

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NA BACIA DO RIO ITAJAÍ – SC.

Priscila Dionara Krambeck Braun¹, Alexander Christian Vibrans² e Adilson Pinheiro³

Resumo: *Este trabalho tem por objetivo fornecer um modelo que possibilite identificar a evolução espacial da capacidade de armazenamento de água subterrânea, não confinada, na bacia do Itajaí –SC. O modelo está baseado na análise e no cruzamento de mapas temáticos em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) e considera os componentes: geologia, geomorfologia, fraturas geológicas, solos, vegetação original e atual e precipitação. Sua aplicação é efetuada com o uso de técnicas de concorrência ponderada, através das quais cada unidade homogênea dos elementos é avaliada, recebendo um valor de acordo com sua influência na capacidade de armazenamento. Os elementos, por sua vez, são ponderados pela atribuição de pesos no cruzamento das informações espaciais e na composição dos mapas. O resultado do trabalho fornece informações que auxiliam na criação de políticas de proteção desta bacia, possibilitando, assim, um manejo mais adequado dos recursos hídricos da região.*

Palavras-chave: Modelo de análise. Capacidade de armazenamento. Indicador ambiental.

1 Introdução

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de indicadores ambientais no plano nacional, regional, local ou em campo tornou-se procedimento corrente, visando ao estabelecimento de ferramentas de avaliação e auxílio à tomada de decisão (LEVITAN, 2000; OECD, 2001). Essas ferramentas são um pré-requisito para a implementação de uma política de sustentabilidade ambiental (HANSEN, 1996). O uso de indicadores para enfrentar esse desafio é justificado pela impossibilidade de realizar medições diretas em muitos programas de monitoramento, devido a problemas metodológicos ou a questões práticas como custos e tempo e pela falta de viabilidade de muitos modelos de simulação que foram desenvolvidos como uma alternativa para as medições diretas.

A bacia hidrográfica do rio Itajaí está situada no nordeste do Estado de Santa Catarina, no quadrilátero formado pelas coordenadas geográficas 26°30' e 28° Sul e 48°30' e 50 °30' Oeste, compreende uma área de 15.000 km², abrange 47 municípios e constitui um importante manancial para abastecimento público, industrial e agrícola (Figura 1). Ela conta com um sistema de gestão dos recursos hídricos, representado pelo comitê de gerenciamento e a Agência de Águas. O desenvolvimento de indicadores ambientais que auxiliem no gerenciamento dos

recursos hídricos da região é de extrema importância (CASTOR, 2005; SCHULTZ, 2001).

Os recursos hídricos da bacia sempre supriram as demandas da população estabelecida. No entanto, nos últimos anos, problemas de disponibilidade de água foram sentidos e em áreas de elevada demanda para a agricultura surgiram conflitos pelo uso da água (SANTOS; FRANK, 2006).

Ao longo dos últimos 150 anos, ao contar do início da colonização da região em 1850, a cobertura florestal de grande parte da bacia foi substituída pelo uso agropecuário. A demanda pelos recursos hídricos diversificou e aumentou. Despejos urbanos, industriais e agrícolas começaram a impactar fortemente a bacia, criando um quadro de incertezas quanto ao atendimento das demandas atual e futura e quanto aos aspectos de proteção ambiental.

O armazenamento subterrâneo de água é um processo complexo, influenciado por grande número de variáveis, de ordem geológica, geomorfológica, edáfica, de relevo e de uso do solo, além de climática. O trabalho proposto tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de avaliação da capacidade de armazenamento de água subterrânea, não confinada, cujo resultado é um indicador, apresentado como instrumento cartográfico, que permite identificar as áreas com maior ou menor capacidade de armazenamento de água na bacia do Itajaí. Este indicador deverá permitir um manejo mais

¹ Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Campus II, Rua São Paulo, 3250 – CEP 89030-000 – Blumenau/SC. E-mail: priscila.krambeck@macroplast.com.br.

² E-mail:acv@furb.br

³ E-mail:pinheiro@furb.br

adequado dos recursos hídricos da região, auxiliando na criação de políticas de proteção dessas áreas. Para tanto foi adaptado à realidade

da área de estudo o modelo proposto por Chiaranda (2002) para a bacia hidrográfica do rio Cuiabá-MT.



Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí.

Fonte: IPA (2003).

A geologia da área de estudo é constituída por litologias do Embasamento Catarinense (Escudo Catarinense), que inclui rochas magmáticas e metamórficas mais antigas, rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia Sedimentar do Paraná e sedimentos mais recentes; é constituída ainda por seis unidades geomorfológicas: Planalto Cristalino, Serras Litorâneas, Planalto Sedimentar, Planalto de Lages, Planalto Basáltico e Planícies Costeiras, sobre os quais assentam-se principalmente quatro grupos de solos: os Cambissolos, que compreendem solos minerais não hidromórficos, com horizonte B incipiente bastante heterogêneo, os Argissolos, os Gleissolos e os Organossolos.

De acordo com Vibrans (2003), os diversos estágios da sucessão secundária da Floresta Ombrófila Densa constitui os principais usos do solo na bacia (67%), seguido pela agricultura e pecuária, ocupando aproximadamente 23 %, reflorestamentos (2%), e

áreas urbanas (2,6%). Eles formam uma espécie de “colcha de retalhos”, composta também por fragmentos de florestas pouco influenciadas pela atividade humana (florestas primárias) e por remanescentes explorados e alterados de forma mais ou menos intensiva (florestas primárias alteradas).

2 Materiais e métodos

A principal ferramenta utilizada neste trabalho foi o geoprocessamento. Os dados foram organizados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e apresentados em forma de mapas. O trabalho foi executado através das seguintes etapas:

- organização e uniformização dos dados e mapas existentes para compor uma base de dados georeferenciada única,

- análise de Mapas Temáticos da Bacia do Itajaí que representam os elementos e as variáveis relevantes para a recarga de aquíferos,
- descrição das unidades dos elementos em classes, de acordo com o grau de sua significância para a recarga,
- ponderação das unidades e dos elementos temáticos,
- cruzamento de dados e confecção de mapas: mapas temáticos base, mapas temáticos derivados, mapas de síntese intermediários e mapas finais.

