

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO ATRAVÉS DE MÉTODOS MULTICRITERIAIS

Maria Carolina Triques⁽¹⁾

Graduanda do curso de Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental, Departamento de Ciências Ambientais, na Universidade Federal de São Carlos – campus sede (UFSCar).

Jacqueline Alves da Silva

Graduanda do curso de Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental, Departamento de Ciências Ambientais, na Universidade Federal de São Carlos – campus sede (UFSCar).

Luiz Eduardo Moschini

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Ambientais na Universidade Federal de São Carlos – campus sede, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar, Biólogo pelo Centro Universitário de Araraquara (UNIARA).

Endereço⁽¹⁾: Rodovia Washington Luís, km 235 – SP-310 – São Carlos – São Paulo - CEP: 13565-905 - Brasil - Tel: (16) 33519776 - email: mcatriques@gmail.com

RESUMO

Este trabalho objetiva identificar as áreas com maior potencial para a implementação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no município de Ibaté-SP, esclarecendo as possibilidades e propondo alternativas para o tomador de decisão. Foi elaborado um banco de dados georreferenciados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), contemplando aspectos físico, biológicos e socioeconômicos da área de estudo. Para reduzir o conjunto de alternativas e selecionar os melhores locais para a instalação da ETE foi utilizada a técnica de análise multicriterial, a partir da qual, usando-se como base as cartas temáticas de declividade, hidrográfica, afloramento de aquíferos e de usos e ocupação do solo, foi obtida a carta temática de áreas potenciais para a instalação da ETE, a qual atende aos critérios definidos: declividade $\leq 5\%$, distância mínima de 100m de corpos hídricos, distância $>600\text{m}$ de áreas urbanizadas, área mínima para a instalação de 1,91ha, não sendo estas áreas zonas de recarga de aquífero e sem a presença de cobertura vegetal natural. Os resultados apresentam que a instalação na área de estudo deveria realizar-se no entorno da zona urbana, nas regiões noroeste e sudeste. Conclui-se que o SIG e os métodos multicriteriais são fundamentais para auxiliar no planejamento urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Instalação de ETE, Análise Multicriterial, SIG

1. INTRODUÇÃO

Qualidade de vida e equilíbrio ecológico estão fortemente associados. Observando e sofrendo as consequências da falta de atenção a essa relação durante muitos anos, os seres humanos finalmente decidiram estabelecer metas, ações e métodos voltados para a conservação e melhoria das condições do meio ambiente em benefício da saúde, direito fundamental garantido na constituição federal, sendo fator intrínseco e determinante do sucesso do seu exercício o saneamento básico, o qual envolve, dentre outras coisas, a coleta e o tratamento do esgoto sanitário e o controle de doenças transmissíveis (DUARTE; ALMEIDA JUNIOR, 2007).

No entanto, ainda é grande o número de cidades brasileiras que não possuem instrumentos adequados para o saneamento básico, como Estações de Tratamento de Esgoto. Essa situação é o principal motivo da ocorrência e da propagação de doenças de veiculação hídrica, que são causadas pela presença de microrganismos patogênicos na água utilizada para diferentes usos. Dentre as enfermidades possíveis, podemos citar amebíase, giardíase, febre tifoide, hepatite infecciosa, cólera, esquistossomose, ascaridíase, teníase, entre outras que geram queda da qualidade de vida e pode levar à morte se não tratadas devidamente.

O município de Ibaté, no interior do estado de São Paulo, tem apenas 50% do esgoto tratado, sendo os bairros São Benedito, Popular, Nosso Teto, Encanto do Planalto, Jardim Esfer, Cruzado I e II e Jardim América a parcela da cidade que ainda não conta com este serviço. Por isso, os efluentes gerados são despejados *in natura* no Córrego Bela Vista, o que configura poluição e alteração da classe desse corpo hídrico, tornando suas águas impróprias para o consumo humano, dessedentação de animais, recreação, entre outros usos, além de causar desequilíbrio no ecossistema aquático, infringindo a Resolução CONAMA n° 357/2005 e colocando tanto a população ibateense quanto outros seres em risco de vida.

De acordo com o Artigo 3° da Resolução 430/11 do CONAMA:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Assim, para que as exigências de qualidade sejam atendidas e que a saúde das populações seja protegida, é preciso o tratamento adequado do esgoto urbano, visando a sustentabilidade. Dessa forma, a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na região em que estão localizados esses bairros faz-se imprescindível.

Contudo, deve-se considerar vários aspectos a fim de se obter um desempenho eficiente do empreendimento. É importante realizar um estudo de implantação para se escolher o local mais apto à instalação da ETE, a fim de não haver degradação do ambiente, como retirada de cobertura vegetal nativa e ciliar, contaminação de águas subterrâneas, retirada de solo para nivelamento, entre outros. Com esse intuito, devem ser analisados fatores como topografia da cidade, a distância em relação à área urbana (para a captação do esgoto e devido ao odor gerado) e em relação a um corpo receptor (para o lançamento do efluente tratado), respeitando a vegetação ripária, o tipo, o uso e a ocupação do solo, a profundidade do lençol freático e a viabilidade financeira, para evitar atrasos ou interrupção das obras (NASCIMENTO; FERREIRA, 2007).

