



## ANÁLISE COMPARATIVA DE DIRETRIZES URBANÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JARARACA, SÃO CARLOS - SP.

Geisy Candido da Silva<sup>1</sup>  
Denise Balestrero Menezes<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os avanços da urbanização em áreas periurbanas e rurais tem ocorrido de forma desconexas das características geoambientais, acarretando na contaminação do solo e das águas subterrâneas. Estudos que utilizem como ferramenta a integração dos fatores geoambientais e de ocupação tornam-se importantes ferramentas para direcionar o planejamento da expansão urbana. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar análise comparativa entre as diretrizes propostas pelo Plano Diretor Municipal de São Carlos de 2005 e pelo Plano Diretor Municipal Estratégico em vigência, para a bacia hidrográfica do Córrego Jararaca, com vistas aos impactos que estas podem gerar no meio ambiente subterrâneo. Para tanto, utilizou-se como base uma cartas temáticas do substrato rochoso já existentes, contendo as unidades geológicas da área de estudo na escala 1:25.000, as quais após digitalização no software Arcgis v. 10.2, foram reclassificadas em unidades aquíferas. Concomitantemente, as zonas propostas pelo Plano Diretor Municipal de 2005 e do Plano Diretor vigente foram plotadas sobre esta carta de unidades aquíferas, possibilitando identificar as zonas que abrangem a bacia. A análise comparativa das diretrizes propostas pelos diferentes planos mostra que as do plano diretor vigente são mais restritivas à implantação dos diversos usos e ocupações do solo na área. No entanto, direciona uma área na bacia 60% maior que as zonas propostas em 2005 para urbanização de baixa densidade, implicando em intervenções antrópicas na região central da bacia, a qual possui expressivo potencial à contaminação por tratar-se do afloramento do aquífero Guarani. Estas características demandam análises de compatibilidade urbanística e do meio físico mais rigorosas, com o intuito de atender às demandas de ocupação e de proteção das unidades aquíferas.

Palavras-chave: Plano Diretor, Águas Subterrâneas, Planejamento.

**ABSTRACT:** Urban developments in periurban and rural areas have been disjointed geoenvironmental characteristics, leading to contamination of soil and groundwater. Studies that use as a tool the integration of geoenvironmental and occupational factors become important tools to guide urban expansion planning. Thus, the objective of this study was to perform a comparative analysis between the guidelines proposed by the São Carlos Municipal Master Plan of 2005 and the Municipal Strategic Master Plan in force, for the Jararaca Stream water catchment area, in view of the impacts that these can generate in the Environment. For this purpose, a thematic chart of the existing rocky substrate was used, containing the geological units of the study area in the 1: 25,000 scale, which after scanning in Arcgis v. 10.2, were reclassified into aquifer units. At the same time, the zones proposed by the 2005 Municipal Master Plan and the current Master Plan were plotted on this chart of aquifer units, making it possible to identify the areas that cover the basin. The comparative analysis of the directives proposed by the different plans shows that the directives of the current master plan are more restrictive to the implementation of the diverse uses and occupations of the soil in the area. However, it directs an area in the basin that is 60% larger than the zone proposed in 2005 for low density urbanization, implying anthropogenic interventions in the central region of the basin, which has significant potential for contamination due to the outcropping of the Guarani aquifer. These characteristics demand more rigorous analyzes of urban compatibility and of the physical environment, in order to meet the demands of occupancy and protection of the aquifer units.

Keywords: Master Plan, Groundwater, Planning.

<sup>1</sup> Gestora e Analista Ambiental – UFSCar, Mestre em Geociências e Meio Ambiente – UNESP [silva\\_geisi@yahoo.com.br](mailto:silva_geisi@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Geóloga, Profa. Dra. DECiv – UFSCar, profa. orientadora - PPGEU [denisebm@ufscar.br](mailto:denisebm@ufscar.br)

## INTRODUÇÃO

A expansão das áreas urbanas dos municípios brasileiros, em muitos casos tem ocorrido sem o adequado planejamento ambiental, o qual considera as necessidades antrópicas frente aos potenciais e fragilidades do meio físico. Assim, estes avanços desconexos com as características geoambientais têm gerado uma série de problemas, como por exemplo, erosão do solo, deslizamentos, assoreamentos de corpos hídricos, contaminação do solo, do subsolo e das águas subterrâneas, dentre outros. Dentre os problemas citados, a contaminação das águas subterrâneas demanda especial atenção, pois em muitos municípios são determinantes para o abastecimento populacional, para a irrigação de cultivos agrícolas e para o uso industrial (GOMES, 2008). Conseqüentemente, este recurso requer rígido gerenciamento, pois estão expostos a riscos de depleção e superexploração, trazendo conflitos entre as formas e prioridades de uso e as atividades de preservação e conservação (SOUZA, 2009). A Política Nacional de Recursos Hídricos aborda a água em seu Art.1º, inciso II, como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, onde sua gestão deve ser feita de forma descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997). Conseqüentemente, para a efetiva proteção destes recursos e da saúde humana, é necessária à adoção de meios adequados de gestão, principalmente do uso e ocupação do solo, uma vez que a qualidade da recarga dos aquíferos depende da integridade da água infiltrada nas zonas de afloramento.

