FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

DINÂMICA E CONSEQUÊNCIAS DA DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NATURAL E DOS CORPOS HÍDRICOS DE JARU/RO

CAIO HENRIQUE PATRÍCIO PAGANI

PORTO VELHO (RO)
2017

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

DINÂMICA E CONSEQUÊNCIAS DA DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NATURAL E DOS CORPOS HÍDRICOS DE JARU/RO

CAIO HENRIQUE PATRÍCIO PAGANI

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, área de Concentração em Desenvolvimento Sustentável e Diagnóstico Ambiental, para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio ambiente.

PORTO VELHO (RO)
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gerada automaticamente mediante informações fornecidas pelo(a) autor(a)

P129d Pagani, Caio Henrique Patricio.

Dinâmica e consequências da distribuição da cobertura vegetal natural e dos corpos hídricos de Jaru/RO / Caio Henrique Patricio Pagani. -- Porto Velho, RO, 2017.

88 f. : il.

Orientador(a): Prof. Phd. Vanderlei Maniesi

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia

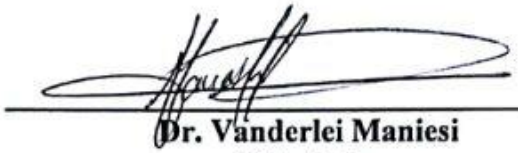
1. Uso e Ocupação do Solo. 2. Inundação . 3. Rio Jaru. I. Maniesi, Vanderlei. II. Título.

CDU 581.9

CAIO HENRIQUE PATRÍCIO PAGANI

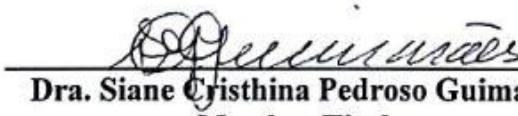
DINÂMICA E CONSEQUÊNCIAS DA DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NATURAL E DOS CORPOS HÍDRICOS DE JARU/RO

Comissão Examinadora



Dr. Vanderlei Maniesi
Orientador
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Dr. Ene Glória da Silveira
Membro Titular
Fundação Universidade Federal de Rondônia



Dra. Siane Cristhina Pedroso Guimarães
Membro Titular
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Porto Velho, 23 de agosto de 2017.

Resultado: APROVADO

O homem é o único animal que cospe na água onde bebe;

O homem é o único animal que mata para não comer;

O homem é o único animal que corta árvore que lhe dá sombras e frutos.

(Benedito Ruy Barbosa)

Em memória de

Ailton Irineu "Polaco da Tarrafa"

O velho do Rio Jaru

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Rondônia – UNIR e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Ambiental e Meio Ambiente – PGDRA, pelo ensino de qualidade, pelo auxílio financeiro aos trabalhos de campo e pela estrutura disponibilizada, sem a qual não seria possível a realização desta pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Vanderlei Maniesi, por acreditar na minha proposta de pesquisa, pelo incentivo em todas as etapas do Mestrado e pela grandiosa dedicação nas orientações.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela oportunidade de bolsa de pós-graduação, auxílio financeiro indispensável para a conclusão deste trabalho.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Ambiental e Meio Ambiente – PGDRA, professores Artur de Souza Moret e Mariângela Soares de Azevedo, e à Secretária do PGDRA, Maria Izabel, por toda atenção e pela disponibilidade de informações.

À Secretária de Estado e Desenvolvimento Ambiental – SEDAM e Sala de Situação, em especial ao Meteorologista Fábio Adriano Monteiro Saraiva, pela disponibilidade dos dados hidrometeorológicos da estação hidrometereológica localizada na ponte sobre o rio Jaru.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, em especial aos pesquisadores, Dr. Caio Marcio Vasconcelos e o Dr. Fernando Luiz de Oliveira Corrêa, pela ótima recepção em seu ambiente de trabalho e disponibilização dos dados hidrometeorológicos da estação hidrometereológica localizada na CEPLAC de Ouro Preto do Oeste.

À empresa Ótima Engenharia, em especial ao engenheiro civil Rubens R. Macedo, pela disponibilidade dos dados planialtimétricos georreferenciados do levantamento do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Jaru/RO, da bacia 1 e 3.

À empresa Global Engenharia, em especial ao engenheiro sanitarista Jeferson Santos Rodrigues, pela disponibilidade dos dados planialtimétricos georreferenciados do levantamento do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Jaru/RO, da bacia 2.

À Prefeitura Municipal de Jaru, em especial aos funcionários Cleverson Barbosa engenheiro ambiental, Rafael Avance engenheiro civil, e Ricardo dos Santos fiscal de obras, pela disponibilização dos dados do zoneamento urbano da cidade de Jaru.

À Organização Não Governamental Evitando a Poluição do Ambiente – ONG EPA, em especial ao presidente Abson Praxedes, pelo apoio e disponibilização de informações dos trabalhos realizados pela ONG EPA.

Ao meu amigo professor, Msc. Adriano Reis Prazeres Mascarenhas, pelo apoio moral e profissional no desenvolvimento da dissertação.

Ao meu tio professor, Dr. Josenilton Patrício Rocha, pelo apoio moral, psicológico, financeiro e desenvolvimento de procedimentos durante a dissertação.

Ao meu amigo Arnaldo Passos de Queiróz pelo apoio na realização dos trabalhos de campo com o levantamento de pontos georreferenciados com equipamento GNSS.

Ao meu amigo professor, Msc. Reginaldo Martins professor do Instituto Federal de Rondônia - IFRO pelo apoio no procedimento do mapeamento da suscetibilidade.

Ao meu amigo Adriano Cezário, por sua amizade, por me contar histórias engraçadas de sua vida e por me visitar durante esses dois anos de mestrado.

Ao casal de amigos Fabio Ferreira e Thuany Bitencort, pela amizade e por me visitar durante esses dois anos de mestrado.

Ao meu amigo Pedro Bruno Cruz e seu primo, pelo apoio aos dias de campo no rio Jaru e no rastreamento dos afluentes.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe Joseane Patrício Rocha Pagani, meu pai Wilson Pagani da Silva, pelo amor, carinho e paciência nesta etapa da minha vida.

À minha namorada, Ishtar Michels, que meu deu amor, carinho e um grande apoio psicológico. Estendo, igualmente, ao seu pai Expedito Dantas e sua mãe Dulce Michels, e a sua irmã Ioshua Michels que de alguma forma vivenciaram esta etapa da minha vida, seja pela colaboração na pesquisa ou simplesmente pelo incentivo e companhia no último ano de trabalho.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho analisa as modificações e consequências da distribuição da cobertura vegetal natural e corpos hídricos na área urbana da cidade de Jaru/RO. Foram utilizadas imagens Landsat 2, 3, 5 e 8, além de imagem SRTM, com o emprego de técnicas de geoprocessamento e trabalhos de campo para gerar informações espaciais que possibilitou a delimitação de porções do terreno (mapeamento) de APPs, inundação histórica de 2016, bem como da predisposição ao fenômeno de inundação e alagamento relacionada às características naturais do terreno (altitude e declividade) e à antropização (uso e ocupação do solo). O modelo de colonização da época contribuiu para uma forte degradação ambiental com a redução da distribuição da cobertura de floresta natural em 80,39%, incluindo 60,76% das áreas de APPs e aumentando a distribuição dos corpos hídricos em 0,26%. Por outro lado, no período após 2012 verificou-se a regeneração natural da vegetação das APPs em 15,86% de suas áreas, pela vigência do Código Florestal Brasileiro. Essa degradação ambiental ocorreu em um contexto em que 22,05% do terreno da área de estudo exibe características ambientais de necessidades de planejamento no que diz respeito à realização de obras de drenagem eficientes (suscetibilidade à inundação e alagamento alta e muito alta), incluindo 19,22% atingida pela maior inundação histórica de 2016, com contribuições das superfícies pavimentadas e ocupações ilegais nas margens do rio Jaru e de seus afluentes.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; Inundação; rio Jaru.

ABSTRACT

The present work analyzes the changes and consequences of the distribution of natural vegetation cover and water bodies in the urban area of the city of Jaru/RO. For that, Landsat images 2, 3, 5 and 8 were used, as well as SRTM images, adopting geoprocessing techniques and fieldwork to generate spatial information that allowed the delimitation of portions of the terrain (mapping) of permanent preservation areas (PPA), historical flooding in 2016, as well as the predisposition to flood and flood phenomenon related to the natural characteristics of the terrain (altitude and slope) and anthropization (land use and occupation). The colonization model of the period contributed to a strong environmental degradation, with a reduction in the distribution of natural forest cover by 80.39%, including 60.76% of the areas of PPAs and increasing the distribution of the water bodies by 0.26%. On the other hand, in the period after 2012, it was verified the natural regeneration of the PPAs vegetation by 15.86% of its areas, due to the validity of the Brazilian Forest Code. This environmental degradation occurred in a context in which 22.05% of the land in the study area exhibits characteristics of planning needs regarding the realization of efficient drainage works (high and very high susceptibility of flooding), including 19.22% impacted by the largest historical flood of 2016, with contributions from paved surfaces and illegal occupations on the borders of the Jaru River and its affluents.

Keywords: Land use and occupation; Flooding; Jaru River.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Imagens utilizadas para análise multitemporal da área de estudo..... 33

Tabela 2. Valores atribuídos para cada classe de altitude..... 37

Tabela 3. Valores atribuídos para cada classe de uso e ocupação do solo..... 37

Tabela 4. Valores atribuídos para cada classe de declividade..... 37

Tabela 5. Classes de suscetibilidade à inundação e alagamentos com cores de identificação..... 38

Tabela 6. Tabela de dados coletados da cota altimétrica da régua da ANA de 9 a 10 metros..... 41

Tabela 7. Valores gerados a partir da Equação 2..... 42

Tabela 8. Série Histórica de inundações do rio Jaru/RO..... 43

Tabela 9. Área percentual de classes de uso do solo dos anos 1975 a 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 44

Tabela 10. Área percentual de classes de uso do solo nas APPs da área urbana da cidade de Jaru de 1975 a 2016..... 52

Tabela 11. Área percentual do grau de suscetibilidade à inundação da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 63

Tabela 12. Localização dos pontos de alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 64

Tabela 13. Porcentagem de áreas de suscetibilidade dos bairros da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 65

Tabela 14. Porcentagem dos bairros atingidos pela inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 69

Tabela 15. Área percentual das áreas atingidas pela inundação de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 28

Figura 2. Mapa de solos da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 30

Figura 3. Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 31

Figura 4. Mapa de precipitação da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 32

Figura 5. Mapa de localização dos pontos georreferenciados na área urbana da cidade de Jaru/RO..... 40

Figura 6. Levantamento planialtimétrico da régua linimétrica de 9 – 10 metros da ANA. 41

Figura 7. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1975 e 1980 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 47

Figura 8. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1985 e 1990 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 48

Figura 9. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1995 e 2000 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 49

Figura 10. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2005 e 2010 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 50

Figura 11. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2015 e 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 51

Figura 12. Nascentes, afluentes do rio Jaru e Áreas de Preservação Permanente (APPs) da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 53

Figura 13. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1975 e 1980 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 57

Figura 14. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1985 e 1990 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 58

Figura 15. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1995 e 2000 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 59

Figura 16. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 2005 e 2010 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 60

Figura 17. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 2015 e 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 61

Figura 18. Áreas de Preservação Permanente recuperadas com espécies nativas..... 62

Figura 19. Mapa das áreas suscetíveis à inundação e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 66

Figura 20. Mapa em 3D das áreas suscetíveis à inundação e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 67

Figura 21. Mapa de localização dos pontos de alagamentos nas áreas de suscetibilidade à inundação e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 68

Figura 22. Mapa da inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 71

Figura 23. Mapa em 3D da inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 72

Figura 24. Mapa de declividade com a área de inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 73

Figura 25. Mapa das classes do uso do solo atingidas pela inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 74

Figura 26. Mapa de sobreposição dos dados de suscetibilidade à inundação com os dados da inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO..... 75

Figura 27. Inundação do ano de 2016 e período seco ano de 2017. Pontos J-05 e J-06..... 76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO. 12

2. REFERENCIAL TEÓRICO 16
2.1 Uso e ocupação do solo. 16
2.2 Áreas de Preservação Permanente – APPs e Bacias Hidrográficas 17
2.3 Rios urbanos 18
2.4 Desastres naturais 20
2.5 Enchentes, inundações e alagamentos. 21
2.6 Suscetibilidade 23
2.7 Vulnerabilidade. 24
2.8 Geotecnologias e Sistemas de Informações Geográficas – SIG 24

3. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS. 27
3.1 Localização. 27
3.2 Solos 29
3.3 Hidrografia 29
3.4 Clima 29

4. MATERIAIS E MÉTODOS. 33
4.1 Mapeamento do uso e ocupação do solo. 33
4.2 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente 34
4.3 Mapeamento da suscetibilidade à inundações e alagamentos 35
4.4 Mapeamento das áreas atingidas pela inundação do ano de 2016 38

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 44
5.1 Mapeamento do uso e ocupação do solo. 44
5.2 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente 52
5.3 Suscetibilidade à inundações e alagamentos 63
5.4 Áreas atingidas pela inundação do ano de 2016. 69

CONCLUSÕES. 77

REFERÊNCIAS 78

1 INTRODUÇÃO

A pressão praticada pelo modelo econômico brasileiro proporcionou a degradação da qualidade ambiental, acarretando problemas como erosão, enchentes, destruição de florestas, contaminação da água e epidemias pelo excesso de umidade e descarte de esgoto a céu aberto (MEYER; GROSTEIN, 2006).

No entanto, na Amazônia brasileira, esses problemas apresentam-se intensos e frequentes, uma vez que em seu processo de colonização iniciado em meados do ano de 1970 pelo Plano de Integração Nacional – PIN (BRASIL, 1970) não havia o devido planejamento do uso e ocupação do solo, desencadeado pela implantação de estradas na Amazônia e provocando a alteração da paisagem de forma irreversível (SERRA; FERNANDEZ, 2004).

Além disso, a partir desses incentivos fiscais estimularam-se planos e programas de desenvolvimento destacando-se entre eles o Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia – POLOAMAZÔNIA (BRASIL, 1974a) que objetivava o aproveitamento do potencial agropecuário, florestal e mineral da Amazônia brasileira (OTT, 2002). Para concretizar este plano foi criado o Fundo de Investimento da Amazônia – FINAM (BRASIL, 1974b) que oferecia desconto de 50% no imposto de renda dos financiamentos realizados por empresários em investimentos aplicados na Amazônia.

Nesse contexto, o amplo projeto de organização territorial responsável por grande parte da colonização de Rondônia foi o Programa de Desenvolvimento Integrado para o Noroeste do Brasil – POLONOROESTE (BRASIL, 1981a), financiado pelo Banco Mundial, o qual custeou mais de 1 bilhão de dólares apresentando como objetivo a reconstrução e pavimentação da BR-364 que liga Cuiabá a Porto Velho, além de possibilitar a intensificação da produção agropecuária da região (CASTRO, 1992).

Portanto, o período de 1975 a 1990 caracterizou-se como o período mais intenso da colonização devido aos programas do governo os quais incentivavam a colonização da região amazônica o que desencadeou a vinda de imigrantes de outros estados com o intuito da aquisição de terras na região (NASCIMENTO et al., 2014).

Ainda mais, no ano de 1991, criou-se o Plano Agropecuário e Florestal do Estado de Rondônia – PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) tendo como objetivos principais: implementar regulamentos e programas de investimentos para desenvolvimento sustentável; conservar a biodiversidade; desenvolver sistemas agrícolas integrados em áreas para agricultura permanente; apoiar investimentos em infraestrutura socioeconômica; e proporcionar serviços para implantar o zoneamento agroecológico (SILVA, 2013).

Apesar do PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) objetivar medidas para preservação e conservação dos recursos naturais no estado de Rondônia, estas não foram suficientes para barrar o modelo de exploração predatório aplicado na época de colonização, apesar de existirem leis específicas com o intuito de garantir proteção dos recursos naturais por parte do Governo Federal (CÂMARA, 2013).

Por conseguinte, o período de 1990 a 2000 caracterizou-se como período de transição por não haver mais incentivo do governo para colonização da região ficando caracterizado pela implantação do PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a). Conquanto, o referido Programa enfrentou problemas e descontinuidades pelo desvio de recursos, empecilhos advindos do governo federal e estadual e as suas constantes mudanças, entrando em vigor somente no ano de 1993 (FERREIRA et al., 2006).

Posteriormente, no ano de 2000, originou-se o 2° Zoneamento Socioeconômico-Ecológico - ZSEE (RONDÔNIA, 2000), que dividiu o estado em 3 subzonas: Zona 1 - subdividida em quatro subzonas para o uso agropecuário, agroflorestal e florestal; Zona 2 - subdividida em duas subzonas destinadas à conservação dos recursos naturais passível de manejo sustentável; e a Zona 3 - que se subdividiu em três subzonas destinadas para Unidades de Conservação e Áreas Indígenas.

O período de 2000 a 2016 destacou-se como período de pós-colonização, advindo de mudanças na legislação ambiental, iniciado pela implantação do ZSEE no estado de Rondônia e formulado para intervir nas práticas realizadas pelo modelo de colonização.

O Código Florestal, em seu Artigo 4° da Lei 12.651 (BRASIL, 2012a) estabeleceu a proteção dos recursos hídricos pela preservação de matas ciliares, visto que esta preservação quando bem desempenhada pela cobertura vegetal ao longo das margens dos corpos hídricos impede o desgaste do solo, evitando, por exemplo, o desenvolvimento de assoreamentos. Ainda, serve como barreira de seguridade contra a entrada de resíduos sólidos, impedindo a poluição das águas e, consequentemente, conservando a sua qualidade e quantidade (CASTRO et al., 2013).

Em consonância com o Código Florestal, criou-se a lei de Política Nacional dos Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997), que específica para os recursos hídricos, com o objetivo de garantir a racionalização de recursos, a qualidade e quantidade suficientes de água, de modo a prevenir a escassez em possíveis eventos hidrológicos críticos (MACHADO, 2003).

Mesmo com tanta legislação, os recursos naturais têm sido largamente destruídos para o avanço da pecuária, agricultura, uso da madeira, construção de usinas hidrelétricas, rodovias e expansão das cidades, entre outros. Por conta disso, as matas ciliares são formações florestais

que estão sendo suprimidas por diferentes atividades socioeconômicas acarretando na maior degradação de áreas previamente designadas por lei à preservação dos recursos hídricos (GARCIA et al., 2015).

A retirada da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanente – APPs, além de afetar a fauna e a flora local, provoca mudanças incalculáveis ao ambiente, tais como: alteração do balanço de radiação, alteração do microclima local favorecendo mudanças de umidade do solo, aumento no fluxo de água na superfície promovendo o assoreamento dos corpos hídricos e a diminuição da qualidade da água (OLIVEIRA, 2006).

As mudanças ambientais resultantes dessas interferências, promovem o desequilíbrio no ecossistema das bacias hidrográficas e afetam a qualidade de vida da população pela falta de planejamento no uso e ocupação do solo ocorrido durante o processo de urbanização acelerado (NOWATZKI et al., 2010).

Em virtude dessas ações, o primeiro Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965) define como Área de Preservação Permanente as áreas cobertas ou não por vegetação nativa, que possuem como função ambiental a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, do solo e que assegurem o bem-estar das populações humanas (SPAROVEK et al., 2011).

Apesar das APPs serem protegidas legalmente, é comum a ocupação nestas áreas em grande parte das cidades brasileiras. Esta ocupação ocorre geralmente de forma desordenada, colaborando para graves problemas como a impermeabilização do solo, assoreamentos dos rios, inundações frequentes, deslizamentos de encostas, descarte de lixo e esgoto doméstico (HORA; GOMES, 2009).

Logo, é comum se verificar quão a ocupação das APPs acarretou mudanças ambientais negativas para os rios nos ambientes urbanos e que se mostram, em sua maioria, como áreas degradadas, desvalorizadas e rejeitadas pela sociedade por serem consideradas ambientes inóspitos e nocivos pela poluição que apresentam tornando-se prejudicial à população (ALMEIDA, 2010).

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar as modificações na distribuição da vegetal natural e corpos hídricos da área urbana da cidade de Jaru e suas consequências no uso e ocupação do solo.

Quanto aos objetivos específicos pretende-se: verificar os reflexos do modelo de colonização na distribuição da vegetação e dos corpos hídricos causados no início do período da colonização até atualidade (período de 1975 a 2016); avaliar as modificações na distribuição da vegetação nas áreas de preservação permanente causados no período da colonização até a

atualidade (anos de 1975 a 2016), na área urbana cidade de Jaru/RO, com base na Lei 12.651 (BRASIL, 2012a); e identificar as áreas suscetíveis à inundações e alagamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uso e ocupação do solo

Atualmente nota-se um significativo aumento populacional na zona urbana se comparando com o crescimento da zona rural. Isto ocorre devido às melhores condições de qualidade de vida, diversidade na economia, acessibilidade de serviços básicos e infraestrutura adequada que a área urbana proporciona. Por outro lado, em decorrência desse aumento, sobrevém o crescimento desordenado das cidades (inchaços urbanos) ocasionando a ocupação ilegal de áreas impróprias e protegidas por lei acarretando problemas futuros no uso e ocupação do solo (RAMOS et al., 2015).

O uso e ocupação do solo é o termo que expressa os conjuntos de atividades de uma sociedade e como ela ocupa o espaço com relação a sua reprodução social. Esse termo também é empregado geralmente quando denota a utilização do solo pelo homem, como exemplo, no cultivo agrícola, pastagem, recreação, entre outros (ALVES, 2004).

As mudanças de uso e ocupação do solo podem ser por conversão e modificação. A conversão é a mudança de uma classe para outra, como classe pastagem para classe agricultura. A modificação é a mudança na condição de uma categoria de cobertura do solo, a exemplo, a degradação da floresta ou a mudança em sua composição florística (FONTORA, 2013).

Assim, faz-se necessário e justificável o estudo de uso e ocupação do solo, que constitui um importante componente na pesquisa para o planejamento urbano e planejamento dos recursos naturais, contribuindo na geração de informações para a devida avaliação das alterações do uso e ocupação do solo (PIROLI et al., 2002).

O levantamento sobre o uso e ocupação do solo permite a análise e mapeamentos atualizados das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo uma importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013).

Estes levantamentos fornecem subsídios para as análises e avaliações de impactos ambientais, tais como: desmatamentos, perda da biodiversidade, mudanças climáticas e inúmeros impactos gerados pelos altos índices de urbanização (RODRIGUES et al., 2001), tornando-se cada vez mais importante o monitoramento das atividades do meio urbano e rural, a fim de trabalhar na prevenção de impactos ambientais (OKA-FIORI et al., 2003).

Os autores Rodrigues et al. (2001), Alves (2004), Piroli et al. (2012) e Fontoura (2013) explicitam o conceito de uso e ocupação do solo e em seus trabalhos empregam a ferramenta de Sistemas de Informações Geográfica – SIG, por meio de uma técnica automática de

classificação. Os autores Rizzi e Rudorff (2005) e Panizza e Fonseca (2011) utilizam a técnica de fotointerpretação, uma técnica manual que identifica as várias formas de uso e ocupação do solo.

2.2 Áreas de Preservação Permanente – APPs e Bacias Hidrográficas

No Brasil, o poder público definiu nas unidades da Federação áreas a serem especialmente protegidas por lei para garantir um ambiente ecologicamente equilibrado, com qualidade ambiental, a fim de promover a qualidade de vida da fauna, flora e seres humanos (PEREIRA; SCARDUA, 2008).

A preocupação com o meio ambiente se fortaleceu com a promulgação do Código Florestal Brasileiro, Lei Federal n° 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), o qual define as Áreas de Preservação Permanente - APPs como aquelas situadas em sete tipos de ambientes, sendo eles: ao longo dos cursos d'água; em nascentes; no topo de elevações; nas encostas com declividade superior a 45 graus; nas restingas; nas bordas dos tabuleiros e chapadas; e em terrenos com altitude superior a 1.800 metros (OLIVEIRA, 2002).

O artigo 4° da lei 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a) define a largura máxima das APPs de acordo com a largura do rio, posto que rios de até 10 metros de largura devem ter uma APP de 30 metros, para rios com largura de 10 a 50 metros a APP deve ter de 50 metros; rios com largura de 50 a 200 metros a APP deve ter 100 metros; rios de 200 a 600 metros a APP deve ter 200 metros; e para rios com largura superior a 600 metros a APP deve ser 500 metros.

As APPs foram criadas para proteção do ambiente natural, sendo restrita qualquer alteração do uso do solo, devendo estar cobertas com a vegetação original, com a intensão de proporcionar proteção do solo contra a erosão e lixiviação contribuindo, assim, para o equilíbrio do fluxo hídrico e redução do assoreamento dos cursos d'água (SERIGATTO, 2006).

Segundo a Resolução CONANAMA (BRASIL, 2006a), as APPs são áreas cobertas ou não por vegetação, as quais são destinadas para proteção, possuindo a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, a proteção do solo e assegurar o bem-estar da população (NARDINI et al., 2015).

Mas para Garcia et al. (2015), se aplicada corretamente, a preservação das APPs em um ambiente urbano favorece à redução de desastres ambientais, tais como inundações e deslizamentos, auxiliando, por conseguinte, no aumento da qualidade de vida da população, ou seja, as APPs possuem função benéfica também para a população humana.

Em uma bacia hidrográfica, as APPs têm um papel importante na manutenção e conservação dos ecossistemas ali existentes, proporcionando o equilíbrio ambiental. Os autores Oliveira (2002), Serigatto (2006) e Nardini et al. (2015) comentam sobre a importância da preservação das APPs nas bacias hidrográficas como sendo intrinsicamente para o meio ambiente.

A bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento para gestão de recursos hídricos instituído no Brasil pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Destarte, torna-se importante para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões (CAZULA; MIRANDOLA, 2010).

