



Sistema geográfico de informação aplicado na análise espacial de microbacia

Nilzo Ivo Ladwig¹, Alvaro Jose Back², Robson Fernandes Moro³

¹ Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC (ladwig@unesc.net)

² Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC (ajb@unesc.net)

³ Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC (robsonmoro@hotmail.com)

Resumo

O artigo trata da estruturação de uma base cartográfica com a utilização de um Sistema Geográfico de Informação (SIG). O objetivo é estruturar um banco de dados geográficos e de áreas conflituosas da microbacia hidrográfica do Rio Carvão para servir como base na análise espacial da área. Os resultados nesta etapa da pesquisa se resumem na elaboração de mapas temáticos de hipsometria, declividade e uso da terra em ambiente de SIG. Os resultados até agora modelados em SIG apontam que outras informações temáticas poderão ser trabalhadas como o cruzamento dos mapas já disponíveis.

Palavras-chave: Cartografia Temática. Geoprocessamento. Análise espacial.

Área Temática: Recursos Hídricos

Geographic information system applied in the spatial analysis of watershed

Abstract

The article deals with the structure of a base map with the use of a Geographic Information System (GIS). The goal is to design a geographic database and conflictive areas of the watershed Rio Carvão to serve as a basis in the spatial analysis of the area. The results in this phase of the research are summarized in the preparation of thematic maps of hypsometry, slope and land use in GIS environment. The results so far show that SIG modeled in other thematic information can be worked as the crossing of the maps now available.

Key words: Thematic Cartography. Geoprocessing. Spatial analysis.

Theme Area: Water resources

1 Introdução

Os acontecimentos relacionados à falta de água em várias regiões vêm mostrando o quanto os seres humanos são negligentes com a natureza. Com esse pensamento pode-se citar os desequilíbrios gerados nas bacias hidrográficas como o desmatamento da mata ciliar ocasionado pela expansão urbana e agrícola ou pelas atividades de mineração que atingem fortemente a qualidade da água desses ambientes, por isso vemos tantos rios com alto nível de poluição.

Uma das atividades que degrada o meio ambiente e por consequência polui rios é a atividade de mineração. Essa atividade vem tendo uma maior fiscalização obrigando as empresas a recuperar o dano causado pela atividade, algo que não acontecia no passado quando se tinha uma extração descontrolada e irresponsável por parte das mineradoras.



Essa atividade desenfreada deixou o que popularmente se fala de “herança maldita”, principalmente na região sul do Estado de Santa Catarina onde a extração de carvão é importante atividade econômica.

O processo de mineração do carvão mineral constituiu uma grave forma de degradação dos recursos naturais na região carbonífera sul catarinense. Segundo relatório da JICA (1998) existe aproximadamente 4.724 hectares de áreas degradadas pela atividade mineradora do carvão em toda região, sendo esta degradação gerada por rejeitos do processo de beneficiamento e pelos estéreis da mineração. Estas áreas degradadas vêm sendo trabalhadas com a implantação dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

A bacia carbonífera catarinense constitui uma faixa de aproximadamente 100 km de comprimento e largura média de 20 km, entre a Serra Geral a oeste e o maciço granítico da Serra do Mar a leste, onde se desenvolveram importantes centros de mineração de carvão, especialmente nos municípios de Criciúma, Forquilha, Içara, Lauro Müller, Maracajá, Morro da Fumaça, Siderópolis, Treviso e Urussanga (BELOLLI et al. 2002). O carvão catarinense é parte fundamental da história da região Sul do Estado e para alguns municípios, constitui-se a essência de sua própria história.

O estudo realizado compreendeu a área da microbacia hidrográfica do Rio Carvão, município de Urussanga sul do Estado de Santa Catarina. O Rio Carvão possui uma água ácida devido às áreas degradadas pelas atividades de mineração que utilizavam este recurso para fazer a lavagem do carvão, depositando grandes quantidades de poluentes durante muito tempo dentro do leito do rio, além de depositar os rejeitos indevidamente tornando-os outra fonte de poluição ao entrar em contato com as águas decorrentes da chuva que automaticamente são drenadas para o rio tornando-o impróprio para o consumo e para a agricultura.

A área compreendida pela microbacia hidrográfica do rio Carvão possui poucos estudos com relação a sua espacialidade. A elaboração de uma base cartográfica poderá atender e subsidiar vários estudos e análises ambientais referentes ao comportamento espacial, hidrográfico, dentre outros segmentos relacionados ao seu meio geográfico.

