

SISTEMA COMPUTACIONAL PARA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Luiz Henrique Nobre Bof^d; Heber Tormentino de Sousa²; Fernando Falco Pruski³ & João Felipe Souza⁴

RESUMO – A implantação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) criado pela Lei 9.433/97 requer para a sua estruturação a utilização de ferramentas computacionais que possibilitem a criação de bancos de dados necessários para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Para o conhecimento da disponibilidade hídrica e o dimensionamento de obras hidráulicas é essencial a quantificação de vazões, obtidas a partir da utilização de metodologias de regionalização de vazões. Com esse intuito, o presente trabalho teve por objetivo de desenvolver um modelo computacional que possibilite a realização da regionalização das vazões mínimas, máximas e médias e das curvas de regularização e de permanência. Os métodos de regionalização de vazões contemplados foram: tradicional, curva adimensional e conservação de massas. Foi integrada ao software a base hidrográfica otocodificada da Agência Nacional das Águas (ANA), que propicia a obtenção automática das características físicas das bacias. Foi empregados *web services* que permitem a importação dos dados descritivos das bacias e das estações fluviométricas, das características climáticas associadas às bacias hidrográficas e das séries históricas de dados de vazões do sistema Hidroweb. O software desenvolvido foi denominado Sistema Computacional para a Regionalização de Vazões (SisCoRV).

ABSTRACT – The implantation of the National Water Information System (SNIRH) created by the Law n° 9.433/97 requires, for its structuring, the use of computational tools that allow the creation of databases, necessary for planning and management of water resources. To the knowledge of water availability and hydraulic structures design is necessary to quantify the flow rate at any position of the stream, which is obtained from the use of regionalization methods. The present work aimed at developing a computational model to do the regionalization study of the minimum, maximum and average flow, the regularization curves and the permanence curve. The flow regionalization methods considered were: traditional, dimensionless curve and mass conservation. The database obtained from the National Water Agency (ANA) and codificated based on Otto Pfafstetter System was integrated to the software to permits the automatic acquire of the watershed characteristics. Also, it was used web services to the importation of descriptive data and fluviometric station data, climate characteristics associated with watershed and the historical flow rate data series from the Hidroweb system. The developed software was called “Computer System for the Flow Regionalization” (SisCoRV).

Palavras-chave: Recursos hídricos, regionalização de vazões, hidrologia.

1) Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFV. E-mail luizhenobre@hotmail.com

2) Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFV. E-mail htids_1@hotmail.com

3) Professor titular da UFV. Pesquisador 1a do CNPq. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. 36570.000. Viçosa – MG. E-mail fpruski@ufv.br

4) Mestrando em Engenharia Agrícola pela UFV. E-mail qgfelipe@gmail.com

INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica está relacionada aos conflitos pelo uso da água e constituem aspectos indispensáveis a serem levados em conta no planejamento e gestão dos recursos hídricos, implicando na busca de soluções orientadas aos usos múltiplos, respaldadas por políticas governamentais de longo alcance em parceria com as diversas partes interessadas. Por outro lado, as vazões máximas influenciam diretamente o dimensionamento de obras hidráulicas que visam garantir a segurança das populações e serão, num futuro próximo, seriamente afetadas pela degradação dos ecossistemas e alterações climáticas. Essa condição tende a piorar com a concentração populacional nas áreas inundáveis das bacias hidrográficas dificultando para os gestores públicos promoverem a defesa das populações contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. O consumo de água é uma questão local, mas garantir sua distribuição em quantidade suficiente, no momento e nos locais certos, e com a devida qualidade, exige que se considere a interdependência entre bacias e destas com os fenômenos climatológicos, sem ignorar aspectos como segurança, desenvolvimento humano, saúde e a viabilidade dos sistemas ambientais. Os diversos cenários relatados anteriormente demandam a quantificação das vazões, que, por sua vez, necessitam do processamento das séries de dados históricos de vazões, mediante a utilização de metodologias científicas. Essas condições exigem o desenvolvimento de sistemas computacionais que permitam coletar, armazenar, processar dados, fornecendo informações adequadas ao planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

A implantação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), criado pela Lei 9.433/97, requer para a sua estruturação a utilização de ferramentas computacionais que possibilitem a criação de banco de dados necessários para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, o presente trabalho objetivou desenvolver um modelo computacional que possibilite realizar a regionalização das vazões mínimas, máximas e médias e das curvas de regularização e de permanência.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo computacional para a regionalização de vazões mínimas, máximas e médias e das curvas de regularizações e de permanência foi desenvolvido buscando a sua integração à base hidrográfica otocodificada da ANA e a disponibilização de três métodos de regionalização: tradicional (TUCCI, 2002), curva adimensional (TUCCI, 2002) e conservação de massas (PEREIRA, 2004 e NOVAES, 2005). O software foi projetado para ser executado no sistema operacional Microsoft Windows XP ou superior. As soluções propostas seguem a abordagem de

orientação a objeto com a finalidade de gerenciar e controlar as alterações dos elementos de software, entre os quais as classes de objetos, gerados e mantidos durante o desenvolvimento de software. Na Figura 1 está representado o fluxograma das macro-funcionalidades utilizadas no desenvolvimento do software.

