

# A GEOECOLOGIA DA PAISAGEM PARA GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS, USANDO GEOPROCESSAMENTO.

Debora Cristina Cantador Scalioni<sup>1</sup>

Jéssica Villela Sampaio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 1758 - 12227-010 - São José dos Campos/SP, Brasil  
debora.scalioni@inpe.br; jessica.sampaio@inpe.br

**Resumo.** Monitorar e proteger os recursos hídricos são um dos maiores interesses de uma comunidade. Dessa forma, o presente trabalho buscou aplicar técnicas de geoprocessamento na análise da Geoecologia da Paisagem, através do método de elaboração de mapas de fragilidade ambiental para três cenários futuros do município de Americana/SP, visando assimilar todas as etapas que determinam uma gestão integrada dos recursos hídricos. Os resultados mostram a importância da utilização dessa análise como auxílio na tomada de decisão, por parte dos gestores, para a preservação e conservação das águas.

**Palavras-chave:** gestão integrada dos recursos hídricos, Geoecologia da Paisagem, fragilidade ambiental, geoprocessamento.

**Abstract.** Monitor and protect water resources are one of the most important interest of a community. Therefore the present work is based on apply geoprocessing techniques in Geoecology of Landscapes analyses, using maps of environmental fragility for three different future scenarios of Americana's city, with the intent to assimilate all the stages of the integrated water management. Results have demonstrated the importance of this assessment as assistance decision making to water preservation and conservation.

**Keywords:** integrated water management, Geoecology of Landscape, environmental fragility, geoprocessing.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma vez que a água é essencial para a vida de todas as espécies e um dos elementos físicos de maior interesse em uma comunidade, monitorar e proteger os recursos hídricos são um dos objetivos mais importantes para orientar os esforços de conservação e melhoria da qualidade do meio ambiente (ERASO, 2016).

Desse modo, quando se trabalha com as águas em áreas densamente urbanizadas, os esforços devem ser redobrados. Pois a crescente urbanização é um dos principais fatores que causam impactos para os recursos hídricos, podendo contribuir com a contaminação das fontes de abastecimento (rios e águas subterrâneas), impermeabilização dos solos, ocupação das áreas de risco que impedem o curso natural da água causando deslizamentos e a retirada indevida da água do subsolo através de poços artesianos. Para Lopes e Mendonça (2010) esses fatores levam a desafios à gestão urbana que, algumas vezes, atendem diversos interesses, sociais, políticos e

econômicos, os quais precisam estar regulamentados para que esse processo venha corresponder à verdadeira necessidade da população, além de permitir que haja legislações que tragam um planejamento mais adequado.

A gestão urbana exige um entendimento não só territorial, mas também funcional, que permite que novos métodos de operação da gestão sejam aplicados, principalmente quando se trata da análise da gestão integrada dos recursos hídricos (SILVA *et al*, 2012). A ‘gestão integrada’, começou a ser estudado na década de 90, e segundo Tucci(2002), para a realização desta gestão em áreas urbanas deve-se buscar planejar e operar em todos os âmbitos envolvidos numa sociedade. O mesmo autor apresenta um modelo que demonstra como deve ser a estrutura da gestão integrada, nela consta que o planejamento urbano está atrelado à análise da infraestrutura, do socioeconômico, do socioambiental e do institucional.

A gestão integrada dos recursos hídricos possui como unidade de planejamento e gestão as bacias hidrográficas, ficando a cargo do município responder diretamente às legislações estaduais e federais para gerenciamento de seus recursos, sempre trabalhando dentro dos comitês de bacias. Por conta disso, acredita-se que como as bacias hidrográficas podem abranger mais de um município, este também pode ser considerado como uma unidade de planejamento e gestão para com os recursos hídricos.

Considerando esse entendimento como base, o método de análise denominado de Geocologia da Paisagem ou Teoria Geossistêmica é uma escolha adequada como uma ferramenta que pode auxiliar na gestão dos recursos hídricos. Uma vez que esta teoria trabalha com a ideia de que para compreender um sistema de gerenciamento, é necessário apreender todas as etapas que o determina (potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica) (RODRIGUEZ; SILVA, 2013). De acordo com Ross (1994), essa concepção parte do pressuposto de que na natureza as relações se processam através de um equilíbrio dinâmico, o qual é frequentemente alterado pelas intervenções humanas, resultando em desequilíbrios temporários ou mesmo permanentes.

Assim, qualquer perturbação, seja no relevo, no solo, na vegetação, no clima ou nos recursos hídricos impacta diretamente nesse equilíbrio dinâmico, podendo comprometer a funcionalidade do ecossistema. Tal impacto pode ser mensurado de acordo com a fragilidade do meio, descrita por Ratcliffe(1971), como uma medida da sensibilidade inerente de um ecossistema em relação a uma perturbação, que pode ser natural ou antrópica.

Os procedimentos operacionais para a sua análise exige num primeiro momento a análise de fatores básicos do relevo, solo, geologia, uso da terra, etc. Para tanto, por se tratar de uma grande quantidade de dados, técnicas de geoprocessamento (Sensoriamento Remoto e

Sistemas de Informações Geográficas) vêm sendo cada vez mais utilizadas tanto na verificação dos processos que ocorrem sobre a superfície terrestre, quanto para a gestão do território, pois fornecem resultados com um bom nível de confiabilidade e com uma visão espacial e temporal adequada (CANTADOR, 2015).

Posteriormente, essas informações são integradas gerando como resultado espacializações que representam os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características. Ross (1994) divide a fragilidade do meio em fragilidade potencial e fragilidade ambiental. O primeiro trata-se da vulnerabilidade natural do ambiente e o segundo da vulnerabilidade natural atrelada à influência que o uso da terra exerce sobre a fragilidade do meio. Nesse sentido, o presente trabalho, buscou aplicar técnicas de geoprocessamento na análise da Geoecologia da Paisagem, proposta por Rodriguez e Silva (2003), pelo método da elaboração dos mapas de fragilidade, adaptado de Ross (1994), para três cenários futuros: normativo ou tendencial, manejo e conservação.

Os cenários, segundo Van Der Heijden (1996, p. 53), são definidos como “um conjunto de futuros razoavelmente plausíveis, mas estruturalmente diferentes, concebidos por meio de um processo de reflexão mais causal que probabilístico, usado como meio para a reflexão e a formulação de estratégias para atuar nos modelos de futuros”. Através desses cenários, este trabalho visa trazer uma contribuição para os gestores, no que pode auxiliar tanto com a produção de material cartográfico, que trouxe fatores relevantes e importantes para às águas urbanas, como com a colaboração para um adequado planejamento futuro contribuindo para as tomadas de decisão.

E para isso utilizou-se o município de Americana, integrante da Região Metropolitana de Campinas (RMC) como estudo de caso, o qual tem sua formação atrelada aos recursos hídricos e apresenta no seu contexto histórico diversas modificações do uso da terra, acentuada a partir de 1875 quando a estrada de ferro que atravessava o interior paulista é inaugurada, o que possibilitou a instalação da agricultura e, em seguida, a de indústrias têxteis e a ocupação de áreas de vales permitindo a canalização de rios. Desse modo, vários problemas relacionados aos recursos hídricos estão presentes no município, como a contaminação do ribeirão Quilombo, problemas da qualidade da água na Represa de Salto Grande, entre outros. Esses problemas também causam implicações externas, uma vez que o sistema hídrico está interligado, assim, a contaminação existente em Americana levará problemas para os municípios vizinhos que recebem essas águas contaminadas, ou mesmo a vinda de contaminações de outros municípios pelas vias fluviais.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Considera-se importante o conhecimento das características socioeconômicas e físico-ambientais da área de estudo, na medida em que para qualquer trabalho científico que envolva estudo de caso, o entendimento dessas características possibilitam uma melhor discussão sobre os resultados obtidos.

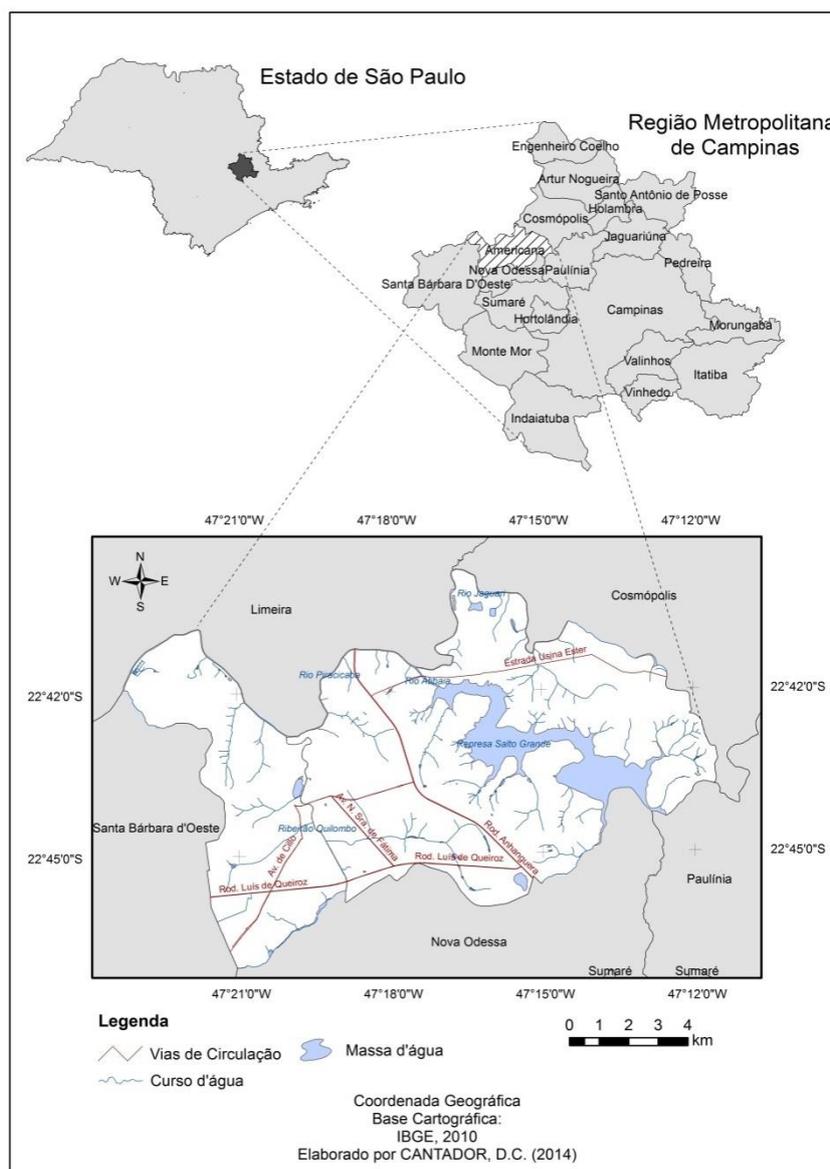
### **2.1. Aspectos Socioeconômicos**

O município de Americana (Figura 1), localizado na parte leste do Estado de São Paulo, possui historicamente, uma relação muito próxima com os recursos hídricos, sendo que foi ao longo dos rios, notadamente o ribeirão Quilombo, que deu sua origem. Atualmente o município compreende uma área territorial de 133,93 km<sup>2</sup>, e segundo dados do IBGE(2010), contava em 2016 com uma população estimada de 231.621 habitantes, ocupando a terceira posição de mais povoado na Região Metropolitana de Campinas, ficando atrás apenas dos municípios de Campinas e Sumaré.

