

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**COBERTURA VEGETAL E
QUALIDADE AMBIENTAL NA ÁREA URBANA DE
SANTA MARIA (RS)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daniel Borini Alves

Santa Maria, RS, Brasil

2012

COBERTURA VEGETAL E QUALIDADE AMBIENTAL NA ÁREA URBANA DE SANTA MARIA (RS)

Daniel Borini Alves

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Adriano Severo Figueiró

Santa Maria, RS, Brasil

2012

Alves, Daniel Borini

Cobertura vegetal e qualidade ambiental na área urbana de Santa Maria (RS). /
por Daniel Borini Alves. - Santa Maria, 2012. 155 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2012.

Orientador: Adriano Severo Figueiró.

1. Paisagem urbana; 2. Qualidade Ambiental; 3. Cobertura vegetal
4. Funcionalidades Ambientais. 5. Gestão ambiental. I. Coelho Netto, Ana
Luiza II. Foletto, Eliane Maria.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**COBERTURA VEGETAL E QUALIDADE AMBIENTAL NA ÁREA
URBANA DE SANTA MARIA (RS)**

elaborada por
Daniel Borini Alves

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Adriano Severo Figueiró, Dr.
(Presidente/Orientador)

Ana Luiza Coelho Netto, Dr^a. (UFRJ)

Eliane Maria Foletto, Dr^a. (UFSM)

Santa Maria, 19 de junho de 2012.

Aos gestores municipais de Santa Maria, com a esperança de contribuir com a melhoria da qualidade ambiental da cidade, e aos pesquisadores que dedicam seus esforços científicos na compreensão da paisagem urbana e seus desafios de gestão ambiental.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa contou com o auxílio de muitas pessoas e instituições, e cabe a mim no mínimo descrever aqui os agradecimentos.

Ao prof. Dr. Adriano Severo Figueiró, pelas orientações precisas para o desenrolar da pesquisa, e pelos conselhos profissionais e acadêmicos sempre valiosos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro através da concessão de bolsas de pesquisa.

Aos demais professores que de alguma forma contribuíram com a lapidação do projeto e no auxílio bibliográfico: Dr. João Carlos Nucci (UFPR), Dr^a. Eliane Maria Foletto (UFSM), Dr^a. Maria da Graça de Barros Sartori (UFSM), Dr. Edson Vicente da Silva (UFC) e Dr^a. Maria Sílvia Spardi Lacruz (CRS-INPE/CRECTEALC).

Aos componentes do Laboratório de Geoecologia e Educação Ambiental (LAGED) e demais amigos e familiares que estiveram presentes nas medições de temperatura e nos demais levantamentos a campo: Mara, Simone, Mineiro, Antônio, Pitty, Vitor, André, Thiego, meu pai (Eustáquio), meu sogro (seu Maurício), minha querida namorada (Letícia), minha mãe (Luisa), minha irmã (Aline) e meu cunhado (Marcelo).

Em especial ainda a toda minha família e a minha namorada, pela compreensão, paciência e pelas injeções de ânimo nos momentos não tão fáceis, que são normais nessas trajetórias difíceis, mas ao mesmo tempo gratificantes.

Meu agradecimento sincero a todos que estiveram envolvidos nesse caminho, certo de que aprendi e de que de alguma forma também colaborei com o aprendizado de vocês.

“A sustentabilidade está enraizada em bases ecológicas, em identidades culturais e em territórios de vida; desdobra-se no espaço social, onde os atores sociais exercem seu poder de controle da degradação ambiental e mobilizam potenciais ambientais em projetos autogerenciados para satisfazer as necessidades e aspirações que a globalização econômica não pode cumprir. O território é o *locus* dos desejos, demandas e reclamos da população para reconstruir seus mundos de vida e reconfigurar suas identidades através de suas formas culturais de valorização dos recursos ambientais e de novas estratégias de reapropriação da natureza.”

Enrique Leff, 2006, p.157.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

COBERTURA VEGETAL E QUALIDADE AMBIENTAL NA ÁREA URBANA DE SANTA MARIA (RS)

AUTOR: DANIEL BORINI ALVES

ORIENTADOR: ADRIANO SEVERO FIGUEIRÓ

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de junho de 2012.

A desconsideração dos atributos naturais no processo de urbanização se reflete em muitas cidades que passam por um profundo processo de perda da qualidade ambiental, desafiando aos mais diferentes pesquisadores e profissionais que discutem o planejamento urbano e ambiental a buscarem alternativas que auxiliem na gestão dos conflitos existentes na relação sociedade-natureza nas áreas urbanas. Relacionada a uma série de funcionalidades ambientais, a presença da cobertura vegetal mostra-se essencial na composição da paisagem urbana, sendo que a partir dela é possível que muitos problemas ambientais possam ser amenizados ou resolvidos. Neste contexto, a presente pesquisa buscou investigar a variação da distribuição da vegetação arbórea na área urbana de Santa Maria nos últimos quarenta e cinco anos, destacando seu potencial para a garantia da funcionalidade térmica e hidrológica da cidade. Buscou-se na interpretação da paisagem urbana a partir da perspectiva geossistêmica o suporte metodológico para alcançar os objetivos propostos, dialogando com os saberes difundidos nas discussões que envolvem a ecologia urbana e a conservação da natureza nas cidades. Sendo assim, partiu-se de uma revisão teórico-metodológica dos conceitos e processos envolvidos na investigação, seguindo com uma caracterização natural e histórico-territorial da paisagem urbana de Santa Maria. Prosseguiu-se com a análise temporal e espacial da paisagem urbana local, observando a variação da estrutura horizontal de cobertura vegetal nas últimas décadas (1966-2011), e definindo unidades de paisagem na área urbana de Santa Maria (Geofácies dentro do Geossistema urbano). Após isso, foram selecionadas quatro áreas pilotos nas quais foi analisada a contribuição da cobertura vegetal no desempenho das funcionalidades térmica e hidrológica, contextualizando com resultados de pesquisas já realizadas em Santa Maria sobre o campo térmico local e acerca das características de escoamento superficial da cidade. Os resultados obtidos mostram que a cobertura vegetal teve um decréscimo significativo nas últimas décadas, chegando a registrar perda de 12,38% de cobertura vegetal total entre 1980 e 2011, que resulta em uma configuração de fragmentos arbóreos pequenos e isolados na chamada Geofácia de áreas densamente edificadas. Observa-se que a porcentagem de cobertura vegetal arbórea encontrada para 2011, de 32,90% para toda área urbana, se deve muito aos altos índices de arborização situados nas Geofácies de morros do rebordo e de morros testemunhos, que possibilitam esconder o alto grau de fragmentação observado nas áreas edificadas. Quanto às análises da variabilidade térmica e da regulação hidrológica nas áreas piloto, se pode observar claramente a contribuição da cobertura vegetal na amenização das temperaturas em dias quentes e seu potencial de diminuição da velocidade de escoamento superficial em episódios de precipitação. Observados os benefícios discutidos, mensurados e comprovados da cobertura vegetal em áreas urbanas, considera-se essencial para a melhoria da qualidade ambiental de Santa Maria, que sejam implantadas novas áreas verdes, estabelecendo critérios para que a disposição correta da arborização possa maximizar os seus efeitos positivos.

Palavras-chave: Paisagem urbana, Qualidade ambiental, Cobertura Vegetal, Funcionalidades Ambientais, Gestão Ambiental.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Master Degree in Geography and Geosciences
Federal University of Santa Maria

VEGETATION AND ENVIRONMENTAL QUALITY IN SANTA MARIA (RS) URBAN AREA

AUTHOR: DANIEL BORINI ALVES

ADVISER: ADRIANO SEVERO FIGUEIRÓ

Defense Place and Date: Santa Maria, June 19, 2012.

The disregard of the natural attributes in the process of urbanization reflects in many cities undergoing a profound process of loss of environmental quality, challenging the most different researchers and professionals discussing the urban and environmental planning to seek alternatives to assist in the management of conflicts in relationship between society and nature in urban areas. Related to a number of environmental features, the presence of vegetation appears to be essential in the composition of the urban landscape, and from it is possible that many environmental problems can be mitigated or resolved. In this context, this research sought to investigate the variation of the distribution of trees in the urban area of Santa Maria in the last forty-five years, highlighting its potential for ensuring the thermal and hydrological feature of the city. Sought in the interpretation of the urban landscape from the geosystemic perspective methodological support to achieve the proposed objectives, dialoguing with the knowledge transmitted in discussions involving the urban ecology and nature conservation in cities. Therefore, we decided a review of theoretical and methodological concepts and processes involved in the investigation, following a characterization with natural and historical-territorial urban landscape of Santa Maria. Continued with the temporal and spatial analysis of local urban landscape, observing the variation of the horizontal structure of vegetation in recent decades (1966-2011), and defining the landscape units in the urban area of Santa Maria (Geofacies within Geosystem). After that, we selected four pilot areas in which we analyzed the contribution of vegetation cover in the performance of thermal and hydrological features, contextualized with results of previous studies in Santa Maria on the thermal field on the characteristics and local runoff in the city. The results show that the canopy had a significant decrease in recent decades, reaching a record loss of 12.38% of total vegetation cover between 1980 and 2011, resulting in a configuration of small fragments and isolated trees in areas called Geofacies densely built. It is observed that the percentage of woody vegetation found for 2011 of 32.90% for the entire urban area, due to very high levels of afforestation of Geofacies situated in the rim of hills and mountains of evidence, that allow to hide the high degree fragmentation observed in built up areas. As for the thermal analysis of the variability and the discharge control in the pilot areas, we can see clearly the contribution of vegetation cover in temperatures of softening in hot weather and its potential for decreasing the rate of runoff in episodes of precipitation. Discussed the benefits observed, measured and proven plant cover in urban areas, it is essential to improving the environmental quality of Santa Maria, which are deployed new green areas, establishing criteria for the proper disposal of trees to maximize their effects positive.

Key words: Urban landscape, Environmental quality, Vegetation, Environmental features, Environmental management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Integração sistêmica dos elementos na paisagem geográfica.	20
Figura 2. Estrutura dos estudos relacionados a temáticas “Cidade e Meio Ambiente”.	21
Figura 3. Efeitos dos padrões de urbanização nos processos sociais e ambientais junto à paisagem urbana	22
Figura 4. Configurações de distribuição da vegetação arbórea para áreas urbanas.	25
Figura 5. Composição de imagens de satélite da Terra vista do espaço durante a noite.....	27
Figura 6. Modelo conceitual de interpretação dos processos sociais e ambientais no sistema urbano.	30
Figura 7. Rio Cheonggyecheon, na área urbana de Seul, capital da Coréia do Sul	32
Figura 8. Localização do município de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, com o perímetro urbano em destaque.....	49
Figura 9. Transição geomorfológica entre a escarpa da Serra Geral e a Depressão Periférica no município de Santa Maria.....	50
Figura 10. Variação da fitofisionomia da região, com formações vegetais campestres e florestais	51
Figura 11. Modelo tridimensional da cidade de Santa Maria, revelando suas características hipsométricas	53
Figura 12. Mapa de declividade da área urbana de Santa Maria e a rede de drenagem associada.	54
Figura 13. Planta da cidade de Santa Maria em 1902.	55
Figura 14. Grupo de passageiros em 1904, às margens de uma ponte ferroviária entre Santa Maria e a Estação Pinhal.	56
Figura 15. Esquina da Rua dos Andradas com a atual Rua Serafim Valandro, em 1902.	57
Figura 16. Mosaico de Plantas Cadastrais da área urbana de Santa Maria de 1966.....	58
Figura 17. Avenida Rio Branco e seus arredores em 1935 e 2008.....	59
Figura 18. Mapa das macrozonas de zoneamento da LUOS de Santa Maria de 2005.....	64
Figura 19. Mapa das Áreas Especiais Naturais da LUOS de Santa Maria de 2005.	65
Figura 20. Diagrama das etapas da pesquisa, apresentando os processos metodológicos envolvidos.....	71
Figura 21. Processo de classificação do Mosaico de Plantas Cadastrais de 1966.....	75
Figura 22. Termômetros digitais modelo Instrutherm TE-400 utilizados na investigação.	78
Figura 23. Projeção do crescimento da área urbana de Santa Maria na malha viária atual. ..	80
Figura 24. Praça Saldanha Marinho e arredores da Rua do Acampamento no centro de Santa Maria em 1905.....	81
Figura 25. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria em 1966.	83
Figura 26. Arredores da Av. Rio Branco no centro urbano de Santa Maria em 1972..	85
Figura 27. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria em 1980.	88
Figura 28. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria em 2011.	92
Figura 29. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros da Região Administrativa Centro Urbano.....	94
Figura 30. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Norte e Nordeste.....	95
Figura 31. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Sul, Oeste e Centro-Oeste.....	96
Figura 32. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Leste e Centro-Leste. ..	96
Figura 33. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Centro Urbano e Centro-Oeste entre 1980 e 2011,	99

Figura 34. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Norte e Nordeste entre 1980 e 2011,.....	100
Figura 35. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Leste e Centro-Leste entre 1980 e 2011.....	101
Figura 36. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Oeste e Sul entre 1980 e 2011	102
Figura 37. Mapa das Geofácies da área urbana de Santa Maria.....	104
Figura 38. Uso e cobertura da terra na Geofácia de morros do rebordo	106
Figura 39. Uso e cobertura da terra na Geofácia de morros testemunhos.....	107
Figura 40. Morro Cerrito e o Morro Mariano da Rocha.....	107
Figura 41. Uso e cobertura da terra na Geofácia de matas galeria.....	108
Figura 42. Uso e cobertura da terra na Geofácia de áreas densamente edificadas	110
Figura 43. Uso e cobertura da terra na Geofácia de áreas menos densamente edificadas	111
Figura 44. Uso e cobertura da terra na Geofácia de áreas rururbanas	112
Figura 45. Localização das áreas piloto selecionadas no perímetro urbano de Santa Maria	114
Figura 46. Cartogramas de usos da terra nas quatro áreas piloto.	115
Figura 47. Variação do campo térmico da região central da paisagem urbana de Santa Maria.....	117
Figura 48. Variação do conforto térmico da área urbana de Santa Maria.....	119
Figura 49. Carta sinótica do dia 25/11 mostrando o estado do Rio Grande do Sul.....	121
Figura 50. Variação do campo térmico nas quatro áreas piloto selecionadas.....	122
Figura 51. Gráfico das médias dos pontos mensurados por horário nas quatro Áreas Piloto.	123
Figura 52. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 1 por horário de medição.....	124
Figura 53. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 2 por horário de medição.....	126
Figura 54. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 3 por horário de medição.....	128
Figura 55. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 4 por horário de medição.....	129
Figura 56. Tipos de solos reagrupados em Grupos Hidrológicos de Solos na área urbana de Santa Maria.....	132
Figura 57. Mapa de potencial de escoamento superficial.....	133
Figura 58. Cartogramas de Uso e Cobertura da Terra, Grupos Hidrológicos de Solos e de Escoamento Superficial (C), das quatro áreas piloto selecionadas	135
Figura 59. Gráfico de proporção das classes <i>curve number</i> em cada área piloto.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos de solos segundo os quatro grupos hidrológicos.	43
Tabela 2. Número de deflúvio de acordo com as diferentes superfícies.	44
Tabela 3. Condições anteriores de umidade do solo..	44
Tabela 4. Dados de uso e cobertura da terra por unidades de bairros nas Plantas Cadastrais de 1966.	84
Tabela 5. Dados de uso e cobertura da terra por unidades de bairros da área urbana em 1980.	89
Tabela 6. Dados de uso e cobertura da terra e dos fragmentos de vegetação por bairros da área urbana em 2011.....	93
Tabela 7. Índices de cobertura vegetal arbórea e total entre 1960, 1980 e 2011.....	98
Tabela 8. Classes de uso e cobertura da terra no interior das Geofácies.....	105
Tabela 9. Dados de temperatura coletados junto às quatro áreas pilotos no dia 25 de novembro de 2011.	122
Tabela 10. Valores <i>curve number</i> para bacias urbanas, em condições de umidade II.	131
Tabela 11. Medida de classes do mapa de potencial de escoamento superficial.....	134
Tabela 12. Valores <i>curve number</i> para bacias urbanas, em condições de umidade II.	135
Tabela 13. Medida de classes dos cartogramas de uso e cobertura da terra das áreas piloto...	137
Tabela 14. . Medida de classes de impermeabilidade da terra em cada área piloto	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Área Piloto
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CURA	Comunidade Urbana para a Recuperação Acelerada
CVA	Cobertura Vegetal Arbórea
CVHA	Cobertura Vegetal Herbácea e Arbustiva
CN	Curve Number
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CVT	Cobertura Vegetal Total (Arbórea, Arbustiva e Herbácea)
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EC	Espaços Construídos
EIA	Estudo Prévio de Impacto Ambiental
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
GHS	Grupo Hidrológico de Solo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
LAGED	Laboratório de Geoecologia e Educação Ambiental
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RD	Rede de Drenagem
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SCS	Soil Conservation Service
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 CONCEITOS E MÉTODOS NA ANÁLISE AMBIENTAL URBANA.....	19
1.1 A paisagem, o geossistema urbano e a vegetação	19
1.2 Urbanização e conflitos ambientais	27
1.3 Qualidade ambiental urbana e a legislação brasileira	35
1.4 A contribuição da vegetação em áreas urbanas.....	37
1.4.1 Vegetação e amenização térmica.....	40
1.4.2 Vegetação e a regulação hidrológica	41
1.5 Resgate de estudos ambientais na paisagem urbana de Santa Maria	45
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
2.1 O sítio urbano e as características naturais de Santa Maria e seu entorno	49
2.2 Caracterização histórico-territorial da paisagem urbana de Santa Maria.....	55
2.2.1 Revisão das políticas públicas municipais relacionadas ao crescimento da cidade e o meio ambiente	60
3 METODOLOGIA.....	70
3.1 Procedimentos metodológicos.....	70
3.1.1 Análise da variação da estrutura horizontal da cobertura vegetal (1966-2011)	73
3.1.2 Definição das unidades de paisagem	76
3.1.3 Seleção das áreas piloto	77
3.1.4 Análise da contribuição da vegetação na variabilidade térmica.....	77
3.1.5 Análise da contribuição da vegetação na regulação hidrológica	79
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
4.1 A cobertura vegetal e a dinâmica espaço-tempo na paisagem urbana de Santa Maria ...	80
4.1.1 A estrutura horizontal da vegetação nas últimas décadas (1966-2011).....	80
4.1.2 A configuração da cobertura vegetal atual e o Geossistema urbano	103
4.2 Funcionalidades ambientais e a cobertura vegetal.....	113
4.2.1 A vegetação e a variabilidade térmica	116
4.2.2 A vegetação e a regulação hidrológica	131
5 CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	128
REFERÊNCIAS	131

INTRODUÇÃO

A intensificação do processo de urbanização é um fenômeno marcante do século XX, que afirma a cidade como a principal morada dos seres humanos. Observado os índices crescentes de população urbana na atualidade, passa a ser um desafio aos mais diferentes pesquisadores e profissionais que discutem o planejamento urbano e ambiental, buscar alternativas que auxiliem na gestão dos conflitos existentes na relação sociedade-natureza nas áreas urbanas, garantindo condições de bem viver da população humana e, para além de não comprometer a condições naturais, considerar os processos ecológicos para um melhor aproveitamento dos benefícios por eles proporcionados (DIAS, 1997).

A paisagem urbana, ao refletir o convívio direto e mediado do homem junto à natureza, é o espaço onde os conflitos ambientais se demonstram mais agravados e aparentes, evidenciando a realidade acerca da deterioração das relações dos indivíduos em sociedade junto ao meio natural. Ao serem compreendidas como sistemas, onde se manifestam fluxos dinâmicos de energia, matéria e informação, as cidades passam a se diferenciar do seu entorno rural, sofrendo muitas vezes com a excessiva artificialização de sua estrutura, que tem como consequências a perda de funcionalidades ambientais.

Ao analisarmos a dinâmica da paisagem urbana em relação ao crescimento das cidades a partir do processo de apropriação do espaço, observamos que a impermeabilização dos lotes e a consequente diminuição da cobertura vegetal em áreas urbanas é um dos fatores mais perceptíveis nestes ambientes, e que representam a diminuição de uma série de funcionalidades ambientais das quais a vegetação é, em parte significativa, responsável (MASCARÓ, 2005).

Apontando a insuficiência ou inadequação das medidas tecnológicas para o controle das degradações ambientais, Cavalheiro (2009) discute que parece mais lógico que, primeiramente, se tire proveito do que a natureza pode oferecer no tocante à auto-regulação, para então estudar quais devem ser as tecnologias mais compatíveis a serem utilizadas.

Ao afirmar que a desconsideração dos processos naturais nas cidades sempre foi e será tão custosa quanto perigosa, Spirn (1995, p.26) traz alguns exemplos de conflitos ambientais encontrados em grandes metrópoles globais. São citados pela autora, casos como o da Cidade do México (que afundou 7,5m por não reconhecer as relações entre a água e a estabilidade do solo), Hong Kong e Los Angeles (constantemente castigadas por deslizamentos de terra a partir do crescimento urbano), Houston (devastada por constantes alagamentos causados pela urbanização das nascentes).

No Brasil, entre outros exemplos, os constantes deslizamentos na cidade do Rio de Janeiro (RJ) e as enchentes no vale do Itajaí (SC), são casos bem conhecidos divulgados pela mídia. Segundo informações disponibilizadas pelo IBGE¹, mais de noventa por cento dos municípios brasileiros informam enfrentar constantes problemas ambientais, principalmente associados a desmatamento, queimadas e assoreamento de canais.

Neste sentido, podemos analisar que o crescente e constante processo de urbanização dos municípios brasileiros, baseado em uma lógica de uso e ocupação predatória, é responsável por um panorama de crise ambiental vigente, que resulta na deterioração da qualidade ambiental nas cidades.

Diante dessa realidade, revela-se a importância da gestão e reorganização do território, visando a melhoria da qualidade ambiental em áreas urbanas, onde sejam valorizadas de forma mais significativa as funcionalidades ambientais promovidas com a contribuição proporcionada pelo meio natural.

Acredita-se que quando se fala em planejar com a natureza, dentro da linha metodológica do planejamento da paisagem, se está falando, principalmente, da vegetação, sendo a partir dela que muitos problemas podem ser amenizados ou resolvidos. Assim, a cobertura vegetal, tanto em termos qualitativo como quantitativo e, também, a sua distribuição espacial, deve ser cuidadosamente considerada na avaliação da qualidade ambiental (NUCCI, 2008).