Neste contexto, o uso da água subterrânea como alternativa de abastecimento público e privado, é um dos fatores que transformam este recurso em importantes reservas estratégicas. No entanto, estas águas estão contidas em diferentes unidades geológicas no território brasileiro, podendo ser encontradas em rochas sedimentares, como é o caso do aquífero Guarani; rochas fraturadas, podendo-se citar o aquífero Serra Geral; e em rochas cársticas. As diferenças estruturais das unidades aquíferas requerem ações específicas de planejamento, visto que possuem fragilidades e potencialidades peculiares, que devem ser considerados para a gestão adequadas dos territórios em que ocorrem. Estudos que envolvam as características geoambientais das unidades geológicas com potencial aquífero constituem importantes ferramentas para planejar adequações quanto ao uso do espaço, com o intuito de conservar os recursos hídricos. Assim, o objetivo deste estudo esteve pautado em realizar uma análise comparativa entre as diretrizes propostas pelo Plano

Diretor Municipal de São Carlos de 2005 e o Plano Diretor Municipal Estratégico em vigência, para a bacia hidrográfica do Córrego Jararaca, com vistas aos impactos que estas podem gerar no meio ambiente subterrâneo, considerando sua vulnerabilidade natural à contaminação.

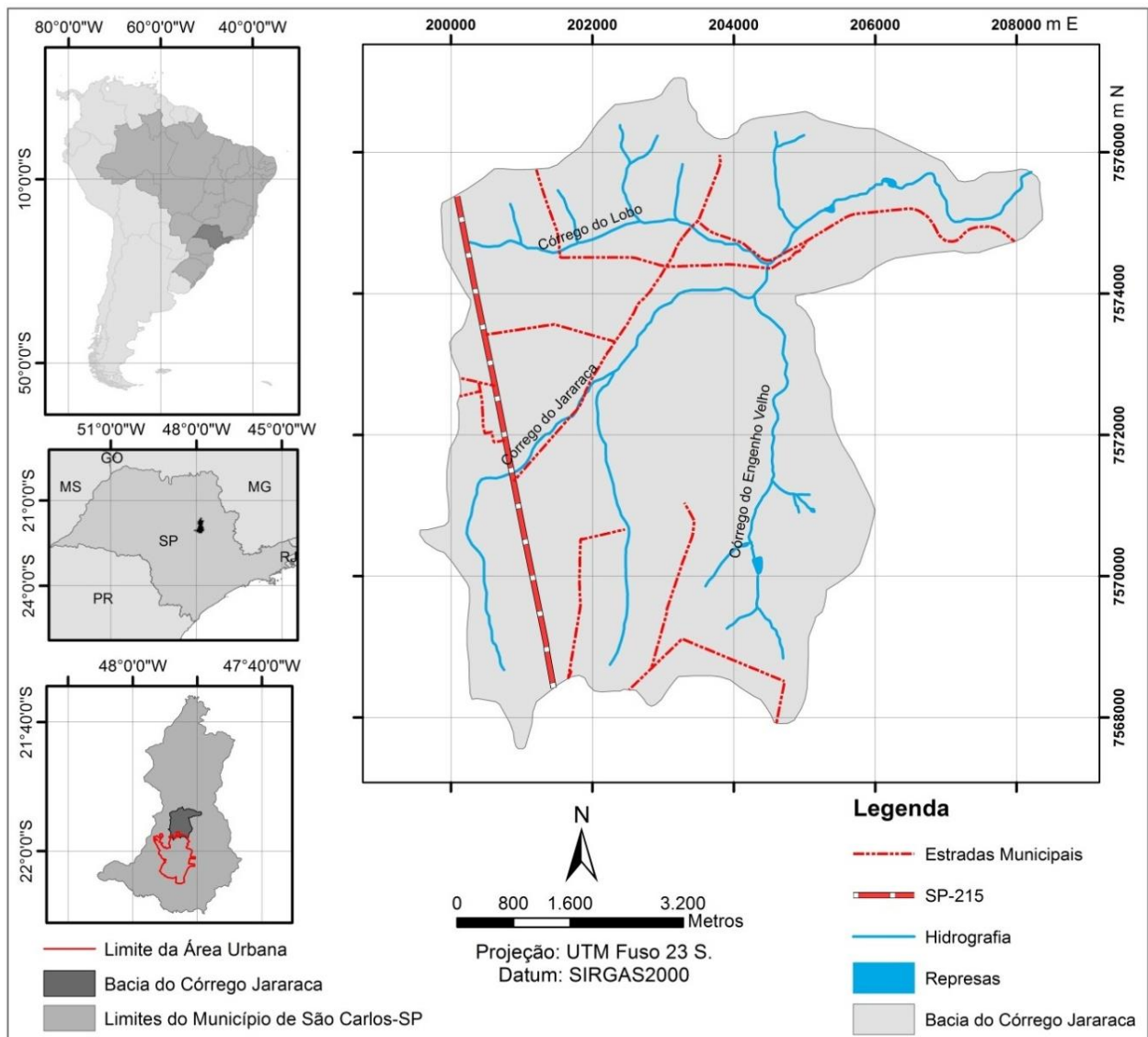
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Caracterização da Área de Estudo**

