

Análise dos reflexos do uso da terra na Fragilidade Ambiental através de técnicas de geoprocessamento aplicadas ao Município de Arujá-SP

Bruna Daniele de Carvalho Gimenez Torresani ¹

Fabício Bau Dalmas ¹

Anderson Targino da Silva Ferreira¹

Fabiola Menezes Santos²

William de Queiroz ¹

¹ Universidade Guarulhos – UNG

Praça Tereza Cristina, 229 – Centro, Guarulhos – SP, CEP 07023-070

brunared.gimenez@gmail.com; fdalmas@prof.ung.br; andersontsferreira@gmail.com;
wqueiroz@ung.br

² Universidade de São Paulo – USP/IGc

Rua do Lago, 562 - Cidade Universitária – SP, CEP 05506-060

fabiolamenezesantos@hotmail.com

Abstract. The city of Arujá is located northeast of the São Paulo Metropolitan Region and at Green Belt Biosphere Reserve, between the Cantareira and Itapeti saws, along the Presidente Dutra highway and riverbanks of the Baquirivu Guaçu and Jaguari. The study region presents a very visible environmental preservation, being considered one of the "lungs" of green area in the State and in the Metropolitan Region of São Paulo. As of the natural resources, using best available and eco-efficient technologies the city have, for example, a system of selective garbage collection considered the best in the High Tietê Region. As it is an area that is in great urban expansion and is significant for all state, it is necessary to carry out a study of anthropic transformations through the application of geoprocessing techniques. The objective of this work is the establishment of the Potential Fragility (FP) and Emergent Fragility (FE), based on geoprocessing techniques, with the purpose of promoting environmental planning and territorial management actions appropriate to the municipality of Arujá. The analysis highlight that the intense urban expansion in the study area can achieve the northern and west regions of the city, affecting the maintenance of environmental quality and, consequently, ecosystem services, this fundamental human existence.

Palavras-chave: environmental fragility, remote sensing, geoprocessing, fragilidade ambiental, sensoriamento remoto, técnicas de geoprocessamento.

1. Introdução

Os grandes centros urbanos modernos, em alguns casos, apresentam crescimento desordenado, proporcionando em uma maior escala, a degradação e a poluição ambiental. Diante desse desequilíbrio ambiental, verificam-se impactos significativos, que comprometem a qualidade ambiental, de maneira mais destacada em grandes centros urbanos (OLIVEIRA, 1996).

De acordo com a Prefeitura de Arujá – PMA (2015), o município apresenta uma preservação ambiental bastante visível, sendo considerado um dos "pulmões" de área verde no Estado e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Como prática preservacionista, o município possui, por exemplo, um sistema de coleta seletiva de lixo desenvolvido, considerado o melhor da Região do Alto Tietê.

Justamente estas características ambientais positivas que tornam Arujá uma importante área para ser analisada sob as óticas das Fragilidades, para se conhecer, através da aplicação de uma Análise Ambiental, a existência de áreas que devem ou não serem demandadas maiores esforços ambientais para que esse município mantenha o *status* de extrema importância ambiental na RMSP.

Diante disso, Carrijo (2005) cita que deve-se ampliar a base de informações buscando técnicas e instrumentos que reduzam custos e tempo para o reconhecimento de pontos vulneráveis.

Tais pontos podem ser monitorados através de importantes ferramentas como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pois elas permitem analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra e associar essas transformações às condições físicas do meio e à qualidade de vida das populações locais (LORENA et al., 2001).

Para Ross (1995), os produtos de síntese no território geográfico e seus conteúdos devem abordar áreas multitemáticas, das disciplinas especializadas. Tendo em vista a variedade de termos, e tais temáticas, optou-se para a presente pesquisa as Unidades de Fragilidades Ambientais como produto de síntese, através da ressaltada do autor, sendo os ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes que definem precisamente as diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial. Além disso, o presente trabalho baseou-se também nos conceitos de Unidades Ecodinâmicas recomendadas por Tricart (1977), na qual, está associada à dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente.