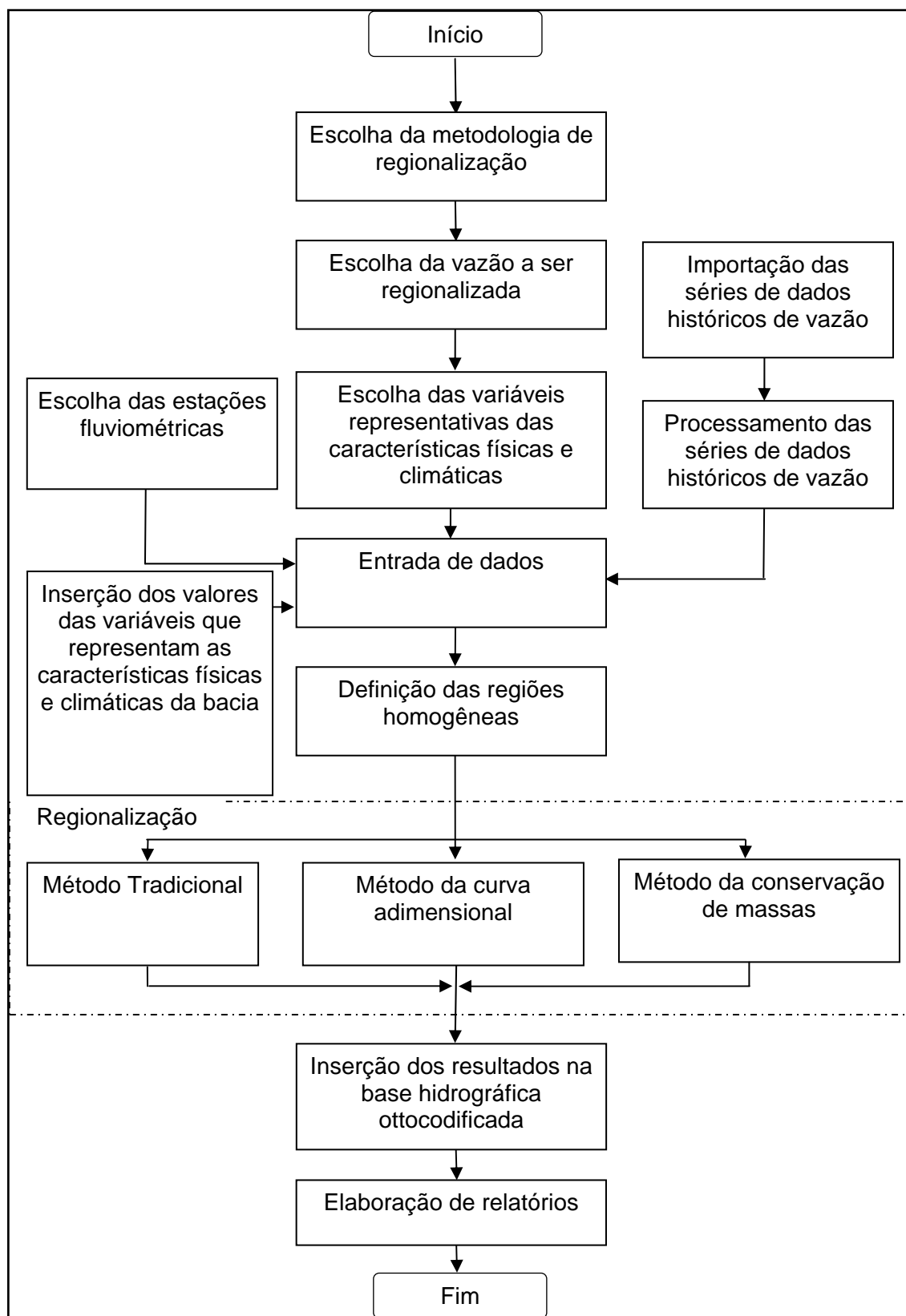


Figura 1 – Fluxograma representativo das macro-funcionalidades do software

Escolha da variável a ser regionalizada

A escolha do método de regionalização restringe as variáveis que podem ser regionalizadas.

O método tradicional é aplicável às vazões mínimas, máximas e médias, bem como às curvas de regularização e de permanência. O método da curva adimensional somente pode ser aplicado às vazões mínimas e máximas. O método da conservação das massas às vazões mínimas e médias e à curva de permanência.

Dependendo da variável, algumas configurações complementares passam a ser requeridas. Para a vazão mínima deverão ser informados o tempo de retorno e a duração; para a vazão máxima o tempo de retorno; e para a curva de permanência a probabilidade de excedência da vazão no tempo.

Escolha das variáveis representativas das características físicas e climáticas

As variáveis representativas das características físicas e climáticas das bacias, chamadas de variáveis independentes ou explicativas, são os dados hidrológicos utilizados na regressão das variáveis regionalizadas, como precipitação anual, precipitação máxima, evaporação, área de drenagem, comprimento do talvegue e declividade ou outra variável que possa explicar a variável a ser regionalizada.

Para que uma variável seja considerada adequada na realização de um estudo de regionalização é necessário que haja dados com qualidade e quantidade suficiente e que sejam obtidos por métodos que não acrescentem incertezas ao estudo. Além da disponibilidade de dados em quantidade e qualidade suficiente para a aplicação da regionalização de vazões de determinada variável independente para as estações fluviométricas de uma região hidrológicamente homogênea, ainda é preciso que essa disponibilidade se estenda a cada trecho da hidrografia onde serão aplicadas as equações. Em relação a esse aspecto técnico, a base hidrográfica otocodificada da ANA disponibiliza a área de drenagem para cada trecho da hidrografia e o Hidroweb a área de drenagem correspondente às estações fluviométricas.

