



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS**



**CENTRO DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA**



**APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS EM UMA BACIA
HIDROGRÁFICA.**

**ALUNA: GERLANE AZEVÊDO GUEDES
MATRÍCULA: 29621087**

**ORIENTADORES: ROBERTA NÓBREGA TORREÃO DE MELO
CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO**

CAMPINA GRANDE, MARÇO DE 2003



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo o uso de Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de suporte para estudos hidrológicos em uma bacia hidrográfica, baseando-se nas técnicas de Geoprocessamento, onde foi feito um levantamento dos dados existentes em forma de mapas e, com base nas cartas digitalizadas, foram extraídas as informações relevantes para um estudo hidrológico.

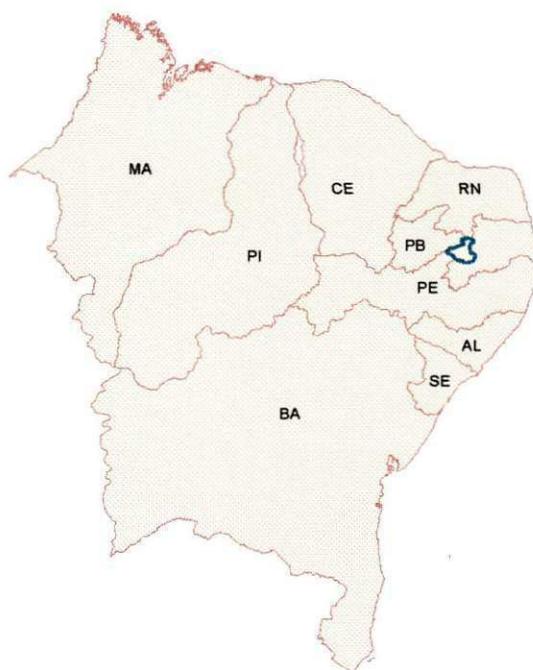
O estudo consistiu no levantamento da base cartográfica, sendo a mesma um conjunto de dados que representam os aspectos naturais e artificiais de um determinado espaço geográfico sob a forma de mapas, cartas ou plantas. Esta base foi digitalizada, processo que transfere os dados da base cartográfica (formato analógico) para o sistema computacional, gerando assim uma base digital (formato digital). O material digitalizado estará georreferenciado, permitindo dessa forma o levantamento de coordenadas de quaisquer pontos na bacia hidrográfica, além de permitir a integração e manipulação desses dados, possibilitando a geração de novas informações a partir das já existentes.

Foram identificadas ainda as características físicas (área, perímetro, cota inicial, cota final, desnível, comprimento total da drenagem, densidade de drenagem, comprimento do rio principal, declividade do rio principal) da bacia hidrográfica Poço de Pedras localizada no Estado da Paraíba através do software MicroStation.

Este estudo foi realizado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Campina Grande.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica estudada neste trabalho foi a bacia hidrográfica do posto fluviométrico de Poço de Pedras, localizada no Estado da Paraíba entre o meridiano $-36^{\circ}43'36''$ de longitude, e o paralelo $-7^{\circ}39'81''$ de latitude, com sua inteira porção situada na região semi-árida.



Esta bacia está inserida no Estado da Paraíba, cujos principais municípios nela localizados são Coxixola, Desterro, Gurjão, Juazeirinho, Santo André, São José dos Cordeiros e Serra Branca, e tem como principal afluente o rio Taperoá.

A região onde está inserida a bacia hidrográfica do posto fluviométrico de Poço de Pedras é caracterizada pela existência de rios intermitentes, os quais escoam durante as estações de chuvas e secam nas de estiagens. Possui altas taxas de evaporação e grande impacto antrópico, devido ao desmatamento da vegetação nativa. (GALVÃO, 2001)

Geologicamente, a bacia Poço de Pedras é constituída por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, originadas desde o Pré-Cambriano até os dias atuais, resultando da ação de fenômenos geológicos relativamente bem caracterizados, no tempo e no espaço. (GALVÃO, 2001)

A unidade de relevo que ocorre nesta área é o Planalto da Borborema, trata-se de uma superfície de erosão, moderadamente ondulada, de cotas variando entre 450 e 550 metros. (GALVÃO, 2001)

Na região do Planalto da Borborema onde está situada a bacia Poço de Pedras, os solos são zonados, porém pouco espessos, litólitos. (GALVÃO, 2001)