Contudo, para atender o objetivo do estudo que compreendia a estruturação de um banco de dados geográficos de áreas conflituosas da microbacia hidrográfica do Rio Carvão foi realizado um estudo sobre a análise e reconhecimento geográfico, utilizando ferramenta de SIG (Sistema Geográfico de Informação) para a elaboração de uma base cartográfica, que incluiu o mapeamento de uso da terra, hipsometria e declividade.

Deve-se pontuar e entender que a bacia hidrográfica é indicada como sendo uma unidade de planejamento e gestão territorial. Na bacia hidrográfica que se desenvolvem as atividades humanas, pois todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. O que ocorre no seu exutório é consequência das formas de ocupação e da utilização das águas.

A bacia hidrográfica pode ser tratada como unidade de planejamento e gerenciamento, destacando a integração econômica, social e ambiental. Sua utilização como recorte espacial básico para os estudos ambientais tem sido proposta por muitos autores, pois as alterações decorrentes das interferências humanas sobre o ambiente refletem-se na bacia hidrográfica como um todo (IBGE, 2009, p. 92).

A utilização de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento envolvem processos tecnológicos que possibilita a integração de setores públicos e privados atuando na bacia hidrográfica, com a finalidade de aperfeiçoar os usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável. A bacia hidrográfica serve como exemplo para se realizar um estudo integrado, funciona também como instrumento de gerenciamento de recursos, de decisões políticas relevantes para meio ambiente e de ética ambiental (TUNDISI, 2003).

Uma das preocupações da gestão de uma bacia hidrográfica está relacionada à gestão



de recursos hídricos, pois tudo que ocorre nela reflete na qualidade e quantidade desses recursos.

JUNIOR (2011) relata que é necessário adotar a bacia hidrográfica como um sistema ecológico que possui vários organismos funcionando no mesmo espaço e entender como os recursos naturais estão interligados e dependem entre uns dos outros para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água (JUNIOR, 2011).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, esta lei define que os recursos hídricos devem ter sua gestão organizada de acordo com a bacia hidrográfica, tendo assim que possuir uma gestão compartilhada com a administração pública, instituições de atividade agrícola, órgãos de saneamento, gestão ambiental, pois cada uma dessas áreas corresponde uma divisão administrativa que possivelmente podem ser diferentes dos limites da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica pode ser diferente da divisão administrativa, ou seja, pode ser dividida por municípios e estados, tornando sua gestão integrada a políticas públicas e ações regionais conjuntas, visando o uso e conservação tornando-a uma unidade de planejamento, JUNIOR (2011).

PORTO (2008) relata que o sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro foi construído com o propósito de ser descentralizado, integrado e, especialmente, participativo. Por isso foram criados os comitês de bacia hidrográfica com a presença dos setores de governo, dos técnicos, dos usuários e da sociedade.

O tratamento integrado em bacias hidrográficas não se resume somente nas características físicas, deve basear-se em um amplo conhecimento dos cenários que se deseja atuar, considerando os aspectos que tem relação com as dinâmicas natural, econômica e social, IBGE (2009).

JUNIOR (2011) fala que as tomadas de decisão sobre um bom planejamento necessitam de bases e sistemas de informações sistematicamente organizados e atualizados. É necessário o entendimento comum sobre, os conceitos e significados dos dados, as informações e sistemas de suporte, as conclusões e sua importância para o processo de tomada de decisões.

A demarcação geográfica de Áreas de Preservação Permanente, e a comparação desses locais com o seu uso e ocupação, possibilita a realização de manejos a serem adotados, contribuindo para a preservação proteção e manutenção da biodiversidade, de seus recursos naturais, culturais, sociais, históricos e econômicos e o uso sustentável da terra (MIRANDA & IPPOLITI, 2000).

2 Material e métodos

Para realizar os estudos na microbacia hidrográfica do Rio Carvão foi utilizado o *software* de SIG *Arcgis* 10 que possibilita o gerenciamento de bancos de dados georreferenciados, realizar análise espacial com base cartográfica digital tanto vetorial quanto matricial.

Os dados espaciais em formato matricial e vetorial consistem em ortofotos com resolução espacial de 0,39 metros, modelo digital de terreno (MDT) escala 1/10.000 e rede hidrográfica Ottocodificada que foram disponibilizadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável (SDS) do Estado de Santa Catarina.

