

ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DA COBERTURA E USO DA TERRA NA BACIA DO RIO HENRIQUE, RS

André Ricardo Furlan¹; Romario Trentin²

Resumo: O desenvolvimento de sistemas computacionais possibilita a criação e aperfeiçoamento de softwares para aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica abrindo um campo vasto de possibilidades de aplicação das geotecnologias para o estudo geográfico como objetivo de planejamento e gestão territorial. A urbanização torna-se um processo hegemônico nas diversas escalas de análise, onde apresenta aumento da proporção de pessoas residindo nas cidades, esse processo sem planejamento adequado apresenta diversos problemas, entre as inundações urbanas. Para análise da bacia hidrográfica utilizou-se de uma proposta multiescalar, variando da bacia hidrográfica do rio Henrique com área aproximada de 77,89 km², e uma pequena bacia hidrográfica onde assenta-se suas nascentes e uma porção urbanizada do município de Erechim com aproximadamente 3,25 km², nessa porção da bacia busca-se apresentar as transformações na cobertura e uso da terra em uma relação temporal de 41 anos. Verificou-se que a urbanização sem planejamento adequado expõe a população aos processos naturais como a inundação, assim é possível constatar que o planejamento e gestão territorial torna-se importante para que os cidadãos possam residir em boas condições ambientais.

Palavras-Chave: Urbanização; Gestão Territorial; Planejamento Ambiental.

INTRODUÇÃO

No campo da Geografia observa-se durante os últimos anos, a preocupação com os efeitos da urbanização sobre os adereços físico-naturais e como a população torna-se afetada por processos naturais provocados pela ação do ser humano. O entendimento, entre os pesquisadores, é o de que os efeitos resultantes dos processos antropogênicos em áreas urbanas são causadores de risco para a população.

A utilização das geotecnologias vem sendo empregada nos estudos geográficos desde final da década de 1960. A disponibilidade de diversas tecnologias e metodologias que empregam a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) vem se difundindo em diversos ramos da ciência. O desenvolvimento de *softwares* aliado a disponibilidade de dados digitais vem crescendo de maneira expoente nos últimos vinte anos. Esse advento, faz com que o manuseio e o processamentos desses dados acabam criando possibilidades para aplicação de metodologias que utilizam auxílio de processos computacionais que possibilitam a análise e entendimento dos processos naturais e torna-se ferramenta importante para concretização da gestão territorial.

O crescimento acelerado das cidades sul-americanas, para Nunes (2013), vem alterando, fortemente, seus adereços físico-naturais e contribuindo no desencadeamento de problemas gerados para seus habitantes, intensificando risco aos desastres naturais. A autora realizou um levantamento de dados sobre desastres naturais, nas nações sul-americanas, no período de 1930 – 2009, o qual constata que dos

¹ Mestrando em Geografia, UFSM, E-mail: andrericardo.furlan@gmail.com

² Professor Doutor, UFSM, E-mail: romario.trentin@gmail.com

906 casos 76,8% estão relacionados a natureza hidrometeorológica, como secas, inundações, movimento de massa seco e úmido, extremos de temperatura, tempestades e incêndios.

O objetivo do trabalho consiste em analisar de maneira quantitativa e morfométrica a bacia hidrográfica do rio Henrique, para uma análise qualitativa do uso e cobertura da terra em suas nascentes que encontram-se no perímetro urbano de Erechim, Rio Grande do Sul. Dessa feita, busca-se a compreensão em diferentes escalas espaciais e temporais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração dos resultados utilizou-se Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicando procedimento técnicos relatados em Fitz (2008a, 2008b). Para realizar a análise utilizou-se dos dados em Carta topográfica de Erechim na escala 1:50.000 de 1979 (SG.22-Y-D-IV-1) vetorizadas e disponibilizadas digitalmente por (HASENACK; WEBER, 2010). Após aquisição dos dados foi efetuado a transformação da projeção WGS 84 para SIRGAS 2000/UTM 22S no *software* ArcGIS® 10.4.

A primeira análise morfométrica aplicada na área de estudo trata da hierarquia fluvial, consiste em um importante parâmetro morfométrico, estabelece o ordenamento no arranjo dos canais e atribui efeitos comparativos entre as sub-bacias representando numericamente pela magnitude (FLORENZANO, 2008; IBGE, 2009).

A classificação da hierarquia fluvial foi inicialmente aplicada por Horton (1945) e aperfeiçoada por Strahler (1952) que no Brasil é um dos mais utilizados:

[...] assume os canais sem tributários como os de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem, e assim sucessivamente (IBGE, 2009, p.102)

A Densidade de Drenagem (Dd) foi definida por Horton (1945), e para obtê-la aplica-se a equação: $Dd=Lt/A$, onde Lt corresponde ao comprimento total dos canais e A a área total da bacia. Auxilia na compreensão das características do solo e da litologia, pois pode-se identificar a porosidade e permeabilidade do terreno (IBGE, 2009).

Para criar a modelagem do terreno utilizou-se o interpolador *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Interpolation* → *Topo to raster*, para chegar ao resultado final foi necessário editar o fluxo dos canais de drenagem, fazendo com que a direção de fluxo seja em direção das nascentes a jusante, considerando um modelo hidrológicamente consistente. Após criação do modelo foi preciso a aplicação da remoção dos pixels espúrios da matriz seguindo a sequência *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Fill* realizado no ArcGIS®. Com a criação de um modelo do terreno hidrológicamente consistente, elaborou-se uma matriz contendo a declividade *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope*.

A criação das classes hipsométricas baseou-se em regras *Jenks natural breaks* criadas pelo ArcGIS®, esse é um método de agrupamento de dados projetado para determinar a melhor organização de valores

em classes diferentes, procurando minimizar o desvio médio de cada classe da média. Portanto dividiu-se em sete classes diferentes. As classes de declividade foram definidas em quatro. Para criar as matrizes (mde e declividade) com as classes desejadas utilizou-se *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*, para melhor visualização das matrizes classificadas utilizou-se um filtro para agrupamento de quatro celular no algoritmo *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Generalization* → *Majority filter*.