Neste contexto, trabalhando com a área urbana do distrito sede de Santa Maria (RS), o presente trabalho buscou investigar a relação da cobertura vegetal com a qualidade ambiental local, considerando, especialmente, sua contribuição na garantia das funcionalidades hidrológica e térmica da cidade. Questiona-se, desta forma, qual é a contribuição da vegetação na regulação da qualidade ambiental urbana de Santa Maria.

Procurando responder ao questionamento apontado, buscou-se desenvolver uma estratégia de avaliação dos aspectos de funcionalidade hidrológica e térmica envolvidas na qualidade ambiental que use como critério norteador a relação com a cobertura vegetal, servindo tanto como um referencial para o processo de reorganização e gestão do território local, quanto para a consulta e desenvolvimento de pesquisas futuras, a serem realizadas na área urbana de Santa Maria.

¹ Sétima edição da Pesquisa de Informações Municipais (Munic), 2008. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1286&id_pagina=1>. Acesso em 12 de agosto de 2010.

Para tanto, buscou-se na interpretação da paisagem urbana a partir da perspectiva geossistêmica, bastante utilizada nas pesquisas em geocologia, o suporte metodológico para alcançar os objetivos propostos, dialogando com saberes difundidos nas discussões que envolvem a ecologia urbana e a conservação da natureza nas cidades.

Sendo assim, o objetivo geral da pesquisa é o de quantificar e analisar a variação da distribuição da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria nos últimos quarenta e cinco anos, discutindo seu potencial atual para a regulação das funcionalidades térmica e hidrológica da cidade.

Como objetivos específicos foram propostos:

- Analisar comparativamente a distribuição da cobertura vegetal na cidade de Santa Maria entre os anos de 1966, 1980, 2011;
- Mapear as atuais unidades de paisagem na zona urbana de Santa Maria, analisando a estrutura horizontal de distribuição dos fragmentos de vegetação em cada uma delas;
- Comparar, em áreas selecionadas, a estrutura horizontal de distribuição dos fragmentos de vegetação com informações acerca da variabilidade do campo térmico local;
- Comparar, em áreas selecionadas, a estrutura horizontal de distribuição dos fragmentos de vegetação com informações acerca da variabilidade do potencial de escoamento superficial da cidade.

Neste contexto, no primeiro capítulo apresenta-se uma revisão teórico-metodológica das principais discussões relacionadas às temáticas envolvidas na pesquisa, onde se inicia discutindo a respeito da análise e interpretação da paisagem, destacando a teoria geossistêmica e analisando o papel da vegetação. Em seguida, argumenta-se em relação ao processo de urbanização e os conflitos ambientais a ele associados, passando a discutir a respeito da qualidade ambiental em áreas urbanas. Discute-se ainda sobre a ação da vegetação em áreas urbanas, destacando o seu potencial na garantia de determinadas funcionalidades ambientais, e por fim, realiza-se uma breve revisão de determinadas investigações já realizadas, que abrangem a discussão ambiental na área urbana de Santa Maria.

No segundo capítulo é apresentada uma caracterização da área de estudo, visando integrar o contexto histórico-espacial às discussões levantadas pela investigação. Subdivide-se este capítulo em duas discussões. Na primeira, é abordada a questão do sítio urbano e as características naturais de Santa Maria e seu entorno, destacando os principais fatores e processos naturais que caracterizam a paisagem urbana do município. Já na segunda discussão, apresenta-se uma caracterização histórico-territorial da área urbana de Santa Maria, apresentando uma breve leitura histórica do povoamento da cidade e o seu crescimento ao

longo dos anos, buscando discutir o processo de urbanização paralelamente à de grande parte da vegetação, e analisando ainda as políticas públicas municipais relacionadas ao verde urbano nas últimas décadas.

No capítulo três passa-se a apresentar e descrever os processos metodológicos e os procedimentos técnicos que foram realizados buscando atender os objetivos traçados pela investigação. Procurando melhor especificar os procedimentos envolvidos, primeiramente é realizada uma leitura geral das etapas da pesquisa, passando-se a aprofundar os passos seguidos para a análise temporal e espacial da cobertura vegetal na paisagem urbana e, num segundo momento, a descrever os procedimentos para análise das funcionalidades térmica e hidrológica nas áreas selecionadas.

No capítulo quatro, passa-se a apresentar os resultados obtidos ao longo da pesquisa, iniciando pela discussão a respeito da cobertura vegetal e a dinâmica espaço-temporal na paisagem urbana de Santa Maria, onde se analisa a estrutura horizontal da vegetação nas últimas décadas (1966-2011) e, também, a sua configuração no geossistema urbano. Num segundo momento são apresentadas as análises das funcionalidades térmica e hidrológica nas quatro áreas-piloto selecionadas.

No quinto e último capítulo, são apresentadas algumas conclusões a respeito do que foi alcançado na investigação, onde são discutidos os principais resultados encontrados e realizadas algumas avaliações e considerações a respeito da contribuição científica do trabalho aqui descrito.

A problemática encaixa-se na linha de pesquisa que trata sobre “Meio ambiente, paisagem e qualidade ambiental”, no qual se desenvolvem pesquisas junto ao Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Geografia e Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, sendo este trabalho desenvolvido junto ao Laboratório de Geoecologia e Educação Ambiental (LAGED).

1. CONCEITOS E MÉTODOS NA ANÁLISE AMBIENTAL URBANA

1.1. A paisagem, o geossistema urbano e a vegetação.

A investigação da paisagem como categoria espacial a ser analisada exige uma boa adequação teórico-metodológica, sendo a abordagem geossistêmica extremamente útil para esta tarefa, uma vez que pressupõe uma análise integrada dos elementos que a compõe.

Monteiro (2000) aborda que a compreensão geossistêmica da paisagem, que pressupõe o entendimento das dimensões espacial e temporal, natural e social, apresenta uma integração das escalas vertical e horizontal, onde a análise geográfica é desenvolvida de forma estruturada e hierárquica. De acordo com o autor, a abordagem geossistêmica objetiva uma visão integradora, que passa por uma etapa de análise das variáveis naturais e antrópicas e uma segunda etapa de integração, onde se fundem os recursos, usos e os problemas, que são configurados na etapa de síntese em unidades homogêneas. Essas etapas conduzem para uma análise conclusiva, onde se avalia a qualidade do meio ambiente, resultando em uma abordagem que contempla as dimensões temporal e espacial, e também as inter-relações entre a sociedade e o meio ambiente na paisagem geográfica.

Diante desta complexa relação dos elementos da paisagem, Bertrand (1972) propôs um sistema taxonômico que é muito utilizado até hoje, pois permite realizar recortes espaciais considerando a estrutura hierárquica da paisagem e o seu funcionamento em função da escala temporo-espacial selecionada. Tem-se desta forma as Zonas, os Domínios, as Regiões Naturais, o Geossistema, as Geofácies e os Geótopos (RODRIGUES, 2001).

Reflexo da relação entre os componentes macroestruturais e mesoestruturais, de acordo com o nível de integração geocológica, a paisagem apresenta uma dimensão hierárquica a ser considerada para o entendimento geossistêmico, que expressa a complexidade da inter-relação dos elementos (GARCIA-ROMERO; JIMÉNEZ, 2002).

O esquema (**Figura 1**) sistematiza a integração hierárquica do conjunto de elementos da paisagem, identificando a dependência de uns em relação aos outros. No primeiro nível de integração geocológica, observam-se os componentes macroestruturais, que correspondem as morfoestruturas e a ação climática. No segundo nível de integração geocológica observamos as mesoestruturas, que dispõe de componentes abióticos (o relevo e a água) e componentes bióticos (solos, vegetação e a sociedade). No modelo, da esquerda para a direita aumenta o nível de dependência dos elementos, estando a maior parte dos níveis regulatórios e explicativos para além do visível, caracterizando sua multiescalaridade (FIGUEIRÓ, 2011).

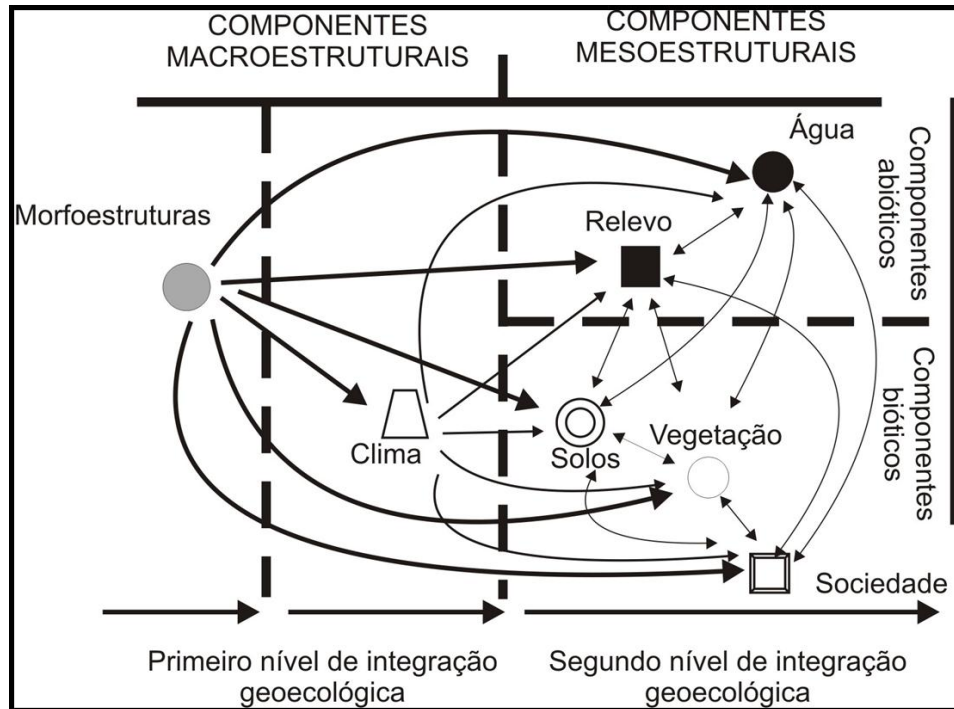


Figura 1. Integração sistêmica dos elementos na paisagem geográfica.
Fonte: Garcia-Romero e Jiménez (2002) *apud* Figueiró (2011, p.36).

Destaca-se neste sentido a vegetação, presente no segundo nível de integração geocológica junto aos componentes bióticos. Ao depender dos demais elementos de integração geocológica, e exercer importante papel no nível de integração mesoestrutural, a vegetação contém uma quantidade de informações significativas na identificação da estrutura e da qualidade ambiental.

Para além da compreensão da interação dos processos envolvidos, Monteiro (2000) afirma que a integração antrópica nos geossistemas deve considerar o seguinte trinômio: a configuração espacial mediante a reflexão sobre a escala de abordagem; configuração temporal, ou duração histórica da ocupação e sua importância histórica no processo de relação no geossistema; a estrutura interna e dinamismo funcional identificando o grau de intensidade das manifestações antropogênicas.

A paisagem urbana, descrita como um complexo mosaico de elementos físicos e biológicos com uma matriz de infraestrutura e organização social (ALBERTI, 2005), é o ambiente que reflete o grau urbanização impresso pela sociedade que ali predomina, de acordo com os condicionamentos do sítio urbano. Tal como afirmam Sukopp e Werner (1991) nas cidades o clima, o ciclo de nutrientes, o fluxo energético, a estrutura espacial e o inventário biológico diferem substancialmente de seu entorno rural.

Sendo a paisagem um sistema integrado de estruturas e dinâmicas de diferentes naturezas, é necessário que se lance mão de distintas áreas do conhecimento para que possamos nos aproximar da compreensão dos resultados destas dinâmicas em termos de paisagem. Neste contexto, é importante considerar que a interpretação paisagística da cidade desafia profissionais de diversas áreas da ciência (**Figura 2**), tais como geógrafos, ecólogos, arquitetos e engenheiros, que de acordo com suas bases teórico-metodológicas participam do planejamento e gestão do território urbano.

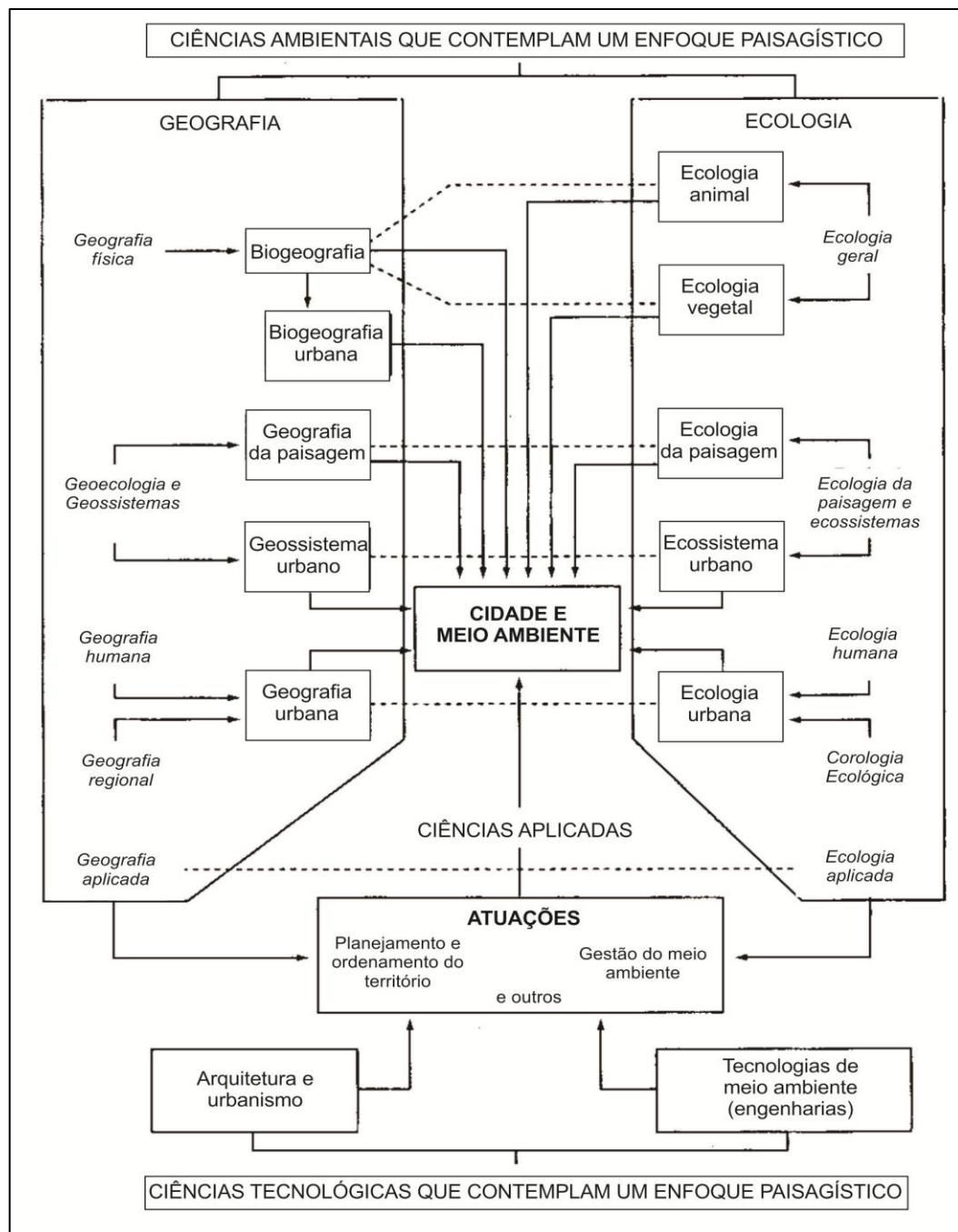


Figura 2. Estrutura dos estudos relacionados a temáticas "Cidade e Meio Ambiente".

Fonte: Adaptado com base em Alonso (1995, p. 318).

No âmbito da geocologia, a paisagem urbana, de acordo com Rodrigues *et al* (2010), pode ser analisada a partir do enfoque histórico-antropogênico, que denotará as regularidades de modificação e transformação da paisagem pelas atividades humanas. O conceito de hemerobia² é muito esclarecedor nesse sentido, ao permitir diferenciar o grau de artificialidade ou naturalidade dentro da paisagem urbana.

Fazendo uma ponte com os conhecimentos desenvolvidos pelos ecologistas urbanos, podemos afirmar que na paisagem urbana a evolução do uso da terra e seus impactos ecológicos são em função do padrão espacial das atividades humanas e da transformação dos habitats naturais, os quais afetam os processos ecológicos e socioeconômicos em várias escalas (ALBERTI, 2005).

Em um modelo conceitual (**Figura 3**) que integra os processos humanos e ecológicos para a compreensão do desenvolvimento urbano de acordo com seus padrões, Alberti (2005) apresenta a existência de mecanismos, tais como as mudanças da cobertura da terra, introdução de novas espécies, emissões de poluentes, que geram determinados efeitos, tais como na biodiversidade e no ciclo de materiais e nutrientes, que estão relacionados a determinadas variáveis controladoras, como a demografia urbana e o planejamento do uso e cobertura da terra. Estes elementos, por conseguinte, estarão associados a determinados padrões de urbanização, que irão apresentar uma forma urbana, uma intensidade, heterogeneidade e conectividade de uso da terra como é possível observar a seguir.

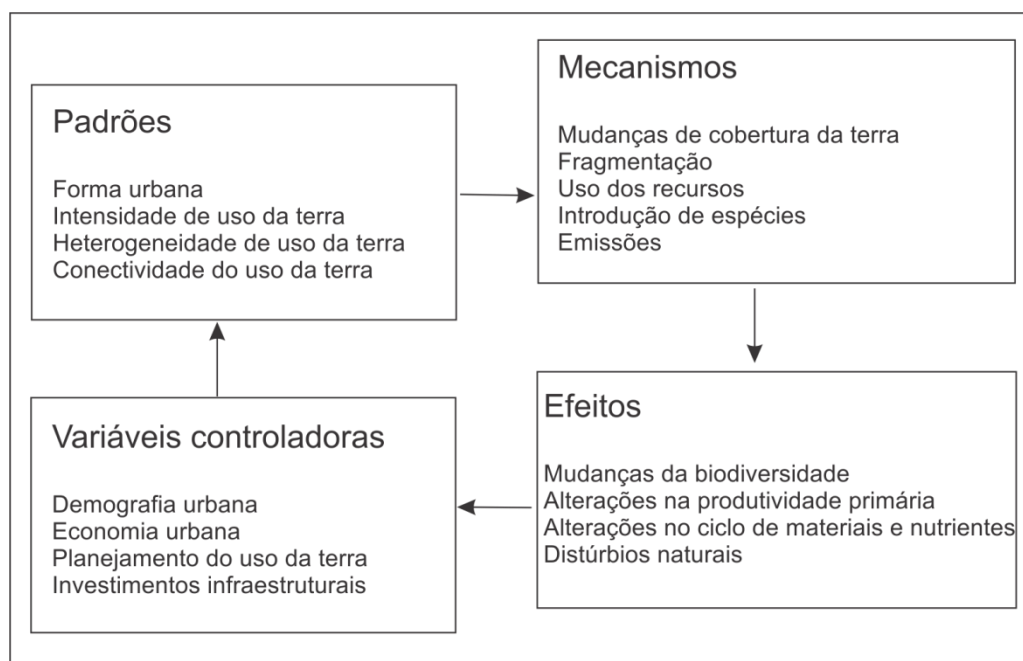


Figura 3. Efeitos dos padrões de urbanização nos processos sociais e ambientais junto à paisagem urbana.

Fonte: Adaptado com base em Alberti (2005, p. 175).

² Para Rodrigues *et al* (2010) por hemerobia entende-se as mudanças ocorridas na estrutura e funcionamento da paisagem, devido a ação humana, direta (antrópica) e indireta (antropogênica), nos geossistemas.

Os efeitos dos padrões de urbanização são diretamente associados à qualidade ambiental local, estando relacionados à fragmentação, ao isolamento, à degradação dos habitats naturais, à simplificação e homogeneização da composição das espécies, à desregulação dos sistemas hidrológicos e à modificação do fluxo energético e dos ciclos de nutrientes (ALBERTI; MARZLUFF, 2004).

Nesta mesma perspectiva, Dansereau (1999) destaca que a ordenação ecológica dos espaços urbanos pode fornecer um novo enquadramento às categorias tradicionalmente reconhecidas pelos urbanistas, onde conviria retomar critérios próprios à demografia, à sociologia e ao urbanismo, permitindo que estas unidades possam ser reinterpretadas.

Tal como destacado anteriormente, a vegetação é uma das chaves de interpretação para a avaliação da qualidade ambiental na paisagem, sendo a sua presença relacionada a uma série de funcionalidades ambientais³. Porém, para que essas funcionalidades promovidas pela presença da vegetação ocorram com efetividade dentro dos ambientes urbanos, é necessário que a forma, o tamanho e a distribuição dos seus fragmentos obedeçam a determinadas diretrizes que favoreçam a melhoria dos processos ecossistêmicos.

Baseado na teoria de biogeografia de ilhas (voltada para a compreensão da dinâmica biótica em paisagens naturais isoladas), focando mais em relação à vegetação de porte arbóreo, os ecólogos paisagistas Forman e Godron (1986) apresentam uma proposta de relação quanti-qualitativa dos fragmentos, considerando a questão do efeito de borda segundo o tamanho e a forma a eles associados. Na teoria, quanto maior a influência do efeito de borda, menor a qualidade desses fragmentos em termos de integridade estrutura-função na fase clímax. Tem-se então, de acordo com este critério, que quanto maiores e mais arredondados ou circulares forem os fragmentos, menor será a proporção de borda e, conseqüentemente, o fragmento terá uma estabilidade ecológica maior que aqueles mais estreitos e menores.

Além da forma e do tamanho, a distribuição dos fragmentos de vegetação dentro da matriz será essencial para a sua análise. Neste sentido, Forman e Godron (1986) tratam do critério de conectividade, onde os fragmentos podem expressar extrema proximidade, existência de corredores ou efetivas ligações (mesmo estas sendo estreitas) ou ainda não apresentar nenhuma conexão.