Assim, foi realizado um diagnóstico a partir de uma pesquisa prévia sobre o município de Ibaté - SP. Com base nele, constatou-se que há alto grau de poluição no Córrego Bela Vista, recurso hídrico urbano, devido a despejo de esgoto doméstico e industrial *in natura*. Essa situação se deve ao fato de que não há Estação de Tratamento de Esgoto no município. Porém, para implantar uma ETE é necessário analisar e mapear os melhores locais para receber tal empreendimento, respeitando restrições de cunho habitacional, ecológico e legislativo.

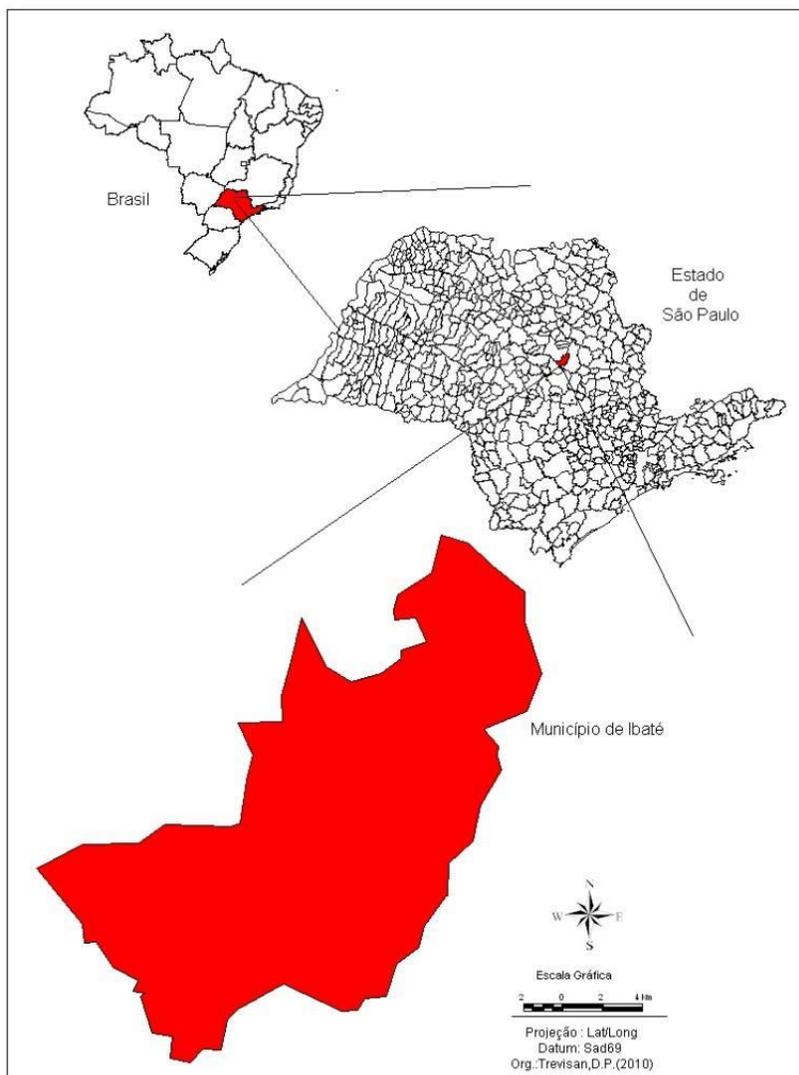
2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo identificar os melhores sítios para a implantação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que visa tratar adequadamente os efluentes industriais e domésticos da área de estudo definida, o município de Ibaté - SP, mais especificamente seus bairros que ainda não apresentam tratamento dos seus efluentes. Assim, pretendemos possibilitar a despoluição os corpos hídricos a fim de gerar o bem-estar e a saúde de qualidade para a população através do saneamento básico adequado, evitando maior comprometimento ambiental e social.

3. METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Ibaté localiza-se na região Administrativa Central do Estado de São Paulo (ICG, 2010), e na Região de Governo de São Carlos (SEADE, 2014), nas coordenadas 21° 57' 17" de latitude sul e 47° 59' 51" de longitude oeste, ocupando uma área de aproximadamente 290,663 km² (CENSO, 2010) e tem por limites os municípios de São Carlos, Araraquara e Ribeirão Bonito.