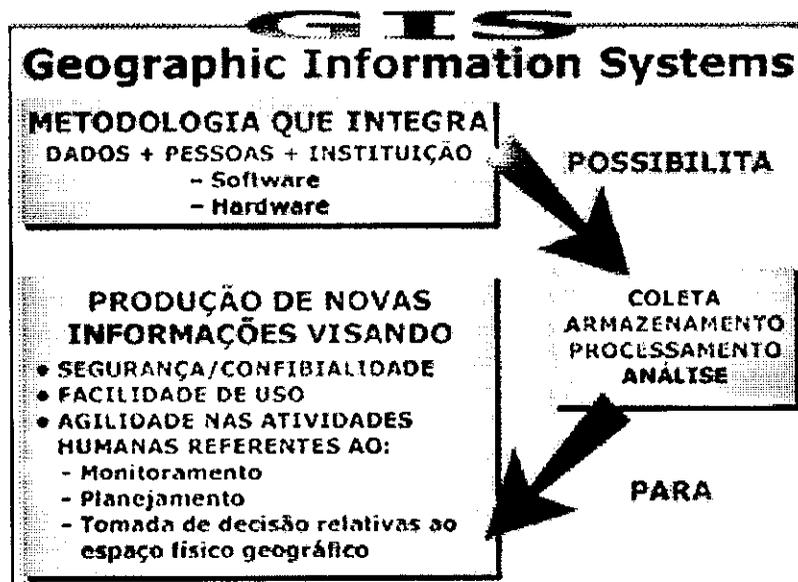
Em relação a sua cobertura vegetal, a bacia estudada apresenta uma vegetação mais densa, embora que mais arbustiva, sendo estas as zonas de predileção das cactáceas e bromeliáceas tais como o cordeiro, o facheiro, o xique-xique, entre outras que vicejam associadas a arbustos e algumas árvores lenhosas como as espécies já citadas. Nesta unidade morfológica são feitos sazonalmente, cultivos de subsistência: feijão, milho e, até, arroz. (GALVÃO, 2001)

A bacia Poço de Pedras faz parte do clima semi-árido, onde as chuvas iniciam-se eventualmente a partir de outubro, na chamada “pré-estação”, culminando com uma estação chuvosa concentrada entre fevereiro e maio, quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCTI) no Atlântico Tropical atinge sua posição mais ao Sul, próxima do Nordeste. Esta região possui, devido à baixa latitude, uma temperatura elevada em quase toda sua extensão, sendo a temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C. O que faz variar o clima da área é a irregularidade do relevo e também a distribuição desigual das chuvas de um ano para o outro, sendo também irregular sua distribuição durante a estação chuvosa. A evaporação é alta em toda bacia com taxas anuais entre 2000 mm e 300 mm, com baixa variabilidade espacial e interanual. (GALVÃO, 2001)

Os sistemas aquíferos existentes na bacia Poço de Pedras são o sistema aluvial e o sistema cristalino. (GALVÃO, 2001)

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo utilizaram-se as técnicas de Geoprocessamento, o qual pode ser entendido como um conjunto de procedimentos técnicos que lidam com dados georreferenciados e, cuja área de atuação envolve a coleta e o tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento e uso de novos sistemas e aplicações. No entanto, podemos afirmar que essas atividades são executadas por sistemas chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o mesmo pode ser dito como um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georreferenciados, de informação produzida por meio das aplicações disponíveis, visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico.



O Sistema de Informação Geográfica tem desempenhado um papel importante como integrador de tecnologia. Ao invés de ser de natureza completamente nova, os SIGs tem unido várias tecnologias discretas em um todo, que é maior do que a soma das partes. O SIG vem emergindo como uma poderosa tecnologia porque permite aos usuários integrarem seus dados e métodos de maneiras que apóiam as formas tradicionais de análise geográfica, tais como análises por sobreposição de mapas bem como novos tipos de análises e modelagem que vão além da capacidade de métodos manuais. Com o SIG é possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar uma grande quantidade de dados, todos mantidos em um único banco de dados. (SISTEMAS..., 2003)

O desenvolvimento do SIG tem se baseado em inovações que ocorreram em disciplinas distintas: Geografia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Topografia, Geodésia, Engenharia Civil, Estatística, Ciência da Computação, Pesquisas Operacionais, Inteligência Artificial, Demografia, e muitas outros ramos das Ciências Sociais, Ciências Naturais e Engenharias, com a contribuição de todas as citadas disciplinas.