O modelo de análise de dados espaciais utilizado é do tipo empírico, baseado em dados da literatura e no conhecimento e julgamento subjetivo de especialistas. Sua aplicação é efetuada com o uso de técnicas de concorrência ponderada, através do qual cada unidade homogênea dos elementos é avaliada recebendo um valor de acordo com sua influência na capacidade de armazenamento, numa escala de 1 a 5, escalonada para fins de cálculo como 0,20; 0,40; 0,60; 0,80 e 1,00. Os elementos, por sua vez, são ponderados pela atribuição de pesos no cruzamento das informações espaciais e na composição dos mapas. O potencial (importância/relevância) de uma unidade de um elemento é determinado multiplicando-se o valor de sua significância pelo peso atribuído ao elemento. O potencial de ocorrência simultânea de uma combinação de unidades de diversos elementos no mesmo espaço territorial é determinado pela adição dos pesos ponderados das respectivas unidades. Os mapas finais são elaborados a partir dos mapas temáticos num processo analítico hierárquico.

Para facilitar o entendimento da metodologia é apresentado na Figura 2 o fluxograma, adaptado para o presente estudo do modelo de análise de Chiaranda (2002).

Os dados e informações que alimentam o modelo têm sua origem em dados cartográficos e documentais que, após seleção e tratamento, resultam nos produtos denominados mapas temáticos base. Estes constituem a entrada de dados na segunda fase e, após processamento para análise das unidades tipológicas, dão origem ao produto denominado mapas temáticos derivados. Os mapas temáticos derivados constituem o fluxo de entrada da terceira fase do modelo e, após integração, realizada por meio de processo de soma, resultam no produto denominado mapas intermediários I – potencial hidrológico do relevo e do solo, mapas intermediários II – potencial de armazenamento

do meio poroso e mapas de síntese finais – indicadores da capacidade original e atual da bacia.

Como ferramenta computacional foi utilizado o software ArcGis 8.3 ESRI. Como base cartográfica foram utilizadas as cartas do Mapeamento Sistemático Brasileiro na escala 1:50.000. Os mapas temáticos básicos de geologia, geomorfologia, declividade, vegetação original (AUMOND; FRANK, 2007), usos do solo (VIBRANS, 2003) e precipitação (CEHPAR, 1982) foram re-editados e formatados de acordo com os propósitos deste estudo. Foram utilizadas também, as cartas geológicas do DNPM (1969), escala 1:250.000, folhas Rio do Sul, Blumenau e Joinville para confecção do mapa de fraturas geológicas e o mapeamento de solos de Santa Catarina (EPAGRI, 2002), escala 1:250.000, folhas Rio do Sul, Blumenau e Joinville que cobrem a área de estudo.

Entende-se por mapa temático o mapa no seu estado original com a legenda das unidades (tipológicas) ocorrentes na área da bacia. Os mapas temáticos derivados são os mapas que contêm todas as unidades tipológicas organizadas em classes de importância, relativas à capacidade de armazenamento.

Os mapas intermediários são os mapas resultantes da combinação das informações de dois ou mais mapas temáticos derivados. Para a geração dos mapas intermediários foi utilizada a operação de sobreposição de mapas em formato *raster*, com cruzamento de informações contidas em cada um deles, atribuindo-lhes pesos diferenciados. Os mapas intermediários de nível I são obtidos a partir de um conjunto de mapas temáticos derivados e representam o “*status*” do potencial hidrológico (ou de recarga) do relevo e o do solo. O mapa intermediário de nível II representa o “*status*” do potencial hidrológico do meio poroso. É considerado como *status*, o conjunto das expressões hidrológicas resultantes da interação das variáveis e processos abordados e valorados nos mapas temáticos base. A integração das duas ou mais variáveis (expressões hidrológicas) de cada componente é efetuada com o uso de operador de lógica ponderada.

As relações das componentes do meio físico com o meio de armazenagem, os critérios utilizados para a caracterização das unidades homogêneas e as respectivas classes são apresentados no Quadro 1.