Para apresentar a imagem correspondente a cobertura e uso da terra, foi necessário realizar o *download*, de uma imagem Sentinel 2B com resolução de 10 metros, datada de 11/08/2017, foram utilizadas para realizar a composição falsa-cor as bandas: 8 infravermelho (NIR), 4 vermelho (R) e 3 verde (G). Para realizar a composição foram utilizados os caminhos *ArcToolbox* → *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster Processing* → *Composite Bands*.

As questões referentes aos usos urbanos e a estrutura física-natural da área (relevo, bacia hidrográfica, hidrografia e uso e cobertura da terra) baseiam-se a partir dos seguintes autores: Guerra e Guerra (1997), Mendonça (2000), Coelho-Neto e Avelar (2007), Guerra e Marçal (2009), Botelho e Silva (2010), Botelho (2011), Jorge (2011), Silva (2011) e Nunes (2013).

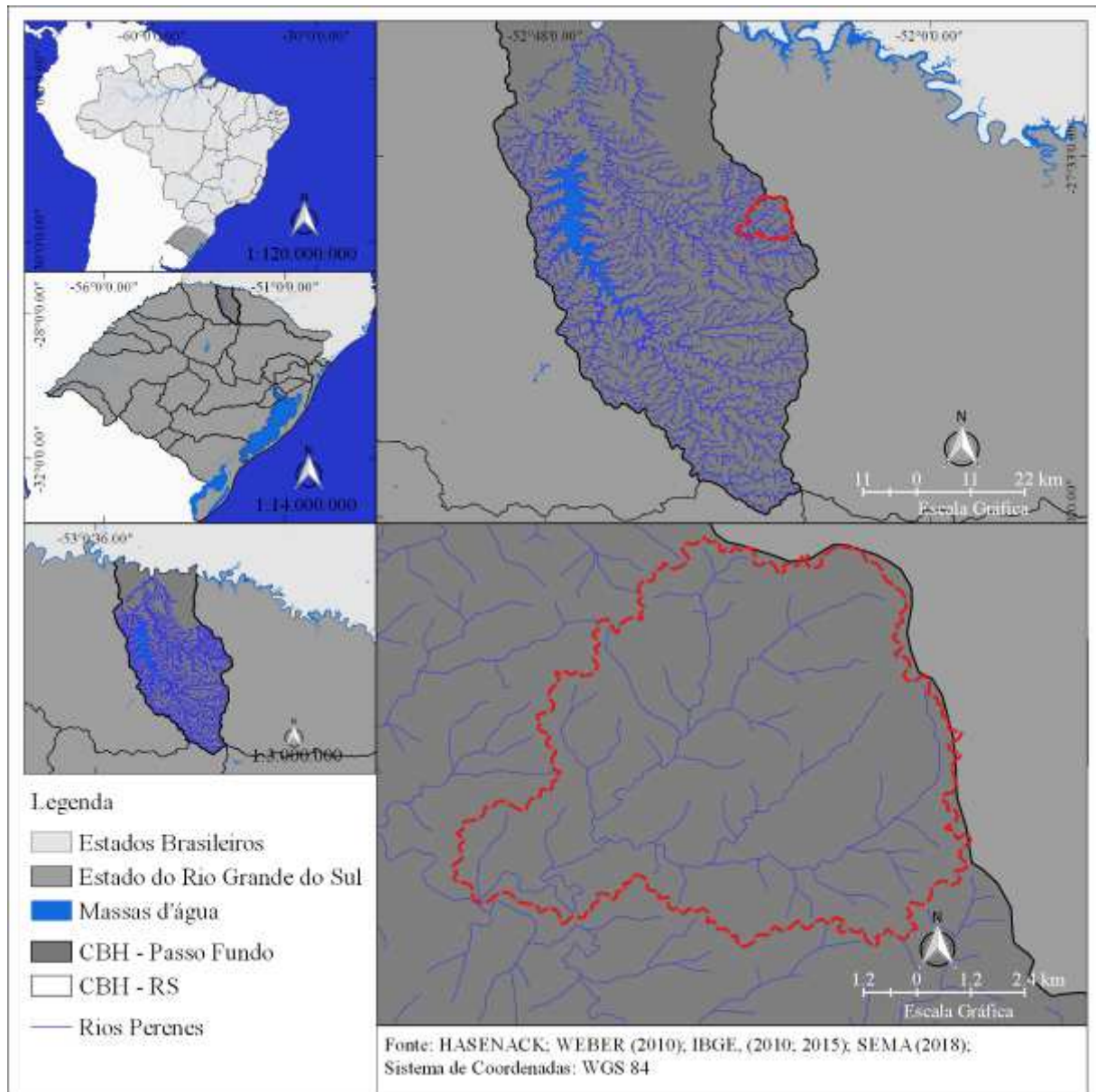
Para análise da cobertura e uso da terra em escala de detalhe foram utilizadas fotografias áreas datadas de 1975 (1:50.000) e 1989 (1:2.500), um ortomosaico disponibilizado pela Prefeitura de Erechim, datada de 2010 e uma imagem do *Google Earth* de 2016. As fotografias de 1975 e 1989 foram processadas no *software* PhotoScan, da Agisoft, versão 1.0.4, modo Trivial, O aplicativo PhotoScan foi de extrema importância para a implementação das rotinas fotogramétricas, e, mesmo com a utilização da versão Trivial do aplicativo, conseguiu-se atingir o objetivo na geração de ortomosaicos. A coleta das informações sobre os processos de inundação fora coletada em jornais locais.

Os *layouts* finais foram elaborados no *software* QGIS versão 2.18.23, assim como o processamento dos valores de áreas e suas porcentagens foram aplicadas no *Excel*®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do rio Henrique esta localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, encontra-se no Comitê de Bacia Hidrográfica do Passo Fundo, compondo uma sub-bacia desse rio (Figura 1). A BH do rio Henrique possui área de aproximadamente 77,89 km².