Apesar de sua boa classificação no Índice Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), segundo lugar, Americana apresenta alguns indicadores que merecem atenção, principalmente no quesito de infraestrutura básica. Por exemplo, conforme dados do Censo IBGE (2010), dos 66.237 domicílios que possuem abastecimento de água pela rede geral, 470 apresentam esgoto a céu aberto e 950 possuem lixo acumulado nas ruas, o que corresponde respectivamente a 0,7% e 1,4% do total. Vale ressaltar, que apesar desse percentual ser baixo, a pequena ausência de infraestrutura pode acarretar em sérios riscos a saúde da população que vive sobre essas condições, bem como problemas ambientais que pode comprometer significativamente os recursos hídricos de todo o município. Uma vez que, por exemplo, onde se encontra lixo acumulado nos logradouros e esgoto a céu aberto, o mesmo pode ser transportado pela água da chuva até ser depositado nos leitos dos rios contaminando-os.

Dessa maneira os gestores municipais precisam atuar nesses locais que ainda apresentam problemas de infraestrutura, visando à melhoria da qualidade de vida da população, principalmente para as de baixa renda, que são as mais atingidas.

Figura 1 - Mapa de Localização do município de Americana - SP.



Fonte: CANTADOR (2015).

## 2.2. Aspectos Físico-Ambientais

Americana está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, sendo que na parte oeste do município há predomínio de coberturas arenosas, os aluviões podem ser encontrados no entorno do ribeirão Quilombo, como também na divisa com o município de Limeira. Na região do ribeirão também estão presentes os diabásios de granulação fina e média. No entorno da represa Salto Grande encontra-se grande concentração de rochas sedimentares do subgrupo Itararé, como os arenitos, lamitos e ritmitos.

O município se posiciona na Depressão Periférica Paulista, de modo geral o relevo do município não apresenta grandes variações de altitude, apresentando-se plano suave ondulado

(COMITÊ PCJ, 2007). Em decorrência do relevo apresentado em Americana, o solo é basicamente caracterizado por latossolos, principalmente o latossolo bruno e o latossolovermelhoamarelo, o primeiro é encontrado entre o ribeirão Quilombo e a represa Salto Grande, e na parte sudoeste do município, já o segundo localiza-se na região noroeste e nordeste. Os latossolos caracterizam-se por serem profundos, porosos, bem drenados e permeáveis, mesmo quando apresentam muita quantidade de argila (SOUSA; LOBATO, s/d). O entorno da represa também é composto, em sua grande maioria, pelos argissolos, principalmente na margem esquerda. Os argissolos possuem capacidade de reter água nos horizontes mais subsuperficiais, que podem se constituir em um grande reservatório de água para as plantas. Porém, a sua fertilidade depende, basicamente, do material de origem desses solos. Além desses solos, outros também são encontrados em Americana, mas em menor proporção, como é o caso do neossolo.

A vegetação original do município de Americana, segundo dados do IBGE (2010), era composta por florestas mesófilas semidecíduas e pelos cerrados, atualmente encontram-se pequenos fragmentos de matas ou manchas isoladas em alguns locais, como no Jardim Botânico e no Zoológico Municipal. O principal cultivo no município é a cana de açúcar, que atualmente corresponde a 2.500 hectares, aproximadamente 19% de sua área total (IBGE, 2010).

O município apresenta quatro cursos d'água principais, sendo eles: o rio Atibaia, no qual suas águas estão represadas formando a Represa de Salto Grande; o rio Jaguari, que delimita a divisão com o município de Cosmópolis; o rio Piracicaba, formado pela união dos rios Jaguari e Atibaia; o ribeirão Quilombo, cortando o município no sentido Sul-Norte; além de três lagoas principais (Aeroporto, Instituto de Zootecnia e Fazenda Angélica).

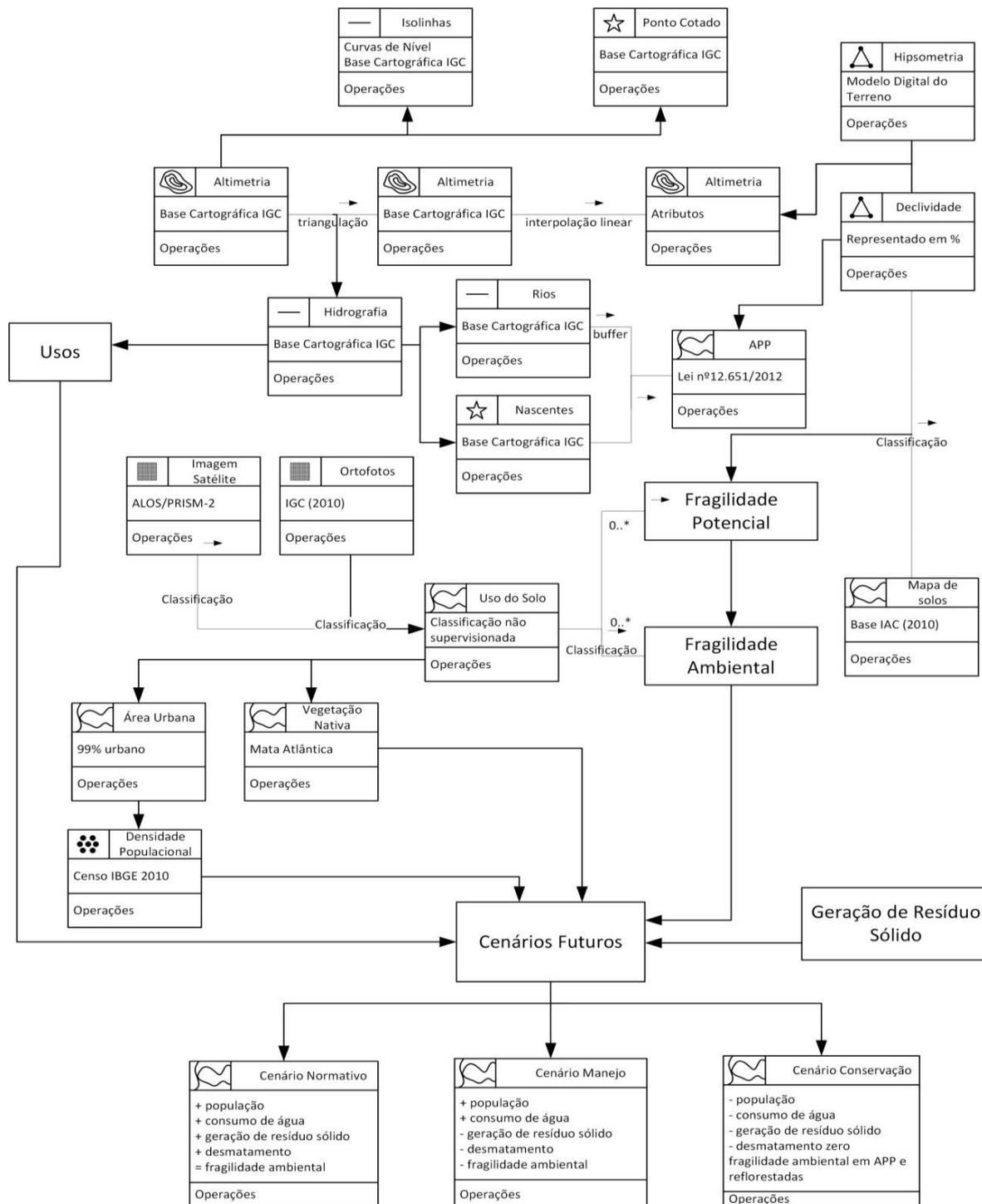
Os dois rios, Jaguari e Atibaia, possuem sérios problemas em relação à qualidade das suas águas, principalmente o rio Atibaia, que necessita de medidas significativas quanto ao tratamento do esgoto doméstico e industrial, diminuição do desperdício e planejamento do uso da terra. Um dos contribuintes a uma quantidade razoável de descarga de poluentes no rio Piracicaba é o ribeirão Quilombo, segundo Colombo (2002), o rio é considerado um dos cursos d'água mais poluídos, pois recebe cerca de 8.000 kg DBO/dia em detritos industriais.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se procedimentos que num primeiro momento fundamentaram-se nas questões teóricas como o levantamento bibliográfico e seleção dos dados utilizados no desenvolvimento, e em seguida na utilização de técnicas de

geoprocessamento, que possibilitaram a obtenção dos cenários propostos de acordo com o modelo OMT-G elaborado (Figura 2). Este modelo tem como base “introduzir primitivas geográficas aumentando a capacidade da representação semântica (...), reduzindo a distância entre o modelo mental do espaço a ser modelado e o modelo de representação usual”. (DAVIS, 2014).

Figura 2 - OMT-G Elaborado para organização do desenvolvimento do trabalho.