A bacia hidrográfica do Córrego Jararaca está localizada na região central do município de São Carlos-SP, ao norte do seu núcleo urbano, entre as coordenadas 21°53'5,9" a 21°58'19,75" sul e 47°54'26,71" a 47°49'26,11" oeste (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima é temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) caracterizando duas estações bem definidas, sendo uma seca de abril a setembro e outra chuvosa de outubro a março, com precipitação média anual de 1.422,8mm, temperatura média anual de 21,2°C, com mínima média de 15,3°C e máxima de 27°C (CEPAGRI, 2017).

Esta bacia é caracterizada por ocupações bastante diversificadas, com taxa de urbanização de 11%, considerando áreas efetivamente parceladas, as quais incluem as áreas urbanas e os loteamentos de chácaras de recreio (MONTAÑO; FONTES, 2008). O domínio fitogeográfico da bacia é o do Cerrado, apresentando diversos fragmentos primários de cerradão (fisionomia florestal de Cerrado), mata ciliar, várzeas e fragmentos secundários em diversos estágios de regeneração, representando obstáculos para a conservação dos remanescentes nativos, uma vez que a paisagem é bastante fragmentada (PINTO, 2010). Esta área tem sido explorada economicamente pelo plantio de cana-de-açúcar e pastagens, encontrando-se ainda uma pequena extensão de silvicultura. Acomoda, ainda, duas áreas de mineração, sendo uma de areia, que está desativada e outra de rocha básica, que está em atividade; um pequeno número de indústrias, como madeireira, fabricação de papelão, fabricação de blocos de concreto. Nas zonas urbanizadas verifica-se a presença de pequenos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

**Figura 1** – Localização da Bacia do Córrego Jararaca, São Carlos-SP.



Fonte: Autor (2015).

## Materiais Utilizados

Para atingir os objetivos propostos, utilizou-se como base uma carta temática do substrato rochoso já existente (FAGUNDES, 2010), contendo as unidades geológicas da área de estudo na escala 1:25.000, as quais foram digitalizadas no software Arcgis v. 10.2 e reclassificadas em unidades aquíferas de acordo com sua estrutura e grau de confinamento. Tendo por base a carta de unidades aquíferas foi feita uma descrição e caracterização destas unidades, resultando em diferentes vulnerabilidades naturais à contaminação. Concomitantemente, foram obtidas e digitalizadas as zonas propostas pelo