Três observações devem ser feitas sobre o Sistema de Informação Geográfica:

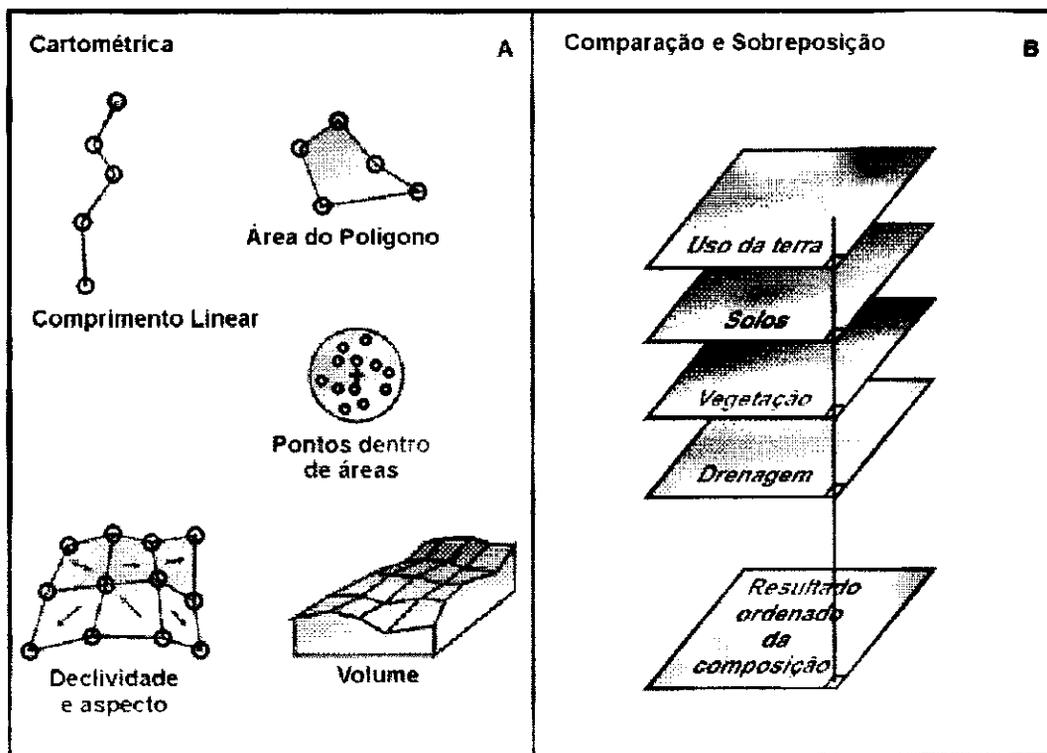
Primeiro, SIG são relacionados a outras aplicações de banco de dados, mas com uma diferença importante. Toda a informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial. Outras bases de dados podem conter informação locacional (como endereços de rua ou códigos de endereçamento postal), mas uma base de dados de SIG usa geo-referências como o meio primário de armazenar e acessar a informação. (SISTEMAS..., 2003)

Segundo, SIG integra tecnologia. Entretanto, enquanto outras tecnologias só poderiam ser usadas para analisar fotografias aéreas e imagens de satélite, para criar modelos estatísticos ou para traçar mapas, todas estas capacidades são todas oferecidas conjuntamente no SIG. (SISTEMAS..., 2003)

Terceiro, SIG, com seu conjunto de funções, deveria ser visto como um processo ao invés de simplesmente como software e hardware. SIG's servem para tomada de