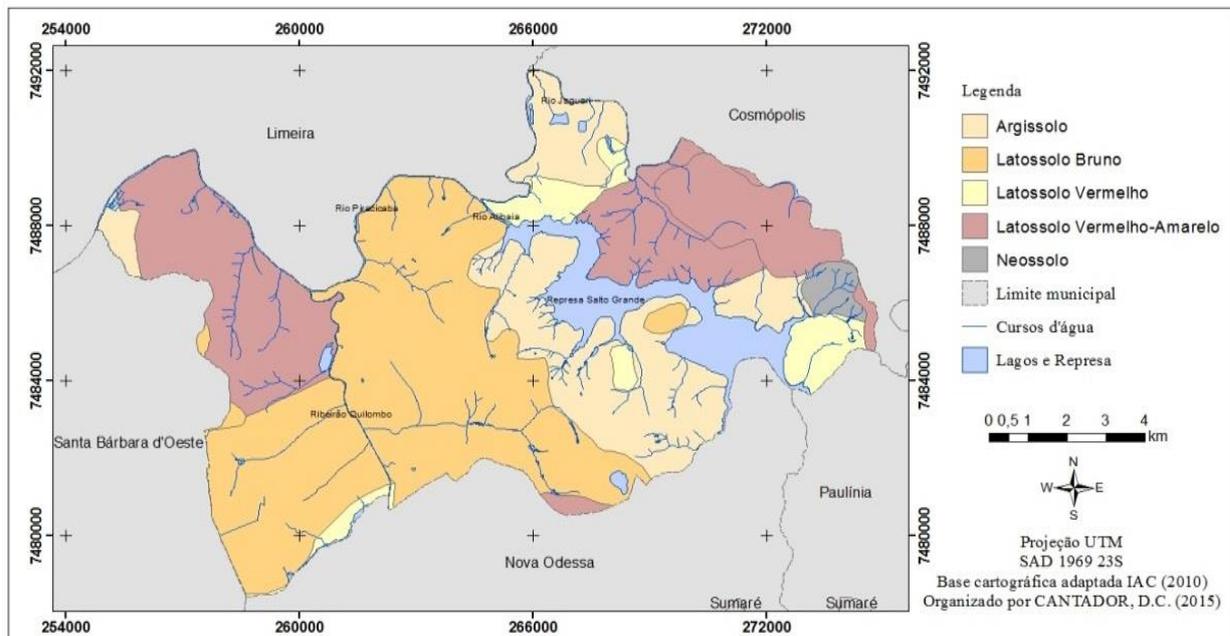
Fonte: Elaborado por SAMPAIO e SCALIONI (2017).

### 3.1. Organização da Base Cartográfica

Para este trabalho, utilizou-se de material cartográfico produzido por Cantador (2015), que possibilitou a geração de novos mapas e a incorporação destes a um banco de dados geográfico, para posterior manuseio em um ambiente de sistema de informações geográfica (SIG). Dessa forma, os principais materiais cartográficos utilizados foram: Mapa de Solos; Modelo Digital de Elevação (MDE); Mapa de Uso da Terra; e Mapa das Áreas de Preservação Permanente. Essas informações foram elaboradas com a utilização do software ArcGis 10.1, disponibilizado pela empresa ESRI, e os dados correspondem a informações do ano de 2014.

O Mapa de Solos (Figura 3) foi elaborado pela autora, com base nas informações obtidas junto ao Instituto Agrônomo (IAC) e a classificação, adaptada, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006).

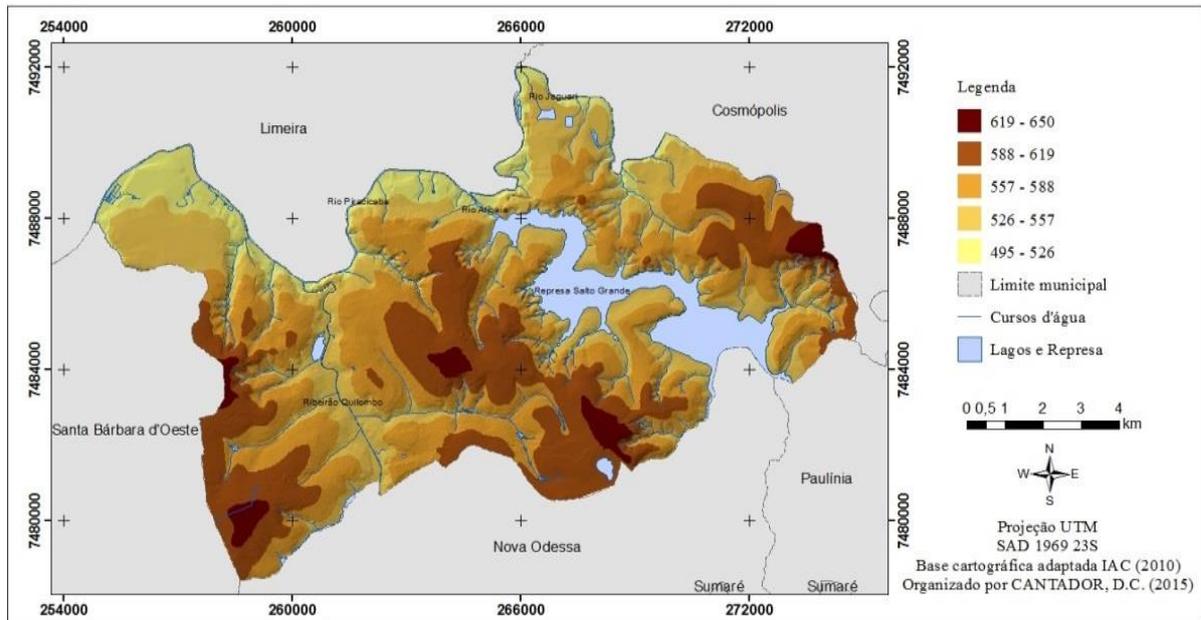
Figura 3 - Mapa Solos do município de Americana - SP.



Fonte: CANTADOR (2015).

O modelo digital de elevação (MDE), também elaborado pela autora (Figura 4), permitiu obter dados de hipsometria (altitude) e declividade. Para o MDE foi utilizado às informações de curvas de nível do município, disponibilizadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) do Estado de São Paulo (IGC, 2002).

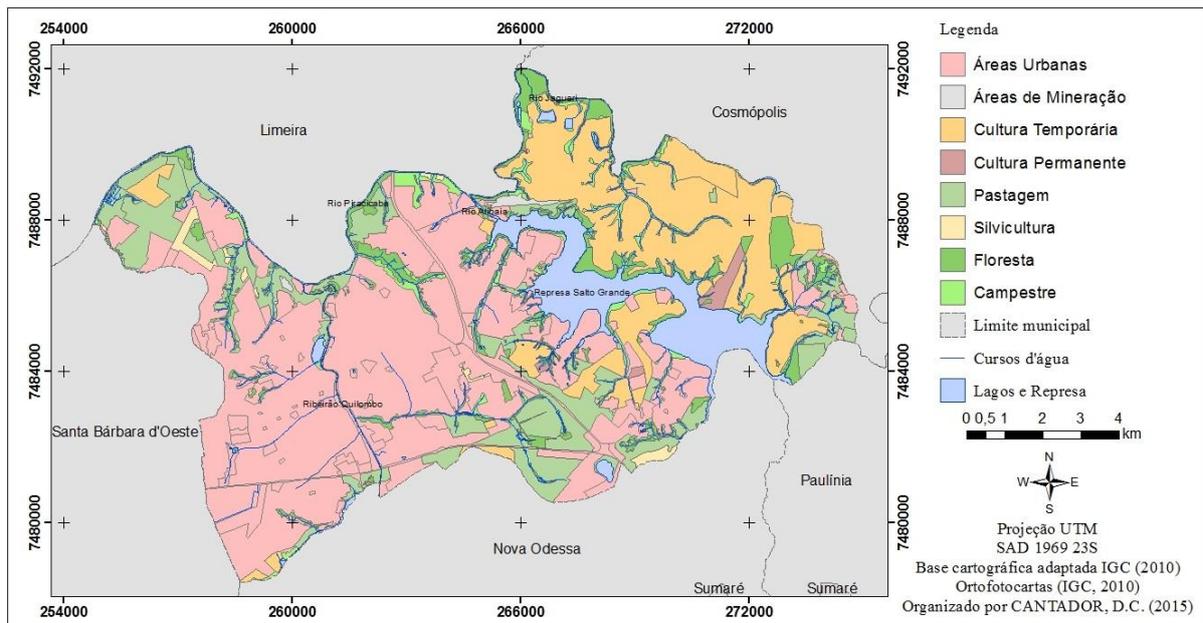
Figura 4 - Modelo Digital de Elevação (MDE) do município de Americana - SP.



Fonte: CANTADOR (2015).

O mapa de uso da terra (Figura 5) realizado pela autora teve como base inicial as imagens do satélite ALOS (Advanced Land Observing Satellite), do sensor PRISM-2 (Panchromatic Remote-sensing instrument for Stereo Mapping), com resolução de 2,5 metros, data de passagem em 08/08/2009, obtidas junto ao IBGE (2009). A classificação do mapeamento realizado na RMC teve como base o sistema estabelecido pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006). Esse sistema passou por uma adaptação realizada pelo grupo de pesquisa GEOGET (Geotecnologias Aplicadas a Gestão do Território) da UNICAMP, para que as classes ficassem mais coerentes com o trabalho realizado e para que esta fosse utilizada como padrão dentro das pesquisas realizadas no grupo. Para a atualização das informações sobre o uso da terra, utilizou-se ortofotocartas, fornecidas pelo IGC, do ano de 2010 e o uso do Street View do Google Earth, assim realizou-se uma atualização, para o ano de 2014, dos dados já mapeados e adequações quanto aos polígonos anteriormente delimitados, com base em metodologias de fotointerpretação, uma vez que as ortofotocartas possuem um metro de resolução, melhor que a imagem do satélite ALOS.

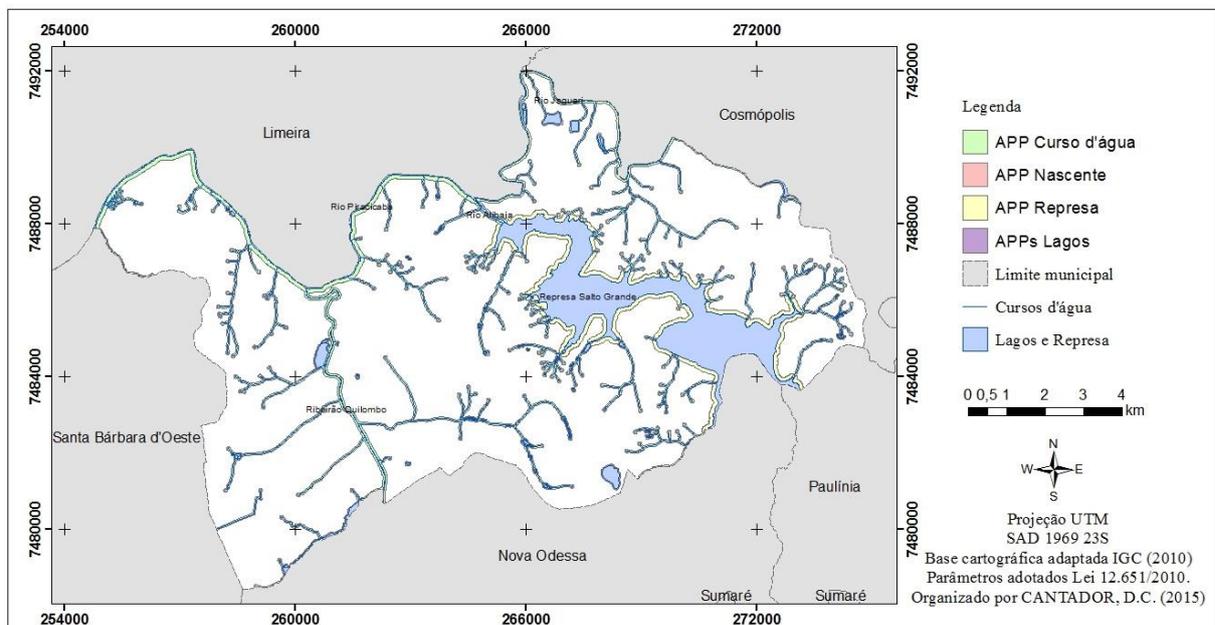
Figura 5 - Mapa de Uso da Terra do município de Americana - SP.