Esses dados são resultado de um projeto desenvolvido pela SDS iniciado em 2010 no Estado de Santa Catarina que tinha como objetivo a produção de uma base cartográfica de alta precisão para o estado de Santa Catarina. Esses dados foram disponibilizados para todas as



prefeituras do Estado de Santa Catarina com o intuito de serem utilizados para fins de planejamento e pesquisa.

Foram utilizados também dados espaciais relacionados a delimitação da área de estudo, tipo de solo dentre outras informações disponíveis no LabPGT (Laboratório de Planejamento e Gestão Territorial) que desenvolve projeto nesta microbacia hidrográfica.

A partir desses dados foi possível ampliar a base de dados cartográfica e realizar as análises sobre as características físicas da microbacia hidrográfica do Rio Carvão com o auxílio de um SIG.

As etapas de trabalho:

I. Definição da base de dados cartográficos

Esta etapa consistiu em definir uma base cartográfica a partir dos dados adquiridos inicialmente, gerando novos dados espaciais que poderão ser cruzados e utilizados para os estudos posteriores.

Foram elaborados os seguintes mapeamentos referentes à microbacia hidrográfica do Rio Carvão:

Delimitação da bacia hidrográfica e sua rede de drenagem.

Modelo Digital de Terreno.

Imagem composição RGB da área da bacia hidrográfica.

A partir dos dados espaciais citados acima estruturados em ambiente de SIG foi possível originar outros mapas temáticos como:

Mapa topográfico.

Mapa de declividade.

Mapa hipsométrico.

Mapa de uso da terra.

Elaboração do mapa topográfico

As curvas de nível foram geradas e extraídas do MDT da microbacia hidrográfica pela extensão “3D Analyst” >> ”Raster Surface” >> ”Contour” com equidistância de 10 metros entre elas.

Elaboração do mapa de declividade

O mapa de declividade foi gerado por meio do MDT em “ArcToolbox”: >> “Spatial Analyst Tools” >> “Surface” >> “Slope”, ele serve como base para varias análises como a classificação do tipo de relevo, mapeamento de APP’s de declividade, análise de erosões, determina o tipo de uso apropriado em cada classe de relevo dentre outros aplicações.

A classificação do relevo por meio da declividade teve como referência as normas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e EMBRAPA conforme tabela 1.

Tabela 1 - Intervalo de classes de declividade e tipologia do relevo correspondente

Classes de declividade (%)	Discriminação	Suscetibilidade a erosão
0 a 3	Relevo Plano	Ligeira
3 a 8	Relevo Suavemente Ondulado	Ligeira
8 a 20	Relevo Ondulado	Moderada
20 a 45	Relevo Forte Ondulado	Forte
45 a 75	Relevo Montanhoso	Muito Forte
>75	Escarpado	Muito Forte

Fonte: EMBRAPA (1999).

Elaboração do mapa de uso da terra.

O mapa de uso da terra foi gerado a partir da vetorização das classes interpretadas no *shape* matricial da ortofoto recortada nos limites da bacia hidrográfica. A digitalização das classes de uso foi realizada por meio de fointerpretação da imagem na tela do computador com as ferramentas de edição de feições do *Arcgis*.



Para o estudo foram consideradas nove classes diferentes de uso da terra que estão descritas no Quadro 1 juntamente com os elementos de reconhecimento: textura, forma e tamanho. Essas características tiveram um papel importante, pois auxiliaram na identificação dos elementos na imagem tornando-as indispensáveis para o entendimento e a definição das classes de uso da terra.

Quadro1 - Classes de uso da terra e seus elementos de reconhecimento

Classes	Textura	Forma	Tamanho
Agricultura/Solo Exposto	Lisa \ Média	Geométrica	Pequeno
Área Minerada	Lisa	Irregular	Médio \ Grande
Área Rec. Ambiental	Rugosa	Geométrica	Grande
Área Urbana	Rugosa	Geométrica	Grande
Massa de água	Lisa	Irregular	Pequeno
Reflorestamento	Lisa	Geométrica	Médio
Veg. Rasteira/ Pastagem	Lisa \ Média	Irregular \ Geométrica	Médio \ Grande
Rio	Lisa	Irregular	Pequeno
Vegetação Secundária	Média \ Rugosa	Irregular	Grande