Sendo assim, Ross (1990; 1994; 2012) e Santos (2015) definem as Unidades Ecodinâmicas Estáveis como aquelas que “estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em seu estado natural”. Já as Unidades Ecodinâmicas Instáveis são “aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e prática de atividades econômicas diversas”. O autor determinou ainda, subcategorias, sendo elas Instabilidade Emergente para as Ecodinâmicas Instáveis, classificadas de muito fraca a muito forte e Instabilidade Potencial para as Ecodinâmicas Estáveis, classificadas em termos qualitativos.

Assim, neste trabalho foram elaboradas cartas de Fragilidade Potencial (FP) e Fragilidade Emergente (FE), a partir de técnicas de geoprocessamento, com a finalidade de promover o planejamento ambiental e ações de gestão territorial adequadas ao município de Arujá.

2. Metodologia de Trabalho

Arujá está inserido na RMSB e na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde – RBCV (Figura 1). Possui como coordenadas latitude 23° 23' 46"S e longitude: 46° 19' 15"W, tem 775m de altitude e sua área territorial aproximada é de 97,7 Km².

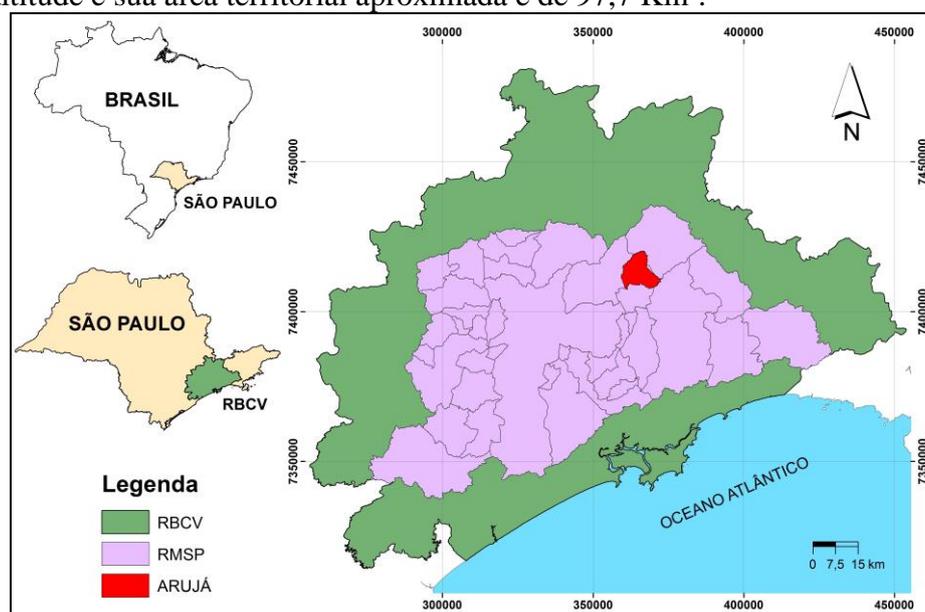


Figura 1. Localização do Município de Arujá na RMSB e RBCV (Fonte: elaboração própria).

Quanto à metodologia do trabalho, foi realizada uma busca de informações quanto à área abordada e os temas relacionados. O banco de dados espaciais em formato digital foi desenvolvido através de técnicas de geoprocessamento que envolvem a integração e compatibilização de dados de diferentes naturezas, fontes, escalas, datas e formatos. O banco está composto por uma base cartográfica, fotos aéreas e outros planos de informações temáticas, sistematizados em ambientes de sistema de informações geográficas (ArcGIS e QGis).

Os materiais utilizados para a realização do presente trabalho pôde contar com o Plano de informação dos mapeamentos da RBCV produzido por Oliveira et al. (2009), escala 1:100.000, em formato vetorial disponível no laboratório de geoprocessamento do curso de mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos; Imagens do satélite Landsat-8; Imagens aéreas disponibilizadas pela EMPLASA com resolução de 45cm; Aplicativos de sistema de informações geográficas Quantun Gis - versão 2.8.1 (SHERMAN et al., 2015), padrão de licença livre e ArcGIS (ESRI, 2011).