Outro aspecto a ser considerado é que o conjunto de variáveis explicativas depende da metodologia utilizada e devem ser utilizadas aquelas que possuam com a variável a ser regionalizada relação de causalidade e alta correlação.

Para a regionalização da curva de regularização pelo método tradicional utiliza-se um conjunto fixo de variáveis, formado por 20 valores referentes à porcentagem da vazão média regularizada, variando de 5 em 5%, começando em 5% e terminando em 100%.

Entrada de dados

Os procedimentos utilizados para a entrada de dados exigem formatos padronizados, sendo a estrutura requerida correspondente aquela dos arquivos de dados disponíveis no Hidroweb, o que, além de minimizar o esforço necessário na entrada de dados, força a utilização de dados de boa procedência. Para tanto é utilizada também a estrutura georreferenciada que compõe a base hidrográfica ottocodificada disponibilizada pela ANA, e que constitui em importante ferramenta de suporte para a localização das estações fluviométricas.

Escolha das estações fluviométricas

As estações fluviométricas são escolhidas do inventário disponibilizado pela ANA em <http://hidroweb.ana.gov.br/fcthservices/mma.asmx/EstacaoLista> utilizando as coordenadas geográficas (latitude e longitude). Uma vez selecionada, a estação é locada na base hidrográfica ottocodificada da ANA para permitir a análise quanto à sua localização.

A locação das estações facilita a identificação de sua inclusão no estudo, sendo considerado para tanto a proximidade desta estação em relação as outras e se esta pertence à bacia em estudo ou contígua a esta.

Importação das séries de dados históricos de vazão

A importação das séries históricas destes dados permite a utilização de séries de dados atualizadas. Para esta importação empregou-se tecnologias de webservices, como solução para a integração do sistema computacional e o Hidroweb.

O sistema computacional importa do Hidroweb as séries de dados fluviométricos e os armazena em estrutura própria, o que possibilita importar séries tanto em arquivos textos como em arquivos de banco de dados utilizados nas versões anteriores do Hidroweb. Esta importação, feita diretamente, permite agilidade e eficiência na realização do estudo de regionalização.

Processamento das séries de dados históricos de vazão

O processamento das séries de dados históricos de vazão é feito para a exclusão dos dados considerados inadequados, a definição do período base e obter vazões máximas, mínimas e médias e as curvas de permanência e de regularização.

Para a definição do período base utiliza-se o diagrama de barras (disponibilidade de dados) para a visualização dos períodos com dados, aplicando-se código de cores para facilitar a identificação visual dos períodos com dados disponíveis o suficiente para realizar a regionalização.

Para realizar o processamento das séries históricas de dados de vazões foi integrado ao modelo computacional o sistema computacional para a Análises Hidrológicas (SisCAH) que é um sistema computacional projetado para funcionar no Windows, desenvolvido sob a coordenação da Universidade Federal de Viçosa, que permite importar dados dos do site da ANA, e a partir destes obter as vazões máximas, as vazões mínimas, as vazões médias, a curva de permanência, a curva de regularização, além de permitir a análise da disponibilidade de dados, estabelecer o período base, e excluir dados dos cálculos sem removê-los da série, bem como readmiti-los sem comprometer a qualidade dos mesmos. Em todos os módulos podem-se imprimir relatórios, exportar os resultados para arquivos textos ou planilhas eletrônicas, acesso a um sistema de ajuda e a documentação técnica e, onde pertinente, estão disponíveis gráficos e cálculos estatísticos, projetado em ambiente gráfico, sendo interativo e com interface amigável.

Identificação das regiões homogêneas

Os critérios de definição das regiões homogêneas não são rigidamente definidos, no entanto, é comum considerar a similaridade das características geográficas, climáticas hidrológicas e geológicas das sub-bacias para identificação da região homogênea.

Na definição das regiões deve haver sempre compatibilidade dos resultados ao longo da região, sabendo-se que esta pré-definição é provisória e sujeita a revisões. Por isso, a utilização da flexibilidade e agilidade dos procedimentos é fundamental, pois estes permitem realizar a regionalização de forma iterativa. A cada obtenção de um novo resultado, verifica se estes são coerentes, adequados, condizentes com a situação real e, caso necessário, reinicia-se o processo de identificação das regiões homogêneas.

A primeira tentativa de definição de regiões deve ser feita considerando a variabilidade do clima, da topografia, da cobertura vegetal e do tipo de solo, sem se estender por grandes extensões ou por áreas excessivamente reduzidas. As regiões são escolhidas, teoricamente, com base na homogeneidade das características hidrológicas das bacias e na distribuição geográfica das estações fluviométricas.

Quando verificados bons resultados, a região é definida como hidrologicamente homogênea para as vazões estudadas, entretanto, nos casos em que isso não ocorre, torna-se necessário subdividir a região ou agregar novas estações às regiões e reiniciar o processo.

