

ANÁLISE DE ECOLOGIA DA PAISAGEM DO SISTEMA CANTAREIRA VOLTADA À QUESTÃO HÍDRICA



Me. Thaís Nícia Azevedo Vieira
Dr. Leandro Tavares Azevedo Vieira

Dezembro de 2016

Sumário

1. INTRODUÇÃO	2
2. MÉTODOS.....	2
2.1. DIAGNÓSTICO DA PAISAGEM.....	2
2.1.1. Contextualização e caracterização da área.....	2
2.1.2. Mapeamento – uso e cobertura do solo.....	2
2.1.3. Definição de Áreas de Preservação Permanente - APPs.....	4
2.2. DIAGNÓSTICO DOS FATORES ABIÓTICOS	5
2.3. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A MANUTENÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	6
3. RESULTADOS	7
3.1. DIAGNÓSTICO DA PAISAGEM.....	7
3.1.1. Mapeamento - uso e cobertura do solo	7
3.1.2. Definição de Áreas de Preservação Permanente - APPs.....	9
3.2. DIAGNÓSTICO DOS FATORES ABIÓTICOS	11
3.2.1. Solo.....	11
3.2.2. Aquífero	12
3.2.3. Declividade e Precipitação	13
3.3. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A MANUTENÇÃO OS RECURSOS HÍDRICOS	15
3.4. CADASTRO AMBIENTAL RURAL – CAR	19
3.5. PROGRAMA NASCENTES.....	22
4. CONCLUSÃO	24
5. REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Cantareira é de extrema importância para a provisão de água da região metropolitana de São Paulo. É o maior manancial de abastecimento da região e um dos maiores sistemas de abastecimento público do mundo, com capacidade de fornecer água para 5,3 milhões de pessoas (SABESP). Apesar de sua grande importância para provisão de água, o sistema sofre grande pressão antrópica. O uso intensivo do solo em bacias hidrográficas utilizadas para o abastecimento hídrico pode impactar negativamente a qualidade e a quantidade da água proveniente dessas regiões. É neste contexto que o presente estudo se apresenta, com o objetivo de identificar áreas prioritárias para a manutenção dos recursos hídricos do Sistema Cantareira, utilizando a análise da paisagem como uma ferramenta para sua elaboração.

2. MÉTODOS

2.1. DIAGNÓSTICO DA PAISAGEM

2.1.1. Contextualização e caracterização da área

O Sistema Cantareira apresenta 228.278 ha e se estende desde o município de Itapeva, no sul de Minas Gerais à Caieiras, na região metropolitana de São Paulo. O Sistema engloba parte de 12 municípios, dentre eles oito localizam-se no estado de São Paulo (Caieiras, Bragança Paulista, Franco da Rocha, Joanópolis, Mairiporã, Piracaia, Vargem e Nazaré Paulista) e quatro no estado de Minas Gerais (Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí-Mirim). Grande parte da água produzida pelo Sistema (94%) é proveniente da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, majoritariamente dos reservatórios Jaguari/Jacareí, seguido pelo reservatório Cachoeira e Atibainha e o restante é proveniente da Bacia do Alto Tietê, com o reservatório Juquery (Paiva Castro) (SABESP).

2.1.2. Mapeamento – uso e cobertura do solo

A elaboração do limite do Sistema Cantareira foi realizada com base nos dados shapefiles do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), ANA (Agência Nacional de

Águas), DataGeo (Sistema Ambiental Paulista), IGAM (Instituto Mineiro de Gestão de Águas) e dados do Diagnóstico Socioambiental do Sistema Cantareira elaborado pelo ISA (Instituto Socioambiental).

A definição das classes de uso e cobertura do solo da área de estudo foi realizada por fotointerpretação de imagens de satélite. Foram utilizadas para o mapeamento duas imagens do satélite Sentinel-2 da Agência Espacial Europeia (ESA) obtidas pela plataforma EarthExplorer (US Geological Survey Earth Explorer). As imagens de satélite analisadas foram geradas em 26 de julho de 2016. O mapeamento foi realizado de forma supervisionada pela ferramenta de Classificação Supervisionada, extensão do programa ArcGIS 10, o qual permite a classificação semiautomática de imagens de sensoriamento remoto. A ferramenta permite a rápida criação de ROIs (áreas de treinamento ou supervisão) que são armazenados em um shapefile. São criadas então assinaturas espectrais das áreas de treinamento e calculadas automaticamente. Foram usadas as 4 bandas espectrais de resolução de 10 metros do Sentinel-2, que inclui os espectros RGB e o infravermelho (banda 8); sendo, portanto, mais preciso do que a classificação por fotointerpretação básica (apenas RGB). Para esta classificação foram definidas quatro classes: Vegetação Natural, Pastagem, Silvicultura e Corpos d'água e o mapeamento resultante de classificação supervisionada apresentou resolução de 10 metros.

Após o mapeamento supervisionado, ferramentas para suavizar e incorporar pixels em classes mais prováveis foram utilizadas. Além disso, correções manuais foram realizadas de acordo com consulta a imagens de diferentes anos disponíveis no software Google Earth. Uma revisão também foi feita a fim de distinguir entre as áreas de vegetação natural e silvicultura. Neste método de classificação automático supervisionado, a definição dessas áreas pode apresentar baixa acurácia apesar da agilidade de classificação que o método promove. Assim, após a classificação automática das imagens de satélite, analisou-se quais remanescentes de vegetação natural se sobrepunham os remanescentes dos dados fornecidos pela SOS Mata Atlântica (shapefile de remanescentes 2011). A classe vegetação natural foi reclassificada de acordo com os dados da SOS Mata Atlântica e somente esses remanescentes foram considerados como vegetação natural na paisagem. Os demais polígonos inicialmente classificados como vegetação natural e que não correspondiam aos remanescentes da base de

dados da SOS Mata Atlântica, foram reclassificados como silvicultura. Como segundos os dados do TERRA CLASS do projeto de mapeamento do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de Uso e Cobertura do Cerrado de 2013 não há remanescentes de Cerrado na região do Sistema Cantareira, não foram considerados remanescentes de Cerrado neste estudo.

Uma classe que foi inicialmente incluída na classificação supervisionada, mas retirada devido à grande quantidade de erros de classificação foi a classe Área Urbana. Como essa classe representa uma área de difícil manejo em termos de restauração florestal, e, portanto, de grande importância para identificação, ela foi incluída posteriormente. Os dados dessa classe foram incorporados com base nos dados do shapefile de 2011 fornecidos pela SOS Mata Atlântica. Assim, o mapeamento foi finalizado com o total de cinco classes: Vegetação Natural, Pastagem, Silvicultura, Corpos d'água e Área Urbana.

Após a finalização da classificação supervisionada e definição das cinco classes, a validação do mapeamento final foi realizada segundo Cohen (1960) e (Congalton 1991). O mapeamento foi validado por meio de análises de imagens do software Google Earth de diferentes anos, entre 2002 a 2016. Para cada ponto sorteado (50 pontos para cada classe), o uso do solo foi manualmente fotointerpretado pelas imagens do software. A fim de determinar com maior precisão a qual das cinco classes da classificação supervisionada o ponto pertencia, foram avaliadas diversas imagens disponíveis para a fotointerpretação de cada localidade. Ao analisar o histórico da região em que o ponto foi sorteado e considerar a imagem mais recente, aumenta-se a exatidão da fotointerpretação. Após esse processo, os dados do mapeamento elaborado por classificação supervisionada foram confrontados com os dados dos pontos fotointerpretados e a matriz de confusão e índice Kappa foram calculados (Cohen 1960).

2.1.3. Definição de Áreas de Preservação Permanente - APPs

As Áreas de Preservação Permanente foram definidas de acordo com o Código Florestal (Lei 12.651/12). A partir do shapefile de hidrografia do IBGE, foram elaborados buffers de 30 metros a fim de definir as APPs com vegetação natural. Esse buffer foi cruzado com o shapefile de uso do solo para identificar as áreas de vegetação dentro das APPs. Também foi elaborado um shapefile de nascentes a partir do shapefile dos cursos d'água e consulta às cartas

topográficas do IBGE. Para as nascentes, foi elaborado um buffer de 50 metros e o mesmo procedimento para extrair as informações de vegetação natural do shapefile de uso do solo e cobertura do solo foi executado. Com isso, o shapefile de áreas de vegetação em APPs foi elaborado.

Para as áreas consolidadas em APPs, foram gerados buffers de 5 metros ao redor do shapefile de hidrografia e 15 metros ao redor de nascentes. Como a região do Sistema Cantareira apresenta pequenas propriedades, foram adotadas APPs em áreas consolidadas correspondentes a propriedades e posses rurais menores que um módulo fiscal.

Para as APPs ao redor dos reservatórios, foi definido um buffer de 30 metros a partir do limite da massa d'água delimitada pelo mapa de uso e cobertura do solo. Todas essas informações elaboradas anteriormente foram somadas em um único shapefile de Áreas de Preservação Permanente.