Em relação às paisagens urbanizadas, a utilização destes critérios transpostos das paisagens naturais pode trazer algumas contribuições sendo, todavia, adaptadas e rediscutidas por muitos ecologistas urbanos. Nowak *et al* (1996), considerando a importância da consideração das árvores em ambientes urbanos, apresentam algumas metodologias voltadas à interpretação de fotografias aéreas

³ Posteriormente dedica-se uma seção textual exclusiva para discussão da vegetação urbana e as funcionalidades ambientais a ela associadas (vide página 37).

capazes de mensurar e analisar a distribuição de fragmentos de vegetação arbórea nas cidades. Nessas metodologias, a análise do tamanho, da forma e distribuição dos fragmentos arbóreos é destacada. Os autores apontam que as informações geradas podem ajudar no planejamento urbano, guiando os planejadores para possíveis alterações dos padrões de urbanização encontrados.

Em alguns fragmentos arbóreos urbanos expressivos no ponto de vista das relações de tamanho e conectividade, as considerações descritas por Forman e Godron (1986) podem ser úteis para análise do potencial ecológico e das variáveis a ele associadas, pois apesar de estarem expostos a um entorno em que o uso e ocupação do solo são mais intensivos, possibilitando uma maior propagação do efeito de borda, a diversidade biológica e vegetal pode ainda ser maior ou menor de acordo com a sua forma, tamanho e conectividade. Figueiró (2005) acrescenta que o manejo destas áreas no espaço urbano pode protagonizar uma mudança de paradigma do planejamento, incorporando os serviços ambientais prestados pela vegetação e substituindo o modelo mecanicista de planejamento por um modelo mais orgânico e transversal, onde os espaços naturais fragmentados passam a constituir importante instrumento para amenização da “aridez” das condições urbanas.

É relevante acrescentar que enquanto estratégia de conservação da natureza em áreas urbanas, a manutenção de fragmentos possuem papel extremamente importante, possibilitando processos de regulação e auto-ajustamento, auxiliando no controle da qualidade da atmosfera, na regulação térmica, no controle hidrológico e do abastecimento de água, entre outras funcionalidades ambientais (DIAS, 1997).

Alberti e Marzluff (2004), ao discutirem sobre a resiliência dos ecossistemas urbanos associadas aos padrões de urbanização, sustentam a ideia de que a manutenção dos “serviços ecológicos” no ecossistema urbano pode contribuir com alguns “serviços humanos”, sendo estes interdependentes. Os autores (*op. cit.*, 2004, p. 246)⁴ afirmam que:

Serviços humanos em áreas urbanas tais como moradia, suprimento de água, depósito de resíduos e recreação dependem no ecossistema dos recursos naturais e sua produtividade em longo prazo. Eles também dependem da capacidade do ecossistema de atuar como dissipador na absorção de emissões e resíduos. Ecossistemas também fornecem importantes serviços para a população urbana: eles regulam o clima, controlam inundações e absorvem carbono, para citar alguns (Ehrlich and Mooney, 1983⁵; Daily, 1997⁶; Costanza *et al.*, 1997⁷). Serviços humanos dependem dos serviços dos ecossistemas locais e globais porque as cidades importam recursos de áreas distantes. Por outro lado, a capacidade de manter esses serviços localmente e globalmente dependem cada vez mais das atividades humanas e dos padrões de desenvolvimento dos assentamentos humanos.

⁴ Citação traduzida pelo autor.

⁵ Ehrlich, P. R.; Mooney, H.A. Extinction, substitution, and ecosystem services. *Bioscience* 33, 248–254, 1983.

⁶ Daily, G.C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, 1997.

⁷ Costanza, R.; D'Arge, R.; DeGroot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; Van den Belt, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260, 1997.

Neste contexto de padrões de desenvolvimento urbano, inserem-se diversas discussões que abordam a conservação da natureza na cidade. Tian *et al* (2011) destacam a importância da proteção e criação de espaços verdes urbanos, criticando a sua fragmentação e afirmando que esses não devem ser considerados como entidades isoladas. A conectividade dos fragmentos resulta no padrão em que eles estão configurados dentro da trama urbana. Conforme Jim (1989), que realizou um estudo da distribuição espacial e da forma da vegetação em Hong Kong, os fragmentos de vegetação arbórea em áreas urbanas podem ser classificados em isolados, lineares ou conectados (**Figura 4**).

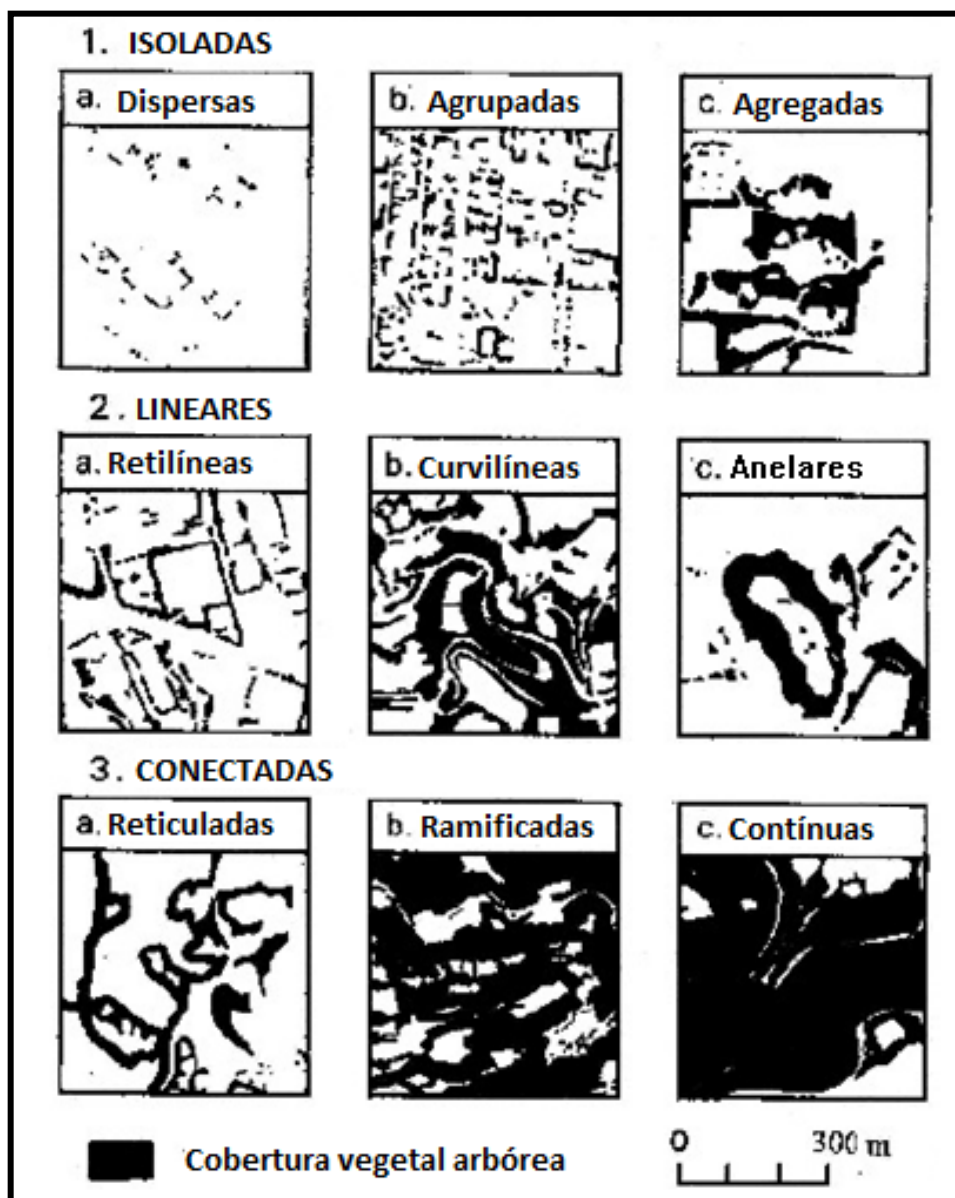


Figura 4. Configurações de distribuição da vegetação arbórea para áreas urbanas.
Fonte: Adaptado com base em Jim (1989, p.210).

De acordo com o autor (*op.cit.*, 1989), as tipologias *isoladas* são aquelas em que a cobertura vegetal está inserida junto a uma matriz contínua de superfícies impermeáveis, podendo apresentar pequenas unidades isoladas (“dispersas”), pequenos grupos (“agrupadas”) ou da agregação de agrupamentos ainda isolados (“agregadas”). As tipologias *lineares* são aquelas que apresentam uma justaposição de árvores que confluem em determinada direção dominante, podendo ser associadas as árvores alinhadas em calçadas ou nas periferias dos lotes (“retilíneas”), em maiores cinturões acompanhando vertentes naturais ou modificadas (“curvilíneas”) e ainda quando as árvores formam anéis contínuos ao redor de pequenos morros (“anelares”). Já as tipologias conectadas são as que apresentam a distribuição de cobertura vegetal arbórea com maior conectividade, geralmente associadas a florestas remanescentes, podendo estar associadas a agrupamentos de árvores interligados em vertentes não edificadas (“reticuladas”), onde copas entrelaçadas formam uma estrutura contínua que envolve lotes edificados separadamente, apresentando mais de 50% de cobertura vegetal (“ramificadas”) ou, por fim, com mais de 75% da área com cobertura vegetal, que representam áreas florestais com pouco avanço de edificações (“contínuas”).

Essas constatações referentes à forma, ao tamanho e à distribuição da vegetação estão extremamente atreladas à qualidade ambiental por ela proporcionada, sendo imprescindíveis no momento de se utilizar a cobertura vegetal como indicador de algumas funcionalidades ambientais. São insuficientes as tentativas de analisar quantitativamente a vegetação sem considerar como estão distribuídas e organizadas dentro da malha urbana.

Diversos estudos que emergem recentemente diante destes pressupostos podem ser citados aqui, desenvolvidos por geógrafos, biólogos, arquitetos e demais pesquisadores, tais como os trabalhos de Madureira *et al* (2011)⁸, Tian *et al* (2011)⁹, Young (2010)¹⁰ e Escobedo *et al* (2006)¹¹.

Diante do exposto e das discussões levantadas até o presente momento, passa-se a partir de agora a aprofundar o debate acerca de algumas questões, iniciando pela argumentação a respeito da urbanização e a existência de conflitos ambientais a ela associados.

⁸ Analisam a estrutura verde e a evolução do planejamento na área urbana de Porto (Portugal), considerando a questão da alteração do número, tamanho e conectividade dos fragmentos durante o século XX de acordo com a evolução das políticas de sucessão de planos diretores.

⁹ Apresentam um estudo da fragmentação da vegetação em Hong Kong, identificando as áreas de menor e maior conectividade dos fragmentos.

¹⁰ Discute a gestão de espaços verdes municipais para a manutenção de serviços ecossistêmicos em áreas urbanas.

¹¹ Abordam a gestão das florestas urbanas públicas, relacionando com as condições socioeconômicas em Santiago (Chile).

1.2 Urbanização e conflitos ambientais

Os ambientes urbanos no mundo já representam ser a principal morada do ser humano, visto que o número de pessoas que habitam em cidades supera o de habitantes que vivem em ambientes rurais desde 2008, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU). Em 2010, a população urbana mundial já contava com 3,47 bilhões de habitantes, representando 50,80% da população mundial¹². Diante deste crescimento populacional, o impacto da urbanização na Terra já é perceptível do espaço (**Figura 5**), que apresenta nas áreas luminosas as regiões de maior densidade de urbanização.



Figura 5. Composição de imagens de satélite da Terra vista do espaço durante a noite.
Fonte: NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

O Brasil, apesar de apresentar nitidamente na imagem uma densidade de urbanização inferior a dos países desenvolvidos, apresenta muitas áreas urbanizadas, observáveis nesta escala planetária principalmente nas regiões Sudeste e Sul e próximo à zona litorânea. Estima-se pelo IBGE que a população urbana do país representava 84% em relação à população total em 2010¹³.

Neste panorama crescente de urbanização, é possível afirmar que muitas áreas urbanizadas revelam sinais claros de um “desenvolvimento” que não primou por relações equilibradas entre a cidade e a natureza. Onde as condições de vida humana diminuíram significativamente é possível observar uma negligência quanto à manutenção dos atributos naturais, os quais passaram a ser substituídos por funcionalidades essencialmente urbanas e

¹² De acordo com os dados do “*World Urbanization Prospects*” da ONU. Extraído da base estatística “*World Bank Staff*” (WBS), no endereço <<http://databank.worldbank.org/ddp/home.do>>.

¹³ De acordo com o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

artificiais, como a circulação e a comunicação, que trouxeram as edificações, os ruídos, o concreto, o asfalto, que acabam retratando os símbolos paisagísticos urbanos da atualidade.

O contexto histórico do processo de urbanização nos municípios brasileiros mostra que a sua aceleração desenfreada acarretou em uma série de conflitos ambientais. Nesses conflitos, destaca-se a diminuição da cobertura vegetal, que está associada a outros fatores tais como poluição do ar, a formação de ilhas de calor e a aceleração do escoamento superficial, que resultam numa diminuição da qualidade ambiental das cidades.

Levando em consideração que o Brasil, nas últimas décadas, tem se tornado um país cada vez mais urbano, e que os problemas ambientais se agravam, afirma-se que há uma crescente degradação das condições de vida, refletindo numa crise ambiental, que nos remete a uma necessária reflexão sobre os desafios para mudar as formas de pensar e agir em torno das questões ambientais numa perspectiva contemporânea (JACOBI, 2003).

Santos (1997) discute o processo de urbanização relacionando-o com a apropriação do espaço pelo homem, que o torna um ambiente cada vez mais artificial, produzido sob a transformação da natureza primitiva. Reduzem-se, ou tornam-se praticamente nulas, com a alteração estrutural desses ambientes, todas as funcionalidades ambientais que o meio natural dispunha em suas estruturas originais.

A confiança cega na tecnologia e a falta de contato mais direto com a natureza acabam dando uma sensação de “dispensável” à natureza em ambientes urbanos. Santos (1996) afirma nesse sentido que “Se, *ontem*, o homem se comunicava com o seu pedaço da Natureza praticamente sem mediação, *hoje*, a própria definição do que é esse entorno, próximo ou distante, o local ou o mundo, é cheia de mistérios”. Raciocinando sobre esta questão, se observa realmente que o fato de se ter em casa uma torneira que disponibiliza recurso hídrico “potável”, do qual se desconhece muitas vezes seu processamento anterior e posterior, aliena os “consumidores” da contaminação dos recursos hídricos pela mistura com esgoto cloacal despejado junto a um canal de água, muitas vezes canalizado e “enterrado” sob a cidade construída. Tal não acontecia quando a distância entre as pessoas e suas fontes de abastecimento era menor e mais evidente.

Esta questão também é discutida por Novo (2006), que aponta para a confiança em um progresso tecnológico linear e indefinido da humanidade, que tem se nutrido em grande parte pela condição ambivalente da ciência moderna. Esta confiança por muito tempo alimentou a constante artificialização dos espaços urbanos, colocando a natureza nas cidades como sinônimo de pouco avanço, ou sempre em segundo plano, dando origem a diversos conflitos ambientais.

É relevante esclarecer diante desses argumentos que não se defende aqui que precisamos voltar a ter o contato direto com os recursos naturais para conservá-los, ou que a humanidade deva barrar seu progresso tecnológico e a construção dos espaços urbanos. O que se argumenta é que essas ações precisam ser realizadas com base em uma nova racionalidade ambiental (LEFF, 2006), em que as relações sociedade-natureza possam ser mais interdependentes. Na situação em relação à disponibilidade de água levantada, é preciso deixar claro a importância de políticas efetivas de educação ambiental para fazer com que as pessoas, mesmo sem deixar de beber da torneira, possam compreender que a água da torneira vem de determinada fonte, e que mesmo que não corramos o risco de ficar sem água, corremos o risco de termos que buscá-la mais longe e pagando mais caro pelo seu transporte e tratamento.

Nucci (2008) evidencia um conflito ambiental que envolve a questão hidrológica na regulação dos tipos de uso e cobertura da terra urbana em São Paulo, ao apresentar que, ao mesmo tempo em que se tenta evitar enchentes na Avenida Pacaembu, com a construção de um reservatório em frente e sob a Praça Charles Miller, libera-se outros terrenos, modificando o zoneamento das vertentes do vale, para aumentar a especulação imobiliária, o que deve resultar, inevitavelmente, em aumento das enchentes.

Este conflito apontado, que remonta à dinâmica de regulação de uso e ocupação da terra em áreas urbanas, é também explorado por Camargo e Amorim (2005) que atestam que a forma como se desenvolve o uso e a cobertura da terra urbana de acordo com a disponibilidade do relevo, pode gerar significativas alterações no campo térmico local. Sendo assim, tal qual afirmam os autores, o descontrole processual em que se dá o uso desse solo, acaba gerando dificuldades técnicas de implantação de infraestrutura, produz altos custos de urbanização e gera desconforto ambiental, em nível térmico, acústico, visual ou de circulação.

É importante focar a partir desse ponto, que a crítica que se faz não se direciona ao processo de urbanização em si, mas a forma como isso se procedeu nas últimas décadas, desacompanhado de um cuidado com a manutenção da qualidade ambiental. A lógica do processo de urbanização, que oferece desigualdades gritantes de acesso aos recursos naturais, resulta de privilégios concebidos a determinadas populações em detrimento de outras. Os conjuntos residenciais de luxo, cada vez mais comuns nas cidades de médio e grande porte no Brasil, exemplificam bem esta falta de justiça ambiental. Enquanto uma parcela pequena da população dispõe de um vasto e bem estruturado acesso a “serviços ambientais” em ambientes urbanos, a maior parcela da população fica restrita a usufruir os recursos que a ela restam. A partir desta lógica de urbanização é que os conflitos

ambientais se demonstram gritantes em áreas urbanas, comprometendo o bem estar de grande parte das populações cidadinas.

Para o bem estar da sociedade humana, acredita-se que se deva levar em consideração não só parâmetros éticos e sociais, mas também fatores ambientais (físico, químicos e biológicos) que se demonstram essenciais para a manutenção de aspectos qualitativos do cotidiano do homem (NUCCI, 1999).

Loboda e De Angelis (1997, p.131) afirmam que “a qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles ligados a questão ambiental”.

A ideia de que a qualidade ambiental compõe parte e está relacionada à qualidade de vida da população se exemplifica claramente no momento em que podemos afirmar que o melhor “indicador” da poluição atmosférica é o próprio ser humano, que afetado pela concentração de poluentes acaba apresentando problemas de saúde, principalmente respiratórios (NUCCI, 2008).

Grimm *et al* (2000), ao interpretar o sistema urbano diante de sua dinâmica de interação funcional, apresentam um modelo conceitual que esquematiza a integração dos sistemas social e ambiental em áreas urbanas (**Figura 6**). Este esquema dialoga com o apresentado anteriormente¹⁴, identificando as variáveis junto às caixas e suas interações nas setas.

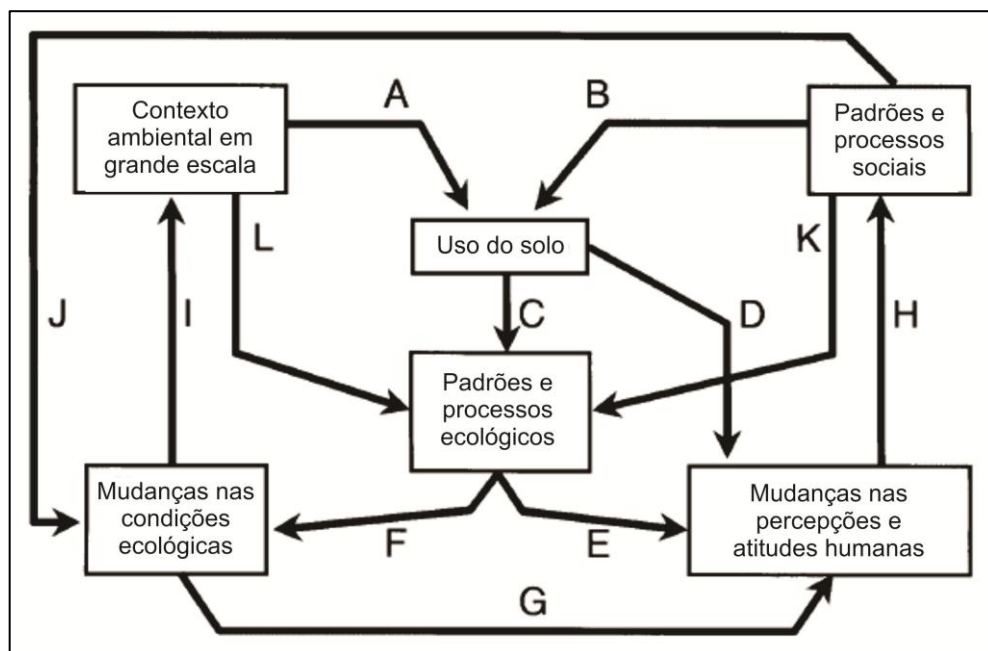


Figura 6. Modelo conceitual de interpretação dos processos sociais e ambientais no sistema urbano.

Fonte: adaptado com base em Grimm *et al* (2000, p.577)

¹⁴ Junto à seção “1.4”(p.22), modelo conceitual de Alberti (2005).

No esquema, “A” apresenta o contexto ambiental (grandes controles na escala planetária que afetam a questão local) que define a gama de possibilidades para o uso e cobertura da terra, que contextualiza com “B” que sinaliza as decisões da sociedade e o comportamento humano como controladores indiretos dos processos ecológicos por meio do controle do uso da terra na escala local ou, em alguns casos, influenciando diretamente os processos ecológicos (K) por meio da alteração intencional nos ciclos de matéria e energia. Este controle de uso da terra, por sua vez, influencia de forma direta os padrões e processos ecológicos (C). Os seres humanos percebem e reagem às mudanças de uso da terra (D) e nos padrões e processos ecológicos (E). Em “F”, as mudanças nos padrões e processos ecológicos resultam na alteração das condições ecológicas locais (as quais, em última instância, são as principais responsáveis pela regulação das funcionalidades e, por conseguinte, pela qualidade ambiental do sistema). Em “G”, tais mudanças das condições ecológicas podem resultar em mudanças de atitudes, percebidas como boas ou ruins pelos humanos. A partir deste processo de percepção e mudança de atitudes, “H” aponta para uma possibilidade de transformação dos padrões e processos sociais, carregado de possíveis influências no processo de tomada de decisões, renovando parte do ciclo numa perspectiva mais sustentável. Já “I” indica que, considerando a hierarquia do encadeamento entre sistemas em diferentes escalas, as alterações nas condições ecológicas locais resultam em alterações em cascata escalante (CHRISTOFOLETTI, 1999) no contexto ambiental até as escalas mais amplas, da mesma forma que sofre a influência dos controles destas escalas superiores (L), independente do uso da terra local. Indica-se que quando uma resposta da sociedade à alteração das condições ecológicas for considerada necessária, ela pode agir diretamente sobre a qualidade ambiental (J) (GRIMM *et al*, 2000).

