

**ANÁLISES MORFOMÉTRICAS EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS INTEGRADAS A UM SISTEMA
DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

SÍLVIO LUÍS RAFAELI NETO¹

¹ UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Rural
Av. Luís de Camões, 2090 - Lages (SC) - 88.500-000

QUINTINO DALMOLIN²
CLÁUDIA ROBBI²

² UFPR - Universidade Federal do Paraná
Departamento de Geociências
Caixa Postal 19011 - Curitiba - PR - Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou investigar as ferramentas operacionais de um SIG, visando determinar digitalmente uma série de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, construir um modelo relacional consistente para a base de dados não espaciais e implementar manipulações integradas às duas bases. Pesquisou-se 36 parâmetros absolutos e relativos junto ao sistema SCI e ao sistema gerenciador de banco de dados dBASE III Plus¹¹, com metodologias próprias para cada um. Pelos resultados preliminares alcançados constatou-se que o ambiente SCI/dBASE pode ser utilizado na determinação dos principais parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas.

ABSTRACT: This paper aims at investigating SIG operational tools, so as to determine a series of morphometric parameters of drainage basins, to build a related model for databases and to implement integrated handlings. Thirty-six absolute and relative parameters were researched in the SCI system and in the DBMS dBASE III Plus system as well, each one of them having their own methods. From the preliminary results it was found out that the SCI/dBASE environment may be used for determining the main morphometric parameters of drainage basins.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com VILLELA & MATTOS (1975, p.6), citando VIES-SMAN, HARBAUGH e KNAPP, "bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente é descarregada através de uma simples saída". Esta saída é representada pela seção transversal do curso d'água de maior ordem (STRAHLER, 1975). Uma bacia hidrográfica é individualizada por linhas imaginárias limítrofes com as bacias contíguas (divisor de águas).

Do ponto de vista hidrológico as bacias hidrográficas surgem como unidades de áreas para

estudos, pela simplicidade que oferecem quando das análises sobre o balanço da água. Especificamente, na área de recursos hídricos, muitos modelos de estudos consideram este fator (VILLELA & MATTOS, 1975, p.6). No estudo do modelado terrestre pela geomorfologia, as bacias de drenagem (termo mais preferido neste meio) mostram um relacionamento sistêmico entre seus componentes (CHRISTOFOLLETTI, 1986, p.1). Para COOKE & DOORNKAMP (1978, p.8) é no interior de bacias de drenagem que muitos fenômenos ocorrem. A começar pela atuação do Homem construindo casas, represas e rodovias cuja situação na paisagem está relacionada à água. Segundo os autores, a organização

das atividades humanas se processa sobre bacias de drenagem como, sob por exemplo, organização política. O Homem depende da água para diversas finalidades: suprimento, pesca, recreação, transporte, usinas geradoras de energia, todos conduzidos no interior de bacias de drenagem. Também a natureza da bacia de drenagem influencia as ações do Homem no sentido de impor certas restrições ao seu avanço. Do ponto de vista da Física, nas bacias de drenagem ocorrem diversas trocas naturais de energia, especialmente aquelas induzidas pela gravidade, como deslocamento de solo e deslizamentos de terras, e pela água atuando nas encostas ou nos rios. Outros eventos naturais ocorrem em bacias de drenagem como atividades biológicas relacionadas ao sistema fluvial e ciclo hidrológico. (COOKE & DOORNKAMP, 1978) Uma bacia hidrográfica pode ser descrita de forma qualitativa ou quantitativa. A. N. STRAHLER (1975, p.454) coloca a necessidade da quantificação tendo em vista o estreito relacionamento entre a geomorfologia, a climatologia e a hidrologia, no sentido de que estas últimas fundamentalmente trabalham com valores quantitativos. Segundo R. V. RUHE (1975, p.93) as bacias hidrográficas possuem propriedades geométricas, às quais dados hidrológicos, de erosão e de sedimentação podem ser relacionados numa análise natural de sistemas. De acordo com o autor as dimensões comprimento, largura, altura (altitude), área e volume podem ser usados de forma singular ou em combinação na análise dimensional de bacias de drenagem. Para GREGORY & WALLING (1976, p.38) é importante considerar não somente as características topográficas em si, como também as interrelações dessas características, denominadas por eles de relações multiforma. Do ponto de vista da hidrologia, há uma estreita relação entre o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica e suas características físicas (GARCEZ, 1967, p.39; VILLELA & MATTOS, 1975, p.12; COOKE & DOORNKAMP, 1978, p.9).