2.2. DIAGNÓSTICO DOS FATORES ABIÓTICOS

Para a total compreensão de como os reservatórios de d'água do Sistema Cantareira são abastecidos, vários fatores abióticos foram levantados para a área a fim de avaliar todo o sistema hídrico da região. Assim, a área do Sistema Cantareira foi classificada em relação à pedologia e ao relevo de acordo com os dados oficiais do IBGE. A declividade, a hidrogeologia e a litologia foi obtida pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e pela Agência Nacional de Águas – ANA. A média da precipitação anual com base nos dados de 1970 a 1990 foram obtidos do Banco de Dados do Clima Global – WorldClim. O cruzamento dessas informações é essencial para um planejamento estratégico do uso e cobertura do solo (Junior et al. 2006) para garantir o abastecimento hídrico dos reservatórios no sistema. Por exemplo, saber a classificação do solo permite entender a capacidade de retenção hídrica; a classificação hidrológica e litológica permite entender qual o tipo de aquífero subterrâneo o sistema apresenta e qual a velocidade de vazão de água no aquífero; a declividade influencia diretamente na absorção de água pelo solo e conseqüentemente no aquífero subterrâneo; e a precipitação anual indica o quanto de água pluvial entra no sistema e onde há maior incidência. Somando-se todas essas variáveis, é

possível definir onde há maior susceptibilidade e quais os cuidados devem ser tomados para garantir que a água tenha a maior possibilidade de abastecer os reservatórios.

2.3. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A MANUTENÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A definição de áreas prioritárias para a manutenção dos recursos hídricos do Sistema Cantareira dentro de um contexto da análise da paisagem aqui apresentado busca ser simples mas leva em consideração todos os critérios ecológicos levantados. Para cada fator ecológico foi atribuído um peso em relação ao nível de importância para a manutenção dos recursos hídricos. Todos os polígonos vetoriais categorizados com pesos foram transformados em arquivo matricial (raster) e ao final, todas as camadas foram somadas em relação aos pesos para a manutenção dos recursos hídricos. Os pesos foram atribuídos a cada categoria com base em sua capacidade de prover maior aporte hídrico ao sistema (Tabela 1). Assim, os pixels com maiores valores foram definidos como prioritários. Este método operacional baseado em SIG, a exemplo de Orsi and Geneletti (2010), permite que os tomadores de decisão possam gerar diferentes opções de ação para a preservação ambiental. A seleção dos critérios ecológicos e a avaliação dos respectivos pesos com base no julgamento dos especialistas é grande vantagem dessas ferramentas para que as ações de preservação ambiental sejam mais objetivas, melhorando tanto a qualidade dos ecossistemas como as condições de vidas humanas (Orsi and Geneletti 2010).

Tabela 1. Pesos atribuídos para cada categoria de priorização de acordo com os fatores ecológicos considerados

Variável Biofísica			
Benefícios Analisados	Relacionada ao Benefício	Categoria	Peso
Proteção dos recursos hídricos	Áreas de Preservação Permanente (APP)	Densidade de Kernel com relação à proximidade das Áreas de Preservação Permanente	0 – 10

Capacidade de infiltração da água no solo – recarga hídrica	Aquífero	Produtividade do aquífero de acordo com a vazão da água	Média Baixa Muito Baixa
Absorção de água	Declividade	Valor da declividade em graus	3% a >75%
Disponibilidade Hídrica	Precipitação	Valor médio da precipitação anual	1.246 a 3.895 mm

3. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DA PAISAGEM

3.1.1. Mapeamento - uso e cobertura do solo

O mapeamento final apresentou uma resolução de 10 metros e classificou a área de abrangência do Sistema Cantareira em cinco classes: Pastagem, Silvicultura, Corpos d'água, Vegetação Natural e Área Urbana. O mapeamento do uso e cobertura do solo evidenciou a grande pressão antrópica que o Sistema Cantareira sofre (Anexo 01 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo e Áreas Prioritárias para Manutenção dos Recursos Hídricos). A grande maioria (81,4%) da área é utilizada para fins de silvicultura e pastagem (Tabela 2). A classe Silvicultura, definida como áreas de cultivo de árvores, principalmente eucaliptos, foi a matriz da paisagem, correspondendo à 42,7% (Figura 1) do sistema (97.374 ha). A segunda maior classe (38,7%) foi Pastagem (88.421 ha), definida por apresentar grandes áreas abertas, em sua maioria pasto, mas também alguns cultivos anuais que não puderam ser discriminados com a metodologia da classificação supervisionada e áreas de fazendas com construções isoladas na paisagem. Além dessas duas classes, a classificação supervisionada categorizou 6.984 ha como Corpos d'água, composta em grande maioria pelos reservatórios e corresponde a 3% da área de abrangência do Sistema Cantareira. A classe Vegetação Natural foi definida por meio do shapefile de 2011 da SOS Mata Atlântica e apresentou baixíssima porcentagem da área do Sistema Cantareira:

15%. Essa classe de cobertura do solo, que é de extrema importância para a manutenção dos recursos hídricos corresponde somente à 34.558 ha. Por meio do shapefile da SOS Mata Atlântica também foi calculada a área da classe Área Urbana, com 941 ha e representou 0,4% da paisagem.

A validação do mapeamento foi feita por meio da verificação de imagens do Google Earth e confrontadas com o resultado da classificação supervisionada e incorporação dos dados do mapeamento da SOS Mata Atlântica 2011. A matriz de confusão foi calculada e a acurácia do mapeamento final foi de 87% e índice Kappa 0,83.

Tabela 2. Memorial descritivo da área do Sistema Cantareira.

MEMORIAL DESCRITIVO SISTEMA CANTAREIRA					
Características Gerais		Área ha		% da Área Total	
Área Total		228.279		100	
Categoria	Situações Ambientais	Área ha	% da Área	Sub-Totais	
				Área ha	% da Área Total
Formações Naturais	Vegetação Natural	34.558	15,1	34.558	15,1
Áreas agrícolas e antropizadas	Silvicultura	97.374	42,7	186.737	81,8
	Pastagem	88.421	38,7		
	Área Urbana	941	0,4		
Hidrografia	Corpos d'água	6.984	3,1	6.984	3,1

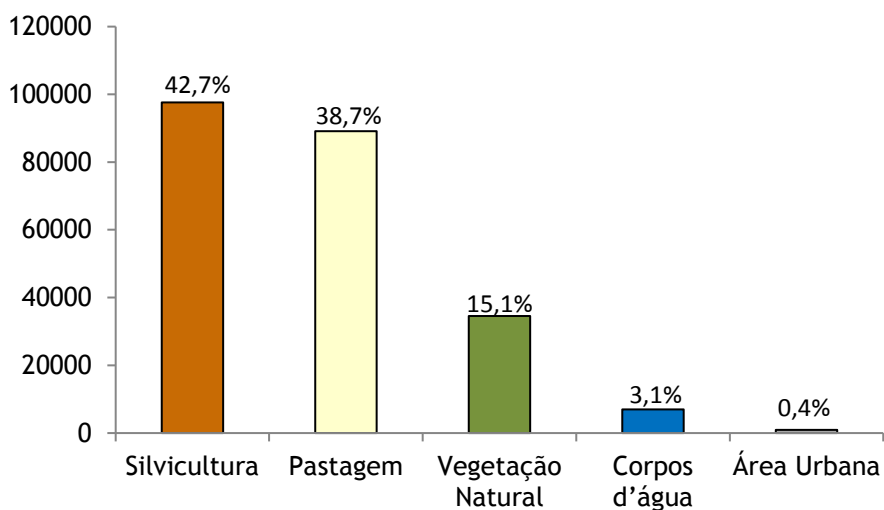


Figura 1. Área das classes de uso e cobertura do solo em hectares e porcentagem da área do Sistema Cantareira.

3.1.2. Definição de Áreas de Preservação Permanente - APPs

As Áreas de Preservação Permanente somaram uma extensão de 3.557 ha, sendo a grande maioria (73,8%) em uso (Tabela 3), ocupada com Pastagem (41,7% da APP) e Silvicultura (31,8% da APP). A área de Vegetação Natural corresponde somente à 26,2% da APP (933 ha) (Figura 2). Com esta análise podemos constatar que mesmo com a diminuição das APPs em áreas consolidadas com o Novo Código Florestal, é baixíssima a quantidade de áreas naturais que atendem à nova legislação e que cumprem o dever de proteção dos cursos d'água.

Tabela 3. Memorial descritivo das Áreas de Preservação Permanente e Situações Ambientais da área do Sistema Cantareira.

MEMORIAL DESCRITIVO SISTEMA CANTAREIRA							
Características Gerais		Área ha		% da Área Total			
Área Total		228.279		100			
Área de Preservação Permanente Total		3.557		1,6			
Área de Preservação Permanente em uso		2.624		1,1			
Categoria	Áreas de Preservação Permanente / Situações Ambientais	Área ha	% da APP	% da Área Total	Sub-Totais		
					Área ha	% da APP	% da Área Total
Formações naturais em APP	Vegetação Natural	933	26,2	0,4	933	26,2	0,4
APP em uso	Pastagem	1.483	41,7	0,6	2.624	73,8	1,1
	Silvicultura	1.133	31,8	0,5			
	Área Urbana	8	0,2	0,004			