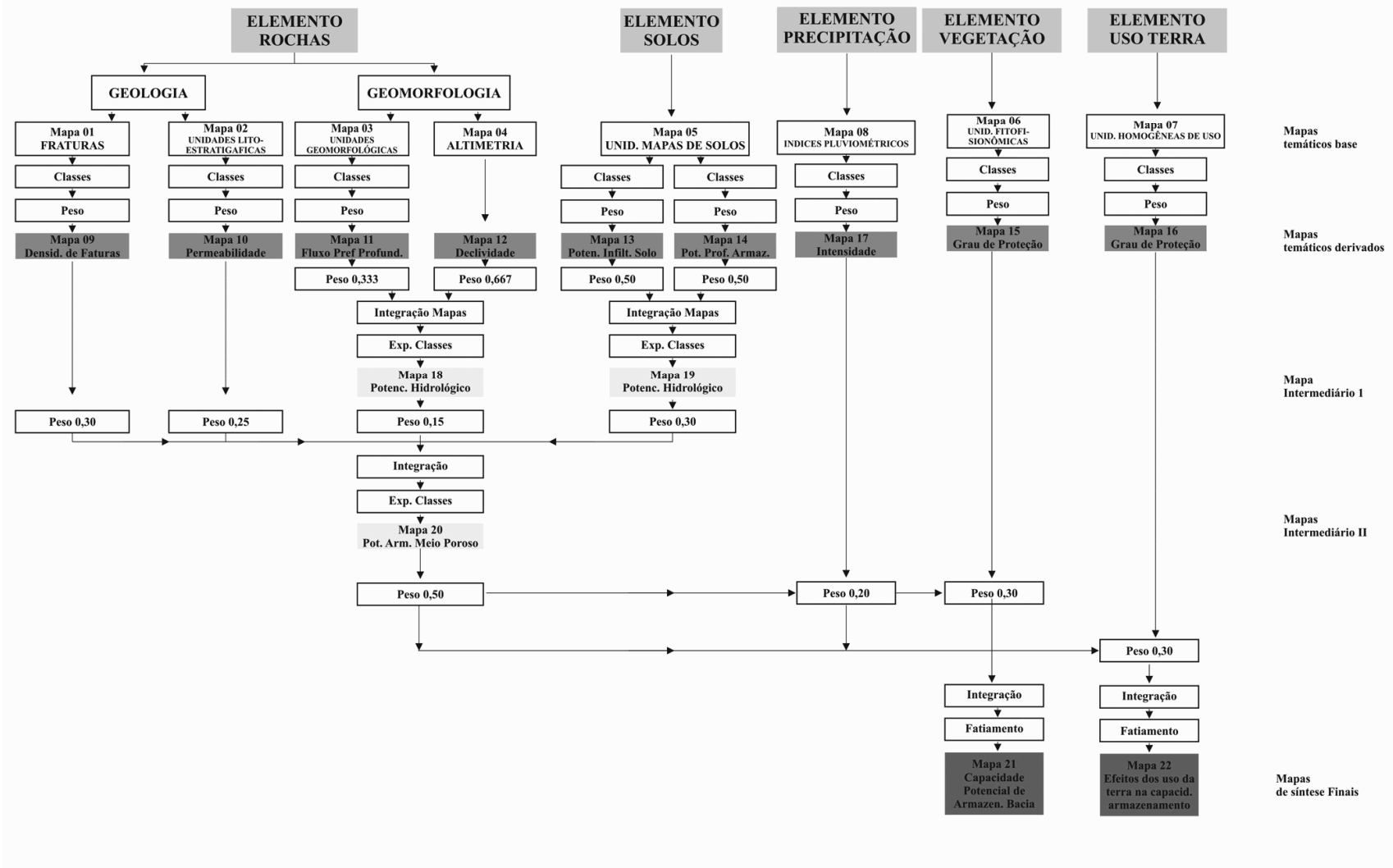


Figura 2 – Fluxograma Metodológico.

ELEMENTO	COMPONENTE	RELAÇÃO COM AS COMPONENTES DE ARMAZENAGEM		TEMA DERIVADO	CRITÉRIOS	CLASS ES
		COMPONENTE DE ARMAZENAGEM	ESTRUTURA HIDROLÓGICA			
ROCHA	Fraturas geológicas	Armazenagem no freático.	Zona de saturação, franja capilar, sistema de fluxo subterrâneo.	Densidade de fraturas	Densidade de fraturas em km/km ²	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
	Geologia	Armazenagem no freático.	Zona de saturação, franja capilar, sistema de fluxo subterrâneo.	Permeabilidade das rochas	Granulometria, estratificação, grau de agregação, condições de recarga, potencialidade para aquífero.	Alta Média Baixa
	Geomorfologia	Armazenagem no solo e nas depressões do terreno.	Zona de aeração, áreas de acúmulo e liberação, rede de drenagem.	Fluxo Preferencial em profundidade	Formas, componente de fluxo.	Alta Média Baixa
Zona de aeração, zona intermediária zona de liberação e de acúmulo.			Declividade	Energia potencial disponível	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa	
SOLOS	Solos	Armazenagem no solo, nas depressões do terreno por detenção superficial e por retenção sub-superficial.	Zona de aeração, zona intermediária e franja capilar.	Potencial de Infiltração	Granulometria, porosidade, permeabilidade e armazenamento.	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
			Zona de aeração, zona intermediária e franja capilar.	Profundidade para armazenamento	Perfil, posicionamento no terreno, profundidade.	Alta Média Baixa Muito Baixa
VEGETAÇÃO	Cobertura Vegetal Original e Usos do Solo	Interceptação, armazenagem por detenção e retenção pela manta orgânica, armazenagem no solo e na superfície.	Camada aérea, superfície do solo, zona de aeração.	Grau de proteção	Sinergismo entre solo, clima e vegetação, contribuição dos estratos no perfil da vegetação, manta orgânica, atenuação da precipitação, sazonalidade, usos do solo.	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
PRECIPITAÇÃO	Precipitação		Camada aérea, superfície do solo.	Intensidade da precipitação.	Altura média anual.	Alta Média Baixa Muito Baixa

Quadro 1 – Relações utilizadas para a caracterização dos temas derivados e critérios para a definição das classes.

3 Resultados

O potencial hidrológico geomorfológico (Figura 3) é resultado da integração das variáveis, fluxo preferencial em profundidade e declividade, cujos pesos percentuais de ponderação são 0,33 e 0,67, respectivamente.

O potencial hidrológico do solo (Figura 4), por sua vez, é composto de suas variáveis do

mesmo mapa temático base - solos, textura e profundidade, responsáveis pelo seu potencial de infiltração e pelo seu potencial de armazenamento, respectivamente. Os pesos de ponderação atribuídos a cada uma das variáveis são 0,33 para o potencial de infiltração e 0,67 para o potencial de armazenamento.