Elaboração do mapa hipsométrico

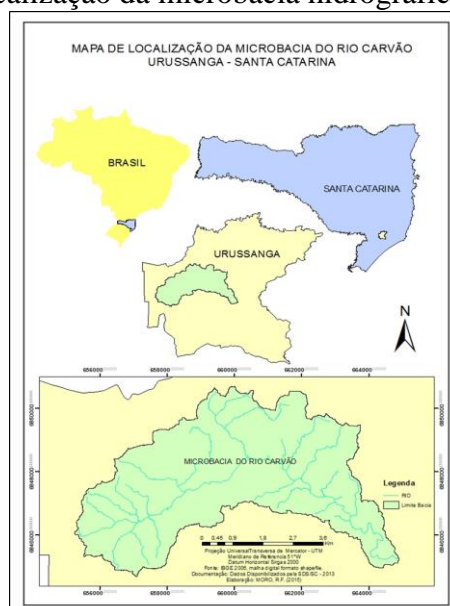
O mapa hipsométrico reflete as diferenças de altitudes baseado nas curvas de nível, atribuindo cores diferentes para os intervalos de altitude determinados.

O mapa hipsométrico foi gerado a partir da interpolação das curvas de nível com a ferramenta “3D Analyst” >> ”TIN management” >> ”Create TIN”, ele permitiu uma representação do relevo intercalando cores entre as curvas de nível dando uma percepção da forma do relevo. Permitiu também o cálculo de áreas entre os intervalos das altitudes pré-determinadas. Com esses dados foi possível posteriormente gerar a curva hipsométrica e a altitude media da bacia hidrográfica.

3 Discussão dos resultados

A microbacia hidrográfica do Rio Carvão pertence à bacia hidrográfica do rio Urussanga, localiza-se no sul do Estado de Santa Catarina, entre os paralelos 28°27’S e 28°31’S e meridianos 49°25’W e 49°18’W conforme Figura 1. A microbacia hidrográfica do Rio Carvão possui uma área total de 30,077 km², com um perímetro de 44,408 km de extensão.

Figura 1 - Localização da microbacia hidrográfica do rio Carvão



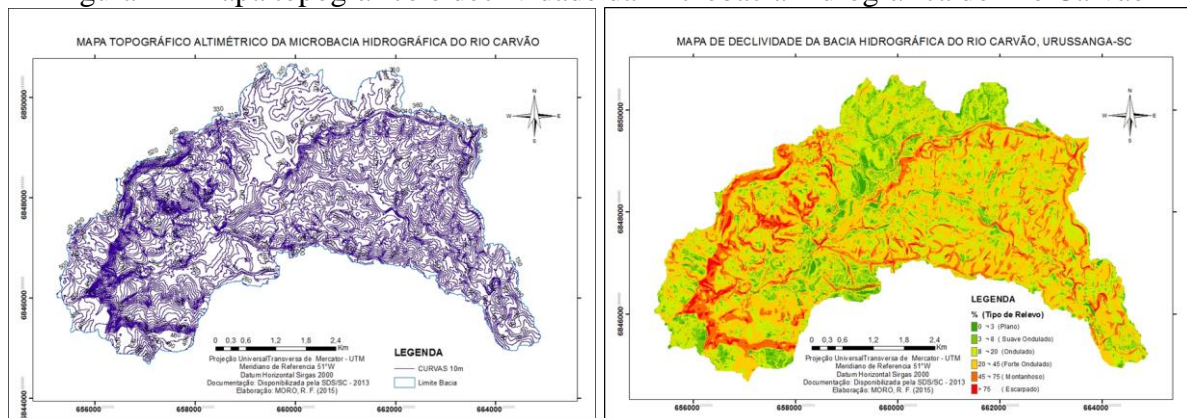


Segundo a metodologia proposta por Köppen, a microbacia hidrográfica é classificada com clima subtropical úmido, sem estação seca e com verão quente, o inverno é predominante fresco e úmido com geadas ocasionais. Possui chuvas bem distribuídas durante todas as estações do ano, por isso, não ocasiona longos períodos de secas e nem inundações frequentes. O seu índice pluviométrico é de 1540 milímetros por ano e a umidade relativa do ar é de 81,5% em média com temperatura média do mês mais quente de 23,6°C e o mês mais frio de 14,4°C. A velocidade média do vento é de 2,0 metros por segundo, (BDMEP 2014).

