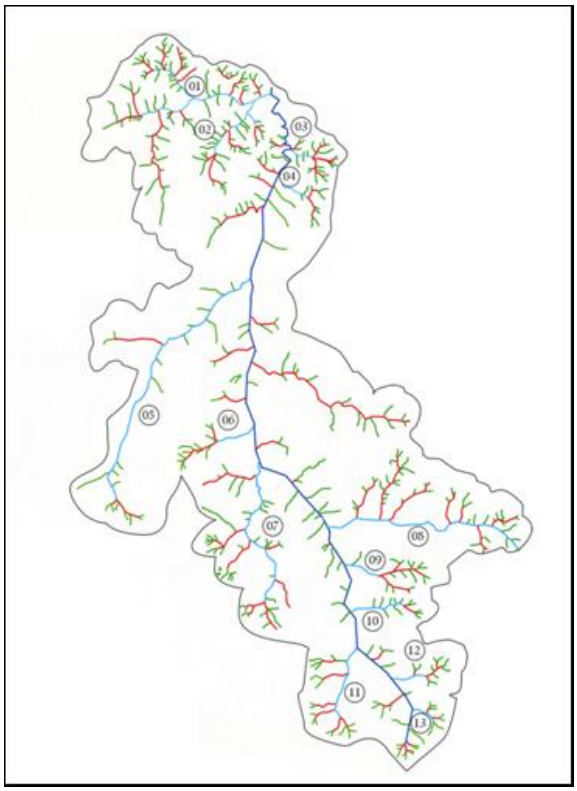


Figura 4. Representação da Ordem dos Cursos D'água.

Caracterização da Bacia Hidrográfica

No Quadro 1 apresenta-se uma síntese das características físicas da bacia.

Quadro 1: Dados Fisiográficos.

Resultados Obtidos	
Área	2.025,97 km²
Perímetro	2.335,68 km
Comprimento Axial (Rio Araguaia)	83,93 km
Comprimento Total	1123,89 km
Fator de Forma	0,29
Índice de compacidade	14,53
Índice de conformação	0,29
Densidade de Drenagem	0,55 Km/Km²
Declividade Média	0,05 m/m
Altitude Média	769,8 m
Coordenadas	27°35'50 S e 48°38'24 W
Classificação do Solo	*Neossolo Quartzarênico*
Uso do Solo predominante	Agropecuária/Vegetação
$Q_{7,10}$	31,8713 m³/s
Coeficiente de escoamento superficial	0,44805
Evapotranspiração (1972 a 1992)	20.452,42 mm
Temperatura Média	30º C

As áreas de vegetação cercam praticamente todo o curso d'água, havendo grandes áreas de matas ciliares bem preservadas, que consequentemente contribuem para a interceptação do volume de água precipitado.

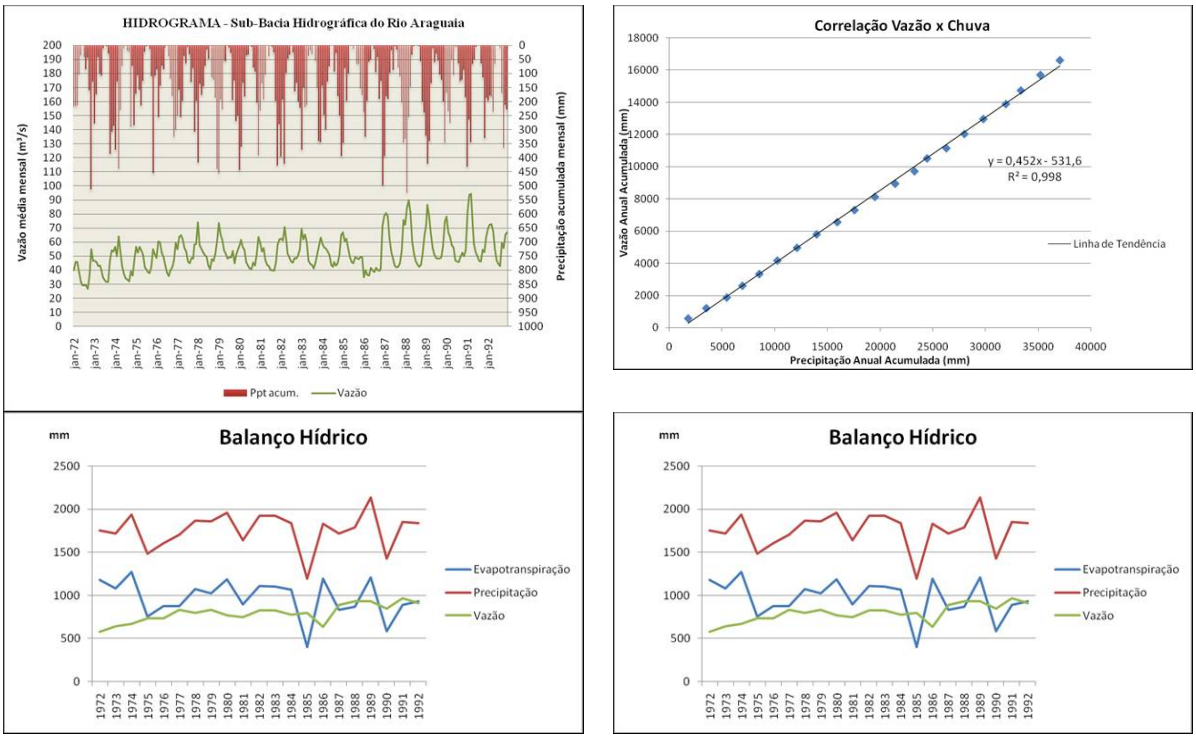
O solo predominante na Sub-Bacia do Rio Araguaia é o *Neossolo Quartzarênico*, segundo Lobato & Sousa, possui granulometria de fração de areia variável e teor máximo de argila de 15%. Para o diagnóstico da Bacia pode-se considerar que o solo apresenta elevada perda de água por infiltração rápida.