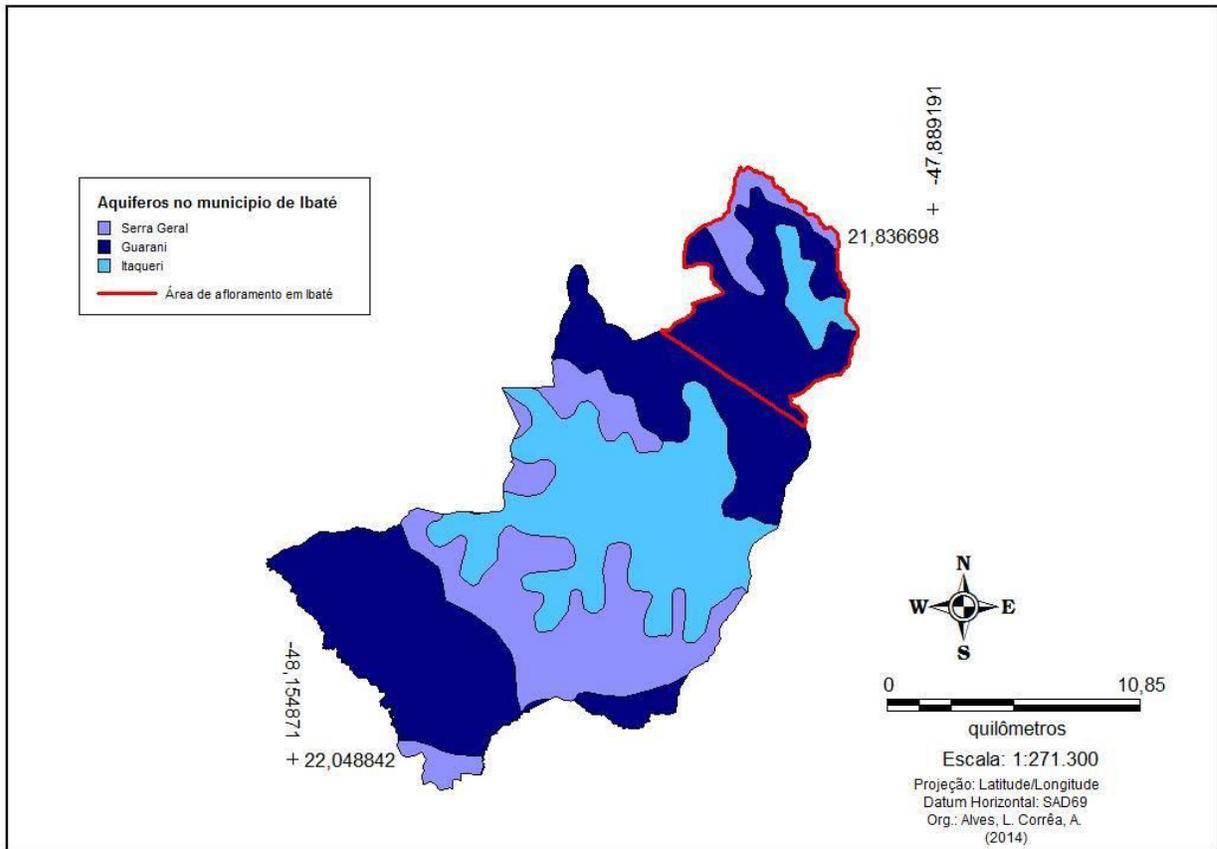


Fonte: Trevisan, D. P. (2010)

A cidade conta com uma população de 31.951 habitantes e densidade demográfica de 109,93 habitantes por km² (SEADE, 2014), dos quais 6.844 fazem parte da massa empregada dividida nos três setores econômicos, com renda *per capita* de 511,08 reais (IBGE, 2010). Possui como base de sua economia a produção agrícola de insumos, com enfoque na produção sucroalcooleira, e significativa produção pecuária de bovinos e aves. Seus setores secundários e terciários ainda estão em desenvolvimento, por isso não têm grande destaque econômico.

De acordo com o Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH) a região de Ibaté está inserida na bacia Tiete-Jacaré, na região central do Estado de São Paulo. Essa bacia abrange um total de 34 municípios em uma área estimada de 11.800 km² desde 30/12/1991.

Segundo a CETESB, o município está inserido em região de recarga do aquífero, possuindo 45% da sua área no afloramento do Aquífero Guarani.



Fonte: Alves, L. ; Corrêa, A. (2014)

Dessa forma, o tipo de tratamento utilizado na ETE não poderá ser de lagoas profundas, a fim de evitar o risco de contaminação dessas reservas subterrâneas de água pelos líquidos e sólidos da estação. Portanto, será utilizado o tratamento por Lagoa Aerada de Mistura Completa juntamente com Lagoa de Decantação.

3.2. ANÁLISE

A metodologia proposta baseia-se na seleção dos melhores sítios por meio da Análise Multicritério em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os dados foram inseridos e analisados através do MapInfo e do ArcGIS. A Análise multicriterial é uma técnica quali-quantitativa que permite a tomada de decisão devido à possibilidade de incorporar a análise de outros critérios, além dos que atendem aos objetivos econômicos, como critérios sociais e ambientais, esclarecendo as alternativas para o tomador de decisão.