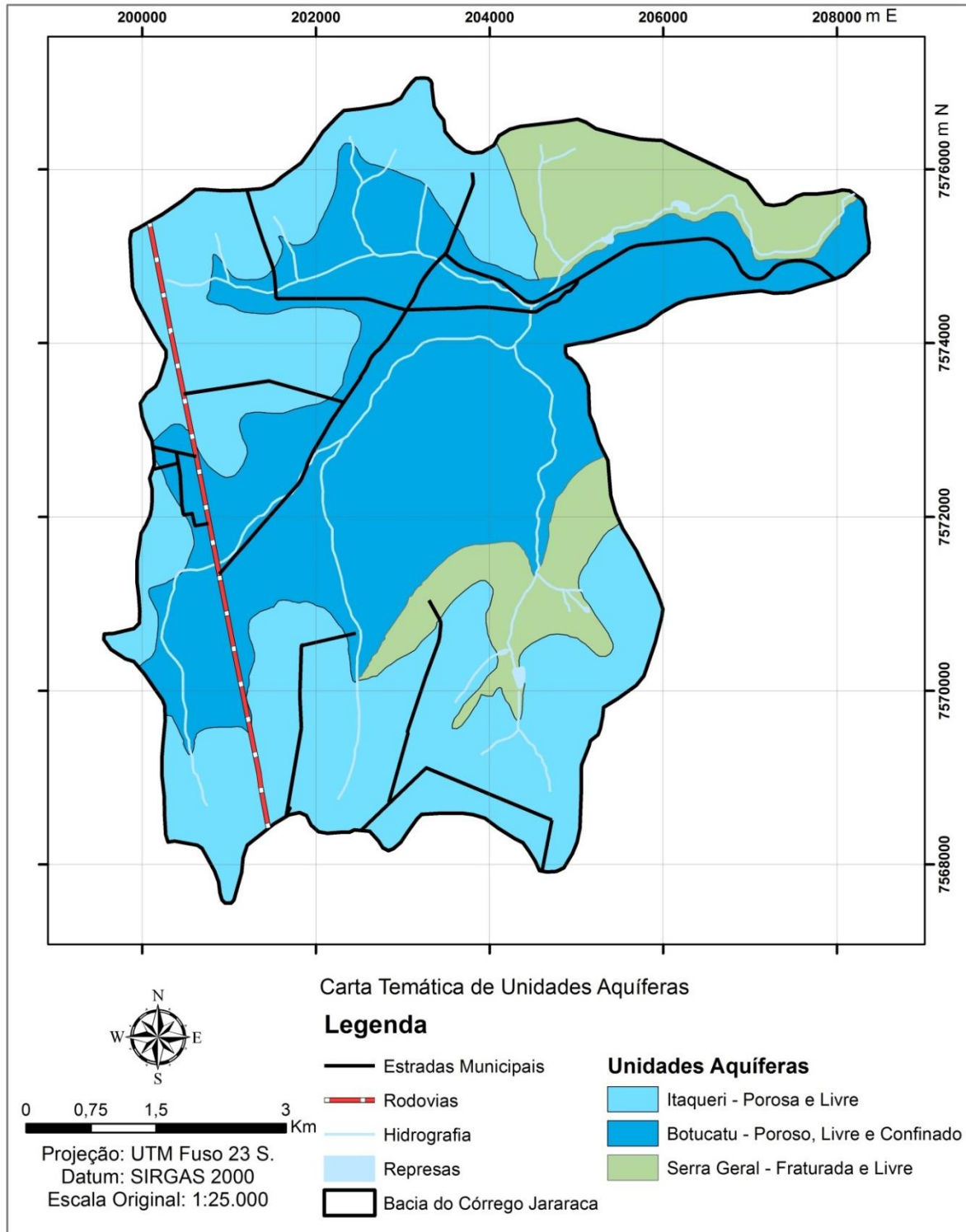
Plano Diretor Municipal de 2005 (PMSC, 2005) e do Plano Diretor vigente (PMSC, 2017), que foram plotadas sobre esta carta de unidades aquíferas, possibilitando identificar as zonas que abrangem a bacia e analisar a compatibilidade da vulnerabilidade natural à contaminação com as diretrizes propostas pelas zonas, no que rege os usos e ocupações do solo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na carta base utilizada para o substrato rochoso foram mapeadas três distintas formações geológicas (FAGUNDES, 2010), sendo elas: Itaqueri, Serra Geral e Botucatu. A formação Botucatu é constituída por arenitos friáveis que ocupam as zonas topograficamente mais suaves (FAGUNDES, 2010). Estas áreas são consideradas zonas de afloramento do aquífero Botucatu, pois a rocha porosa mantém equilíbrio dinâmico com a atmosfera, acarretando em situação de aquífero livre; isto confere à unidade um alto grau de vulnerabilidade natural à contaminação nas áreas de afloramento, baixo grau nas áreas onde está confinada pela Formação Serra Geral e médio grau nas áreas em que está recoberto pela Formação Itaqueri. A formação Serra Geral apresenta basaltos e diabásios, o que não é representado pelo mapeamento como corpos distintos; mas ao analisar o estudo de Muro (2000), na escala de 1:50.000, é possível verificar que a formação apresenta diabásio ao norte e basaltos ao sul da área de estudo. Todavia, apesar de ser uma unidade geológica de origem vulcânica, a qual ocorre sobre ou intercalada com a Formação Botucatu, caracteriza-se por apresentar muitas fraturas, as quais são responsáveis por grande parte do armazenamento de água na unidade geológica. Portanto, considera-se esta unidade com médio grau de vulnerabilidade natural à contaminação. Segundo Fagundes (2010), a formação Itaqueri é sedimentar, constituída por arenitos com finos (siltitos e argilitos) intercalados e espessura variada, apresentando uma composição mista de textura, o que dificulta avaliar o potencial de armazenamento d'água e de contaminação desta unidade. Encontra-se sobre as formações Serra Geral e Botucatu, e é encontrada nos registros de poços estudados como grupo Bauru. Com base na caracterização geológica, a reclassificação da carta geológica em unidades aquíferas resultou nas seguintes unidades aquíferas (Figura 2): Botucatu, porosa livre na região que abrange a faixa que se estende do sudoeste ao nordeste da Bacia do Córrego Jararaca, estando confinado pela formação Serra