Mapa topográfico e de declividade

A Figura 2 representa o mapa topográfico da microbacia do Rio Carvão gerado a partir do MDT resultando nas curvas de nível com equidistância de dez metros entre as cotas. Abaixo se pode observar o mapa de declividade seguindo a classificação sugerida pela EMBRAPA (1999).

Figura 2 – Mapa topográfico e declividade da microbacia hidrográfica do Rio Carvão



A Tabela 2 apresenta o resultado do mapeamento com as áreas referentes a cada classe de declividade, tipo de relevo e tendência à erosão.

Tabela 2. Área correspondente a cada classe de declividade

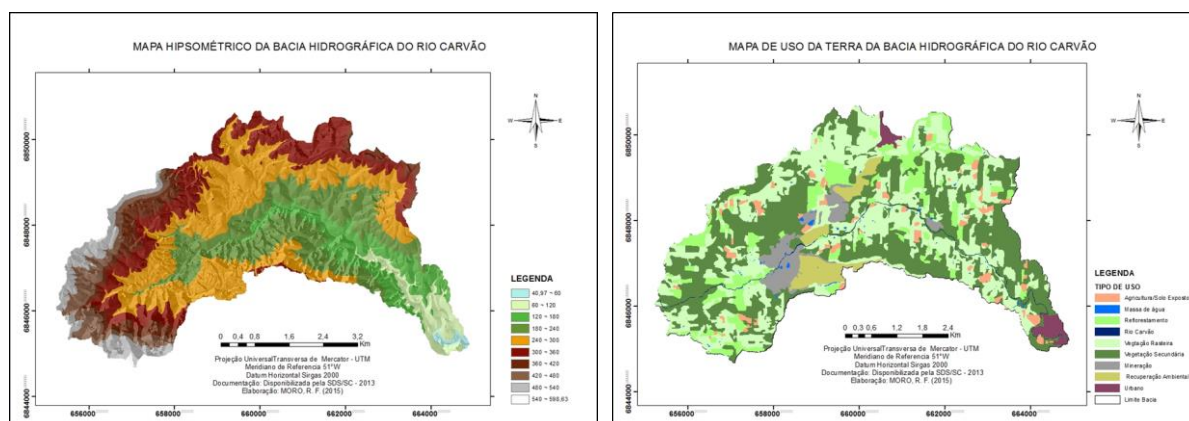
Declividade (%)	Tipo de Relevo	Suscetibilidade a erosão	Área Km ²	Área %
0 a 3	Plano	Ligeira	1,213	4,03
3 a 8	Suave Ondulado	Ligeira	2,869	9,54
8 a 20	Ondulado	Moderada	9,487	31,54
20 a 45	Forte Ondulado	Forte	11,736	39,02
45 a 75	Montanhoso	Muito Forte	3,916	13,02
>75	Escarpado	Muito Forte	0,855	2,84
Total			30,077	100

Os dados do mapa de declividade da área da microbacia hidrográfica do Rio Carvão caracterizam o relevo como predominantemente ondulado (31,54%) e forte ondulado (39,02%), somando as duas classes representa 70,42% da área total, evidenciando uma topografia acidentada. Pode-se afirmar também que, por se tratar de um terreno que na sua maioria possui áreas com inclinação de 20 a 45% restringindo o uso do solo.

Mapa hipsométrico e de uso da terra

A Figura 3 representa o mapa hipsométrico gerado a partir da interpolação das curvas de níveis num intervalo de altitude de 60 em 60 metros.

Figura 3 - Mapa hipsométrico e de uso da terra da microbacia hidrográfica do Rio Carvão



A Tabela 3 representa as áreas entre os intervalos das altitudes, pode-se observar que a maior quantidade de áreas situa-se entre as altitudes de 240 a 300 metros com 29,12% do total da área. Se considerarmos o intervalo de 180 a 240 metros junto, pode-se afirmar que essa faixa de altitude que varia de 180 a 300 metros representa 49,35%, ou seja, quase a metade do total da área da bacia hidrográfica.

Tabela 3 - Áreas referentes a cada intervalo de altitude

Intervalo de Cotas	ÁREA (Km ²)	Área(%)
40,97 – 60	0,180	0,60
60 – 120	1,332	4,43
120 – 180	2,940	9,78
180 – 240	6,083	20,23
240 – 300	8,758	29,12
300 – 360	5,427	18,04
360 – 420	1,892	6,29
420 – 480	1,752	5,83
480 – 540	1,649	5,48
540 – 598,63	0,064	0,21
Total	30,077	100,00

No mapa de uso e ocupação da terra é possível obter um detalhamento dos limites de cada classe próximo da realidade da paisagem da microbacia hidrográfica.