Para Rossato (2011), na área em que está contida a bacia hidrográfica do rio Henrique, chove aproximadamente 1700 – 1900 mm ao ano, os meses mais chuvosos ocorrem na primavera com um volume de 175 – 215 mm. As altitudes elevadas do Planalto Basáltico associado ao sistema atmosférico favorece no volume de precipitação. As formas do relevo dessa área contribuem para os elevados totais pluviométricos, visto que a posição em que se encontra o vale do rio Uruguai, localizado no norte do estado do RS, faz com que ocorra ascensão de ar nas direções de Santa Catarina (norte) e Rio Grande do Sul (sul).

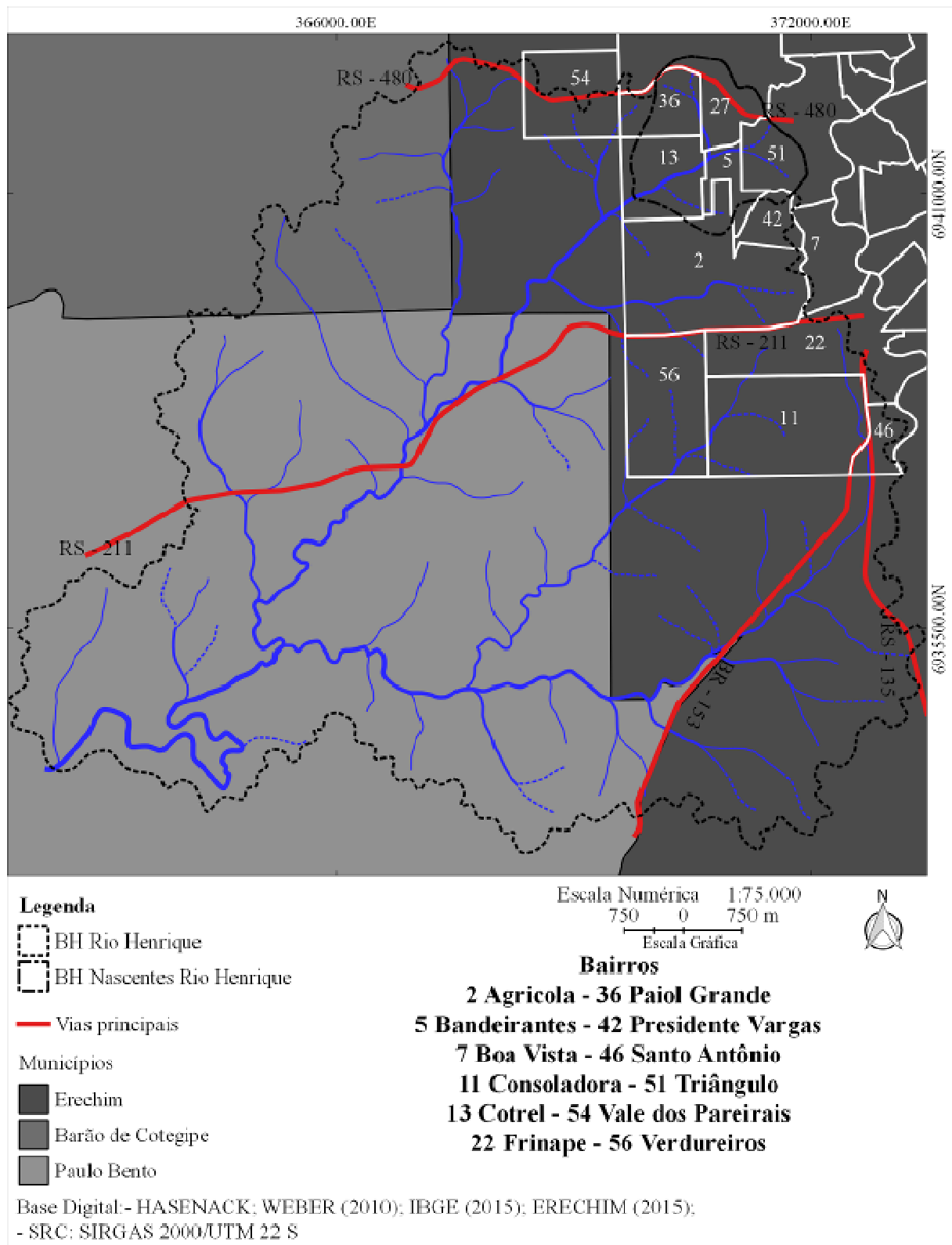
Figura 1 - Localização da área de estudo

Os limites políticos administrativos estendem-se por Erechim, Barão de Cotegipe e Paulo Bento. As principais encontram-se nascentes sobre área correspondente ao município de Erechim, esse que ocupa a segunda maior área e possui diversos bairros nessa área que se apresenta como uma área vetor de expansão nos últimos 10 anos. O município de Barão de Cotegipe apresenta menor porção e Paulo Bento a maior, ocupando o baixo e médio curso (Figura 2).

A hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952) apresenta-se que a o canal de drenagem possui 4ª Ordem, em relação ao comprimento dos canais verifica-se que os canais de 1ª Ordem intermitente possui terceira maior distância em comprimento e porção, os canais de 1ª Ordem perenes configuram a maior distância e percentual, os canais de 2ª Ordem apresentam-se com segundo maior comprimento e percentual, os canais de 3ª Ordem configuram a segunda menor distância e porção, já os canais de 4ª

Ordem encontram-se as menores comprimentos e porções (Figura 3). Em relação a densidade de drenagem, a bacia hidrográfica apresenta valor de 1,47 considerada como drenagem regular.

Figura 2 - Limites políticos administrativos e os bairros localizados na bacia hidrográfica



O mapa hipsométrico apresenta as diferentes cotas altimétricas encontradas na bacia hidrográfica, com elevação baixa de 578 metros e a mais alta 855 metros, obtendo-se amplitude altimétricas de 277 metros.