2.1 Mapa de uso da terra

O mapeamento de uso da terra foi elaborado através da fotointerpretação dos aspectos visuais dos objetos que foram identificados e reconhecidos considerando como parâmetros: cor, textura, geometria (forma), tamanho, orientação e distribuição espacial. A segunda etapa corresponde ao mapeamento através dos *layers* sobre o banco de dados digital foi feito através do *software* ArcGIS. Conforme critérios apontados por Tominaga et al. (2005), as áreas urbanas foram analisadas em seu nível de consolidação. Através das atividades anteriores de o mapeamento de uso da terra se deu pela classificação dos equipamentos particulares sendo elaborado as cinco classes: área urbana – áreas residenciais, equipamentos particulares (galpões, indústrias, mercados) e públicos (praça, escola, posto de saúde); ocupação residencial com alta densidade, consolidada, desordenada (periferia) ou ordenada (loteamento popular), com grau de impermeabilização do solo alto; ocupações residenciais de baixa densidade, consolidada e ordenada (chácaras), com grau de impermeabilização do solo baixo; vegetação arbórea – presença marcante de árvores, incluindo fragmentos de mata atlântica, reflorestamento ou silvicultura de eucalipto ou pinus, mata aberta com árvores remanescentes de floresta; vegetação arbustiva/herbácea – vegetação rasteira plantada (agricultura de hortaliças e outros), vegetação rasteira de campo (pasto incluindo fragmentos arbustivos); corpos d'água – represamento de curso d'água ou açude; solo exposto – áreas degradadas abandonadas.

2.3 Mapas de fragilidades potencial e emergente

O princípio que rege a elaboração dos mapas de fragilidade ambiental é a definição de diferentes níveis de fragilidades de ambientes naturais, que sofreram ou não alguma modificação por atividade antrópica (ROSS, 1994). O mapeamento da fragilidade ambiental pode ser dividido em: fragilidade potencial, que no caso desta pesquisa, tem a finalidade de apresentar a predisposição do ambiente aos fatores geomorfologia, litologia, pedologia e declividade do terreno em relação à suscetibilidade natural do terreno à inundação das áreas mais rebaixadas e possibilidade de movimentos de massa (KLAIS et al., 2012); já o mapa de fragilidade emergente apresenta as áreas associadas a ambientes instáveis, cujas intervenções antropogênicas modificaram intensamente o ambiente natural (SANTOS, 2005).

A metodologia adotada segue as propostas de Ross (1994), adaptada por Santos (2015), resultando em uma análise para ambientes urbanos. Para o mapa de fragilidade potencial (Figura 3) a base de dados utilizada foi o mapa geológico, geomorfológico, pedológico e de declividade (arquivo vetorial de curvas de nível). O mapa de fragilidade emergente foi

elaborado a partir da combinação entre o mapa de fragilidade potencial com o mapa de uso e da terra de Arujá, referente ao ano 2015.

A etapa da aplicação das técnicas de geoprocessamento se iniciou com a atribuição de pesos a cada classe dos mapas temáticos de declividade, geologia, geomorfologia e uso da terra. Após a atribuição dos pesos, todos os critérios (mapas temáticos) foram padronizados na extensão *Fuzzy Overlay* do programa ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2011), numa escala em byte, entre zero e um. A análise multicritérios aplicada foi realizada na extensão *Weighted Sum* do programa ArcGIS, versão 10 (ESRI, 2011). Os pesos atribuídos aos mapas temáticos podem ser visualizados.

3. Resultados e Discussão

3.1 Mapa do Uso da terra

O Mapa de uso da terra é um fator importante, pois representa o fator antrópico que é o grande responsável pelas alterações originais da paisagem natural. De acordo com PMA (2012), o Município de Arujá possui área de 97,7km², sendo 39,24% desta área são compostos pela Mata Atlântica, em 2012.

Na Figura 2 estão apresentadas as classes de uso da terra da região de estudo. Quanto à área de cada classe, em 2015, destacam-se de vegetação arbórea e rasteira, com 33,78% e 33,82% da área do município, respectivamente. Já a área urbana encontra-se com 21,81%.

Em relação à variação dos anos, a cobertura vegetal, em geral, apresenta ao norte do município em sua maior parte a grande concentração da vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, na qual, em sua composição mostra algumas atividades agrícolas.

A análise do mapa de uso da terra mostra claramente o alto nível de consolidação urbana nas porções centro e sul do município, pois é onde encontra-se a principal rodovia que liga um lado do município ao outro.