A exemplo do que ocorre no mundo, no Brasil se tem observado a tendência de setores interessados no gerenciamento de informações, migrarem para a tecnologia dos SIG. A nível nacional o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE se encontra na vanguarda do desenvolvimento de softwares caseiros nesta área. Seu primeiro produto, hoje muito difundido no Brasil, é o Sistema de Informação Geográfica SGI para computadores PCs.

O presente trabalho tem por objetivo investigar formas de utilização do SGI, no sentido de obter e manipular informações morfométricas de bacias hidrográficas, seja na determinação direta das quantificações, seja na indireta através da manipulação integrada da base de dados espaciais e não espaciais. O objeto dos estudos é a bacia hidrográfica do rio Caveiras, com a área aproximada de 2.400 km², situada entre as latitudes 27° 37' sul e 27° 55' sul e longitudes 50° 56' oeste e 49° 51' oeste, abrangendo os municípios de Lages, Campo Belo do Sul e São José do Cerrito no planalto centro-sul do Estado de Santa Catarina. Desta bacia selecionou-se mais 14 sub-bacias das quais também foram determinados os parâmetros morfométricos.

2. CARACTERÍSTICAS DO SGI PARA ANÁLISES MORFOMÉTRICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICA

O SGI trabalha com menus que expõem uma série de opções de processamento para a escolha do

usuário. O menu principal é ativado pelo módulo de aplicativos do software e expõe as seguintes opções: DEFINIÇÃO, ENTRADA, CONVERSAO, MANIPULAÇÃO, SAÍDA. Tais opções ativam os sub-módulos de aplicativos e estes as funções executáveis ou não executáveis. As primeiras executam o aplicativo selecionado pelo usuário e as segundas ativam outros menus. A figura 1 ilustra os aplicativos utilizados neste trabalho.

3. OS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E REDES DE DRENAGEM

Inicialmente procedeu-se a sistematização dos 36 parâmetros de caráter físico utilizáveis para descrever objetivamente a forma, dimensões e configuração de bacias hidrográficas e suas redes de drenagens (NETO, 1994). Tendo em vista que tais parâmetros serão introduzidos ou gerados no ambiente integrado de um SIG, procurou-se organizá-los considerando os ambientes computacionais distintos proporcionados pelo SGI e pelo dBASE. Assim sendo, há duas categorias de parâmetros: a primeira refere-se aos parâmetros aqui denominados absolutos, por serem obtidos diretamente da base cartográfica digital, no ambiente SGI; a segunda refere-se aos parâmetros aqui denominados relativos, por serem gerados pela manipulação dos parâmetros absolutos no ambiente do banco de dados relacional.

Do ponto de vista dimensional os parâmetros absolutos se enquadram nas dimensões L (comprimentos, larguras, alturas), L^2 (áreas) ou L^3 (volumes, amostras pontuais, lineares ou de áreas no espaço tridimensional) ao passo que os parâmetros relativos, oriundos de relações entre dois ou mais parâmetros absolutos,

podem apresentar uma diversidade de combinação dessas dimensões.

Os métodos desenvolvidos nesta pesquisa, no ambiente SGI, se qualificam para determinar parâmetros de dimensão L, L^2 ou L^3 . Isto significa que, uma vez enquadrado numa dimensão, o parâmetro morfométrico de interesse pode usufruir do mesmo método ou conjunto de métodos adotado por outro(s) parâmetro(s) absoluto(s).

4. DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS ABSOLUTOS

Esta seção objetiva apresentar as metodologias desenvolvidas sob o ambiente SGI e que se caracterizam pela sua generalidade quanto a determinação de alguns parâmetros de dimensão L, L^2 ou L^3 . Apesar da maioria dos parâmetros absolutos participarem destes métodos, há procedimentos específicos que são impostos pelas características de cada parâmetro.

4.1 Determinação de parâmetros morfométricos de dimensão L

Enquadram-se neste caso os parâmetros morfométricos que envolveram quantificações lineares: perímetros, comprimentos de bacias, comprimentos das curvas de nível de bacias, comprimentos de rios, canais, e seus equivalentes vetoriais.

Na versão 2.4 do SGI há duas formas principais de obtenção de comprimentos ou distâncias. A primeira está disponível através da tecla de função F9 do teclado, opção 'calcular distância'. Para linhas sinuosas este método se mostra inviável, uma vez que apenas comprimentos ou distâncias vetoriais entre dois pontos são calculadas. A segunda forma, aplicável nesta última situação, não fornece de forma direta o

comprimento de linhas, pois não existe no SGI uma função especificamente construída para este fim. O artifício está em se criar um PI qualquer, copiar a linha de interesse para este PI e listar num arquivo ASCII esta linha, através do aplicativo 'listar linhas PI'. Somente durante a operação de listagem de linhas do PI é que o sistema processa o comprimento, fornecendo o seu valor no arquivo. Além desta informação, o arquivo ASCII traz diversas informações a cerca das linhas listadas. Quando há muitas linhas este arquivo se mostra extenso e difícil de ser pesquisado por um processador de textos comum. Outra limitação deste método está durante o processo de copiar linhas entre os PIs. Algumas vezes, ao ser selecionada uma linha utilizando-se do cursor da mesa digitalizadora, esta linha é remetida duplamente para o PI destino. Possivelmente isto se deve à sensibilidade dos botões do cursor da mesa digitalizadora. Sendo assim, sentiu-se a necessidade de se criar um programa externo ao ambiente SGI (LINHAS .EXE). Este programa teve os seguintes objetivos:

- a) abrir o arquivo ASCII de linhas;
- b) selecionar as informações contidas de interesse, como identificação do plano de informação, projeto, comprimento de cada linha, além de outras informações de controle de leitura;
- c) verificar a presença de linhas repetidas;
- d) calcular o comprimento acumulado das linhas;
- e) calcular o comprimento vetorial parcial e total das linhas;
- f) gerar relatório em arquivo ASCII.

Havendo linhas repetidas o programa as elimina do cômputo do comprimento total acumulado das

linhas do arquivo ASCII.

No caso dos equivalentes vetoriais das linhas, opcionalmente ao uso do programa LINHAS .EXE, a versão 2.4 do SGI incorpora o aplicativo 'análise de lineamentos', opção 'estatísticas'. Uma vez selecionada esta opção, o aplicativo fornece uma série de valores relativos ao conjunto de linhas do PI ativo, entre estes, o número total de lineamentos e seus comprimentos vetoriais total e médio.

4.2 Determinação de parâmetros morfométricos de dimensão L

Este tipo de parâmetro é o que dispõe de maiores recursos no SGI. A determinação de áreas no SGI pode ser conseguida diretamente através dos seguintes aplicativos (Fig 1): a) 'listar polígonos PI'; b) 'obter dados de polígono'; c) 'calcular área das classes'; d) 'gerar tabulação cruzada'; e) uso da tecla F9, opção 'calcular área'. Para o sucesso das operações é necessário ter sido criada a topologia do PI que contém as bacias de interesse.