Segundo Pirajá e Silva (2014), a bacia hidrográfica é definida como um conjunto de áreas drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões de relevo alto, onde as águas pluviais escoam superficialmente formando os rios, infiltrando-se no solo formando nascentes e abastecendo o lençol freático.

Para Fulan et al. (2007), a bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies e vertentes que são constituídas pela superfície do solo e a rede de drenagem formada pelos cursos d'água que confluem até chegar a um leito único no ponto de saída chamado exutório.

Ainda, a bacia hidrográfica é constituída por divisores topográficos onde ocorre a drenagem por cursos d'água ligados de uma maneira que a vazão total do efluente seja descarregada através de uma única saída (CHRISTOFOLETTI, 1969).

Após citar alguns conceitos de APPs e bacia hidrográfica, é importante esclarecer que o presente estudo analisará somente as áreas de APPs pertencentes a área urbana da cidade de Jaru/RO e não à bacia hidrográfica do rio Jaru em qual esta área de estudo faz parte.

2.3 Rios urbanos

Nas paisagens urbanas os rios sempre foram elementos naturais fundamentais desde o início das antigas civilizações. Historicamente, a maioria das cidades se originaram às margens dos rios, com o intuito de fácil acesso à água, como exemplo as cidades da Mesopotâmia, localizada na bacia dos rios Tigre e Eufrates, e do Egito, banhado pelo rio Nilo (MELO, 2005).

As águas dos rios e canais demarcavam os limites das cidades e forneciam o abastecimento d'água e condições de transporte de produtos e matérias-primas. Da mesma forma, muitas cidades europeias da Idade Média cresceram sobre antigas paisagens urbanas

cortadas por rios, um exemplo é a cidade de Londres que é dividida pelo rio Tâmisa, e Paris, dividida pelo rio Sena (ALMEIDA, 2012).

Embora a sociedade tenha evoluído no decorrer dos tempos, não se obteve muita diferença entre os primórdios da sociedade para atual população em relação à urbanização nas proximidades dos cursos d'água. E, hodiernamente, este fato é recorrente devido ao desequilíbrio social e econômico, incluindo as dificuldades da vida no campo, os intensos fluxos migratórios às cidades, as quais possuem disponibilidade de empregos pela ocorrência da industrialização, além da aproximação dos serviços das áreas urbanas, sinalizando uma melhor qualidade de vida (ALMEIDA, 2010).

Seguindo nessa lógica, pode-se observar que os rios são ambientes historicamente bem interessantes e acolhedores para propiciar a habitação de suas margens, contudo, nos municípios, principalmente àqueles localizados nos países emergentes, os corpos hídricos se configuram entre os espaços mais degradados, desvalorizados ou até mesmo negados pela sociedade. Em razão de um contraste, estabeleceu-se que os rios deixariam de ser ambientes atrativos para se tornarem depósito dos dejetos da sociedade (ALMEIDA; SOUZA, 2005).

Nesse contexto, na Amazônia Legal, inúmeras cidades formaram-se às margens dos rios pela facilidade de acesso à água, sobretudo, pela facilidade de transporte fluvial, que o transporte terrestre apresentava diversos obstáculos, como exemplo a cidade de Porto Velho/RO, localizada às margens do rio Madeira, o qual é uma das hidrovias mais importantes da região (LUI; MOLINA, 2009).

A influência nas formas de uso e ocupação do solo nas cidades acarretam a impermeabilização do solo, retilinização de canais fluviais por ações causadas por obras públicas e privadas sem a preocupação com o ambiente fluvial, desenvolvem as inundações, aumentando a periculosidade dos rios urbanos (PORATH, 2004). Toma-se como exemplo a cidade de São Paulo/SP que cresceu às margens do rio Tietê e enfrenta problemas frequentes de inundações pela falta de planejamento do uso do solo.

O rio Tietê está em 1º lugar no ranking do rio mais poluído do Brasil, exibindo descarte de esgotos industriais e domésticos, de resíduos sólidos inorgânicos, além de ações antrópicas que causaram a sua retilinização, canalização e impermeabilização do solo ocasionando as sucessivas inundações urbanas (ANELLI, 2015).

Em decorrência da desigualdade social nas cidades e nos grandes centros urbanos, as classes de baixa renda têm como alternativa de acesso à terra urbana as margens dos rios para instalação de sua moradia, pois essa relação entre rios urbanos e ocupação clandestina e improvisada cria um contexto de forte desigualdade geoespacial e socioespacial, pois, além de

ser um território de risco, de perigos naturais, apresenta agravos pela antropização do terreno, com a exposição dos fenômenos naturais potencialmente perigosos (ALMEIDA; CARVALHO, 2010).

Segundo Almeida (2012), os rios urbanos são áreas degradadas, desvalorizados e negados pela sociedade, formando locais nocivos, com descarte de esgoto, lixo e resíduos diversos. Sublima-se, oportunamente, que o referido autor se destaca pela ampla gama de publicações com foco em rios urbanos, por isso o mesmo é referenciado inúmeras vezes neste trabalho.

Vale ressaltar que o trecho do rio Jaru que faz parte da área urbana da cidade de Jaru/RO, enquadrando-se como um rio urbano por apresentar as mesmas características citadas por Almeida (2012).

2.4 Desastres naturais

Os desastres naturais podem ser classificados como inundações, deslizamentos, secas, furacões, entre outros. São fenômenos naturais rigorosos, com influência das características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, meteorológicas, topográficas e da vegetação (INPE, 2008).

Segundo Silva (2014), desastre natural pode ser um evento limitado em determinado tempo no espaço, no qual uma população enfrenta uma rigorosa retirada de seus serviços essenciais, seguido da dispersão da população, perdas materiais e danos ambientais que excedem a capacidade dessa população em lidar com as consequências do desastre sem a ajuda externa.

Desastre pode ser definido como o resultado de acontecimentos adversos, em um ambiente vulnerável, podendo ser naturais ou antrópicos, causando danos ambientais, sociais e econômicos (BRASIL, 2007b). Os desastres em sua maioria são eventos inesperados que podem resultar em mortos e feridos, portanto, há necessidade de ações preventivas e restituidoras, sendo de encargo dos diversos setores governamentais a devida atuação com procedimentos em benefício da população prejudicada (MARCELINO et al., 2006).

Os desastres são classificados segundo a normas da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil Lei nº 12.608 (BRASIL, 2012b), e possuem três categorias: naturais, humano e mistos. Os naturais são aqueles desencadeados pela própria natureza, sem intervenção antrópica; já os desastres humanos são provocados por ações antrópicas que alteram o ambiente

(degradação ambiental); e os mistos são quando as ações do homem contribuem para intensificar ou agravar as catástrofes naturais (BRASIL, 2009).

Deste modo, é necessário retomar a atenção para a questão das fatalidades naturais e de suas diferentes escalas territoriais, no sentido de extensão global, regional e local. Também deve ser considerado a intensidade do fenômeno como fraco, moderado e intenso (KOBIYAMA et al., 2006).

Os desastres podem ser agravados pelo aumento da população, pela ocupação do solo desordenada e pelo intenso processo de urbanização e industrialização e os fatores que contribuem para desencadear essas fatalidades nas áreas urbanas correspondem à impermeabilização do solo, ocupação de APPs, ao adensamento das construções, ilhas de calor e à poluição do ar (INSTITUTO GEOLÓGICO, 2009).

No Brasil, a região serrana do Rio de Janeiro foi palco do maior desastre natural do País, ocorrido na madrugada de 12 de janeiro de 2011, onde fortes chuvas (80 milímetros acima da média) acarretaram em inundações, alagamentos e deslizamentos atingindo áreas urbanas e rurais em comunidades de baixa e alta renda. Este evento resultou em destruição de prédios, casas, vias de acesso, hospitais, escolas e comprometeu os serviços de abastecimento de água, energia elétrica e telefone, além dos quase mil mortos nessa tragédia (FREITAS et al., 2012).

Outro grande desastre ocorrido no Brasil foi no ano de 1967, na região da Serra das Araras, localizada no estado Rio de Janeiro. Esse desastre teve aproximadamente duas mil vítimas, equivalendo ao evento com o maior número de vítimas (FREITAS et al., 2014).

A Defesa Civil é o órgão responsável pelas ações emergenciais dos riscos decorrentes dos desastres naturais e possui uma estrutura organizacional com diretrizes e planos de ação para os atendimentos emergenciais em todo território nacional. Entretanto, apesar do aparato organizacional para atendimento e ações emergenciais, não há investimento na prevenção aos desastres naturais, sendo esta deixada em segundo plano (CEPED, 2013).

Embora universidades e institutos desenvolvam pesquisas para dar suporte técnico à prevenção de riscos urbanos, ainda é reduzido o número de municípios que são contemplados com uma gestão de riscos em seus planos de desenvolvimento urbano (PEDRO; NUNES, 2012).

2.5 Enchentes, inundações e alagamentos

O acelerado desenvolvimento urbano ocasionou a retirada da cobertura vegetal substituindo-a por benfeitorias onde, na maioria das vezes, a ocupação ocorre desorganizada e

com infraestrutura inadequada. Por conta disso, essa alteração do ambiente propicia diversos efeitos nocivos sendo exemplo de um deles a alteração dos componentes do regime hidrológico natural (BECKER, 2006).

Como consequência da impermeabilização do solo, da retilinização de cursos d'águas, precariedade na drenagem pluvial, erosão e assoreamentos. Esses fatores podem contribuir para a promoção de eventos como cheias, enchentes, inundações e alagamentos (BARBOSA, 2006).

As cheias são caracterizadas, segundo Contijo (2007), como a elevação do nível d'água até o leito menor de um rio, sem extravasar as águas. As enchentes são descritas como o evento onde ocorre a elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal (BRASIL, 1998). É importante destacar que para os autores Licco e Dowell (2015), o termo enchente também pode ser retratado como um evento de aumento do nível médio do rio, porém sem ocorrer o transbordamento das águas.

Ressalta-se que o termo enchente é normalmente utilizado como sinônimo de inundação e eventualmente acabam sendo tratados como equivalentes, contudo, possuem significados diferenciados (KOBIAYAMA et al., 2006). Segundo o Ministério das Cidades o conceito de inundação é definido como extravasamento de um rio que ultrapasse o seu leito maior (BRASIL, 2007a).

Para Echkhardt (2008), o termo inundação é definido como volume de água excedente que não é drenado pelo canal principal (leito menor). Trata-se do extravasamento do leito maior resultando na inundação de áreas ribeirinhas (planície de inundação) com a possibilidade de atingir vias de circulação e transporte, áreas residenciais, recreativas, comerciais e industriais. Noutro ponto, planícies de inundação são áreas planas próximas aos rios que possuem maior probabilidade de serem atingidas pelas águas excedentes (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O termo inundação também pode ser conceituado como o tipo de evento que gera um transbordamento dos canais fluviais e que são responsáveis por danos à população, independentemente de que forma gradual ou brusca que ocorreu (PRINA, 2015). Ainda são classificadas pela sua proporção como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude, e também pelo padrão evolutivo, sendo eles: inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas (BRASIL, 2009).

Além das cheias, enchentes e inundações, outro evento que pode ocorrer é o alagamento. Esse, entretanto, é caracterizado pelo acúmulo momentâneo de água pelos problemas no sistema de drenagem em conjunto com a pouca declividade do terreno, podendo ou não ter relação com processos fluviais e precipitações locais (VALETI, 2010).

Os eventos de cheias, enchentes, inundações e alagamentos são eventos que mais ocasionam danos para a população brasileira (TUCCI, 2005). À vista disso, demanda de um planejamento e ações adequadas para as áreas de risco de inundação, impedindo a construção de novos empreendimentos, removendo a ocupação irregular e recuperando as áreas desocupadas, medidas que, se aplicadas reduziriam substancialmente os prejuízos e danos causados por esses eventos à sociedade (OLIVEIRA et al., 2010).

Depois de explicitado os conceitos principais sobre enchentes, inundações e alagamentos, se evidencia que neste trabalho, adotar-se-ão os conceitos citados por Brasil (2007a), Valeti (2010) e Licco e Dowell (2015).

2.6 Suscetibilidade

A suscetibilidade como uma variável importante para análise de inundações está ligada à ocorrência de algum evento que surge em determinada localidade e gera danos materiais, ambientais e sociais, podendo acontecer de forma esporádica e de acordo com as características naturais específicas da região do estudo (SANTOS, 2012).

O conceito de suscetibilidade relacionado à inundação é descrito como a maior ou menor predisposição do terreno para disposição deste fenômeno natural (FUJIMOTO, 2010). Segundo Souza (2005), a suscetibilidade é definida como a capacidade de uma área ser afetada por um evento, por tempo indeterminado, podendo ser retratado por cartas e mapas que o representem.

O mapeamento das áreas suscetíveis à inundação é de essencial importância para a tomada de decisão do poder público ao zoneamento urbano, pois este mapeamento contribui para a caracterização das áreas de maior necessidade de obras de drenagem a fim de minimizar os danos gerados pelas inundações e pelos alagamentos frequentes (RIBEIRO e LIMA, 2011; TRENTIN et al., 2013; SILVEIRA, C.T. et al., 2013).

Dessarte, a suscetibilidade está intrinsecamente relacionada às características naturais de um determinado terreno, sendo específica de cada lugar (SPINK, 2014). Como fatores condicionantes para identificação da suscetibilidade de inundação, podem ser destacados: rede hidrográfica, declividade, altitude, tipo de solo, tipo de rocha, uso e ocupação do solo e morfometria da bacia hidrográfica (ROCHA, 2015). Entretanto, Dalfi et al. (2013) destacam que os fatores condicionantes que mais influenciam o nível da água na inundação dependem dos dados de altitude, declividade e uso e ocupação do solo.

Deste modo, para o mapeamento da suscetibilidade às inundações e alagamentos deste estudo foram adotados os parâmetros de análise citados por Dalfi et al. (2013) e avaliados de forma qualitativa.

2.7 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade, na visão geográfica, está diretamente relacionada às possibilidades das populações serem prejudicialmente afetadas por um fenômeno geográfico. Ela depende das características de uma comunidade ser vulnerável ou não aos eventos naturais (ROCHA, 2015).

Por outro lado, este termo também pode ser caracterizado pela fragilidade de um ambiente com relação a uma determinada ação antrópica (MENDONÇA; LEITÃO, 2008). Para Goerl et al. (2012), a vulnerabilidade é o grau de exposição de uma população ao impacto de um desastre natural.

Somado a isso, a vulnerabilidade está ligada aos aspectos físicos, sociais, econômicos e aos fatores ambientais. Como possíveis causas responsáveis, pode-se citar os processos econômicos, demográficos, políticos e culturais que refletem nos diferentes grupos da sociedade (DECHAMPS, 2008).

Para realizar o mapeamento da vulnerabilidade, necessita-se de uma análise referente ao grau de pobreza da população. Mas este tipo de análise e mapeamento da vulnerabilidade provém da abundância de inúmeras variáveis a serem catalogadas e consideradas na caracterização adequada de um ambiente (MARCELINO et al., 2006).

Relevante mencionar que a vulnerabilidade não será avaliada no presente estudo, a mesma foi explicitada para diferi-la do conceito de suscetibilidade, no intuito de não ocorrer dúvidas no uso de tais termos.

2.8 Geotecnologias e Sistemas de Informações Geográficas - SIG

As geotecnologias adquiriram importância significativa na área das geociências em virtude da possibilidade de entendimentos das condições da dinâmica da paisagem colaborando para a elaboração de prognósticos e interpretações geoambientais (COELHO; FERREIRA, 2011).

Flauzino et al. (2010) ressaltam que as geotecnologias existentes permitem a aquisição e manipulação de informações espaciais, dado que estas ferramentas são importantes para o levantamento, monitoramento e mapeamento dos recursos naturais.

Nesse contexto, em consonância com o avanço das geotecnologias há o aperfeiçoamento da maneira que elas podem servir de subsídio para auditorias, planejamento ambiental e tomada de decisões. Ainda, estas tecnologias vêm se estabelecendo como um importante instrumento de obtenção e elaboração de análises e representação de informações sobre o espaço geográfico (ROCHA, 2011).

Some-se a isso o fato de que as geotecnologias integram uma união de tecnologias que contribuem nos estudos sobre o meio ambiente, com avaliação de dados das informações geográficas para auxílio na tomada de decisão (PIRES et al., 2012).

Segundo Gianezini et al. (2012), as geotecnologias são constituídas na coleta, processamento, análise e oferta de informações georreferenciadas, incluindo soluções em peopleware, software e hardware, conjunto este que ofertam excelentes ferramentas para adoção de medidas preventivas.

Florenzano (2005) completa que as geotecnologias podem ser entendidas como tecnologias recentes ligadas às geociências, estando encarregadas pelo grande progresso do desenvolvimento de pesquisas cientificas, nas ações de planejamento, gestão e manejo de ambientes.

A aplicação das geotecnologias proporciona a realização de uma análise integrada do ambiente para compreender os temas relacionados às alterações ambientais que estão ocorrendo no espaço, permitindo, consequentemente, que o mesmo seja estudado em parte e assimilado o como um todo (BARIQUELLO, 2011).

Ademais, Pollo (2013) afirma que dentre as mais variadas geotecnologias podem se destacar os Sistemas de Informações Geográficas – SIG, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global – GPS e a topografia.

O Sistema de Informações Geográficas – SIG, termo equivalente ao do inglês, *Geographic Information System - GIS*, é empregado para representar os sistemas computacionais que usam dados que incluem referências geográficas correspondentes às ferramentas computacionais para o processamento (ARAÚJO; FREIRE, 2007).

O SIG tem como base de desenvolvimento e informação um conjunto de disciplinas distintas: Ciência da Computação, Estatística, Topografia, Cartografia, Geografia, Geodésica, Sensoriamento Remoto, e variados ramos das ciências sociais naturais e engenharias (SILVEIRA et al., 2008).

Segundo Silva e Machado (2014), os SIGs possuem um banco de dados com informações espaciais, de atividades ou eventos, e são distribuídos como pontos, linhas, polígonos e imagens de uma determinada área, e seus bancos de dados são estruturados com

componentes espaciais associados às informações geográficas (estrutura vetorial e estrutura matricial) permitindo a manipulação das mesmas com a finalidade de realizar o diagnóstico do ambiente estudado.

Também, os SIGs também podem ser definidos como um sistema de integrações de informações provenientes de dados tabulares, dados cartográficos e imagens de satélite, tendo capacidade de serem combinados com outros conjuntos de informações por meio algoritmo de manipulação para a melhor produção de mapeamentos diversos, bem como consultar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados (VALLADARES; FARIA, 2004; ZAMBON et al., 2005).

3 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

3.1 Localização

Inicialmente o município de Jaru foi denominado distrito do município de Ariquemes pela Lei Federal nº 6.448, de 11 de outubro de 1977 (BRASIL, 1977), recebendo este nome em homenagem aos primitivos habitantes, os índios Jarus (IBGE, 2016).

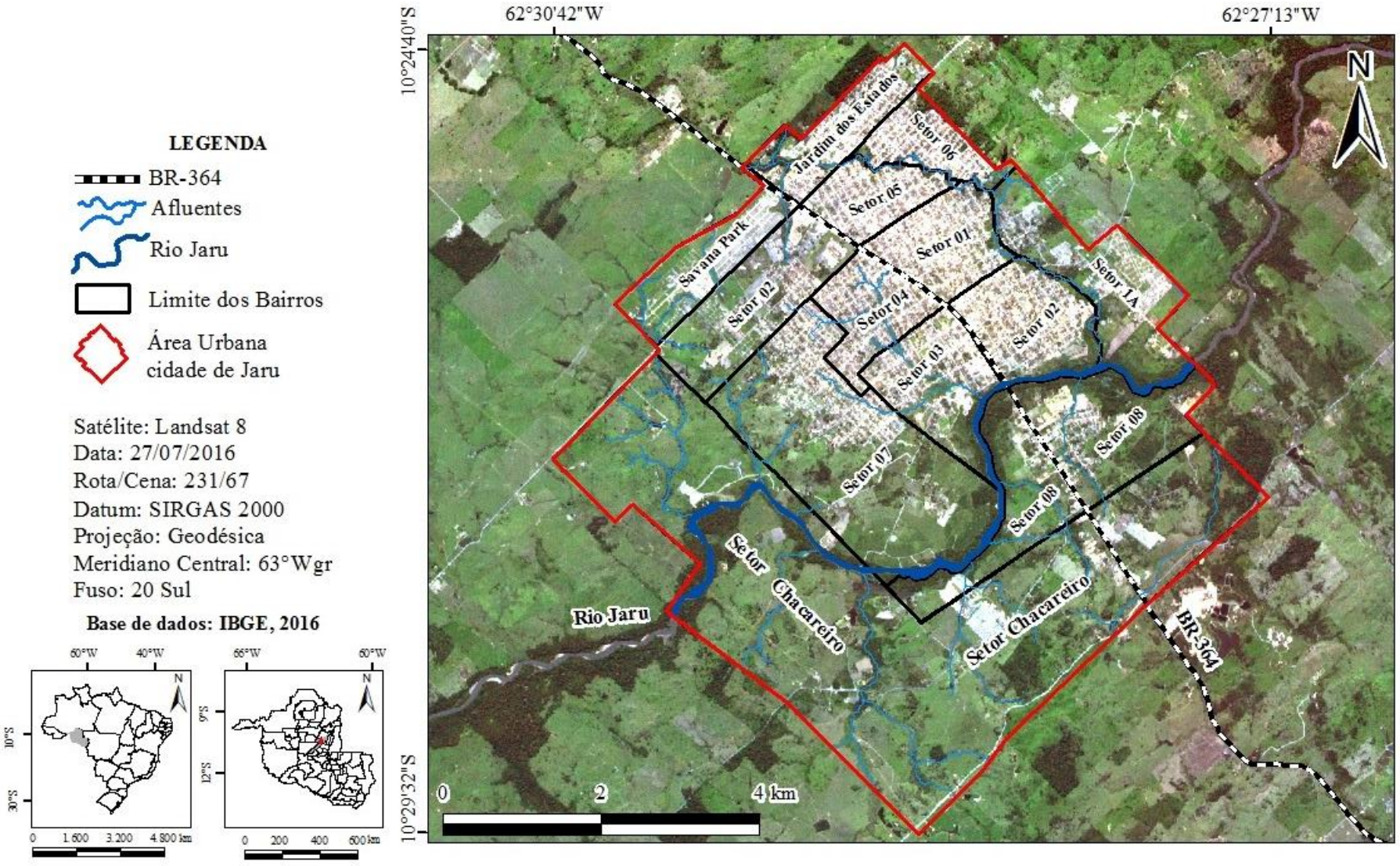
Passou a pertencer à categoria de município pela Lei 6.921, de 16 de julho de 1981 (BRASIL, 1981b), período em que foi desmembrado do município de Ariquemes. Na sua divisão territorial datada no ano de 2003, o município era constituído de 4 distritos: Jaru, Bom Jesus, Santa Cruz da Serra e Tarilândia, porém atualmente, possui somente o distrito o de Tarilândia (IBGE, 2016).

Sua população foi estimada no ano de 2016 com cerca de 55.806 habitantes, com área territorial de 2.944,128 km² e densidade demográfica de 17,66 hab/km² (IBGE, 2016).

A área de investigação é a área urbana da cidade de Jaru (Figura 1), definida pela Lei Municipal 6.431/77 (JARU, 1977), com uma área de 38,33km², localizada na porção ao sudoeste de Rondônia, no km 420 da Rodovia Marechal Cândido Rondon, BR-364, a 300km da capital Porto Velho (IBGE, 2016). É constituída por bairros, incluindo os denominados Setores 1, 1A e os Setores de 2 a 8, bem como os Bairros Savana Park e Jardim dos Estados e o Setor Chacareiro.

Está situada no quadrante das coordenadas geográficas entre as latitudes 10°24'40 " S e 10°23’42” S, longitudes 62°30'42” W e 62°27’13” W, faz parte da sub-bacia do rio Jaru e bacia do rio Machado, Figura 3, (CPRM, 2010; IBGE, 2016).

Figura 1. Mapa de localização da área urbana da cidade de Jaru/RO.



3.2 Solos

Na área urbana da cidade de Jaru apresentam-se os seguintes tipos de solo: Cambissolos Eutróficos (CE5), com 24,86% e Latossolos Vermelho-Escuros Eutróficos (LVE7), com 31,12%, conforme pode ser observado na Figura 2 (RONDÔNIA, 1999).

Os Cambissolos (C) são solos não hidromórficos, horizonte B incipiente e encontram-se em estágio intermediário de intemperismo, com pouca profundidade e alterações físicas e químicas não muito evoluídas (RONDÔNIA, 1999; CPRM, 2010; EMPRAPA, 2015).

Os Latossolos são constituídos por horizonte B latossólico com avançado estágio de intemperização. São solos profundos, bem drenados pela ocorrência do horizonte B latossólico e exibem a sequência de horizonte A, Bw, C. São fortemente ácidos, com baixa saturação por base e distróficos (RONDÔNIA, 1999; CPRM, 2010; EMPRAPA, 2015).

3.3 Hidrografia

O município de Jaru está inserido na sub-bacia do rio Jaru, pertencente à bacia do rio Machado que se destaca por ser a mais extensa dentre as sete bacias hidrográficas de Rondônia, possuindo o segundo maior potencial hidrelétrico, com 1.666Mw de uma totalidade das outras bacias hidrográficas do estado que atingem 16.120Mw (RONDÔNIA, 2002b).

A sub-bacia do rio Jaru está subdividida em alto rio Jaru e baixo rio Jaru. Apresenta uma área 7.271,05 km² e seu curso principal segue direção geral sudoeste-nordeste desaguando no rio Machado, Figura 3 (RONDÔNIA, 2002a; CPRM, 2010).