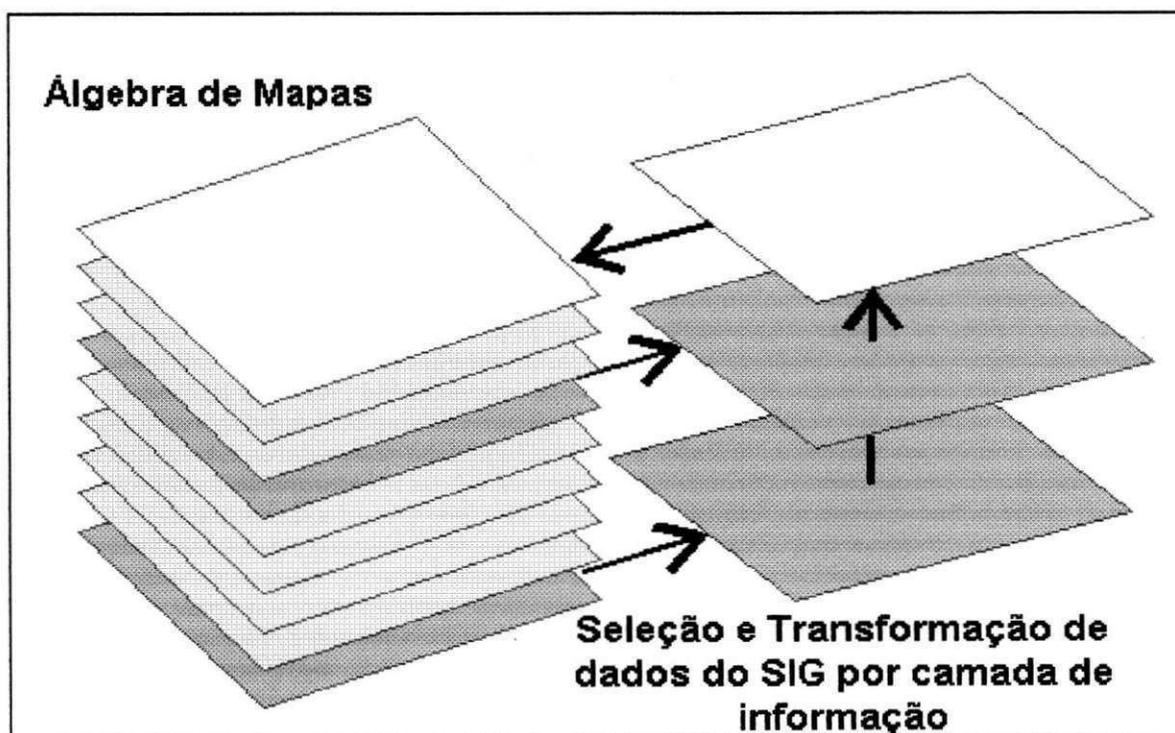
decisão. O modo no qual os dados são inseridos, armazenados e analisados dentro de um SIG deve que refletir a maneira pela qual a informação será usada para uma pesquisa específica ou tarefa de tomada de decisão. Ver o SIG como somente um software ou sistema de hardware é perder de vista o papel crucial, que ele pode desempenhar em um processo amplo de tomada de decisão. (SISTEMAS..., 2003)

O Sistema de Informação Geográfica fornece poderosas ferramentas para tratar de assuntos geográficos e ambientais. Imaginemos que o SIG nos permita organizar a informação sobre uma determinada região ou cidade, como um conjunto de mapas, cada um deles exibindo uma informação a respeito de uma característica da região. Cada um dos mapas temáticos individualmente é referenciado como um *layer*(camada), *coverage* (cobertura) ou *level* (nível). Cada camada foi cuidadosamente sobreposta de forma que toda localização é precisamente ajustada às localizações correspondentes em todos os outros mapas. O layer abaixo deste diagrama é o mais importante, porque representa um reticulado com um sistema de referência (como latitude e longitude) ao qual todos os mapas foram precisamente referenciados. (SISTEMAS..., 2003)



Uma vez que estes mapas foram cuidadosamente referenciados dentro de um mesmo sistema locacional de referência, informações exibidas nos diferentes layers podem ser comparadas e analisadas em combinação. Em adição, localizações ou áreas podem ser separadas de localizações vizinhas, como no diagrama abaixo, simplesmente extraindo todos os layers da localização desejada a partir de um mapa maior. O SIG oferece meios para pesquisar padrões e processos espaciais, tanto para uma localização ou região inteira. (SISTEMAS..., 2003)

Nem todas as análises requerirão o uso de todos os layers de mapas simultaneamente. Em alguns casos, um investigador usará seletivamente a informação para considerar relações entre camadas específicas. Além disso, informação de duas ou mais camadas poderia ser combinada e então poderia ser transformada em uma camada nova para uso em análises subsequentes. Este processo de combinar e transformar informação de camadas diferentes às vezes é chamado de álgebra de mapas, pois envolve soma e subtração de informação. (SISTEMAS..., 2003)

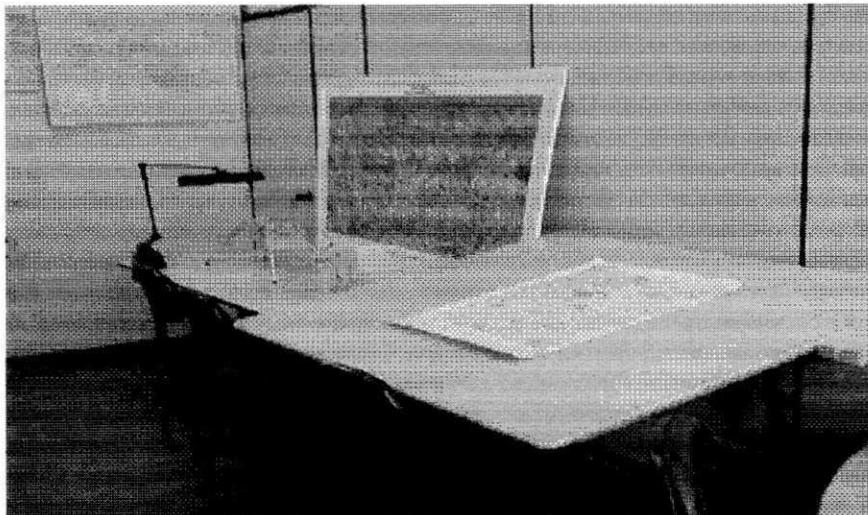


O grande apelo do SIG surge da sua habilidade em integrar grandes quantidades de informação sobre o ambiente e prover um repertório poderoso de ferramentas analíticas para explorar estes dados.