Fonte: CANTADOR (2015).

Para o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Figura 6), Cantador (2015) usou como base legal a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação, APPs e as áreas de Reserva Legal, a qual foi adaptada para a área de estudo. Dessa forma, para o município de Americana, a autora considerou os seguintes parâmetros apresentados no Quadro 1.

Figura 6 - Mapa das APPs do município de Americana - SP.



Fonte: CANTADOR (2015).

Quadro 1 - Valores utilizados para a elaboração do mapa de APP do município de Americana - SP.

Áreas de Preservação Permanente	Valores usados na pesquisa
Curso d'água	a) 30 m (demais cursos d'água)
	b) 50 m (Ribeirão Quilombo - 15 m; Rio Jaguari - 40 m; Rio Atibaia - 48 m)
	c) 100 m (Rio Piracicaba - 70 m)
Lagos e Lagoas naturais	30 m, pelo fato do município se enquadrar quase que em sua totalidade em área urbana.
Reservatórios d'água artificiais	100 m, baseando-se na legislação anterior Lei 4.77/1965 e nas Resoluções CONAMA 302 e 303/2002.
Nascentes ou olho d'água	50 m
Encostas (declividade)	O município não apresenta valores a declividade apresentada em lei.
Topo de morros e montanhas	O município não apresenta valores a declividade apresentada em lei.

Adaptado de Cantador (2015).

### 3.2. Elaboração das cartas de fragilidade do município de Americana-SP.

Nesta etapa do projeto, utilizou-se a metodologia apresentada por Ross (1994) para a elaboração das cartas de fragilidades, potencial e ambiental, para o município de Americana. Todo o procedimento ocorreu no software ArcGis 10.1.

A carta de fragilidade potencial, para o ano de 2014, trata-se do resultado do cruzamento entre os mapas de declividade e de solos do município (álgebra de mapas). Esse cruzamento foi realizado com base na operação booleana (intersecção), que é utilizada em análise espacial qualitativa e gera como resultado um mapa temático (CÂMARA *et al*, 2000).

Dessa forma, como as áreas com baixa declividade são menos suscetíveis a movimentos de massa do que aquelas com alta declividade, o grau de dissecação foi adotado de acordo com essa relação, variando de muito fraco a muito forte (Quadro 2).

Quadro 2 - Grau de dissecação adotado para a declividade.

Declividade (%)	Grau de dissecação
Até 6	Muito Fraca
6 – 12	Fraca
12 – 20	Moderado
20 – 30	Forte
Acima de 30	Muito Forte

Adaptado de Ross (1994).

Para os tipos de solo no município, também foi adotado um grau de acordo com o escoamento superficial das águas pluviais, variando novamente de muito fraca a muito forte

(Quadro 3). Sendo que para as unidades de solos compostas, formadas por dois ou mais tipos, foi considerada o grau mais fraco entre ambos.

Quadro 3 - Grau de influência do escoamento superficial para os tipos de solos.

Descrição tipo de solo	Grau na influência do escoamento superficial
Argissolo: Argila de atividade baixa, abruptico, distrófico ou álico, a moderado espesso, textura média/muito argiloso.	Forte
Neossolo Litólico	Forte
Latossolo vermelho: eutrófica ou distrófica, A moderado.	Fraca
Latossolo vermelho: associação de solos (latossolos vermelhos)	Fraca
Argissolo: Argila de atividade baixa, abruptico, distrófico ou álico, a moderado espesso, textura arenosa/média.	Moderada
Argissolo: associação de solos (argissolo + latossolo vermelho-amarelo).	Moderada
Latossolo Bruno: Álico, A moderado, textura argilosa.	Muito Fraca
Latossolo Bruno: associação de solos (latossolobruno+latossolo vermelho).	Muito Fraca
Latossolo Bruno: Álico, A moderado, textura média.	Muito Fraca
Latossolo Vermelho-Amarelo: distrófico húmico, textura argilosa e média, relevo plano e suave ondulado.	Muito Fraca
Latossolo Vermelho-Amarelo: Álico, A moderado, textura média. Unidade São Lucas.	Muito Fraca
Latossolo Vermelho-Amarelo: Álico, A moderado, textura média. Unidade Laranja azeda.	Muito Fraca
Latossolo Vermelho-Amarelo: Álico, A proeminente, textura média. Unidade Três Barras.	Muito Fraca

Adaptado de Ross (1994).

O mapa de fragilidade potencial ocorreu após a elaboração da relação entre o grau de dissecação e o grau de escoamento, apresentado no Quadro 4. Dessa forma, tem-se que, quando maior o grau de dissecação associado a um maior grau de influência do escoamento superficial do solo, a fragilidade potencial será maior.

Quadro 4 - Relação do grau de dissecação com o grau de influência do solo.

		Grau de dissecação				
		Muito fraca	Fraca	Moderado	Forte	Muito Forte
Grau de influência do escoamento superficial do solo	Muito Fraca	Muito fraca	Fraca	Moderado	Forte	Muito Forte
	Fraca	Fraca	Fraca	Moderado	Forte	Muito Forte
	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Forte	Muito Forte
	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Muito Forte
	Muito forte	Muito forte	Muito forte	Muito forte	Muito forte	Muito Forte

Adaptado de Ross (1994).

Em seguida para a elaboração da carta de fragilidade ambiental, primeiramente foi definido para cada uso da terra um grau de influência na fragilidade, variando de muito alta a muito baixa, e nula para os corpos d'água (Quadro 5).

Quadro 5 - Grau de influência dos usos na fragilidade.

Uso da Terra	Influência na Fragilidade
Áreas Urbanizadas	Muito Alta
Áreas de Mineração	Muito Alta
Cultura Temporária	Alta
Cultura Permanente	Alta
Pastagem	Moderada
Silvicultura	Baixa
Campestre	Baixa
Floresta	Muito Baixa
Corpo d'água	Nula

Adaptado de Ross (1994).

Assim, novamente, antes do cruzamento das informações da fragilidade potencial com o grau de influência dos usos, elaborou-se a relação de ambas as informações conforme apresentadas no Quadro 6. O que representa que quando o grau da influência na fragilidade do uso for muito baixo e a fragilidade potencial muito fraca, o resultado da fragilidade ambiental também será muito fraco.

Quadro 6 - Relação do resultado da fragilidade potencial com o grau de influência do uso.

		Influência na Fragilidade Uso				
		Muito Alta	Alta	Moderada	Baixa	Muito Baixa
Fragilidade Potencial	Muito Fraca	Forte	Moderada	Fraca	Muito Fraca	Muito Fraca
	Fraca	Forte	Moderada	Moderada	Fraca	Muito Fraca
	Moderada	Muito Forte	Forte	Moderada	Moderada	Muito Fraca
	Forte	Muito Forte	Forte	Forte	Moderada	Fraca
	Muito Forte	Muito Forte	Muito Forte	Forte	Moderada	Fraca

Adaptado de Ross (1994).

### 3.3. Elaboração dos cenários

Neste trabalho, os três cenários propostos, normativo, manejo e conservacionista, foram projetados para o ano de 2024. O cenário normativo caracteriza-se por uma continuidade dos padrões observados na análise da área de estudo, em que não são consideradas medidas significativas no que diz respeito à melhoria da qualidade ambiental e social. Esse cenário é principalmente observado numa situação de crescente degradação dos recursos naturais e um crescimento populacional desordenado. O cenário de manejo caracteriza-se por uma situação

intermediária, em que os órgãos gestores estão atuando com a proposição de alternativas para solucionar os problemas relacionados aos recursos hídricos. Dessa forma, neste cenário algumas tendências foram mantidas, enquanto que outros indicadores foram reavaliados. E por fim para o cenário conservacionista, considerado como a melhor situação simulada, supõe que todas as áreas foram recuperadas e haverá uma conservação dos recursos hídricos e naturais.

Dessa forma, no **Quadro 7** apresentam-se quais foram os parâmetros utilizados para a projeção dos três cenários para o município de Americana.

Quadro 7 - Parâmetros adotados para os cenários normativo, manejo e conservacionista.

Cenários	Taxa de Crescimento Populacional (% ao ano)	Expansão Urbana	Consumo de Água (L.h <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Aumentona Geração de Resíduo Sólido (% ao ano)	Área de Proteção Permanente
Normativo	1,66	Sem variáveis estimuladoras e restritivas	300,00	1,00	Potencial desmatamento
Manejo	1,50	Variáveis estimuladoras	250,00	0,50	Sem Desmatamento
Conservação	Até 2024 - 1,00	Variáveis restritivas	200,00	0,10	Vegetação regenerada

Adaptado de Demanboro *et al*(2013).

A criação dos cenários de expansão urbana envolveu o uso de autômatos celulares, formados por um tipo de modelo de agentes, que permitem interações complexas entre diversas variáveis, podendo então representar: a continuidade das alterações; simular alterações; ou ainda, explorar diferentes conjecturas político-socioeconômicas (MACEDO *et al.*, 2013; UMBELINO; BARBIERI, 2010).

As simulações do crescimento urbano foram realizadas através do módulo *Land ChangeModeler* (LCM) integrado ao software IDRISI, e tem como objetivo indicar como seria a configuração das áreas urbanas no município de Americana em 2024 para cada um dos cenários propostos, além de apontar caminhos para discutir a implicação dessa expansão para a gestão dos recursos hídricos.