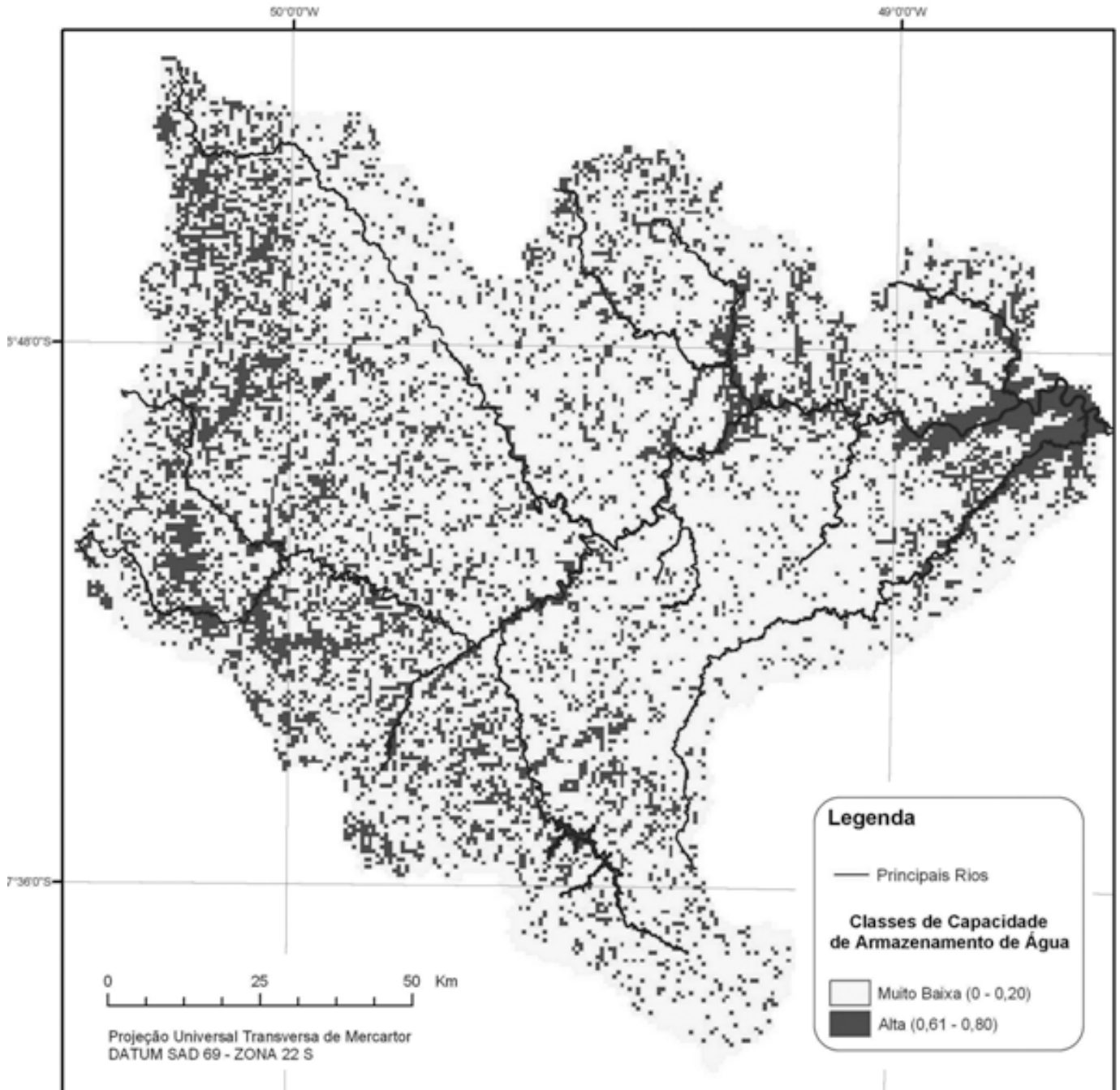


Figura 3 – Distribuição espacial do Potencial hidrológico geomorfológico.

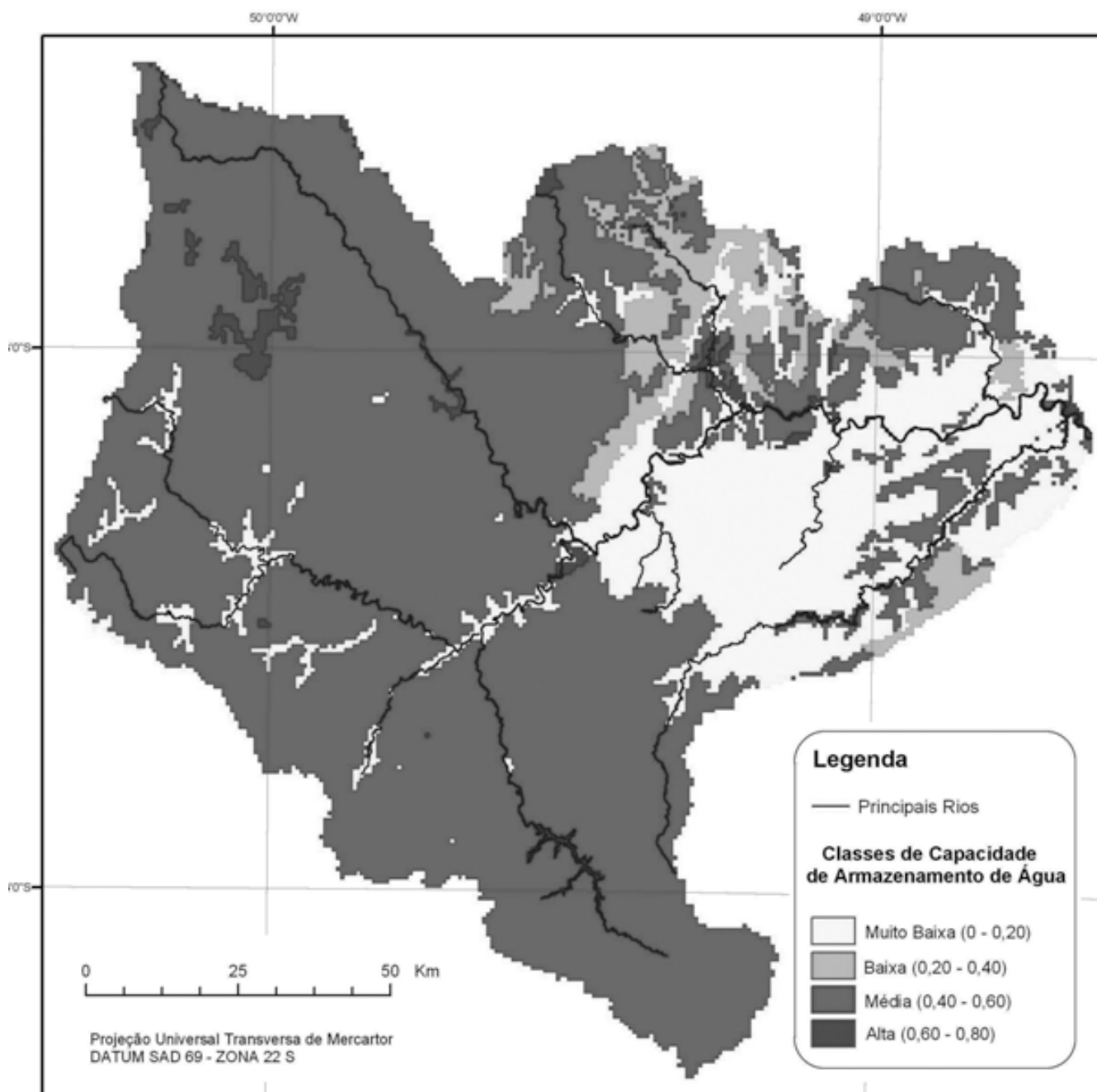


Figura 4 – Distribuição espacial do potencial hidrológico do solo

As classes dos mapas intermediários do potencial hidrológico do relevo e do potencial hidrológico do solo foram escalonadas em cinco intervalos, sendo que o de menor capacidade de armazenamento vai de 0 à 0,20, e o de maior capacidade, de 0,80 à 1,00.