As sete classes hipsométricas (Figura 3) estão distribuídas a partir da palheta de cores, tendo o laranja escuro as mais altas altitudes, e correspondem as áreas de topo de morros e berços de nascentes. A segunda classe mais alta, em cor laranja corresponde a algumas encostas no alto curso da bacia e alguns topos de morros no médio curso. A terceira maior altitude em ouro, essas altitudes estão associadas aos canais de primeira ordem no alto curso e em encostas no médio e baixo curso. A quarta maior altitude em amarelo, no alto curso apresenta-se próximo aos canais de drenagem e podem estar associados aos terraços fluviais, já no médio curso encontram-se localizados nas encostas, e no baixo curso encontram-se sobre topo de morros.

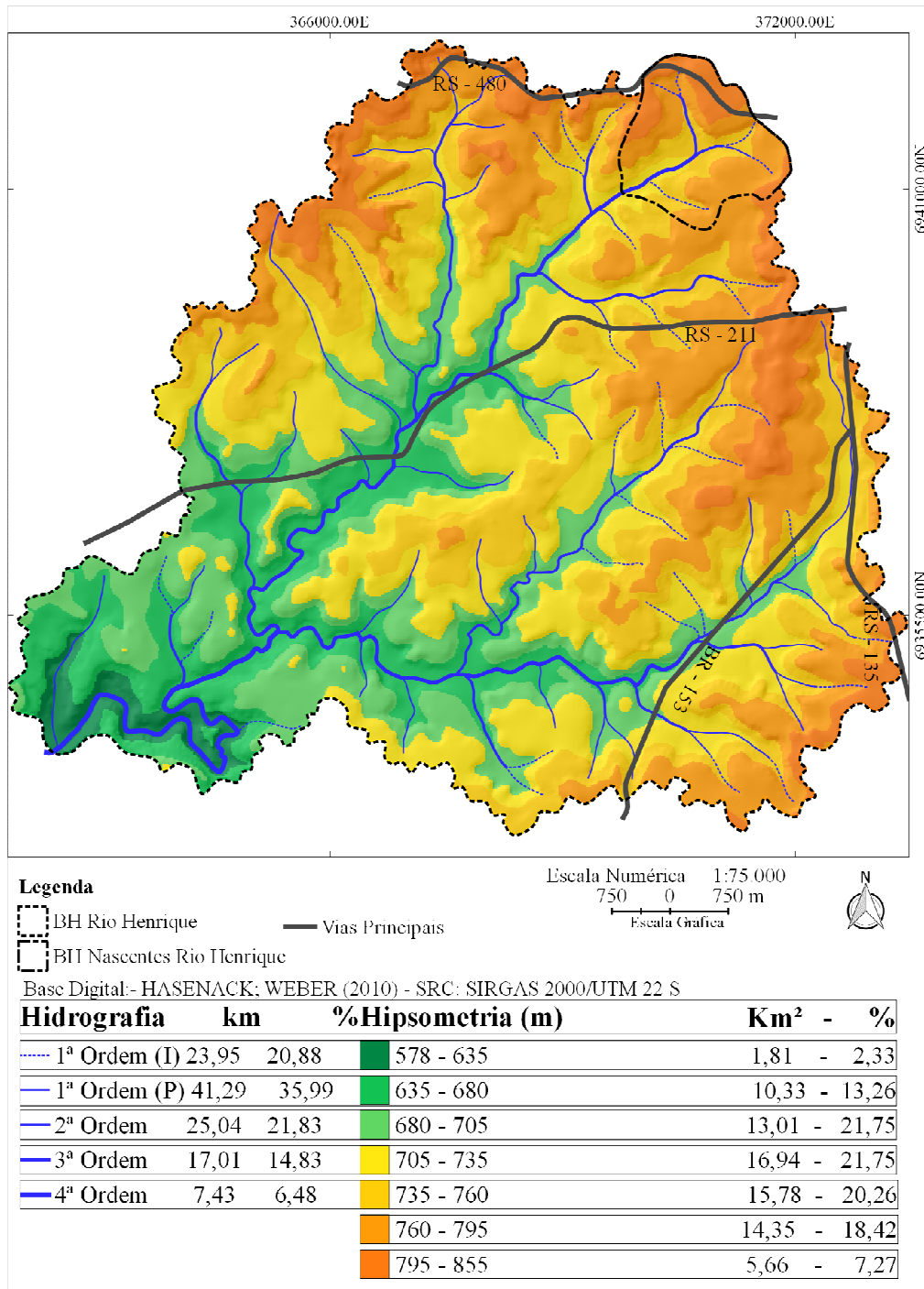
A classe de cor verde corresponde a terceira altitude mais baixa da bacia, e apresenta-se próximo as drenagens formando terraços fluviais ainda no alto curso, já no médio e baixo curso podem estar associados as encostas. A segunda classe mais baixa na cor verde brilhante, encontra-se próxima aos canais de drenagem do médio e baixo curso, locais em que o canal começa a se apresentar meandrante. A classe com menor elevação, na cor verde escuro, encontra-se próximo a foz, e apresenta um canal meandrante sobre estrutura vulcânica.

As classes de declividade foram divididas em quatro classes, amarelo claro é a segunda menor classe em área e porção, associada a essa classe encontram-se os topos de morros e colinas que sofrem processo de denudação e aplainamento, em menor representação associam-se aos fundos de vales formando pequenos terraços fluviais, destacando processos deposicionais e de acumulação.

A classe que corresponde a maior área e porção em laranja, distribui-se por toda a área da bacia hidrográfica, nessa classe podem ocorrer processos de erosão. A terceira classe é a segunda maior área e porção na cor vermelho, essa classe forma encostas inclinadas, estão dispostas em toda bacia, mas com predominância ao final do médio e todo o baixo curso.