3.4 Clima

O clima da região enquadra-se no tipo Am (tropical úmido ou subúmido), conforme o método de classificação de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013). Possui temperatura média anual de 24 a 26°C e pluviosidade média anual entre 2000mm a 2100mm (RONDÔNIA, 1999). O período de estação seca ocorre entre os meses de maio a setembro (Figura 4).

Figura 2. Mapa de solos da área urbana da cidade de Jaru/RO.

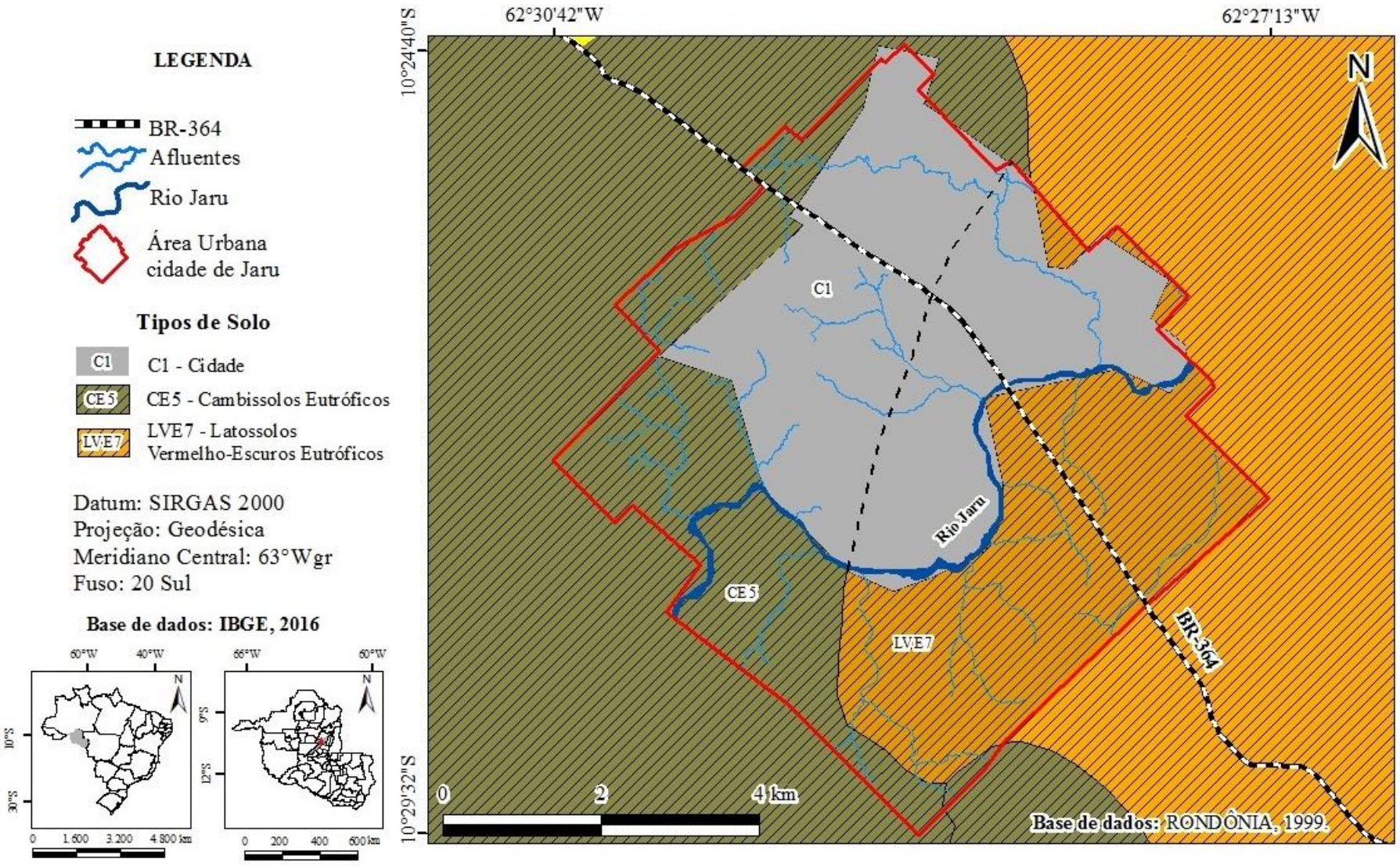


Figura 3. Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas da área urbana da cidade de Jaru/RO.

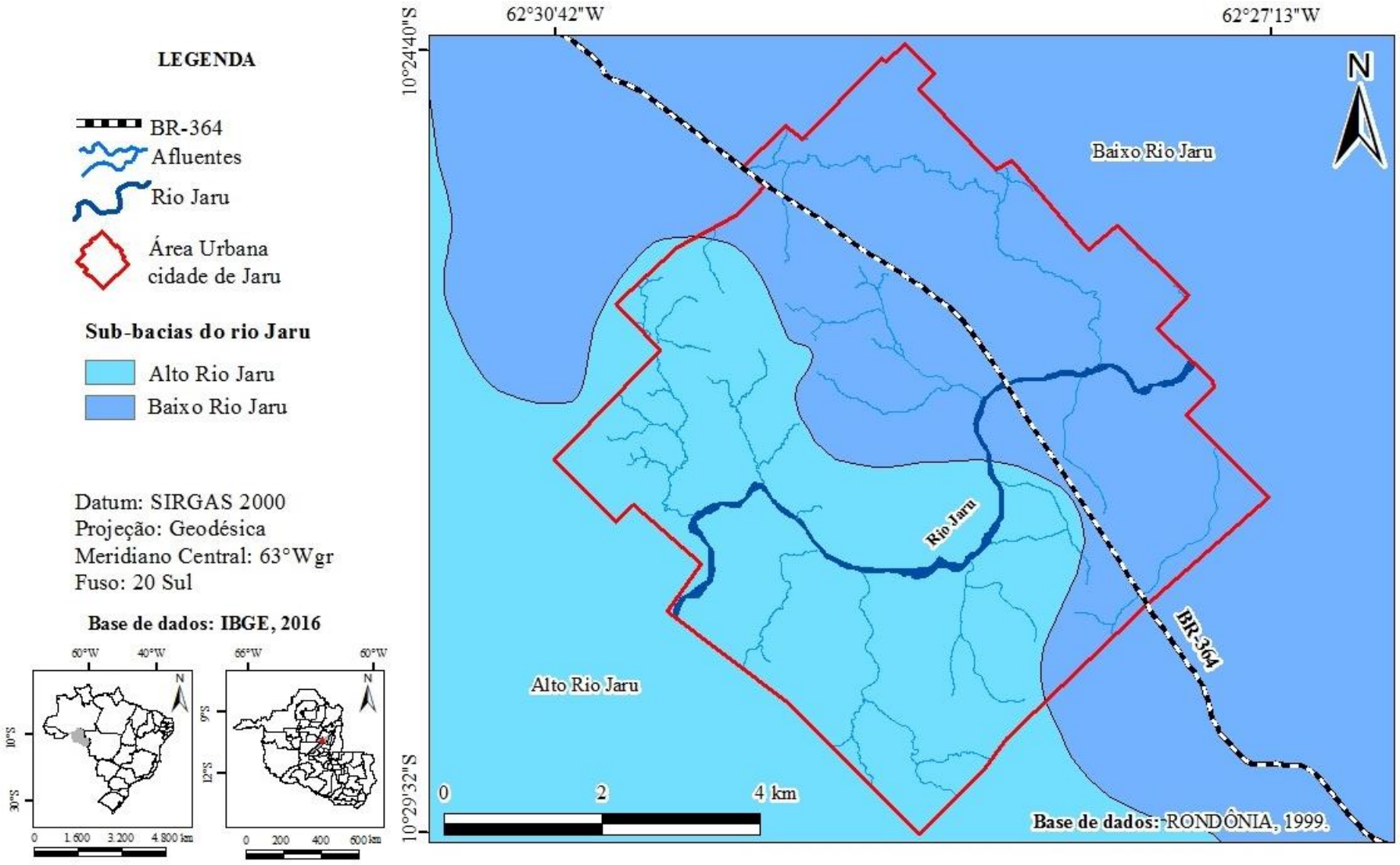
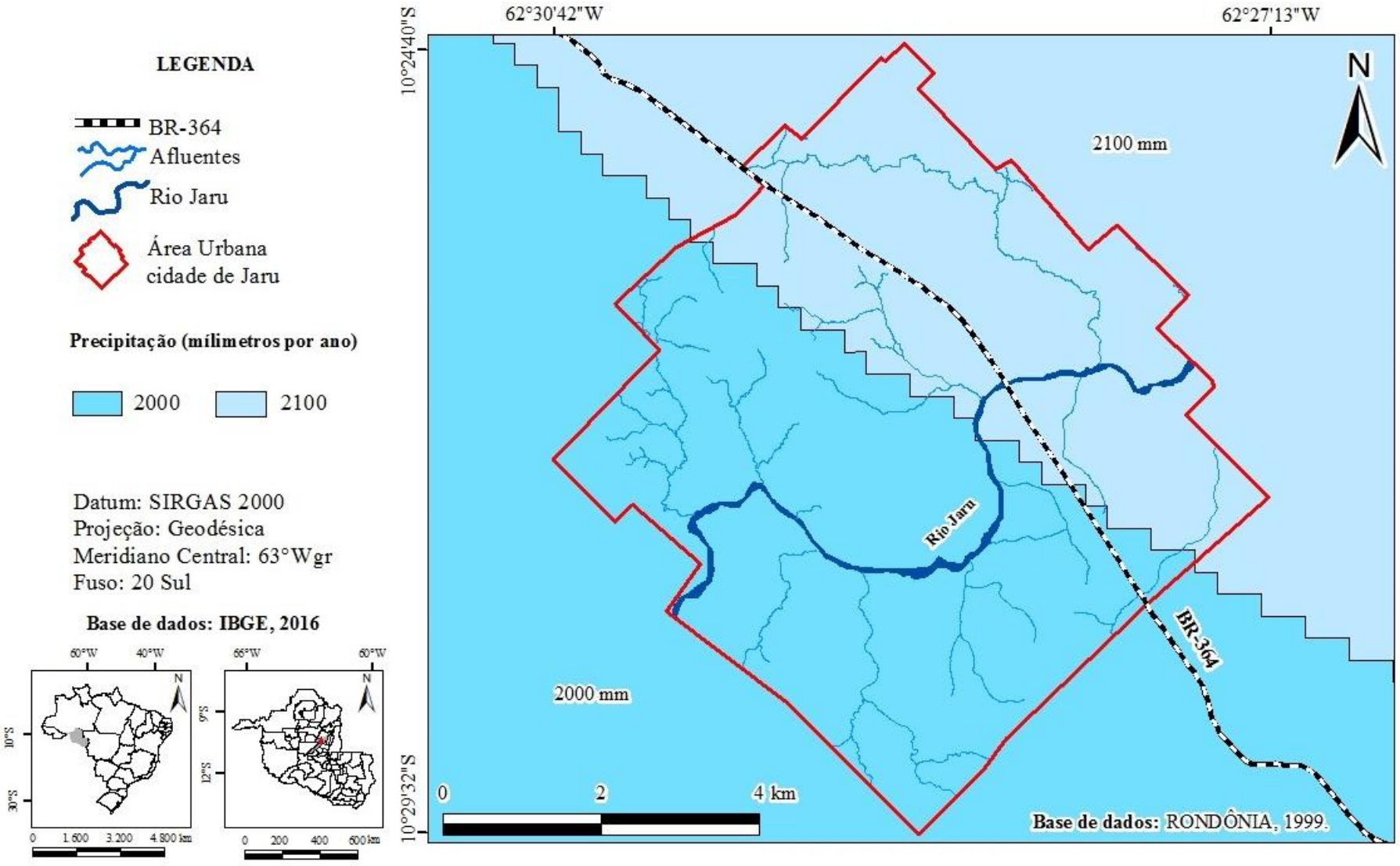


Figura 4. Mapa de precipitação da área urbana da cidade de Jaru/RO.



4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Mapeamento do uso e ocupação do solo

Para realizar o mapeamento de uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens do satélite Landsat 2, 3, 5 e 8 dos sensores MSS, TM e OLI/TIRS, com resolução espacial de 80, 30 e 15 metros, respectivamente (Tabela 1), referentes aos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2016 para remontar a série temporal. São imagens utilizadas por sua maior disponibilidade temporal de imageamento, além de serem gratuitas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Tabela 1 (MENKE et al., 2009). O período de escolha das imagens foi definido do início da colonização (ano de 1975) até o ano da inundação histórica (ano de 2016).

Tabela 1. Imagens utilizadas para análise multitemporal da área de estudo**.**

Satélite	Sensor	Data do Imageamento	Rota/Cena	Resolução Espacial (metros)
Landsat -2	MSS	24/07/1975	231/67	80
Landsat -3	MSS	18/06/1980	231/67	80
Landsat -5	TM	22/07/1985	231/67	30
Landsat -5	TM	18/06/1990	231/67	30
Landsat -5	TM	31/05/1995	231/67	30
Landsat -5	TM	15/07/2000	231/67	30
Landsat -5	TM	11/06/2005	231/67	30
Landsat -5	TM	25/06/2010	231/67	30
Landsat -8	OLI/TIRS	23/06/2015	231/67	15
Landsat -8	OLI/TIRS	27/07/2016	231/67	15

Fonte: INPE (1975), INPE (1980), INPE (1985), INPE (1990), INPE (1995), INPE (2000), INPE (2005), INPE (2010), INPE (2015), INPE (2016).

O processamento e análise dos dados foram realizados com o uso dos softwares GPS Track Maker PRO versão 4.9, Google Earth PRO versão 7.1 e ArcGIS versão 10.3.

A escolha das imagens do satélite Landsat se deu em decorrência das características de registros multiespectrais com melhor resolução espacial, em razão da maior sensibilidade dos seus sensores e a possibilidade destas imagens serem construídas em tonalidades coloridas permitindo uma interpretação mais precisa do tema em questão e um melhor monitoramento das ações antrópicas das áreas imageadas (ESCADA, 2003).

Com isso, foi realizada a composição das imagens Landsat por meio do software ArcGIS 10.3 com o uso da ferramenta *Composite Bands* disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap*.

A composição seguiu a conformação RGB (5-4-6) para imagem Landsat-2, RGB (5-7-4) para imagem Landsat-3, RGB (5-4-3) para imagem Landsat-5, e RGB (4-3-2) para imagem Landsat-8, este modelo de composição mostra os limites entre solo, água e floresta por suas tonalidades de magenta, verde e azul, respectivamente (ARAÚJO, 2006).

Após a composição colorida procedeu-se à reprojeção das imagens que se encontravam no Datum WGS84 projeção UTM da zona 20 Sul para o Datum SIRGAS 2000 projeção Geodésica por intermédio da ferramenta *Project Raster* disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap*.

Em seguida foram georreferenciadas as imagens com a ferramenta *Georeferencing* disponível na Barra de Ferramentas do *ArcMap*, com o intuito de proceder o posicionamento terrestre da imagem utilizando a vetorização dos entroncamentos das rodovias encontradas nas imagens Ladsat-8 que possuíam o seu posicionamento terrestre.

Depois desse procedimento, realizou-se a classificação do uso e ocupação do solo pela técnica de fotointerpretação. Segundo os autores Rizzi e Rudorff (2005) e Panizza e Fonseca (2011), trata-se de um método lógico e sistemático baseado no estudo das propriedades das formas levando em conta a disposição de elementos de textura de uma mesma classe, organizados em estruturas bem ou mal definidas, resultando em formas identificáveis.

Com esses procedimentos foi possível a identificação de quatro classes de uso e ocupação do solo de acordo com a classificação do IBGE (2013), são elas: Área Antropizada (áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade, áreas cobertas por gramíneas nativas ou plantadas); Urbanização (áreas urbanizadas, áreas em processo de urbanização incipiente); Água (cursos hídricos) e Floresta (fragmentos florestais, matas ciliares e formação arbustiva).

Ainda nesta sequência, calculou-se os índices percentuais das classes por meio da ferramenta *Calculate Geometry* disponível no *Attribute Table* do *ArcMap*, obtendo-se dados percentuais das classes de uso do solo.

A partir da análise temporal da área urbana da cidade de Jaru/RO elaborou-se o mapa de uso e ocupação do solo para as classes Área Antropizada, Urbanização, Água e Floresta, representantes dos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2016.

4.2 Delimitação das áreas de preservação permanente

Com a finalidade de delimitar as áreas de preservação permanente – APPs utilizou-se o software Google Earth PRO versão 7.1 para auxiliar na interpretação visual e vetorização dos

cursos d'água e nascentes existentes na área urbana da cidade de Jaru/RO. Essa vetorização foi conferida em campo com o emprego do Sistema de Posicionamento Global – GPS, marca GARMIN modelo 62ST.

Em seguida delimitou-se as APPs, tomando por referência a Lei 12.651 (BRASIL, 2012a) por meio da ferramenta *Buffer* (distanciamento) disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap*. A distância especificada para a confecção dos *buffers* ao longo dos cursos d'água foi proporcional a sua largura. Para cursos d'água com largura de 60 m os *buffers* foram de 100 m, enquanto para cursos d'água com até 10 m de largura os *buffers* foram de 30 m e para nascentes um *buffer* com raio de 50 m (OLIVEIRA et al., 2008).

Posteriormente realizou-se a criação dos arquivos vetoriais (formato *.shp*) nos quais foi possível a identificação de três classes de uso e ocupação das APPs, de acordo com a classificação do IBGE (2013), sendo representadas por: Floresta (fragmentos florestais, matas ciliares e formação arbustiva), Área Antropizada (áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade, áreas cobertas por gramíneas nativas ou plantadas) e Urbanização (áreas urbanizadas, áreas em processo de urbanização incipiente).

Ainda nesta sequência, calculou-se os índices percentuais das classes por meio da ferramenta *Calculate Geometry* disponível no *Attribute Table* do *ArcMap* para elaborar a tabela de áreas de APPs dos anos de 1975 a 2016.

A partir da delimitação das APPs da cidade de Jaru, elaborou-se os mapas de uso e ocupação do solo das APPs para as classes Flores, Área Antropizada e Urbanização dos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2016.

No seguimento da pesquisa, efetivou-se o trabalho de campo para identificação das áreas de APPs recuperadas, efetuando-se o registro por meio da coleta das coordenadas geográficas com uso do GPS Garmin 62ST e fotografias com o uso da máquina digital Olympus 76s.

4.3 Mapeamento da suscetibilidade à inundações e alagamentos

Para delimitar as áreas suscetíveis a inundações e alagamentos primeiro realizaram-se as seguintes etapas: aquisição da base de dados cartográficos, organização da base de dados e processamento dos mesmos e a elaboração do mapa de áreas suscetíveis a inundações e alagamentos.

Nesta etapa de trabalho foram utilizados os seguintes dados: Modelo Digital de Elevação - MDE do satélite SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) da folha 10S63_ZN

(INPE, 2011) e os dados de uso e ocupação do solo extraídos da imagem Landsat 8, datada em 27 de julho de 2016 (INPE, 2011). Para processamento e análise dos dados foram utilizados os softwares GPS Track Maker PRO versão 4.9, Google Earth PRO versão 7.1 e ArcGIS versão 10.3.

A escolha da imagem SRTM (INPE, 2011) foi em decorrência da disponibilidade gratuita deste dado, que passou por correções, em ambiente computacional, para o refinamento no tamanho de pixel de 90 metros para 30 metros. Esse refinamento foi realizado a partir do método de krigagem, processo baseado na análise geoestatística da variabilidade dos dados onde os coeficientes foram ajustados para adequar-se ao modelo da superfície real (AMANS et al., 2013).

Ainda, aplicou-se a metodologia adaptada de Dalfi et al. (2013), dividindo-a em três etapas: a) aquisição de dados, ajuste e correções da base de dados; b) reclassificação e atribuição de pesos aos dados (altitude, declividade e uso do solo); e c) modelagem da suscetibilidade de inundação e alagamentos.

Primeiramente realizou-se um *buffer* de 15 metros a partir da shape da área urbana da cidade de Jaru para aumentar a área de análise a fim de realizar modelagem no recorte do MDE evitando o efeito borda (LUCAS et al., 2012; PRINA; TRENTI, 2014). Recortou-se, então, o MDE a partir da nova shape espacial gerada por meio do *buffer*. Esse recorte foi realizado no software *ArcGIS* com o uso da ferramenta *extract by mask* disponível no caixa de ferramentas do *ArcToolbox*. Em seguida, foram convertidos os dados do uso de solo do formato vetorial para o formato matricial por meio da ferramenta *polygon to raster* disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap*.

Após esse procedimento foi gerada a declividade utilizando-se o MDE, onde foi aplicada a ferramenta *slope* disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap*. Com a base de dados montada, empregou-se a reclassificação dos arquivos matriciais: MDE (altitude), declividade e uso e ocupação do solo, com o uso da ferramenta *reclassify*, sendo atribuídos pesos para os arquivos matriciais (Tabelas 2, 3 e 4), de acordo com a metodologia proposta por Dalfi et al. (2013), que em seu trabalho aplica valores de 1 a 10 de acordo com o grau de suscetibilidade à inundação para cada classe do menos para o mais suscetível.

Tabela 2. Valores atribuídos para cada classe de altitude.

Classes Altitude (m)	Peso
138 - 145	10
145 - 151	9
151 - 157	8
157 - 164	7
164 - 170	6
170 - 176	5
176 - 182	4
182 - 189	3
189 - 197	2
197 - 212	1

Tabela 3. Valores atribuídos para cada classe de uso e ocupação do solo.

Classes de Uso do Solo	Peso
Agua	10
Área Urbanizada	8
Área Antropizada	7
Floresta	1

Tabela 4. Valores atribuídos para cada classe de declividade.

Classes de Declividade (%)	Peso
0 - 1,52	10
1,52 - 3,64	9
3,64 - 5,62	8
5,62 - 7,75	7
7,75 - 10,33	6
10,33 - 13,37	5
13,37 - 16,72	4
16,72 - 21,43	3
21,43 - 28,12	2
28,12 - 38,76	1

A partir da reclassificação e atribuição iniciou-se o procedimento para a próxima etapa com a ferramenta *raster calculator* disponível no *ArcToolbox* do *ArcMap* utilizando os mapas de altitude, declividade e uso do solo, no qual foi aplicada a seguinte equação proposta no trabalho de Dalfi et al. (2013):

Equação 1:

$$IA = (A*0{,}0880) + (U*0{,}2426) + (D*0{,}6694)$$

Onde:

IA= Inundação e Alagamentos;

A= Altitude;

U= Uso e Ocupação do Solo;

D= Declividade;

Logo, gerou-se o mapa de áreas suscetíveis à inundação e alagamentos, classificadas por níveis de suscetibilidade, divididas em cinco classes, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Classes de suscetibilidade à inundação e alagamentos com cores de identificação.

Classes de Suscetibilidade	Cor de Identificação
Muito alto	
Alto	
Médio	
Baixo	
Muito Baixo	

Com fundamentos nas metodologias aplicadas, tornou-se possível elaboração do mapa de suscetibilidade de inundação e alagamentos (Figuras 13 e 14) e quantificar as áreas de suscetibilidade.

4.4 Mapeamento das áreas atingidas pela inundação do ano de 2016

O mapeamento das áreas atingidas pela inundação histórica do ano de 2016, foi originado com base na adaptação das metodologias propostas por Oliveira et al. (2010) e Prina (2015), que utilizaram o levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado com curvas de nível para gerar o modelamento cartográfico da área inundável a partir da cota da régua linimétrica.

Para execução desta etapa de trabalho foram utilizados (1) dados hidrometeorológicos cota de inundação e precipitação dos anos de 1981 a 2016 (SEDAM, 2016), além do (2) levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado do sistema de esgotamento sanitário da área urbana da cidade de Jaru (CAERD, 2016), e (3) duas etapas de trabalhos de

campo com a obtenção de 79 pontos georreferenciados (Figura 5), incluindo registros fotográficos. Os pontos georreferenciados foram organizados alfanumericamente sob o título "J" e numerados de 1 a 79.

A primeira etapa de campo ocorreu no dia 30 de março de 2016, período em que o rio Jaru atingiu a sua maior inundação histórica alcançando a cota de 11 metros (SEDAM, 2016). Foram obtidas coordenadas geográficas com a utilização do GPS Garmin Map 62 ST nas ruas e outras vias de acesso das áreas atingidas pela lâmina d'água.

A segunda etapa dos trabalhos de campo foi realizada em 2 de janeiro de 2017, momento em que se coletaram os dados planialtimétricos da régua linimétrica de 9 a 10 metros da ANA (Figura 6), com a utilização do equipamento GNSS Trimble 5700 L1 Serie, posicionando-se na régua cotas de 9 a 10 metros. O levantamento foi do tipo estático rápido com tempo de rastreio de aproximadamente 30 minutos (Tabela 6).

A referida base foi ajustada pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso - PPP, com tempo de rastreio próximo a 5 horas (maior tempo de rastreio). No ponto obteve-se uma precisão horizontal de 0,004 m e 0,010 m na vertical. Um fato a se destacar é que os dois pontos altimétrico estiveram correlacionados ao modelo geoidal EGM 2008 e a altitude final de cada ponto foi a ortométrica (e não a elipsoidal), levando-se em consideração o geoide e não o elipsoide, conforme menciona Prina (2015).

Figura 5. Mapa de pontos georreferenciados na área urbana da cidade de Jaru/RO.