4.3 Determinação de parâmetros morfométricos de dimensão L³

Para a determinação de parâmetros morfométricos de dimensão L³ inicialmente o usuário deve definir o modelo numérico do terreno (MNT) conforme descrito em FELGUEIRAS; FERTHAL & DIAS (1988). O modelo gerado neste trabalho foi utilizado na determinação dos parâmetros z, Z e Ih, respectivamente altitude da foz da bacia, maior altitude da bacia, sobre o divisor de água e integral hipsométrica. Para z e Z utilizou-se, como primeiro método, o aplicativo 'listar

atributos de imagem' e como segundo método o aplicativo 'gerar grade regular'. Este último válido somente quando o ponto mais alto existente na bacia esteja sobre o divisor de águas. Para I_h procedeu-se a uma adaptação da metodologia tradicional, para o ambiente SGI. Assim, determinou-se no SGI a área entre duas curvas de nível consecutivas, e fora deste, o volume rochoso das bacias hidrográficas, usando as áreas calculadas.

4.4 Armazenamento dos parâmetros morfométricos absolutos

Os parâmetros morfométricos absolutos, determinados no ambiente SGI, foram armazenados em tabelas relacionais, representadas por arquivos extensão .DBF, do ambiente dBASE.

5. DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS RELATIVOS

Os parâmetros morfométricos não abordados na seção 4 enquadram-se como parâmetros relativos. Estes parâmetros foram determinados no ambiente dBASE, com programas de manipulação dos parâmetros morfométricos absolutos, e armazenados em tabelas relacionais específicas (NETO, 1994). Estando no ambiente SGI, pode-se consultar o banco de dados relacional, através da interface SGI/dBASE, procedendo conforme descrito em FELGUEIRAS & AMARAL (1993).

6. CONCLUSÕES

A análise dos resultados alcançados nesta pesquisa e a experiência obtida pela utilização dos ambientes SGI/dBASE, nas análises morfométricas de bacias hidrográficas e redes de drenagem, permitiram as seguintes conclusões:

- o programa LINHAS.EXE fornece, ao usuário, confiabilidade nos resultados alcançados, e facilite a pesquisa dos arquivos de linhas ASCII, gerados pelo SGI, quando da determinação de parâmetros morfométricos de dimensão L;
- os parâmetros morfométricos absolutos de dimensão L² são os que dispõem de maior número de recursos no SGI, para serem determinados;
- a determinação dos equivalentes vetoriais de linhas pode se dar tanto pela aplicação do programa LINHAS.EXE, como pelo aplicativo 'análise de lineamentos' do módulo MANIPULAÇÃO;
- a utilização do programa LINHAS.EXE na determinação dos equivalentes vetoriais de linhas, garante resultados isentos de linhas repetidas;
- a DML disponível no dBASE III Plus ofereceu recursos suficientes de programação, para as implementações propostas neste trabalho;
- as metodologias desenvolvidas neste trabalho permitiram que 1/3 do total de 36 parâmetros morfométricos estudados fosse determinado no ambiente SGI, e os restantes 2/3 no ambiente dBASE, onde, também, foram todos armazenados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COOKE, R. U. & DOORNKAMP, J. C. The drainage basin in environmental management. In: *Geomorphology in environmental management: an introduction*. Oxford: Clarendon Press, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise topográfica de bacias de drenagem. Geociências. São Paulo, n.5/6, p.1-29, 1986.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise de bacias hidrográficas. In: *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo:

Edgard Blücher, 1980.

hidrográfica. In: *Hidrologia aplicada*. São paulo: McGraw-Hill, 1975.

PELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J.; DIAS, L. A. V. A digital terrain model system for a microcomputer. XVI CONGRESS OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAVIMETRY AND REMOTE SENSING, Kyoto, 1988, v. 27, p.181-188.

PELGUEIRAS, C. A. & AMARAL, A.S. M.S. do. Interfaceamento de sistemas de informações geográficas com banco de dados relacional. VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Curitiba, 1993, v.2, p.347-350.