Outro aspecto a ser observado é que se obedeça aos limites da bacia hidrográfica, englobando, inclusive, as áreas pertencentes a outras regiões administrativas, como municípios, estados ou países, mesmo que o resultado obtido não venha ser aplicado a essas localidades. A base hidrográfica otocodificada auxilia nesse processo tanto para a visualização da espacialização

geográfica das estações e da hidrografia, como para a análise da continuidade da região hidrologicamente homogênea.

Regionalização

Após a escolher as configurações do projeto, inserir os dados de entrada e proceder a identificação das regiões homogêneas o sistema computacional está apto para realizar os cálculos necessários para a regionalização. A escolha da metodologia de regionalização determinará os procedimentos matemáticos e estatísticos aplicados aos dados de entrada:

Método tradicional

O método tradicional emprega a análise de regressão múltipla para investigar como as variações nas variáveis independentes afetam a variação da variável dependente. A função matemática que relaciona as variáveis é da forma:

$$Q = F(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (1)$$

em que:

Q = vazão estimada;

X = variável independente; e

n = número de variáveis independentes.

Utilizando o artifício de transformação algébrica, aplicam-se os modelos linear, potencial, exponencial, logarítimo e recíproco de regressão à série de dados, (HOFFMANN e VIEIRA, 1983).

Os modelos são aplicáveis a vazão mínima, média, e máxima e curva de permanência. Para a regionalização da curva de regularização só o modelo potencial é aplicável.

A utilização da regressão linear múltipla e a estimação dos parâmetros estatísticos permitem a obtenção das equações que regem o comportamento hidrológico das bacias e a avaliação objetiva dos modelos identificando o mais adequado à situação em estudo.

Método da curva adimensional

Para o método da curva adimensional, as variáveis hidrológicas que podem ser regionalizadas são a vazão mínima e a vazão máxima.

O método da curva adimensional é aplicado às séries de eventos extremos (máximos ou mínimos) anuais, de forma a relacioná-los a tempos de retorno, em anos.

Às séries de eventos extremos aplica-se a seguinte equação para obter uma nova série formada por fatores adimensionais.

$$f_i = \frac{Q_i}{Q_m} \quad (2)$$

em que:

f_i = i-ésimo fator adimensional;

Q_i = i-ésimo valor de vazão do evento extremo anual, em m³/s; e

Q_m = média dos valores da série de eventos extremos anuais, em m³/s.

Calcula-se a probabilidade dos eventos aplicando-se a equação de Gumbel (eventos máximos) ou a equação de Weibull (eventos mínimos) a cada elemento da série de fatores adimensionais (TUCCI, 2002).

Equação de Gumbel:

$$P_i = \frac{i - 0,44}{N + 0,12} \quad (3)$$

Equação de Weibull:

$$P_i = \frac{i}{N - 1} \quad (4)$$

em que:

P_i = probabilidade da vazão de ordem i ser igualada ou superada nos eventos máximos; e a probabilidade da vazão de ordem i não ser superada por eventos mínimos.

i = ordem do evento; e

N = número de eventos.

Calcula-se a variável reduzida utilizando a equação:

$$Y_i = -\ln(-\ln(r)) \quad (5)$$

em que:

$r = 1 - P_i$, para os eventos máximos;

$r = P_i$, para os eventos mínimos; e

$Y_i = i$ -ésima variável reduzida.

Calcula-se o tempo de retorno associado à variável reduzida e , conseqüentemente, a probabilidade utilizando a equação:

$$T_r = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (6)$$

em que T_r é o tempo de retorno.

Ajusta-se uma regressão linear entre os fatores adimensionais e a variável reduzida, obtendo a equação:

$$\frac{Q}{Q_m} = a + b y \quad (7)$$

em que:

$a =$ intercepto da reta; e

$b =$ coeficiente angular da reta.

Aplicam-se estes procedimentos para cada estação em análise. Adicionam-se à mesma região hidrológica as estações que possuam os valores dos coeficientes b próximos entre si.

Uma vez identificadas as estações componentes da região hidrologicamente homogênea, ajusta-se uma regressão linear para relacionar os fatores adimensionais dessas estações aos respectivos tempos de retorno.

Utiliza-se o método tradicional para obter a equação que descreve a relação entre as variáveis explicativas e as médias das séries de vazões dos eventos extremos.

Por fim, aplica-se a equação:

$$\left(\frac{Q_i}{Q_m} \right)_t Q_M = Q \quad (8)$$

em que:

$$\left(\frac{Q_i}{Q_m} \right)_t = \text{fator adimensional para o tempo de retorno } t;$$

Q_M = média das vazões regionalizadas pelo método tradicional, em m³/s; e

Q = vazão regionalizada, em m³/s.

Método da Conservação de Massas

O Método da Conservação de Massas é aplicável à regionalização das vazões mínima e média e utiliza procedimentos desenvolvidos por (PEREIRA 2004) e aperfeiçoados por Novaes (2005), conforme descritos a seguir:

Ajuste de modelos de regressão não-lineares (potencial e exponencial) que representem as vazões em função da área de drenagem ou outra variável explicativa para o rio principal e ajuste de modelos não-lineares (potencial e exponencial) para cada afluente do rio principal. A diferença deste método em relação ao tradicional é que nesse caso força-se a equação a passar pelo ponto de origem e pelo valor da vazão no ponto de deságüe do afluente no rio principal. Este valor é obtido aplicando-se o procedimento obtido no procedimento descrito anteriormente.