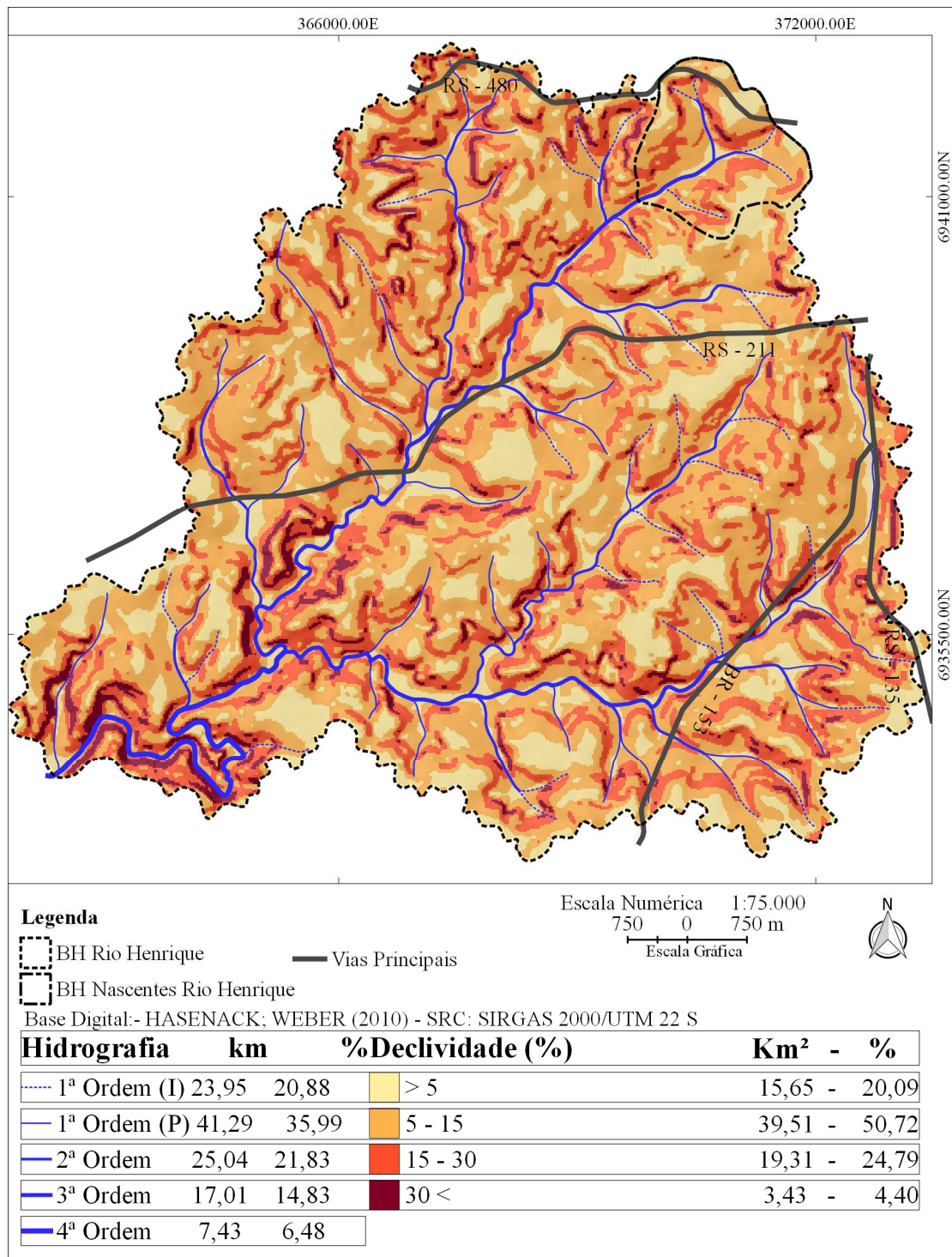
A quarta classe em vermelho escuro, concentra-se principalmente no baixo curso, mas pode ser observado em menor porção sobre toda bacia, essa classe apresenta inclinação acentuada e pode desenvolver processo erosivos e de queda de blocos, associadas as encostas.