A habilidade em separar informação em camadas, e então combiná-las com outras camadas de informação é a razão pela qual o SIG oferece tão grande potencial como ferramenta de pesquisa e apoio à tomada de decisão.

Os equipamentos necessários para a completa operação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é constituído de uma Unidade Central de Processamento (CPU), onde são processados os dados e informações, unidades de armazenamento para o SIG e para os dados a serem trabalhados, mesa digitalizadora, a qual é um dispositivo manual para conversão das informações contidas nas cartas temáticas em papel para a forma digital, unidades leitoras de disco óptico compacto (CD) e fitas magnéticas, um monitor de vídeo para acompanhamento do trabalho, impressora e plotter que são os dispositivos para impressão de resultados e unidades de armazenamento magnéticos de dados. (ENGENHARIA CARTOGRÁFICA..., 2003)

Foram utilizados tais equipamentos para a realização deste estudo, inclusive a mesa digitalizadora mostrada na figura a seguir.



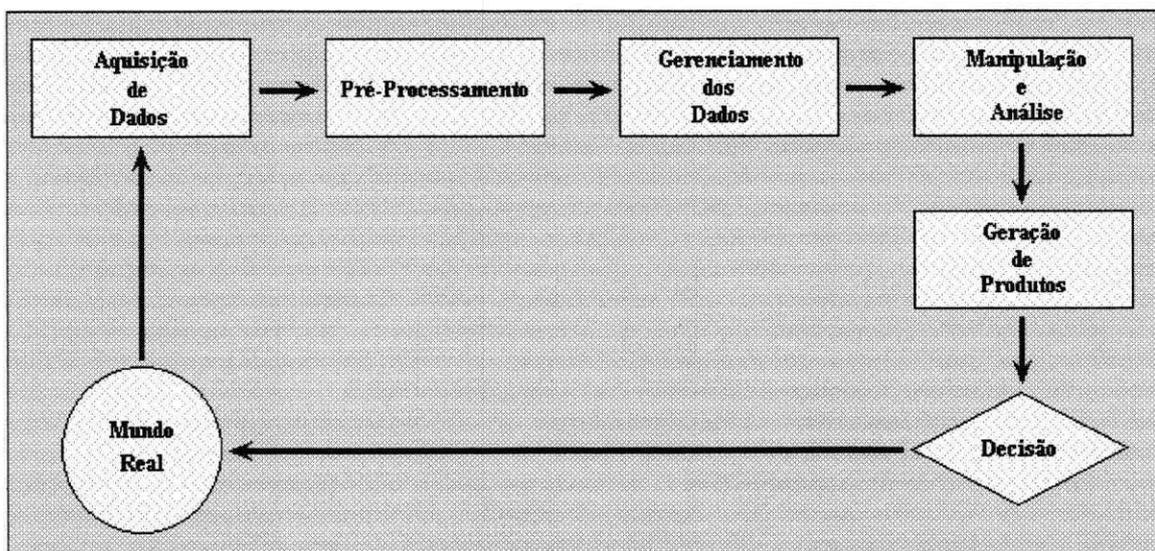
Mesa digitalizadora

A digitalização manual tem um alto custo de capital e de mão-de-obra, embora tem grande flexibilidade e adaptabilidade, pois os erros nos mapas podem ser detectados na hora do processo.

Em geral, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser dividido em cinco etapas essenciais ao Geoprocessamento:

- a) Aquisição de dados;
- b) Pré-processamento;
- c) Gerenciamento dos dados;
- d) Manipulação e análise dos dados;
- e) Geração de produtos.