O LCM apresenta-se em uma estrutura fixa que divide a modelagem em três etapas principais: análise das mudanças de cobertura do solo, cálculo dos potenciais de transição e simulação de mudanças futuras (EASTMAN, 2012). Além disso, o modelo de predição exige a seleção de variáveis explicativas adequadas, representadas em escalas cartográficas, que possuam relação direta ou indireta na expansão urbana horizontal, como as distâncias da mancha urbana mais recente e dos corpos d'água.

Sendo assim, o processo de modelagem proposto considera que a região possui os seguintes critérios para a expansão da mancha urbana: os espaços que poderão sofrer as maiores transições de cobertura do solo para ocupação urbana são as áreas situadas no entorno de onde estão projetos de acessibilidade e infraestrutura, os espaços com altas densidades populacionais, as áreas situadas em zonas de aquecimento econômico e aquelas sem impedimentos físico ambientais para ocupação urbana (SAMPAIO *et al.*, 2014).

Assim, foram elaborados os três cenários com características distintas, considerando a inclusão de variáveis explicativas, restritivas, estimuladores e obras viárias propostas:

- O cenário normativo representa a predição da mancha urbana sem adição de variáveis restritivas, estimuladoras e obras viárias previstas;
- O cenário manejo também representa a expansão urbana sem as variáveis restritivas, porém leva em conta aquelas estimuladoras e as obras viárias;
- O cenário conservacionista representa uma análise completa para a mudança de cobertura do solo para 2024, incluindo a variável restritiva de Áreas de Proteção Permanente (APP).

Para a verificação da exatidão do modelo de expansão urbana, elaboraram-se uma matriz de confusão do modelo gerado (Tabela 1), comparado ao mapa de uso e ocupação do solo, ambos para o ano de 2017. Na matriz de confusão, a diagonal indica o número de pontos onde há coincidência entre os produtos analisados.

Tabela 1 - Matriz de Confusão para o modelo de expansão urbana para o ano de 2017.

MODELO	MAPA								
	Área urbanizada	Área de mineração	Campestre	Corpo d'água	Cultura permanente	Cultura temporária	Floresta	Pastagem	Silvicultura
Área urbanizada	88	0	2	0	0	4	3	3	1
Área de mineração	4	82	0	0	0	0	0	11	0
Campestre	15	0	62	0	0	15	6	0	0
Corpo d'água	2	0	3	87	0	0	2	5	1
Cultura permanente	1	1	0	2	94	0	2	0	0
Cultura temporária	2	0	2	1	0	93	2	0	0
Floresta	6	0	3	3	0	2	83	3	0
Pastagem	8	1	0	2	0	0	2	86	1
Silvicultura	30	0	1	0	0	0	0	3	61

Elaborado por Sampaio e Scalioni (2017).

Assim, é possível extrair dessa matriz uma porcentagem de acerto global de 71% e o valor de 0,80 para o Coeficiente Kappa (K) global, considerado de excelente qualidade. Para a área urbana, objetivo dessa simulação, a exatidão obtida foi superior ao valor tido como

mínimo aceitável pelo autor Eastman (2012), de aproximadamente 87%, enquanto o índice Kappa apontou 0,86.

#### **4. DISCUSSÃO E RESULTADOS**

Na intenção de melhor apresentar os resultados obtidos, as discussões serão divididas em: diagnóstico ambiental, o qual apresenta informações sobre a atual situação do município de Americana frente as suas fragilidades; e prognóstico ambiental, que retrata os três cenários futuros propostos, com base nos parâmetros utilizados para suas respectivas elaborações.

##### **4.1. Diagnóstico ambiental do município de Americana-SP.**

Para o diagnóstico ambiental é importante considerar tanto as características físico-ambientais, quanto àquelas associadas aos aspectos socioeconômicos. Dessa forma, para a representação da fragilidade potencial, utilizou-se das informações sobre os tipos de solos e a declividade do município.

O município de Americana apresenta quase que em sua totalidade a predominância de solos do tipo latossolos e argissolos. Os primeiros caracterizam-se por serem profundos, porosos, bem drenados e permeáveis, mesmo quando apresentam muita quantidade de argila, já os argissolos, possuem a capacidade de reter água nos horizontes mais subsuperficiais (SOUSA; LOBATO, s/d). Em relação à declividade, como o município apresenta relevo caracterizado por amplas colinas e topos aplainados, ele não apresenta declividade superior a 31%.

O cruzamento das informações sobre os solos e a declividade, os quais foram associados a um grau que varia de muito forte a muito fraca, tem como resultado a carta de fragilidade potencial apresentada na Figura 7. Dessa forma, como apresentado na Tabela 2, notou-se que o município de Americana não possui alto grau de fragilidade potencial, isso porque, ele não apresenta declividade muito acentuada e os solos também não são caracterizados por um alto grau de dissecação.

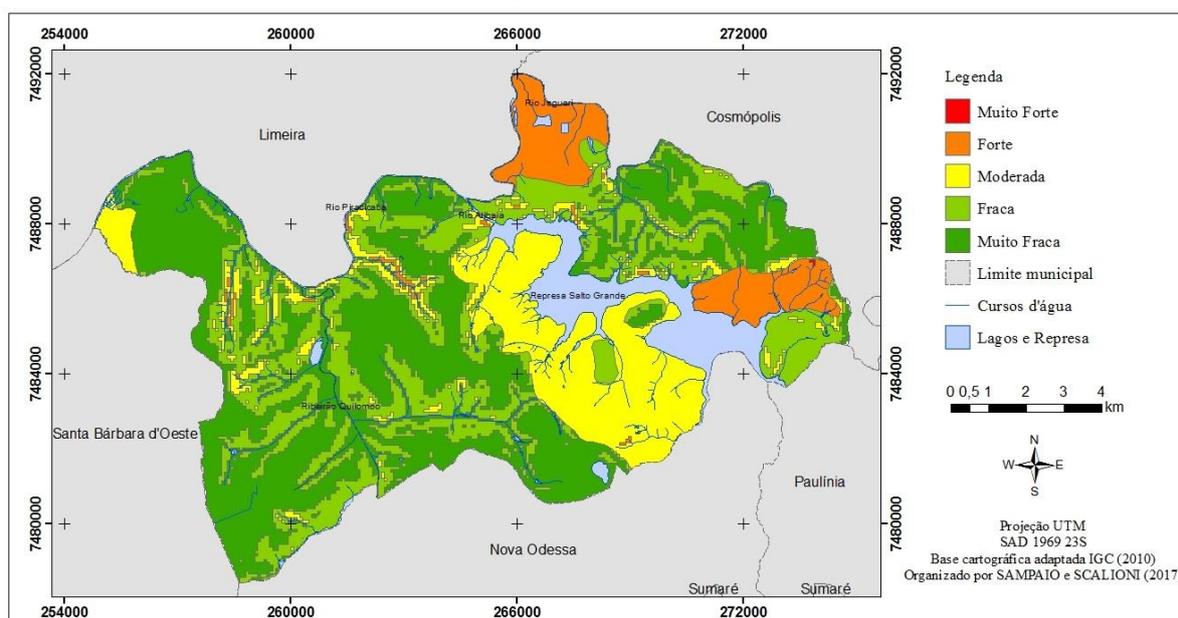
Porém ao entorno da represa Salto Grande é onde encontra-se os maiores graus de fragilidade potencial. Apenas com essa informação já denota que se tem um importante reservatório de água, que merece atenção, principalmente em seu entorno. Porém não é isso que acontece, ao analisar as informações apresentadas no Mapa de Uso da Terra, e as áreas de APP. Segundo Cantador(2015), as áreas de proteção permanente apresentam déficit de aproximadamente metade da área legal, sendo essas áreas ocupadas irregularmente por outros usos.

Tabela 2 - Fragilidade Potencial do município em porcentagem e área.

Fragilidade Potencial	Área (km <sup>2</sup> )	%
Muito Forte	0,019	0,02
Forte	10,28	8,33
Moderada	24,71	20,02
Fraca	37,249	30,15
Muito Fraca	51,715	41,49

Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Figura 7 - Carta de Fragilidade Potencial de Americana - SP.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

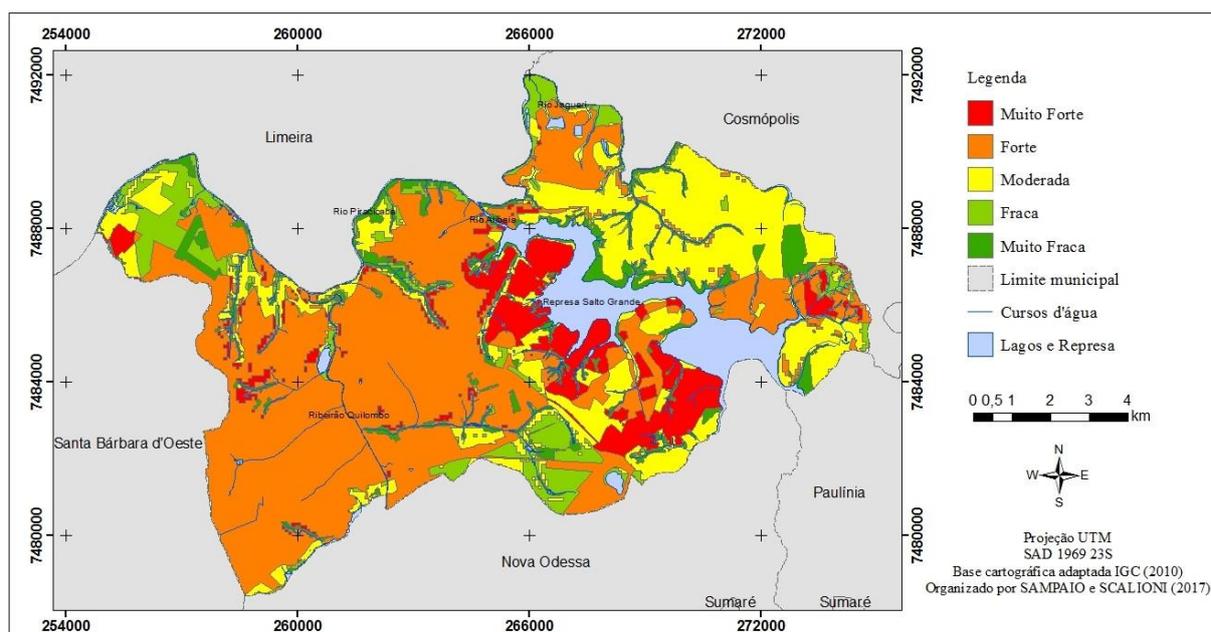
Em decorrência desses valores, acredita-se que a intervenção antrópica é um fator que pode agravar ou acentuar consideravelmente as condições da fragilidade potencial. Assim, pela carta de fragilidade ambiental (Figura 8) é possível notar essa influência antrópica, pois nela também se leva em consideração os usos da terra presentes no município. Na Tabela 3 é possível notar que quase metade da área de Americana apresenta grau forte para a fragilidade potencial, causado principalmente pela área urbana, que corresponde a 47% da área total do município.