O estudo realizado por Alves (2003) foi usado como referência para a definição dos critérios, devido a falta de literatura referente à diretrizes de Implantação de ETE e poucos estudos realizados nessa área, sendo os critérios escolhidos para este trabalho:

- Declividade
- Malha Urbana
- Hidrografia
- Área necessária para a implantação da ETE
- Solo exposto
- Afloramento de aquíferos

Após a escolha dos critérios, definiu-se restrições com base no estudo de Alves (2003) gerou-se a matriz de critérios para análise dos dados em SIG:

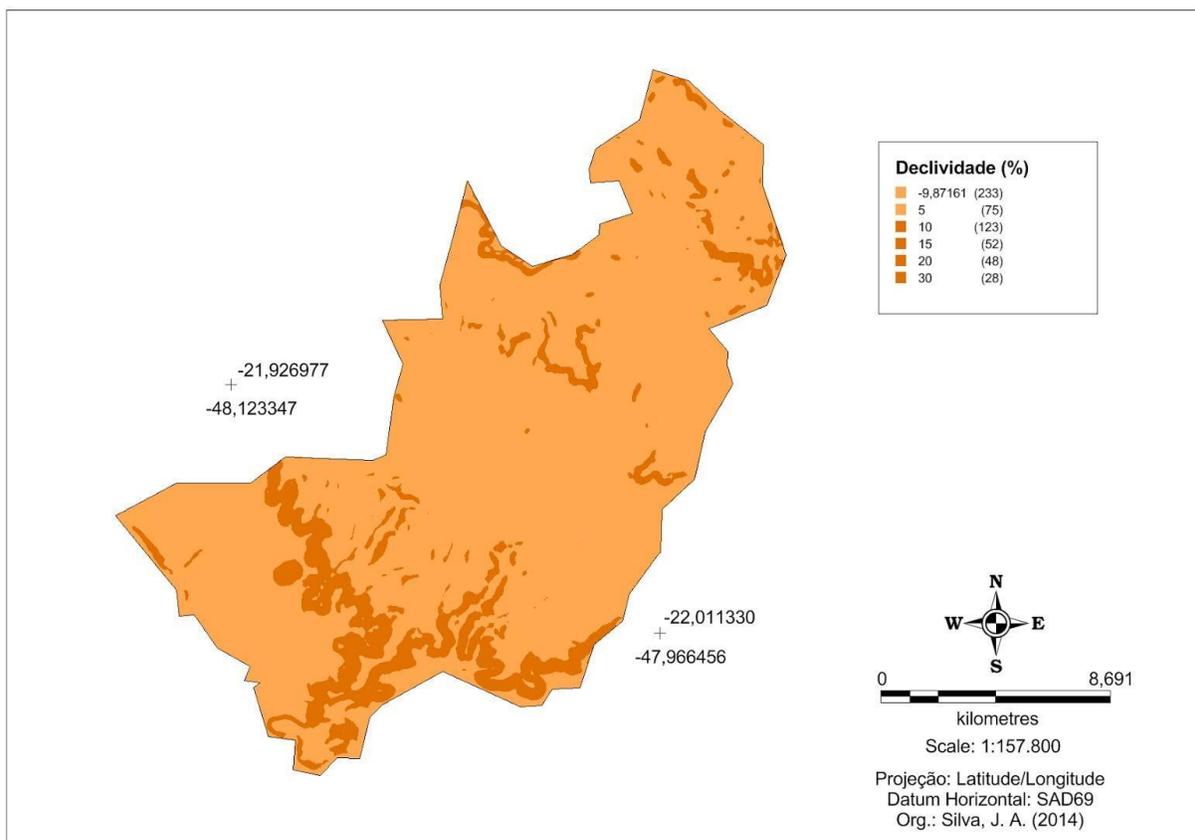
	Declividade	Distância de Corpos Hídricos	Distância da Malha Urbana	Área Necessária à Instalação	Uso Ocupação do Solo	Área de Aquíferos
Declividade	<5%	-	-	<5%	-	-
Distância de Corpos Hídricos	-	100m	-	100m	-	-
Distância da Malha Urbana	-	-	600m	600m	-	-
Área Necessária à Instalação	-	-	-	>=1,91ha	-	-
Uso e Ocupação do Solo	-	-	-	-	Solo Exposto	-
Área de Aquíferos	-	-	-	-	-	Afloramento

Registrou-se as cartas topográficas do município de Ibaté no software Mapinfo Professional Version 11.0, a partir das folhas topográficas de Araraquara, Ibaté Ribeirão Bonito, e, São Carlos em escala 1:50000, do ano de 1971, disponíveis no portal virtual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por meio do MapInfo, pode-se digitalizar a hidrografia do municípios, gerando o Mapa da Hidrografia; identificar aspectos de uso e ocupação do solo (Mapa do Uso e Ocupação do Solo), e com os dados disponibilizados pelo IBGE sobre setores do município o Mapa por Setores de Ibaté.

Para gerar e sobrepor os layers de cada critério foram usados os softwares ArcGIS e MapInfo. Para a Declividade, usou-se a função *slope* do ArcGIS, e posteriormente exportado para o MapInfo para criação do mapa temático. Adistância dos corpo hídricos, foi gerada usando a função *distance* software ArcGIS, e posteriormente exportado para o software MapInfo para criação do mapa temático. Já a Malha Urbana foi gerada com o software MapInfo, com a função *buffer*.