Figura 3 – Hipsometria: bacia hidrográfica rio Henrique

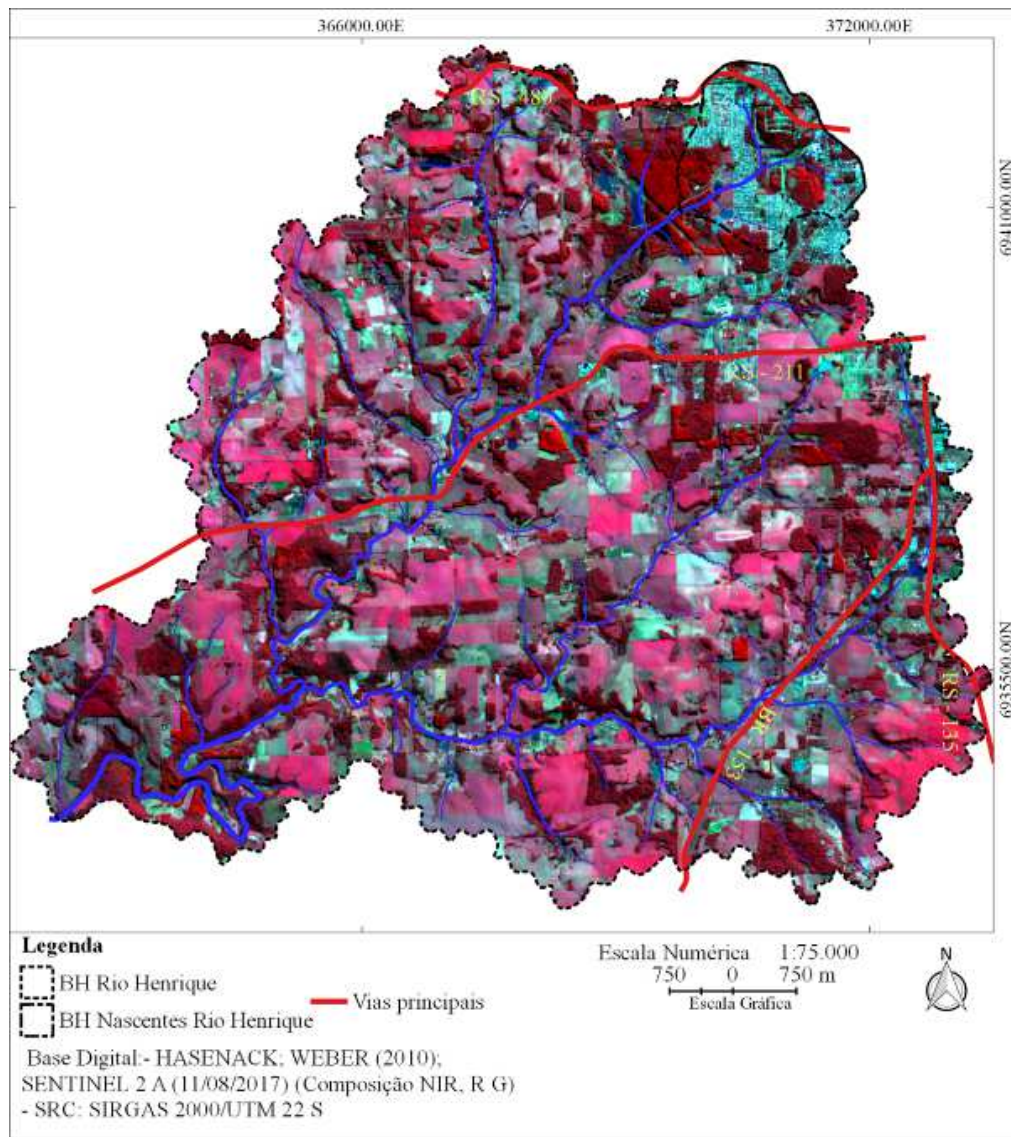


A imagem de satélite na composição falsa cor, apresenta na cor verde água as áreas impermeabilizadas e a área urbana, com destaque a nordeste nas nascentes do rio Henrique área urbana densamente ocupado. Em vermelho escuro brilhante, identifica-se silvicultura, em vermelho escuro opaco, visualiza-se as áreas de mata, em rosa e turquesa claro observa-se lavouras e campo, essa classe que apresenta maior proporção sobre a bacia, e em azul escuro verifica-se locais com água.

Figura 4 – Declividade: bacia hidrográfica rio Henrique



Para análise em escala de detalhe de uma área urbanizada identificou-se as transformações espaciais, essa área atualmente possui sete bairros incluídos de maneira parcial. A descrição encontra-se pautada nas transformações sobre a delimitação dos bairros atuais que corresponde ao ano de 2016, essa área possui aproximadamente 3,25 Km².

Figura 5 – Representação da cobertura e uso da terra: bacia hidrográfica rio Henrique (2017)

O bairro Triângulo (7) na área da bacia, encontra-se dividido pela rua Antônio Cervo e João Batiston, em 1975 verifica-se a presença de algumas casas esparsas acima da rua Antônio Cervo, também identifica-se a presença do curtume Durlí, entre as ruas Antônio Cervo e Daniel Durlí. Em 1989 observa-se que rua Antônio Cervo já pode ser identificada a fábrica de velas Sandero, é possível também a consolidação dos loteamentos iniciados em 1975, e algumas moradias próximo ao curtume, acima da rua João Batiston inicia-se a construção de loteamentos. Para o ano 2010 identifica-se maior densificação nas áreas já urbanizadas e também a construção de novos loteamentos, verifica-se maior adensamento vegetativo e abaixo da rua Antônio Cervo plantação de silvicultura, e acima a derrubada da silvicultura visualizada em 1989 e em 2010 observa-se modificações para construção de um novo loteamento, além a da ampliação da fábrica de velas. No ano de 2016 identifica-se a maior densificação dos loteamentos, assim como a consolidação de novos, a exemplo, verifica-se acima da rua Daniel Durlí, observa-se também a expansão das instalações do curtume.

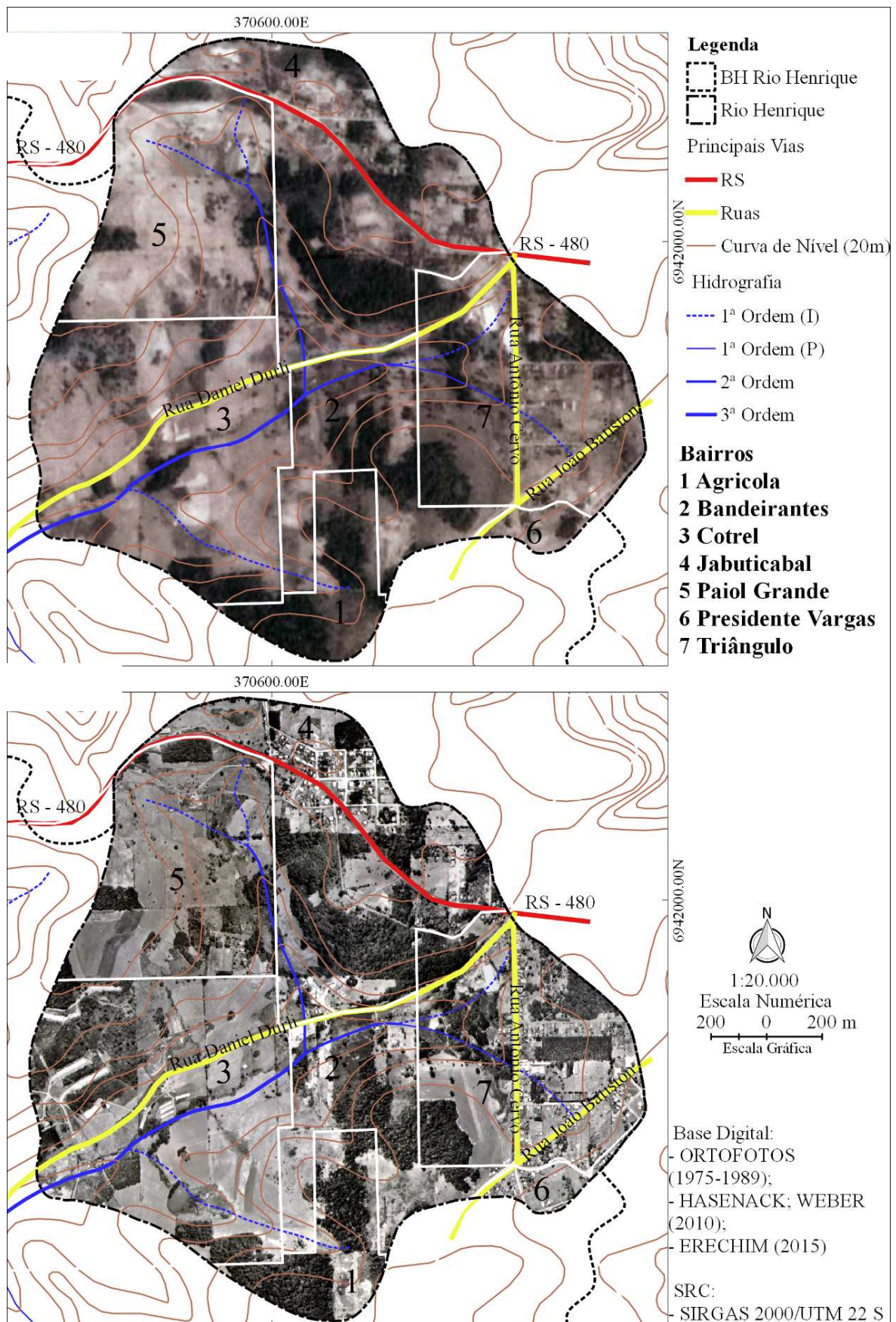
O bairro Presidente Vargas (6) em 1975 verifica-se que não existe nada construído, apenas em 1989 identifica-se a presença de um aglomerado de casas em uma pequena porção, em 2010 já encontra-se completamente urbanizado, e essa densificação aumenta em 2016. O bairro Agrícola (1) em 1975 pode ser identificado capões de mato, vegetação rasteiras e áreas destinada a lavouras. No ano de 1989 ocorre aumento da vegetação em densificação, porém já é observado a presença da abertura de rua para construção de um novo loteamento, em 2010 ocorre a consolidação do loteamento, mas observa-se ainda a presença de uma porção de mata, para o ano de 2016 se consolida mais um loteamento aumentando a impermeabilização na porção do bairro que encontra-se sobre a bacia.