Para um bom entendimento desse sistema é importante visualizar essas etapas como um processo contínuo, conforme está descrito na próxima figura:



Fases do Geoprocessamento

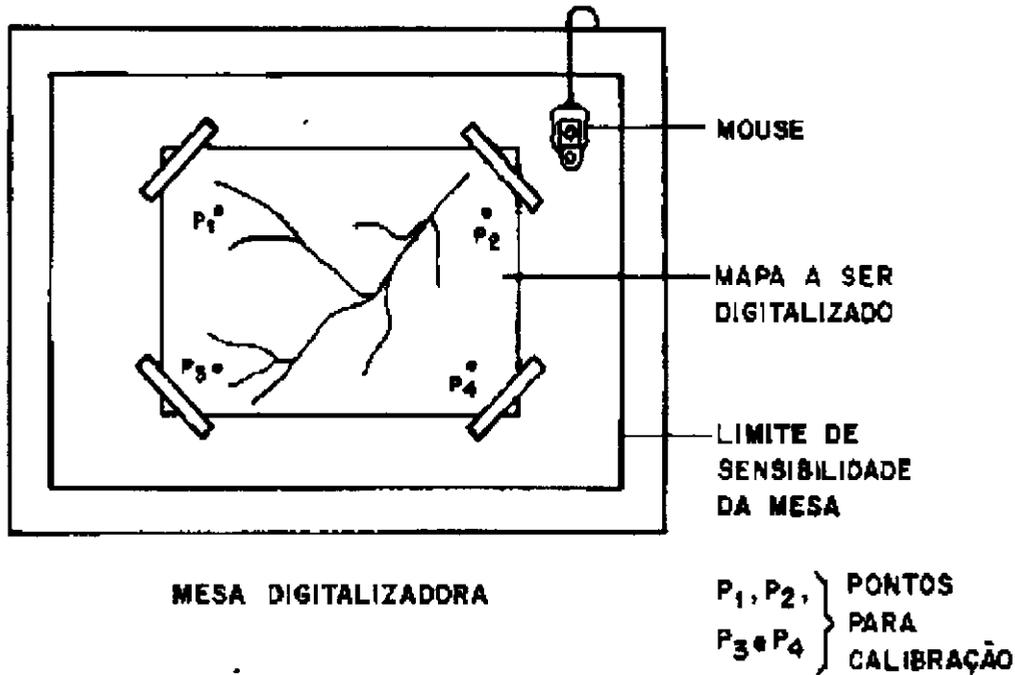
As etapas do Geoprocessamento foram respeitadas da maneira a seguir.

A aquisição dos dados é a etapa mais demorada e onerosa de todo o processo de implantação de um SIG, uma vez que o volume de dados, a complexidade dos processos, os requisitos de qualidade e precisão impostos pela cartografia exigem a disponibilidade de mão-de-obra especializada, bem como de equipamentos sofisticados. Esta etapa consiste no levantamento de todo material disponível, que foram os mapas cartográficos (drenagens e curvas de nível) fornecidos pela SUDENE em papel na escala 1:100.000.

O pré-processamento é a forma de entrada de dados que consiste da digitalização manual, ou seja, a conversão dos dados cartográficos do meio analógico para o meio digital. O software escolhido para a entrada de dados foi o MicroStation da INTERGRAPH. Trata-se de um software de CAD (Desenho Auxiliado por Computador) que fornece o ambiente e as ferramentas de trabalho para a manipulação dos dados gráficos. Esta etapa da digitalização consiste em desenhar a carta topográfica (drenagens e curvas de nível) manualmente por meio de uma mesa digitalizadora, a qual é um equipamento eletrônico ou eletromagnético na forma de uma mesa composta de uma fina grade ortogonal de fios elétricos. As coordenadas XY dos pontos, que são as coordenadas geográficas, ou seja, os valores angulares de latitude e longitude que definem a posição de pontos sobre a superfície da Terra em relação ao referencial adotado, estão na superfície da mesa e são enviadas ao computador por meio de um cursor magnético (mouse) que é levado ao deslizar sobre a feição a ser digitalizada.

Antes de iniciar a operação, fizemos a calibração da mesa. Este processo consiste em dispor de quatro pontos, os quais estavam bem distribuídos na região que foi digitalizada, de modo que a menor distorção possível foi obtida, pois quanto mais afastado de um determinado ponto, maiores podem ser as distorções. O mapa foi posicionado e preso na mesa com fita adesiva de papel, não deixando de forma alguma rugosidades sobre o mesmo. A área a ser digitalizada e os pontos de calibração devem estar posicionados dentro da região de sensibilidade da mesa. Porém, a digitalização manual é um processo de entrada de dados de baixa/média precisão em relação a outros processo, como rasterização e vetorização. Conseqüentemente, é possível erros do tipo polígonos abertos, arcos pendentes, textos e símbolos em posição errada, curvas de nível que se cruzam e

duplicidade de linhas causadas pelas limitações tanto humanas quanto da própria máquina, onde estes erros foram corrigidos na etapa seguinte, denominada editoração.



(SPRING..., 2003)

A editoração é um processo subsequente à digitalização e tem como objetivo a correção dos erros causados e a preparação do material digitalizado para o gerenciamento dos dados. Este processo é bastante lento e exige do operador muita atenção e sensibilidade.