Tabela 3 - Fragilidade Ambiental do município em porcentagem e área.

Fragilidade Ambiental	Área (km <sup>2</sup> )	%
Muito Forte	13,019	10,75
Forte	59,779	48,45
Moderada	29,515	23,91
Fraca	11,38	9,35
Muito Fraca	9,052	7,54

Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Figura 8 - Carta de Fragilidade Ambiental de Americana - SP.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Ao se comparar as cartas de fragilidades, fica evidente que o município de Americana possui altos graus de fragilidade ambiental, para o ano de 2014, novamente destaque para o entorno da represa Salto Grande. Na parte leste da represa, Fonseca (2008) testemunhou que o cultivo de cana de açúcar, presente no local, está avançando ilegalmente sobre áreas em que a mata nativa está presente, que segundo o Plano Diretor do município, devem ser preservadas. Além disso, o mesmo autor destaca que algumas nascentes na proximidade da represa, apresenta intensa ação antrópica, o que compromete e degrada ainda mais a área.

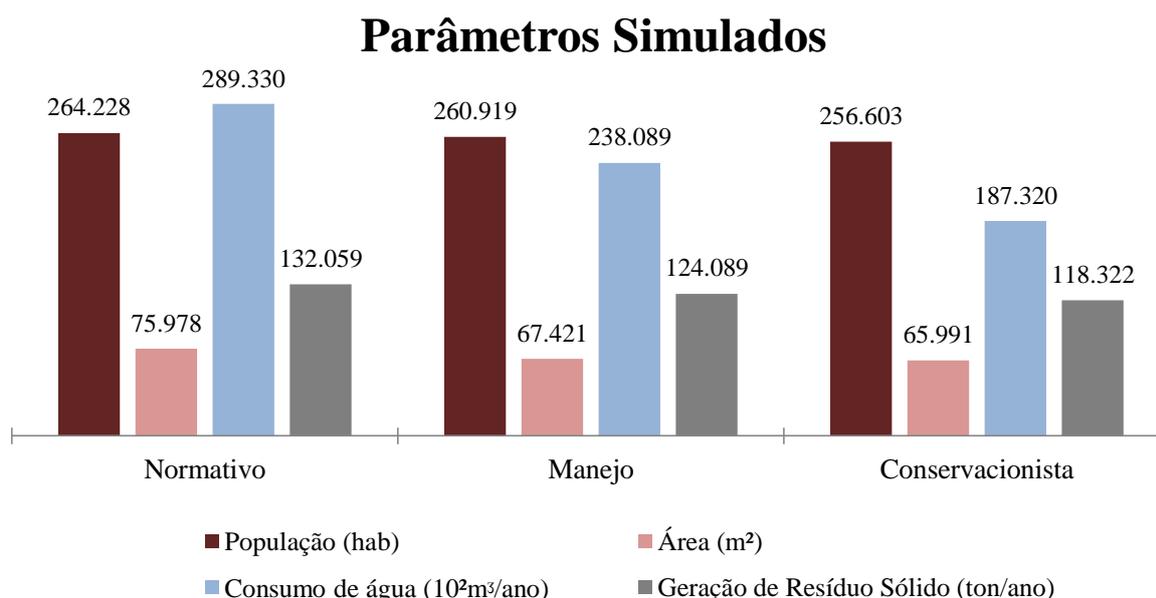
Esses fatores exigem por parte dos órgãos gestores uma adequada gestão para com o município, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos e principalmente no seu entorno. Assim, ao se elaborar cenários futuros é possível ter como resultado panoramas que poderão auxiliar em um planejamento adequado, na medida em que estes cenários apresentam

quais são áreas que merecem atenção, e como estará o município se os parâmetros continuarem da mesma forma.

#### 4.2. Prognóstico ambiental do município de Americana-SP.

Com relação à técnica de elaboração de cenários, a partir dos parâmetros adotados, foram realizadas as simulações do número de habitantes, mancha urbana, consumo de água e geração de resíduos sólidos no município de Americana para o ano de 2024, conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Parâmetros simulados para os cenários: normativo, manejo e conservacionista.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

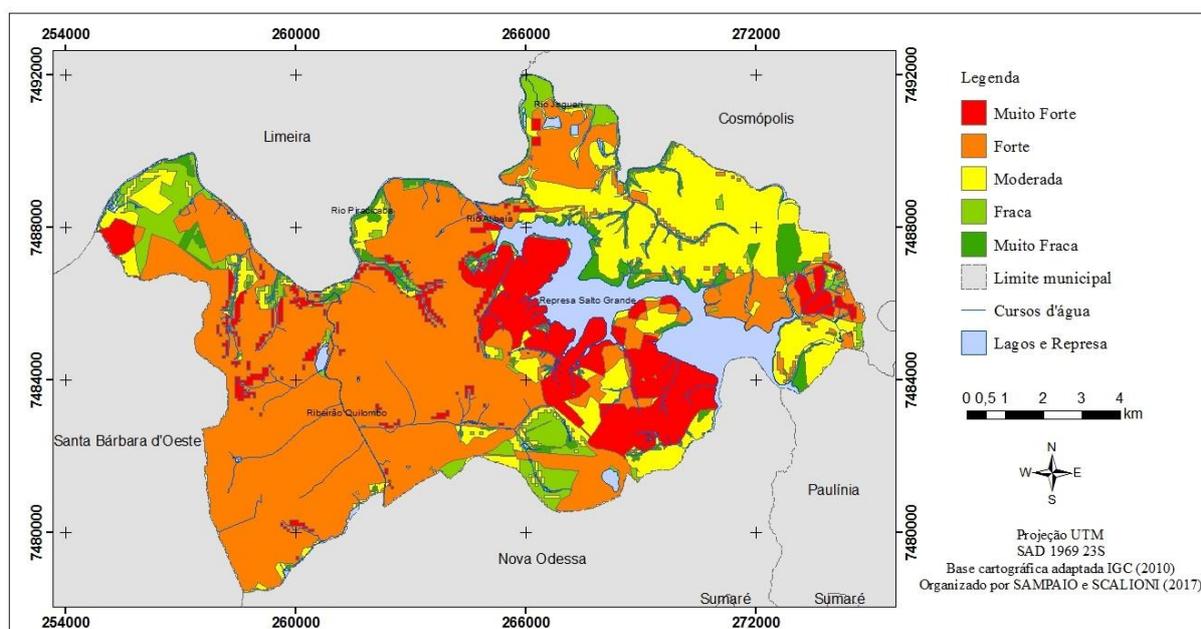
O cenário normativo caracteriza-se como uma continuidade dos padrões observados atualmente no município, onde não são notadas medidas relevantes para a melhoria da qualidade ambiental e dos recursos hídrico.

Na estimativa do crescimento populacional, de 1,66% ao ano, mantendo a taxa observada no último censo, foi obtido o maior número de habitantes residentes na área estudada, 264.228 habitantes, bem como a maior mancha urbana, área de 75.978 m², correspondendo a 56,96% da área total, quando comparado aos demais cenários. De um modo geral, o crescimento urbano desordenado ou mal planejado é um dos grandes problemas atuais relacionados à água, pois denota a ocupação de áreas irregulares, seja para moradia ou atividades econômicas, gerando impactos negativos e ambientes inadequados à vida humana.

Esse processo colabora para a expansão em direção às áreas de mananciais sem qualquer controle para a preservação da mesma.

Essa questão pode ser notada na carta de fragilidade ambiental elaborada para esse cenário (Figura 9). Nesta carta nota-se que são poucas as áreas que apresentam grau fraco e muito fraco, apenas 11,93% do município todo, na Tabela 4 é possível notar os valores para cada grau de fragilidade ambiental neste cenário. Atenção para as áreas à margem do ribeirão Quilombo e seus afluentes, que apresentam grau forte e não há mais presença de área de preservação permanente, e para o entorno da represa Salto Grande, onde as áreas com grau muito forte aumentaram, quando comparadas com a carta de fragilidade ambiental para o ano de 2014.

Figura 9 - Carta de Fragilidade Ambiental de Americana - SP, para o cenário normativo.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Tabela 4 - Fragilidade Potencial do município em porcentagem e área, cenário normativo.

Fragilidade Ambiental - Cenário Normativo	Área (km <sup>2</sup> )	%
Muito Forte	18,85	15,27
Forte	64,93	52,60
Moderada	24,77	20,07
Fraca	8,68	7,03
Muito Fraca	6,21	5,03

Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Além do volume populacional, que ainda tende a crescer na próxima década, segundo esse cenário, existe uma grande complexidade de fatores que intervêm na demanda por

recursos hídricos, dos quais se ressalta a questão do consumo habitacional, que para este cenário chegaria a aproximadamente 289.10<sup>2</sup> m<sup>3</sup> de água per capita, e da geração de resíduos, aproximadamente 132 toneladas per capita.

Em relação à disponibilidade hídrica, o grande problema envolvido ao não estabelecimento de um consumo sustentável da água é que o volume de água doce é fixo, ou seja, não aumenta e nem diminui, e assim há cada vez menos água disponível por pessoa, já que parte de toda a água consumida retorna as fontes hídricas tão poluídas que não servem mais para consumo humano (CLARKE; KING, 2005), como é o caso da represa Salto Grande, que poderia ser um reservatório usado para atender a demanda populacional, mas suas águas estão totalmente contaminadas.

O cenário normativo ainda apresentou, conforme o panorama atual da região sudeste, um crescimento anual na geração per capita de resíduos sólidos (ABRELPE, 2015). Um dos responsáveis por esse aumento é a ampliação do poder aquisitivo das famílias, que possibilita acesso a diversos bens de consumo. Os padrões de consumo exagerado aumentam a quantidade de resíduos gerados e, cada vez mais, se faz necessário armazenar todos os resíduos. Além disso, a quantidade de resíduo sólido gerado não equivale ao montante coletado, já que a cobertura de coleta não engloba toda a população, o que leva a destinação imprópria do material.

A deposição do resíduo de forma inadequada origina uma série de problemas ambientais, principalmente para os corpos d'água, como a poluição por chorume das águas superficiais e subterrâneas, a acumulação às margens ou no fundo dos rios e demais mananciais, que, como consequência, provoca enchentes e a morte ou diminuição da qualidade de vida dos animais e plantas aquáticas.