O bairro Bandeirantes (2) em 1975 constitui-se de vegetação densa, vegetação rasteira e lavouras, contando com presença de poucas casas, para o ano de 1989 consolida-se as áreas de vegetação densa, e identifica-se aumento de casa próximo a confluência dos canais de 2ª Ordem. Em 2010 observa-se aumento nas áreas vegetadas e a construção de um loteamento na direção sudoeste, no ano de 2016 aumenta-se expressivamente esse loteamento, também é possível identificar a abertura de ruas para construção de novos loteamentos.

No Jabuticabal (4) acima da RS – 480 verifica-se a estruturação de um loteamento com a presença de ruas e casas ainda esparsas, também se verifica a presença de vegetação densa, vegetação rasteira e a presença de lavouras temporárias no ano de 1975. No ano de 1989 verifica-se a consolidação do loteamento próximo a RS – 480, também é observado a construção de loteamento em direção nordeste, e a existência de casas próximo a rua Daniel Durlí. No ano de 2010 o loteamento a norte encontra-se consolidado e com alta densidade de casas, o loteamento a nordeste se consolida e as casas próximos a rua Daniel Durlí encontram-se da mesma maneira. Em 2016 observa-se a consolidação das áreas já urbanizadas e é possível identificar a construção de um novo loteamento, pela figura 6 é possível observar a abertura de ruas em área com mata densa.

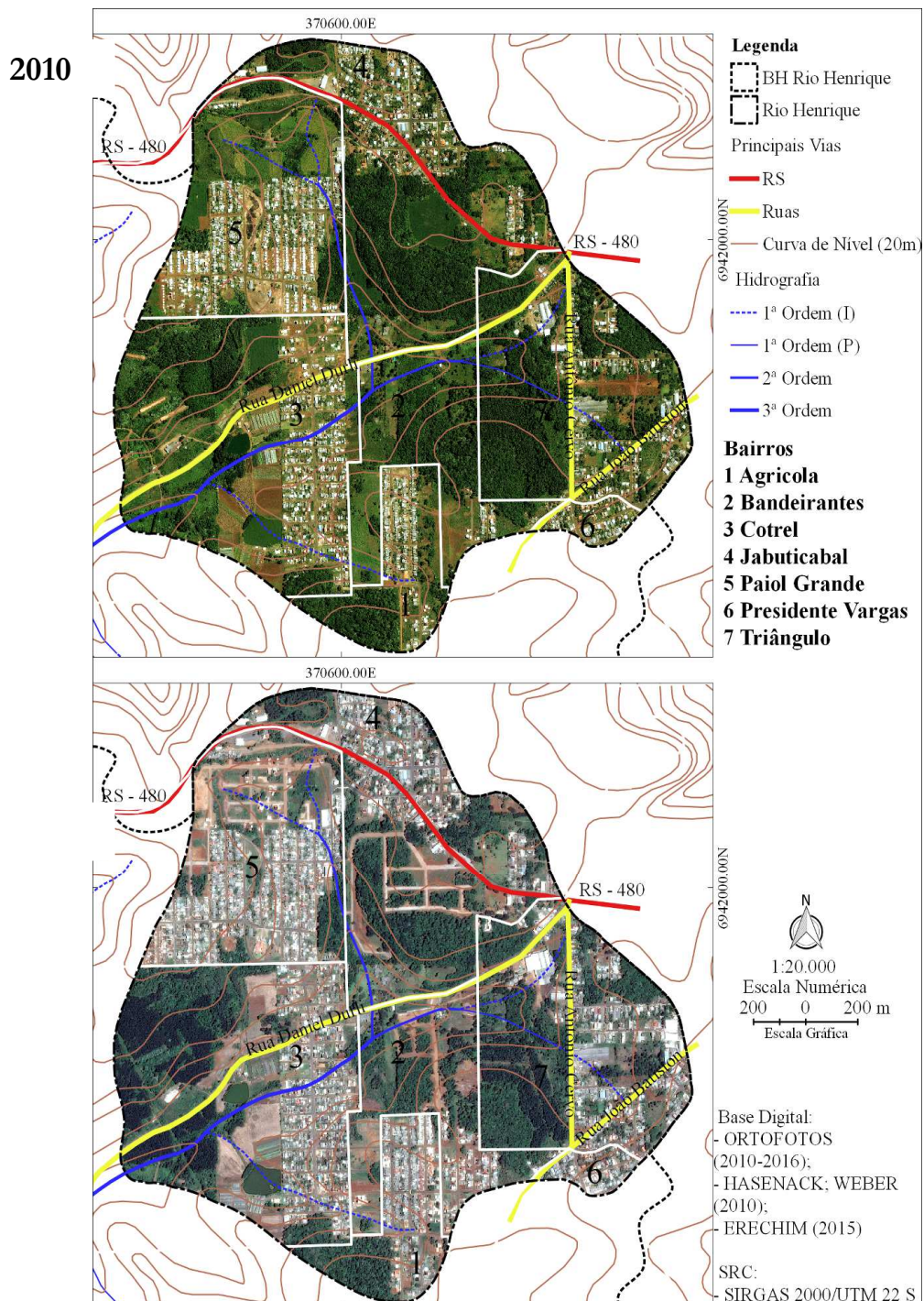
O bairro Cotrel (3) no ano de 1975 possuía algumas propriedades rurais, os usos eram basicamente vegetação densa e rasteira, também pode ser identificado lavouras. Em 1989 verifica-se a presença de diversos aviários na direção oeste, visualiza corpos d'água e a pouca presença de mata ciliar no canal que nessa área é de 3ª Ordem. Nesse período predominava o uso de lavouras nessa área. No ano de 2010 visualiza-se a criação de um loteamento na direção norte – sul, observa-se ainda alguns resquícios dos aviários e a presença de propriedade rural, em direção oeste observa-se a presença de plantio de silvicultura e a presença de dois corpos d'água, também verifica-se a existência de lavoura e pequena porção com presença de vegetação densa. Em 2016 o loteamento Cotrel se consolida principalmente ao sul da rua Daniel Durlí, ao norte ainda encontra-se uma urbanização esparsa, o que induz a lógica que o valor dos terrenos nessa área é elevada em comparação aos demais do bairro. Observa-se ainda presença elevada de silvicultura em tom de verde escuro, e vegetação densa, além de áreas de vegetação rasteira e lavouras, apresentando que o bairro ainda possui as duas características tanto de urbano quanto rural.