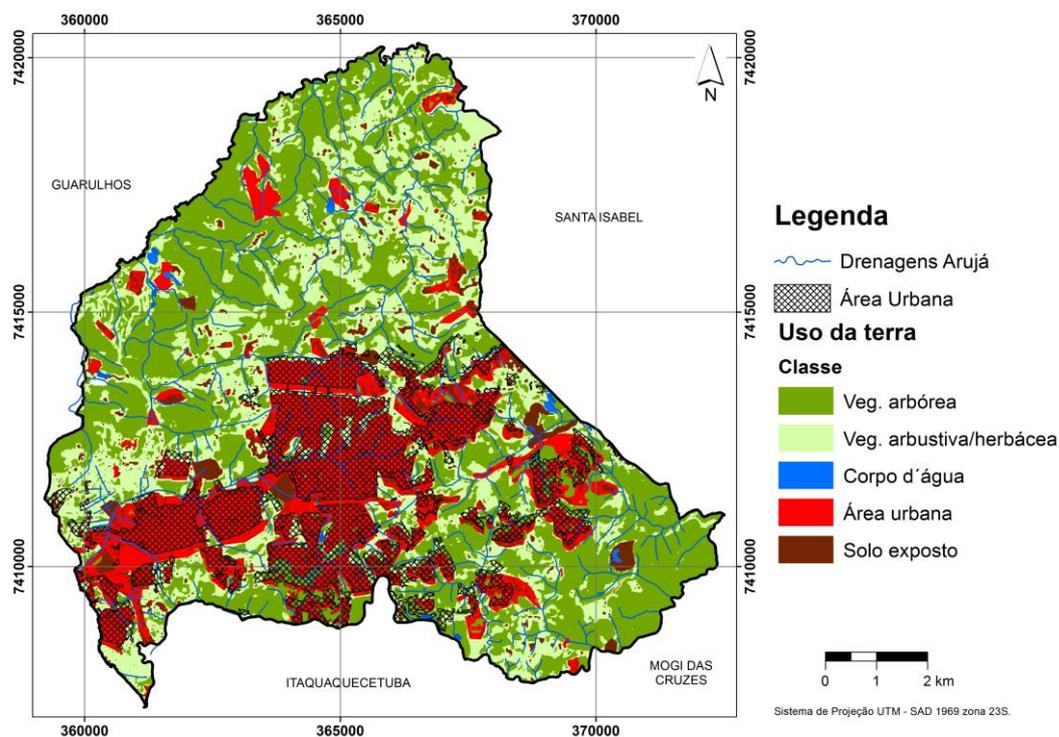


Figura 2. Mapa do uso da terra.

3.4 Análise das Fragilidades Potencial e Emergente

Pode-se visualizar no mapa de Fragilidade Potencial do Município de Arujá (Figura 3) que 55,81 km² do território (57,13% da área total) estão compreendidos em áreas de muito baixa e baixa fragilidade. Tais regiões estão inseridas onde há evidências de cobertura

arbórea, sendo esta, de grande importância no auxílio da manutenção da paisagem. Viezzer et al. (2016) concluem em seu estudo que tal manutenção é proporcionada através do conforto térmico, diminuição da temperatura, sombra, redução da poluição, bem-estar e beleza estética.

O mapa de FP apresenta também que as áreas de muito baixa e baixa fragilidades estão inseridas onde há declividade de 0-20%, entretanto as mesmas estão localizadas onde há predominância de áreas urbanas consolidadas, obtendo assim, áreas com diferentes graus de instabilidade. Havendo uma relação direta entre valores elevados de declividade e valores elevados de fragilidade, conforme relatam Tagliani (2003), Massa e Ross (2012) e Ribeiro (2016).

A classe de média fragilidade apresenta 19,75% da área do município, na qual, o mapa geológico foi o que teve maior contribuição, evidenciando as classes Aluvião, Terciário e Metapelito.

O mapa de FP apresenta também as classes de alta fragilidade em 17,98% e muito alta em 5,14%. A FP corroborou com áreas que se enquadram na classe de fragilidade muito alta, onde ocorre influência direta do fator declividade e geomorfológico, mais evidente nas classes de alta declividade e de morro alto, onde algumas se encontram em regiões urbanas não consolidadas, como no caso da porção sudeste do município.