O mapa intermediário de nível II caracteriza o potencial de armazenamento do meio poroso (Figura 5), e é a expressão do potencial de permeabilidade das rochas (mapa

temático derivado), do potencial de fratura (mapa temático derivado) e do potencial hidrológico do relevo e do solo (mapas intermediários de nível I). Os pesos atribuídos a cada um dos elementos integrantes do conjunto meio poroso, são os seguintes: 0,25 para o potencial de permeabilidade das rochas, 0,30 para o potencial das fraturas, 0,15 para o potencial hidrológico geomorfológico e 0,30 para o potencial hidrológico do solo.

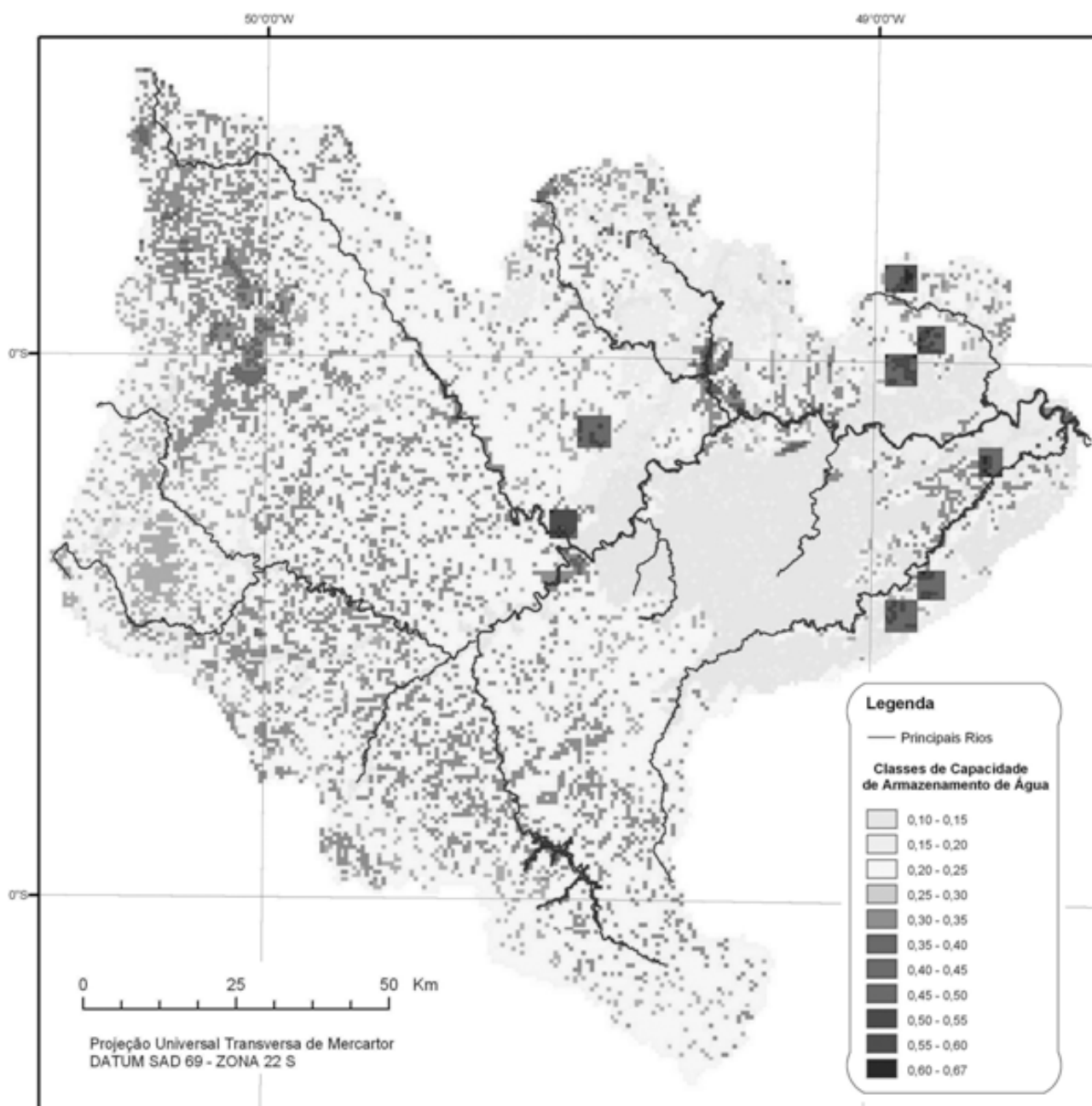


Figura 5 – Potencial de armazenamento do meio poroso.

Os pesos foram atribuídos tendo como base a hierarquia das componentes do fluxo hidrológico. A primeira interação ocorre entre os fluxos da água oriundos da precipitação com o componente solo, sendo o relevo o responsável pelo caminho preferencial e as rochas como meio de armazenamento e liberação. As interações iniciais ocorrem na superfície e apresentam maior velocidade e menor tempo de duração (CHIARANDA, 2002).

O produto numérico resultante da integração foi transformado em intervalos de valores que representam as classes de potencial de armazenamento do meio poroso. Os mapas do potencial hidrológico da bacia do Itajaí representam, juntamente com as classes de potencial de recarga dos aquíferos, o resultado final deste trabalho, sob duas perspectivas: uma considerando a cobertura florestal original da bacia (Figura 6), outra, o atual uso do solo (Figura 7).