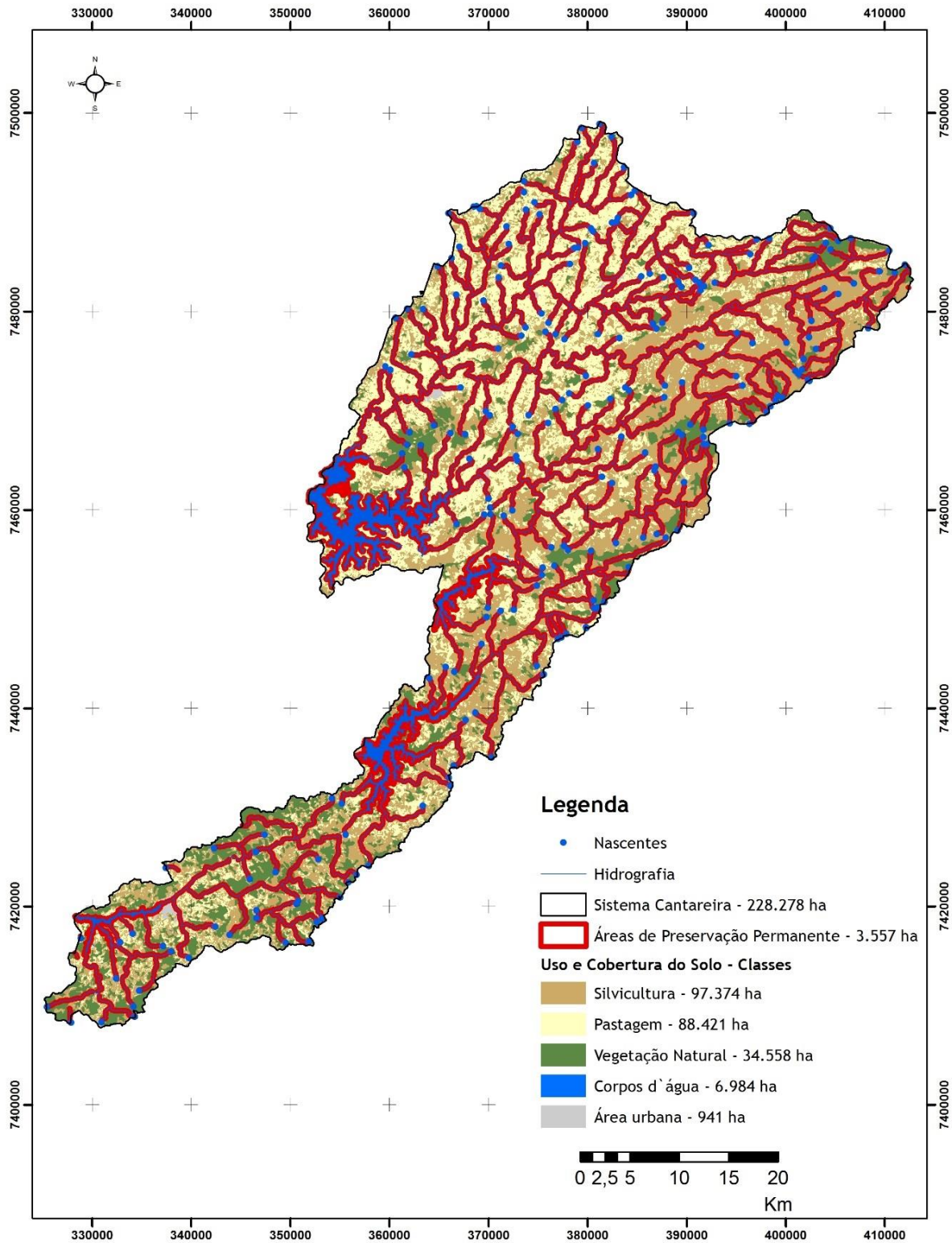


Figura 2. Áreas de Preservação Permanente e seus usos e cobertura do solo na área do Sistema Cantareira.

3.2. DIAGNÓSTICO DOS FATORES ABIÓTICOS

3.2.1. Solo

O solo da área é predominantemente Latossolo Vermelho-Amarelo, seguido por Argissolo Vermelho-Amarelo e uma pequena área de Latossolo Vermelho (Figura 3). Tanto os latossolos quanto os argissolos são solos essencialmente bem desenvolvidos, relativamente profundos e com boa retenção hídrica, entretanto, para saber qual a disponibilidade hídrica, é necessário saber a profundidade que começa o horizonte B e a textura do solo. Assim, não definimos uma gradação de importância para este fator abiótico.

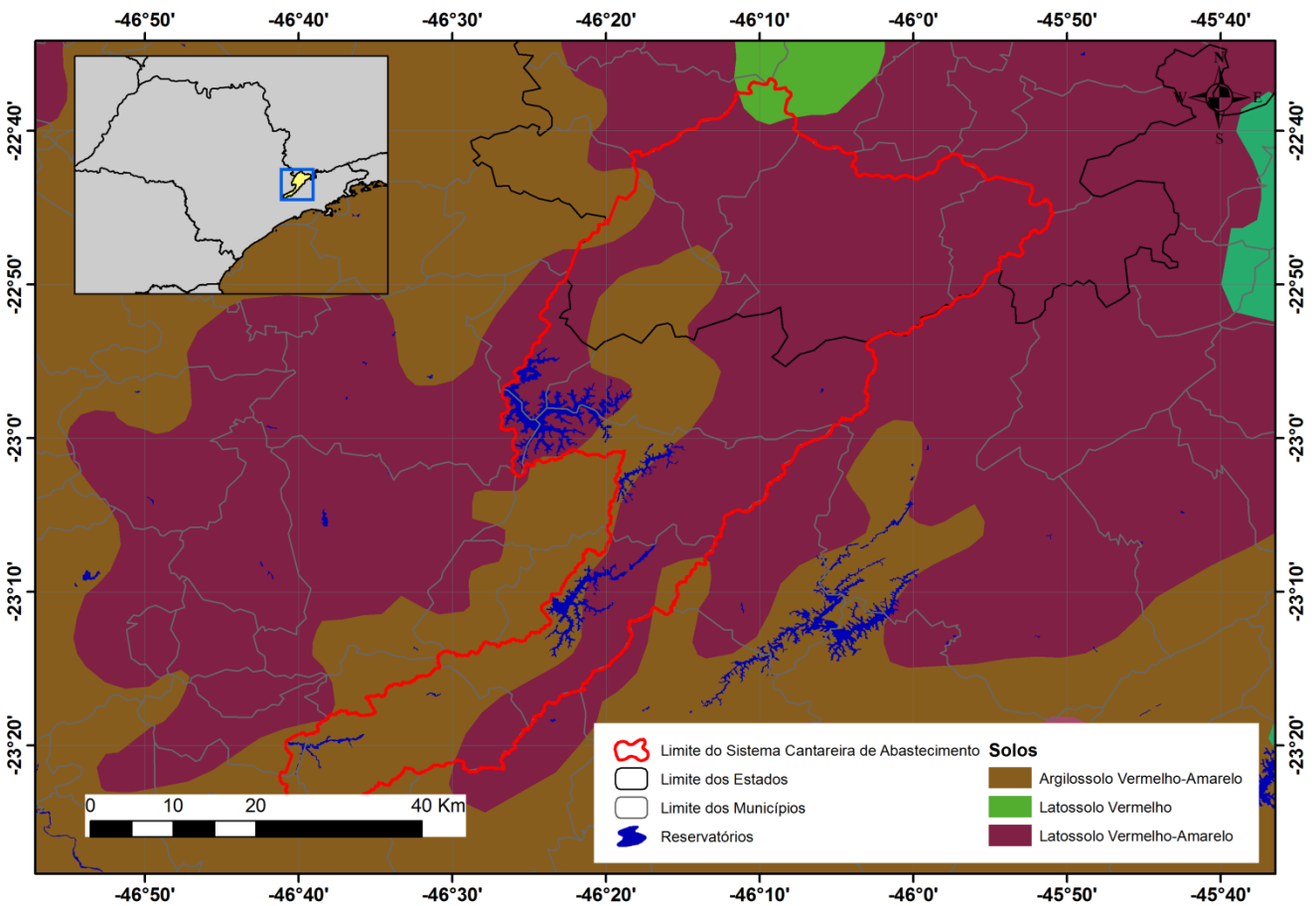


Figura 3. Classificação dos solos de acordo com o IBGE.

3.2.2. Aquífero

O relevo de toda a área é caracterizado pelo subdomínio de Faixas de Dobramentos do Sudeste/Sul, ou seja, marcada por eventos de dobramentos antigos. Assim, na área, há apenas a presença de terrenos ígneos ou metamórficos. De acordo com a classificação hidrogeológica, a área é caracterizada majoritariamente, especialmente ao norte da área, pela Província Cristalina, com a presença de rochas graníticas. No sul da área de estudo, há uma menor parte ocupada pela Província Metavulcanossedimentar, por rochas como o Xisto, Siltito e Quartzito. Assim, em toda a área de do Sistema Cantareira, o tipo de Aquífero Subterrâneo é classificado do Tipo Fissural, isto é, a água é incorporada na rocha pela percolação da água entre as fissuras ou fraturas nas rochas. O tamanho e a intensidade das fissuras nas rochas graníticas e metamórficas são o que determina a capacidade de infiltração da água no aquífero. A área do Sistema Cantareira, que está inserida no chamado Aquífero Pré-Cambriano, apresenta três classificações de produtividade de poços (Figura 4) de acordo com a velocidade da vazão: 1) Produtividade muito baixa com vazão inferior a $3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ cuja a baixa densidade de fraturas interconectadas e as condições topográficas desfavoráveis reduzem as possibilidades hidrogeológicas. 2) Produtividade baixa, com vazão entre 3 e $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, apresentam difíceis condições de jazimento e circulação de água subterrânea. 3) Produtividade média com vazão entre 10 e $40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, cujas águas armazenadas (geralmente provenientes das chuvas) circulam através das fraturas, abertas e interconectadas, o que confere a este sistema um caráter extremamente heterogêneo.