Estas constatações nos auxiliam a interpretar que os problemas ambientais podem ser analisados de forma relacionada com a dinâmica de interação social. Observa-se neste sentido, que investir na qualidade ambiental nos ambientes urbanos pode resultar na melhoria de determinadas condições de qualidade de vida da população, na mesma medida em que mudanças na qualidade de vida decorrentes de políticas socioeconômicas resultam em alterações das condições ambientais por mudanças na forma da relação com os componentes da natureza.

Exemplos de renaturalização de ambientes, como o caso bem divulgado do rio Cheonggyecheon (**Figura 7**), na Coreia do Sul, são cada vez mais frequentes, e demonstram respostas muito positivas na promoção da qualidade ambiental em grandes centros urbanos. O histórico deste caso apresenta a canalização do rio na década de 50 para a construção de uma estrada. No passar dos anos, para além dos constantes custos

com a manutenção da estrutura da estrada, a área passou a apresentar sérios problemas relacionados à ocorrência de alagamentos. Em 2002, foi decidido pela execução de um projeto de restauração do rio, sendo este finalizado em 2005, com grande aprovação dos sul-coreanos (KIL-DONG, 2011).

Na Europa e na América do Norte também há muitos exemplos relacionados à criação de parques em áreas anteriormente densamente edificadas. Em Milwaukee, nos Estados Unidos, a demolição do complexo viário Park East em 2002 liberou uma gigantesca área urbana para o desenvolvimento de parques e áreas residenciais. Outro exemplo famoso ocorreu em São Francisco, em 1989, em que após ocorrer um grande terremoto, a chamada marginal do “Embocadero” foi demolida, reconectando a cidade com a margem do rio. Recentemente em Madrid foi inaugurado o parque Madrid Rio, comendo cerca de nove quilômetros de comprimento, que cobre uma complexa rede de túneis cavados para enterrar uma marginal encravada no centro da cidade e ajuda a revitalizar um grande trecho do rio Manzanares, reunindo novamente bairros antes cortados pela marginal (KIMMELMAN, 2012).



Figura 7. Rio Cheonggyecheon, na área urbana de Seul, capital da Coréia do Sul. Canalizado na década de 50, dando origem a Cheong Gye Highway (à esquerda), e renaturalizado em 2005 (à direita).

Fonte: <http://www.city.minato.tokyo.jp/kurasi/kankyo/kangaeru/mizukaigi/files/03_jin-sukchoi_1.pdf/>
Acesso em 30 de agosto de 2010.

A qualidade ambiental tem, em parte, referência à percepção humana, podendo ser subjetiva, na medida em que a organização dos elementos naturais e artificiais, compostos de forma distinta de acordo com o lugar, reflete no gosto ou repúdio ao ambiente por parte dos indivíduos. Porém, para além disso, a qualidade ambiental também faz referência às funcionalidades ambientais, na disponibilidade e manutenção da qualidade da água, do ar, das condições climáticas, entre outros, apresentadas em determinado espaço (GOMES; SOARES, 2004).

A complexidade dos processos envolvidos na conceituação da qualidade ambiental torna difícil o desenvolvimento de metodologias únicas que visem a sua avaliação, principalmente no que condiz a análise da paisagem urbana, que apresenta uma gama variada de elementos a serem considerados. Nucci (2008) discute sobre a impossibilidade de transportar diretamente os métodos utilizados no estudo do meio natural (não urbanizado) para o entendimento do meio físico na cidade, revelando a necessidade de se desenvolver uma forma própria de coletar, organizar, analisar e sintetizar os dados do meio físico da cidade.

Neste sentido, o mesmo autor (*op. cit.*, 2008) acaba desenvolvendo uma metodologia de avaliação da qualidade ambiental, baseando-se na elaboração de uma carta de qualidade ambiental a partir de atributos ambientais urbanos como uso do solo, poluição atmosférica, espaços livres, verticalidade das edificações, enchente, densidade populacional e cobertura vegetal, espacializados e integrados em escalas que variam de 1:2.000 a 1:10.000.

Estes procedimentos realizados denotam a relevância da elaboração de indicadores para a análise da qualidade ambiental. Ao discutir os parâmetros e variáveis que determinam a qualidade ambiental, Camargo e Amorim (2005, p.3) afirmam:

Muitos autores destacam que as variáveis utilizadas para se definir o padrão de qualidade ambiental de um determinado espaço geográfico são muito discutidas, pois o que é valorizado ou desvalorizado no meio ambiente para determinar a sua qualidade depende da concepção de cada cidadão, inclusive do pesquisador e do planejador. Dessa forma, acredita-se que não há consenso quanto à utilização de variáveis que definem a qualidade ambiental urbana, ficando o pesquisador apto a definir os atributos (ou variáveis) que permitam melhor realizar a análise do espaço geográfico em estudo.

A falta de consenso apontada pelos autores se dá muito mais em função da estética da paisagem, atrelada muito à concepção subjetiva. Porém, pode-se afirmar que indicadores relacionados a outras funcionalidades ambientais, como índices de poluição do ar, variação térmica, velocidade de ventos, capacidade de absorção de água, entre outros, são muito expressivos e aceitos na comparação qualitativa de ambientes. Destaca-se que a definição de parâmetros relevantes para a identificação da qualidade ambiental local se coloca como um importante ponto a ser discutido, devendo ser desenvolvido de acordo com os contextos locais.

Acredita-se que o processo de ordenamento e regulação das atividades urbanas deve conter estratégias de manutenção ecológica, permeabilidade de solos, regulação da temperatura, abrigo e produção de alimentos para determinadas espécies, com a finalidade de ultrapassar a barreira do paisagístico, estético, no qual muitas secretarias municipais de meio ambiente padronizam (BORGES *et al*, 2010), definindo aquilo que Muñoz (2008) chama de “urbanização”, ou seja, uma simplificação da paisagem urbana por meio da replicação de tipologias urbanísticas universais.

Discutindo as condições ideais para a conservação da natureza nas áreas urbana, Sukopp e Werner (1991) contribuem afirmando que essas condições poderiam ser resumidas em função do (a):

- Otimização da distribuição dos espaços verdes na totalidade da área urbana.
- Favorecimento de uma ampla conexão entre os espaços verdes do centro da cidade e de seus arredores.
- Redução dos gradientes de intensidades de uso entre o centro e a periferia, sendo que somente dois terços da superfície do centro poderiam ser pavimentados e edificados.
- Implantação de zonas verdes de grandes dimensões e com alto grau de conexão entre elas.
- Esforço para evitar ao máximo a pavimentação excessiva dos espaços verdes.
- Adequação e integração da vegetação espontânea da zona verde.
- Conservação das folhas e ramos caídos das árvores, que não devem ser eliminados, pois são habitat para artrópodes, e são os recursos alimentícios de pequenos mamíferos e aves.
- Esforço para evitar gramados ornamentais primorosamente cortados e árvores exóticas que são mantidos com alto custo e com utilização de fertilizantes e pesticidas.
- Substituição do gramado por campo com plantas ruderais que apresentam uma maior diversidade de espécies e cumprem melhor as funções ecológicas para a fauna.
- Consideração dos terrenos baldios com vegetação espontânea como biótopos potenciais muito especiais, pois podem constituir zonas de refúgio para espécies e apresentar grande biodiversidade.
- Consideração da edificação em terrenos baldios como perda de espaço verde, devendo ser compensada.
- Consideração de terrenos baldios de grande tamanho e que estejam em um estado avançado de sucessão como zona verde merecedora de proteção a ser conservada, e não transformado em estacionamento e posteriormente edificado.
- Planejamento dos cemitérios, com base em programas especiais de conservação da natureza e, assim, comporem o sistema de espaços verdes urbanos.
- Favorecimento das espécies ruderais e das árvores nativas, diminuição da pavimentação, do uso de fertilizantes e de pesticidas nos pequenos jardins privados.
- Integração dos pequenos jardins privados, criando superfícies comuns que sirvam como pontos de união entre os espaços verdes.
- Fomento ao reverdecimento de telhados e de fachadas.

Acredita-se, tal como afirmam Galvão *et al* (2003), que o conjunto de itens discutidos pelos autores apresentados acima possibilita a listagem de determinados aspectos relevantes ao se avaliar paisagens urbanizadas visando a conservação da natureza e a melhoria da qualidade ambiental.

Diante dos panoramas aqui discutidos, verifica-se a necessidade de se estar avaliando a qualidade ambiental urbana, para que os resultados desta avaliação possam estar disponíveis e posteriormente contidos dentro do processo de planejamento e regulação do uso e cobertura da terra urbana. Neste sentido, passa-se agora a discutir a questão da qualidade ambiental urbana no âmbito da legislação brasileira, para, posteriormente, dar destaque ao processo de avaliação da qualidade ambiental urbana através da interpretação do papel exercido pela vegetação.

1.3 Qualidade ambiental urbana e a legislação brasileira

A qualidade ambiental, direta e indiretamente, é um tema que aparece muito nas legislações brasileiras que discutem a questão ambiental. No âmbito nacional, é possível destacar a Constituição Federal de 1988, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) de 1981, o Código Florestal Brasileiro de 2012, a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) de 2000, Estatuto da Cidade de 2001.

Na Constituição Federal Brasileira de 1988 podemos observar junto ao capítulo 6, que trata do meio ambiente, uma referência à qualidade ambiental relacionada à qualidade de vida junto ao artigo 225, que afirma que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Neste mesmo artigo, dois incisos mostram-se relevantes na questão da garantia da qualidade ambiental, que abordam que para assegurar a efetividade do direito estabelecido pelo artigo, incumbe ao poder público “preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas” (inciso I) e “proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade” (inciso VII).

A Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81) em seu art. 2º aponta como objetivo “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”. Aborda assim a questão da melhoria da qualidade ambiental, incluindo ainda junto aos seus instrumentos, no art. 9º, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental (inciso I) e o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (inciso IV).

Ainda na PNMA, observa-se que o processo de planejamento e gestão ambiental que o plano abrange considera o ambiente urbano no sentido de garantir para a população o direito à

sadia qualidade de vida através do usufruto direto e indireto da qualidade ambiental materializada no ar, na água, no solo, na flora, na fauna, na paisagem, entre outros. Neste sentido, fica evidente na legislação brasileira a relevância de uma visão conceitual que privilegia a manutenção do equilíbrio ecológico no ecossistema urbano, buscando tratar da sustentabilidade urbana (PINA; SANTOS, 2009).

O novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651 de 25 de maio de 2012), alterado a partir do Código Florestal Brasileiro de 1965 (Lei 4.771), também merece destaque neste cenário, pois estabelece normativas referentes ao uso das florestas e demais formas de vegetação nativa no país, estando relacionado à promoção da qualidade ambiental em áreas rurais e urbanas. Entre os principais dispositivos presentes na Lei está a definição das Áreas de Preservação Permanente (APP), que correspondem a uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Estas áreas tem a sua disposição locacional e de tamanho regulada pelo art. 4º da referida Lei, como o exemplo das faixas marginais de cursos de água, no entorno de nascentes e os topos de morros. Consideração importante a se esclarecer em relação à APP associadas a cursos de água em áreas urbanas, é que de acordo com o parágrafo 9º¹⁵ do art. 4º da referida lei, se dispõe que

§ 9º Em áreas urbanas, assim entendidas as áreas compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural que delimitem as áreas da faixa de passagem de inundação terão sua largura determinada pelos respectivos Planos Diretores e Leis de Uso do Solo, ouvidos os Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, sem prejuízo dos limites estabelecidos pelo inciso I do caput.

A Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei 9.985/00) que regulamenta e estrutura a criação de espaços protegidos no território brasileiro também é um importante marco na discussão da qualidade ambiental nacional. Pina e Santos (2009) destacam alguns objetivos do SNUC que podem estar diretamente relacionados ao contexto urbano, sendo eles: proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos; recuperar e restaurar ecossistemas degradados; proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental; e favorecer condições e promover educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico.

Destaca-se que muitas vezes a implementação de unidades de conservação em ambientes urbanos demonstra-se como um importante instrumento para conter a especulação imobiliária e contribuir para a

¹⁵ Incluído pela Medida Provisória nº 571, de 2012.

conservação da natureza nas cidades. Em alguns casos, porém, é justamente o contrário, ou seja, a criação de um Parque, por garantir uma melhoria das condições ambientais locais, acaba intensificando a especulação imobiliária das áreas de entorno, segregando a população de baixa renda em favor de condomínios de luxo que convivem com a natureza mais preservada. Independente dessa discussão, de fato os Parques Naturais Municipais, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural são alguns exemplos de unidades que já existem em muitas cidades brasileiras.

O Estatuto da Cidade (Lei 10.257/01), que regulamenta os artigos 182 e 183 que tratam da execução da política urbana na Constituição Federal Brasileira de 1988, já afirma no seu princípio que para todos os efeitos esta Lei “[...] estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental” (art. 1º, parágrafo único).

O estatuto aponta ainda nas diretrizes gerais do ordenamento para o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana (art. 2º), alguns itens muito relevantes no intuito de promover a qualidade ambiental urbana, tais como:

- Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (Inciso IV);
- Ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar, entre outros itens, a poluição e a degradação ambiental (Inciso VI);
- Adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência (Inciso VIII).

É importante ainda destacar os instrumentos definidos pelo Estatuto da Cidade para o desenvolvimento da política urbana (art. 4º), que estabelece nas escalas nacional e regional os planos nacionais, regionais, estaduais de ordenação do território e desenvolvimento econômico e social (Inciso I) e o planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões. Na escala municipal, no que tange a melhoria da qualidade ambiental urbana, os instrumentos que se destacam são o Plano Diretor (obrigatório nas cidades com mais de 20 mil habitantes), o disciplinamento do parcelamento do solo urbano, o zoneamento ambiental, o Plano Municipal de Arborização e a possibilidade de criação de um sistema municipal de áreas protegidas.

Outros instrumentos que merecem destaque na promoção da qualidade ambiental urbana são o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), sendo responsáveis, respectivamente, pelo licenciamento ambiental e o licenciamento urbanístico de empreendimentos e atividades (WILLEMANN, 2007).

1.4 A contribuição da vegetação em áreas urbanas

O cenário de discussões ambientais brasileiro apresenta uma grande demanda de nomenclaturas ao identificar “o verde” em ambientes urbanos. Espaços livres (Campos *et al*, 2011), vegetação urbana (Mascaró, 2005), arborização urbana (Milano, 2000), cobertura vegetal (Nucci e Cavalheiro, 1999) e áreas verdes (Loboda e De Angelis, 2005) são algumas das denominações associadas à vegetação em áreas urbanas.

Lima *et al* (1994) fazem esforços para esclarecer essa nomenclatura, trazendo o termo *espaço livre* como o conceito mais abrangente, integrando os demais, que contrapõe à ideia de espaço construído em áreas urbanas. Dentro deste, define-se os termos: *áreas verdes* (onde há o predomínio de vegetação arbórea, englobando praças, parques e jardins públicos, podendo ser hierarquizadas segundo a sua tipologia: privadas, potencialmente coletivas e públicas); *parque urbano* (é uma área verde com funções ecológica, estética e de lazer, com extensões maiores que praças e jardins); *praça* (como área verde tem função de lazer, podendo não ser uma área verde quando não apresenta vegetação e é impermeabilizada); *arborização urbana* (se refere aos elementos vegetais de porte arbóreo, situados em espaços privados e públicos).

Tentando agrupar todas as formas de vegetação presentes no perímetro urbano, Nucci e Cavalheiro (1999, p.30) definem como cobertura vegetal:

[...] qualquer área provida de vegetação dentro do espaço urbano, compreendendo a vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea. Os jardins, os quintais, as praças, os parques, os canteiros em vias de circulação, as áreas preservadas, dentre outras formas de cobertura vegetal estão contidas dentro dessa categoria. Essas áreas podem estar situadas tanto em terrenos públicos, quanto em terrenos privados.

Destaca-se aqui também o termo vegetação urbana, que tem correspondência ao conceito de cobertura vegetal, e está contida já na nomenclatura a referência a ambientes urbanos. Mascaró (2005) utiliza esta terminologia ao trabalhar com a vegetação e sua contribuição em áreas urbanas.

Nucci (2008) destaca o papel da cobertura vegetal na qualidade ambiental urbana, ao identificá-la como um atributo muito importante, porém negligenciado, no desenvolvimento das cidades, visto que, diferentemente da terra, do ar e da água, não se demonstra como uma necessidade óbvia na cena urbana. Ao contrário dos demais recursos físicos presentes na paisagem urbana, observa-se que a vegetação urbana é mais relacionada com a satisfação psicológica por ela propiciada. Porém, salienta-se sobre a importância de sua presença física em áreas urbanas.

As funcionalidades ambientais que a vegetação representa nas áreas urbanas são inúmeras, podendo funcionar como obstáculo contra o vento, proteção da qualidade da água, purificação do ar, equilíbrio do índice de umidade, diminuição da poeira em suspensão, redução dos ruídos, interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, fornecimento de alimentos, proteção das nascentes e mananciais, organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas, valorização visual e ornamental, segurança nas calçadas, recreação, quebra de monotonia das cidades, cores relaxantes, estabelecimento de uma escala intermediária entre a humana e construída, caracterização e sinalização de espaços (NUCCI; CAVALHEIRO, 1999).

Tian *et al* (2011) afirmam que os benefícios dos espaços verdes urbanos podem ser agrupados a partir de algumas categorias: a primeira delas são os *serviços ambientais*, tais como a purificação do ar e da água e a melhoria do clima urbano; a segunda categoria são as *funções psicológicas* tais como a redução do estresse, rejuvenescendo a cidade e proporcionando aos moradores uma sensação de paz e tranquilidade; a terceira é a categoria de melhoria da *saúde física*, possibilitando o prolongamento da expectativa de vida de idosos em grandes cidades (TAKANO *et al*, 2002¹⁶); a quarta categoria refere-se aos *benefícios sociais*, tais como o fomento ao uso dos espaços exteriores (jardins, pátios), possibilitando o aumento da integração social e interação de vizinhos (COLEY *et al*, 1997)¹⁷; e a quinta e última categoria, dos *benefícios econômicos*, tais como a diminuição dos gastos com a redução da poluição, prevenindo e reduzindo a incidência de doenças, atraindo visitantes (promovendo uma cidade como destino turístico), gerando receita e empregos (CHIESURA, 2004)¹⁸.

De acordo com a diferenciação conceitual disposta anteriormente, se pode afirmar que apesar de as áreas verdes englobarem áreas de vegetação predominantemente arbórea, é possível estabelecer que muitas vezes as funcionalidades associadas a elas se relacionam especialmente à disponibilidade de espaços de lazer. Porém, a análise de áreas verdes deve conter uma série de informações adicionais, não devendo ser encarado apenas como um índice numérico comparado à população local, como afirma Nucci (2008, p. 35):

[...] na análise de uma área verde deve-se considerar não só a sua área, mas também o ordenamento da vegetação, as barreiras de vegetação que propiciam um isolamento da área em relação aos transtornos da rua, o entorno, a acessibilidade, a porcentagem de área permeável, as espécies vegetais naturais e as exóticas, a densidade de vegetação, a altura da vegetação, a função social, os equipamentos de recreação, telefonia, estacionamento, bancos, sombras, tráfego, manutenção, valor estético, ecológico, serviços, iluminação, calçamento, isolamento visual, sanitários, avifauna, etc.

¹⁶ Takano, T., Nakamura, K., Watanabe, M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology Community Health* 56, 913–918, 2002.

¹⁷ Coley, R.L., Kuo, F.E., Sullivan, W.C. Where does community grow? The social context created by nature in urban public housing. *Environment and Behavior* 29, 468–494, 1997.

¹⁸ Chiesura, A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68 (1), 129–138.

Cabe acrescentar ainda, tal qual afirma Nowak (2004), no que condiz a vegetação de porte arbóreo em áreas urbanas, que quando saudáveis, as árvores mais antigas apresentam contribuições significativamente maiores em relação aos benefícios ambientais.

Dentre as funcionalidades ambientais exercidas pela vegetação urbana de porte arbóreo, cabe destacar aqui o papel de duas funções indispensáveis no ambiente urbano: o controle hidrológico e a regulação do conforto térmico.

Envolvendo essas duas questões abordadas, Nucci (2008) observa que com o processo de urbanização tem-se um aumento da impermeabilização ocasionada pela inescrupulosa ocupação do solo por concreto, onde os corpos d'água e os espaços livres vegetados perdem lugar na luta pelo espaço. A verticalização faz com que a superfície de concreto aumente, levando a uma diminuição da evaporação, a um aumento da rugosidade e da capacidade térmica da área.

1.4.1 Vegetação e a amenização térmica

Como já vem sendo apresentado, existe um grande impacto da urbanização nas alterações de determinadas condições climáticas na paisagem urbana, sendo que um exemplo significativo dessas alterações está nos valores de temperatura e de concentração de poluentes, que podem estar relacionados com a degradação ambiental ocorrida em espaços urbanizados (LOMBARDO, 1985; ROCHA e FIGUEIRÓ, 2010).

Contextualizando com as discussões anteriores sobre a forma da vegetação e sua contribuição na qualidade ambiental, Torre (2009) afirma que as repercussões ambientais deste elemento da paisagem dependem da densidade de árvores relacionada à área total considerada, a sua configuração espacial, sua relação com os limites do sistema e das suas próprias características fisiológicas. Junto às ações microclimáticas urbanas, um conjunto de árvores tem um maior efeito sobre a radiação solar que a arborização em linha, devido à primeira formar uma capa mais uniforme e de maiores dimensões entre o sol e as pessoas, obtendo maior sombra no centro do conjunto, produzindo menos efeitos de borda.