Nesta metodologia são consideradas três situações: a) o rio principal formado pelos trechos unifilares e seqüenciais que englobem o maior número possível de estações; b) afluente que possua pelo menos uma estação fluviométrica; e c) afluente que não possua estação fluviométrica, para o qual se aplica uma equação linear simples que passe pela origem e pelo valor da vazão no ponto de deságüe deste no rio principal é obtido aplicando-se a equação obtida para o rio principal.

Nesse método é definida uma região hidrológica homogênea para cada afluente e uma para o rio principal. No contexto do software, essa região é denominada trecho para diferenciá-la das regiões obtidas pelos métodos tradicional e da curva adimensional.

Na aplicação do procedimento descrito no item b não se utiliza o método dos mínimos quadrados, mas um processo iterativo, sendo disponibilizados os diversos resultados e os melhores resultados, selecionados com base nos maiores valores de coeficiente de determinação.

Inserção dos resultados na base hidrográfica ottocodificada

A inserção dos resultados na base hidrográfica ottocodificada pode ser dividida em: inserção das variáveis que representam as características físicas e climáticas da bacia, aplicação das equações de regionalização e cálculo da vazão regionalizada para cada trecho selecionado da hidrografia no banco de dados da base hidrográfica ottocodificada.

A seleção dos trechos onde se aplicará as equações de regionalização é feita por meio do sistema de codificação proposto por Otto Pfafstetter. As equações obtidas são aplicadas o que permite o cálculo da vazão para cada trecho individualmente.

Para o método tradicional a seleção dos trechos é realizada para uma determinada região homogênea, enquanto que para o método de conservação de massa, a seleção é feita para trechos de rios que não possuam estações fluviométricas. Conseqüentemente, para as equações específicas obtidas pelo método de conservação de massa, o cálculo é feito com base na vazão específica estimada para a foz do afluente sem equação. Nessa condição, consideram-se as informações do rio com equação, sendo a vazão específica advinda da divisão da diferença entre as vazões a jusante e montante da confluência do afluente com o rio pela área de drenagem do afluente.

Elaboração de relatórios

Os relatórios são coletâneas de dados, informações e resultados do processo de regionalização que incluem metodologia, variável a ser regionalizada, variáveis que representam as características físicas e climáticas da bacia, dados de entrada, parâmetros estatísticos, as equações obtidas, tabelas e gráficos comparativos entre os valores observados e os estimados e dispersão de resíduos, informações das estações fluviométricas e vazão estimada em cada trecho da hidrografia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software desenvolvido, denominado SisCoRV, (Sistema Computacional para a regionalização de vazões), apresenta interface gráfica e requisitos como rapidez, segurança e confiabilidade. Na interação com o usuário permite a obtenção fácil e eficiente dos dados necessários à regionalização. Inclui a importação de séries de dados históricos de vazão disponíveis no sistema Hidroweb da ANA e dos valores das características físicas e climáticas associados às bacias presentes na base hidrográfica ottocodificada, bem como a possibilidade de utilizar dados oriundos de outras fontes e que podem ser inseridos diretamente ou importados de planilhas eletrônicas. Na Figura 2 é mostrada a tela de abertura do SisCoRV 1.0.



Figura 2 – Tela de abertura do SisCoRV 1.0

Na Figura 3 é mostrada a tela principal, na qual estão dispostas a lista de estações fluviométricas, suas respectivas variáveis hidrológicas utilizadas em estudo específico e a hidrografia nacional na escala do milionésimo, onde, inclusive, estão representadas as localizações das estações fluviométricas e é possível obter informações pertinentes banco de dados relacionado à base ottocodificada.