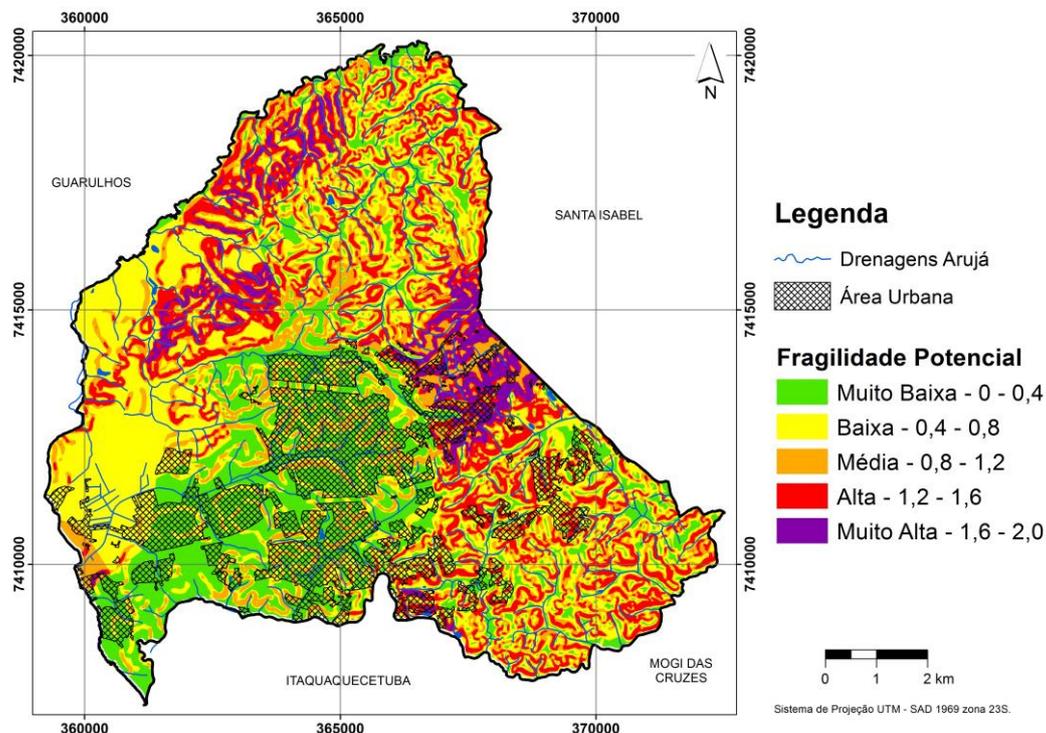


Figura 3. Mapa de Fragilidade Potencial.

Por conta dos diferentes usos da terra, os diferentes tipos e níveis de impacto são gerados de modo que evidenciam a maior ocupação urbana com a ausência de cobertura arbórea (RIBEIRO, 2016). Tal evidência se reflete em áreas menos preservadas, levando em consideração a região com alto adensamento antrópico, considerada mais impactada. Tais análises foram adaptadas e essenciais como um importante instrumento de avaliação do meio físico-natural, considerando as transformações urbanas, conforme apresentam Santos e Ross (2012).

Diante disso, o mapa de Fragilidade Emergente (Figura 4) apresenta regiões com intenso adensamento urbano, como na porção central e leste do município, onde a fragilidade mostra-se instável.

Portanto, 54,57 km² da área do Município de Arujá (55,86% da área total) estão compreendidas entre áreas muito baixa a baixa fragilidade, apresentando uma concentração da

cobertura arbórea e vegetação herbácea, respectivamente; as áreas com fragilidade média apresentam-se em 33,79% da área do município; a região sudeste por se tratar de uma região próxima a Rodovia Presidente Dutra apresenta alta fragilidade em 8,38%; e as regiões que apresentam fragilidade muito alta em 1,97%, são aquelas concentradas na borda leste, onde se encontram de um lado a via que liga os municípios de Arujá e Santa Isabel e do outro as Rodovias Presidente Dutra e Mogi-Dutra.