Para o cenário de manejo, sendo definido pela introdução da consciência da preservação e melhoria da qualidade ambiental, prevê que por meio de um controle adequado dos recursos hídricos, conservação das áreas de proteção permanente e outras ações, o resultado será o crescimento sustentável. Assim neste cenário, para o município de Americana, a tendência de crescimento populacional, e conseqüentemente, da densidade populacional e da urbanização, apresenta valores de 260.919 habitantes e 67.421 km<sup>2</sup> (50,55%) de área urbana, respectivamente.

Com a redução desses valores, há um impacto direto no declínio em termos de volume de água consumida e de geração de resíduos. Ao mesmo tempo em que o consumo de água e de bens se faz necessário, seja para fortalecer a economia ou gerar empregos, estabelecer padrões de um consumo sustentável, em harmonia com o meio ambiente, saúde humana e

com a sociedade, é extremamente importante. Para tanto, é fundamental que cada pessoa promova mudanças de hábitos, envolvendo, por exemplo, a diminuição do tempo necessário para tomar banho, a troca do uso de mangueiras por baldes para lavar carros, a reutilização ou doação de produtos em bom estado, evitar o descarte inadequado do lixo, entre outros.

Nesse cenário as áreas de proteção permanente (APPs), devido ao objetivo proposto, são recuperadas para cumprirem seu papel esperado. Assim, todas essas áreas estão em processo de regeneração e são exclusivamente ocupadas pela classe campestre. Essa cobertura do solo, caracterizada por uma vegetação em estágio secundário de recuperação, cumprem de forma parcial as funções das áreas de preservação, pois abriga alta biodiversidade e também garante a conservação de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Como resultado dessas ações, a carta de fragilidade ambiental para esse cenário apresenta-se com um pequeno aumento para o grau fraco e muito fraco, 16,20 % da área do município, e uma diminuição de aproximadamente 5% para o grau muito forte. Na Tabela 5 é possível notar os valores correspondentes para cada grau de fragilidade ambiental para este cenário.

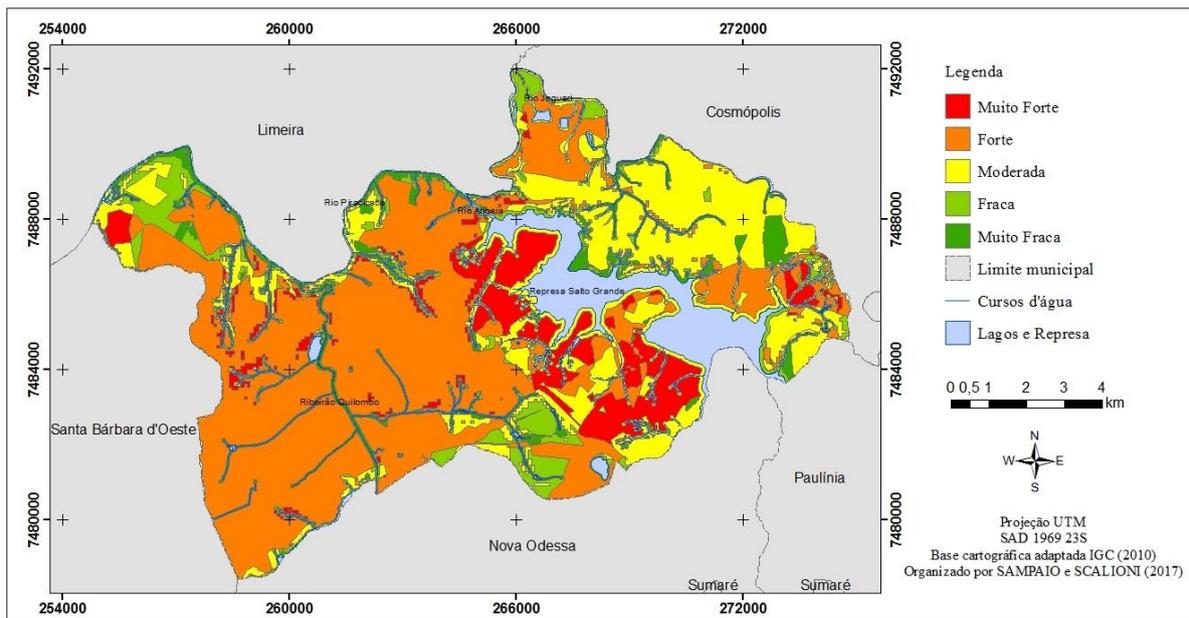
Tabela 5 - Fragilidade Potencial do município em porcentagem e área, cenário manejo.

Fragilidade Ambiental - Cenário Manejo	Área (km <sup>2</sup> )	%
Muito Forte	12,82	10,39
Forte	59,36	48,09
Moderada	31,26	25,32
Fraca	11,14	9,02
Muito Fraca	8,86	7,18

Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Na Figura 10 é possível notar que a alteração dos valores se dá principalmente pela recuperação das áreas de preservação permanente, o que fica evidente ao analisar o entorno dos principais cursos d'água do município, em que a melhora do grau de fragilidade é visível.

Figura 10 - Carta de Fragilidade Ambiental de Americana - SP, para o cenário manejo.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Vale ressaltar que esse cenário é extremamente complexo, tendo em vista que ações na gestão e gerenciamento precisam ser articuladas e comprometidas entre si para a conservação dos recursos hídricos, com ressalva a importância das questões econômicas e sociais envolvidas.

No cenário conservacionista, as prioridades consideradas foram para a recuperação e conservação dos recursos hídricos e naturais. Pode ser considerado como um aprimoramento do cenário de manejo, pois, além de ponderar a recuperação total das APPs, diretamente relacionadas à melhoria da qualidade ambiental, abrange a redução exponencial do crescimento populacional, do consumo e desperdício da água, bem como da geração de resíduos sólidos.

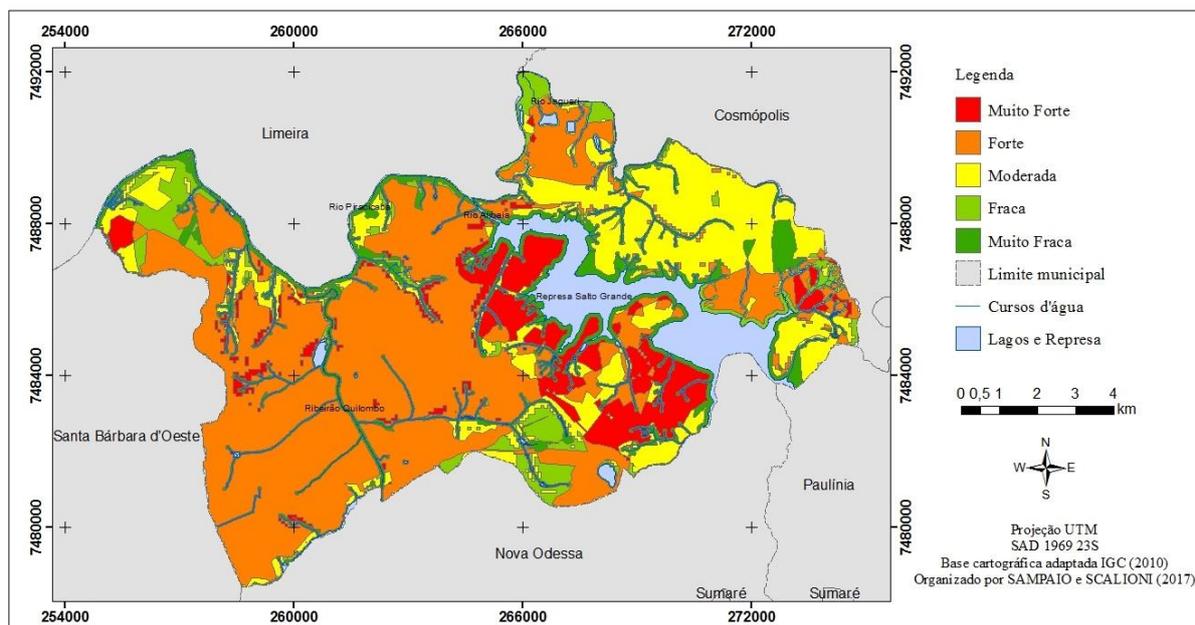
O crescimento populacional ocorre em taxas diferenciadas, onde a cada ano a taxa sofre redução, acompanhando uma tendência mundial. A população continua aumentando, porém as porcentagens de crescimento estão despencando, devido a queda da fecundidade da mulher, o planejamento familiar, a mudança ideológica da população e métodos contraceptivos. Apesar disso, a população não irá reduzir rapidamente, e continua ocupando quase a metade da área total do município (49,47%), pois a expectativa de vida está aumentando, principalmente devido ao desenvolvimento de novos tratamentos e preocupação com a saúde.

Nesse contexto, a ampliação da mancha urbana não será em direção aos corpos hídricos do município, tendo em vista que as áreas disponíveis para tal ocupação serão devidamente delimitadas e preservadas. Isso favorece o crescimento da cobertura vegetal, principalmente nas áreas de proteção permanente, que voltam a ser totalmente reflorestadas. Essa cobertura

vegetal recomposta é muito importante para a manutenção do solo e dos cursos d'água, pois, quando em bom estado de conservação, favorece a infiltração da água no solo, alimentando o lençol freático, diminuindo a chance da perda de solo por erosão, assim com o assoreamento e poluição dos corpos d'água (ANTONELLO, 2008).

Esses fatores podem ser notados na carta de fragilidade ambiental para o cenário conservacionista apresenta do na Figura 11.

Figura 11 - Carta de Fragilidade Ambiental de Americana - SP, para o cenário conservacionista.



Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Nela é possível notar que as áreas de preservação permanente do município apresentam, neste cenário, grau muito fraco, o que impacta diretamente na diminuição da porcentagem dos altos graus de fragilidade, como pode ser visto na Tabela 6. A principal diminuição é para o grau moderado, de 5,5%, a qual no cenário anterior correspondia a regeneração das áreas de APPs.

Tabela 6 - Fragilidade Potencial do município em porcentagem e área, cenário conservacionista.

Fragilidade Ambiental - Cenário Conservacionista	Área (km <sup>2</sup> )	%
Muito Forte	12,69	10,28
Forte	59,21	47,97
Moderada	24,48	19,83
Fraca	9,28	7,52
Muito Fraca	17,78	14,40

Fonte: Elaborado por SAMPAIO; SCALIONI (2017).