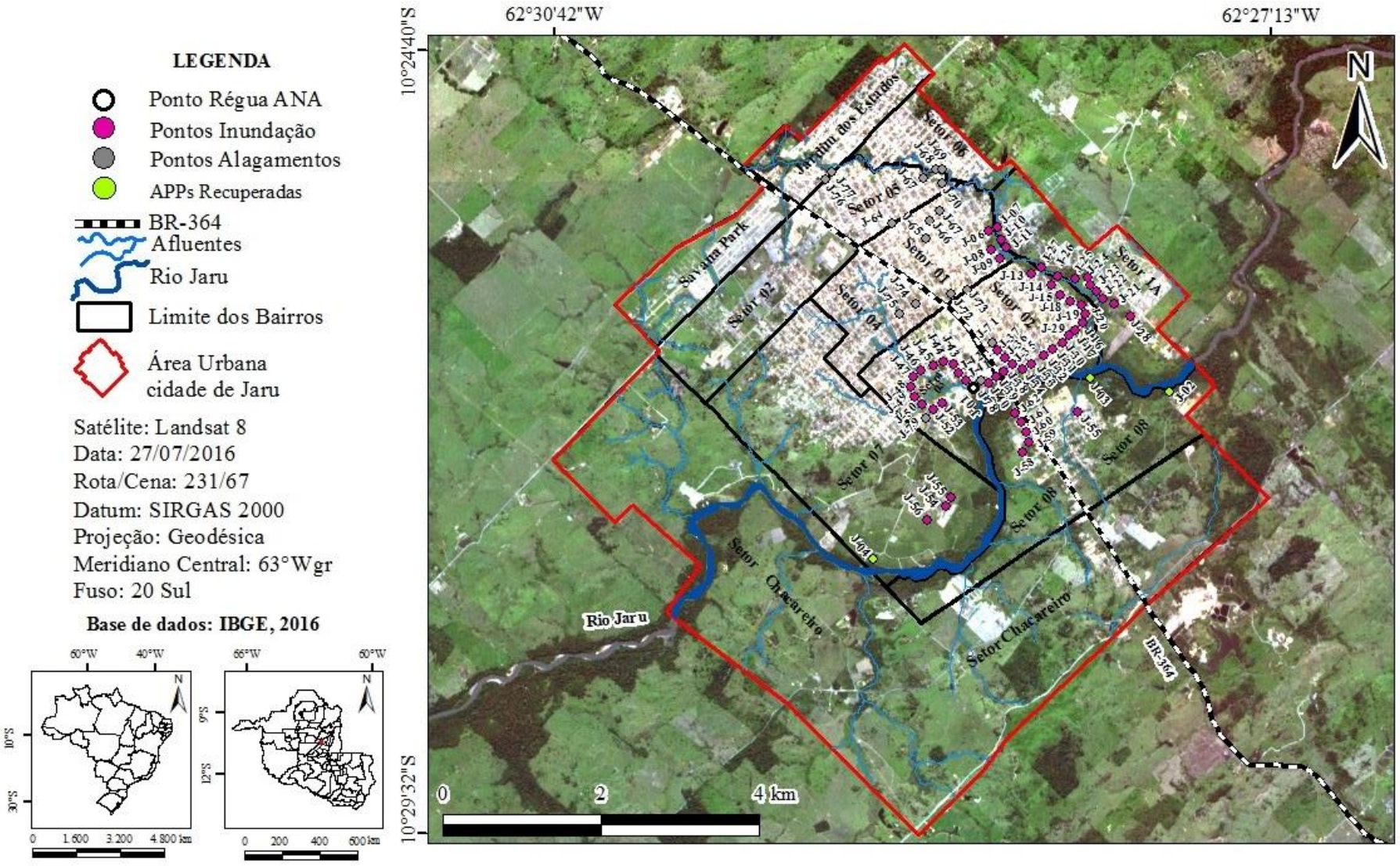


Figura 6. Levantamento planialtimétrico da régua linimétrica de 9 - 10 metros da ANA. Ponto J-01.

Fonte: A, B, C - Pagani, C.H.P., 02 de janeiro de 2017. **D** – Satélite Airbus de 14/06/2016.

Tabela 6. Dados coletados da cota altimétrica da régua da ANA de 9 a 10 metros.

	Coordenadas Geográficas		
Ponto	Latitude	Longitude	Cota (m)
Base GNSS	10°26'10,93901"S	62°27'49,18350"W	158
Régua 9 - 10 m	10°26'47,95680"S	62°27'58,19721"W	143

As curvas de nível obtidas pela Companhia de Águas e Esgoto de Rondônia - CAERD (CAERD, 2016) foram geradas com espaçamento altimétrico de 1 metro para representar as condições da superfície do terreno. Com a aquisição dessas curvas de nível somadas à coleta de dados de campo executou-se o processamento dos dados com o uso das curvas de nível em conjunto com a cota altimétrica de inundação com a finalidade de realizar ajustes dos dados a fim de estabelecer a superfície atingida pela inundação.

Para modelar a superfície de inundação, empregou-se a equação aplicada por Oliveira et al. (2010), definindo a cota de inundação baseando-se na cota altimétrica da régua linimétrica

levantada em campo. Com isso, definiu-se o cenário com nível de água de 11 metros, cota máxima registrada ao longo do rio Jaru. As cotas geradas são listadas na Tabela 7 e a equação utilizada foi a seguinte:

Equação 2:

$$C = CR + AN$$

Onde:

C= Cota atingida pelo rio;

CR= Cota altimétrica do rio;

AN= Aumento do nível.

Tabela 7. Valores gerados a partir da Equação 2.

(CR) Cota de Nível (m)	(C) Cota altimétrica (m)
9	143
10	144
11	145

A espacialização das áreas afetadas pela inundação ocorreu pelo cruzamento das curvas nível (cota altimétrica 145 metros) com os pontos coletados em campo, modelando, assim, o nível que a água atingiu a cota de nível de 11 metros.

A modelagem do mapeamento de inundação deu-se com base da seleção das curvas de nível com cota altimétrica de 145 metros, ajustados aos 57 pontos coletados em campo, na inundação histórica de 2016. Esses dados foram processados por meio da ferramenta *feature to polygon* e *reshape feature tool* formando o polígono de inundação.

De acordo com os dados da Coordenadoria de Recursos Hídricos – COREH, a inundação do dia 30 de março de 2016 foi a maior desde 1982 (SEDAM, 2016), como pode ser observado na Tabela 8, tendo correspondência com o ano no qual se iniciou a coleta das cotas de nível do rio Jaru, tornando um fator importante para o mapeamento da maior inundação até agora registrada.

Tabela 8. Série histórica de inundações do rio Jaru/RO.

Data	Cota Máxima (m)
02/02/1989	10,10
16/02/1994	10,09
05/03/1998	10,46
22/02/2013	10,02
26/03/2014	10,41
30/03/2016	11,00

A partir das metodologias aplicadas, tornou-se possível elaborar o mapa de inundação do ano de 2016 (Figuras 21 e 22) e quantificar as áreas atingidas por essa inundação (Tabelas 14 e 15).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapeamento do uso e ocupação do solo

A análise dos resultados foi iniciada a partir da verificação dos mapas e do índice percentual das classes Área Antropizada, Urbanização, Água e Floresta para o uso e ocupação do solo dos anos de 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2016 (Tabela 9 e Figuras 7, 8, 9, 10 e 11).

Analisando o período de 1975 a 1990 (período mais intenso da colonização), é possível aferir que a classe Área Antropizada obteve significativo aumento, pois iniciou com 0,27%, e atingiu 66,81% no ano de 1990 (Tabela 9). Quando se trata da classe Urbanização, torna-se possível verificar o valor 5,68% no ano de 1975 e um aumento de 13,58% no ano de 1990 em relação ao ano antecedente. Com relação à classe Água iniciou com 1,33% no ano de 1975 e obteve um aumento de 0,26% no ano de 1990 em relação ao ano precedente. Com o efeito dos aumentos das classes Área Antropizada e Urbanização, houve a redução do índice percentual da classe Floresta que iniciou no ano de 1975 com 92,73% e passou a representar uma perda de 80,38% da porção total da área urbana no ano de 1990.

Constata-se que houve um aumento no índice percentual apenas nas classes Área Antropizada e Urbanização durante o período de 1975 a 1990, dado que este período corresponde à época de intensa colonização da região (Figuras 7 e 8) que provocou, também, o crescimento do município o qual necessitava a retirada de floresta para a criação de ruas e quadras viabilizando à população a construção de suas residências.

Tabela 9. Área percentual de classes de uso do solo dos anos 1975 a 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

	Uso do solo (%)			
Anos	Área Antropizada	Urbanização	Água	Floresta
1975	0,27	5,68	1,33	92,73
1980	23,47	9,65	1,33	65,56
1985	64,27	16,03	1,33	18,37
1990	66,81	19,26	1,59	12,34
1995	68,12	22,55	1,76	7,57
2000	62,74	27,18	1,77	8,31
2005	60,14	29,65	1,77	8,45
2010	54,62	30,66	1,21	13,51
2015	48,80	33,42	1,75	16,03
2016	48,80	33,42	1,75	16,03

Dando continuidade na análise dos dados da Tabela 9, apura-se que o período de 1990 a 2000 (período de transição) foi o período que ocorreu aumento no índice percentual da classe Área Antropizada, chegando a atingir 68,12% do total da área urbana da cidade de Jaru. Neste mesmo tempo pode-se observar que a classe Urbanização obteve aumento, mas apenas de 3,29% em relação ao ano de 1990, por outro lado, a classe Água atingiu 1,76%. Com o aumento das classes citadas observa-se que este período foi o mais crítico para a classe Floresta a qual atingiu o seu menor índice percentual (7,57%).

Todavia, analisando os dados do período de 2000 a 2016 (período de pós-colonização) Tabela 9, é possível verificar um declínio percentual da classe Área Antropizada, sendo equivalente a uma perda de 19,31% no ano de 2016 em relação ao ano de 1995. Ainda nesse mesmo período a classe Urbanização alcançou o seu maior índice percentual no ano de 2016 com 33,42% do total da área urbana da cidade de Jaru, o mesmo ocorreu para a classe Água atingindo 1,75%. Com o decréscimo da classe Área Antropizada, aumentou a classe Floresta que no ano de 2016 atingiu 16,03% da cobertura total da área urbana.

Esse fenômeno com a classe Água pode ser explicado pela deposição de sedimentos advindos da erosão do solo de áreas desmatadas proporcionando aumento na espacialização da lâmina d'água, processo que é mais conhecido como assoreamento dos rios. O aumento das classes Urbanização e Floresta podem ser observados nas porções noroeste e centro-oeste nas Figuras 10 e 11.

Pedlowski et al. (1999) justificam tais resultados quando afirmam que o programa POLONOROESTE (BRASIL, 1981a) atingiu no final da década de 1980 um elevado índice de desmatamento e diversos conflitos territoriais. Este programa tinha como objetivo fundamental a intensa ocupação e criação de núcleos urbanos com cidades refletindo o aumento do fluxo migratório sob uma visão de crescimento a qualquer preço, gerando atitude plenamente predatória dos recursos naturais (MATIAS, 2001), que resultou na maior ocupação de áreas no entorno do trecho da rodovia BR-364, como pode ser observado na Figura 7.

Em função da representatividade da cidade como configuração do ordenamento territorial, o uso e ocupação do solo são aspectos determinantes para o crescimento populacional que resultam no uso intensivo do espaço urbano, modificando, por sua vez, os componentes do ciclo hidrológico no escoamento superficial, na recarga de aquíferos e na qualidade da água, além do meio físico e biológico, acarretando desequilíbrio do ecossistema (FONTOURA, 2013).

No período de pós-colonização (anos de 2000 a 2016) sobreveio a diminuição da classe Área Antropizada. Por outro lado, o aumento da classe Floresta se deu por regeneração natural

de áreas abandonadas que passaram por um intervalo sem atividades agropecuárias. Surgiu, então, a proliferação de plantas pioneiras, de rápido crescimento, formando uma vegetação de porte pequeno (arbustos) localizada nas proximidades do rio Jaru, nas porções central, sudoeste e noroeste (Figuras 10 e 11).

Os anos de 2000 a 2016 também foram marcados pela fase final do programa POLONOROESTE (BRASIL, 1981a), mais especificamente no ano de 1986, e o início dos planos PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) e o ZSEE (RONDÔNIA, 1991b; RONDÔNIA, 2000), além da criação da Secretária Municipal do Meio Ambiente – SEMA (JARU, 2009), criação da Organização Não Governamental Evitando a Poluição do Ambiente – ONG EPA (JARU, 2010), bem como mudanças no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012a) que eventualmente passou a influenciar no acréscimo do índice da classe Floresta do período, pois nele iniciou o trabalho de fiscalizações e licenciamento ambiental.

O PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) foi implantado por mudanças no comportamento da sociedade em um momento de exploração predatória dos recursos naturais durante o processo de colonização, diante do modelo de desenvolvimento aplicado naquela época, e que posteriormente tornou-se necessário substituir este modelo por um novo com base nos critérios do desenvolvimento sustentável (OTT, 2002).

Em junho de 1993 teve início efetivamente o PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) que favoreceu o aumento percentual da classe Área Antropizada no ano de 1995. Durante o período de vigência o Programa enfrentou problemas de descontinuidades, como: desembolso de recursos, empecilhos advindos do governo federal e estadual e as suas constantes mudanças, acarretando em sua paralisação temporária (BARAÚNA, 2005).

No ano de 1996, após três anos de vigência do PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a), em virtude do aumento percentual da classe Área Antropizada no ano de 1995, foi realizada a avaliação do programa que diagnosticou que os objetivos propostos, além de não estarem sendo alcançados não apresentavam reflexos de sustentabilidade e acarretavam problemas sociais e ambientais (FERREIRA et al., 2006), em virtude do aumento percentual da classe Área Antropizada no ano de 1995 conforme pode ser observado na Figura 9 e Tabela 9.

Figura 7. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1975 e 1980 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

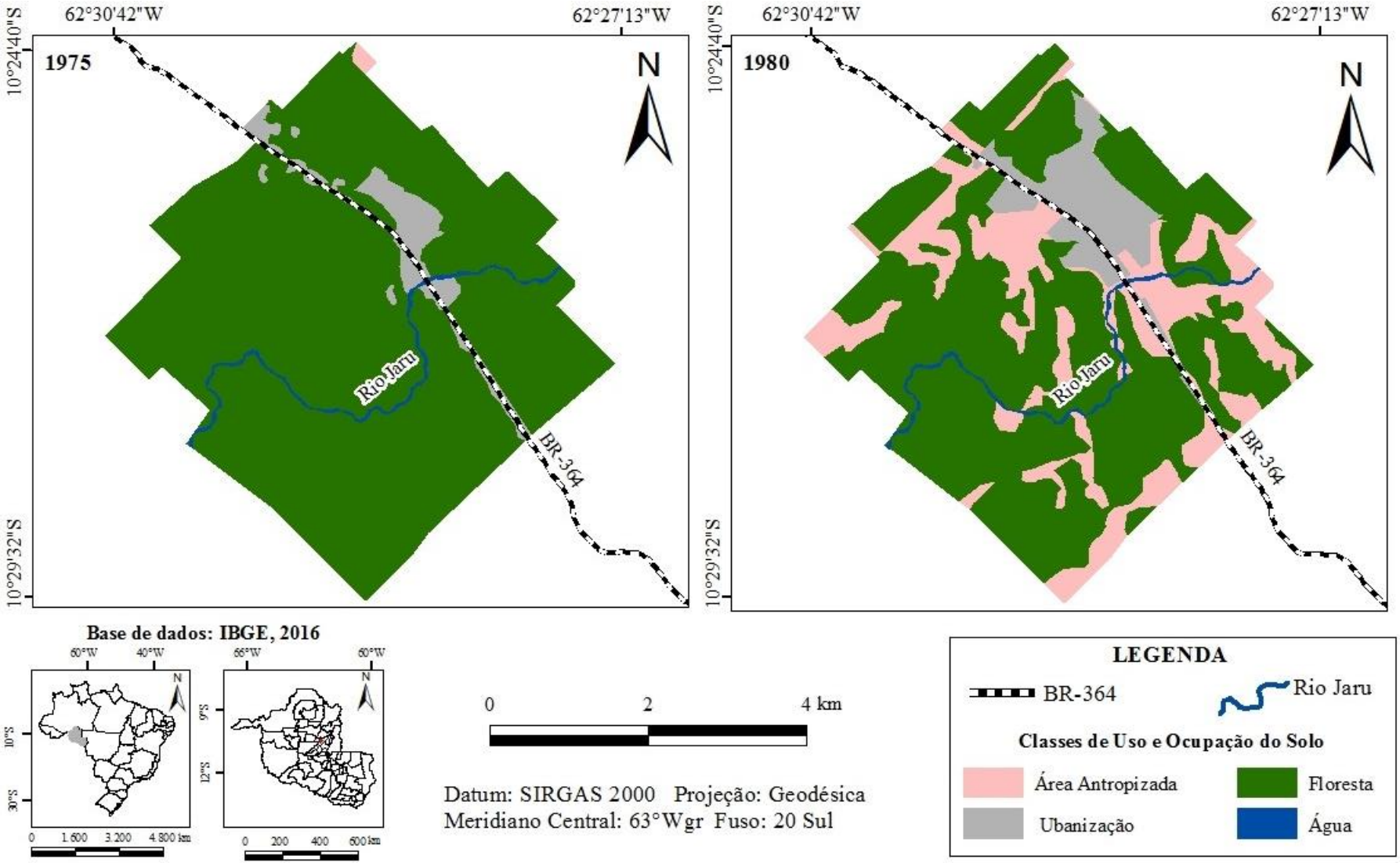


Figura 8. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1985 e 1990 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

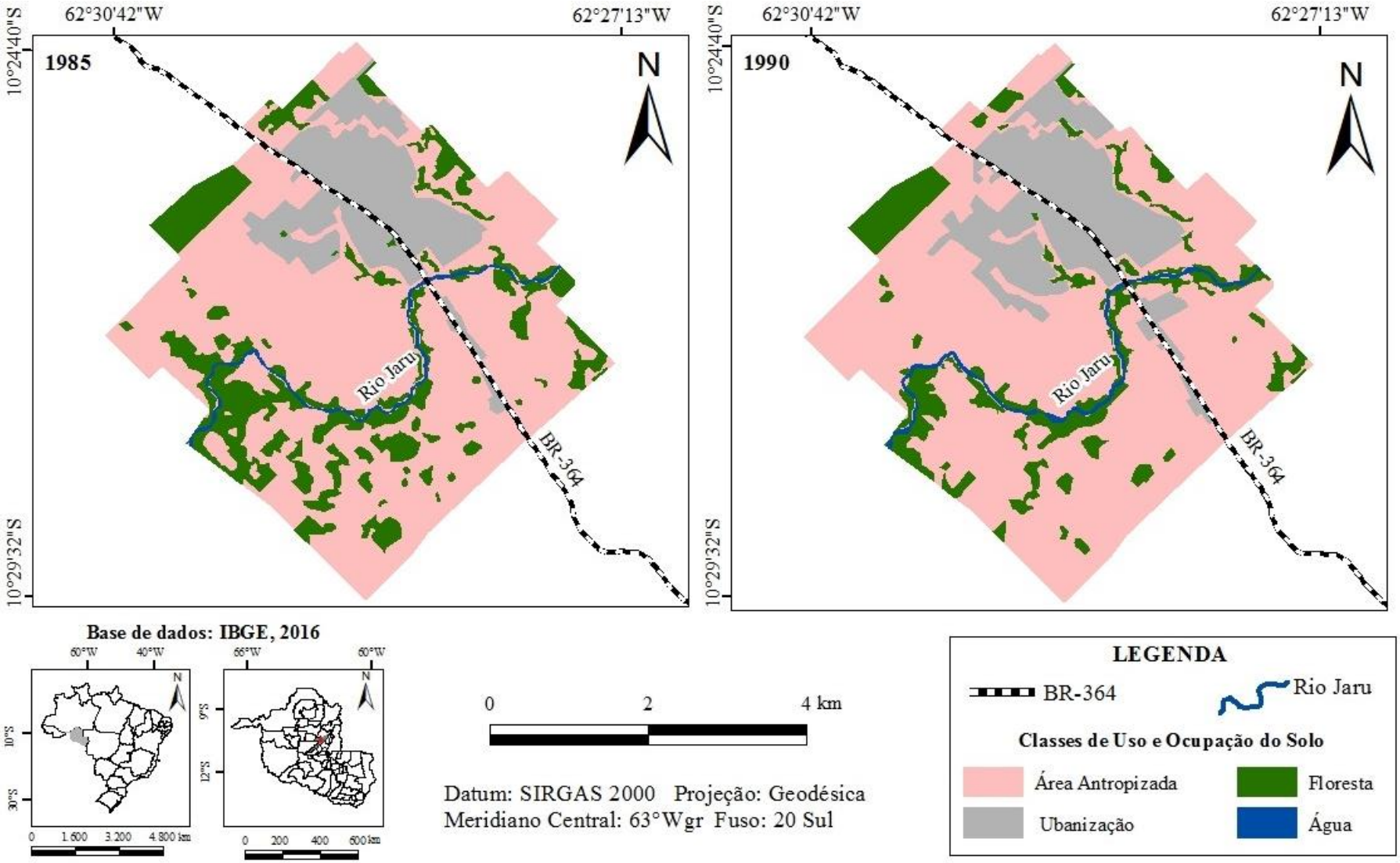


Figura 9. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1995 e 2000 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

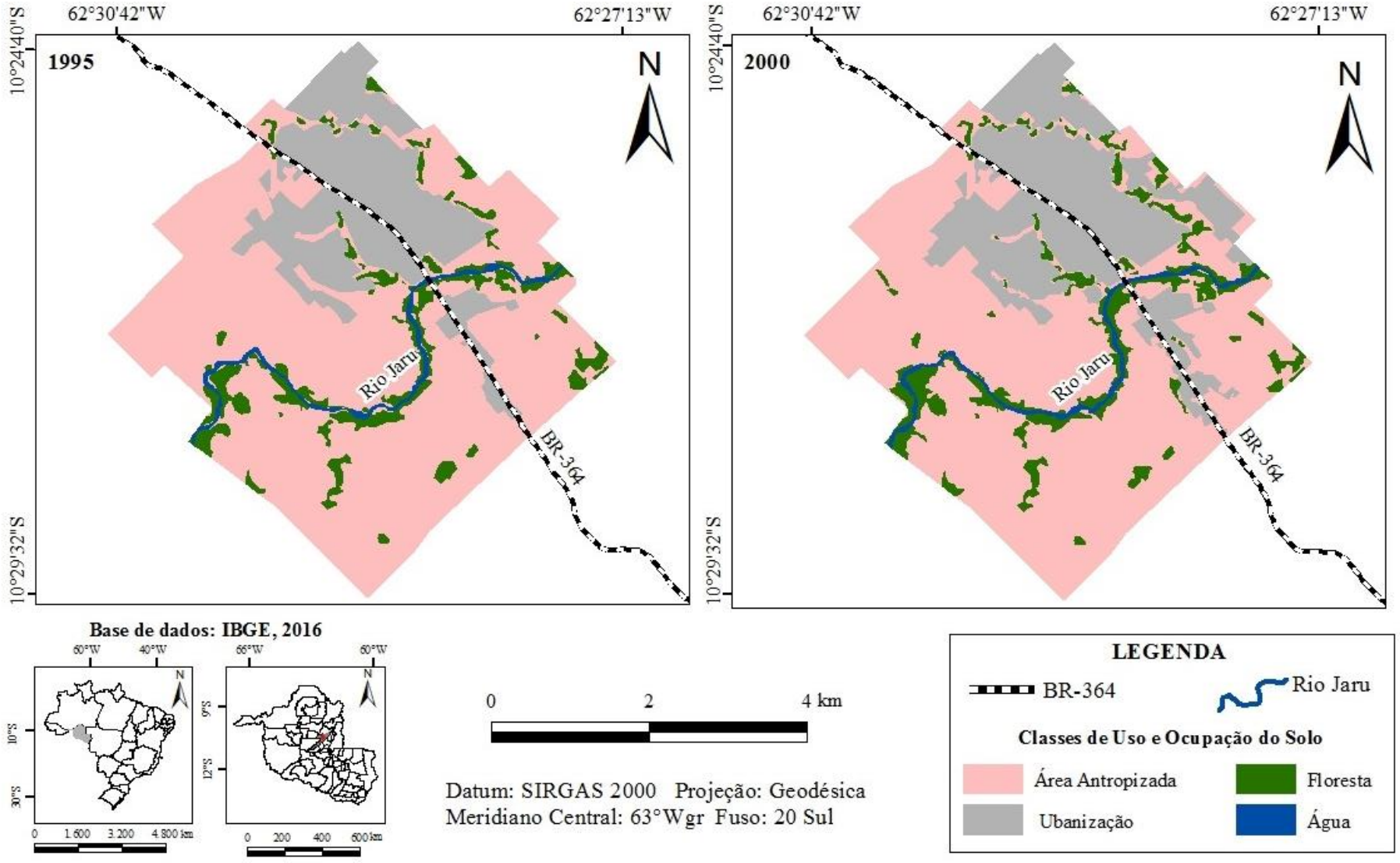


Figura 10. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2005 e 2010 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