A geração destes mapas, denominada mapas síntese finais, foi realizada através da integração do mapa intermediário do potencial de armazenamento do meio poroso com os mapas temáticos derivados, cobertura vegetal original e precipitação. Eles representam as áreas responsáveis pela recarga dos aquíferos da bacia, desconsiderando a influência antrópica

recente. Para a estimativa das áreas atualmente responsáveis pelo armazenamento de águas subterrâneas e conseqüente recarga dos aquíferos foi realizada a integração do mapa intermediário do potencial de armazenamento do meio poroso e os mapas temáticos derivados, usos do solo do ano de 2000 e precipitação.

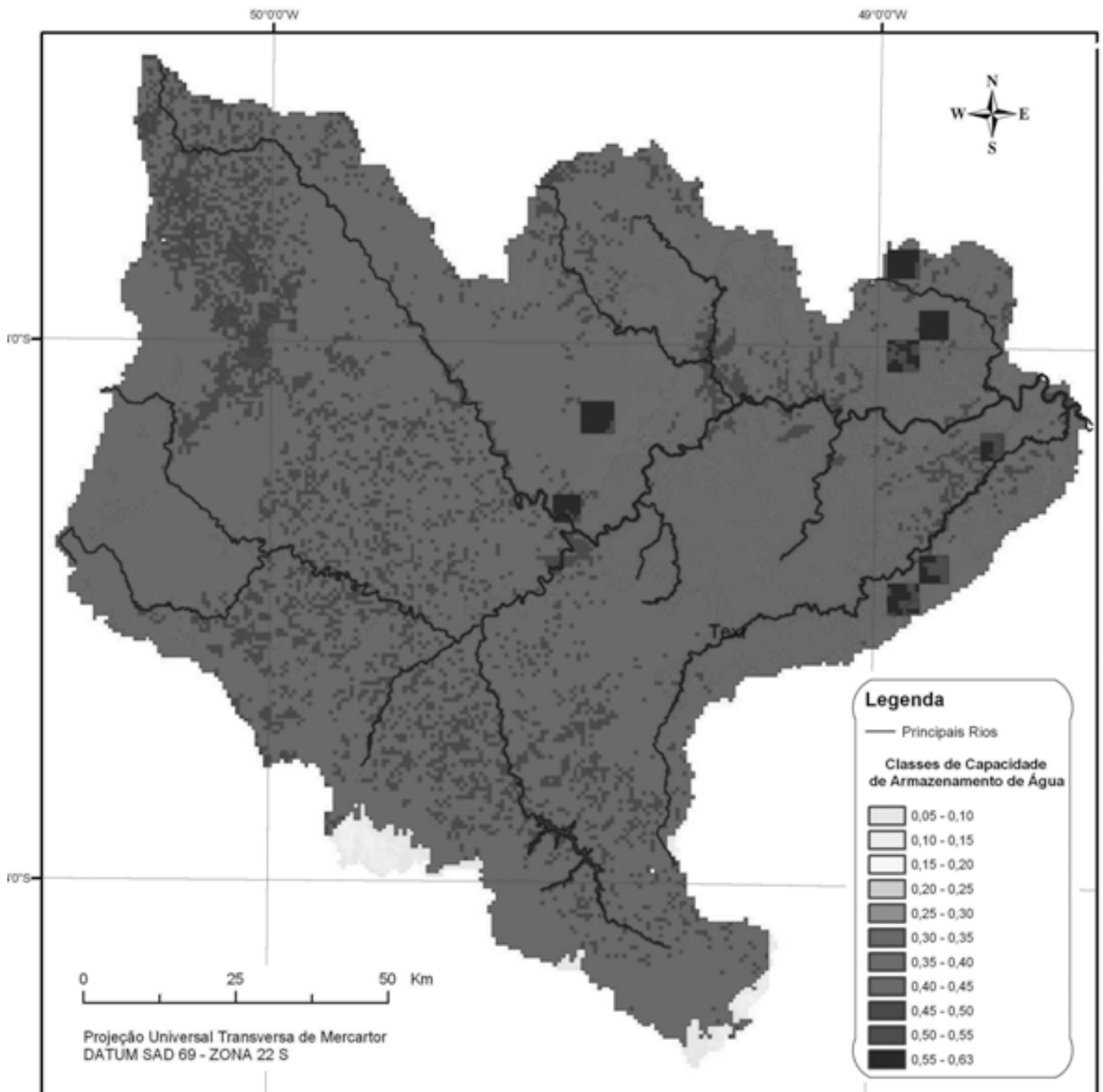


Figura 6 – Capacidade de armazenamento original da bacia.

Os procedimentos metodológicos utilizados são os mesmos dos mapas intermediários: atribuição de pesos diferenciados aos componentes (elementos), 0,50 para o potencial de armazenamento do meio poroso, 0,30 para o grau de proteção do solo exercido

pela cobertura vegetal original e pelos usos do solo atuais e 0,20 para a precipitação. O produto numérico resultante da integração foi transformado em intervalos de valores que representam as classes de potencial de armazenamento da bacia.