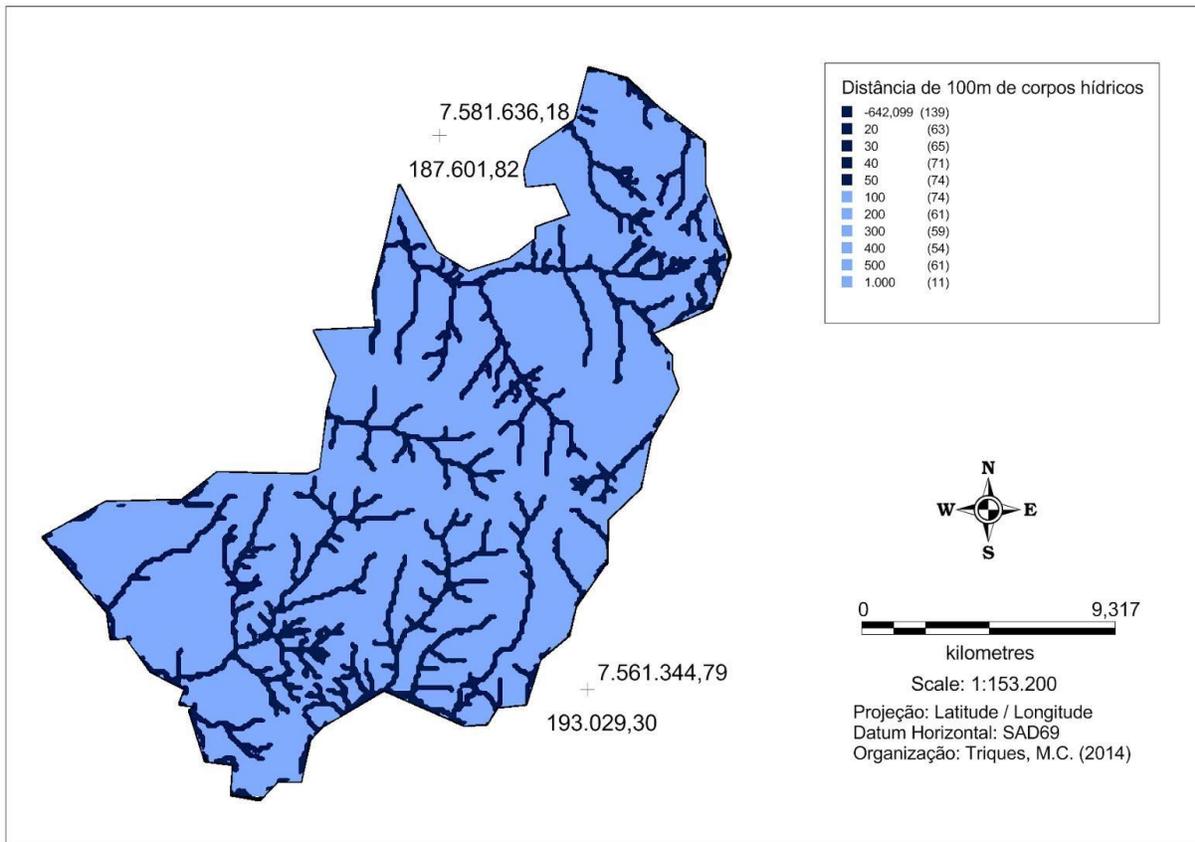
4. RESULTADOS

4.1. MAPA DE DECLIVIDADE



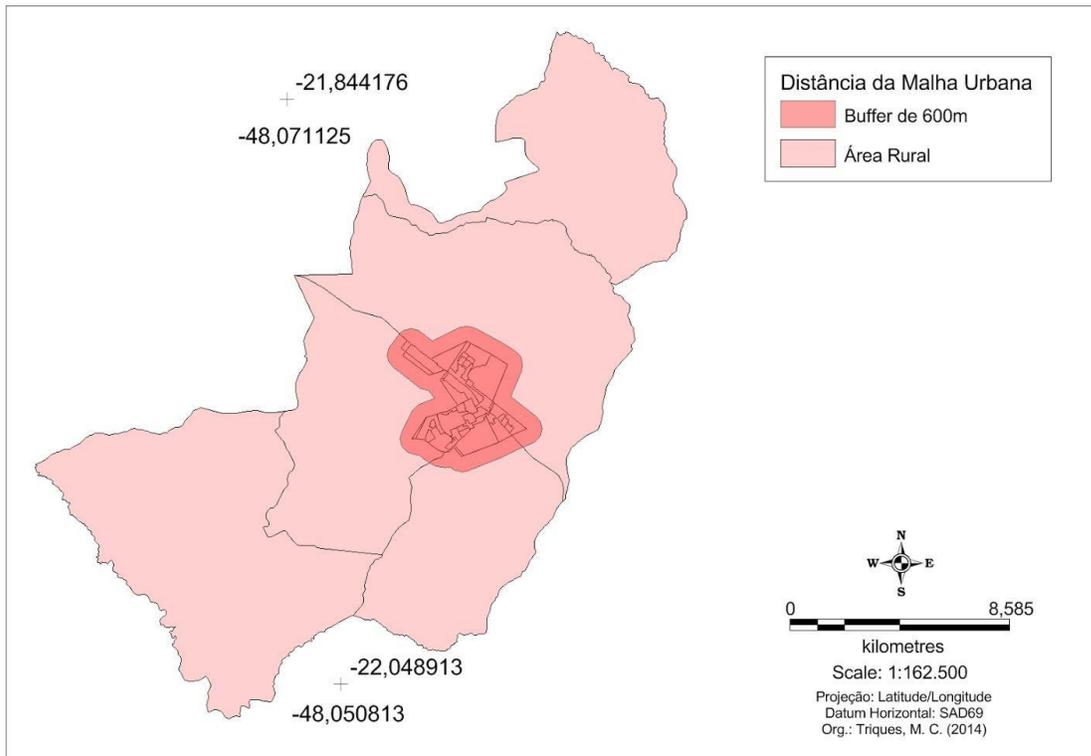
A declividade estabelecida como ideal foi de até 5%. As regiões em tom escuro representam as áreas onde não deve ocorrer a instalação da ETE, pois possuem declividade superior ao estabelecido (>5%). As regiões em tons claros, representando maior área do mapa, estão dentro do critério estabelecido sendo aptas à instalação.