Geral, em pequenas porções ao sul e ao norte; Serra Geral, fraturado e livre; e Itaqueri, porosa e livre.

**Figura 2** – Carta Temática das Unidades Aquíferas.



Fonte: Modificada de Fagundes (2010).

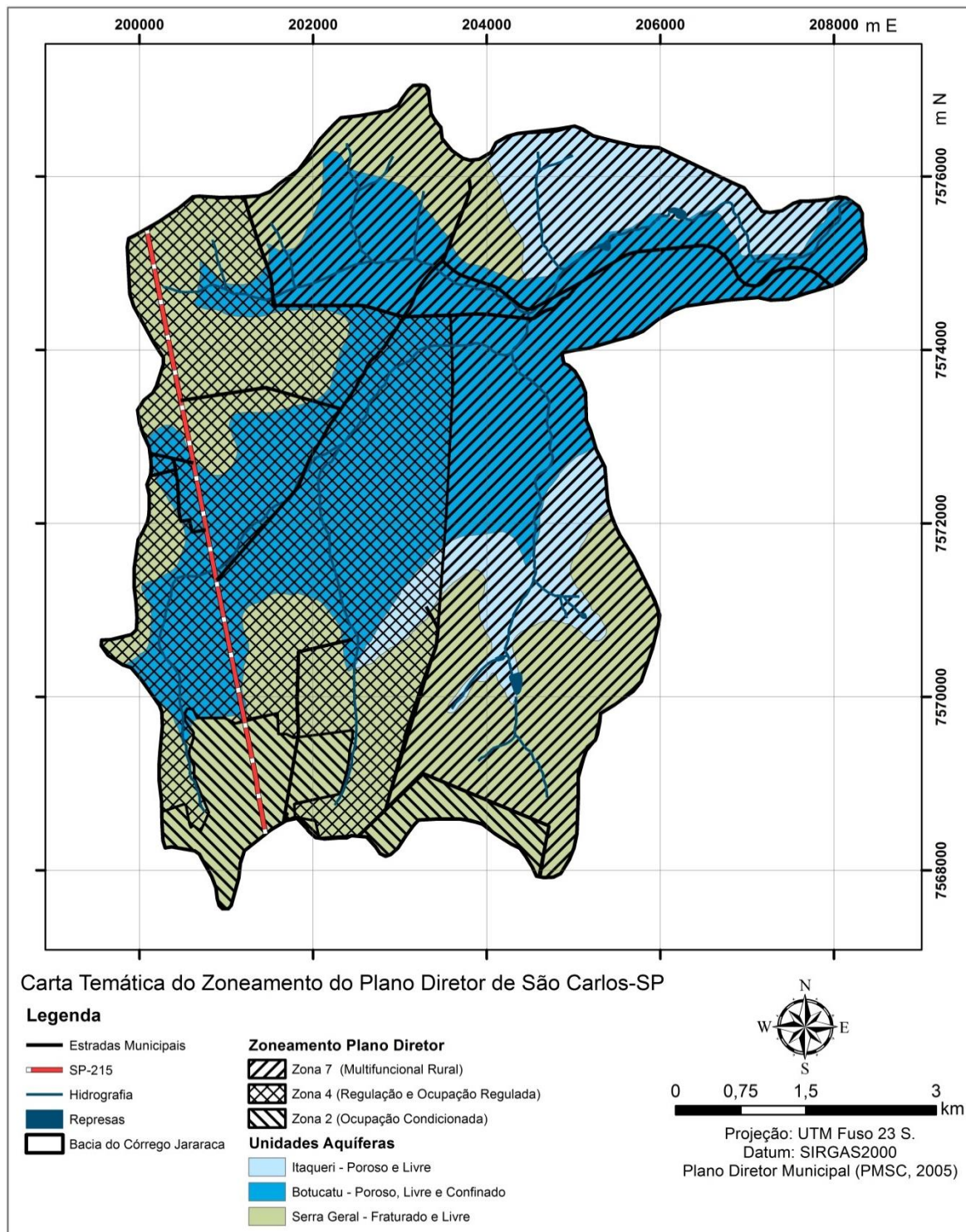
Assim, tendo por base a carta de unidades aquíferas foram feitas comparações com as diretrizes propostas pelo Plano Diretor (PMSC, 2005) e o Plano Diretor Estratégico vigente (PMSC, 2017), frente à vulnerabilidade natural das unidades aquíferas da bacia hidrográfica do Córrego Jararaca. O Plano Diretor do município de São Carlos-SP (PMSC, 2005), tinha como um dos instrumentos o zoneamento municipal que estabelece diretrizes e restrições para a implantação dos usos e ocupações do solo, possibilitando verificar a compatibilidade dos diversos usos com a proteção das unidades aquíferas. Neste Plano (PMSC, 2005) foi verificado que área de estudo está localizada nas zonas 4, 7 e 2. O zoneamento do plano Diretor municipal está na escala de 1:60.000, sendo sobreposto a carta de unidades aquíferas, com a finalidade de localizar de forma espacial as zonas presentes na bacia hidrográfica (Figura 3).