Em casos específicos da temperatura ambiente, o mesmo autor (*op. cit*, 2009) afirma que a influência da vegetação pode provocar diversificações, sendo que em um grupo grande e denso de árvores é possível observar diferenças de temperatura com respeito a zonas adjacentes, urbanizadas e sem vegetação. Para isso, é necessário que a densidade da vegetação seja alta, para que a radiação solar que atinge o solo seja mínima e que o vento reduza ao máximo, já que as correntes de ar dissipam os efeitos da vegetação.

Mascaró (2005) acrescenta que as características ambiental e morfológica são as que determinam o desempenho microclimático do recinto urbano. A autora ainda aborda que as árvores, principalmente as de grande porte, agregam mais capacidade de absorção térmica quanto mais massa se inclui, aumentando sua inércia e provocando queda diurna das variações de temperatura.

Robinette (1972)¹⁹ *apud* Mascaró (2005) afirma que as árvores e os arbustos são os responsáveis pelas temperaturas mais amenas em locais com menos área edificada, além da renovação do ar gerado por parques. Contrastando com os efeitos de resfriamento, Mascaró (2005, p.41) descreve que “as árvores intercambiam calor com o ar do entorno e constituem uma fonte térmica considerável para o sítio”.

No Brasil, muitos pesquisadores da área de climatologia urbana analisam a questão do conforto térmico, e dentro de suas análises consta a possível redução térmica que a cobertura vegetal pode proporcionar. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Amorim (2005), que analisa a intensidade e a forma da ilha de calor urbana de Presidente Prudente (SP), identificando que as diferenças espaciais estiveram associadas a diferentes densidades de construções, inclusive recomendando em suas considerações que a “indiscriminada impermeabilização do solo seja freada nos novos loteamentos, respeitando-se as áreas destinadas ao verde e de produção de mananciais, para que a geração de temperaturas mais elevadas seja amenizada com o crescimento da cidade” (*op.cit.*, 2005, p. 81).

No âmbito internacional também se observa uma preocupação científica com a temática. Bowler *et al* (2010) fazem uma revisão sistemática de diversos trabalhos que discutem a relação da cobertura vegetal com a amenização térmica nas cidades, com base em uma análise bibliográfica. O autor identifica que os mais diversos trabalhos evidenciam que no exemplo dos parques, a média de amenização térmica fora de cerca de 1°C. Faz-se ainda uma discussão que evidencia a importância de se realizarem pesquisas que procurem identificar mais precisamente quais as melhores formas de distribuição da vegetação em áreas urbanas para que se possa aproveitar esse potencial de amenização térmica.

¹⁹ ROBINETE, G. O. Plants, people and environmental quality. Washington, D.C.: Department of the Interior, National Park Services, 1972.

1.4.2 Vegetação e a regulação hidrológica

No ciclo hidrológico, um conjunto arborizado causa, por interceptação, uma diminuição do total de chuva que atinge a superfície, auxiliando principalmente na diminuição da velocidade de chegada da água junto à superfície, onde irá infiltrar ou escoar (LIMA, 2008).

No âmbito da paisagem urbana, considerando a drenagem urbana como fator essencial a ser analisado para a prática do planejamento ambiental local, observa-se que os planejadores se deparam frequentemente com a indisponibilidade de dados de vazão, necessários para o dimensionamento da maioria das obras hidráulicas (TASSI *et al*, 2006).

Visto a indisponibilidade de dados de vazão, diferentes modelos de precipitação-vazão têm sido desenvolvidos com o intuito de produzir informações confiáveis sobre o comportamento das redes de drenagens urbanas. Em alguns destes modelos, é possível integrar valores associados a diferentes usos e cobertura da terra, de acordo com as condições naturais de solo, e prever a contribuição de cada um desses usos na alteração do escoamento superficial.

Um exemplo destes é o modelo de precipitação vazão SCS (*Soil Conservation Service runoff curve number*), que ao permitir identificar as características de escoamento superficial nas diferentes superfícies das bacias hidrográficas urbanas, possibilita analisar espacialmente a contribuição da vegetação na diminuição do escoamento superficial.

O *runoff curve number* (CN) é um parâmetro utilizado em hidrologia para estimar o escoamento direto ou infiltração do excesso de precipitação desenvolvido pelo *USDA*²⁰ *Soil Conservation Service* (SCS, 1972). Os valores de CN, também conhecido como número de deflúvio, resultam em função do tipo e do uso e cobertura da terra, variando desde uma cobertura muito permeável (limite inferior, valor = 0) até uma cobertura completamente impermeável (limite superior, valor = 100).

O cálculo da variável CN é feito através da Equação 1 abaixo, onde P representa precipitação (mm), Pe a precipitação excedente (acumulada) e S é a retenção potencial do solo (mm). Numa relação seguinte, Equação 2, é possível relacionar o valor de retenção em função do parâmetro CN (TIBÚRCIO; CASTRO, 2007).

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad (1)$$

$$S(mm) = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2)$$

²⁰ *Unites States Department of Agriculture* – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Desta forma, os valores *CN* variam de acordo com o tipo e ocupação do solo nas diferentes superfícies, sendo os tipos de solos reagrupados segundo Grupos Hidrológicos, que indicam as características texturais dos solos (**Tabela 1**).

Tabela 1. Tipos de solos segundo os quatro grupos hidrológicos.

Grupo Hidrológico de Solo	Descrição do Solo	Condutividade Hidráulica (mm/h)
Tipo A	Baixo potencial de escoamento superficial. Solos arenosos com pouco silte e argila. Solos muito arenosos.	8-12
Tipo B	Moderado a baixo potencial de escoamento superficial Solos arenosos e menos profundos que A.	4-8
Tipo C	Moderado a alto potencial de escoamento superficial. Solos rasos com significativa quantidade de argila.	1-4
Tipo D	Alto potencial de escoamento. Solos com grande quantidade de argilas expansivas 2:1 e solos com camada inferior impermeável.	0-1

Fonte: Risso et al. (2008).

Técnicas de geoprocessamento têm sido crescentemente utilizadas para a determinação do parâmetro *CN*, a partir do cruzamento de mapas (PICKBRENNER *et al*, 2005).

Em um estudo recentemente realizado na cidade de Porto Alegre, Risso *et al* (2008) elaboraram, a partir do cruzamento de mapas de tipo de solo e uso e cobertura da terra, um mapa da variável *CN*. Para a realização deste procedimento, os tipos de solos identificados precisam ser reclassificados em grupos hidrológicos, de acordo com as suas diferentes características de infiltração.

Os grupos hidrológicos são combinados com o uso e ocupação da terra que predominam em um determinado local, gerando o número de deflúvio diferencial de acordo com os tipos de superfícies. Na literatura existem tabelas geradas em condicionamentos urbanos americanos que apresentam este relacionamento de informações (TUCCI, 1997).

Germano e Tucci (1995) determinaram os valores *CN* de 24 bacias urbanas brasileiras, analisando eventos de precipitação-vazão, concluindo que os valores obtidos não diferiam significativamente dos valores tabelados comumente utilizados.

A **Tabela 2** identifica os diferentes valores de *CN* de acordo com as características da superfície e o grupo hidrológico para o estudo de Porto Alegre, anteriormente citado.

Tabela 2. Número de deflúvio de acordo com as diferentes superfícies.

Tipos de uso do solo/tratamento/condições hidrológicas	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
<i>Uso residencial de tamanho médio:</i>				
Até 500m ²	77	85	90	92
500m ² - 1.000m ²	61	75	83	87
1.000m ² - 1.500m ²	57	72	81	86
<i>Estacionamentos pavimentados, telhados</i>	98	98	98	98
<i>Ruas e estradas:</i>				
Pavimentadas, com guias e drenagem	98	98	98	98
Com cascalho	76	85	89	91
De terra	72	82	87	89
<i>Áreas comerciais (85% de impermeabilização)</i>	89	92	94	95
<i>Distritos industriais (72% impermeável)</i>	81	88	91	93
<i>Espaços abertos, parques, jardins:</i>				
Boas condições, cobertura de grama maior que 75%	39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama maior que 50%	49	69	79	84

Fonte: Risso *et al* (2008).

É possível identificar nos valores tabelados associados à vegetação de porte arbóreo, que este uso e cobertura da terra contribuem de uma forma diferenciada para minimizar o potencial de escoamento superficial.

Tratando-se de uma variável dinâmica, o parâmetro *CN* varia de acordo com as condições anteriores de umidade. A tabela apresentada acima, como às demais tabelas presentes na literatura, refletem a condição II de umidade. De acordo com Risso *et al* (2008), são três as condições de umidade estabelecidas de acordo com os índices pluviométricos (**Tabela 3**).

A simulação dinâmica do escoamento superficial pode contribuir para o planejamento e gerenciamento em bacias hidrográficas que carecem de dados hidrológicos e estão ainda sujeitas as constantes mudanças de uso e cobertura da terra (RUHOFF, 2007).

Tabela 3. Condições anteriores de umidade do solo.

Condições anteriores de umidade do solo	Características
Condição I	Solos secos: os índices pluviométricos dos últimos cinco dias não ultrapassaram 15 mm.
Condição II	Umidade do solo média: os índices pluviométricos dos últimos cinco dias totalizaram entre 15 e 40 mm.
Condição III	Solo úmido: os índices pluviométricos nos último cinco dias superaram e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

Fonte: Risso *et al* (2008).

Os cálculos de conversão das condições de umidade anteriores são com base nos parâmetros apresentados na tabela (para a condição II). No caso das condições I e III, os parâmetros podem ser calculados com base nas equações 3 e 4.

$$CN(I) = \frac{4,2 \cdot CN(II)}{10 - 0,058 \cdot CN(II)} \quad (3)$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)} \quad (4)$$

Convém ressaltar, tal qual afirmam Freitas e Porto (1990), que a discretização temporal dos dados de vazão e precipitação bem como a variabilidade espacial da precipitação e infiltração implicam, obviamente, em determinadas imperfeições.

Diante de modelos como esse, cabe ao pesquisador buscar utilizar suas potencialidades para identificar a contribuição da vegetação na diminuição da velocidade do potencial de escoamento superficial, podendo assim gerar informações que auxiliem a estimar as melhores condições de distribuição espacial de possíveis áreas com cobertura vegetal a serem inseridas no contexto urbano.

1.5. Resgate de estudos ambientais na paisagem urbana de Santa Maria

Considerando as diversas funcionalidades ambientais apresentadas pela presença da vegetação em áreas urbanas, acredita-se imprescindível a realização de um conjunto de estudos que busquem compreender tais funcionalidades nos seus mais diferentes aspectos. Neste sentido, alguns estudos referentes à paisagem urbana de Santa Maria foram revisados para a devida contribuição na avaliação da qualidade ambiental local.

Organizando pela ordem cronológica de publicação, primeiramente se aponta aqui o trabalho realizado por Taffe (1989), que buscou analisar as áreas verdes da cidade de Santa Maria, buscando identificar se a quantidade de áreas verdes era suficiente para suprir as necessidades de lazer do município. A quantificação da cobertura vegetal e dos índices de áreas verdes por habitantes foi levantada pelo autor, classificando um total de 63,93% da área estudada como cobertura vegetal, encontrando ainda um total de 225,35m² de áreas verdes por habitante.

Observa-se ainda que este estudo foi realizado a partir de uma escala de precisão baixa, aliado a uma aparente generalização metodológica, que certamente resultou numa

sobreposição de áreas de predomínio de outras classes de uso do solo na classe de cobertura vegetal, além do fato de o autor ter incluído em seu estudo toda a área do município de Santa Maria, extrapolando a paisagem estritamente urbana. Salienta-se que algumas recomendações abordadas pelo autor, tais como a criação de um cinturão de área verde ao redor dos espaços edificadas e o incentivo à arborização de áreas não edificadas merecem boas menções.

Lana *et al* (1999) buscaram analisar a quantidade de vegetação urbana do bairro Centro de Santa Maria a partir de fotografias aéreas de 1992, pretendendo comparar com o índice sugerido pela ONU (12m²/hab.)²¹. Buscaram-se ainda algumas estimativas de queima de combustíveis nos fluxos dos transportes público para analisar a poluição do ar e a degradação da vegetação.

A quantificação das áreas verdes realizada pelos autores resultou em um total de 13% em relação à área total do bairro Centro (que era maior do que os limites atuais devido à perda de áreas do bairro centro por desmembramento de outros bairros). Quanto à queima de combustíveis, chegou-se a um total de 1994,8 litros de óleo diesel queimados por dia. O uso do indicador de queima de combustíveis pelos autores já demonstra uma preocupação com a importância da vegetação em relação à poluição do ar.

Um levantamento das espécies arbóreas imunes ao corte ao longo das principais vias e nos parques e praças de Santa Maria foi realizado por Scipioni e Santos (2004), disponibilizado a partir de um *cd rom*. As espécies encontradas em maior quantidade foram o Ligustro (*Ligustrum Japonicum*) com 25% de frequência, a Extremosa (*Lagerstroemia*) com 16% e o Ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*) com 9,5%, entre outros. A pesquisa conta ainda com uma vasta coleção de materiais fotográficos.

Saydelles (2005) realizou um estudo aplicado sobre o campo térmico e da formação de ilhas de calor na área urbana de Santa Maria. O autor afirma que no comportamento em nível topoclimático, as diferenças de temperaturas na cidade se dão em função dos padrões de estruturas urbanas expressas através do uso e ocupação do solo, em virtude da densidade demográfica, da altimetria do sítio urbano e da presença de vegetação, que diversificam e individualizam cada bairro ou área cidadina.

Outro trabalho a ser abordado aqui, trata-se de um estudo da cobertura vegetal de Santa Maria realizado por Rocha (2006), que faz a quantificação e espacialização da vegetação de porte arbóreo de três bairros da cidade, mapeando-os e comparando-os (Centro, Nossa Senhora das Dores e Urlândia). Foram obtidos pelos autores, a partir da escala de

²¹ Em que pese a falta de clareza sobre a verdadeira origem deste índice, destacada por Cavalheiro *et al* (1999, p.1), há que se ressaltar a sua extensa utilização em trabalhos que visam discutir sobre a distribuição de vegetação arbórea em áreas urbanas.

1:10.000, os índices de cobertura vegetal de porte arbóreo de 7,20% para o bairro Centro, 8,15% para o bairro de Nossa Senhora das Dores e 4,60% para o bairro Urlândia. Neste trabalho, os autores apontam para uma quantidade insuficiente e mal distribuída de cobertura vegetal de porte arbóreo nos bairros analisados, definindo ainda a distribuição conforme a configuração das manchas de vegetação.

Lucas *et al* (2008) elaboraram um trabalho relacionado ao mapeamento de biótopos urbanos na parte norte do bairro centro de Santa Maria. Os autores identificaram uma série de biótopos, sendo que cerca de 65% refere-se a biótopos desenvolvidos em áreas de alto grau de impermeabilidade do solo. Segundo os autores, os espaços livres arborizados ocupam cerca de 24ha da área estudada, ocupando cerca de 12% da área de estudo. Os autores atestam ser insuficiente a presença do verde urbano no bairro Centro de Santa Maria, recomendando um local que futuramente possa ser utilizado para implementação de uma área livre.

Antunes (2008) também realizou trabalho de metodologia semelhante junto ao bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, mapeando unidades de paisagem e caracterizando conflitos. O diagnóstico ambiental realizado no bairro aponta para uma boa qualidade ambiental local, sendo que o índice de vegetação arbóreo-arbustiva atingiu cerca de 90% do total da área do bairro. O alto índice encontrado resulta da integração, junto à área urbana do município, de grandes áreas florestadas desabitadas a norte, que ocupam cerca de 50% do total do bairro. Salienta-se que se considerada apenas as áreas ocupadas por edificações, certamente os índices seriam reduzidos.

Mais relacionado à questão da vegetação em áreas urbanas, Santos (2008) realizou uma investigação sobre o patrimônio natural tombado no município de Santa Maria, problematizando questões para a educação e a gestão pública. Foram levantadas as árvores imunes ao corte, onde os resultados apontam que das 85 árvores tombadas na década de 80, apenas 42 ainda permanecem em pé; das que desapareceram, 18 foram cortadas com autorização do poder público e outras 25 foram cortadas ilegalmente. Levantaram-se ainda os motivos para o corte de cada uma das árvores aprovadas pelo poder público, identificando que duas delas foram suprimidas por interesses estritamente econômicos. A pesquisa traz ainda um mapeamento e um material fotográfico dessas árvores, que auxiliam para a sua descrição individual.

Costa (2009) também desenvolveu uma pesquisa relacionada ao campo térmico da área urbana de Santa Maria, analisando a formação das ilhas de calor e frescor e relacionando com variáveis geourbanas e geológicas. Para isso, foram estabelecidos dois transectos (um NNW-SSE e o outro ENE-WSW) para a coleta de dados de temperatura e umidade do ar em diferentes condições atmosféricas (domínio de Massa

Polar Atlântica em um dia no inverno e domínio de Massa Polar Velha ou modificada em um dia de verão). O autor aponta que nas duas situações de tempo atmosférico ficou evidente o condicionamento ao movimento aparente diário do sol e a exposição das vertentes à radiação solar. Nas condições de tempo do dia de verão, verificou-se a formação de ilhas de calor e de frescor de magnitude média, forte e muito forte, mostrando contrastes entre o centro e a periferia.

Outro trabalho que merece menções aqui foi o realizado por Rocha e Figueiró (2010), que buscou identificar a concentração de material particulado nas principais ruas e avenidas do bairro Centro de Santa Maria. Os autores buscaram identificar áreas de concentração de material particulado inalável, e compará-las com a sucessão de tipos de tempo, que demonstrou a existência de uma grande correlação quanto ao número de dias de concentração alta com os meses de inverno na cidade. Identificou-se também que o fluxo de veículos constitui o principal fator de contribuição da deterioração da qualidade do ar.

Por fim, outro trabalho a ser mencionado foi o realizado por Alves *et al* (2011), onde foram identificadas informações a respeito do potencial do escoamento superficial nas diferentes superfícies da área urbana do município, a partir do cruzamento de informações do tipo e uso do solo urbano. A análise do mapa de potencial de escoamento superficial identificou aproximadamente 10 % da área urbana do município de Santa Maria como de alto grau de escoamento, somando cerca de 1260ha. Estas áreas estão distribuídas principalmente no centro e em áreas residenciais localizadas à centro-oeste do perímetro urbano.

É importante acrescentar que a revisão aqui realizada não esgota a quantidade de trabalhos realizados sobre a temática em Santa Maria, sendo aqui selecionados alguns que foram considerados relevantes para a discussão envolvida nesta investigação. Neste sentido, os estudos apontados demonstram-se como boas contribuições a serem analisadas na identificação das características da paisagem urbana do município, podendo servir como bons subsídios para o desenvolvimento de pesquisas que visem à melhoria da qualidade ambiental na área urbana de Santa Maria.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 O sítio urbano e as características naturais de Santa Maria e seu entorno

O município de Santa Maria (**Figura 8**) está situado em uma área de transição geomorfológica entre a Depressão Central do Rio Grande do Sul e a escarpa do Planalto Meridional Brasileiro, possuindo uma formação vegetal transicional das paisagens de mata atlântica (Floresta Estacional Decidual) e campos, estando a parte norte de sua área inserida dentro da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

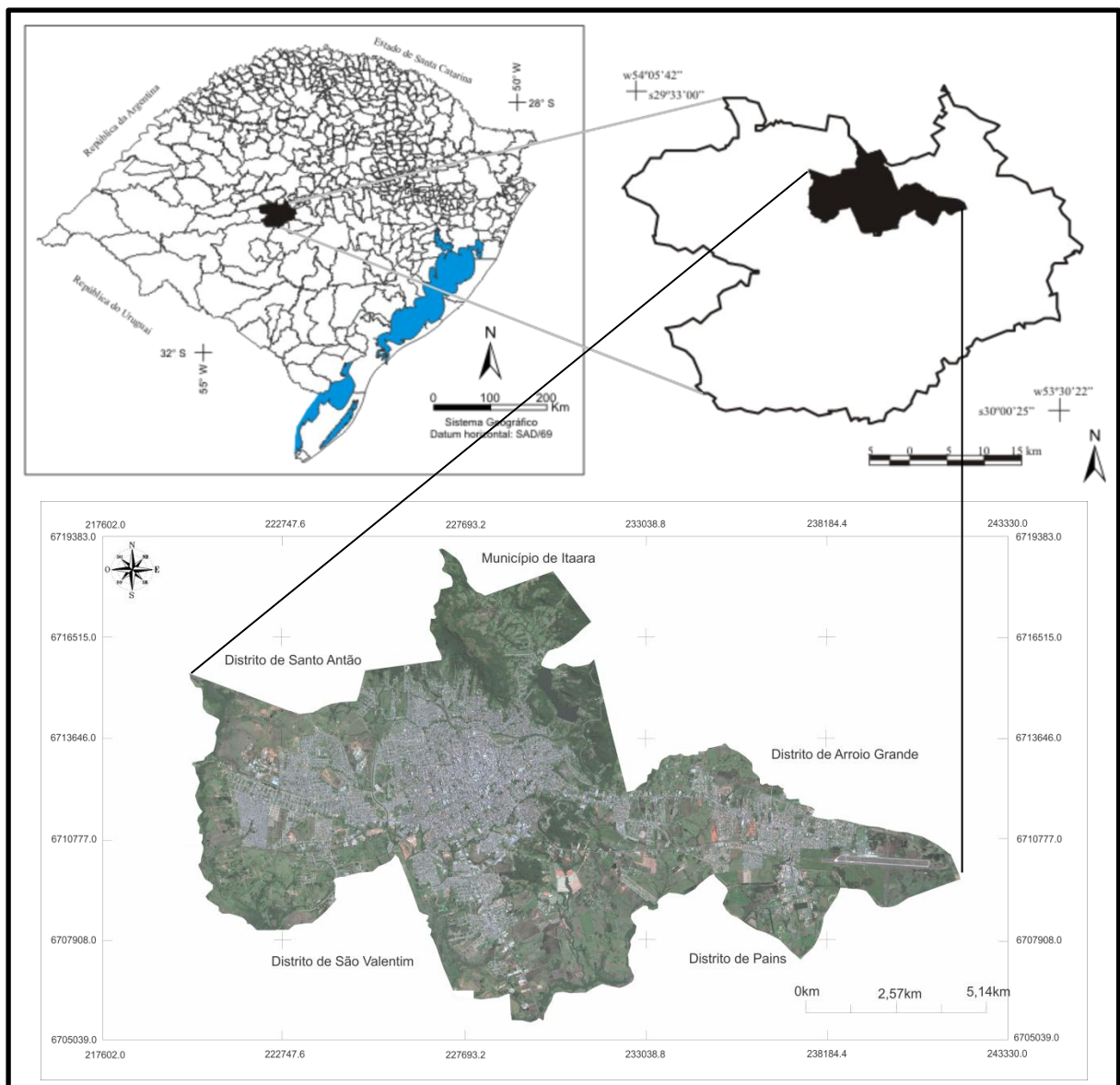


Figura 8. Localização do município de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, com o perímetro urbano em destaque.