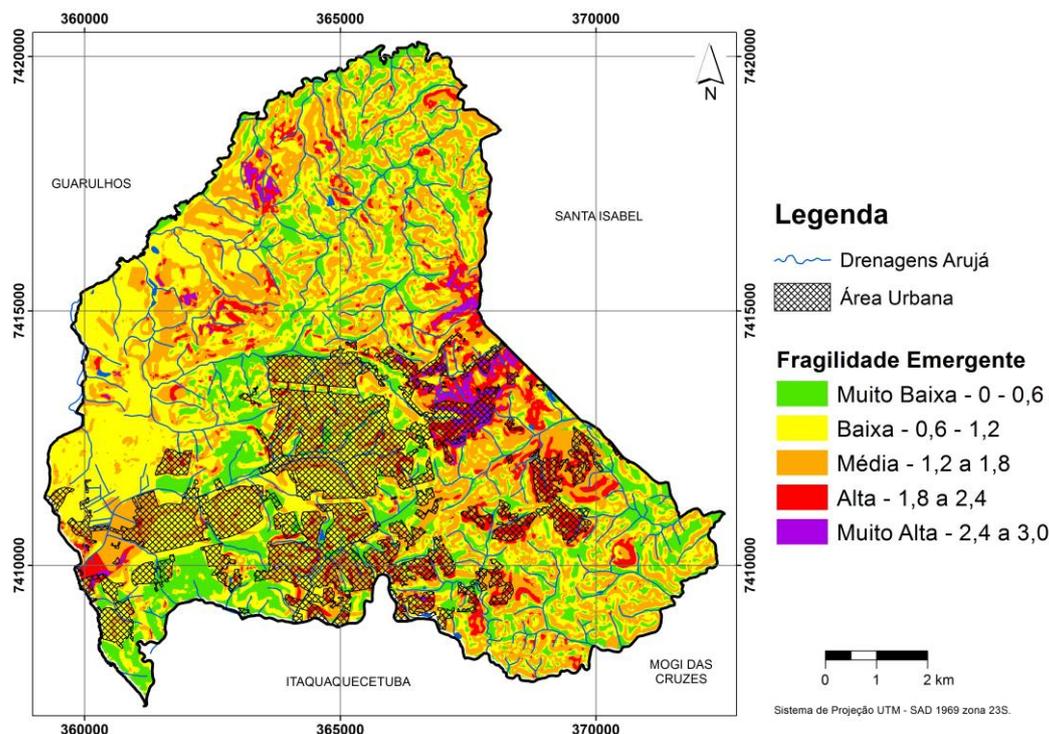


Figura 4. Mapa de Fragilidade Emergente.

A relação entre os dois mapas de fragilidades (FP e FE) pode ser visualizada na Tabela 1 e no gráfico da Figura 5.

Tabela 1. Relação entre as unidades de Fragilidade Potencial e Emergente

NÍVEIS DE FRAGILIDADE	FP%	FE%
Muito Baixa	24,11	16,49
Baixa	33,02	39,37
Média	19,75	33,79
Alta	17,98	8,38
Muito Alta	5,14	1,97
Total	100	100

A Tabela 1 enfatiza que a FP apresenta maiores áreas de fragilidades muito baixa, alta e muito alta, em relação ao mapa de FE por conta do fator declividade estar associada a ambos os casos, influenciando diretamente a instabilidade das fragilidades refletidas com o adensamento urbano, podendo ser observado também na Figura 5.

Relação das Fragilidades %

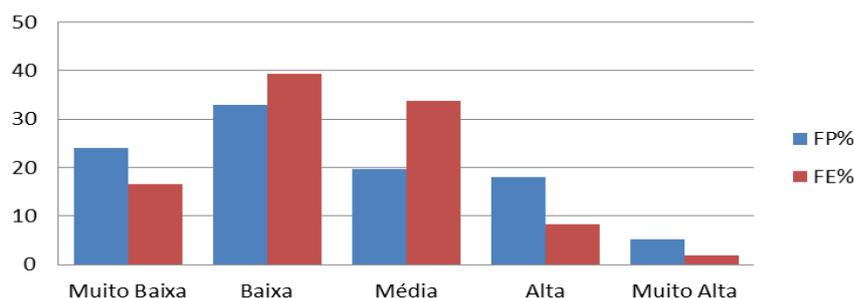


Figura 5. Gráfico da correlação entre as áreas de FP e FE.