A **Zona 4** (regulação e ocupação controlada) caracteriza-se por apresentar tendência para a expansão urbana, com usos característicos da transição entre o meio rural e o meio urbano. Esta zona está localizada em áreas de vulnerabilidade natural significativa, pois abrange a área de afloramento do aquífero Botucatu; são permitidos todos os tipos de usos, como é o caso de empresas químicas, combustíveis, lubrificantes e banhos de cromagem, com restrição dos usos industriais, os quais carecem de aprovação urbanística para serem instalados. Conseqüentemente, encontra-se incompatível com a proteção da unidade aquífera.

A **Zona 7** (multifuncional rural) é caracterizada por áreas que apresentam grande diversidade de produção agrícola e pecuária, abundância de recursos hídricos. São permitidos diversos tipos de usos, desde que obedecidas às medidas mitigadoras propostas pelo Plano Diretor para cada tipo de uso. Comparando com a vulnerabilidade natural à contaminação, verifica-se que as porções norte e sul da bacia são favoráveis à ocupação proposta, pois abrangem a Formação Serra Geral, havendo restrição aos usos na área central, onde há o afloramento do aquífero Botucatu.

A **Zona 2** (Ocupação Condicionada) apresenta predominância de usos mistos com grande diversidade de padrão ocupacional (PMSC, 2005). Está localizada em áreas de médio potencial à contaminação, pois está sobre a Formação Itaqueri, mostrando-se adequada para os tipos de usos propostos.

**Figura 3** – Carta Temática do Zoneamento do Plano Diretor de 2005 São Carlos-SP frente à vulnerabilidade natural das unidades aquíferas da bacia do Córrego Jararaca.