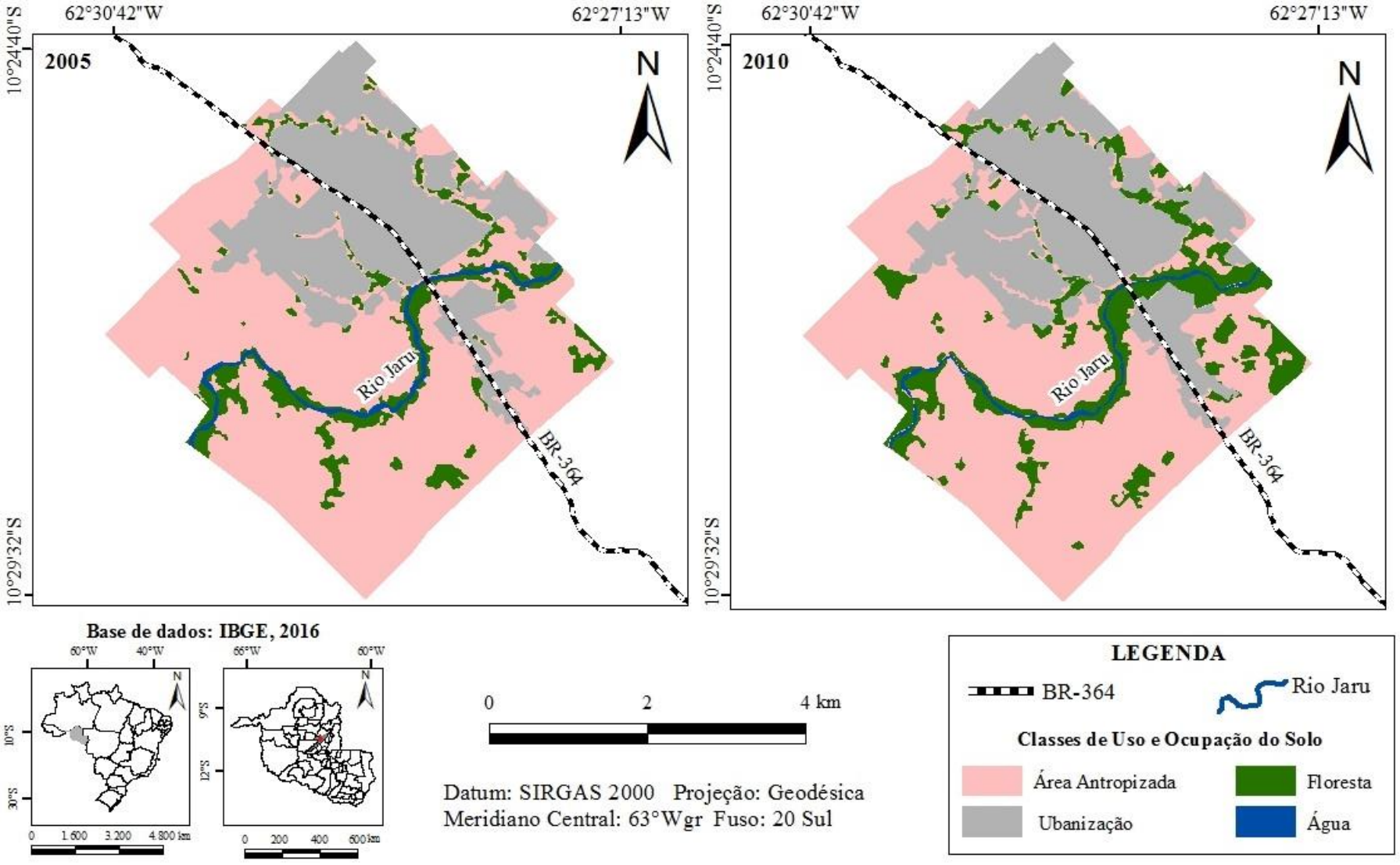
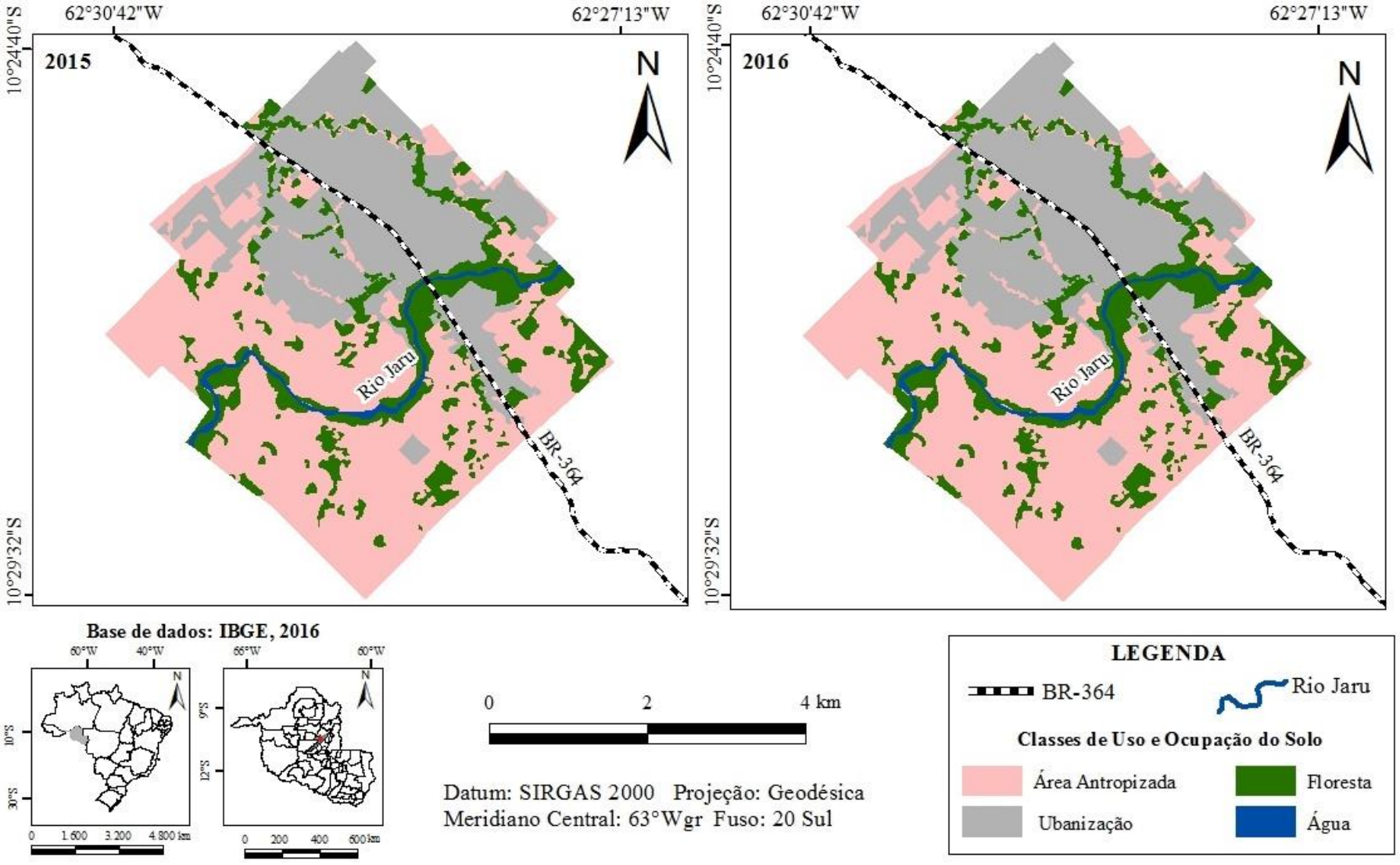


Figura 11. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2015 e 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.



5.2 Delimitação das áreas de preservação permanente

Com a aplicação das geotecnologias na área de estudo foi possível identificar 30 nascentes e 30 afluentes, bem como quantificar 506,5 hectares (3,83 km²) de APPs ocupando 13,21% da área urbana da cidade de Jaru (Figura 12). Ainda com relação às APPs, na Tabela 10 são exibidos os valores percentuais do uso e ocupação das áreas de APPs do ano de 1975 a 2016. Nas Figuras 13, 14, 15, 16 e 17 são apresentados os mapas de delimitação e ocupação das áreas de APPs da porção urbana da cidade de Jaru.

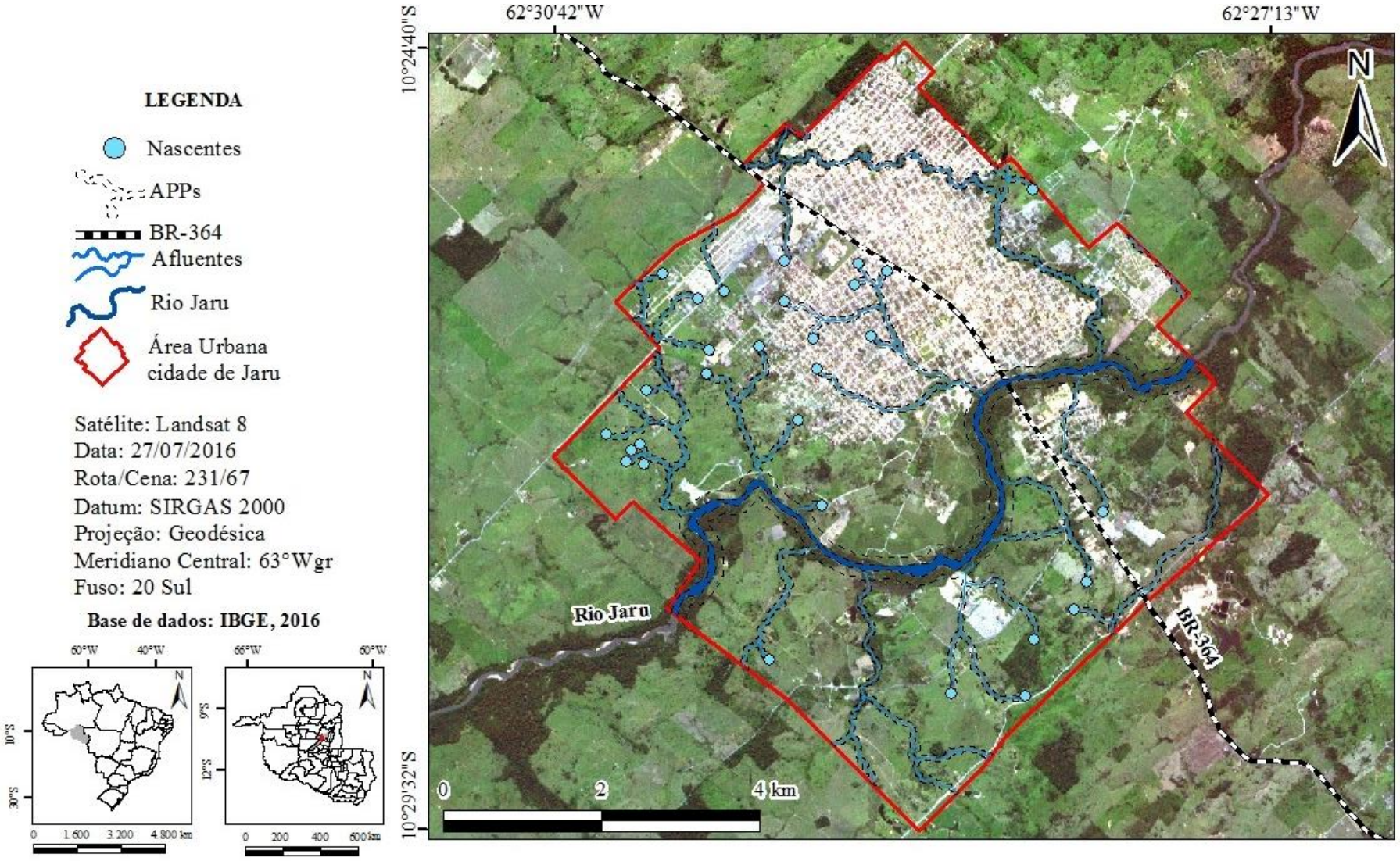
Considerando o período de 1975 a 1990 (período mais intenso de colonização), de acordo com a Tabela 10, pode-se apurar que a classe Área Antropizada foi a que mais obteve crescimento neste período, com 60,13% da porção total das APPs. Quando se trata da classe Urbanização, é possível verificar um aumento de 3,85% no ano de 1975 e 0,63% no ano de 1990 em relação ao ano anterior. Como consequência desses aumentos das classes Área Antropizada e Urbanização, houve a redução do índice percentual da classe Floresta que iniciou no ano de 1975 com 90,15% e passou a representar uma perda de 60,76% da porção total das APPs no ano de 1990.

Tabela 10. Área percentual de classes de uso do solo nas APPs da área urbana da cidade de Jaru no período de 1975 a 2016.

Uso do Solo (%)			
Anos	Área Antropizada	Urbanização	Floresta
1975	0,00	3,85	96,15
1980	25,92	1,72	72,35
1985	55,60	3,19	41,21
1990	60,13	4,47	35,40
1995	65,08	5,06	29,86
2000	59,96	6,27	33,76
2005	60,33	7,05	32,62
2010	49,41	6,50	44,10
2015	42,72	7,65	49,63
2016	42,72	7,65	49,63

Prosseguindo a análise dos dados da Tabela 10, de 1990 a 2000 foi o período de transição entre o período mais intenso de colonização e o de pós-colonização ocasionando o aumento no índice percentual da classe Área Antropizada (65,08%). No ano de 1995 também pode-se examinar que a classe Floresta atingiu a porcentagem de 29,86%, enquanto a classe Urbanização sofreu um aumento de 0,59% em relação ao ano de 1990.

Figura 12. Nascentes, afluentes do rio Jaru e Áreas de Preservação Permanente (APPs) da área urbana da cidade de Jaru/RO.



Considerando os dados do período de 2000 a 2016 (período de pós-colonização), fornecidos pela Tabela 10, é possível verificar um declínio percentual da classe Área Antropizada, sendo equivalente a uma perda de 22,36% no ano de 2016 em relação a 1995.

Ainda nesse mesmo período, a classe Urbanização alcançou um aumento de 1,99% no ano de 2005 mostrando, inesperadamente, uma redução de 0,55% no ano de 2010 em relação ao ano de 2005, mas voltando a aumentar no ano de 2015, atingindo um índice percentual de 7,65% e mantendo este mesmo índice no ano de 2016. Por outro lado, a classe Floresta nesse mesmo período (2000 a 2016) exibiu um aumento de 15,86% no ano de 2016 em relação ao ano de 2000.

Segundo Montebugnoli (2015), apenas na década de 1970 o estado de Rondônia apresentou vegetação primária intacta em sua maior parte, entretanto, com o começo da colonização iniciou-se o inadequado uso dos recursos naturais acarretando no desmatamento indiscriminado de sua vegetação, principalmente nas áreas de proteção ambiental (APPs).

Este fato decorreu provavelmente pela iniciativa tardia das ações conservacionistas da época, pois mesmo com a apresentação de leis e decretos federais postulados desde 1934, com medidas de preservação por parte do governo brasileiro, um exemplo disto o primeiro Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1934), as ações conservacionistas só foram consolidadas a partir da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), que dispõe sobre a legalização das condutas em defesa do meio ambiente (OTT, 2002).

Por efeito dos índices percentuais obtidos nos anos de 1975 a 1990, caracterizados pelo período mais intenso da colonização, esse fenômeno é justificável que o intenso processo de degradação das áreas de APPs ocorrido durante a execução dos planos do governo federal, precipuamente durante a execução do POLONOROESTE (BRASIL, 1981a; NASCIMENTO, 2010). Durante esse período ocorreu o desmatamento, singularmente nas áreas próximas à rodovia BR-364, devido à facilidade de acesso. Por sua vez, a ocupação nessas áreas manifesta como propósito a produção agropecuária, exploração madeireira e mineral, concernindo com o reflexo ocasionado pelo fluxo migratório do período mais intenso da colonização da região (BORGES, 2012).

Neste sentido, em consequência das críticas sofridas pelo POLONOROESTE (BRASIL, 1981a), em virtude dos reflexos deixados referentes a questão socioambiental, surge o PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) como resposta do Banco Mundial, do Governo Federal e do Governo do Estado de Rondônia, na tentativa de resolver os problemas deixados pelo rastro de destruição dos recursos naturais do projeto antecessor (CAVALCANTE, 2011).

O PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) foi implantado com o desafio de controlar o desmatamento sem estagnar o progresso, proporcionando alternativas de ocupação racional que não obstruiria o desenvolvimento econômico e que estivesse em conciliação com o equilíbrio ecológico criando harmonia no crescimento socioeconômico e a conservação do meio ambiente (BORGES, 2012).

O período de 1990 a 2000 caracterizou-se como transição entre os planos POLONOROESTE (BRASIL, 1981a) e PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a), visto que o PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a) teve início efetivo no ano de 1993 e foi finalizado em 2002. Em decorrência da vigência desse projeto é possível notar que houve um efeito redução do desmatamento durante os anos de 2000 e 2005 (Tabela 10).

A fim de verificar as ações aplicadas pelo PLANAFLORO (RONDÔNIA, 1991a), no ano de 1996 uma avaliação do plano, diagnosticou que os objetivos propostos não estavam sendo alcançados, visto que apresentava aumento do desmatamento (FERREIRA et al., 2006), como pode ser constatado nos valores das classes Área Antropizada e Urbanização no ano de 1995 (Tabela 10).

Após a finalização deste plano, os valores percentuais da classe Área Antropizada continuaram a decair, ou seja, essas áreas foram consolidadas em áreas das classes Urbanização e Floresta, tornando-se, consequentemente, um aspecto positivo pela recuperação das áreas degradadas (Figuras 16 e 17), nas proximidades do rio Jaru e na porção norte das APPs e localizados pelos pontos J-03, J-04 e J-05.

A recuperação dessas áreas adveio por conta das ações praticadas pelos órgãos governamentais e não governamentais em defesa do meio ambiente, principalmente no que diz respeito às áreas de APPs. São ações iniciadas a datar da implantação da Secretaria de Meio Ambiente do Município – SEMA (JARU, 2009) e da criação da Organização Não Governamental Evitando a Poluição do Ambiente – ONG EPA (JARU, 2010), que trabalharam em conjunto para o plantio de espécies nativas das áreas de APPs, construção de cercas para impedir o acesso de animais e a fiscalização no intuito de evitar o desmatamento e a construção de residências (Figura 17). Ainda mais, foram realizadas ações de educação ambiental objetivando conscientizar e incentivar a população para preservação das áreas de APPs, com o propósito de prevenir ações como o desmatamento, descarte de resíduos sólidos e construções de casas.

Outro fator que contribuiu para o acréscimo no índice percentual da classe Floresta nas áreas de APPs foram as mudanças do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012a) que tornou mais atrativo a preservação dessas áreas com a possibilidade de regeneração natural, além de

possibilitar que as propriedades rurais com áreas consolidadas nas APPs até 22 de julho de 2008, mantivessem atividades agrosilvipastoris, ecoturismo e turismo rural de acordo com o exposto no artigo 61-A da lei 12.651 (BRASIL, 2012a). Trata-se de áreas preservadas, mas podem ser realizadas atividades que gerem renda para o proprietário como a silvicultura e fruticultura.

Segundo Almeida (2010), essas áreas margeadas ao longo de rios, que durante o processo de ocupação tornam-se urbanos, são historicamente áreas atrativas para ocupação clandestina improvisada. E, com o decorrer do tempo, esses ambientes tornaram-se territórios de risco e de perigos diversos transformando-os em áreas degradadas com descarte de lixo e esgoto e, consequentemente, passando a ser negados pela sociedade, sendo ou não ocupados.

Figura 13. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1975 e 1980 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

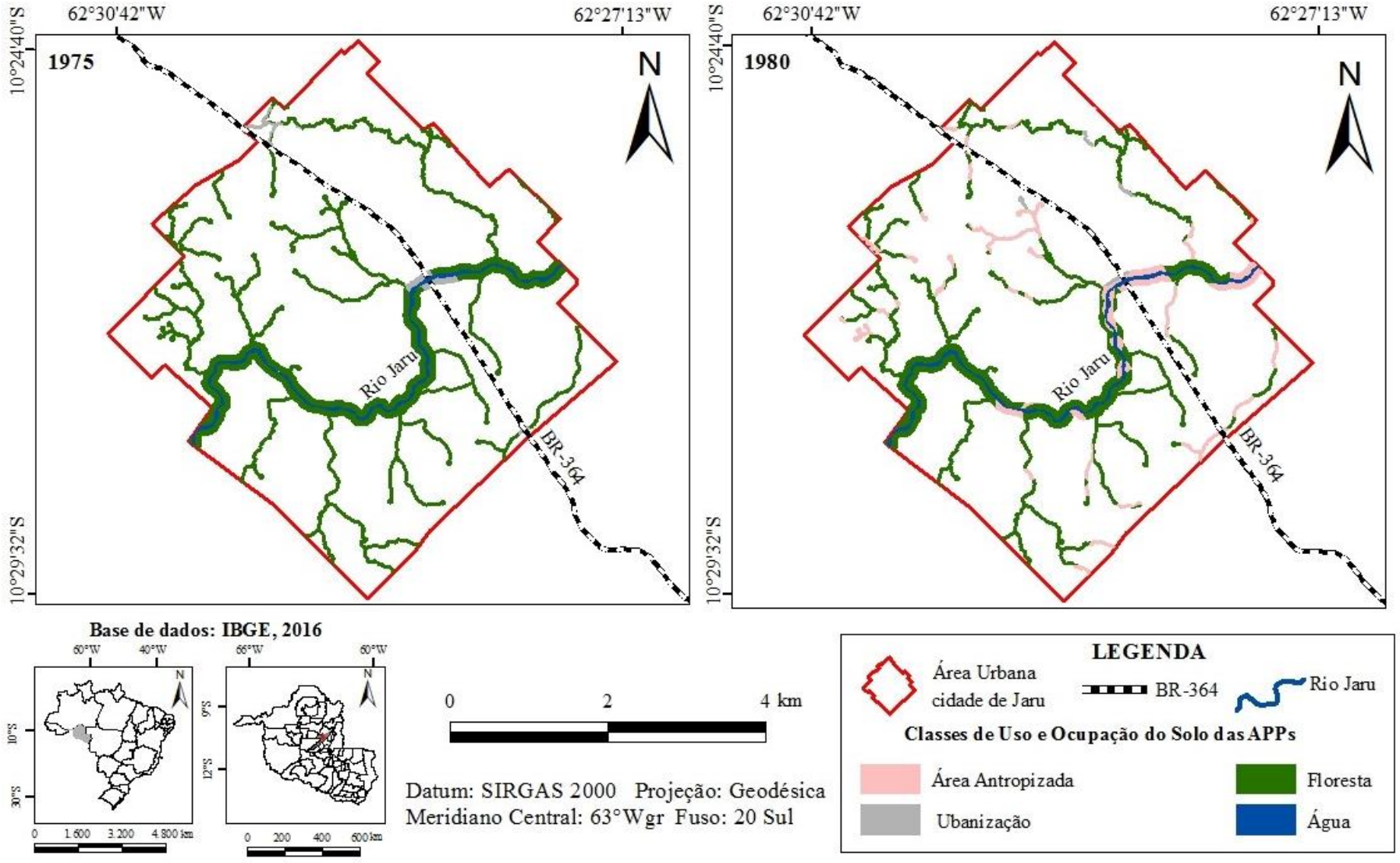


Figura 14. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1985 e 1990 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

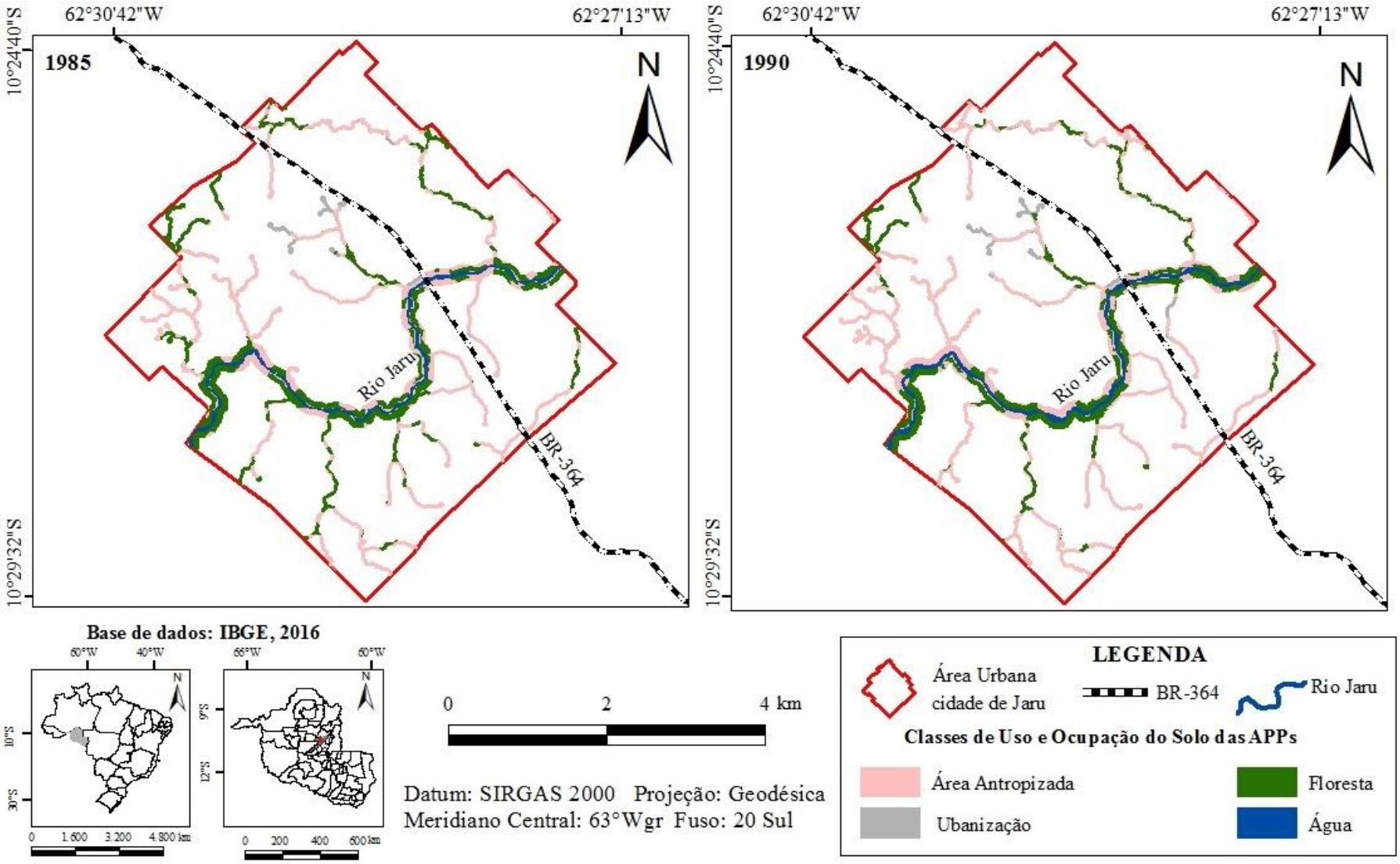


Figura 15. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 1995 e 2000 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