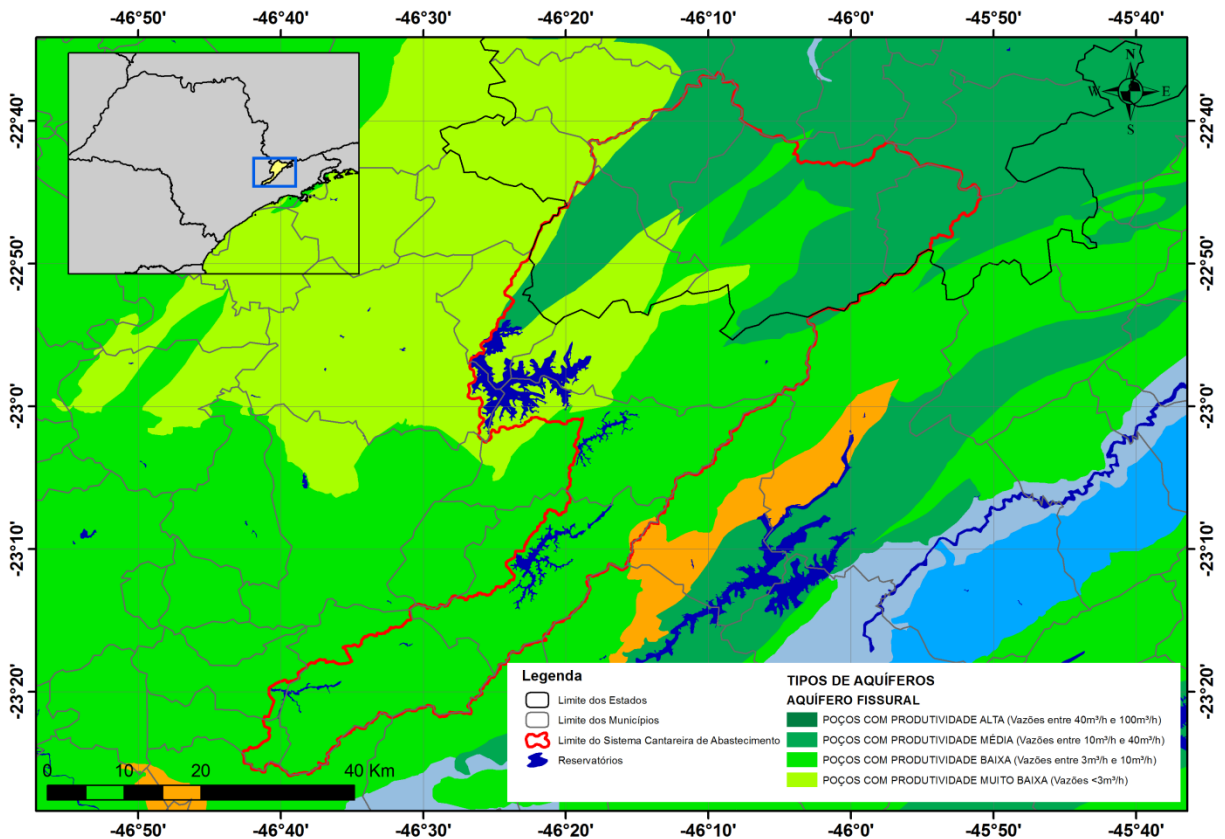


Figura 4. Classificação em relação ao tipo de aquífero subterrâneo de acordo com a hidrogeologia da CPRM.

3.2.3. Declividade e Precipitação

A região norte do Sistema Cantareira apresenta maiores cotas de declividade, mas em quase toda a região não há áreas planas ou suavemente onduladas (Figura 5). Assim como a declividade, a precipitação está relacionada com a elevação do terreno, sendo que apresenta os maiores valores de precipitação anual ao norte da área de estudo (Figura 6).

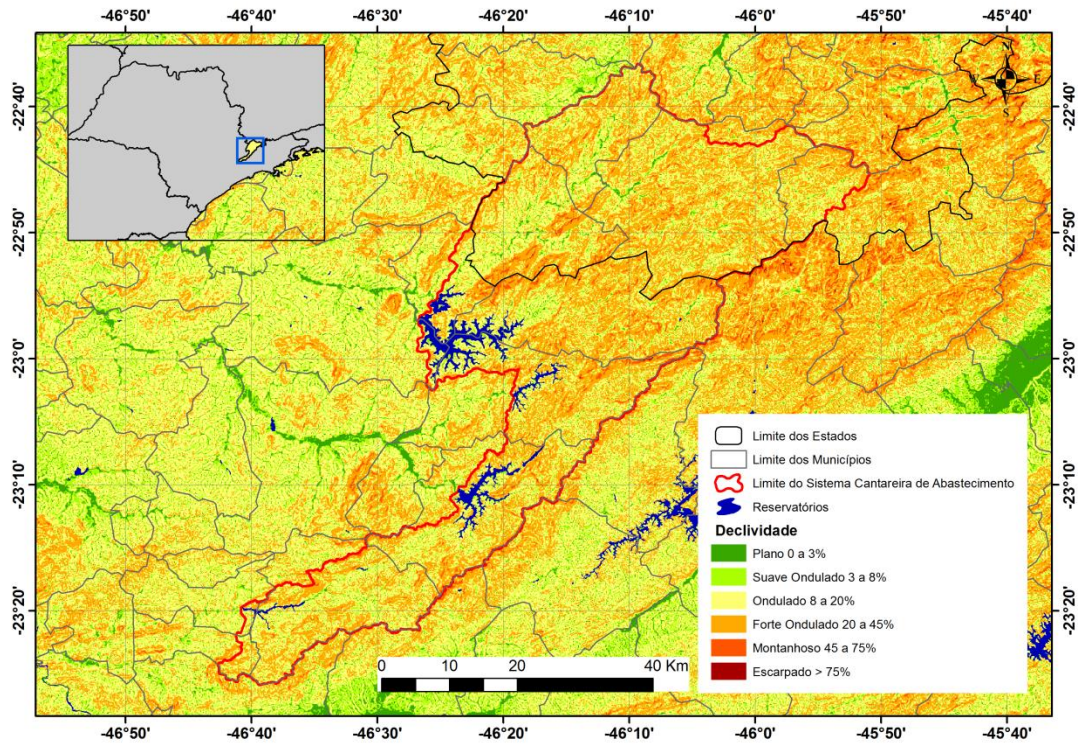


Figura 5. Declividade da região de acordo com o Serviço Geológico Brasileiro - CPRM.

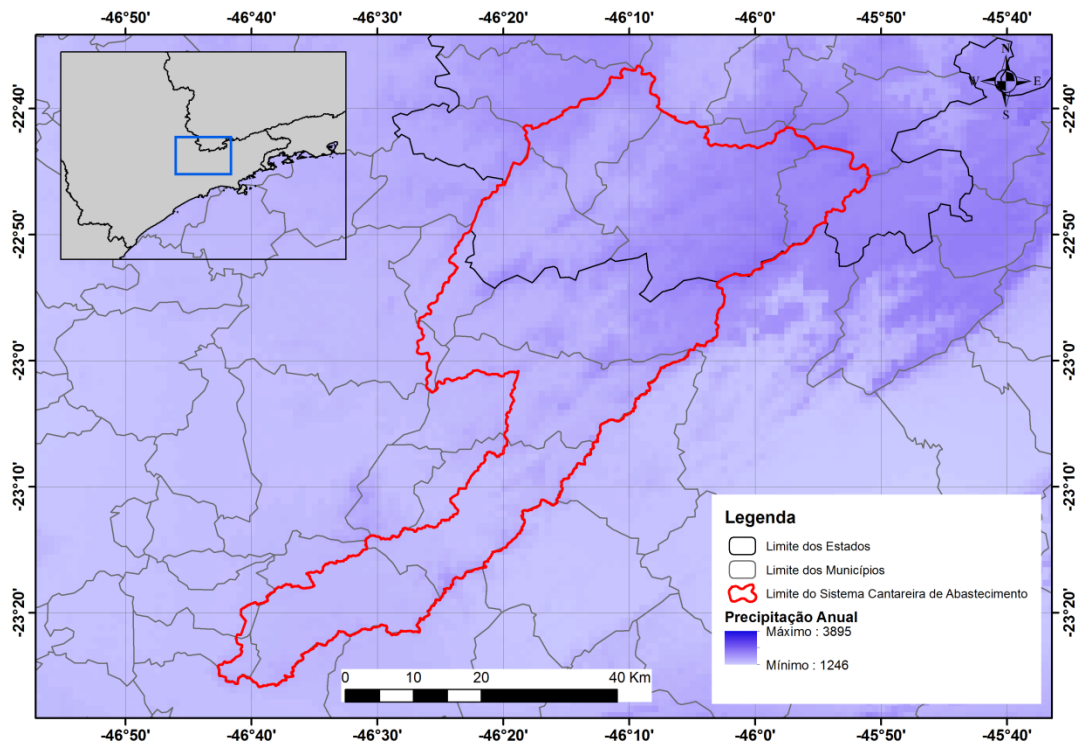


Figura 6. Precipitação anual de acordo com dados do WorldClim de 1970 – 1990.

3.3. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A MANUTENÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Para a análise de áreas prioritárias para manutenção dos recursos hídricos, foram considerados quatro fatores, o primeiro foi a Proteção dos Recursos Hídricos, representada pelas APPs. A proteção dessas áreas é de extrema importância ao considerarmos o papel de manutenção da qualidade e provisão de água, portanto áreas próximas a essas localidades são consideradas importantes para a manutenção dos recursos hídricos. A análise de Kernel nos indica quais localidades estão mais próximas às APPs geradas (Figura 7A). O mapa transformado para raster tem resolução de 1 m.