4.2. MAPA DE DISTÂNCIA DE CORPOS HÍDRICOS



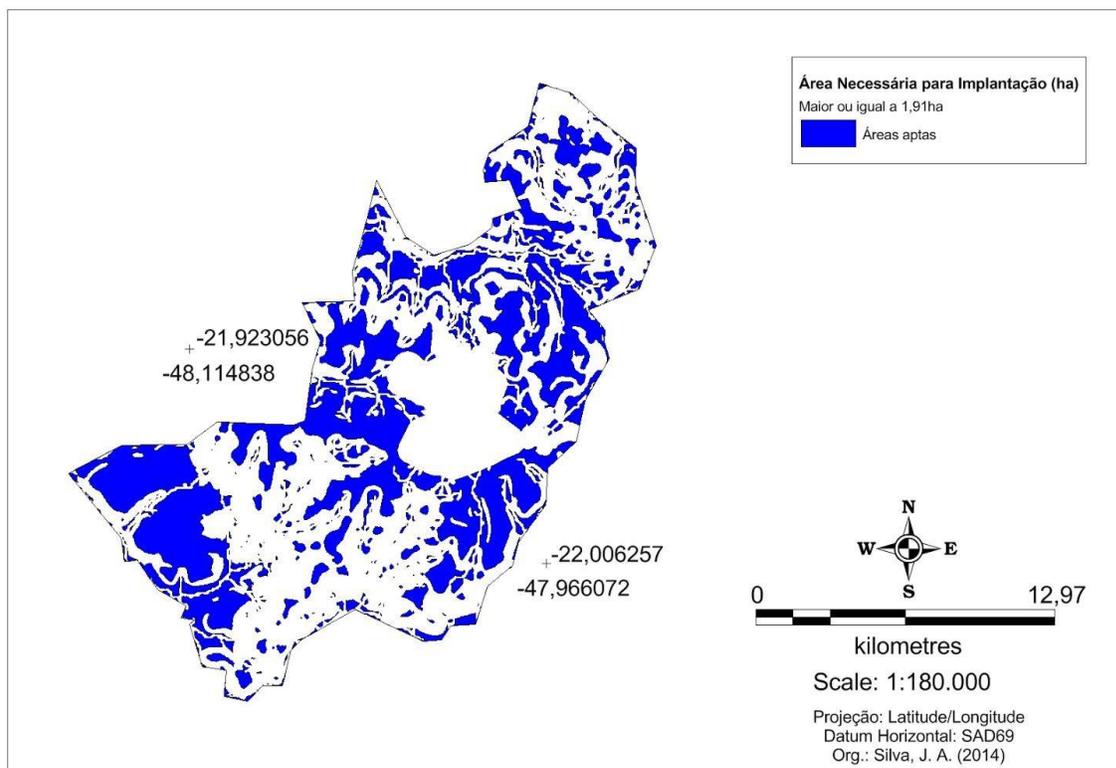
Na figura, usou-se a hidrografia gerada na fase de grupos, o limite do município de Ibaté e o critério de distância de corpos hídricos. As áreas em azul escuro representam distâncias menores do que 100m, onde não deve haver instalações, além da rede de despejo do efluente tratado. Já as áreas em azul mais claro representam os locais aptos à implantação, ou seja, de distância igual ou superior a 100m, considerando-se apenas o critério usado.