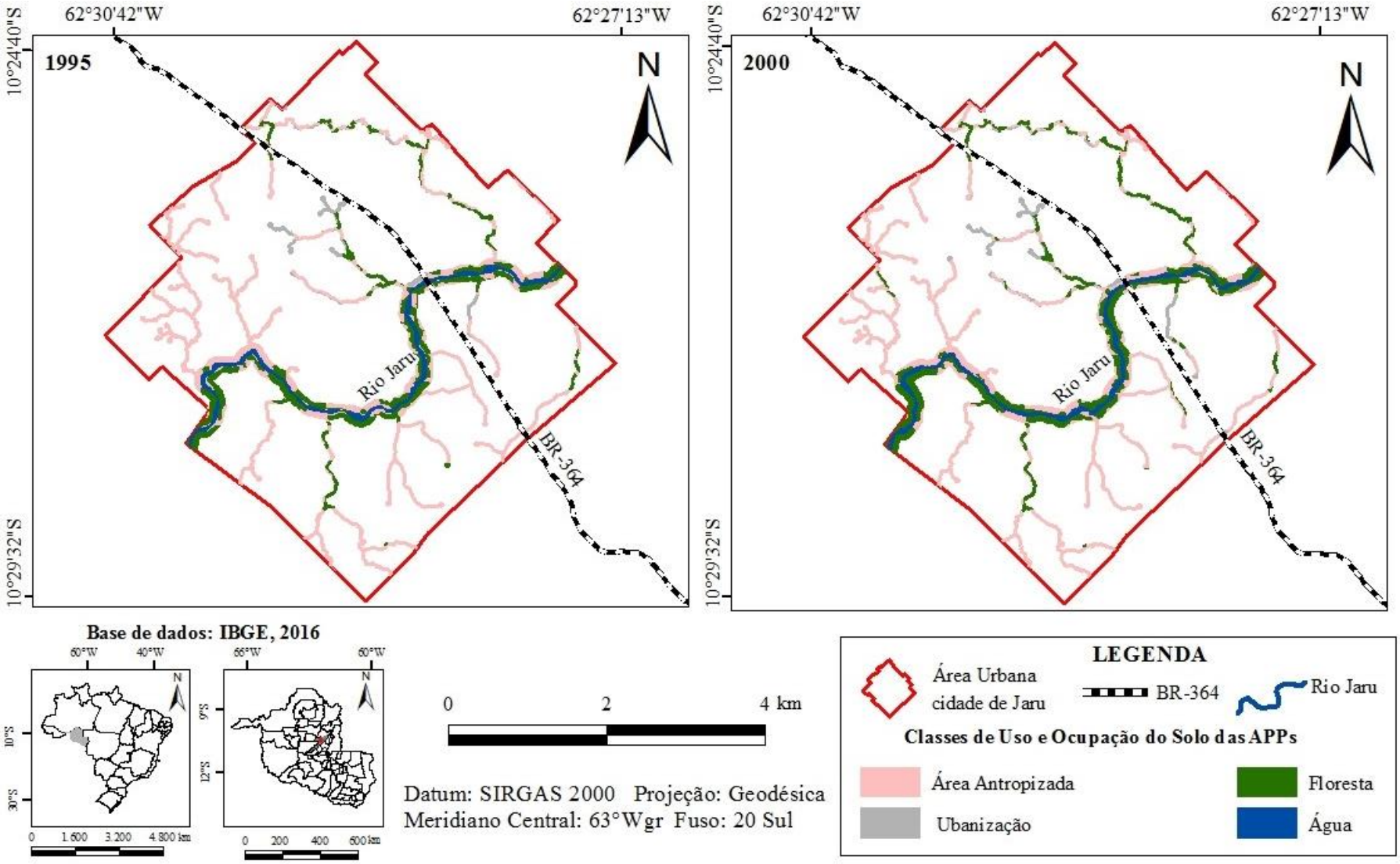


Figura 16. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 2005 e 2010 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

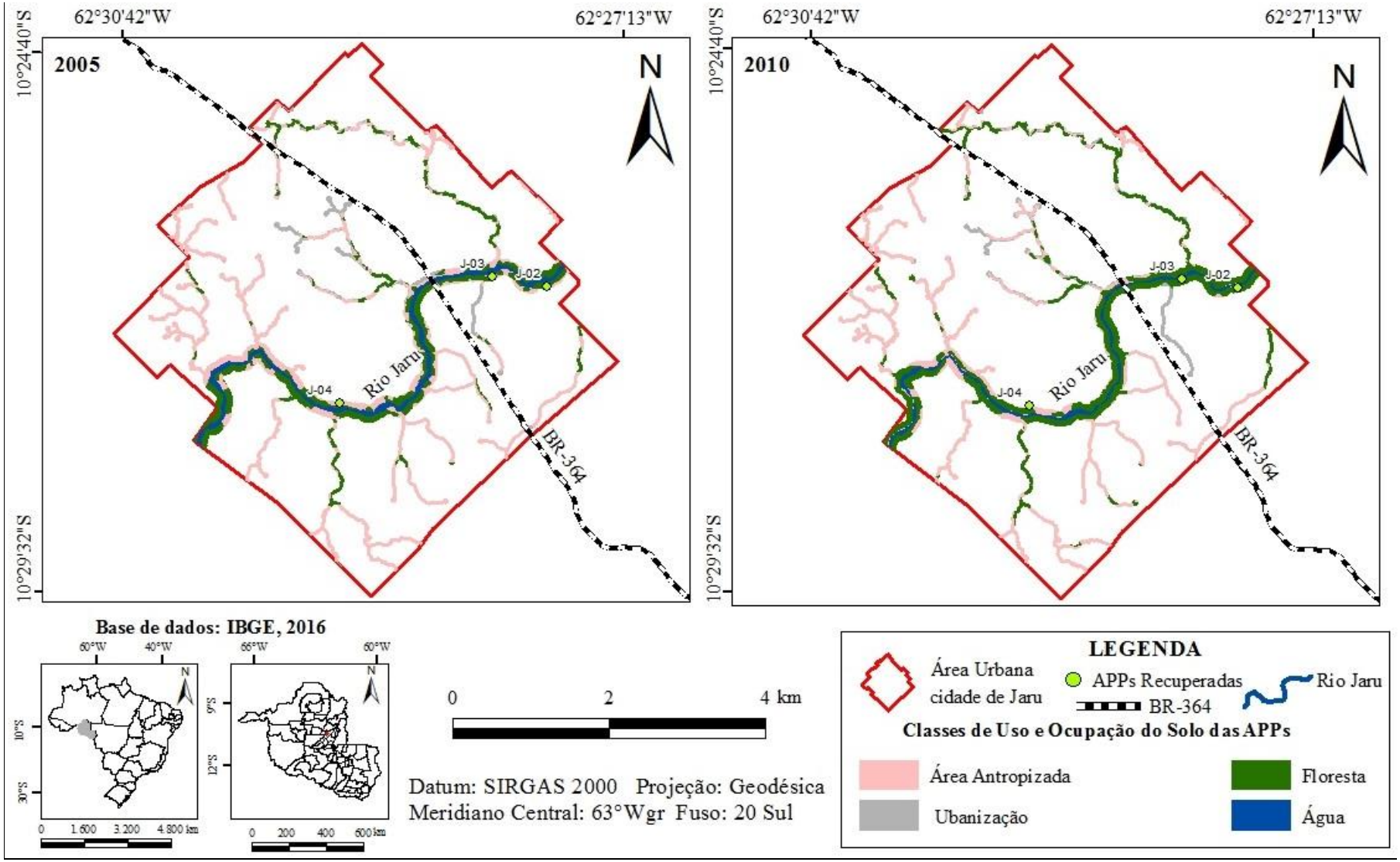


Figura 17. Mapas de delimitação e ocupação das Áreas de Preservação Permanente dos anos 2015 e 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

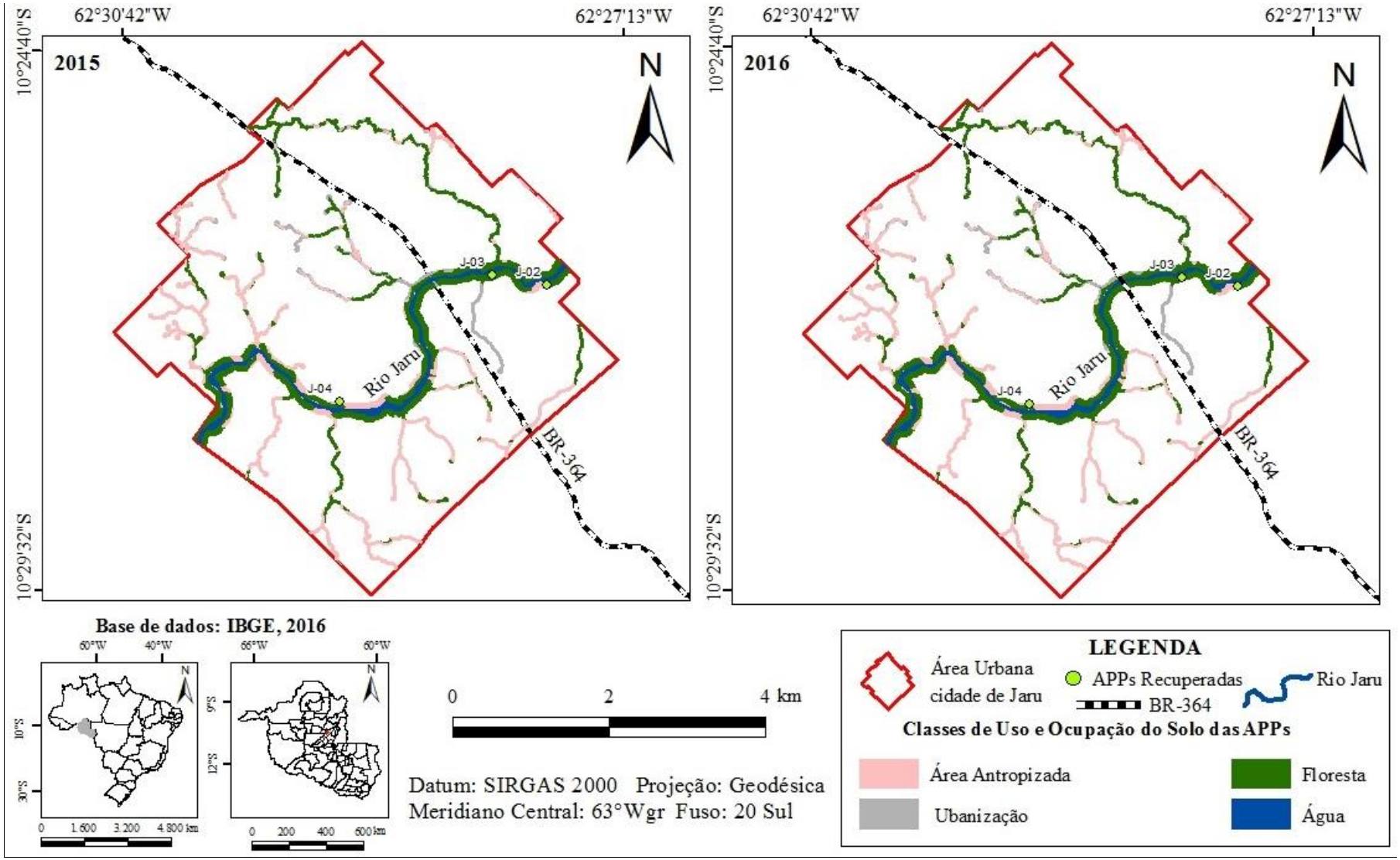
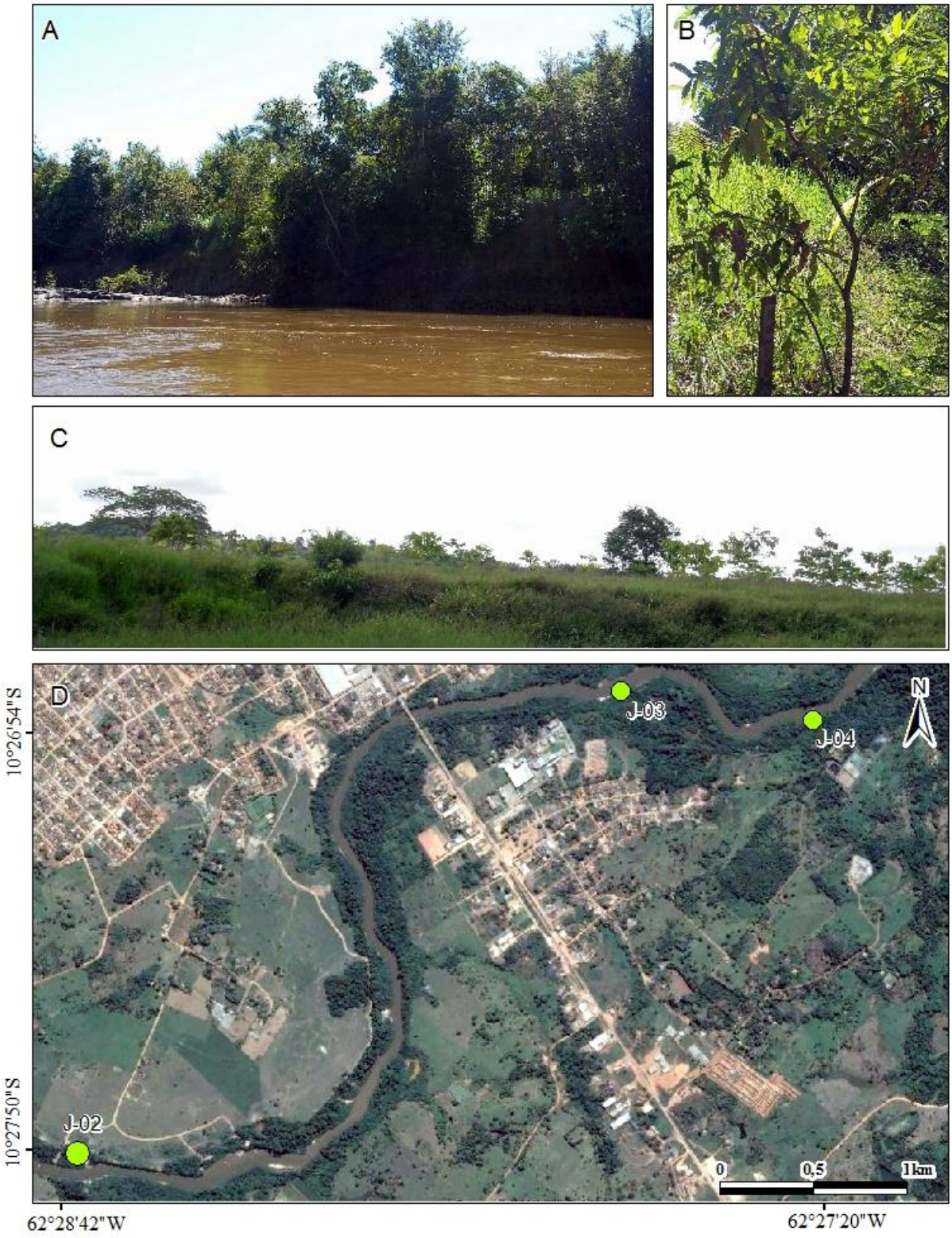


Figura 18. Áreas de Preservação Permanente recuperadas com espécies nativas. Pontos J-02 (C), J-03 **(B)** e J-04 **(A**).



Fonte: A, B, C - ONG EPA e Pagani C.H.P. Data: 15 de maio de 2017. **D -** Satélite Airbus de 14/06/2016.

5.3 Suscetibilidade às inundações e alagamentos

A aplicação do método adaptado de Dalfi et al. (2013) possibilitou a espacialização das informações de uso e ocupação do solo, altitude e declividade, com o mapeamento e quantificação de áreas suscetíveis ao transbordamento das águas do leito maior atingindo a planície de inundação (inundação) e ao acúmulo de água por problemas no sistema de drenagem, incluindo a baixa declividade do terreno (alagamentos), com a identificação de diferentes graus de suscetibilidade (Figuras 18, 19 e 20 e Tabelas 11, 12 e 13).

Desta forma, a área de estudo apresenta cinco classes de suscetibilidade a inundações e alagamentos. A classe de suscetibilidade muito alta mostrou a menor porcentagem da área urbana (5,12%). No tocante à classe alta suscetibilidade esta apresentou 16,93% da área de estudo e, ambas as classes localizam-se nas proximidades do rio Jaru e seus afluentes, bem como em áreas distantes de cursos hídricos, porém com baixa declividade do terreno (0 a 3%). Essas áreas apresentam-se com a necessidade de monitoramento em situações de precipitações prolongadas que podem causar alagamentos, carecendo de planejamentos para que se realizem drenagens eficientes.

Tabela 11. Área percentual do grau de suscetibilidade à inundação na área urbana da cidade de Jaru/RO.

Suscetibilidade	Área (%)
Muito alto	5,12
Alto	16,93
Médio	31,13
Baixo	27,44
Muito Baixo	19,38

Por meio de reportagens realizadas pelo site A Notícia Mais (http://www.anoticiamais.com.br/jaru-chuva-torrencial-causa-transtornos-a-varios-Moradores/ e http://www.anoticiamais.com.br/chuvas-voltam-a-alagar-ruas-e-residencias-em-jaru-2/) são evidenciados alagamentos ocorridos na cidade de Jaru, com o diagnóstico de 18 pontos de alagamentos na cidade nos dias de 22 a 24 de março de 2016 (Tabela 12). Esses pontos de alagamentos foram identificados nos trabalhos de campo e inseridos no mapa de suscetibilidade, sendo constatadas suas correspondências entre as porções do terreno que possuem alta suscetibilidade.

Tabela 12. Localização dos pontos de alagamentos na área urbana da cidade de Jaru/RO.

N° do Ponto	Ruas		Bairro
1	Linha 605	Rio Grande do Sul	Setor 05
2	Linha 605	Ceará	Setor 05
3	Minas Gerais	Plácido de Castro	Setor 05
4	Minas Gerais	Monteiro Lobato	Setor 06
5	Castro Alves	Monteiro Lobato	Setor 06
6	Dom Pedro I	Monteiro Lobato	Setor 05
7	Dom Pedro I	João de Albuquerque	Setor 05
8	Paraná	Tiradentes	Setor 01
9	Paraná	Rio Grande do Norte	Setor 01
10	Padre Adolpho Rohl	João Batista	Setor 01
11	Padre Adolpho Rohl	Paraná	Setor 01
12	Padre Adolpho Rohl	Marechal Rondon	Setor 01
13	Marechal Rondon	Brasil	Setor 01
14	Padre Adolpho Rohl	Goiás	Setor 02
15	Tapajós	Ricardo Catanhede	Setor 03
16	Tapajós	Nilton Araújo	Setor 03
17	Padre Chiquinho	Amazonas	Setor 04
18	Padre Chiquinho	Ceará	Setor 04

Com relação aos bairros, foi possível identificar que o mais atingido por alagamentos da área urbana da cidade de Jaru foi o Setor 01, isto devido ser um dos bairros relativamente mais plano, com intensa ocupação e maior área impermeabilizada (Figura 20 e Tabela 13).

O Setor 01A representa o bairro que mais possui a classe alta suscetibilidade a inundações e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru, correspondendo a 47,08% de sua área, contando, ainda, com 22,43% da classe alta suscetibilidade. O referido bairro ainda apresenta ocupação pouco intensa evidenciando a necessidade de uma maior atenção para problemas dessa natureza no futuro, apesar de até então não se ter registrado problemas de alagamentos.

Tabela 13. Porcentagem de áreas de suscetibilidade dos bairros da área urbana da cidade de Jaru/RO.

	Suscetibilidade				
Bairro	Muito alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
Setor 01	4,46	7,96	51,83	22,37	13,38
Setor 01A	47,08	22,43	12,91	9,13	8,44
Setor 02	20,10	20,75	23,67	28,02	7,46
Setor 03	31,85	23,66	20,70	17,07	6,72
Setor 04	7,43	27,34	30,64	26,06	8,53
Setor 05	12,92	17,63	22,23	29,13	18,07
Setor 06	13,11	38,75	23,20	17,87	7,08
Setor 07	37,12	21,44	18,49	17,63	5,33
Setor 08	34,25	24,51	19,77	14,11	7,36
Setor Industrial	7,73	23,25	34,40	24,51	10,10
Jardim dos Estados	8,55	21,62	23,85	34,10	11,88
Savana Park	9,41	22,37	31,78	19,32	17,12
Setor Chacareiro	22,97	35,20	27,44	10,80	3,57

Figura 19. Mapa das áreas suscetíveis à inundação e alagamentos da cidade de Jaru/RO.

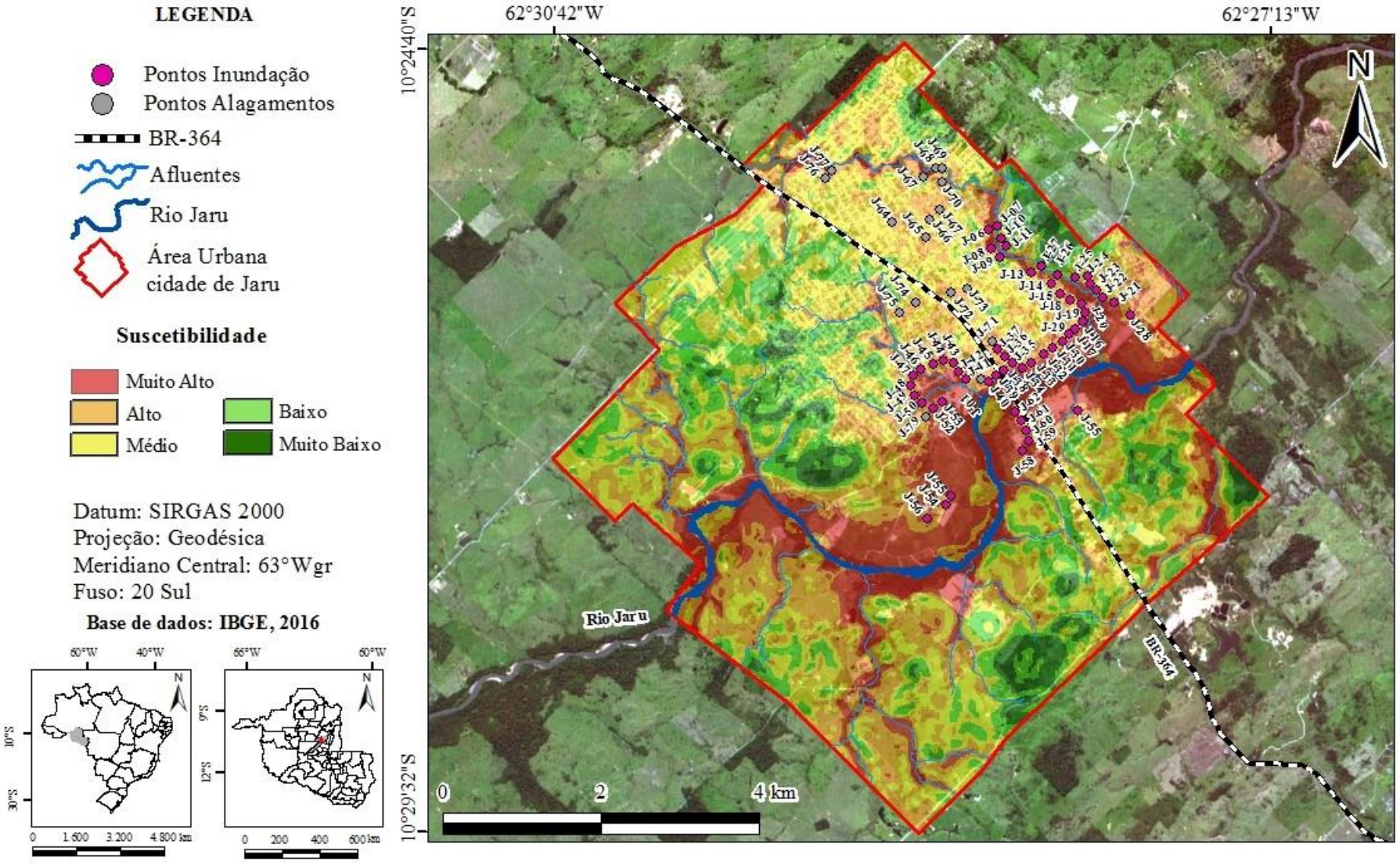


Figura 20. Mapa em 3D das áreas suscetíveis à inundação e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO.