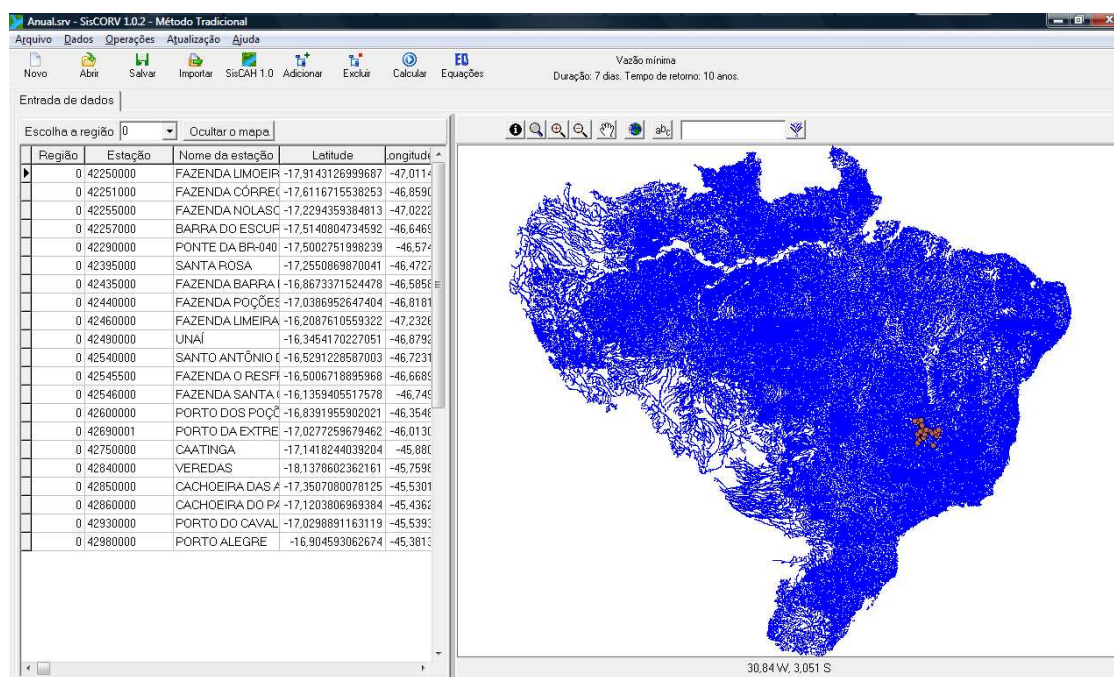


Figura 3 – Tela principal do SisCoRV 1.0.

Na Figura 4 são mostrados os resultados estatísticos para os modelos de regressão pertinentes ao método tradicional de regionalização.

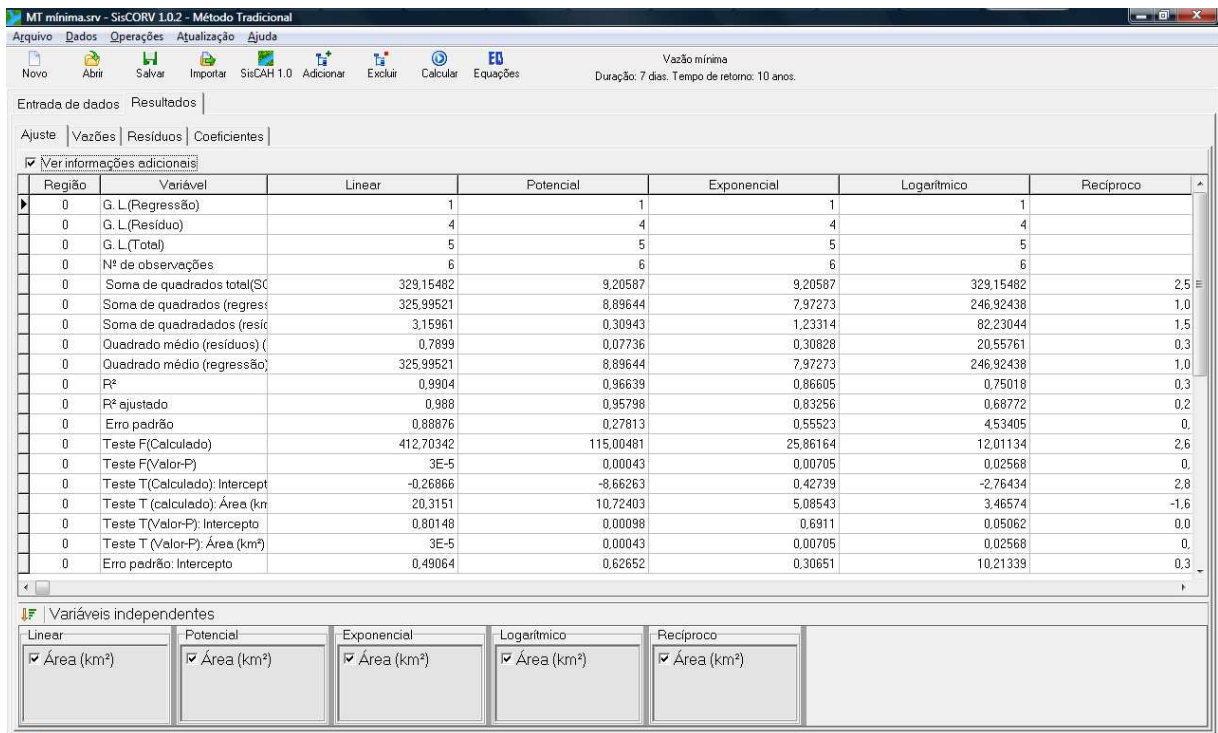


Figura 4 – Ajustes estatísticos dos modelos de regressão contemplados no método tradicional de regionalização

Na Figura 5 são mostrados os parâmetros de ajuste obtidos pelo método da curva adimensional de vazões.