GARCEZ, L. N. Características das bacias hidrográficas. In: *Hidrologia*. São Paulo : Edgard Blücher, 1967.

GREGORY, K. J. & WALLING, D. E. Drainage basin mensurement. In: *Drainage basin form and process: a geomorphological approach*. Norwich: Edgard Arnold, 1976 (reimpressão).

NETO, S. L. R. Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

RUHE, R. V. *Drainage net and basins*. In: *Geomorphology: geomorphic processes and surficial geology*. Boston: Houghton Mifflin, 1975.

SGI - Manual de Operação. Imagem Geosistemas e Comércio.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of erosional landforms. In: *Physical geography*. 4 ed. New York: Wiley, 1975.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. Bacia

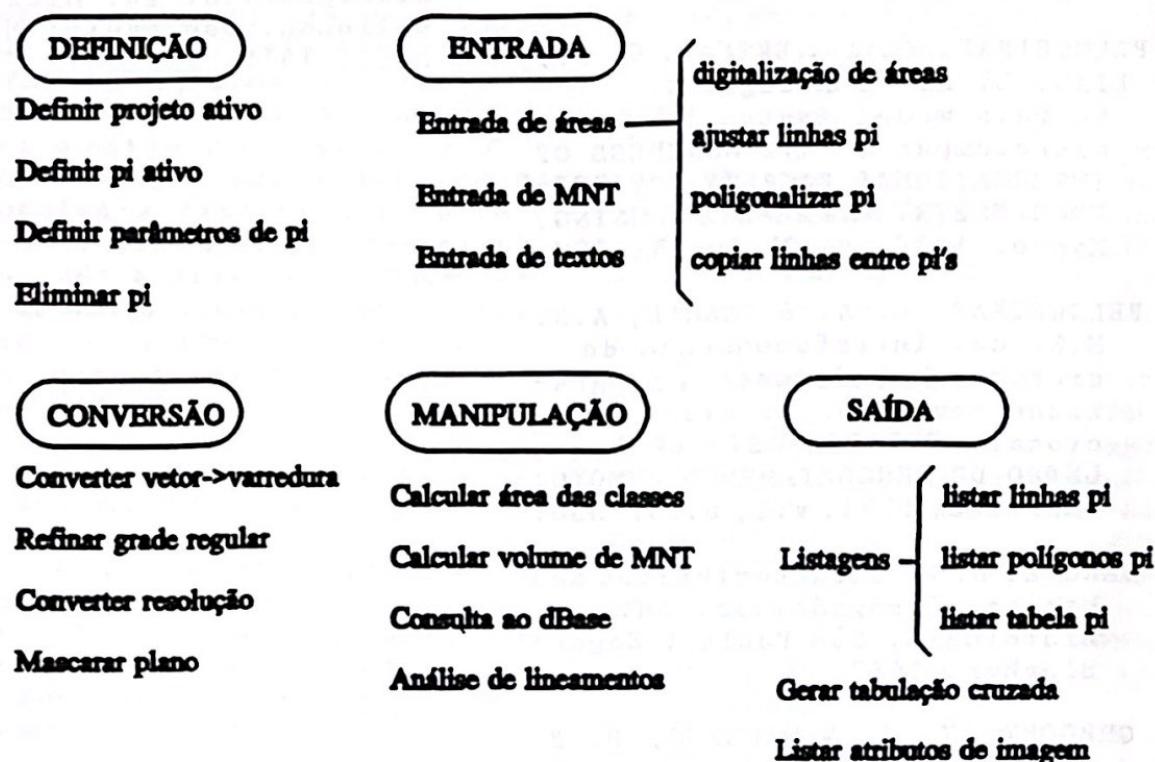


Figura 1: Módulos e aplicativos do SGI utilizados para as análises morfométricas em bacias hidrográficas