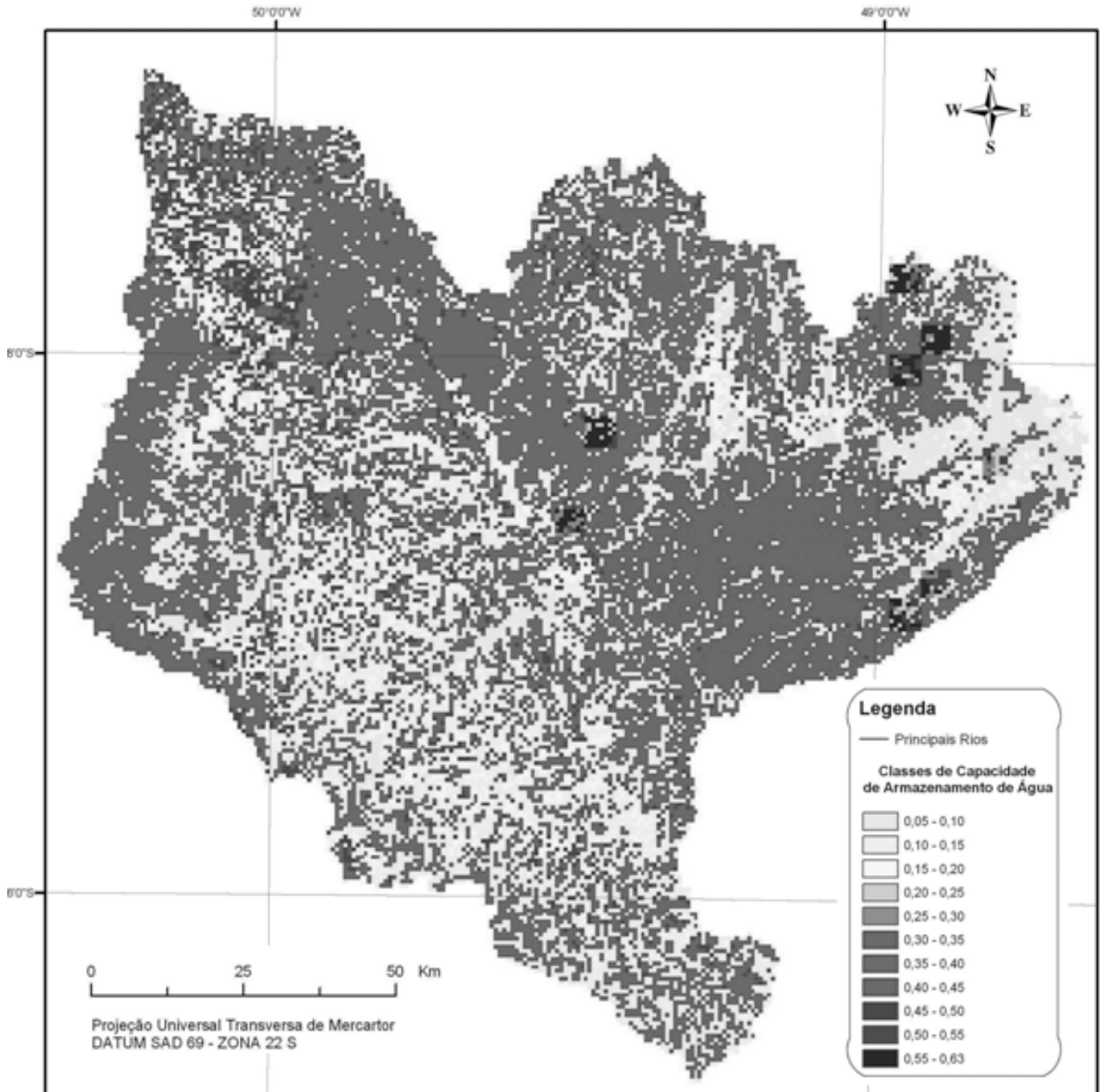


Figura 7 – Efeitos do atual uso da terra sobre a capacidade de armazenamento da bacia.

4 Discussões

A aplicação dos princípios de funcionamento das bacias hidrográficas e dos conceitos de estrutura hidrológica permitiu avaliar o estágio de modificação hidroambiental da paisagem por meio da capacidade de armazenamento subterrânea de água. Conjuntamente com estes princípios e conceitos, a abordagem sistêmica permitiu a identificação dos elementos e variáveis mais importantes e das relações que existem entre eles.

Constata-se, com base na análise dos resultados, que os usos da terra alteraram significativamente a capacidade potencial de armazenamento da bacia hidrográfica do rio Itajaí (Tabela 1). As duas classes intermediárias sofreram redução significativa, enquanto aumentou em 39% a superfície com capacidade muito baixa de armazenamento de água. Este quadro certamente teve influência sobre o regime hidrológico da bacia, como o aumento de frequência de cheias observadas durante o século 20 (FRANK, 1995).

Tabela 1 – Alteração da capacidade de armazenamento de água subterrânea, de acordo com os mapas finais (considerando a cobertura vegetal original e a cobertura vegetal atual da bacia).

Classes de Potencial de Armazenamento de água	Intervalo S	Capacidade Original da Bacia		Capacidade Atual da Bacia		Diferenças entre capac. Original/ Atual ¹	
		Área		Área		Área	
		(km ²)	%	(km ²)	%	(km ²)	%
Muito baixo	0-0,20	185,9	1,28	5.840,8	40,12	5.654,8	38,84
Baixo	0,20-0,40	3.394,7	23,32	2.314,0	15,90	-1.080,7	-7,42
Médio	0,40-0,60	10.966,5	75,33	6.402,8	43,98	-4.563,8	-31,35
Alta	0,60-0,80	10,3	0,07	0,00	0,00	-10,3	-0,07
Muito Alta	0,80-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

¹ O sinal (-) denota retração na classe, enquanto que o sinal (+) denota expansão.

Em relação à capacidade de armazenamento original da bacia, a classe de potencial alta abrange 0,07% da área e é o resultado da integração das classes de potencial muito alto, alto e médio de potencial de armazenamento poroso com as de grau de proteção muito alto e alto da cobertura vegetal original. A classe de capacidade potencial média é a predominante, abrangendo 75,33% da área da bacia, sendo o resultado da integração das classes de potencial alto, médio, baixo e muito baixo de armazenamento do meio poroso com as de grau de proteção muito alto, alto e médio proporcionado pela cobertura vegetal. A classe de capacidade baixa abrange 23,32 % da área da bacia e é resultante da integração das classes de potencial médio, baixo e muito baixo de armazenamento do meio poroso com as de grau de proteção alto e médio da cobertura vegetal original. A classe de potencial muito baixo abrange 1,28% da área da bacia e é resultante da integração da classe de potencial muito baixo de armazenamento do meio poroso com as de grau de proteção muito alto e alto da cobertura vegetal original.

A expansão das classes de uso da categoria antrópica sobre as de categoria natural ocorreu em função do aumento das atividades agrícola e industrial, da melhoria da infraestrutura viária, e, em função dos valores sociais referentes ao uso da terra que adentraram na

bacia hidrográfica por meio da migração. Colaborou com este cenário a falta de instrumentos de ordenamento da ocupação do solo, tanto das atividades econômicas como das conseqüências sociais decorrentes.

A dinâmica da modificação dos usos da terra trouxe como conseqüência a diminuição da proteção do solo, o que pressupõe também modificações na dinâmica hidrológica, tanto dos processos superficiais quanto dos de profundidade.