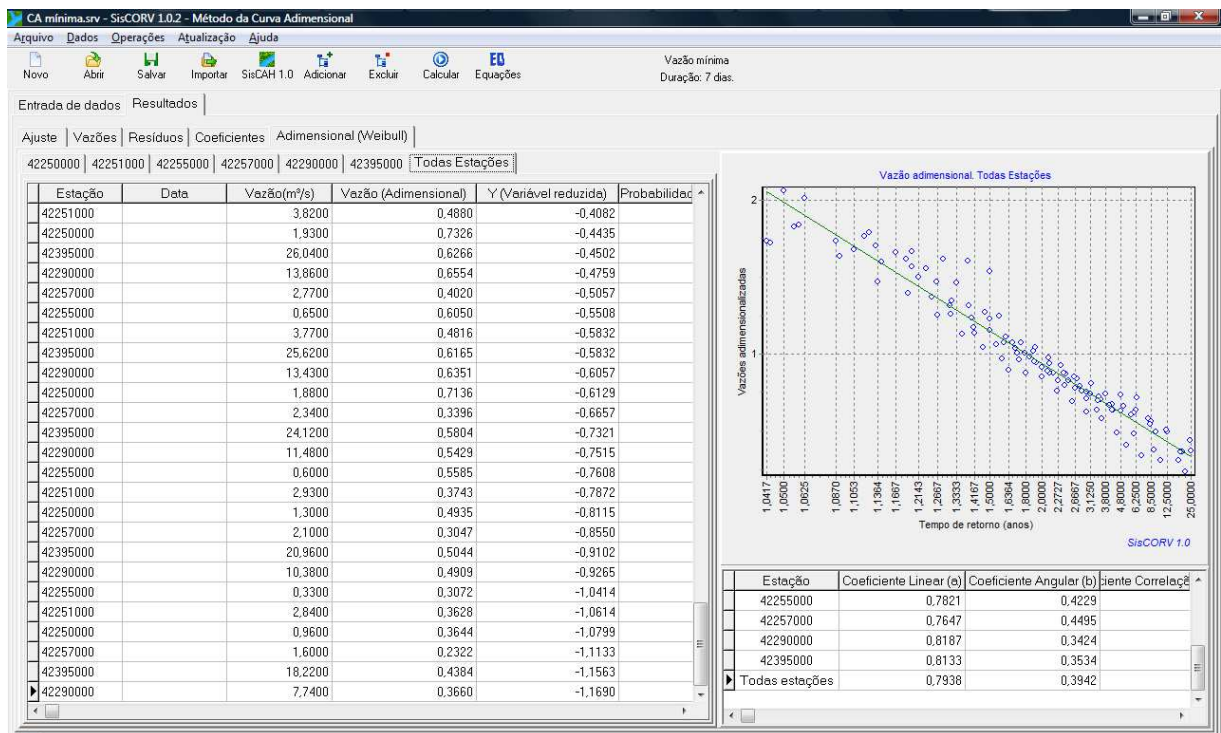


Figura 5 – Resultados estatísticos obtidos pelo método da curva adimensional

Na Figura 6 é exibida a tela referente aos ajustes estatísticos obtidos pelo método de conservação de massas.

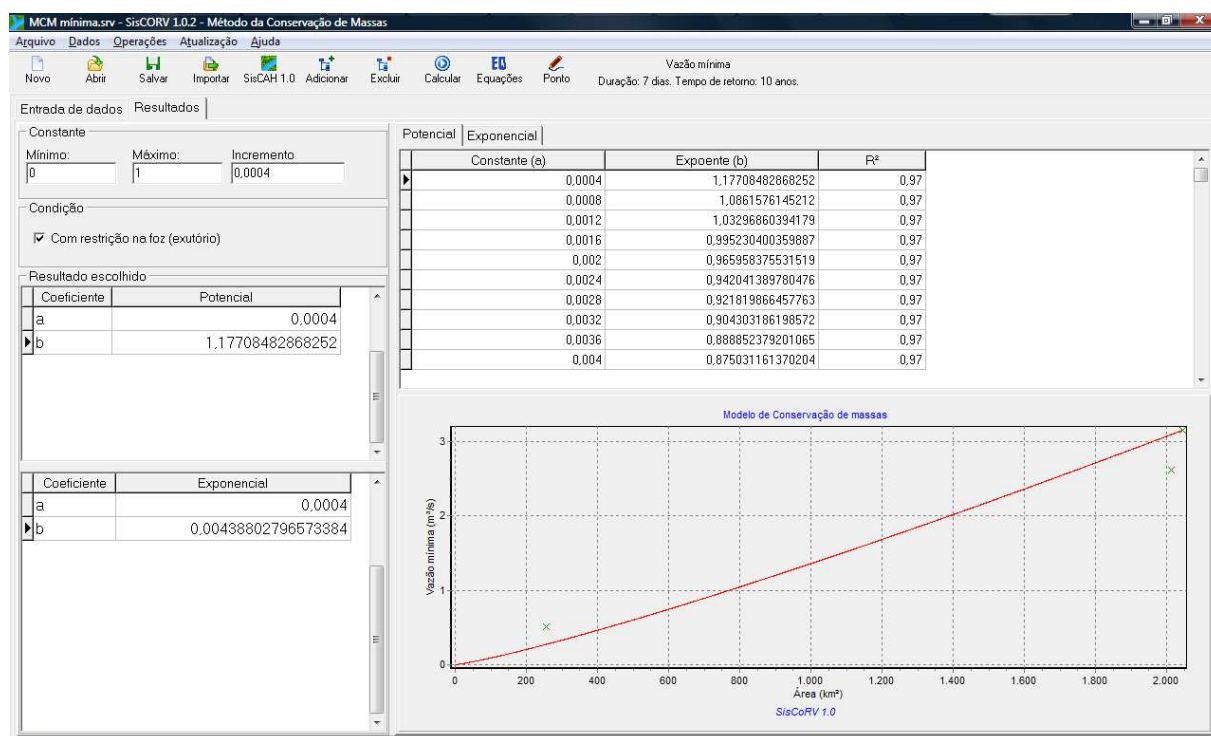


Figura 6 – Resultados obtidos pelo método de conservação de massas

Na Figura 7 é mostrado a interface de inserção de equações na base hidrográfica da ANA e cálculo das vazões ao longo da hidrografia, conforme as equações inseridas.