O segundo fator analisado foi a capacidade de infiltração da água na rocha (recarga hídrica) por meio de análise do tipo de aquífero da região. Aquíferos com maior produtividade foram considerados com maior peso para a manutenção do recurso hídrico (Figura 7B) (resolução 1 m).

O terceiro benefício considerado foi com relação à absorção de água do terreno. Para essa análise, consideramos a declividade do terreno (resolução 100 m). Terrenos mais declivosos tendem a absorver menos água superficial da chuva (Figura 7C), portanto terrenos menos declivosos são mais expressivos ao avaliarmos este fator.

O quarto e último valor analisado foi a precipitação da área que está diretamente ligada à quantidade de água que entra no Sistema (resolução 850 m). Áreas com maior precipitação obtiveram maiores valores de peso para a manutenção dos recursos hídricos do Sistema Cantareira (Figura 7D).

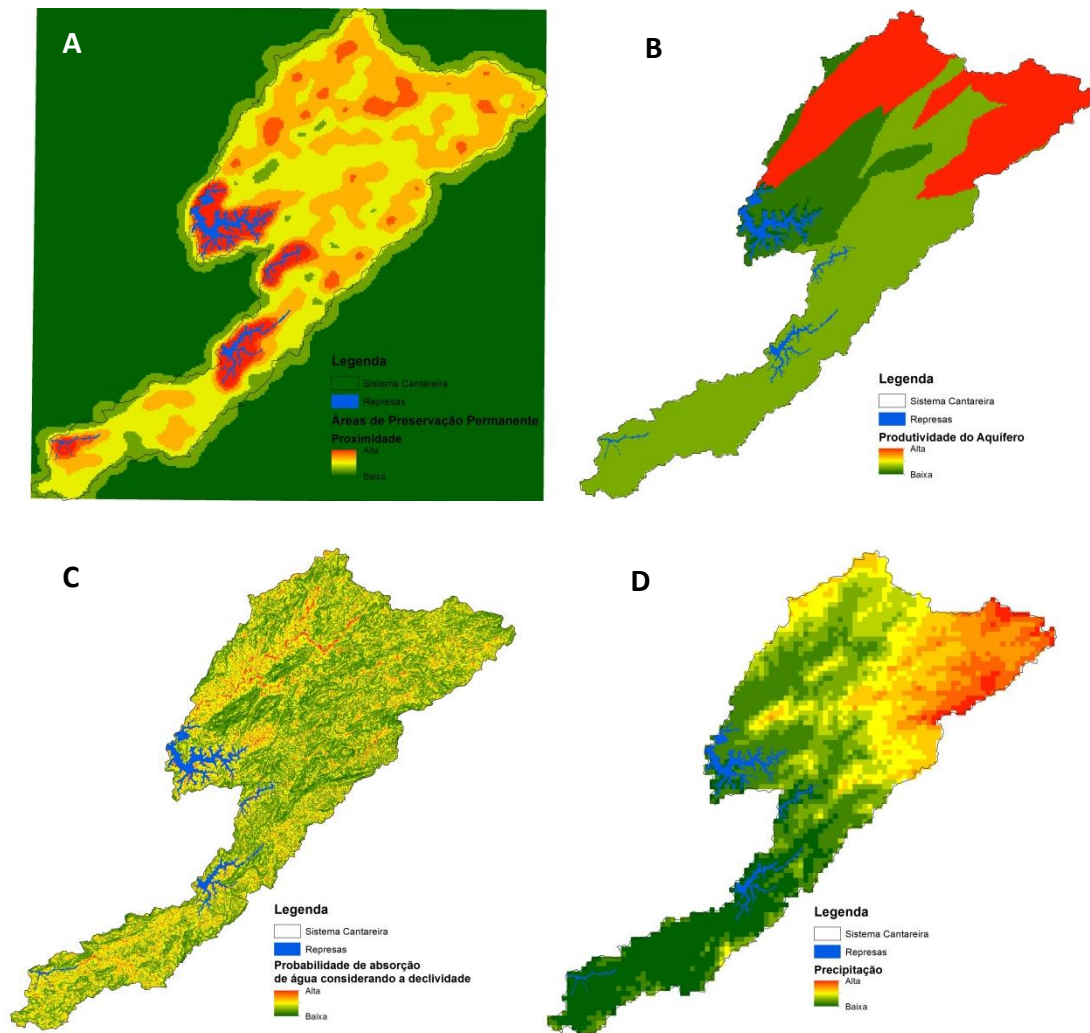


Figura 7. Mapas as análises intermediárias para a priorização de áreas para a manutenção dos recursos hídricos. A) Mapa com a análise do grau de proteção dos cursos d'água. B) Mapa com a análise da capacidade de infiltração da água no aquífero subterrâneo. C) Mapa com a análise da capacidade de infiltração da água pluvial no solo. D) Mapa com os níveis de precipitação anual.

Após as análises e atribuições de pesos aos quatro fatores que exercem influência sobre a manutenção dos recursos hídricos do Sistema Cantareira, foram somadas os quatro mapas, resultando no Mapa de Áreas Prioritárias para a Manutenção dos Recursos Hídricos (Figura 8). Este mapa indica onde deve-se alocar esforços a fim de manter os recursos hídricos do Sistema Cantareira. Ele indica locais prioritários, que trazem benefícios para garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos relacionados à água. O mapa que teve como resolução final 100 metros, foi dividido em três classes de prioridades para a manutenção dos recursos hídricos:

Média, Alta e Muito Alta (Tabela 4). Ao analisar a classe de prioridade Muito Alta, verificamos que esta área corresponde a 72.731 ha (32,4% da área de abrangência do Sistema Cantareira), sendo que grande parte está ocupada principalmente por Pastagens (32.414 ha) e Silvicultura (30.025 ha). Outro ponto a se destacar é que somente 6.751 ha desta região é protegido por Vegetação Natural.

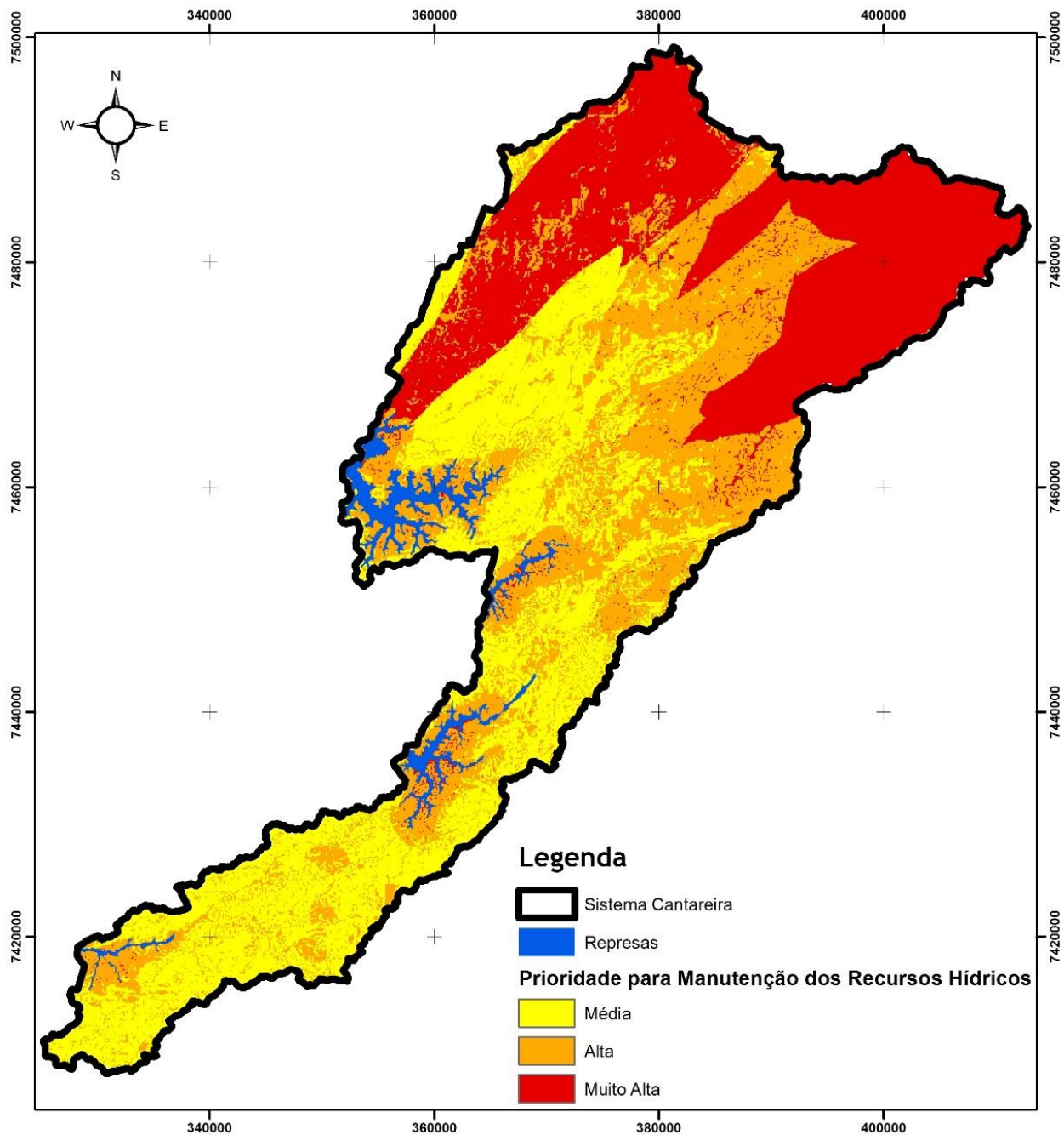


Figura 8. Mapa das Áreas Prioritárias para a Manutenção dos Recursos Hídricos na Área do Sistema Cantareira.