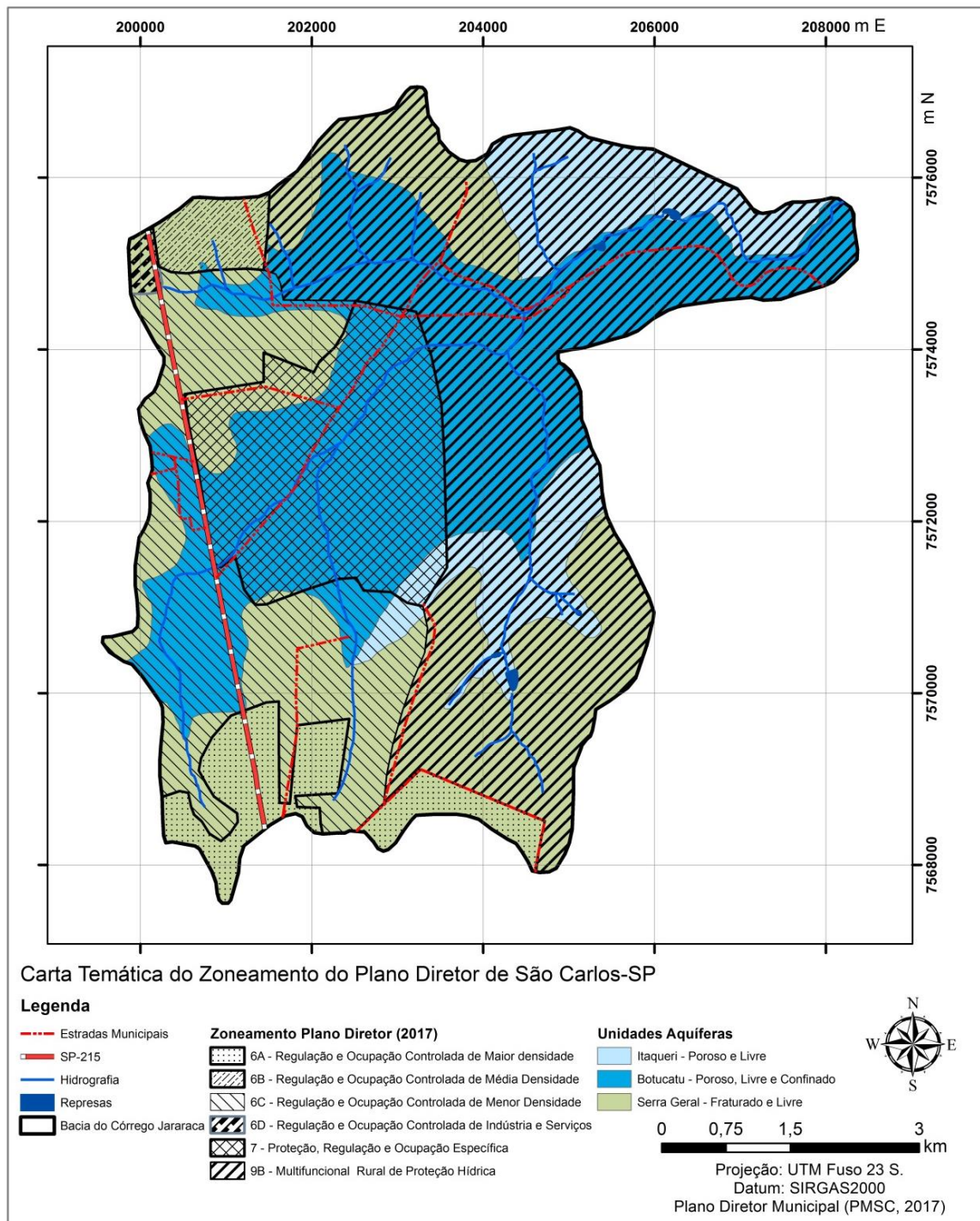
Fonte: Autor (2017).

No Plano Diretor Estratégico (PMSC, 2017) são propostas para a bacia novas zonas (Figura 4): Zona 6A de regulação e ocupação controlada de maior densidade, Zona 6B de



regulação e ocupação controlada de média densidade, Zona 6C de regulação e ocupação controlada de baixa densidade, Zona 6D de regulação e ocupação controlada de indústria e serviços, Zona 7 de proteção, regulação e ocupação específica e Zona 9 de multifuncional rural de proteção hídrica.

**Figura 4** – Zoneamento do Plano Diretor Estratégico Vigente de São Carlos-SP.



Fonte: Autor (2017).

A **Zona 6A** (regulação e ocupação controlada de maior densidade) é caracterizada por sua aptidão à urbanização, devido à proximidade da infraestrutura existente e pelas características do solo e da hidrografia. Esta zona, mostra-se compatível com a proteção da vulnerabilidade natural, pois abrange área do aquífero Itaqueri.

A **Zona 6B** (regulação e ocupação controlada de média densidade) caracteriza-se por estar próxima da malha urbana consolidada e possui aptidão à urbanização, porém exige controle na ocupação e no adensamento de forma planejada, pois possui características físico-ambientais delicadas. Para esta zona, apesar do plano diretor exigir cuidados no planejamento da área, na carta de unidades aquíferas é possível observar que a zona está sobre o aquífero Itaqueri, que possui média vulnerabilidade natural à contaminação e está compatível com as necessidades de proteção.

A **Zona 6C** (regulação e ocupação controlada de baixa densidade) localiza-se em regiões periféricas à área urbana consolidada, em áreas que necessitam de uma urbanização controlada com baixos índices de ocupação e densidade, devido às características físico-ambientais e de infraestrutura. Esta zona abrange os aquíferos Botucatu e Itaqueri, atendendo às necessidades desta unidade, posto que o planejamento deve priorizar o uso de áreas onde ocorrem o aquífero Itaqueri, em detrimento do aquífero Botucatu.

A **Zona 6D** (regulação e ocupação controlada de indústria e serviços) corresponde às áreas destinadas ao uso exclusivo de logística, serviços e indústrias de médio e grande porte, aproveitando a proximidade das infraestrutura existentes, tais como rodovias, ferrovias e aeroporto. Esta zona possui pequena participação na bacia e é compatível com as necessidades do aquífero.