Neste processo de editoração foi feita a classificação de toda a rede de drenagem em ordens de classificação segundo o método de Strahler, o qual afirma que as ordens dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. São considerados de primeira ordem as correntes formadoras, ou seja, os pequenos canais que não tenham tributários. Quando dois canais de primeira ordem unem-se é formado um segmento de segunda ordem. Já a junção de dois rios de segunda ordem dá lugar à formação de rio de terceira ordem, assim, sucessivamente, dois rios de ordem n dão lugar a um rio de ordem $n+1$. Desta forma, a ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação na bacia. No caso da bacia hidrográfica estudada Poço de Pedras, foi chegada a conclusão de que o rio Taperoá é de quinta ordem. (VILLELA, MATTOS, 1975)

Foi delimitada a bacia hidrográfica do posto fluviométrico Poço de Pedras, a qual pode ser entendida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal, no caso o rio Taperoá, e seus afluentes, na qual é notada a existência de nascentes, divisores d'água, etc. Este processo foi realizado através do software MicroStation levando em conta que os terrenos de uma bacia são delimitados por dois tipos de divisores d'água, um divisor topográfico ou superficial e um divisor freático ou subterrâneo.

O divisor topográfico é condicionado pela topografia, pois o mesmo fixa a área da qual provém o deflúvio superficial da bacia. Já o divisor freático é, em geral, determinado pela estrutura geológica do terreno, sendo muitas vezes influenciado também pela topografia. Entretanto, costuma-se considerar que a área de drenagem da bacia é aquela determinada pelo divisor topográfico, porque é enorme a dificuldade de determinar precisamente o divisor freático, uma vez que ele não é fixo, mudando de posição com as flutuações do lençol. (VILLELA, MATTOS, 1975)

Após ter sido realizado o processo de delimitação da bacia hidrográfica do posto fluviométrico de Poço de Pedras, foram extraídas algumas características físicas da bacia para um estudo hidrológico, o qual é de grande importância e utilidade prática o conhecimento destes elementos, pois, ao estabelecerem-se relações e comparações entre eles e dados hidrológico conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos nos locais de interesse nos quais falem dados, ou em regiões onde, por causa de fatores de ordem física ou econômica, não seja possível a instalação de estações hidrométricas.

A área de drenagem de uma bacia é a área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos, onde a mesma é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. A área de uma bacia é expressa em quilômetros quadrados. (VILLELA, MATTOS, 1975)

O desnível dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando portanto o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. O desnível do terreno de uma bacia hidrográfica é expresso em metros. (VILLELA, MATTOS, 1975)

Obtém-se a declividade do rio principal, em dois pontos, dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do rio entre esses dois pontos. A declividade de um rio é expresso em quilômetros por metro. (VILLELA, MATTOS, 1975)

A etapa do gerenciamento, manipulação e análise dos dados consiste em medir, comparar e modelar matematicamente ou estatisticamente os diferentes temas dos dados, de forma que seja gerada a informação geográfica útil necessária para condição de um ou mais aspectos do ambiente.

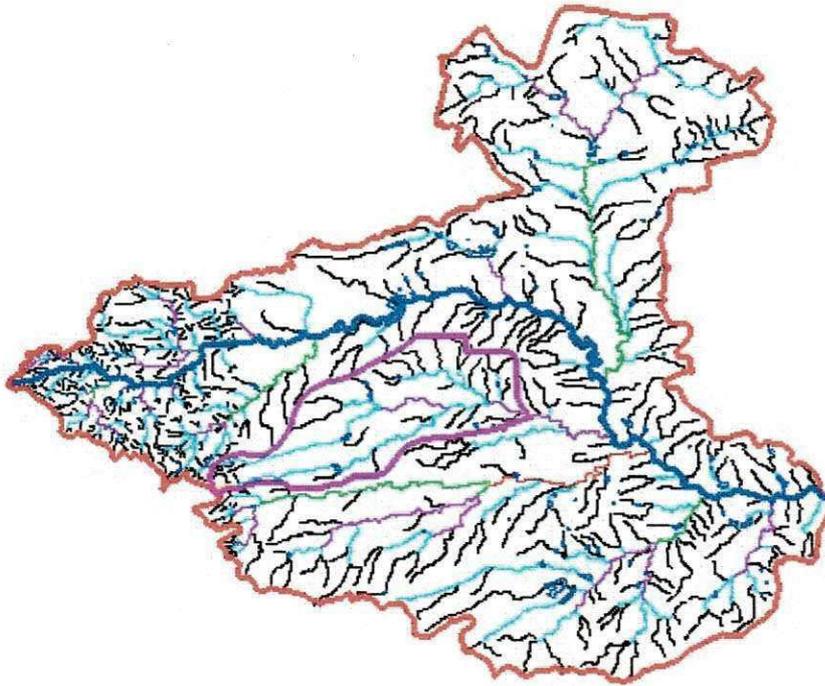
Para a construção de um banco de dados, pode-se optar por módulos de gerenciamento de banco de dados tipo o MapInfo Professional que é de fácil manipulação e específico para análise e geração do produto final devido ter capacidade de execução de cálculos de áreas, distâncias geodésicas, e operação sob sistemas de projeção e Datum distintos; Organização dos elementos gráficos em feições cartográficas através de especificação automática de simbologia, cor, espessura e nível de armazenamento; Possibilidade de consultas ao Banco de Dados através de uma simples operação de seleção com o *mouse* sobre o elemento gráfico referenciado.