Tabela 4: Memorial descritivo das Áreas Prioritárias para Manutenção dos Recursos Hídricos e Situações Ambientais da área do Sistema Cantareira.

SISTEMA CANTAREIRA - ÁREAS DE PRIORIDADE PARA MANUTENÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS					
Características Gerais		Área ha	% da Área Total		
Área de Muito Alta Prioridade		72.731	32,4		
Área de Alta Prioridade		74.992	33,4		
Área de Média Prioridade		77.069	34,3		
Área de Muito Alta Prioridade para Manutenção dos Recursos Hídricos					
Categoria	Situações Ambientais	Área ha	% da Área	Sub-Totais	
				Área ha	% da Área Total
Formações Naturais	Vegetação Natural	6.751	3,0	6.751	3,0
	Áreas agrícolas e antropizadas				
	Pastagem	32.414	14,4	62.718	27,9
	Silvicultura	30.025	13,4		
	Área Urbana	279	0,1		
Hidrografia	Corpos d'água	3.262	1,5	3.262	1,5
Área de Alta Prioridade para Manutenção dos Recursos Hídricos					
Categoria	Situações Ambientais	Área ha	% da Área	Sub-Totais	
				Área ha	% da Área Total
Formações Naturais	Vegetação Natural	8.000	3,6	8.000	3,6
	Áreas agrícolas e antropizadas				
	Pastagem	30.958	13,8	66.619	29,6
	Silvicultura	32.083	14,3		
	Área Urbana	3.577	1,6		
Hidrografia	Corpos d'água	374	0,2	374	0,2
Área de Média Prioridade para Manutenção dos Recursos Hídricos					
Categoria	Situações Ambientais	Área ha	% da Área	Sub-Totais	
				Área ha	% da Área Total
Formações Naturais	Vegetação Natural	18.787	8,4	18.787	8,4
	Áreas agrícolas e antropizadas				
	Pastagem	24.063	10,7	58.183	25,9
	Silvicultura	33.845	15,1		
	Área Urbana	276	0,1		
Hidrografia	Corpos d'água	100	0,04	100	0,04

3.4. CADASTRO AMBIENTAL RURAL – CAR

Uma análise mais aprofundada com relação às propriedades que se localizam no Sistema Cantareira pode nortear a busca de uma solução para a manutenção e escassez de água. O CAR – Cadastro Ambiental Rural pode ser uma ótima ferramenta para que os primeiros passos sejam tomados nesta direção. Até o presente momento, 5.007 propriedades da região do Sistema Cantareira foram cadastradas, totalizando 82.580 ha, ou seja 36% da área de extensão do Sistema (Figura 9). A grande maioria dos imóveis cadastrados no CAR foram declarados como abaixo de um módulo fiscal (Tabela 5).

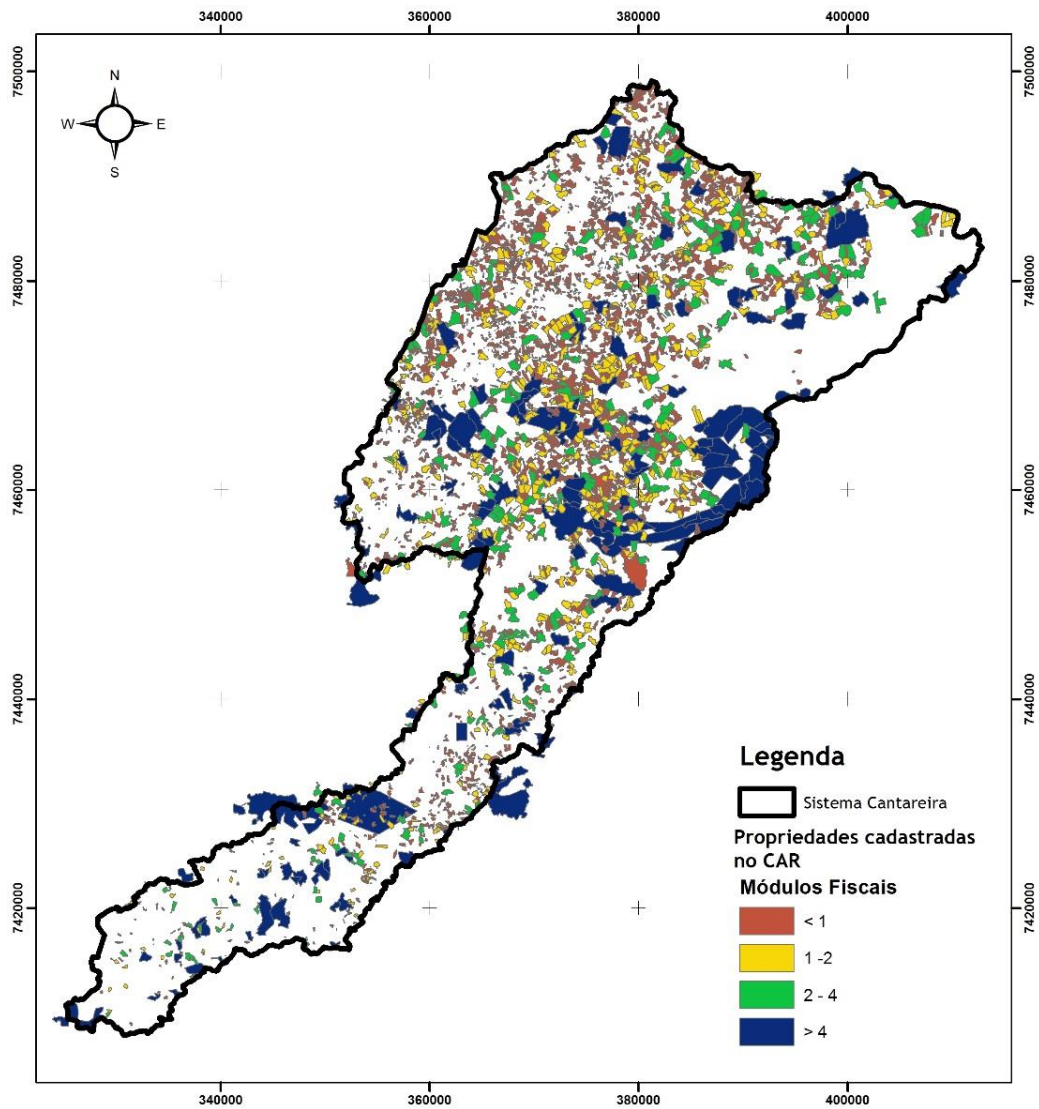







Figura 9: Propriedades localizadas na região do Sistema Cantareira declaradas no Cadastro Ambiental Rural (CAR) brasileiro.

Tabela 5: Propriedades inseridas na região do Sistema Cantareira declaradas no Cadastro Ambiental Rural – CAR classificadas pelo número de módulos fiscais.

Módulo Fiscal	Propriedades cadastradas no CAR	
até 1		4126
1 a 2		479
2 a 4		245
> 4		154
Total		5004

Para o estado de São Paulo, os dados declarados até o momento foram disponibilizados para este estudo pela Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo - SMA. Os dados do estado de São Paulo apresentam informações mais detalhadas do que os dados do estado de Minas Gerais, obtidos online na plataforma do CAR. Na área do estado de São Paulo, os shapefiles que correspondem à área do Sistema Cantareira são os da região metropolitana e macrometrópole. Após uma análise dos dados CAR do estado de São Paulo, nota-se que a destinação econômica dessas áreas pode ser inferida por meio das informações fornecidas pelos shapefiles de uso consolidado do CAR que abrangem 2.690 ha. Este shapefile divide as áreas de uso consolidado em oito classes: Agroanual, Agrofloresta, Agroperene, Ecoturismo ou Turismo Rural, Edificação, Horticultura, Pasto, Outros e Não Informado (Tabela 6). A maioria do tipo de uso do solo consolidado é declarado como pasto, mas também outros usos foram identificados além dos que puderam ser notados durante o mapeamento da área, como Turismo Rural por exemplo (Figura 10).

Tabela 6: Tipos de uso do solo declarados como consolidados no Cadastro Ambiental Rural da região do Sistema Cantareira do Estado de São Paulo.