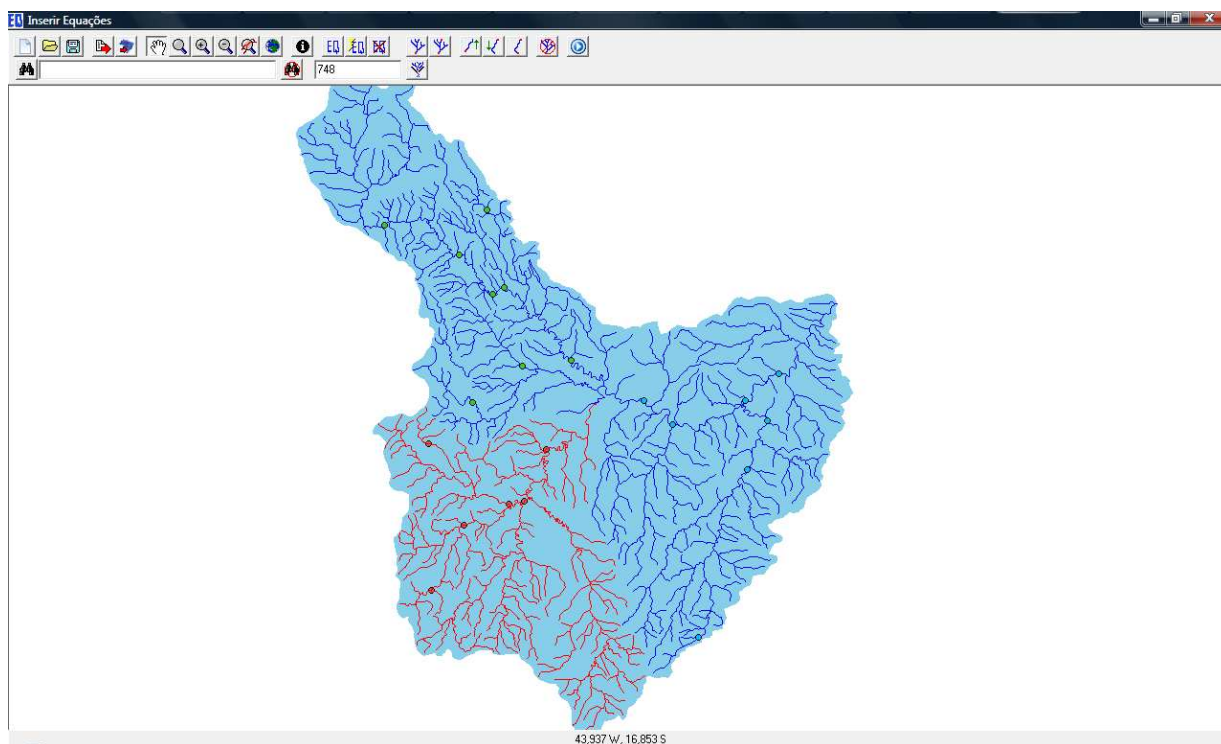


Figura 7 – Módulo de inserção de equações na base hidrográfica e obtenção da vazão regionalizada ao longo da hidrografia

Na Figura 8 é apresentada a janela de informações do SisCoRV 1.0, após a inserção da equação na base hidrográfica ottocodificada da ANA. A “Área de Montante” refere-se à área de drenagem do ponto mais a jusante do trecho selecionado, que, nesse caso, equivale a 14483,53 km². A “Vazão/Volume” é a vazão mínima, cujo valor é 19,459 m³/s, estimada pela aplicação da equação de regionalização e “NUAREAMONT” é o campo da base hidrográfica ottocodificada referente a área de drenagem.

Atributo	Valor
Código de Ottobacia:	748711
Área de contribuição	55.37
Área montante:	14483.53
Nome do rio:	Rio Paracatu
Vazão sincronizada:	0,0
Equação:	0,00439497095753853 * (NUAREAMONT^0,876297791231587)
Tipo de ajuste:	ModeloPotencial
Vazão/Volume:	19,459
Tipo de vazão/volume	Vazão mínima

Figura 8 – Janela de informações do SisCoRV 1.0 após inserção da equação de regionalização e estimativa da vazão em um trecho específico da hidrografia.

CONCLUSÕES

O software desenvolvido, denominado Sistema Computacional para Regionalização de Vazões (SisCoRV 1.0), tem sido utilizado por estudantes e técnicos da área de recursos hídricos e se mostrado uma ferramenta eficiente para a realização de trabalhos e estudos relativos a: regionalização das vazões mínimas, máximas e médias e das curvas de regularização e de permanência, entre outras análises.

BIBLIOGRAFIA

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. *Análise de regressão: uma introdução à econometria*. São Paulo. Hucitec, 1983. 379 p.

NOVAES, L.F. *Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu*. Viçosa, MG: UFV, 2005. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.

PEREIRA, S. B. *Evaporação no lago de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco*. 2004. 103 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PFAFSTETTER, O. *Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação*. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989, p. 19. Manuscrito não publicado

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; KOEZ, M. (2006). *Estudo da Vazão em Cursos d'Água*. Engenharia na Agricultura. Caderno didático: 43 AEA/UFV Viçosa - MG, 151p.

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