A Tabela 4 representa o quadro de áreas e a porcentagem em relação ao total da área mapeada na microbacia.

Tabela 4 - Áreas referentes a cada classe de uso da terra

USO DA TERRA		
Classes de Uso	Área (km ²)	Área (%)
Agricultura/Solo preparado	1,051	3,495
Área Minerada	1,365	4,537
Área Recuperação Ambiental	1,235	4,108
Área Urbana	0,503	1,673
Massa de água	0,120	0,400
Reflorestamento	3,448	11,462
Leito Rio Carvão	0,154	0,512
Vegetação Rasteira/ Pastagem	10,490	34,879
Vegetação Secundária	11,710	38,934
TOTAL	30,077	100,000

A bacia hidrográfica possui uma área pequena de produção agrícola (3,45%). Isso pode ser explicado pelo fato do relevo ser bastante acidentado sendo pouco propício para atividades agrícolas e pelos passivos ambientais decorrentes do processo de mineração que deixaram o solo degradado.

Pode-se analisar que grande parte da área pertence à classe de vegetação secundária (38,93%) que se encontra principalmente nas áreas mais inclinadas. Se considerarmos a áreas de vegetação secundária e reflorestamento, pode-se afirmar que quase a metade (46,34%) da



área total da microbacia hidrográfica encontra-se com algum tipo de cobertura florestal.

Os impactos ambientais podem ser visualizados por meio das áreas de mineração de carvão que somam um total de 1,365 km² (4,53%), o que é uma área considerável, elas estão localizadas na parte central da bacia hidrográfica, essas áreas de mineração são drenadas pelo rio Carvão que recebe e transporta os sedimentos de rejeito de carvão causando impactos na qualidade da água e conseqüentemente contamina todo o restante do seu curso.

As áreas de recuperação ambiental (4,11%) possuem uma vegetação rasteira, essas áreas anteriormente eram áreas mineradas que passaram por um processo de impermeabilização e reconstituição do solo vegetal, com o intuito de evitar o contato da água com os agentes contaminantes.

4 Conclusão

A base cartográfica criada com o auxílio de *software* de SIG nesta pesquisa forneceu uma gama de dados relacionados ao meio geográfico da microbacia hidrográfica do Rio Carvão, esses dados possibilitaram o reconhecimento espacial e físico da área, e conseqüentemente, a formação de um banco de dados geográficos que podem ser utilizados não apenas nos estudos referentes a esta pesquisa, mas em vários outros estudos voltados para análise ambiental da espacialidade da microbacia hidrográfica do Rio Carvão.

Pode-se afirmar que a escolha correta da metodologia e de uma base cartográfica confiável, são elementos fundamentais para os estudos espaciais, pois o detalhamento da cartografia e a escolha da escala dos mapas interferem nos resultados desses parâmetros.

O sistema geográfico de informações (SIG) apresentou uma enorme capacidade de processamento de dados na pesquisa, foi possível realizar todos os procedimentos necessários como coleta, armazenamento, manipulação, visualização e análise dos dados geográficos permitindo assim atingir os resultados propostos e concluir o estudo.

Referências

- BELOLLI, M. História do Carvão de Santa Catarina. Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002.
- IBGE, Manual técnico de geomorfologia / Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009
- JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. Estudo de viabilidade da recuperação das áreas mineradas na região sul de Santa Catarina, República Federativa do Brasil. Mitsubishi Materials Corporation, Chiyoda-Dames e Moore Co., Ltda, Japan, março.1998. 59p. (Relatório Principal, Estudo Setorial).
- JUNIOR, E. L. S. Bacia hidrográfica Desafios da gestão de recursos hídricos e do saneamento básico no município de Cuiabá-MT. 2011
- MIRANDA, L. H. F.; IPPOLITI, G. A.; OLIVEIRA, C. M. L.; FERNADES FILHO, E. I. & ABRAHÃO, W. A. P. S. Sistema de informação geográfica do município de Ubá. Ubá, Prefeitura Municipal, 2000.
- PORTO, M. F. A. e Porto, R. L., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo 2008, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142008000200004&script=sci_arttext - Acesso em 13 - 04 – 2015.
- TUNDISI, J. G. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. Editora RiMa, IIE. 248p, 2003.