Tipo de uso	Área (ha)	%
Horticultura	4	0,2
Ecoturismo ou Turismo Rural	6	0,2
Edificação	40	1,5
Agrofloresta	114	4,2
Não Informado	221	8,2
AgroPerene	251	9,3
Outros	308	11,5
AgroAnual	376	14,0
Pasto	1371	51,0
Total	2690	100,0

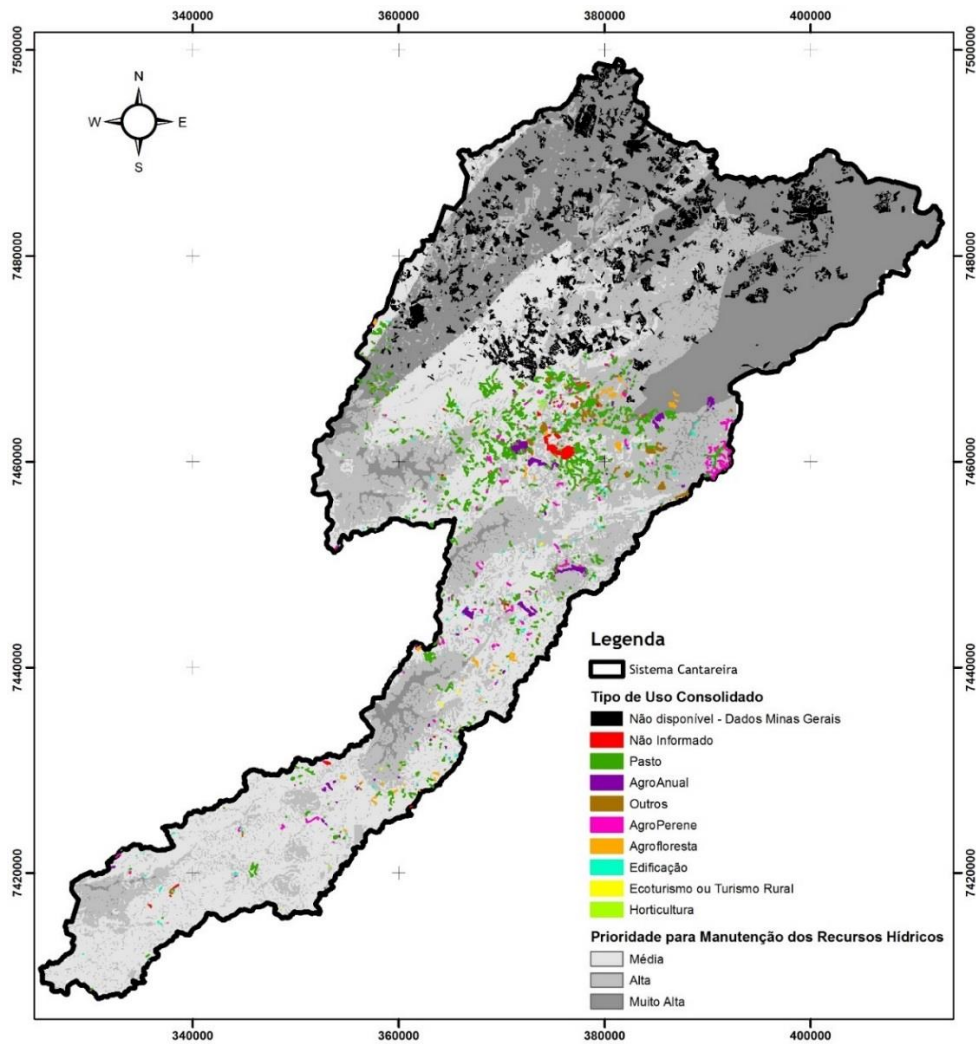


Figura 10: Tipos de uso consolidado declarados no Cadastro Ambiental Rural – CAR na região do Sistema Cantareira e áreas prioritárias para manutenção dos recursos hídricos em escala de cinza.

Ao analisarmos os dados fornecidos pelo CAR com as áreas prioritárias para manutenção dos recursos hídricos, obtivemos 9.750 ha declarados inseridos em áreas de Muito Alta prioridade. Grande parte da área de prioridade Muito Alta para manutenção dos recursos hídricos está localizada no estado de Minas Gerais. Como os dados do CAR para este estado não são tão detalhados quanto os de São Paulo, não foi possível classificar o tipo de uso do solo consolidado para este estado. No entanto, para o estado de São Paulo, 136 ha declarados no CAR foram classificados, grande parte como pasto (78 ha).

Com a finalização do CAR em 2017, mais dados serão disponibilizados para dar embasamento a este estudo. No entanto, as informações e resultados que apresentamos neste relatório já podem estruturar ações e esforços a serem alocados no Sistema Cantareira que apresenta não só grande importância para os recursos hídricos, mas também para diversos outros serviços ecossistêmicos.

3.5. PROGRAMA NASCENTES

O Programa Nascentes do estado de São Paulo tem como objetivo restaurar 20 mil hectares de mata ciliar no estado. O Programa reúne um banco de dados de áreas disponíveis para restauração que podem ser consultados por empreendedores e instituições que precisam fazer compensações ambientais. As áreas disponíveis se dividem em áreas privadas e públicas que podem ser áreas do ITESP (Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo), áreas cadastradas no CAR ou áreas em Unidades de Conservação. Segundo os dados disponibilizados, há 712 hectares do Programa Nascentes disponíveis para restauração na área de abrangência do Sistema Cantareira. Dentro da análise de áreas prioritárias para manutenção dos recursos hídricos, 50 hectares estão em área de Muito Alta Prioridade, 386 hectares em área de Alta Prioridade e 276 hectares em área de Média Prioridade (Figura 11).

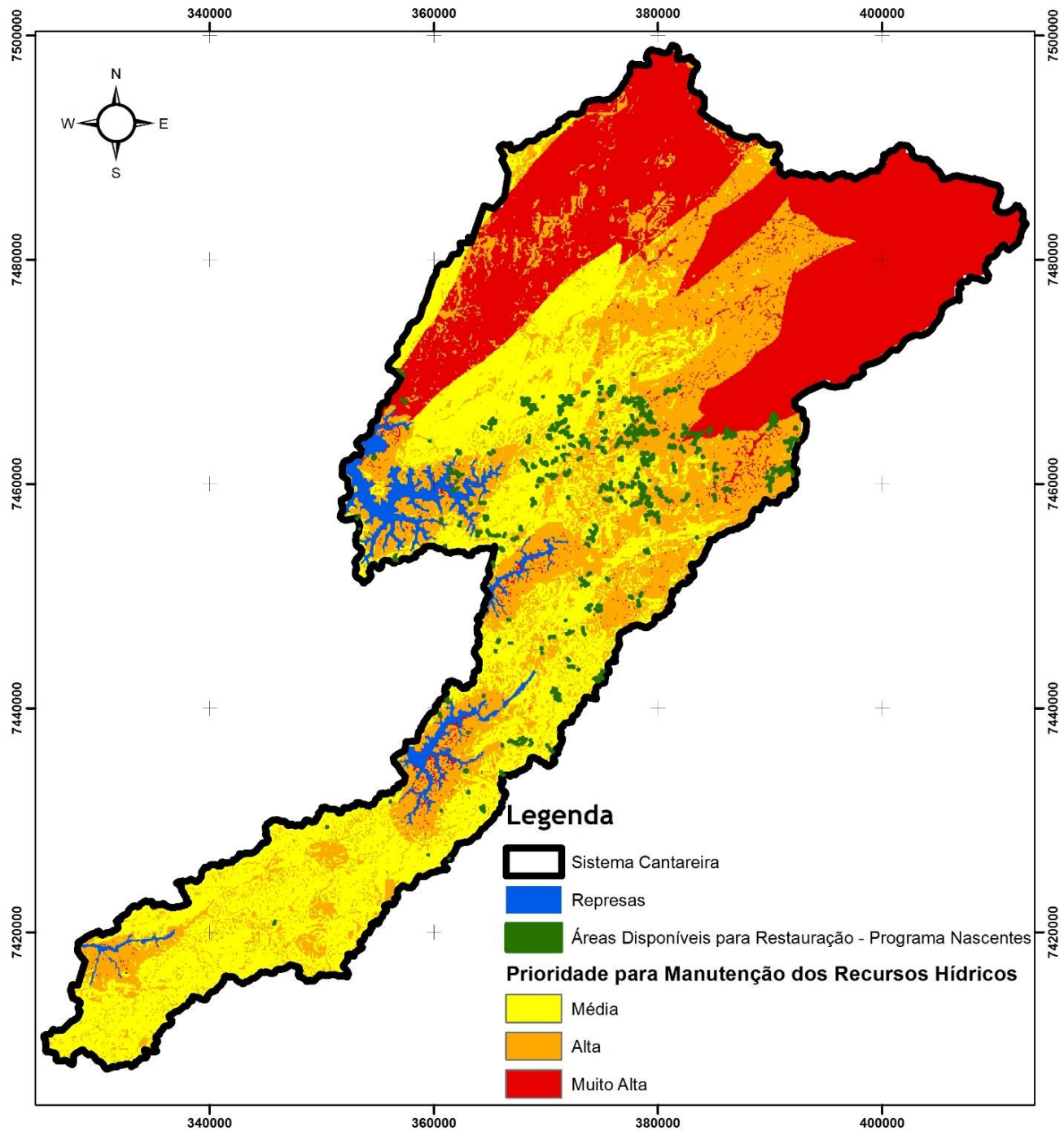


Figura 11: Áreas disponíveis para restauração segundo o Programa Nascentes do Estado de São Paulo em áreas prioritárias para a manutenção dos recursos hídricos.

4. CONCLUSÃO

O diagnóstico da análise da paisagem evidencia a pressão antrópica que o Sistema Cantareira está sofrendo. Dados de Whately and Cunha (2007) elaborados pelo ISA (Instituto Socioambiental) em 2003 já apontavam este enorme impacto humano (69,4% da área foi classificada como de uso antrópico) no Sistema. Nossas análises comprovam que houve um aumento dessa pressão antrópica com o passar do tempo. Ademais, a baixa porcentagem de cobertura florestal da área do Sistema Cantareira indica que a biodiversidade da região além de sofrer com a perda de hábitat, também sofre com a alta fragmentação da paisagem, o que pode fadar a manutenção das populações de diversas espécies presentes nos fragmentos remanescentes (Fahrig 2003, Pardini et al. 2010).