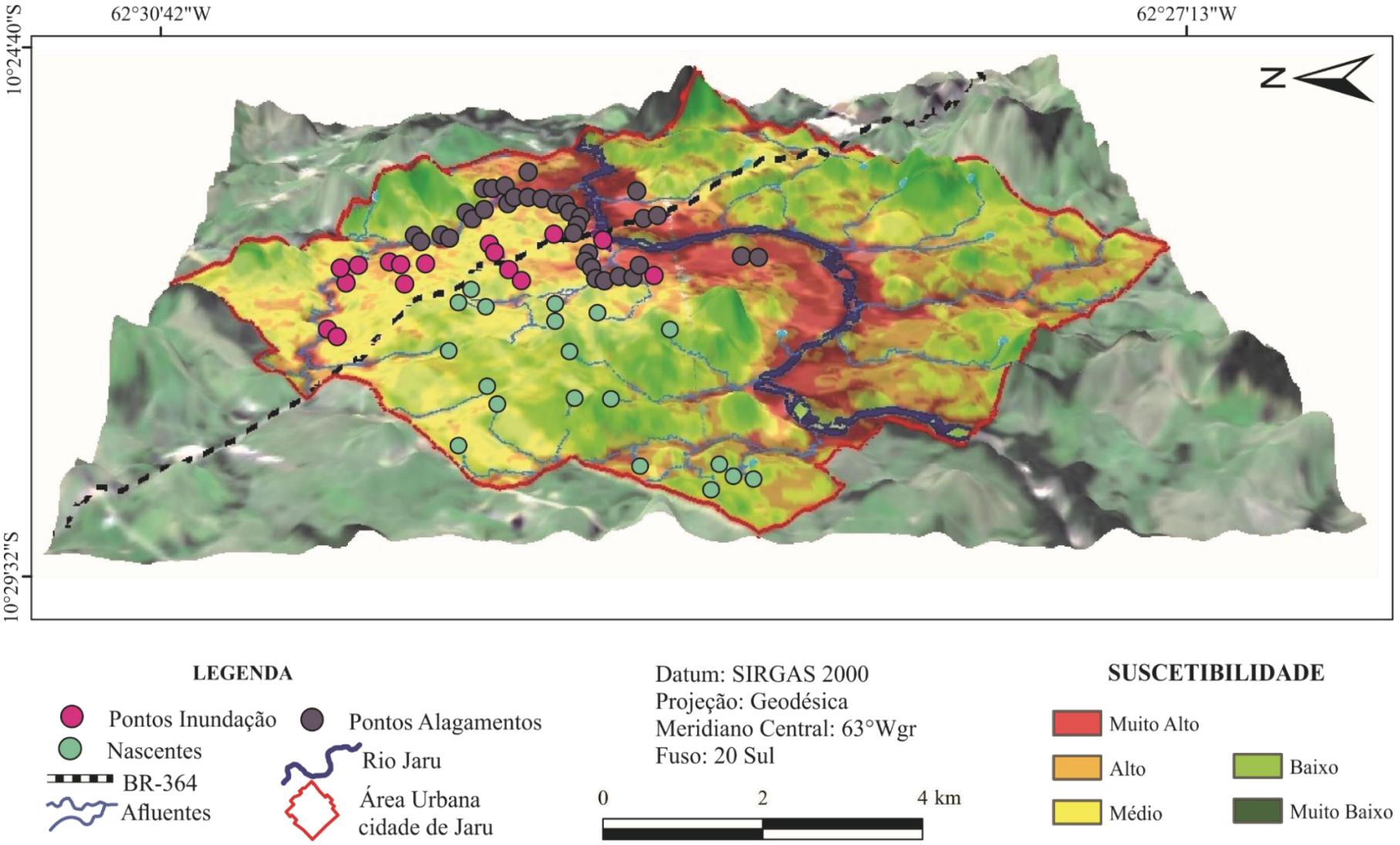


Figura 21. Mapa de localização dos pontos de alagamentos nas áreas de suscetibilidade à inundação e alagamentos da área urbana da cidade de Jaru/RO.

5.4 Áreas atingidas pela inundação do ano de 2016

Com a aplicação do método proposto por Oliveira et al. (2010) e Prina (2015), foi possível quantificar 19,22% (7,36 km²) de área inundada e mapear a inundação ocorrida no dia 30 de março de 2016, destacada nas Figuras 21 e 22. O mapeamento desse evento revela as áreas que foram inundadas na cidade de Jaru.

Ademais, foi elaborado uma análise separada quantificando a porcentagem dos bairros atingidos pela inundação do ano de 2016 (Tabela 14). De acordo com a mesma, dentre as localidades mais atingidas ressalta-se o Setor Chacareiro, Setor 08 e Setor 07. Também convém citar os referidos bairros Setor 07 e Setor 08 apresentam-se acima dos 30% nas áreas de alta suscetibilidade.

Tabela 14. Porcentagem dos bairros atingidos pela inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

Bairros	Área (%)
Setor 01	0,16
Setor 01A	1,93
Setor 02	1,43
Setor 03	1,64
Setor 04	0,00
Setor 05	0,00
Setor 06	0,00
Setor 07	3,54
Setor 08	4,69
Setor Chacareiro	6,09
Savana Park	0,00
Jardim dos Estados	0,00

A área total de inundação nesse evento foi de 7,37 km², representando 19,22% da área urbana da cidade de Jaru, localizada nas proximidades do rio Jaru e seus afluentes. Importa acentuar que a inundação do ano de 2016 atingiu áreas das classes Área Antropizada, Urbanização e Floresta, ruas pavimentadas, ruas não pavimentadas e estradas rurais (Tabela 15).

Observou-se também que as áreas inundadas em 2016 mostram-se com declividade de 0 a 3 %, configurando áreas da planície (Figura 23), como salienta Dalfi et al. (2013).

Embora as porcentagens atingidas pela inundação ocorram na maior parte das áreas referentes à classe Floresta, estas representam a menor porção territorial da área urbana da

cidade, e, ao analisar a maior predominância de áreas da cidade, observa-se que a inundação atingiu principalmente as áreas contempladas nas classes Área Antropizada e Urbanização.

De acordo com a Defesa Civil do município, nos bairros atingidos pela inundação, cerca de 500 residências foram atingidas, os desabrigados foram alojados em igrejas e escolas dos bairros mais próximos. Similarmente houve danos em serviços urbanos essenciais, como no abastecimento de água e energia elétrica, porém, nas propriedades rurais os danos não foram graves, apenas inundação parcial de estradas e pastagens conforme pode ser observado na figura 27(http://www.anoticiamais.com.br/cerca-de-500-imoveis-foram-atingidos-pela-enchente-em-jaru/).

Silveira, R. et al. (2013b) evidenciam que o uso e ocupação do solo para atividades agropecuárias, construção de residências e ruas pavimentadas contribuem para acúmulo de água no solo, reduzindo a capacidade de drenagem.

Tabela 15. Percentual das áreas atingidas pela inundação de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

Áreas Inundadas	Área (%)
Ruas Pavimentadas	3,03
Ruas Não Pavimentadas	2,02
Estradas Rurais	0,79
Floresta	44,12
Urbanizada	6,39
Área Antropizada	16,93

Constata-se na Figura 24 a predominância de classe Área Antropizada e Urbanização, pois é na maioria dessas classes que ocorrem ocupações ilegais nas margens do rio Jaru e dos seus afluentes. Segundo Cabral et al. (2016), estes são fatores que favorecem a ocorrência de processos erosivos e de assoreamentos incorrendo, consequentemente, no aumento do nível dos rios contribuindo nas inundações frequentes e tornando essas áreas mais suscetíveis.

Na Figura 26 foi realizada a sobreposição dos dados de suscetibilidade com o polígono da inundação de 2016, observando-se que a área de inundação de 2016 atingiu principalmente as classes de muito alta e alta suscetibilidade à inundação e alagamentos. Por isso, verifica-se que o método delimitação de áreas suscetíveis à inundações e alagamentos trata-se de um método válido e eficaz.

Figura 22. Mapa da inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

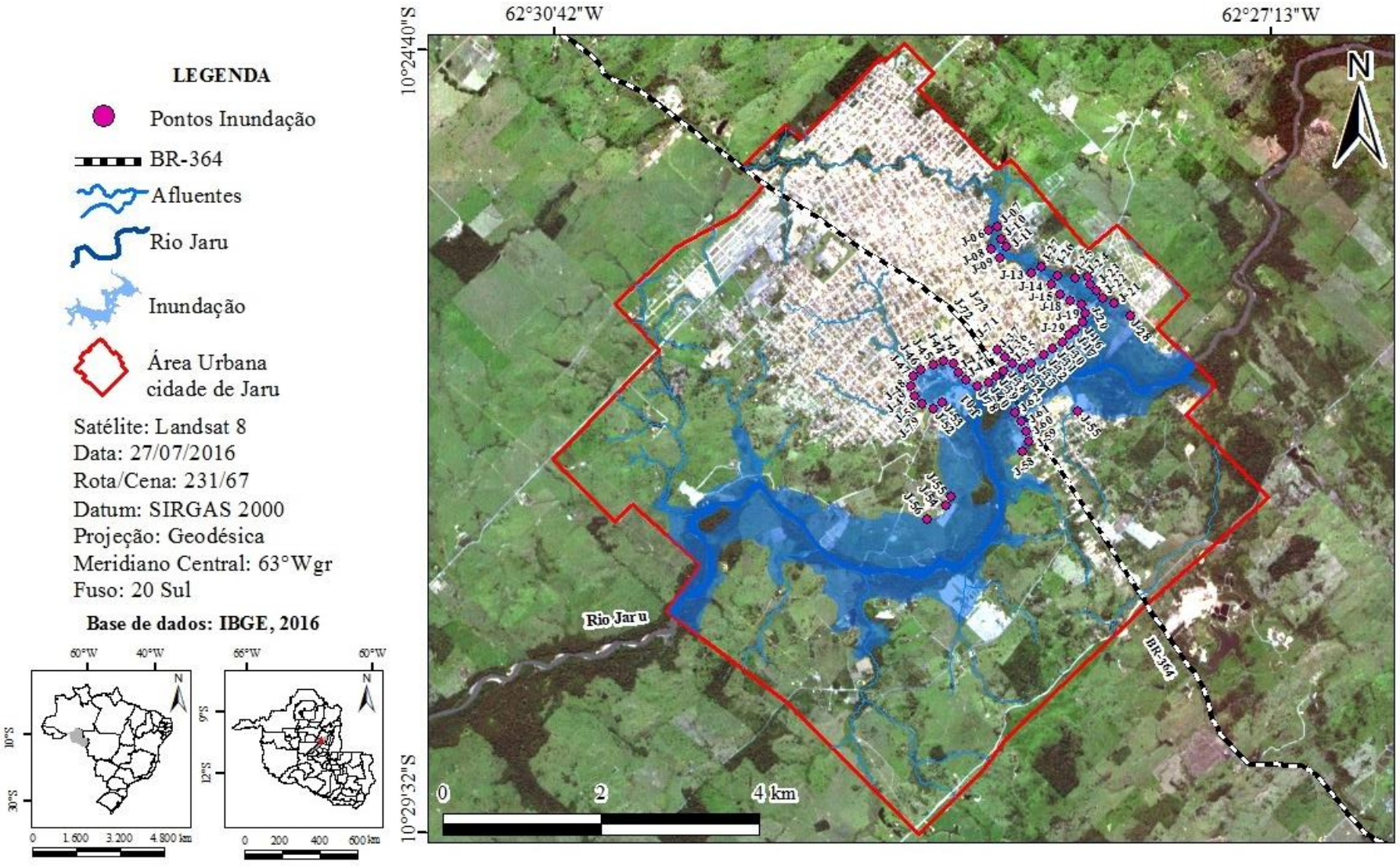


Figura 23. Mapa em 3D da inundação do ano de 2016 da cidade de Jaru/RO.

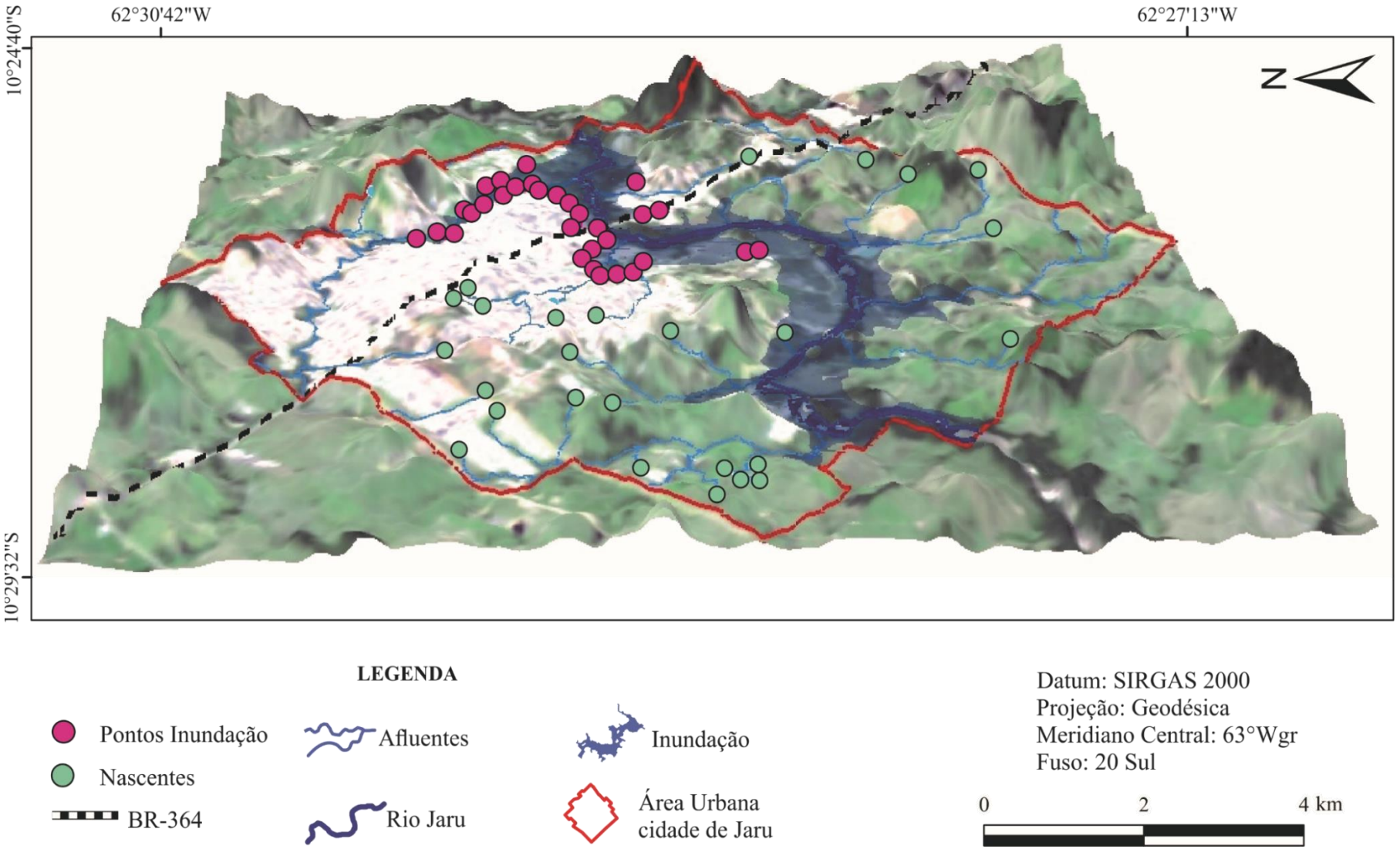


Figura 24. Mapa de declividade com a área de inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

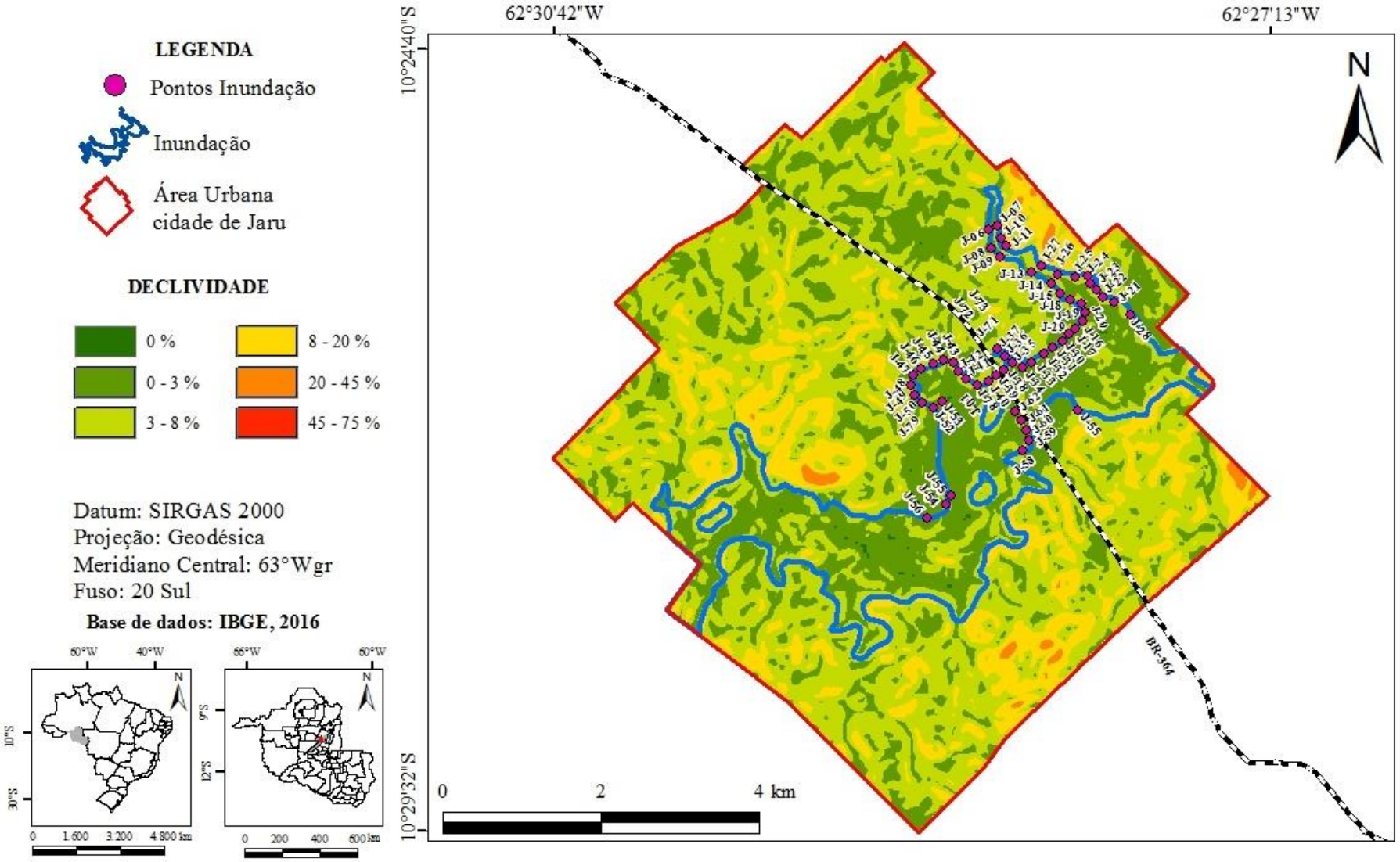


Figura 25. Mapa das classes do uso do solo atingidas pela inundação do ano de 2016 da área urbana cidade de Jaru/RO.

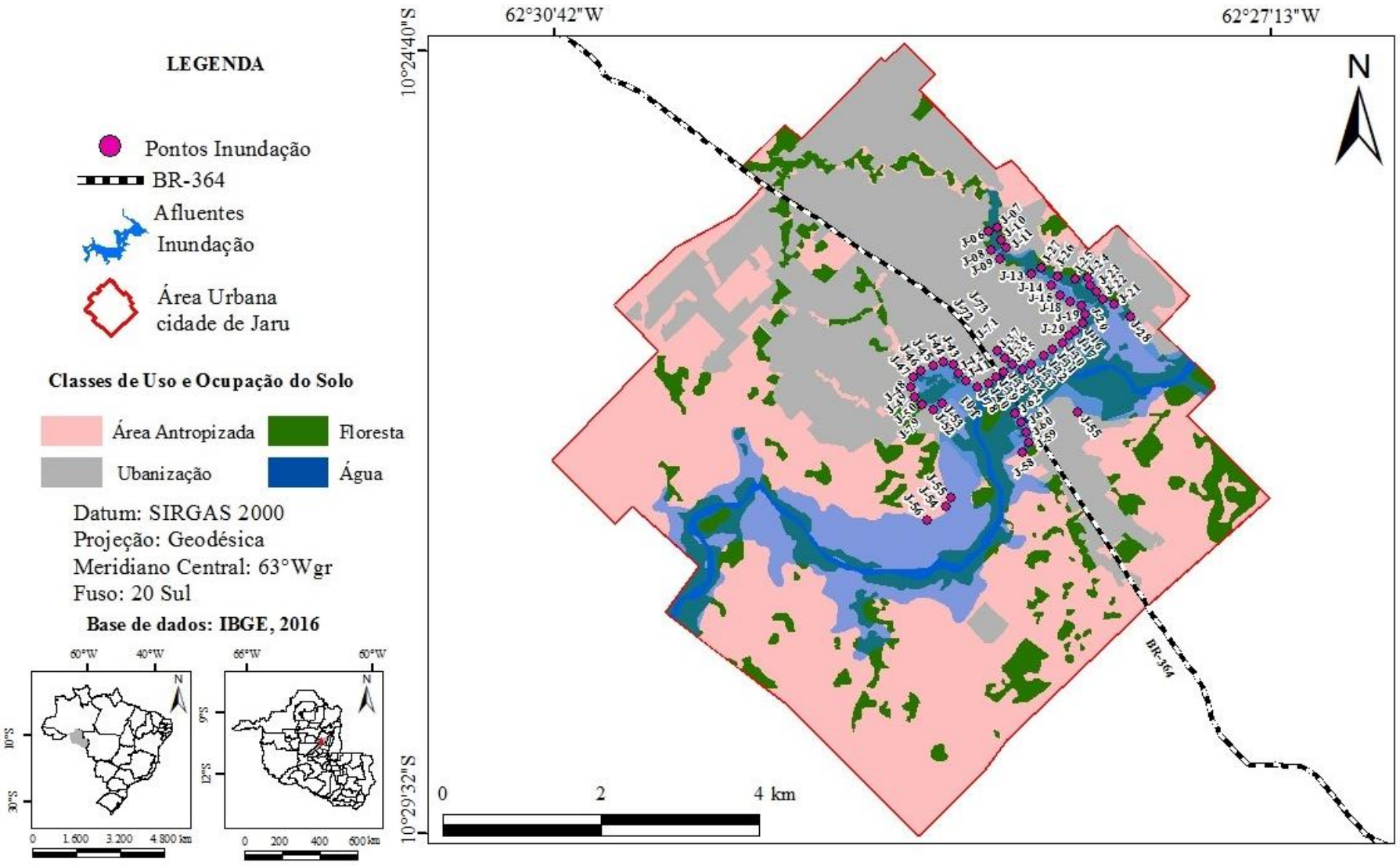


Figura 26. Mapa de sobreposição dos dados de suscetibilidade às inundações com os dados da inundação do ano de 2016 da área urbana da cidade de Jaru/RO.

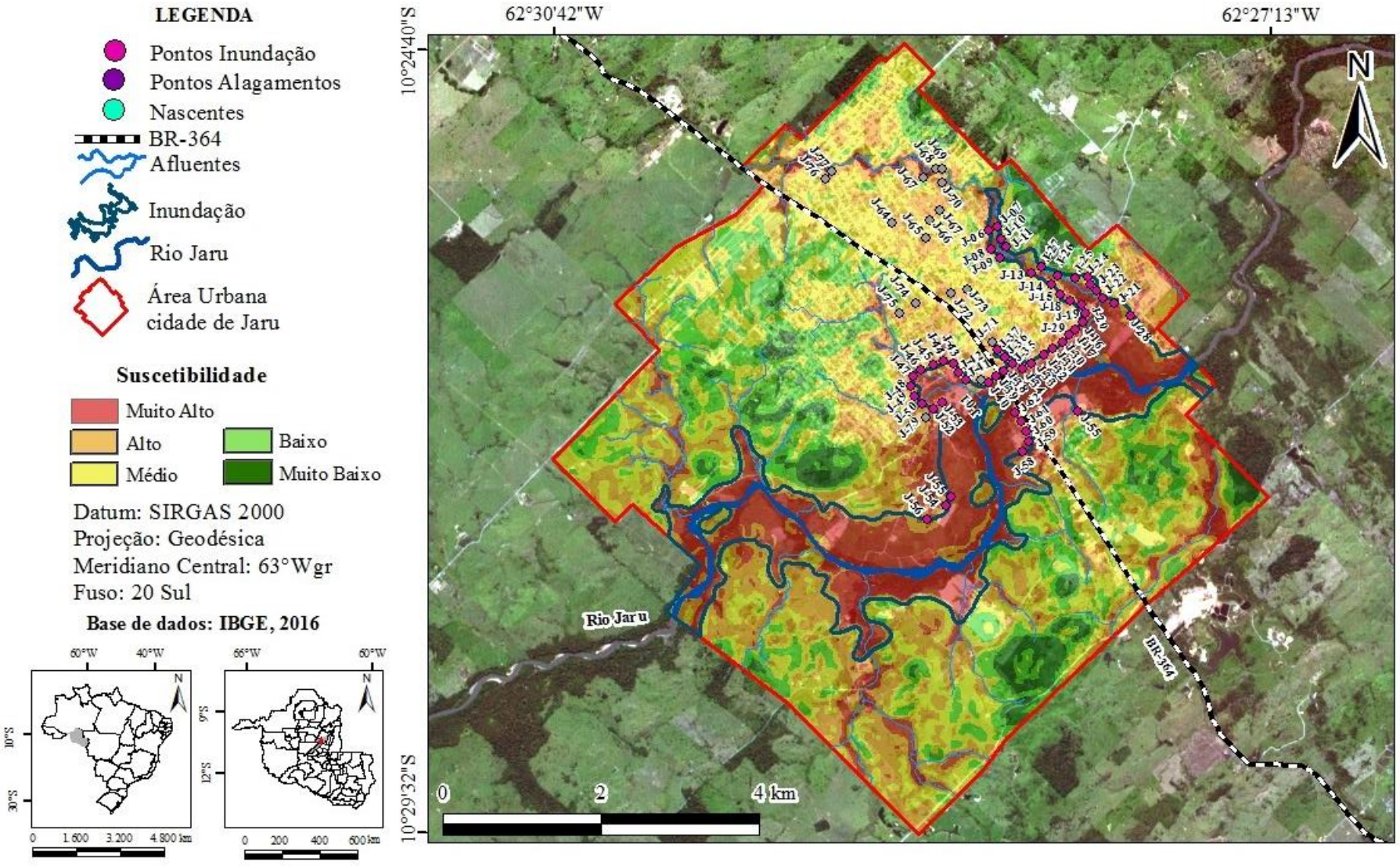


Figura 27. Inundação do ano de 2016 **(A)** e período seco ano de 2017 **(B).** Pontos J-38 e J-39.