A **Zona 7** (proteção, regulação e ocupação específica) caracteriza-se por envolver ou estar próxima a diversos loteamentos de chácaras de recreio existentes, pela presença de importantes áreas verdes nativas remanescentes e Áreas de Preservação Permanentes (APPs), e ainda por ocuparem terrenos que estão sobre solos arenosos ou próximos de áreas alagadiças. Ao propor esta zona, o plano diretor também propõe coeficientes de ocupação para limitar o adensamento desta área, a qual abrange o aquífero Botucatu, mostrando-se compatível.

A **Zona 9** (multifuncional rural de proteção hídrica) corresponde às áreas rurais do município, com maior vocação para o desenvolvimento de atividades agrícolas, nas quais

não se permite a expansão urbana e parcelamento do solo em dimensões menores que 20.000m<sup>2</sup>. Esta zona também mostra-se preocupante, pois direciona uma área de 60% da bacia hidrográfica para o uso agropecuário, que apesar de necessário, utiliza-se de pesticidas, fungicidas, fertilizantes, dentre outros produtos químicos no solo, os quais em excesso ou em solos muito arenosos lixiviam facilmente, atingindo o lençol freático e contaminando as águas subterrâneas. Ademais, a zona abrange 30% do aquífero Botucatu contido na área de estudo.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção da carta de unidades aquíferas da área de estudo, mostrou que os aquíferos com suas características intrínsecas, apresentam naturalmente diferentes níveis de vulnerabilidade à contaminação, os quais podem ou não estar comprometidos, dependendo unicamente dos tipos de usos e ocupações do solo, permitidos na subsuperfície do terreno. Ao comparar as análises realizadas entre as diretrizes previstas no Plano Diretor de 2005 e o Plano Diretor Estratégico vigente, verificou-se que o novo Plano possui diretrizes mais restritivas, porém para a Zona 9 seria necessário a aplicação de outros instrumentos, mais específicos capazes de gerenciá-la com mais rigor, posto que a dinâmica do meio rural também oferece risco de contaminação e depleção das águas subterrâneas.

As diretrizes existentes no Plano Diretor vigente consideram de forma superficial as características intrínsecas do meio físico, o que apesar de demonstrar avanço na elaboração do Plano Diretor, quando comprado ao anterior, ainda mostra-se deficiente no aspecto de interligar corretamente as necessidades do meio físico com as necessidades antrópicas; isto faz com que as zonas sejam apropriadas para uma região da cidade e impróprias para outras, por conta das características geoambientais de cada local. Assim, conclui-se que são necessários estudos que contemplem a análise do meio físico frente às fragilidades e potenciais dos territórios à ocupação antrópicas, seja urbana ou rural, para que as propostas de diretrizes de uso e ocupação do solo tornem-se gradativamente mais consistentes na representação holística do meio físico; possibilitando-se assim a conservação das unidades aquíferas, dos recursos superficiais, do solo e do subsolo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: 08/01/1997. Brasília, 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso: Março/2017.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**: São Carlos. Campinas-SP, 2015. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_549.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html). Acesso: Março/2017.

FAGUNDES, J. R. T. Estudo Integrado das Características Geológico-Geotécnicas com Vista à Avaliação de Recarga de Aquífero: Região de São Carlos-SP. **Tese** (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo. 397p. São Carlos, 2010.

GOMES, M. A. F. **Uso Agrícola das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil**: Implicações para a Água Subterrânea e Propostas de Gestão com Enfoque Agroambiental. Embrapa Informação Tecnológica. Distrito Federal, 2008.

MONTÃO, M.; FONTES, A. T. **Plano de Bacia do Córrego Jararaca** (São Carlos-SP): Diretrizes para a Ocupação do Território. Relatório Técnico. Fator Ambiental Consultoria e Treinamento LTDA. Volume I, 110p. São Carlos, 2008.

MURO, M. D. Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos-SP. São Carlos, 2000. **Dissertação** (Mestrado em Geotecnia) - EESC, USP.

PINTO, S. I. G. A Adoção da Abordagem de Empreendimentos para a Gestão Ambiental de Cidades: Estudo de Caso Bacia do Córrego Jararaca. **Monografia** (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2010.

PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos. **Plano Diretor Municipal**. Lei nº 13.691, de 25 de novembro de 2005. São Carlos-SP, 2005.

PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos. **Plano Diretor Estratégico** Lei nº 18.053, de 19 de dezembro de 2016. (Vigente desde 26/02/2017). São Carlos-SP, 2016. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-sao-carlos-sp>. Acesso em: Maio/2017.

SOUZA, L. C de. **Águas Subterrâneas e a Legislação Brasileira**. Editora: Juruá. 235p. Curitiba, 2009. ISBN: 978-85-362-2710-8.