A etapa de geração do produto final poderá ter como resultados finais:

- Mapas digitais junto com as informações de drenagem e localização dos postos a partir das cartas topográficas da SUDENE, na escala de 1:100.000. Estes arquivos podem ser impressos em qualquer escala e em qualquer tipo de substrato (papel, filme poliéster, filme fotográfico, transparência, etc.) para a divulgação em relatórios e apresentações.
- Um Banco de Dados georreferenciados contendo informações sobre os postos e as bacias hidrográficas identificadas. Esta base de dados pode ser facilmente acessada e utilizada para uma série de consultas e aplicações.

RESULTADOS

Foi realizada a classificação de toda a rede de drenagem da bacia hidrográfica do posto fluviométrico de Poço de Pedras, em ordens de classificação segundo o método de Strahler, o qual foi chegada a conclusão de que o rio Taperoá é de quinta ordem.



BACIA POÇO DE PEDRAS

Foi realizada a construção de uma tabela contendo informações referentes ao cálculo das características físicas da bacia hidrográfica do posto fluviométrico de Poço de Pedras, através das ferramentas de software de análise, efetuando medições de distâncias, comprimentos, áreas e volumes. Estes dados poderão compor um sistema de banco de dados georreferenciados que tornarão mais viável e prático o seu uso.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	BACIA POÇO DE PEDRAS
Área da bacia	3.144 Km ²
Perímetro da bacia	406,63 Km
Cota inicial	700 m
Cota final	450 m
Desnível	250 m
Comprimento total da drenagem	2.447,41 Km
Densidade de drenagem	0,77844 Km ⁻¹
Comprimento do rio principal	148,28 Km
Declividade do rio principal	1,69 Km/m

CONCLUSÃO

Em virtude de tudo o que foi visto neste estudo, pude concluir que, com a ajuda das técnicas de Geoprocessamento e o uso da poderosa ferramenta Sistema de Informação Geográfica, foi possível extrair informações geográficas para futuros estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do posto fluviométrico Poço de Pedras.

No que diz respeito ao aproveitamento com estagiária, tive a oportunidade de participar e avaliar o desenvolvimento de um trabalho a nível profissional, que contribuiu de forma efetiva para a minha formação acadêmica.

BIBLIOGRAFIA

TUCCI, C. E. M., (2001), **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S., (1976), **Hidrologia Básica**. São Paulo, SP.

VILLELA, S. M., MATTOS, A., (1975), **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, SP.

GALVÃO, C. O. (org.), (2001), **Atlas de Regionalização de Vazões Sub-bacia 38**, Campina Grande, PB: UFCG.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE, (1972), **Cartas Topográficas da Bacia Poço de Pedras**.

Sistemas de Informação Geográfica como uma Tecnologia Integradora: Contexto, Conceitos e Definições.

<http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/gis/intro-t.htm>

Acesso em 10 de janeiro de 2003

Engenharia Cartográfica – SIG.

<http://www.geocities.com/capecanaveral/4145>

Acesso em 10 de janeiro de 2003

Teoria: Estruturas de Dados. Estrutura Vetorial.

<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/estdados/estdados.htm>

Acesso em 10 de janeiro de 2003

Glossário Resumido de Termos Técnicos de Geoprocessamento.

<http://www.engesat.com.br/glossario/glossario.htm>

Acesso em 11 de janeiro de 2003

SPRING – Calibração de Mesa Digitalizadora.

<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/calibr.htm>

Acesso em 11 de janeiro de 2003

Cartografia Assistida por Computador.

<http://www.geocities.yahoo.com.br/geologo98/down.html>

Acesso em 11 de janeiro de 2003

Meio Ambiente - CETESB

<http://www.cetesb.sp.gov.br/ambiente/glossario/glossario-b.htm>

Acesso em 11 de janeiro de 2003