Na Figura 5, apresenta que na análise da FE, as maiores áreas em destaque foram as classes baixa e média em relação a FP, na qual, quando ocorre o cruzamento das informações da concentração antrópica nestas classes, as regiões apresentam uma distribuição maior e mesclada.

4. Conclusões

A base geoambiental apresentou que a região de estudo necessita de uma análise aprofundada quando se trata de qualidade ambiental, pois, é evidente que suas regiões Centro, Sul, Sudeste e Leste apresentaram um adensamento antrópico alarmante, fazendo com que a ocupação territorial expanda para as regiões norte e oeste, comprometendo a manutenção da qualidade ambiental.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de mestrado.

Referências

Carrijo, M. G. G. **Vulnerabilidade ambiental**: o caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Desktop: Release 10**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2011.

Klais, T. B. A.; Dalmas, F. B.; Moraes, R. P.; Atique, G.; Lastoria, G.; Paranhos-Filho, A. C. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 277-290, 2012.

Lorena, R. B.; Santos, J. R.; Shimabukuro, Y. E.; Sant'Anna, H. M.; Sant'Anna, H. S. S.; Menezes, R. S. Dados multitemporais de sensoriamento remoto para análise da dinâmica do solo e da cobertura da terra na região do Peixoto (AC). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz Do Iguaçu. **Proceedings...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1653-1656.

Oliveira, C.H. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. - São Carlos: Universidade Federal de São Carlos UFSC, 1996.

Oliveira, A. M. S.; Andrade, M. R. M.; Sato, S. E.; Queiroz, W. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Guarulhos:

Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 178 p. 4v. Mapas (Relatório FAPESP - Processo 05/57965-1).

PMA – Prefeitura Municipal de Arujá. 2015. **Apresentação de contas da Sabesp e futuros investimentos.** Portal da Prefeitura de Arujá. Disponível em: <www.prefeituradearuja.sp.gov.br/notice.php?Id=503> Acessado em 10/08/2015.

Ribeiro, T. F. B. **Reflexos do Uso da Terra na Avaliação da Poluição Hídrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Lavras, Guarulhos – SP.** 122 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, Guarulhos, SP, 2016.

Ross, J. L. S. – **Geomorfologia Ambiente e planejamento.** Editora Contexto- São Paulo. 1990.

Ross, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP),** São Paulo, v. 08, 1994.

Ross, J. L. S. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da USP.** São Paulo. n.9, p.65-75, 1995.

Ross, J. L. S. Landforms and Environmental Planning: potentialities and fragilities. Landforms and Environmental Planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia,** v. 1, p. 38-51, 2012.

Santos, I.; Krüger, C. M.; Levis, M.; Garcia, K.S. Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do rio Ivaí. **In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** 8., 2005.

Santos, J. O. Relações entre Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade Social na Susceptibilidade aos Riscos. 2015. **MERCATOR - Revista de Geografia da UFC.** Fortaleza/CE. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/1650/587>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

Santos, J. O.; Ross, J. L. S. Fragilidade Ambiental Urbana. In: **Revista da ANPEGE,** v.8, n. 10, p 127-144, ago./dez. 2012.

Sherman, G.E.; Sutton, T.; Blazek, R.; Holl, S.; Dassau, O.; Morely, B.; Mitchell, T.; Luthman, L. **Quantum GIS User Guide - Version 2.8** “Wien”. 2015. Disponível em: <<http://http://www.qgis.org/en/site/>>. Acessado em: 10 set. 2016.

Tagliani, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. In: **SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,** 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1657-1664.

Tominaga, L. K.; Ferreira, C. J.; Vedovello, R. Tavares, R.; Santoro, J. Ocupação humana e riscos a processos de movimento de massa no Litoral Norte de São Paulo: avaliação dos fatores geoambientais. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada,** 11, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, SP. 2005, p. 1143-1159.

Tricart, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977.

Viezza, J.; Biondi, D.; Batista, A. C.; Brandt, D. Perfil dos usuários e sua percepção dos elementos de composição paisagística das praças de Curitiba – PR. **REVSBAU,** Piracicaba – SP, v.11, n.3, p. 01-16, 2016. Disponível em: <<file:///C:/Users/280102709/Downloads/554-2546-1-PB.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.