A – 30/03/2016 **B – 20/05/2017**

Fonte: Pontos J-38 e J-39 - ONG EPA e Pagani, C.H.P. Data 30 de março de 2016 **(A)** e 20 de maio de 2016 **(B)**. Imagem de Satélite Airbus de 14/06/2016.

CONCLUSÕES

A análise do uso e ocupação do solo na área urbana da cidade de Jaru demonstrou reflexos do modelo de colonização (anos 1975 a 1990) que se caracterizaram pela intensa atividade antrópica na paisagem natural com a urbanização e a agropecuária, reduzindo a distribuição cobertura vegetal natural em 80,39% e aumentando a distribuição dos corpos hídricos em 0,26%.

O período pós-colonização (anos 1995 a 2016) apresentou um aumento da cobertura vegetal natural em 13,08% na tentativa de amenizar o cenário implantado com a destruição da floresta nativa resultante do período mais intenso desta colonização.

Com relação à análise das modificações na distribuição da vegetação natural das áreas de APPs da cidade de Jaru revelou traços do modelo de colonização (anos 1975 a 1990), caracterizado pelo modelo de ocupação da época com intensa atividade antrópica na paisagem natural advinda da urbanização e a agropecuária, reduzindo a distribuição da cobertura de floresta (60,76%) nas áreas de APPs.

O período pós-colonização (anos 2000 a 2016) foi o período cujas pressões ambientalistas possibilitaram o aumento de área de floresta, proporcionando a preservação das APPs com a aplicabilidade do Lei 12.651 (BRASIL, 2012a), obtendo, em contrapartida, a regeneração natural de 15,86%, dessas áreas.

As classes de suscetibilidade a inundações e alagamentos alta e muito alta são identificadas em 22,05% da área urbana da cidade de Jaru, apresentando características ambientais de necessidade de planejamento no que diz respeito à realização de drenagem eficiente, localizam-se predominantemente nas proximidades do rio Jaru e seus afluentes, bem como em porções com baixa declividade, mesmo distantes de cursos hídricos.

Porções do terreno da área de estudo com suscetibilidade média, baixa e muito baixa a inundações e alagamentos correspondem a 77,95%, estando localizadas em terrenos mais planos, distantes do rio Jaru e seus afluentes e sem registros históricos de alagamentos.

Em referência à área de estudo, 19,22% da área de estudo representa a área atingida pela maior inundação histórica ocorrida em 2016, com contribuições superfícies pavimentadas e ocupações ilegais nas margens do rio Jaru e dos seus afluentes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.Q. **Vulnerabilidade socioambientais de rios urbanos**. 2010. 310f. Tese (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 2010.

ALMEIDA, L.Q.; SOUZA, M.J.N. Análise geoambiental como subsídio ao planejamento territorial de Maracanaú (CE). **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v.6, n.1, 2005.

ALMEIDA, L.Q.; CARVALHO, P.F. Riscos naturais e sítio urbano – inundações na bacia hidrográfica no rio Maraguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n.2, p. 35-49, 2010.

ALMEIDA, Q.A. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras**: conceitos, metodologias e aplicações. 1.ed., São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2013.

ALVES, H.P.F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto.** 2004**.** 293 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

AMANS, O.C.; BEIPING.W.; ZIGGAH, Y.Y. Assessing Vertical Accuracy of SRTM Ver 4.1 and ASTER GDEM Ver 2 Using Differential GPS Measurements – Case Study in Ondo State Nigeria. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 4, n. 12, p. 523-531, 2013.

ANELLI, R.L.S. Uma nova cidade para as àguas urbanas. **Revista Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, 2015.

ARAÚJO, A.B. **Análise caracterização da dinâmica da foz do rio Apodi, região de Areia Branca/RN, com base na cartografia temática multitemporal de produtos de sensores remotos.** 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2006.

ARAÚJO, M.V.; FREIRE, G.S.S. Utilização de SIG nos estudos ambientais do estuário do rio Acaraú-Ceará. **Revista Geonomos**, v.15, n.2, p.9-19, 2007.

BARAÚNA, T.M.G. **Planejamento do desenvolvimento:** da ilusão tecnocrática à realidade das práxis. 2005. 128f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho/RO, 2005.

BARBOSA, F.A.R. **Medidas de Proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2006.

BARIQUELLO, L.M.P**. Geotecnologia aplicada à análise da expansão urbana de**

Botucatu – SP (1962 – 2010). 2011. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2011.

BECKER, P. **Obtenção de informações para plano diretor de drenagem urbana utilizando o SIG**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2006.

BORGES, L.R.M. **Políticas territoriais na fronteira:** o programa de aceleração do crescimento e as transformações em Rondônia no início do sec. XXI. 2012. 244f. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana), Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2012.

BRASIL. Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.2882, 21 mar. 1934.

BRASIL. Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.144 de 15 set. 1965.

BRASIL. Decreto-lei 1.106 de 16 de junho de 1970. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.4521, 17 jun. 1970.

BRASIL. Decreto 74.607 de 25 de setembro de 1974. Dispõe sobre a criação do Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLOAMAZÔNIA). **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 11017, 25 set. 1974a.

BRASIL. Decreto-lei 1.376 de 12 de dezembro de 1974. Dispõe sobre a criação de Fundos de Investimento, altera a Legislação do Imposto sobre a Renda relativa a incentivos fiscais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.14207, 12 dez. 1974b.

BRASIL. Lei 6.448 de 11 de outubro de 1977. Dispõe sobre a organização política e administrativa dos municípios dos territórios federais, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 13865, 11 out. 1977.

BRASIL. Decreto 86.029, de maio de 1981. Dispõe sobre a criação do Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE). **Diário Oficial da União,** Brasília, Seção 1, p. 9810, 28 maio 1981a.

BRASIL. Lei 6.921 de 16 junho de 1981.Autoriza a criação de municípios no Território Federal de Rondônia, altera a Lei nº 6.448, de 11 de outubro de 1977, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 13865, 16 jun. 1981b.

BRASIL, **Constituição.** Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.18, 9 jan. 1997.

BRASIL, Ministério do Planejamento e Orçamento. **Glossário de defesa civil estudos de risco e medicina de desastres.** Brasília, 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. **Diário Oficial da União,** Brasília, Seção 1, p. 150-151, 17 mar. 2006.

BRASIL, Ministérios das Cidades. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas:** Guia para elaboração de políticas municipais. 1.ed., Ministério das Cidades: Brasília, 2006b.

BRASIL, Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de risco em encostas e margem de rios.** 1.ed., Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT: Brasília, 2007a.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Vulnerabilidade Ambiental:** desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília, 2007b.

BRASIL, Ministério da Integração Nacional. **Glossário de Defesa Civil estudos de risco e medicina de desastres**. 1.ed., Ministério da Integração Nacional: Brasília, 2009.

BRASIL. Lei 12.651, 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.1, 28 maio 2012a.

BRASIL. Lei n° 12.608, 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n° 22 12.340, de 12 de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outra providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p.1, 11 abril 2012b.

CABRAL, S.L.; CAMPOS, J.N.B.; SILVEIRA, C.S.; TEIXEIRA, F.A.A. Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/HAS no mapeamento de áreas de inundação urbana: aplicação à bacia do rio Granjeiro-CE. **Revista Geociências,** v.35, n.1, p. 90-101, 2016.

CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia. Jaru, Rondônia: **Levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado**. Out. 2016.

CÂMARA, J.B.D. Governança ambiental no Brasil: Ecos do passado. **Revista de Sociologia e Política,** v.21, n.46, p. 125-146, 2013.

CASTRO, F. M.O. **O Brasil e sua soberania sobre a Amazônia.** 1992. 143f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais), Universidade de Brasília, Brasília/DF, 1992.

CASTRO, M.N; CASTRO, R.M; SOUZA, P.C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia,** v.4, n.4, p. 230-24, 2013. Disponível em: <http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/renefara/article/viewFile/172/156>. Acesso em: 15 abr. 2016.

CAVALCANTE, F.R.C. **Análise da desigualdade regional no estado de Rondônia à luz da teoria institucionalista de Douglass North**. 2011, 464f. Tese (Doutorado em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental), Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2011.

CAZULA, L.P.; MIRANDOLA, P.H. Bacia hidrográfica – conceito e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP – Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas – MS,** n.2, v.12, 2010. Disponível em: <http://seer.ufms.br/index.php/RevAGB/article/viewFile/638/438>. Acesso em: 01 out. 2016.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**. 1.ed., Florianópolis, 2013.

COELHO, A.L.N.; FERREIRA, G.A.C. Geotecnologias aplicadas em área inundável: o caso de Brejo Grande, Serra-ES. **Revista GeoTextos,** v.7, n.1, p.159-183, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Geomorfologia**, Campinas, v.18, n.9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981.

CONTIJO, N.T. **Avaliação das relações de frequência entre precipitações e enchentes raras por meio de séries sintéticas e simulação hidrológica**. 2007. 175. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2007.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do estado de Rondônia.** 3.ed., Porto Velho, 2010.

DALFI, R.L.; SANTOS, A.R.; CAMPOS, R.F.; MOREIRA, T.R.; EUGENIO, F.C.; SANTOS, G.M.A.D.A. Cenários distintos no mapeamento de áreas de inundação nos bairros do município de Alegre, ES. **Revista Cadernos de Geociências,** v.10, n.2, p. 76–86, 2013.

DECHAMPS, M. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. **Revista Cadernos Metrópole**, v.10, n. 19, p. 191-219, 2008.

ECHKHARDT, R.R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. 2008. 117f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2008.

ESCADA, M.I.S. **Evolução de padrões da terra na região centro-norte de Rondônia.** 2003. 166f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2003.

FERREIRA, L.R.; ARAÚJO, P.F.C.; MARQUES, R.W.C. Avaliação de um projeto de desenvolvimento sustentável em Rondônia. **Revista Economia e Sociedade**, v.15, n.2, p. 401-408, 2006.

FLAUZINO, F.S.; SILVA, M.K.A.; NISHIYAMA, L. ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no cerrado mineiro. **Revista Sociedade & Natureza,** v.22, n.1, p.75-21, 2010.

FLORENZANO, T.G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia,** v.17, p.24-29, 2005.

FONTOURA, N.J. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. **Revista Especialize On-Line IPOG**, v.1, n.5, p.13-25, 2013.

FREITAS, C.M.; CARVALHO, M.L.; XIMENES, E.F.; ARRAES, E.F.; GOMES, J.O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência – lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Revista Ciência & Saúde,** v.17, n. 6, p. 1577-1586, 2012.

FREITAS, C.M.; SILVA, D.R.X.; SENA, A.R.M.; SILVA, E.L.; SALES, L.B.F.; CARVALO, M.L.; MAZOTO, M.L.; BARCELLOS, C.; COSTA, A.M., OLIVEIRA, M.L.C.; CORVALÁN, C. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Revista Ciência & Saúde**, v.19, n.9, p. 3645-3656, 2014.

FULAN, N.; CUNHA, C. MIWA, A.C.P.; CALIJURI, M.C. Caracterização da sub-bacia do rio Jacupiranga. **Revista Minerva - Pesquisa e Tecnologia,** v.4, n.2, p. 141-147, 2007.

FUJIMOTO, N.S.V.M.; DIAS, T.S.; BOMBARDELLI, G.F. Análise da suscetibilidade à inundação da bacia hidrográfica do Arroio do Salso – Porto Alegre/RS. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS BRASILEIROS, 16, 2010, Rio Grande do Sul. **Anais.** Porto Alegre: Ed. AGB, 2010, 1-3.

GARCIA, Y.M.; CAMPOS, S.; SPADOTTO, A.J.; CAMPOS, M.; SILVEIRA, G.R.P. Caracterização de conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Penderneiras/SP). **Revista Energia na Agricultura,** v.30, n.1, p.68-73, 2015.

GIANEZINI, M.; SALDIAS, R.N.S.; CEOLIN, A.C.; BRANDAO, F.S.; DIAS, E.A.; RUVIARO, C.F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. **Revista Economia & Tecnologia**, v.8, n.2, p. 168-174, 2012.

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J.R.G.M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: Estudo de caso do munícipio de Rio Negrinho – SC. **Revista Boletim de Geografia,** v.30, n.1, p. 81-100, 2012.

HORA, S.B.; GOMES, R.L. Mapeamento e avaliação de risco à inundação do rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Revista Sociedade & Natureza,** v.21, n.2, p. 57-75, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual de uso da terra**. 3.ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados georreferenciado dos recursos naturais da Amazônia legal**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 06 nov.2016.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Desastres Naturais:** conhecer para prevenir. 1.ed., Instituto Geológico: São Paulo, 2009.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem Satélite, color. Satélite LANSAT 2, instrumento MSS**. Julho de 1975. Lat. -10.2440, Long. -62.3042, São José dos Campos/SP. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem Satélite, color. Satélite LANSAT 3, instrumento MS**S. Junho de 1980. Lat. -10.2440, Long. -62.3042, São José dos Campos/SP. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Desastres naturais e geotecnologias:** Conceitos Básicos. 1.ed., INPE: Santa Maria, 2008.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem Satélite, color. Satélite LANSAT 5, instrumento TM**. Intervalo de tempo: 22 julho 1985 a 25 junho 2010. Lat. -10.2440, Long. -62.3042, São José dos Campos/SP. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 30 jul. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem Radar. Satélite SRTM, folha 10S63_ZN**. Lat. -10.2440, Long. -62.3042, São José dos Campos/SP, 2011. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em 26 nov. 2016.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem Satélite, color. Satélite LANSAT 8, instrumento OLI/TIRS**. Intervalo de tempo: 23 junho 2016 a 27 julho 2016. Lat. -10.2440, Long. -62.3042, São José dos Campos/SP. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 30 jul. 2016.

JARU (RO). **Lei n. 6.431 de 1977.** Jaru: Câmara Municipal, 1977.

JARU (RO). **Lei n. 1.292 06 de outubro de 2009.** Jaru: Câmara Municipal, 2009.

JARU (RO). Cartório de Registro Civil Rocha. **Primeira alteração estatutária aprovada em assembleia geral extraordinária realizada em 18 de junho de 2010**. Registro em 18 de junho de 2010.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.DE O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de desastres naturais** - Conceitos básicos. Editora Organic Trading, Ed. 1°, p.109, Curitiba/ PR, 2006.

LICCO, E.A.; DOWELL, S.F.M. Alagamentos, Enchentes, Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócioeconômicos e governança. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v. 5, n. 3, p. 159-174, 2015.

LUCAS, T.P.B.; ABREU, M.L.; PARIZZI, M.L.; MARRA, J.F. O efeito de borda da interpolação IQD em mapas de chuva: uma comparação entre malhas de postos pluviométricos. **Revista Geonorte,** v.2, n.5, p. 1364-1376, 2012.

LUI, G.L.; MOLINA, S.M.G. Ocupação Humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. **Revista de Periódicos da UFPA,** v.1, n.1, 2009.

MACHADO, C. J.S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. **Revista Ambiente e Sociedade,** v.9, n.2, p.121-136, 2003.

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Revista Caminhos de Geografia**, n. 17, v.8, 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15273/8574>. Acesso em: 10 out. 2016.

MATIAS, F.O. **Ocupação, políticas públicas e gestão ambiental de unidade de conservação do estado de Rondônia:** O estudo de caso do Parque Estadual de Guajará Mirim. 2001. 225f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 2001.

MELO, V.M. Dinâmica das paisagens de rios urbanos. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOSCIAÇÃO NANCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL – ANPUR, 11, 2005, Bahia. **Anais.** Bahia: Ed. Anpur, 2005, 1-20.

MENDONÇA, F.A.; LEITÃO, S.A.M. Risco e Vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **Revista GeoTextos,** v.4, n.1, p. 145-163, 2008.

MENKE, A. B.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, S. N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luís Eduardo Magalhães (BA-Brazil). **Revista Sociedade & Natureza,** v. 21, n. 3, p. 315-326, 2009.

MEYER, M.P.; GROSTEIN, M.D. Metrópoles Brasileiras: seus desafios urbanos e suas perspectivas. **Revista de Pós-Graduação**, v.8, n.20, p. 34-59, 2006.

MONTEBUGNOLI, M.F. **Por dentro da rede:** um estudo das dinâmicas e interações de redes transnacionais de advocacy – o caso dos projetos Polonoroeste e Planafloro no estado de Rondônia. 2015. 155f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais), Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2015.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F.L.; GOMES, L. N.; FELIPE, A. C.; CAMPOS, M. Avaliação de áreas de conflito de uso em APP da microbacia do Ribeirão Morro Grande. **Revista Caminhos de Geografia,** n.55, v.16, 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/26353/17258>. Acesso em: 01 jul. 2016.

NASCIMENTO, C.P. O processo de ocupação e urbanização de Rondônia: uma análise de transformações sociais e espaciais. **Revista de Geografia,** v.27, n.2, p. 53-69, 2010.

NASCIMENTO, C.P.; SILVA, M.; SANTOS, C. A formação do espaço de Rondônia: uma análise do zoneamento socioecológico econômico e do uso e cobertura da terra. **Revista Geografar**, v.9. n.1, p.117-141, 2014.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C. PAULA, E.V. Utilização do SIG na delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na bacia do rio Sagrado (Morretes/PR). **Revista Sociedade e Natureza,** v.22, n.1, p.107-120, 2010.

OKA-FIORI, C.; FIORI, A.P.; HASUI, Y. Dinâmica da ocupação do solo da bacia do rio Itiquira, Mato Grosso, Brasil. **Revista Reaga**, v.7, p. 19-31, 2003.

OLIVEIRA, F.S. **Diagnóstico dos fragmentos florestais e das áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, no estado de Minas Gerais.** 2006. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2006.

OLIVEIRA, F.S.; SOARES, V.P.; PEZZOPANE, J.E.M.; GLERIANI, J.M., LIMA, G.S.; SILVA, E.; RIBEIRO, C.A.A.S.; OLIVEIRA, A.M.S. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. **Revista Árvore,** v.32, n.5, p.899-908, 2008.

OLIVEIRA, G.G.; SALDANHA, D.L.; GUASSELLI, L.A. Espacialização e análise das inundações na bacia hidrográfica do rio Caí/RS. **Revista Geociências,** v. 29, n.3, p. 413-427, 2010.

OLIVEIRA, J.M. **Proposta metodológica para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linhas de cumeada.** 2002. 65f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2002.

OTT, A.M.T. **Dos projetos de desenvolvimento, ao desenvolvimento dos projetos:** O PLANAFLORO em Rondônia. 2002. 285f. Tese de Doutorado (Doutorando em Ciências Humanas/Sociedade e Meio Ambiente), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2002.

PANIZZA A.C.; FONSECA, F.P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, v.15, n.30, p. 30-43, 2011.

PEDRO, L.C.; NUNES, J.O.R. A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis à inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP. **Revista Caderno Prudentino de Geografia,** v.2, n. 34, p. 81-96, 2012.

PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia. **Revista Ambiente & Sociedade.** São Paulo, v.2, n.5, p. 93-107, 1999.

PEREIRA, P. F.; SCARDUA, F. P. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Revista Ambiente & Sociedade.** Campinas, v.11, n.1, p. 81-97, 2008.

PIRAJÁ, R.V.; SILVA, M.H.S. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do córrego Imbirussu Campo Grande, MS. **Revista Fórum Ambiental da Alta Paulista**, n.2, v.10, 2014. Disponível em: <https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/870>. Acesso em: 03 out. 2016.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento aplicado à análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1528 - 1538, 2012.

PIROLI, E.L.; BECKER, E.L.S.; BOLFE, E.L.; PEREIRA, R.S. Análise do uso da terra, na microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria – RS, por sistema de informações geográficas e imagem de satélite. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.3, p. 407-413, 2002.

POLLO, R. A. **Diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso no Município de São Manuel (SP), por meio de geotecnologias**. 2013. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2013.

PORATH, S. L. **A paisagem de rios urbanos**. **A presença do rio Itajaí-Açú na cidade de Blumenau.** 2004. 166f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2004.

PRINA, B.Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS.** 2015. 128f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2015.

PRINA, B.Z.; TRENTI, R. Uso de três fontes de dados altimétricos para identificação de áreas com perigo à inundação. **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, v.18, n.2, p. 123-144, 2014.

RAMOS, R.P.S.; GOMES DE DEUS, R.A.S.; COSTA, S.O.S.; GOMES, D.D.M. O sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento, identificação e análise do uso do solo do município de Garanhuns-PE. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v.19, n.2, p. 559-569, 2015.

RIBEIRO, C.B.M.; LIMA, R.N.S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista de Geografia - PPGEO,** v.2, n.1, p. 1-9, 2011.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**. São Paulo, v.57, n.3, p. 226-234, 2005.

ROCHA, A.B. **Proposta Metodológica de gestão dos espaços-ricos de inundações urbana em Mossoró-RN**. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2015.

ROCHA, R.M.C. Geoprocessamento aplicado à certificação ambiental: estudo de caso em Palma Sola (SC). **Revista Geografia,** v.20, n.3, p.143-154, 2011.

RODRIGUES, J.B.T.; ZIMBACK, C.R.L.; PIROLI, E.L. Utilização de sistemas de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p. 675-681, 2001.

RONDÔNIA. Decreto n. 5.152, de 26 de junho de 1991. Institui a Secretaria Executiva do Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia - PLANAFLORO, e dá outras providencias. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado de Rondônia,** 26 jun. 1991a.

RONDÔNIA. Lei n. 52, de 20 de dezembro de 1991. Dispõe sobre Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico de Rondônia, e dá outras providências. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado de Rondônia,** 27 dez. 1991b.

RONDÔNIA. **Zoneamento socioeconômico-ecológico do estado de Rondônia**. Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia. Texto explicativo e mapas de geomorfologia, vegetação e solos, escala 1:250.000, Porto Velho/RO, 1999.

RONDÔNIA. Lei n. 233, de 06 de junho de 2000. Dispõe sobre o Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia ZSEE, e dá outras providências. Porto Velho: **Diário Oficinal do Estado de Rondônia**, 06 jun. 2000.

RONDÔNIA. SEPLAD/PLANAFLORO/PNUD.BRA/00/004. **As unidades de conservação de Rondônia.** 2.ed., Porto Velho, 2002a.

RONDÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia.** Porto Velho, 2002b.

SANTOS, K.R. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. **Revista de Geografia da UEG**, v.1, n.1, p.177-190, 2012.

SEDAM - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. Coordenadoria de Recursos Hídricos – COREH. **Dados hidrometeorológicos de Jaru/RO**. Porto Velho, 2016.

SERIGATTO, E.M. **Delimitação automática das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrografia do rio Sepotuba-MT.** 2006. 203f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2006.

SERRA, M.A.; FERNANDEZ, R.G. Perspectivas de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. **Revista Economia e Sociedade**. Campinas, v.l.3, n.2, p. 107-131, 2004.

SILVA, L.T. **Vulnerabilidade ao escorregamento de terras estudo de caso:** bacia do rio Bengalas, 2011. 2014. 286f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente), Universidade Évora, São José dos Campos/SP, 2014.

SILVA, R.C.P. **Qualidade de vida em Porto Velho, Rondônia:** perspectivas e processo de desenvolvimento regional. 2013. 341f. Tese (Doutorado de Desenvolvimento Sustentável), Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2013.

SILVA, V.C.B.; MACHADO, P.S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.31, n.2, p. 66-87, 2014.

SILVEIRA, H.L.F.; VETTORAZZI, C.A.; VALENTE, R.O.A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na bacia do rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore,** v.32, n.2, p. 259-268, 2008.

SILVEIRA, C.T.; FIORI, A.P.; FERREIRA, A.M.; GÓIS, J.R.; MIO, G.; SILVEIRA, R.M.P.; MASSULINI, N.E.B.; LEONARDI, T.M.H. Emprego dos atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacaré, Paraná. **Revista Sociedade & Natureza,** v.25, n.3, p. 623-639, 2013.

SILVEIRA, R.; SANTOS, S.O.; ROSSI, A.P.; EUGENIO, F.C.; SANTOS, A.R. Mapeamento de áreas de inundação na sub-bacia do córrego Horizonte, município de Alegre, ES. **Revista Instituto Florestal,** v.25, n.2, p.179-191, 2013.

SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v.6, n.1, p. 45-61, 2005.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal Brasileiro. **Revista Novos Estudos**, v.89, n.1, p. 89-135, 2011.

SPINK, M.J.P. Viver nas áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e sentidos de risco no cotidiano. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.9, n.19, p. 3743-3754, 2014.

TRENTI, R.; ROBAINA, L.E.S.; SILVEIRA, V.S. Zoneamento de risco de inundação do rio Vacaí no município de São Gabriel, RS. **Revista Geo UERJ,** v.1, n. 24, p. 161-180, 2013.

TUCCI, C.E.M. **Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre, 2005.

VALLADARES, G.S.; FARIA, A.L.L. SIG na análise do risco de salinização na bacia do rio Cururipe, AL. **Revista Engevista**, v. 6, n.3, p. 86-98, 2004.

ZAMBON, K.L.; CARNEIRO, A.A.F.M.; SILVA, A.N.R.; NEGRI, J.C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Revista Pesquisa Operacional**, v.25, n.2, p.183-199, 2005.