Figura 6 – Uso e Cobertura da terra: Nascentes rio Henrique (1975 – 1989)



O bairro Paiol Grande (5) em 1975 apresentava o uso de propriedade rural, com predomínio de pequenas propriedades, com utilização de lavouras, vegetação rasteira e pequenas porções de vegetação densa, no ano de 1989 a área não recebe transformações bruscas, porém em 2010 é criado um novo loteamento, porém ainda se observa a presença de uma propriedade rural na direção norte, abaixo da RS - 480. Para o ano de 2016 verifica-se a construção de novos loteamentos, onde se observa a construção de novas casa e aberturas de ruas, nas áreas loteadas 2010, no ano de 2016 observa maior impermeabilização da terra.

Figura 6 – Uso e Cobertura da terra: Nascentes rio Henrique (2010 – 2016)



Verifica-se portanto, que no decorrer de 41 anos a função da bacia hidrográfica vai se alterando, de propriedades rurais, para área urbana, e no decorrer dos anos essas alterações impactam de maneira pontual o ecossistema, assim comprometendo o meio físico e a qualidade ambiental da área. Problema que se tornou corriqueiro principalmente para o bairro Paiol Grande e Cotrel relaciona-se aos casos de inundação, por construírem os loteamentos sobre terraços fluviais e sobre os próprios canais de drenagem que foram sendo retificados, canalizados e tamponados.

Adverte-se que com a urbanização e impermeabilização a montante dos bairros vem ocorrendo processos superficiais, no Quadro 1. Destaca-se que os processos de inundação ocorreram principalmente no verão, mas também foi constatado processo nos meses de inverno.

Quadro 1 – Ocorrência de processos superficiais

Datas de Ocorrência de Inundação
12/02/2014
26/06/2014
14/07/2015
02/12/2015
21/12/2015
31/01/2016
17/02/2016

Fonte: Jornais Locais

Indaga-se que estão sendo construídos três novos loteamentos no bairro Bandeirantes, Jabuticabal e Paiol Grande, tendo em vista a existência do problema, quando se impermeabilizar os novos loteamentos a tendência de aumentar a vazão da água e a concentração de fluxo ocorre de maneira aguda.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o desenvolvimento de sistemas computacionais que objetivam a manipulação e o processamentos de dados espaciais auxilia de maneira aguda na gestão territorial, pois a partir da interpretação pelo viés Sistemas de Informações Geográficas e as Geotecnologias aplicadas a Geografia pode-se desenvolver diagnósticos e prognósticos precisos em escala apurada, possibilitando ao Geógrafo a inserção na discussão do planejamento e gestão territorial.

Verifica-se no presente estudo que a urbanização sem planejamento e gestão coerentes, alicerçado na preocupação com a qualidade ambiental urbana apresenta situações que expõe aos cidadãos aos perigos e riscos desencadeados por processos naturais, esses que são intensificados devido a expansão urbana sem planejamento que vem a servir o setor imobiliário.

REFERÊNCIAS

- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.71-115.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p.153-192.
- COELHO NETTO, A. L; AVELAR, A de. S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem. In: SANTOS, R. F. dos (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p.65-73.
- FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de textos, 2008a.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008b.
- FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M dos. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário-geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1997.
- HASENACK, H.; WEBER, E (ORG.). **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul**. Série Geoprocessamento, Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.
- HORTON, R. E. Erosional development of estemas and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**. New York: Geological Society of America, v. 56, n. 3, p. 275-370, mar. 1945.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- JORGE, M. do. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T (ORG.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.117-145.
- of America, New York, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.
- SILVA, A. S da. Solos urbanos. In: GUERRA, A. J. T (ORG.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.43-69.
- STRAHLER, A. N. **Dynamics basis of geomorphology**. Bulletin of the Geological Society