4.3. MAPA DE DISTÂNCIA DA MALHA URBANA



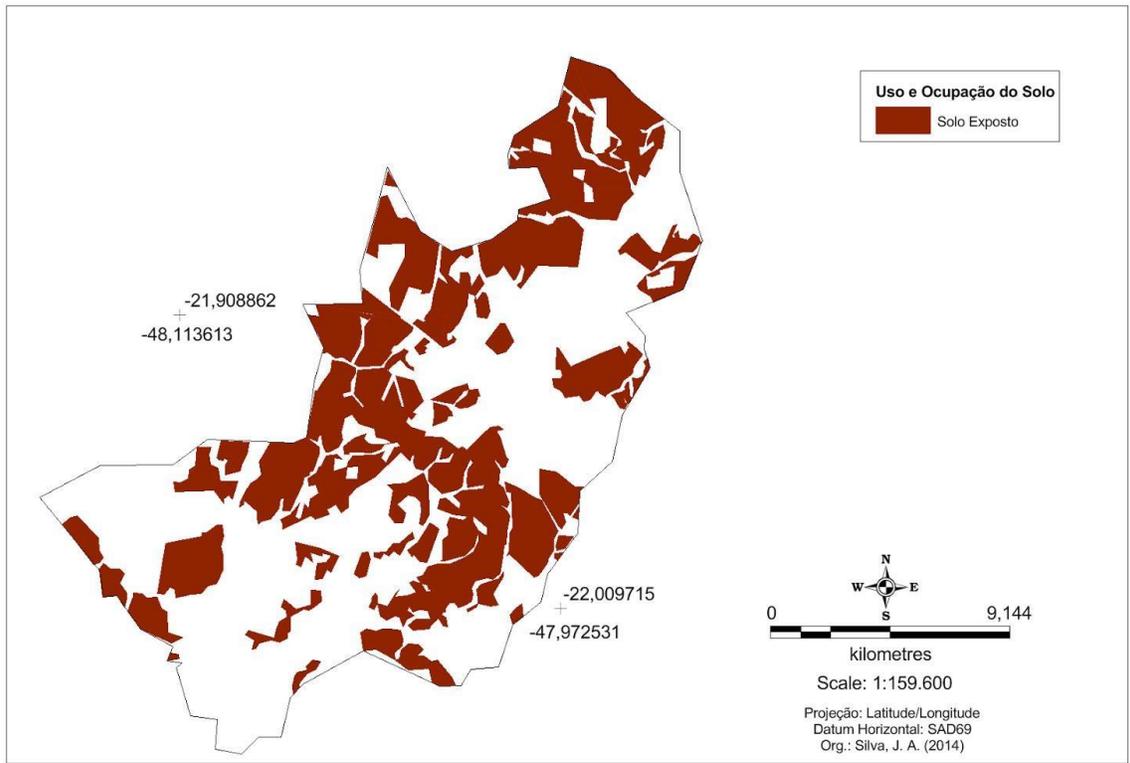
Esse mapa foi criado a partir do Mapa por Setores de Ibaté, contendo o buffer de 600m entorno da área urbana (tom escuro). Neste mapa, as áreas aptas à instalação estão em tom claro, predominando em maioria.

4.4. MAPA DA ÁREA NECESSÁRIA À IMPLANTAÇÃO



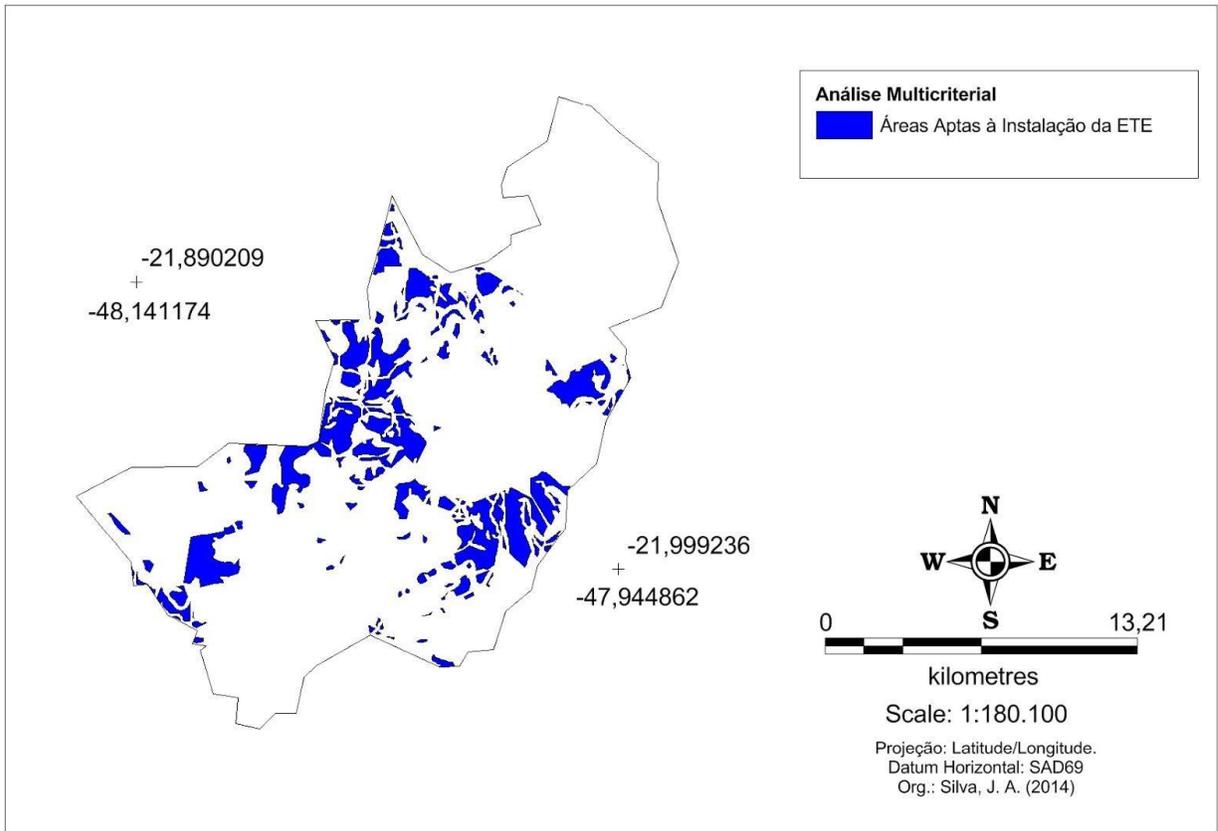
Este mapa foi criado a partir do critério de área necessária à instalação de uma Lagoa Aerada de Mistura Completa (no mínimo 1,91 ha), utilizando também os critérios de Distância da Malha Urbana, Declividade e Distância dos Corpos Hídricos.