Para que a manutenção dos recursos hídricos seja continuada e até mesmo ampliada, uma atenção especial deve ser dada a este sistema de abastecimento. O uso e a cobertura do solo podem ser revertidos em vegetação natural, principalmente nas áreas prioritárias indicadas acima. Um estudo sobre a efetividade da conservação dos serviços ecossistêmicos no Sistema Cantareira destaca que o cenário mais custo-efetivo pode ser alcançado com investimento destinado a partir da melhoria da cobertura vegetal do solo em áreas de pastagens. Um investimento em tal ação poderia reduzir em até 30% o aporte de sedimentos nos rios que compõe o Sistema (Sarcinelli 2015).

Além da avaliação com relação à manutenção dos recursos hídricos, outros fatores podem ser acrescentados a esta análise ao focar em ações de restauração. Por exemplo, Tambosi (2013) indicam que ações de restauração em locais específicos desta região apresentaram grande contribuição para a conectividade da Mata Atlântica (Figura 12). Assim, a sobreposição destas informações pode nortear ainda mais a seleção de áreas para ações de restauração, trazendo sinergia para o Sistema Cantareira ao aliar dados para manutenção dos recursos hídricos, com os dados de conectividade da Mata Atlântica.

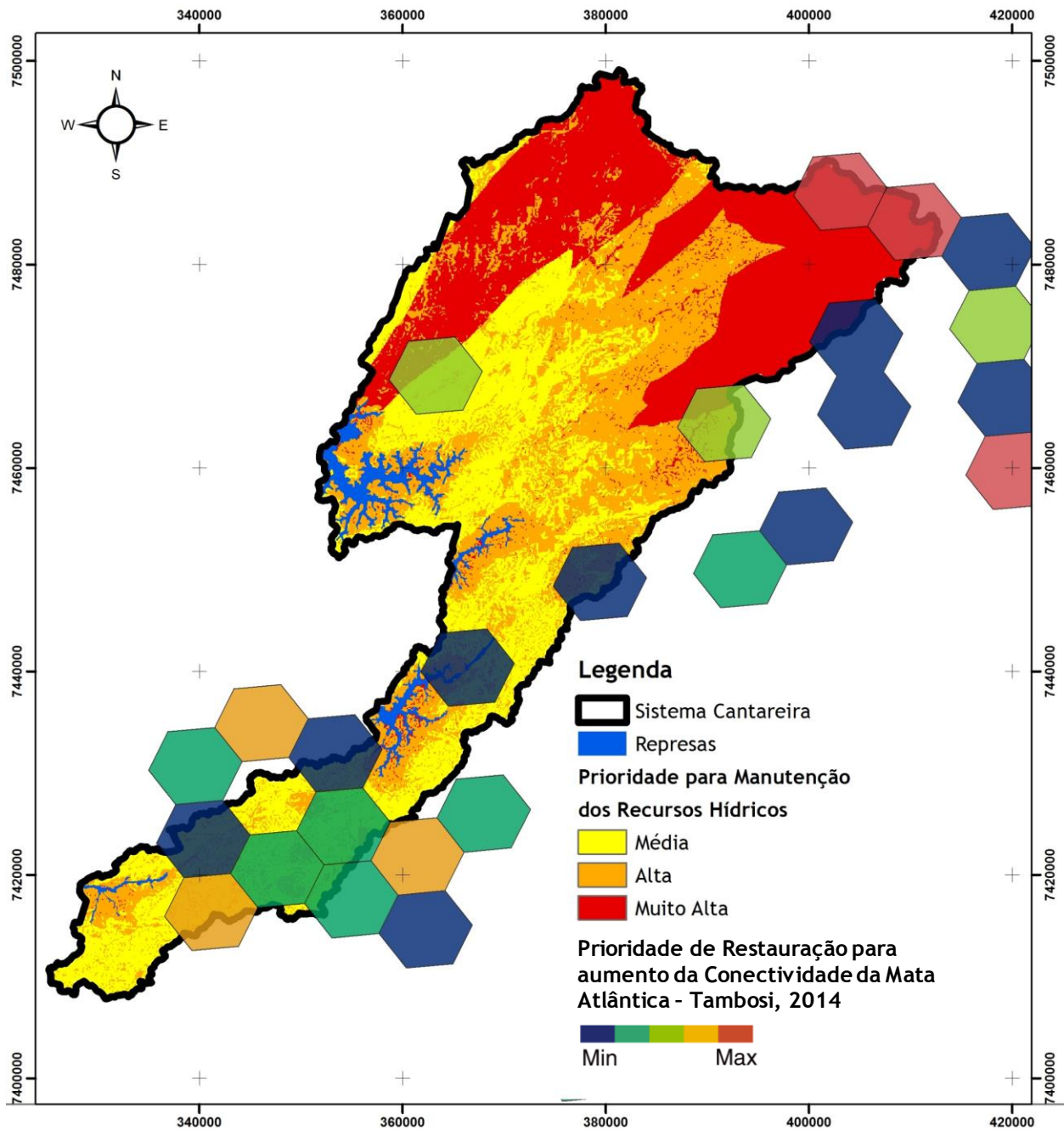


Figura 12: Mapa de áreas prioritárias para a manutenção dos recursos hídricos sobreposto às áreas prioritárias para restauração visando o aumento da conectividade da Mata Atlântica – hexágonos com cores mais quentes indicam áreas com maior potencial de recuperação da conectividade e incremento do fluxo biológico segundo Tambosi et al. (2014).

Outro ponto a destacar é com relação à legislação ambiental. Mesmo com a diminuição da faixa de proteção ambiental com o Novo Código Florestal, as propriedades rurais que estão inseridas no Sistema Cantareira apresentam baixa conformidade com a lei. A restauração florestal das APPs se faz mais do que necessária, uma vez que 73,8% estão ocupadas com silvicultura, pastagem ou com áreas urbanas. As faixas de APPs são de imensa contribuição para a manutenção dos recursos hídricos, provisão e qualidade de água. A restauração das APPs pode ser uma ótima oportunidade para iniciar ações na região. O engajamento de proprietários com a restauração das APPs pode ser mais acessível visto que por lei esta área deve ser recuperada. Os dados levantados com este estudo e com o CAR indicaram que um dos usos econômicos mais comum na região é a Pastagem. Projetos de Adequação Ambiental (Brancalion et al. 2015) tem mostrado que a intensificação das atividades de produção pecuária nas áreas de maior aptidão agrícola da propriedade tem reduzido a pressão sobre áreas como as APPs. Em alguns projetos de restauração, o uso de técnicas simples de melhoria de pastagens aumentou expressivamente a produção que passou a ser concentrada em uma área, liberando espaço para as áreas protegidas pela legislação. Neste caso, os proprietários ao invés de terem uma redução da produção devido à diminuição da área, tiveram um aumento da produção e lucratividade, possibilitando também a restauração florestal. Assim, enfatizamos que é possível uma conciliação dentre a produtividade agrícola, restauração florestal, manutenção dos recursos hídricos e aumento da conectividade da Mata Atlântica. A restauração florestal é a chave para impulsionar esses fatores. Ela é crucial para a segurança hídrica do Sistema Cantareira de Abastecimento a médio e longo prazo, mas também promove outros benefícios econômicos e ecológicos como aumento da conectividade da paisagem e oportunidades de renda para a região.

5. REFERÊNCIAS

- Brancalion, P. H. S., S. Gandolfi, and R. R. Rodrigues. 2015. Restauração florestal. Oficina de textos.
- Cohen, J. 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement* **20**:37-46.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment* **37**:35-46.

- Fahrig, L. 2003. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**:487-515.
- Junior, P. P. M., I. Endo, J. Á. Carneiro, L. A. D. a. Novaes, M. A. S. Pereira, and V. V. Vasconcelos. 2006. Modelo de integração de conhecimentos geológicos para auxílio à decisão sobre uso da terra em zonas de recarga de aquíferos. *Brazilian Journal of Geology* **36**:651-662.
- Orsi, F., and D. Geneletti. 2010. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landscape and Urban Planning* **94**:20-30.
- Pardini, R., A. Bueno Ade, T. A. Gardner, P. I. Prado, and J. P. Metzger. 2010. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS One* **5**:e13666.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
- Sarcinelli, O. 2015. Custo efetividade na conservação dos serviços ecossistêmicos: estudo de caso no Sistema Produtor de Água Cantareira. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. UNICAMP, Campinas, SP.
- Tambosi, L. R., A. C. Martensen, M. C. Ribeiro, and J. P. Metzger. 2014. A Framework to Optimize Biodiversity Restoration Efforts Based on Habitat Amount and Landscape Connectivity. *Restoration Ecology* **22**:169-177.
- Tambosi, L. R. M., A. C.; Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P. 2013. Identificação de áreas para o aumento da conectividade dos remanescentes e unidades de conservação da Mata Atlântica. Pages 33-84 *in* A. A. C. F. B. Guedes, editor. Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF.
- Whately, M., and P. Cunha. 2007. Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo.

Base de dados utilizada disponível em:

<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/>

<http://geobank.cprm.gov.br/>

<http://www.visualizador.inde.gov.br/>

<http://www.ana.gov.br/metadados/>

<http://www.worldclim.org/>

<http://mapas.ibge.gov.br/en/>