Diante dos efeitos negativos dos usos dos recursos naturais sobre a capacidade potencial de armazenamento de água da bacia e diante do quadro de incertezas quanto à satisfação atual e futura da demanda por recursos hídricos, a implementação de políticas de gerenciamento ambiental na bacia hidrográfica do Itajaí é necessária e deve ser realizada através do manejo integrado desses recursos.

Vale salientar que, como Chiaranda (2002) já havia citado em seu trabalho, devem ser tomados alguns cuidados na interpretação e no uso dos mapas da capacidade potencial de armazenamento, que não pode ser considerado como medida direta da capacidade de recarga, mas, sim, como uma indicação, pois a capacidade potencial de armazenamento refere-se ao volume de água que pode ser acumulado ou retido temporariamente no meio poroso. A capacidade de recarga está relacionada ao

balanço existente entre a precipitação incidente e o escoamento superficial, ou seja, a quantidade de água que é necessária para atender as demandas da interceptação, do armazenamento nas depressões superficiais, no solo e no lençol freático.

5 Conclusões

A base do modelo de avaliação utilizado neste trabalho foi desenvolvida por Chiaranda (2002) para a bacia do rio Cuiabá – PR. No presente trabalho foram acrescentadas duas variáveis: a densidade das fraturas geológicas e a precipitação, variáveis estas que foram consideradas relevantes para a capacidade de armazenamento de água. O modelo se baseia nos princípios de funcionamento das bacias hidrográficas e nos conceitos de estrutura hidrológica da paisagem, o que permitiu avaliar o estágio de modificação hidroambiental da paisagem através da capacidade de armazenamento. Conjuntamente com esses princípios e conceitos, a abordagem sistêmica permitiu estabelecer os limites do objeto de estudo e identificar os elementos mais importantes, bem como as relações que existem entre eles.

A avaliação da capacidade de armazenamento da água no solo da bacia do

Itajaí permitiu estabelecer as seguintes conclusões:

- O processo de expansão das classes de uso do solo sobre a cobertura vegetal original, com a substituição das florestas por pastagens e plantações trouxe como conseqüência à modificação dos efeitos de defesa ou proteção proporcionados ao solo. Os reflexos dessas modificações podem aparecer na forma de impermeabilização da superfície da bacia, modificações nos comportamentos da vazão e na diminuição da capacidade de armazenamento de água na bacia;
- O desmatamento, isto é, a substituição da cobertura vegetal original pela agricultura e pecuária foi responsável pela transição de classes de maior potencial para o de menor potencial de armazenamento. A classe de capacidade média foi a que mais sofreu retração de área;
- A capacidade de armazenamento de água não se distribui de forma uniforme em todo o território da bacia. Ao comparar a região do Parque da Serra do Itajaí na distribuição do indicador de capacidade original e atual da bacia, verifica-se que áreas protegidas, com manutenção das características originais da cobertura vegetal, mantêm a mesma capacidade de armazenamento de água.

6 Development of a model of evaluation of the water storage capacity in the basin of Itajaí river, in the state of Santa Catarina.

Abstract: *The objective of the work is to provide a model that allows to identify the spacial evolution of the capacity for underground water storage, not limited, in the basin of Itajaí River. The model is based on the analysis and joint of theme maps in environment of Geographic Information System (GIS). The model takes into account components such as geology, geomorphology, geological fracture, soil, original and current vegetation and precipitation. Its application is done with the use of pondered competition techniques, through which homogenic unit is evaluated according to its influence in the storage capacity. The elements are pondered for the attribution of weight in the joint of spacial information and composition of the maps. The result of the work gives information that helps on the creation of protection policies of these areas, therefore, an adequate management of the hydric resources in the region.*

Key words: Analysis model. Storage capacity. Environmental indicator.

7 Agradecimentos

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor e ao CNPq pela bolsa de produtividade do terceiro autor através do processo 300645/2005-8.

8 Referências

- AUMOND, J.J.; FRANK, B. **Bacia do Itajaí: Formação, Recursos Naturais e Ecossistemas.** Blumenau: Edifurb, 2007 (in press).
- CASTOR, B.V.J. **Programa de implantação, Monitoramento e avaliação do PNRH: Produto 3- Avaliação da Estratégia para Implementação,**

Construção de Indicadores e Avaliação de Desempenho. Brasília. ANA, 2005.

CEHPAR. Vazões de estiagem em pequenas bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina – Relatório final. Curitiba: CASAN-UFPR, 1982

CHIARANDA, R. **Usos da terra e avaliação da capacidade potencial de armazenamento de água da bacia do Rio Cuiabá – MT.** Curitiba: Tese (Doutorado em Eng.Florestal – UFP), 2002.

DNPM. **Cartas geológicas do estado de Santa Catarina: folhas Rio do Sul, Blumenau e Joinville.** Brasília: DNPM, 1969. Escala 1:250.000.

EPAGRI. Cartas Temáticas de Solos. 2002. Disponível em: < <http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/ciram/produtos/geoprocessamento>>. Acesso em: 27 jun. 2006.

FRANK, B. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes.** Florianópolis: Tese (Doutorado em Eng. De Produção – UFSC), 1995.

HANSEN JW. **Is agricultural sustainability a useful concept?** *Agric Syst*; nº 50, p. 117–43, 1996.

OCDE. **Indicateurs environnementaux pour l'agriculture – méthodes et résultats.** Agriculture et Alimentation. Editions de l'OCDE, v. 3, 2001.

LEVITAN, L. **How to and why: assessing the environmental impacts of pesticides.** *Crop Protection*, 19, p.629-636, 2000.

SANTOS, A.M.; FRANK, B. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí: Construindo o Futuro da Bacia / Blumenau:** Fundação Agência de Água do Vale do Itajaí, 2006.

SCHULTZ, M.T. **A critique of EPA's index of watershed indicators.** *Journal of Environmental Management*. 62, p.429–442, 2001.

VIBRANS, A. C. **A cobertura florestal da bacia do Rio Itajaí – elementos para uma análise histórica.** Florianópolis:Tese (Doutorado em Geografia – UFSC), 2003.