Fonte: organizado pelo autor. A imagem do perímetro urbano foi extraída do *software Google Earth*, e correspondem a imagem *GeoEye* de 21/09/2011.

Sartori (2009) caracteriza a situação geomorfológica do município de Santa Maria assinalando a transição de sequência sedimentar fluvial de siltitos e lamitos para uma sequência de derrames de lavas vulcânicas intercaladas por arenitos, resultando em duas unidades morfoesculturais distintas: a Depressão Periférica e a Serra Geral. O recuo da escarpa da Serra Geral por erosão remontante resulta na formação de um conjunto de relevos residuais (morros testemunhos) que embelezam a paisagem e sustentam fragmentos florestais com diferentes níveis de conectividade (**Figura 9**).



Figura 9. Transição geomorfológica entre a escarpa da Serra Geral e a Depressão Periférica no município de Santa Maria, marcada pela presença de Morros Testemunhos que delimitam a fronteira sul da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. À esquerda visualiza-se parte do Morro Cechela junto a Barragem do DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento), responsável por grande parte do abastecimento de água do município. Circundando a base do morro, a vila Nossa Senhora Aparecida, origem de um grande número de conflitos socioambientais na interface floresta-cidade.

Fonte: Marchiori *et al*, 2008.

As características climáticas são levantadas por Heldwin *et al* (2009), que ao seguirem a classificação de Köppen identificam o clima como subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida. Os autores identificam Santa Maria como uma das cidades mais quentes do Rio Grande do Sul, em função do efeito de continentalidade e da baixa altitude registrada. A umidade relativa do ar é elevada durante o ano todo, condicionando um clima úmido com chuvas bem distribuídas durante todos os meses. Buriol *et al* (2006) atesta que a média dos totais mensais de precipitação pluvial entre 1912 e 2004 variou de 120,2mm em novembro e 159,8mm em setembro, confirmando que não uma estação seca definida.

Associando às características geomorfológicas, Dalmolin e Pedron (2009) identificam os diferentes tipos de solos presentes na paisagem santamariense. No Rebordo do Planalto encontram-se os neossolos litólicos e regolíticos, identificados como solos minerais não hidromórficos, pouco desenvolvidos, com algumas associações nos topos de morros. Ainda no rebordo, no seu terço inferior identificam-se argissolos, também não hidromórficos, com horizonte B textural e argila de atividade baixa. Na área de Depressão Central, em seu terço superior, é possível identificar Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, considerados solos bem drenados. Já em seu terço inferior das coxilhas, encontram-se Argissolos Amarelos, Acinzentados e Bruno-Acinzentados, que são solos mais impermeáveis, mal drenados. Nas várzeas fluviais, surgem os Planossolos Háplicos (com características de má drenagem e susceptibilidade a alagamentos), podendo estar associados à Gleissolos Háplicos (solo mineral com horizonte glei nos seus primeiros 50cm) e Neossolos Flúvicos (pouco desenvolvidos, derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C).

No que se refere à fitofisionomia da região, Marchiori (2009) aborda que o município abrange duas unidades básicas, os campos e as florestas (**Figura 10**), devido à transição paisagística em que está inserida. Os estratos florestais, derivados da Floresta Estacional Decidual, estão mais associados às áreas da encosta do planalto, aos morros testemunhos e às margens dos canais de drenagem, enquanto que os capões e campos nativos situam-se na região de Depressão, marcada por extensas planícies aluviais e coxilhas sedimentares.

Kilca e Longhi (2011) identificam a riqueza taxonômica da composição florística do Rebordo do Planalto indicando as famílias Fabaceae (21 sp.), Myrtaceae (18 sp.) Lauraceae (10 sp.), Europhorbiaceae (9 sp.), Asteraceae, Meliaceae e Rutaceae (todas com 7 sp.) como as mais representativas. A espécie *Nectandra megapotamica* foi considerada a mais representativa no estudo, seguida pelas espécies *Cupania vernalis*, *Trichilia clausenii*, *Allophylus edulis*, *Sebastiania brasiliensis*, *Nectandra oppositifolia* e *Guarapira opposita*, que também se destacam.



Figura 10. Variação da fitofisionomia da região, com formações vegetais campestres e florestais, na transição geomorfológica da Depressão Central para a escarpa do Planalto Meridional Brasileiro. Mais a frente, observa-se parte do campus da UFSM, situado no extremo leste do perímetro urbano de Santa Maria, e parte da pista do aeroporto da Base Aérea de Santa Maria (quadrante superior direito da fotografia). Ao fundo é possível identificar os morros recobertos de formações florestais, que aparece fragmentada conforme se avança em direção à Depressão, apresentando formações campestres, derivada da própria transição natural e impulsionada pela ação antrópica.

Fonte: Marchiori *et al.*, 2008.

O perímetro urbano de Santa Maria conta ainda com uma rede de drenagem densa, inserida dentro da classificação das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul²² nos limites das bacias hidrográficas do Vacacaí-Vacacaí Mirim. O rio Vacacaí-Mirim atravessa o perímetro urbano do município, sendo o seu percurso desde a área norte, no Bairro Campestre do Menino de Deus, onde é barrado (Barragem do DNOS), seguindo pela área nordeste, passando pelos bairros Presidente João Goulart, Km 3, Pé-de-Plátano e Camobi. Em grande parte de seu curso o Rio Vacacaí-Mirim funciona como limite da área urbana do município.

Além do rio Vacacaí-Mirim, os principais cursos de água que percorrem a área urbana do município de Santa Maria são os arroios Ferreira, Cadena e Cancela. O primeiro deles delimita a área leste do perímetro urbano, passando pelos bairros Boi Morto, Tancredo Neves e Agroindustrial. O arroio Cadena, que passou por recentes obras de canalização, cruza grande parte da área centro-oeste do perímetro urbano do município, na direção sul, sendo também responsável pela delimitação urbana do município em seu curso pelos bairros Urlândia e Lorenzi. O arroio Cancela deságua no arroio Cadena, e tem passagem por áreas de grande densidade demográfica, tais como os bairros Nossa Senhora das Dores, Nonoai e Nossa Senhora Medianeira.

²² Mapa das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul disponível no endereço <<http://www.scp.rs.gov.br/uploads/BaciasHidrograficas.pdf>>.

As informações de declividade do sítio urbano retratam a predominância de áreas de baixo declive, onde as áreas menores que doze por cento de declive representam oitenta e cinco por cento da área total urbana do município. Na área norte, região de vertentes associadas à Escarpa da Serra Geral, encontram-se as declividades mais acentuadas do município.

Nestas condições de declividade predominantemente baixas, a hipsometria do sítio urbano (**Figura 11**) também não apresenta muitas oscilações. Desconsiderando as cotas altimétricas mais elevadas encontradas na área de morros ao norte (428m no Cerro do Link, 339m no Morro Três Marias e 275m no Morro Cechela) e nos morros testemunhos (245m de cota máxima no Cerro Mariano Rocha e 225m no Cerrito)²³, Sartori (1986)²⁴ *apud* Saydelles e Sartori (2005) aponta que se percebe uma diminuição das cotas hipsométricas de 150m na área mais elevada, situada no núcleo central urbano, para altitudes de cerca de 100m e 70m nas colinas mais baixas e nas várzeas, em direção as periferias da cidade.

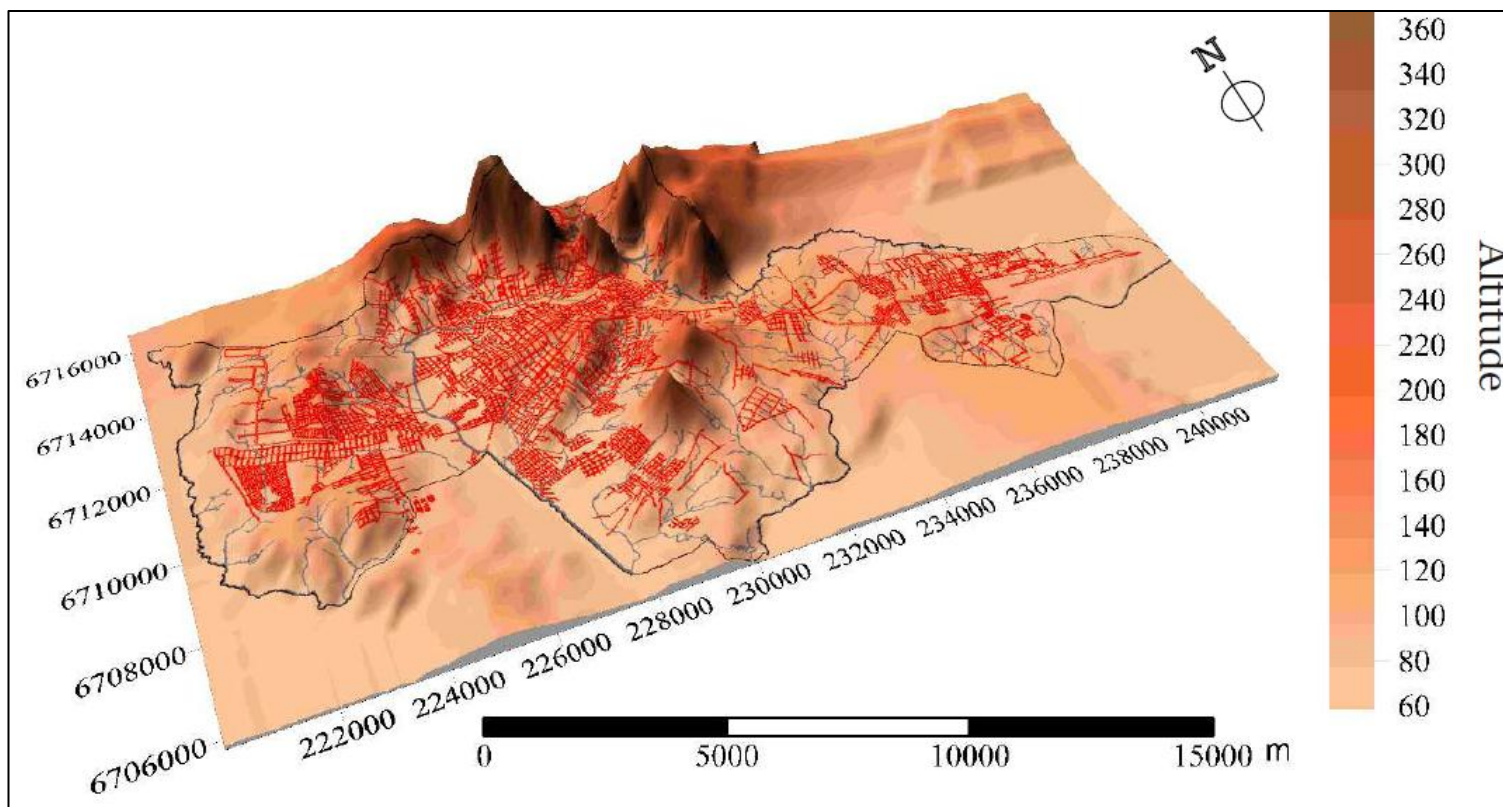


Figura 11. Modelo tridimensional da cidade de Santa Maria, revelando suas características hipsométricas.
Fonte: Dal'Asta (2007), p.52.

Contextualizando com as características hipsométricas, o mapa a seguir (**Figura 12**) apresenta as características de declive da área urbana de Santa Maria, associado a sua rede de drenagem, identificando os principais canais de drenagem, os morros e cerros.

²³ As cotas altimétricas dos morros e cerros foram observadas junto a cata topográfica de Santa Maria (1:50.000), folha SH.22-V-C-IV-1, expedida pelo Ministério do Exército, de 1976.

²⁴ SARTORI, M. da G. B. Modelização do Clima Urbano de Santa Maria, RS. *Ciência e Natura*, v.8, p.53-65,1986.

2.2. Caracterização histórico-territorial da paisagem urbana de Santa Maria

Numa breve revisão histórica, podemos considerar que o povoamento de Santa Maria resultou de um acampamento militar dos portugueses (por volta de 1797), situado atualmente no centro urbano da cidade, na rua do Acampamento, divisor de águas com posição estratégica. Estas áreas eram cobertas de vegetações campestre e florestal nas extensas matas ciliares do arroio Santa Maria (atualmente conhecido como Cadena) e seus tributários, que permitiam o suprimento da lenha e da água aos acampados (MARCHIORI, 2009, p. 112).

Com o passar do tempo, o adensamento populacional começa a crescer, sendo que no final do século XIX, mais especificamente em 1885, é marcada a chegada da viação férrea em Santa Maria, representando um crescimento populacional considerável (estima-se que houve um crescimento de 3.000 habitantes para aproximadamente 15.000 habitantes até 1905) (BELÉM, 1989). A planta de 1902 (**Figura 13**) já demonstra um avanço horizontal da infraestrutura urbana, em meio a uma área de densa rede de drenagem, ainda fortemente florestada em suas margens.

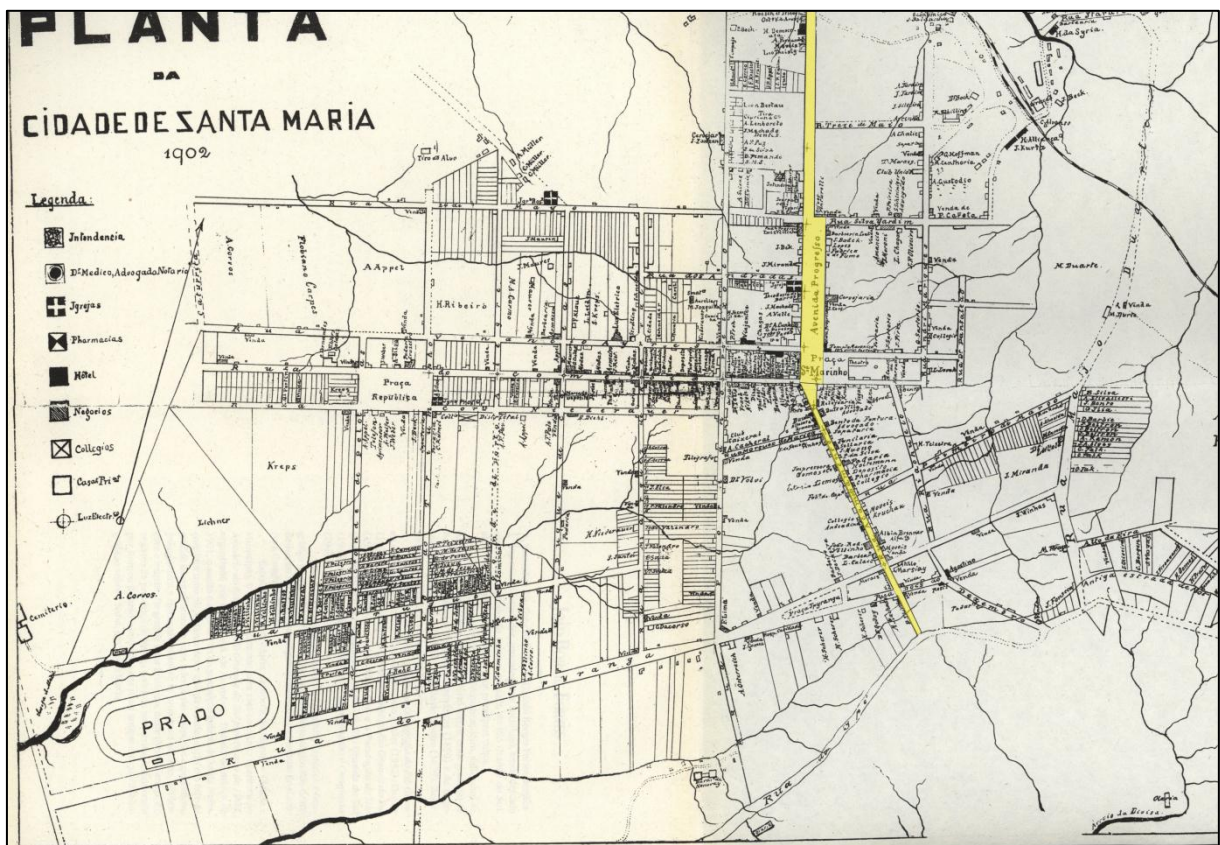


Figura 13. Planta da cidade de Santa Maria em 1902. Em destaque (em amarelo) a Rua do Acampamento e a avenida que dá continuidade a ela, a Avenida Rio Branco (que nesse período era denominada “Avenida Progrefso”). Observa-se na planta a indicação dos principais serviços e instituições, tais como escolas, farmácias e igrejas, que mostra ainda a densa rede de drenagem sobre a qual o município crescia.

Fonte: acervo do Arquivo Geral da Câmara de Vereadores de Santa Maria.

As ferrovias foram sendo desenvolvidas ao norte das primeiras edificações urbanas, sendo que sua construção dependia da utilização da lenha derivada do desmatamento da vegetação florestal no rebordo (**Figura 14**). Logo o município se tornou um dos principais entroncamentos ferroviários do Rio Grande do Sul, sendo ponto de cruzamento de várias linhas férreas (BELÉM, 1989).

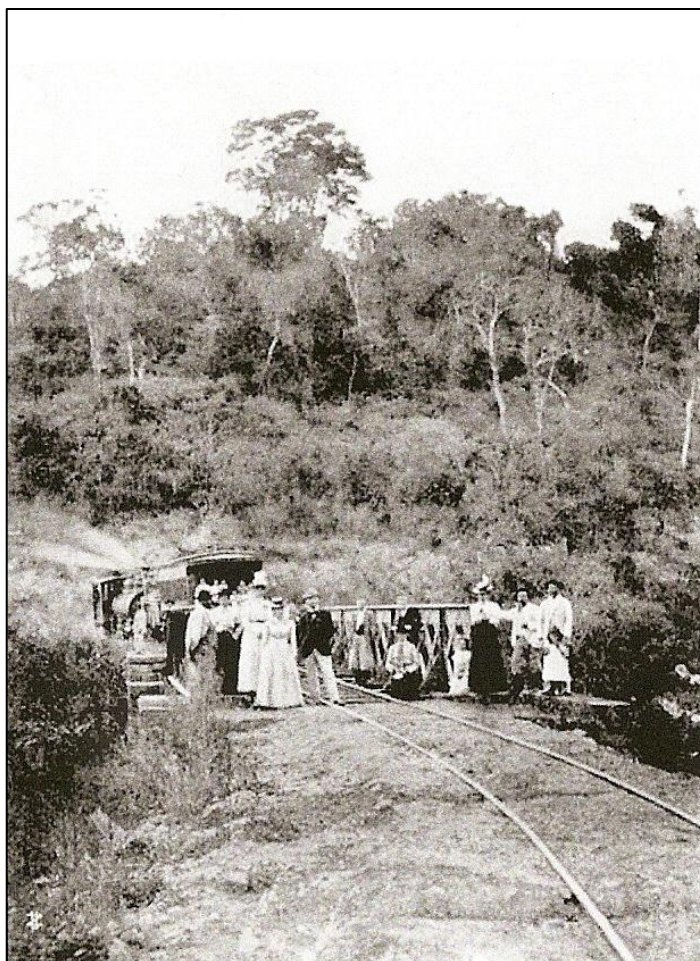


Figura 14. A ligação ferroviária entre a cidade de Santa Maria e o norte do estado a partir da segunda metade do século XIX representou o primeiro grande eixo de devastação da Mata Atlântica no município, devastação esta representada não apenas pela retirada da mata para abertura da estrada mas, principalmente, pelo corte da mata para alimentar as locomotivas a vapor que passavam por este importante entroncamento ferroviário. Na foto, grupo de passageiros em 1904, às margens de uma ponte ferroviária entre Santa Maria e a Estação Pinhal.

Fonte: Marchiori e Noal Filho, 2008 (p. 108).

Durante o século XX, o adensamento populacional foi se acentuando, e com ele a expansão da estrutura horizontal de edificações da cidade (**Figura 15**). Apesar da decadência do setor de ferrovias, outros fatores contribuíram para este adensamento, tais como a instalação de algumas unidades do Exército Brasileiro e também da Aeronáutica Brasileira (com uma Base Aérea, em 1970), além da instalação da Universidade Federal de Santa Maria (1960), que acabaram atraindo um grande contingente populacional para a cidade.