As características físicas da bacia evidenciam que a sua tendência à inundação é baixa, possui os índices de conformação e fator de forma praticamente idênticos, uma baixa declividade também contribui para uma bacia não muito sujeita a inundações.

Hidrologia

O Quadro 2 apresenta os dados hidrológicos da bacia onde observa-se que a região englobada pela sub-bacia apresenta um período de maiores precipitações nos meses de outubro a março, e, consequentemente, uma maior vazão no mesmo intervalo. Verifica-se, também, que nos anos de 1987 a 1991 as precipitações na bacia foram as mais acentuadas da série estudada.

Quadro 2: Dados Hidrológicos



Observando os dados adimensionais relacionados à precipitação e à vazão, pode-se constatar que, no intervalo de tempo estudado, eles têm um comportamento semelhante. Como os valores têm uma oscilação razoável em relação ao valor unitário, percebe-se que a série é bem heterogênea, com um desvio padrão elevado.

Os dados de precipitação e vazão não estão linearmente correlacionados. Porém, ao utilizar os dados de vazão e precipitação acumulados durante o período estudado, percebe-se que o comportamento das duas variáveis pode ser aproximado com grande precisão ao considerarmos uma correlação linear. Pode-se constatar a precisão dessa correlação por meio do índice R^2, que foi próximo da unidade (relação perfeitamente linear), ou seja, praticamente 100% dos dados podem ser correlacionados.

Comparando o coeficiente de escoamento superficial encontrado pela fórmula, com o coeficiente apresentado pela tabela que define o coeficiente através da relação da declividade, tipo de solo e uso do solo, obteve-se um dado coerente. Pela tabela, declividade de 5%, com solo arenoso e com pastagens, o coeficiente correspondente é 0,4. Sendo o encontrado pela fórmula foi 0,44805.

De acordo com o gráfico do Balanço Hídrico, percebe-se uma queda de precipitação considerável nos anos de 1985 e 1990, acompanhada de uma queda semelhante na evapotranspiração. Percebe-se que a vazão varia pouco comparativamente com os outros dados. No ano de 1986, é possível ter uma melhor análise da relação entre as três variáveis, na qual a elevação na evapotranspiração ocasionou uma queda na vazão.

CONCLUSÕES

Os dados analisados nos possibilitam "prever", com certa eficácia, os diversos comportamentos dos cursos d'água da bacia em longo prazo, informações de grande relevância para prevenção de eventos extremos, como inundações e secas, e mitigação de seus efeitos. Cabe ressaltar que, para a execução de obras de elevada importância, como barragens, rodovias, ferrovias, pontes e outras, tal conhecimento é imprescindível para o sucesso do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VILLELA, S.M.; MATOS, A. Hidrologia aplicada. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
2. PINTO, N.L. de S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. e GOMIDE, F.L.S.Hidrologia básica. ed.0. Rio de Janeiro: Editora Edgar Blücher Ltda., 2000 (janeiro). 278p.
3. TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e aplicação. 3 ed. Porto Alegre, RS:FAURGS - Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002 (janeiro). 942p.
4. Disponível em <http://www.fcth.br/fesparquivos/CH1/Cap3_Bacia_hidrografica.pdf> acesso em 22 de Novembro de 2011