4.5. MAPA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO – SOLOS EXPOSTOS



A partir do mapa de Uso e Ocupação do Solo, foi gerado somente áreas com solo exposto. Tal critério foi adotado afim de utilizar as áreas que não possuem vegetação e que não estejam em uso.

4.6. MAPA DAS ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO



A figura apresenta o resultado da análise multicriterial e da sobreposição dos mapas criados na Análise Prévia.

As áreas em azul atendem a todos os requisitos escolhidos para a implantação da ETE, ou seja, apresentam declividade menor que 5%, estão a uma distância de 100m ou mais dos corpos hídricos e 600m distantes da área urbana, além de terem extensão maior ou igual a 1,91 ha e de não apresentarem cobertura vegetal, sendo solo exposto.

Assim, são os locais indicados para a Instalação da Estação de Tratamento de Esgoto no município de Ibaté.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com base nas análises, observa-se que a maioria sítios no município de Ibaté - SP aptos a receber a Estação de Tratamento se localizam entorno da zona urbana, nas regiões noroeste e sudeste da área de estudo, respeitando todos os critérios estabelecidos.

Com esta pesquisa foi possível atingir o objetivo proposto de identificar as melhores áreas para a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto, instrumento fundamental para o controle de doenças de veiculação hídrica e para a manutenção do equilíbrio de ecossistemas aquáticos. Além disso, pode-se comprovar que o uso do SIG e da análise de multicritérios são fundamentais para o auxílio na tomada de decisão sobre o planejamento urbano.

Porém, faz-se necessário a elaboração de normas e diretrizes para padronizar a criação das ETEs a fim de que possamos realmente ter uma maior qualidade ambiental e conseqüentemente um bem-estar humano digno.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, F. V. **Seleção de Sítio e Tecnologia para Estação de Tratamento de Esgoto por meio de SIG e Métodos Multicriteriais. Estudo de Caso: Paulínia – SP.** 2003. 200 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
2. BOAS, C. L. V. **Análise da Aplicação de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD) na Gestão de Recursos Hídricos.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/go/Analise%20da%20Aplicacao%20de%20Metodos%20Multicriterios%20de%20Apoio%20a%20Decisao%20na%20Gestao%20de%20Recursos%20Hidricos.pdf>> Acesso em: Junho, 2014.
3. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução, n. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: Julho, 2014.
4. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução, n. 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>> Acesso em: Julho, 2014.
5. SÃO PAULO (Estado). CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aquífero Guarani.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-?gua-Subterr?nea/63-Guarani>> Acesso em: Junho, 2014.
6. DUARTE, N.S.; ALMEIDA JUNIOR, V. de A. **Saúde, meio ambiente e saneamento: Agenda 21 local em face do desenvolvimento sustentável municipal.** 2007. Disponível em <http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/nivia_sarmento_duarte.pdf> Acesso em: Maio, 2014.
7. FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: **XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR.** 2013. Foz do Iguaçu, Paraná. Anais...Paraná: INPE, 2013. p. 3366-3373. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0913.pdf>> Acesso em: Junho, 2014.
8. NASCIMENTO, M. S. F. ; Ferreira, O. M. **Tratamento de Esgoto Urbano: Comparação de Custos e Avaliação da Eficiência.** 2007. Disponível em <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/TRATAMENTO%20DE%20ESGOTO%20URBANO%20-%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20DE%20CUSTOS%20E%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20DA%20EFICI%C3%84NCIA.pdf>> Acesso em: Maio, 2014.
9. SÃO PAULO (Estado). DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Saneamento Básico.** Disponível em <http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=76%3Aapoio-ao-municipio&catid=46%3Aapoio-ao-municipio&Itemid=30> Acesso em: Maio, 2014.
10. ROSSONI, C. F. **Decisão Multicriterial** - Uma pesquisa experimental para avaliação da percepção dos gestores MPE acerca do modelo de tomada de decisão multicritério T- ODA quanto à sua aplicabilidade. 2011. 241 p. Tese (Mestrado em Administração) - Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, 2011. Disponível em: <http://www.faccamp.br/madm/Documentos/producao_discente/2011/02fevereiro/ClaudioFariasRossoni/dissertaCAO.pdf> Acesso em: Junho, 2014.