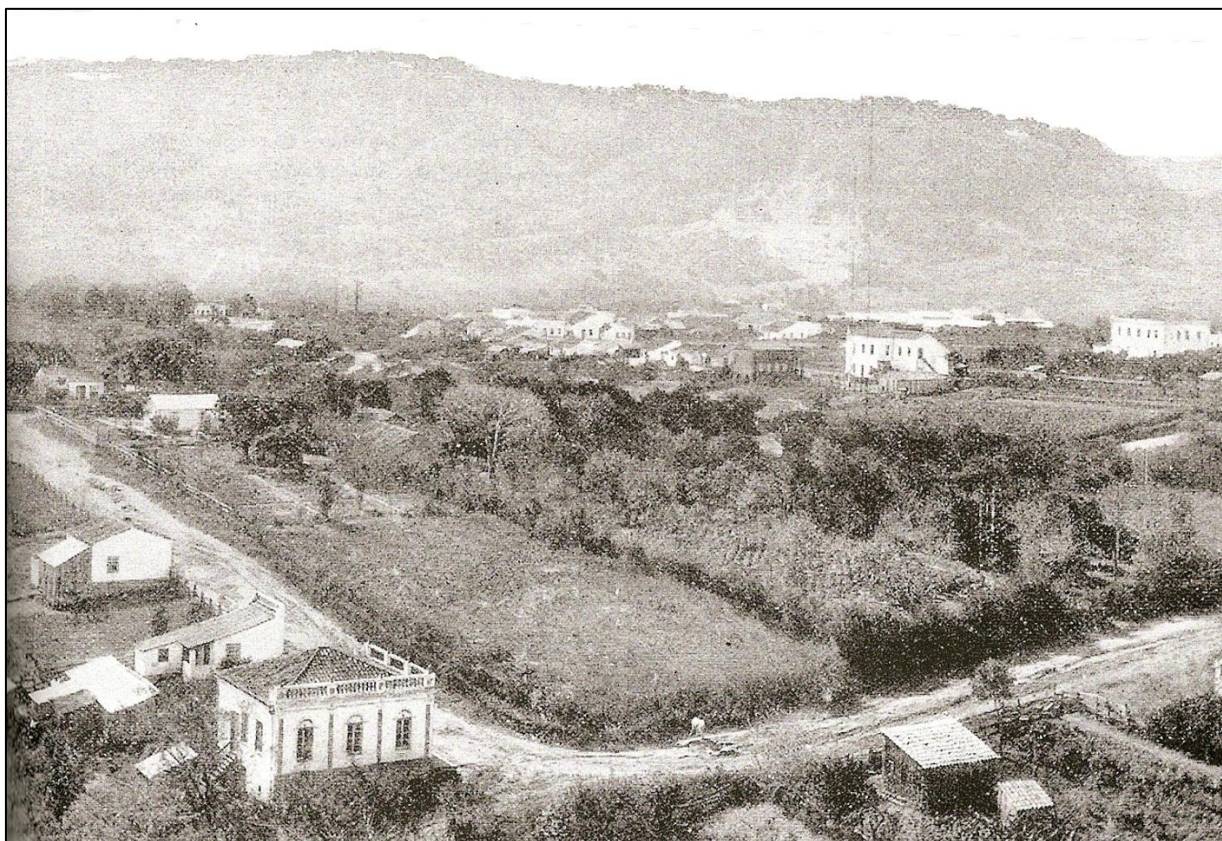


Figura 15. Foto da esquina da Rua dos Andradas com a atual Rua Serafim Valandro, em 1902. Pela quantidade de vegetação arbórea existente no interior da quadra ainda pouco ocupada, percebe-se que o assentamento urbano da cidade de Santa Maria implicou em um significativo recuo da mata original que cobria as planícies fluviais aos pés da escarpa da Serra Geral.

Fonte: Marchiori e Noal Filho, 2008 (p.99).

Junto a essas instituições, se configurou uma extensa rede de serviços e comércio, que representa o principal setor econômico da cidade atualmente, destacando-se regionalmente. Em um mosaico de uma coletânea de 25 plantas cadastrais da área urbana de Santa Maria de 1966 (**Figura 16**), já é possível notar esse avanço da estrutura horizontal urbana.

Esse contexto de atração populacional resulta na situação atual da cidade, que apresenta a população de 261.027 habitantes (segundo censo IBGE, 2010) e uma paisagem urbana bem edificada. Seguindo o panorama do crescimento acelerado das cidades de porte médio brasileiras, Santa Maria é um exemplo de cidade em que o verde urbano foi sendo suprimido, dando lugar às edificações e às vias de circulação.



Figura 16. Mosaico de Plantas Cadastrais da área urbana de Santa Maria de 1966, com destaque (em amarelo) novamente para a Rua do Acampamento e para a Avenida Rio Branco (destacadas nas mesmas dimensões de 1902).
Fonte: organizado pelo autor com base nas Plantas Cadastrais de 1966, disponibilizadas pelo Escritório da Cidade.

Em um material organizado por Marchiori *et al* (2008) observa-se uma coletânea de fotografias que evidenciam as diferenças paisagísticas da cidade ao longo do tempo. No que condiz a cobertura vegetal do bairro Centro da cidade, nos arredores da Avenida Rio Branco (a mais extensa e com canteiro central nas fotografias), é possível observar como o adensamento urbano trouxe com ele uma diminuição da vegetação arbórea nesta área da cidade (**Figura 17**).

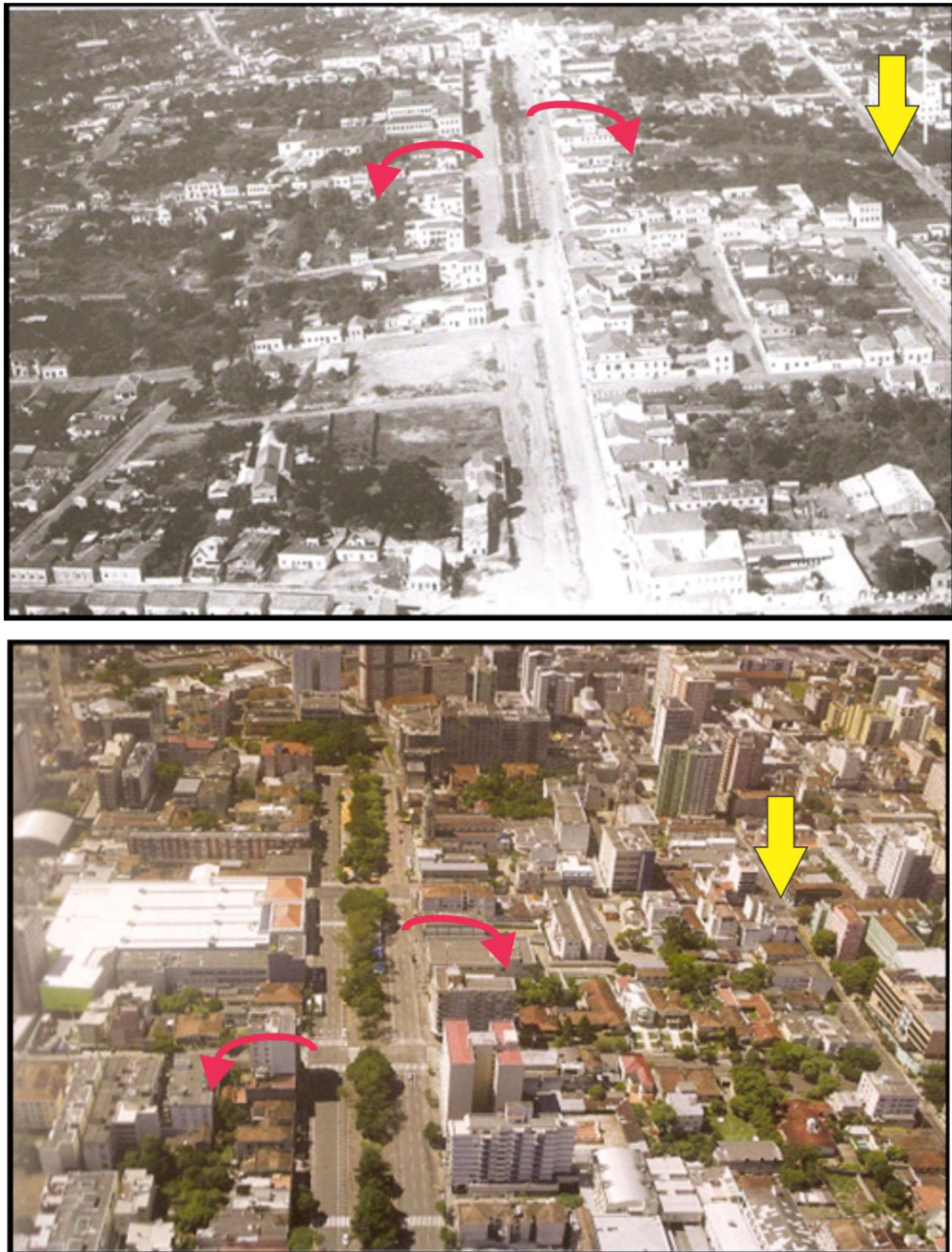


Figura 17. Avenida Rio Branco e seus arredores em 1935 (acima) e 2008 (abaixo). As setas vermelhas destacam que o crescimento urbano partiu do divisor em direção aos fundos do vale. Observa-se que esse avanço representou a supressão parcial dos fragmentos de vegetação arbórea existentes principalmente nos arredores das ruas paralelas a Avenida Rio Branco, a Rua André Marques (que pode ser observada no canto superior esquerdo da primeira foto) e a Rua Floriano Peixoto (indicada pela seta amarela nas duas fotografias).

Fonte: Marchiori *et al* (2008)

Observa-se nas figuras o avanço considerável das áreas edificadas, com destaque para o processo de verticalização, que resulta na supressão parcial de áreas anteriormente cobertas por vegetação de porte arbóreo. A paisagem urbana se torna mais densamente ocupada, e altamente concentrada em alguns pontos da cidade. Este adensamento, vinculado a uma política de planejamento que notoriamente favoreceu alguns setores da sociedade em detrimento de outros, acaba refletindo numa série de perdas na qualidade ambiental local.

2.2.1 Revisão das políticas públicas municipais relacionadas ao crescimento da cidade e o meio ambiente

Numa revisão das políticas públicas relacionadas ao crescimento da cidade, o meio ambiente e o verde urbano, é possível identificar uma série de questões relevantes a serem descritas e analisadas.

Um primeiro documento legislativo relacionado ao verde urbano foi aprovado ainda em 1957, que se refere à Lei Municipal n. 0606/57, assinada pelo então prefeito Vidal Castilho Dânia, que objetivava a abertura de um crédito especial visando à articulação dos serviços de florestamento no território municipal. É importante lembrar, como especificado anteriormente, que durante o período de construção das ferrovias, muitos recursos florestais da cidade acabaram servindo de matéria prima, o que exigiu algumas medidas de reflorestamento. Certamente esta fora uma das motivações para a aprovação desta lei.

O primeiro Plano Diretor de Santa Maria, Lei Municipal n. 1370/69, mostra-se como um estudo mais sistemático relacionado à paisagem urbana e seu crescimento. Neste estudo, inicia-se com uma análise expositiva da situação socioeconômica e urbanística de Santa Maria, passando a apresentação de um conjunto de plantas relacionadas às propostas do Plano Diretor, constando, por exemplo, os zoneamentos de uso e do sistema viário e também previsões de áreas verdes.

No zoneamento de uso, subdividem-se a área urbana e de expansão urbana em oito tipos de zonas, pelas quais se indica os usos e as intensidades de uso permitidos e permissíveis. Distinguem-se três tipos de zonas residenciais, outros três de zonas comerciais, outro de zona industrial, e um último tipo denominado de zonas especiais. De forma geral, dependendo ainda do tamanho dos lotes, os três tipos de zoneamento residencial se diferenciam basicamente nos tipos de usos permitidos e permissíveis, sendo que a taxa de ocupação dos usos permitidos nessas três tipologias correspondem a dois terços da área total. Já para os tipos de zonas comerciais, que também apresentam algumas variações de regulação

de acordo com o tamanho dos lotes (para os lotes maiores que 2000m² os índices são mais restritos), a taxa de ocupação para usos permitidos é de três quartos do lote.

Essas condições zoneadas acabaram refletindo na regulação do uso e ampliando o adensamento da zona central da cidade, de concentração das áreas comerciais. Ressalta-se que este zoneamento presente no Plano Diretor de 1969 veio a atender uma demanda legal para regular e possibilitar mudanças na arrecadação do Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU).

Outro projeto a se destacar refere-se ao processo de construção do Parque Itaimbé, implementado através do Projeto Sinuelo, entre os anos 1977 e 1982, viabilizada pelo programa Comunidade Urbana para a Recuperação Acelerada (CURA). Situado em meio ao centro urbano de Santa Maria, o Parque Itaimbé constitui-se até hoje como um importante espaço para a conservação de cobertura vegetal. Benaduce (2007) fazem uma revisão do processo de criação e implementação desse Parque, e mesmo considerando suas potencialidades, apontam que seu processo de construção e posterior manutenção envolveram muitas falhas, tais como a reduzida participação popular, alterações indevidas no projeto original, gestão equivocada, entre outras.

Com um novo Plano Diretor aprovado em 1980, a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) a ele associada (Lei Municipal n. 2096/80), já melhor descreve e explicita uma série de questões relacionadas ao zoneamento. Diferenciando categorias de uso residencial, comercial, de serviços, industrial, de equipamentos comunitários e áreas especiais, são devidamente descritas as condições específicas a que ficam subordinadas cada categoria. Sendo assim, o zoneamento passa a ser mais bem elaborado e específico, relacionando ainda as zonas de acordo com as densidades de habitantes. A zona de predomínio de comércio e serviços, por exemplo, naquele momento já se deparava com uma densidade média de cerca de cento e cinquenta habitantes por hectare.

No ano de 1982, determina-se o tombamento da primeira árvore de Santa Maria, através da Lei Municipal n. 2437/82, que considera objeto de valor histórico uma árvore localizada na esquina da Avenida Medianeira com a Avenida Fernando Ferrari.

Em 1983, a Lei Municipal n. 2539/83, assinada pelo então prefeito José Haidar Farret, trás uma determinação onde fica o Poder Executivo encarregado do plantio de árvores que floresçam em diferentes épocas do ano, em ruas, avenidas, parques, praças e escolas do município. Indica-se como obrigatório o plantio das seguintes árvores: Extremosa (*Lagerstroemia indica*), Jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia*), Canafístula (*Peltophorum dubium*), Tipa (*Tipuana tipu*) e Ligustro-arbóreo (*Ligustro lucidum*). No caso desta lei, é preciso chamar a atenção para o fato de que as espécies Extremosa e o Ligustro-arbóreo não são nativas, sendo provavelmente selecionadas muito em função das suas características estéticas.

Já em 1986, o mesmo prefeito sanciona a Lei Municipal n. 2799/86, que cria o “Pronto Socorro da Árvore”, que se refere a um órgão da Secretaria de Município da Produção Industrial e Comércio, com o objetivo essencial de prestar socorro às árvores, no âmbito municipal, que apresentam problemas que ameaçam sua sobrevivência. Essa lei permanece vigente de acordo com a Câmara de Vereadores de Santa Maria, embora sua eficácia atual seja absolutamente nula, com tais serviços sendo incorporados pela Secretaria de Proteção Ambiental do município.

Outro destaque no âmbito legal em defesa do verde urbano ocorre na sanção da Lei Municipal n. 2859/87, que declara imunes ao corte setenta e três árvores ornamentais situadas em diversas ruas da cidade. Porém, nos anos posteriores a aprovação desta lei o que se observou foram seguidas alterações visando à exclusão de árvores. Foram excluídas até o momento as seguintes árvores: 69ª (Lei Municipal 3677/93); 25ª (Lei Municipal 3779/94); 2ª (Lei Municipal 3887/94); 24ª (Lei Municipal 3867/95); 44ª (Lei Municipal 3881/95); 17ª (Lei Municipal 3973/96); 67ª (Lei Municipal 4004/96); 30ª (Lei Municipal 4015/96); 41ª (Lei Municipal 4072/97); 43ª (Lei Municipal 4073/97); 14ª (Lei Municipal 4074/97); 60ª/1 (Lei Municipal 4084/97); 71ª (Lei Municipal 4331/00); 42ª (Lei Municipal 4443/01).

Explicitando preocupação com a proteção dos mananciais hídricos, a Lei Municipal n. 3131/89 também merece destaque, ao regular a disciplina de uso do solo nas proximidades dos cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos. A Barragem do DNOS, entre outros reservatórios, é declarada como área de proteção, que se estende por uma faixa de 100m de largura, medida em projeção horizontal a partir da linha de contorno correspondente ao nível máximo do reservatório. Essa medida jurídica, que foi implicitamente revogada (em que novas medidas de restrições foram aprovadas sem a revogação da lei anterior) por leis posteriores que restringem mais a exploração da área. De qualquer maneira, destaca-se que essa iniciativa foi importante no sentido de que contribuiu para que a projeção de crescimento no eixo norte da área urbana acabasse amenizado.

Outra proposta legislativa, que depois de sancionada foi declarada inconstitucional e consequentemente perdeu legalidade, foi a Lei Municipal n. 3287/90, que criava o plano de arborização urbana e rural no município. Neste plano, definiam-se meses de plantio de árvores a serem realizados pelo poder executivo municipal, especificando os tamanhos e tipos de espécies indicadas. O motivo da inconstitucionalidade refere-se ao fato da lei ter sido proposta sem as devidas especificações para origem das receitas para os gastos gerados, combinadas a possíveis transferências de responsabilidades privadas para o setor público.

Sendo essa lei declarada inconstitucional, foi sancionada outra em 1992, a Lei Municipal n. 3498/92, que dispõe sobre a arborização obrigatória das faixas de domínio público das rodovias municipais. A lei, que permanece vigente, indica ainda que as espécies arbóreas devem ser preferencialmente aquelas típicas da região, podendo ser substituídas diante da ausência de mudas nativas.

Ainda no âmbito da arborização, merece também destaque a Lei Municipal n. 4178/98, que denominou o ano de 1999 como o ano da arborização e do ajardinamento, criando uma campanha de incentivo ao plantio de árvores e flores. No seu artigo 4º, alega-se que “a comunidade de Santa Maria deverá ser conscientizada de sua participação no projeto de que trata a presente lei, alertando-se para a necessidade de que se cumpra a recomendação da Organização Mundial da Saúde, de que é, no mínimo, 12m² de área verde por habitante”.

Em 2005, com um novo Plano Diretor em elaboração, a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), L.C. n. 033/05, foi sancionada, que já aprimora em uma série de aspectos em relação às leis anteriores. Com a paisagem urbana já bastante alterada e ampliada, esta lei de uso e ocupação já conta com uma série de normativas voltadas não apenas para os bairros do distrito sede, mas também para os demais distritos do município, que tem as suas delimitações devidamente esclarecidas na L. C. n. 042/06. Ainda nessa última lei, definem-se Regiões Administrativas do distrito sede, compostas por oito conjuntos de bairros: R.A. Centro Urbano; R. A. Norte; R. A. Nordeste; R. A. Leste; R. A. Centro-Leste; R. A. Sul; R. A. Centro-Oeste; e R. A. Oeste.

O zoneamento dessa nova LUOS apresenta uma subdivisão em oito macrozonas (Centro de urbanidade; Centro; Cidade Oeste; Cidade Sul; Cidade Leste; Encosta da Serra; Rururbano; e Áreas Naturais de Preservação) (**Figura 18**), sendo que dentro delas se situam as respectivas zonas que apresentam as devidas limitações de uso e ocupação do solo.

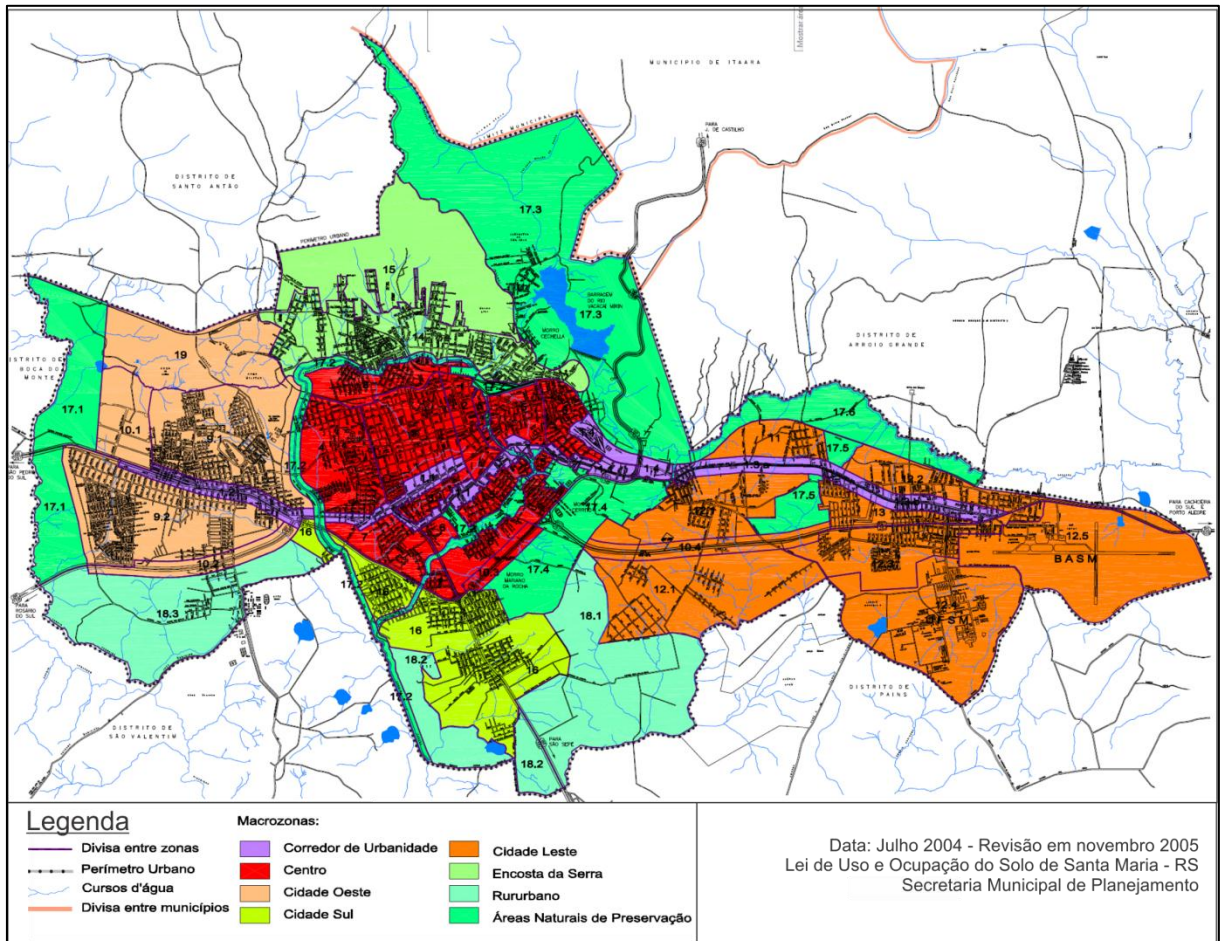


Figura 18. Mapa de delimitação das macrozonas de zoneamento da LUOS de Santa Maria de 2005.

Fonte: adaptado com base no Anexo 10 da LUOS de 2005.

Um fator importante já definido nessa LUOS, e que tem impacto direto no processo de regulação do crescimento urbano é a definição, para além das macrozonas e zonas, de Áreas Especiais Naturais (Art. 10º, junto ao Título II “Dos perímetros, macrozonas, zonas, áreas especiais naturais e áreas especiais de revitalização”). Estas são classificadas como Áreas Especiais Naturais de Conservação Natural e Áreas Especiais Naturais de Preservação Permanente (**Figura 19**).