Para minimizar a geração de resíduos sólidos e equacionar os problemas principais ligados ao meio ambiente, é preciso que haja uma gestão integrada dos resíduos, com a participação efetiva da comunidade, por meio de normas e educação socioambiental, com as tomadas de decisão de âmbito legal e fiscal, e também com a exigência da consciência de todos os âmbitos sociais, para que estabeleçam programas de redução da geração dos resíduos, máximo reaproveitamento dos materiais e, também, a disposição dos mesmos de forma mais sanitária e ambientalmente adequada (MARCHI, 2011; FRESCA, 2007).

Sendo assim, para que o uso sustentável da água acompanhe as necessidades da população, é indispensável realizar: gestão integrada das águas subterrâneas, para manutenção dessas fontes como alternativas seguras de abastecimento no futuro; gestão de reservatórios e da infraestrutura hídrica, criação de açudes e sistemas adutores para suprir as incertezas e irregularidades das chuvas e a intermitência dos rios; transposição de bacias hidrográficas; proteção dos mananciais, garantindo a qualidade dos mesmos; viabilização de investimentos; e desenvolvimento de mecanismos de compensação econômica e ambiental (ANA, 2010).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho buscou trazer como técnicas de geoprocessamento podem auxiliar os gestores na melhoria da sua atuação para que ocorram a preservação e conservação das águas, importante recurso natural que atualmente gera preocupações em escala mundial. Assim, ao analisar o município de Americana e confrontando as informações geradas para os três cenários (normativo, manejo e conservacionista), ficou claro que através da visualização e análise das respectivas cartas de fragilidade ambiental, é possível que os gestores saibam quais são as melhores ações a serem tomadas, bem como onde essas ações devem ser aplicadas.

Mas, acredita-se que a dificuldade em representar os processos dinâmicos que estão envolvidos no espaço geográfico, permanece em qualquer técnica de geoprocessamento. Isso porque a realidade está sujeita a constantes mudanças, e cabe ao analista a escolha do melhor método para a representação do seu objeto de estudo. Dessa forma, é necessário que todo o cuidado ao trabalhar com esses dados sejam tomados, além da realização da validação dos modelos utilizados para que a representação traduza da forma mais apropriada o real, lembrando apenas que nunca haverá uma verdade absoluta.

O município de Americana apresentou-se como um importante estudo de caso, na medida em que sua disponibilidade hídrica é importante para a Região Metropolitana de Campinas, porém como foi comentado seus cursos d'água se encontram contaminados e

comprometidos, que poderiam servir como fonte para a disponibilidade hídrica. Esse problema é resultado do processo de ocupação e utilização do local, com uma gestão inexistente no início, o que indica que é muito complicado voltar à situação original depois que um curso d'água já foi alterado ou prejudicado, o que também dificulta as ações dos gestores no momento atual.

Além disso, vale ressaltar que o município participa de um importante comitê de bacia do país, o PCJ, que segundo informações de seus relatórios apresentam resultados satisfatórios em relação à qualidade e gestão dos recursos hídricos. Porém, isso não acontece ao analisar o município separadamente, os mapas finais apresentados neste trabalho comprovam este fato. Assim, volta-se a enfatizar a importância do município, integrante do comitê de bacias, possuir uma atuação particular de melhoria e adequação das suas águas interiores, cobrando medidas e sugerindo propostas diante dos comitês, considerando que às vezes a atuação para a melhoria dos recursos hídricos está, por exemplo, na fiscalização adequada do zoneamento municipal, o que não cabe ao comitê.

O que não indica que a gestão pela bacia seja menos importante, mas ao pensar que quando se trata de planejamento e gestão, isso envolve políticas públicas e participação de diversas instâncias da sociedade, e no caso da bacia hidrográfica, ela pode abarcar mais de um município, e isso implica em uma articulação maior entre os gestores.

No caso de Americana, há uma Política Municipal de Recursos Hídricos, o que é um passo importante para certa autonomia em relação a essa gestão. Porém, a legislação não assume o papel que deveria, devido a sua falta de aplicabilidade, sendo que o propósito para qual ela foi elaborada, era de grande valia ao pensar na situação em que se encontram as águas no município. Tal lei poderia ser o início para que essa gestão mais localizada fosse realizada de forma adequada, uma vez que se trata de um aporte legal muito completo e que envolve a participação e atuação de várias instituições públicas do município. Portanto, poderia, quem sabe, trazer cenários como o de manejo e o conservacionista, melhorando significativamente a qualidade dos recursos naturais e sociais.

A participação da população na gestão dos recursos hídricos pode parecer irrelevante quando envolve questões políticas. Porém, entende-se que esta é uma parcela importante dentro da gestão, é a população que pode auxiliar os órgãos públicos, como por exemplo, na melhoria das águas como ajudantes na fiscalização de irregularidades, tanto aquelas águas que chegam às residências pela forma de abastecimento, quanto àquelas que estão presentes visualmente no cotidiano populacional, como é o caso da represa Salto Grande. Além de que a população poderia, através de uma melhor conscientização do uso dos recursos hídricos, ou mesmo no descarte de resíduos trazer melhorias futuras.

Desse modo, é importante a atuação correta dos gestores, órgãos públicos e privados, população e pesquisadores, que precisam compartilhar conhecimento para que saibam preservar e usufruir dos recursos hídricos de forma coerente, ou então os conflitos pela água irão sempre ocorrer, como afirma Barlow (2009, p. 147)

A menos que mudemos coletivamente nosso comportamento, estamos nos dirigindo a um mundo de intensificação de conflitos e potencial de guerras pelos minguados suprimentos de água doce – entre nações, entre ricos e pobres, entre o interesse público e o privado, entre habitantes rurais e urbanos e entre as necessidades concorrentes do mundo natural e as dos seres humanos. (BARLOW, 2009. p.147).

Em 2014, o sudeste do Brasil, começou a enfrentar grandes problemas relacionados a falta d'água, e o que a autora citou anteriormente, pode ser sentido por esta população que até então não tinha sofrido nada parecido. Infelizmente, a preocupação em se preservar, economizar e cuidar da água, começa quando ela acaba, o que não deveria ser assim, dever-se-ia praticar essas ações para que pudesse ter um maior aproveitamento do recurso, tão importante e essencial para toda a humanidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015. **Relatório**, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

ANA. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**. Panorama Nacional. Brasília: Agência Nacional das Águas (ANA), 2010.

ANTONELLO, S. L. Análise contextual do uso da terra e cobertura vegetal. In: TAUKTORNISIELO, S. M.; ESQUIERRO, J. C. **Bacia do Rio Corumbataí: aspectos socioeconômicos ambientais**. [S.l.]: Consórcio PCJ, 2008. p. 35-44.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília: Congresso Nacional, 2012.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C.; FREITAS, U. M. D. Operações de Análise Geográfica. **Tutoriais - Gis**, 2000. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/3opera.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/3opera.pdf)>. Acesso em: maio 2017.

CANTADOR, D. C. **Diagnóstico da gestão dos recursos hídricos no município de Americana (SP), utilizando geotecnologias**. Campinas: Dissertação de Mestrado em Geografia (UNICAMP), 2015.

CLARKE, R.; KING, J. **O Atlas da Água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. The Atlas of Water. São Paulo: Publifolha, 2005.

COLOMBO, J. C. **Diagnóstico e diretrizes para Plano Diretor de drenagem urbana. Ribeirão Quilombo - Americana - SP.** Campinas: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

COMITÊ PCJ. **Relatório Final - Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010-2020, com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035.** Piracicaba: Comitê PCJ, 2007. 815 p.

DAVIS, C. Object Modeling Technique for Geographic Applications - OMT-G, 2014. Disponível em: <[http://homepages.dcc.ufmg.br/~clodoveu/DocuWiki/doku.php?id=omtg#object\\_modeling\\_technique\\_for\\_geographic\\_applications\\_-\\_omt-g](http://homepages.dcc.ufmg.br/~clodoveu/DocuWiki/doku.php?id=omtg#object_modeling_technique_for_geographic_applications_-_omt-g)>. Acesso em: abril 2017.

DERNANBORO, A. C.; LAURENTIS, G. L.; BETTINE, S. D. C. Cenários ambientais na bacia do rio Atibaia. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, Campinas, v. 18, p. 27-37, jan/mar 2013.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Selva Tutorial.** Clark University: [s.n.], 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - SPI, 2006.

ERASO, M. J. R. **Estudo do nível trófico do reservatório de porto primavera por meio de sensoriamento remoto e visualização de séries temporais.** Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), 2016.

FONSECA, M. F. **Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico do uso da terra no entorno do Reservatório de Salto Grande, município de Americana (SP), como subsídio ao planejamento territorial.** Campinas: Programa de Pós Graduação em Geografia, 2008.

FRESCA, F. R. C. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física.** São Carlos: Universidade de São Paulo (USP), 2007.

HEIJDEN, K. V. D. **Scenarios - the art of strategic conversation.** Chichester, Nova York, Brisbane, Toronto, Singapura: John Wiley & Sons, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: Setembro 2012.

MACEDO, R. C. et al. Modelagem dinâmica das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v19n2/a09v19n2.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

MARCHI, C. M. D. F. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão e Conhecimento**, v. 1, p. 118-135, 2011.

RATCLIFFE, D. A. Criteria for the selection of nature reserves. **Advancement of Sciences**, v. 2, p. 294-296, 1971.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. D. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. n.8, p. 63-74, 1994.

SAMPAIO, D. M.; ELMIRO, M. A. T.; NÓBREGA, R. A. A. Modelagem da dinâmica da expansão no Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte e análises sobre as novas infraestruturas viárias previstas até 2031. **Geografia**, v. 10, p. 788-799, 2014.

SILVA, T. R.; NUCCI, L. N.; COSTA, D. J. J. Recursos hídricos, saneamento e gestão metropolitana: os novos desafios. **Brasil Engenharia**, São Paulo, v. v.609, p. 102-110, 2012.

SOUSA, D. G. M. D.; LOBATO, E. Agência de Informação Embrapa - Bioma Cerrado. **Latossolos**, s/d. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_96\\_10112005101956.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html)>. Acesso em: julho 2015.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos. **Academia Brasileira de Ciências**, 2002. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-813.pdf>>. Acesso em: março 2013.

UMBELINO, G.; BARBIERI, A. Uso de autômatos celulares em estudos de população, espaço e ambiente. **Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 2010. Disponível em: <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs\\_pdf/eixo\\_2/abep2010\\_2432.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/docs_pdf/eixo_2/abep2010_2432.pdf)>. Acesso em: maio 2017.