As Áreas de Conservação Natural permitem a convivência do humano com os ecossistemas, desde que não haja grandes impactos ou traumas ambientais, podendo ser destinadas ao turismo ecológico, às atividades culturais, educacionais, recreativas, de lazer e loteamentos. São elas: Área de Conservação Natural do Arroio Ferreira; Área de Conservação Natural - Arroios Cadena e Cancela; Zona dos Morros constituída pelos Morros Marianos da Rocha, Cerrito, Alemoa e áreas adjacentes; Eco-Parque da Montanha Russa; Área da Sub-bacia do Rio Vacacaí-Mirim; Área Produtiva do Rio Vacacaí-Mirim; Área Natural de Camobi; Área da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica; Área de Recarga do Aquífero Arenito Basal Santa Maria.

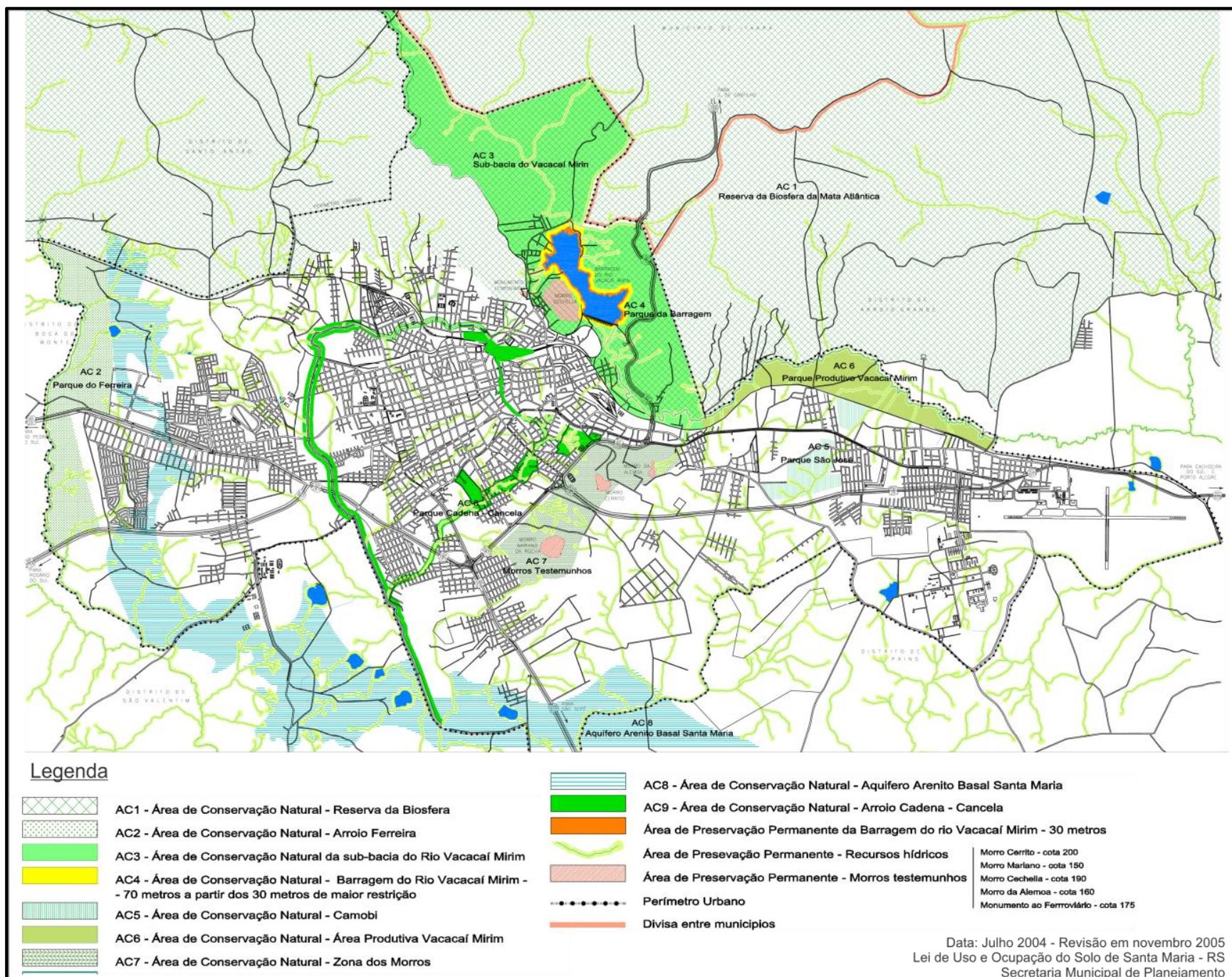


Figura 19. Mapa das Áreas Especiais Naturais da LUOS de Santa Maria de 2005.

Fonte: adaptado com base no Anexo 12 da LUOS de 2005.

As Áreas Especiais Naturais de Preservação Permanente são representadas pelas Áreas de Preservação Permanentes (APPs) definidas pelo Código Florestal Brasileiro de 1969. São representadas pelos: Morro Mariano da Rocha, situado na altura igual ou superior a cota 150 m; Morro Cerrito, situado na altura igual ou superior a cota 200 m; Morro Cechella, situado na altura igual ou superior a cota 190 m; Barragem do Vacacaí-Mirim, com largura mínima de 30 m em projeção horizontal no entorno do reservatório artificial; Morro do Monumento ao Ferroviário, situado na altura igual ou maior a cota 175 m; Mananciais Hídricos constituídos por cursos d'água, suas margens, matas ciliares e qualquer tipo de vegetação natural; Áreas naturais com declividade igual ou superior a 45°.

Em 2006 o novo Plano Diretor de Santa Maria foi aprovado, com redação na L. C. n. 6542/06, que dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do município. Como se pode observar já na nomenclatura, se incorpora um discurso urbano-ambiental, que de acordo com a redação da lei, objetiva o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, sendo umas das diretrizes gerais “a garantia do direito à cidade sustentável, entendido como direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e serviços públicos, ao empreendimento, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações” (inciso I do Art. 2º).

Com uma perspectiva de descentralização da política urbana com base em diretrizes pré-estabelecidas, o Plano Diretor conta com uma série de Políticas (Capítulo IV), e dentro delas constam Programas e Projetos. Entre essas políticas, destacam-se aqui duas: a Política de Manejo dos Recursos Naturais Urbanos (Seção VI); e a Política Municipal de Manejo Sustentável da Área de Influência da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Seção II).

A primeira, segundo o Art. 19, pretende atender a dimensão de sustentabilidade natural, que deve alcançar as áreas urbanas e seus entornos, os quais requerem conservação por seus atrativos turísticos e recreativos e por sua condição à qualidade de vida da população. Para o desenvolvimento dessa política são definidos dois programas: Programa de Manejo de Áreas com Valor Ecológico-paisagístico e o Programa de Manejo de Fluxos. Para isso conta-se com os seguintes projetos:

- Projeto de proteção da Área de Recarga do Aquífero Arenito Basal Santa Maria;
- Projeto de Manejo da Sub-bacia do Rio Vacacaí-Mirim;
- Projeto de Recuperação da Sub-bacia do Arroio Cadena; Projeto de Manejo da Sub-bacia do Arroio Ferreira;

- Parque da Barragem; Parque dos Morros; Parque Cadena/Cancela;
- Projeto de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos; Plano Diretor de Saneamento Básico;
- Projeto Plano de Manejo e Gestão dos Recursos Hídricos.

Na segunda a ser destacada, a Política Municipal de Manejo Sustentável da Área de Influência da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, são definidos três programas: Desenvolvimento Agroflorestal, Desenvolvimento Ecoturístico e Programa de Educação Ambiental. Os projetos para o desenvolvimento dos programas são:

- Projeto Zoneamento Ecológico-Econômico e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais; Projeto Pólo Madeireiro Industrial;
- Projeto Circuitos Turísticos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica;
- Projeto Trem Turístico; Projeto Capacitação para Empreendimentos Turísticos;
- Projeto Sensibilização e Educação Ambiental para a População de Santa Maria;
- Projeto de Educação Ambiental nas Escolas de Santa Maria.

Tal como destacam Nascimento e Foletto (2011), observa-se que parte dos projetos destinados nessa área objetiva o crescimento econômico através do turismo e da exploração madeireira, sendo que ambas as atividades necessitam estar severamente reguladas para que ocorram de forma a respeitar as APPs e as normativas do zoneamento para as zonas núcleo e de amortecimento da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Ainda em 2006, há também a Lei Municipal n. 4936/06, que institui um programa de adoção, manutenção e proteção de canteiros centrais, encostas das vias públicas, áreas verdes, praças e parques infantis de Santa Maria. Focado na obtenção de recursos para a gestão do programa, a lei aponta pra a possibilidade de utilização de alguns espaços de praças, parques e outros, para manter publicidade mediante assinatura, de acordo com a disponibilidade do projeto paisagístico.

Recentemente, em novembro de 2009, foi aprovada uma nova Lei de Uso e Ocupação do Solo (L.C. n. 072/09). Nesta lei, são modificados alguns pontos e especificadas algumas questões em aberto na lei de 2005, alterando alguns capítulos relacionados ao regime urbanístico, ao processo de loteamentos (incluindo uma série de normas para condomínios fechados) e inclusive excluindo um de seus títulos que tratava dos procedimentos fiscais, em que fica estabelecido que esses aspectos sejam tratados através de legislação específica. De forma geral, a regulação do zoneamento e parcelamento do solo não sofre modificações severas em relação ao estabelecido em 2005,

permanecendo as mesmas macrozonas anteriormente explicitadas. As Áreas Especiais Naturais permanecem regulamentadas pelo Art. 10º, com a mesma redação da lei anterior.

Mais recentemente, em 2010, foi sancionada a Lei Municipal 5285/10, que dispõe sobre a criação de Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPNs) no município. Constituída de acordo com Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985/00), esta lei permite suprir uma possível demanda privada interessada na criação de RPPNs em Santa Maria.

Ainda no âmbito da criação de unidades de conservação, há duas discussões importantes que têm sido realizadas recentemente junto ao poder público municipal, em consonância com as políticas do Plano Diretor vigente apresentadas anteriormente. A primeira delas se refere à criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) na área norte de Santa Maria, que compõe as áreas próximas da Barragem do DNOS, se estendendo a norte, visando à proteção não apenas dos mananciais hídricos, mas também a biodiversidade da área. Essa discussão tem sido aprofundada por Nascimento e Foletto (2010), que defendem uma delimitação maior dessa área, compreendendo que a garantia de proteção da área de captação de água que envolve a Barragem do DNOS abrange uma área mais significativa da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

A segunda discussão, que envolve uma série de projetos da gestão pública municipal atual, se refere à projeção de diversos parques no município de Santa Maria. As propostas preveem espaços para fins turísticos, naturais, recreativos, paleontológicos, eventos culturais e urbanos. Alguns deles já estão saindo do papel, como é o caso do Parque do Jockey Club (no bairro Juscelino Kubitschek, na região administrativa oeste) e o Parque São Vicente Pallotti (no bairro Nossa Senhora de Lourdes, na região administrativa central), que de acordo com a Prefeitura Municipal estão em fase de seleção das empresas responsáveis pela execução das obras. Essa projeção de parques auxilia na carência tanto de atributos naturais quanto de espaços de lazer com as quais a paisagem urbana de Santa Maria convive há décadas, mas ainda depende de uma implementação que considere às regulamentações do SNUC para a construção de parques.

Outra discussão importante que tem sido realizada é a respeito de um “Plano de Arborização e Reposição Vegetal de Santa Maria”, elaborado em 2010, que está em tramitação entre a Câmara de Vereadores e o Gabinete do Prefeito. Entre os seus objetivos, prevê-se: diagnosticar a situação da arborização das ruas e avenidas da cidade; estabelecer diretrizes para implantação da arborização pública “priorizando a contemplação de ruas e avenidas com espécies que se identifiquem pela cor de sua floração”; estabelecer diretrizes para a produção de mudas; planejar programas de educação ambiental que visem o

envolvimento e informação da comunidade na arborização da cidade. Observa-se nestes objetivos que há uma grande preocupação estética neste plano, que contempla alguns aspectos como quais espécies a serem plantadas de acordo com os locais (ao lado das vias públicas, em parques e praças...) e algumas diretrizes para a manutenção das árvores em espaços públicos. Outras ações importantes preveem a reposição florestal nas margens de arroios, a necessidade de compensação por danos ambientais e o fortalecimento de ações de educação ambiental, tais como o incentivo a participação das comunidades no planejamento, implantação e manutenção da arborização. Analisa-se que o plano carece de informações da distribuição espacial da cobertura vegetal pela cidade, seguida do planejamento de ações que considerem as diferenças espaciais da cidade e conseqüentemente criem alternativas para os diferentes padrões de urbanização, que evite que sejam realizadas apenas ações isoladas.

Analisadas as diferentes políticas públicas em consonância com as atuais condições da paisagem urbana de Santa Maria, é possível identificar avanços e retrocessos do processo de planejamento urbano e ambiental. De qualquer forma, é perceptível nas políticas públicas que se desenvolvem recentemente que a demanda ambiental tem sido mais contemplada, o que possibilita que a tendência de crescimento e adensamento da paisagem urbana observado nas últimas décadas possa ser parcialmente regulada buscando uma melhor harmonia com os atributos naturais, regulando os principais atores envolvidos no processo de apropriação e produção espacial.

3. METODOLOGIA

A proposta metodológica se desenvolve com base na abordagem geossistêmica da paisagem, bastante utilizada nas pesquisas em geoecologia, dialogando com saberes difundidos nas discussões que envolvem a ecologia urbana e a conservação da natureza nas cidades. Considera-se então a paisagem urbana de Santa Maria como um Geossistema contido dentro da transição de duas grandes Regiões Naturais: a Depressão Central e o Planalto Meridional Brasileiro. Este Geossistema, por sua vez, apresenta variações de Geofácies, ligadas às entradas diferenciadas de matéria e energia no tempo e no espaço. Nesta perspectiva, é possível interpretar ainda que junto a essas Geofácies introduzem-se diversos padrões de urbanização, que denotam suas características espaciais, reproduzindo diferentes formas e níveis de artificialização de origem antrópica.

Leva-se em consideração que a escolha dos critérios a serem utilizados na identificação, caracterização e delimitação das unidades de paisagem depende inteiramente dos objetivos do trabalho. Não há padrões ou modelos rígidos a serem seguidos, mas uma proposta de procedimento metodológico coerente com a abordagem da pesquisa (SARAIVA, 2005).

Considerando ainda que se trabalha com um exemplo específico, onde foi proposto desenvolver uma estratégia de avaliação dos aspectos de funcionalidade hidrológica e térmica envolvidas na qualidade ambiental local, que tem a cobertura vegetal como critério norteador para análise de ambientes urbanos, pode-se afirmar que se trata de um estudo de caso. A escala de trabalho foi local, analisando as Geofácies dentro do Geossistema. As escalas de mapeamento foram de 1:10.000 no conjunto da área urbana e 1:2.000 nas áreas-piloto escolhidas e que serão descritas mais à frente.

3.1 Procedimentos metodológicos

Diante do contexto apresentado e dos objetivos propostos, é possível identificar o caminho trilhado para a sua realização. Fazendo uma leitura das etapas realizadas na pesquisa (**Figura 20**), se pode observar que investigação partiu de uma revisão teórico-metodológica dos conceitos e processos envolvidos, seguindo com uma caracterização natural e histórico-territorial da paisagem urbana de Santa Maria. Prossegue-se com a análise temporal e espacial da paisagem urbana local, observando a variação da estrutura horizontal da cobertura vegetal nas últimas décadas, e definindo unidades de paisagem na área urbana de Santa Maria. Após isso, foram selecionadas áreas pilotos nas quais foi analisada a contribuição da cobertura vegetal no desempenho das funcionalidades térmica e hidrológica.

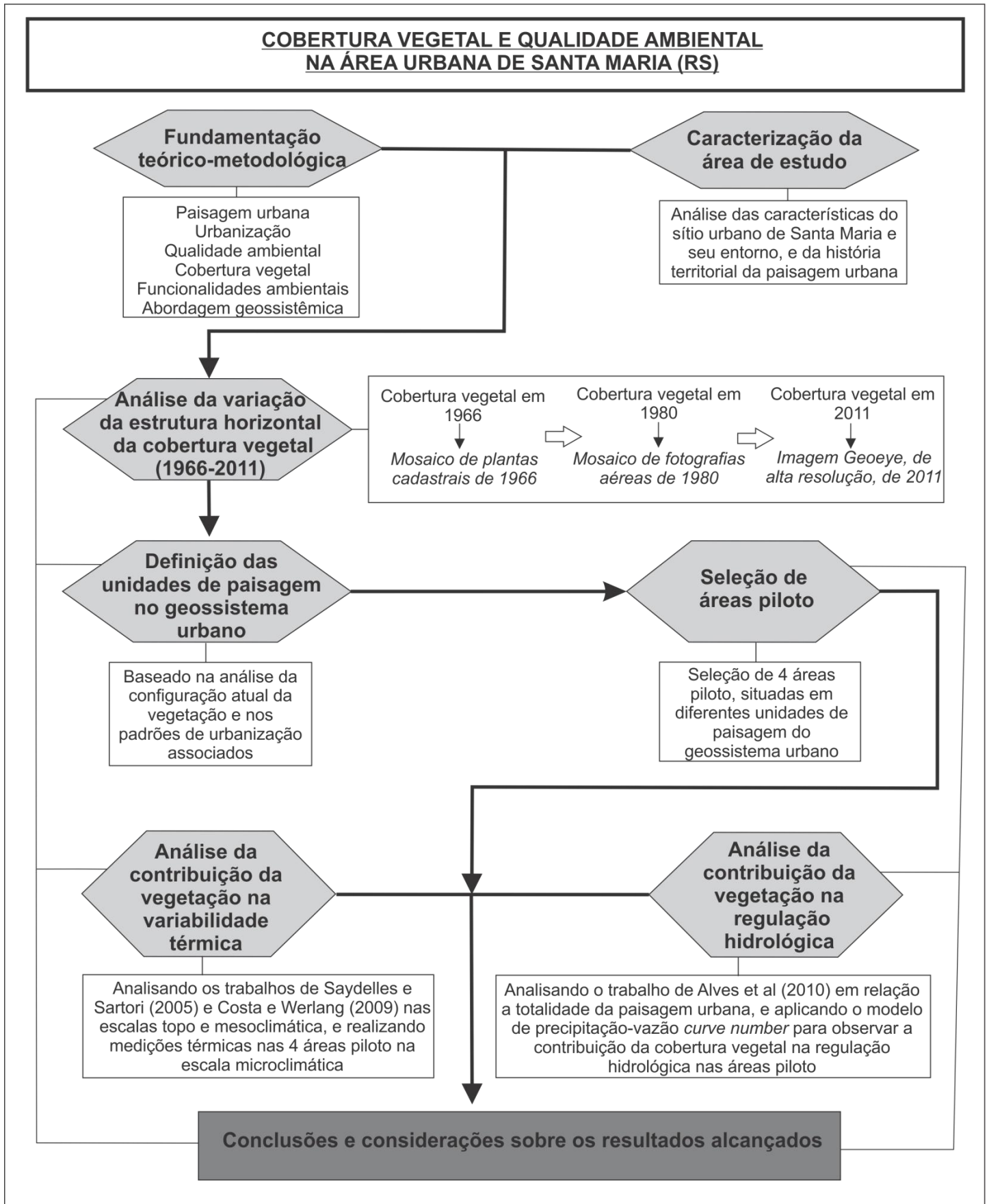


Figura 20. Diagrama das etapas da pesquisa, apresentando os processos metodológicos envolvidos.
Fonte: elaborado pelo autor.

Na fase de fundamentação teórico-metodológica dos principais conceitos envolvidos na investigação, buscaram-se contemplar diversas fontes de pesquisa tais como livros, dissertações, teses e artigos, de origem nacional e internacional, sendo a busca de artigos fundamentada principalmente em pesquisas no portal de periódicos da CAPES, com acesso a algumas revistas de referência internacional na área, como exemplos as revistas “*Landscape and Urban Planning*”, “*Urban Ecosystems*” e a “*Urban Forestry & Urban Greening*”.

Ainda neste primeiro momento da pesquisa, procurou-se realizar uma caracterização da área de estudo, onde foram descritas sinteticamente as características naturais e histórico-territoriais locais, relevantes para compreender a dinâmica natural, socioespacial e política da paisagem urbana de Santa Maria.

No que se referem às características naturais, foram analisados diversos trabalhos que retratam as características do sítio urbano de Santa Maria e seu entorno, descrevendo sua geomorfologia, as características climáticas, a litologia e hidrografia, que retratam a dinâmica natural em que a paisagem está inserida. Em relação aos aspectos histórico-territoriais, foi feita uma breve revisão da história de ocupação da cidade, identificando sua expansão horizontal com base na análise de documentos históricos, tais como plantas cadastrais antigas e demais referenciais bibliográficos locais que discutem a história do município. Também foram analisadas as leis aprovadas no âmbito municipal que abordam a discussão ambiental e mais especificadamente a temática envolvendo a cobertura vegetal de Santa Maria, que resultaram em diferentes políticas públicas construídas nas últimas décadas na cidade.

Convém ressaltar ainda, que no decorrer dos processos metodológicos foram gerados diferentes produtos cartográficos que espacializam e sintetizam as análises e descrições realizadas. Sendo assim, visando à aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento junto a diversos materiais cartográficos obtidos, foi criado um banco de dados no *software* Spring 5.1.7, onde foi possível o georreferenciamento desses materiais e a geração das informações espacializadas neste Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Com a finalidade de descrever detalhadamente os procedimentos adotados posteriormente à fase inicial de fundamentação teórico-metodológica e caracterização da área de estudo, passa-se a partir de agora a especificar as demais etapas da pesquisa descritas no esquema anteriormente apresentado.

3.1.1 Análise da variação da estrutura horizontal da cobertura vegetal (1966-2011)

O debate temporal envolvendo a dinâmica de cobertura vegetal na paisagem urbana se torna muito importante tanto para compreender a distribuição atual de vegetação, quanto para interpretar possíveis tendências de retração e/ou expansão da cobertura vegetal em determinadas áreas. Desta forma, de acordo com a disponibilidade de materiais que continham informações acerca da cobertura vegetal, analisou-se a dinâmica da estrutura horizontal de cobertura vegetal na paisagem urbana de Santa Maria nos últimos quarenta e cinco anos (1966-2011).

Contou-se então com os seguintes materiais: Plantas cadastrais da área urbana de Santa Maria, na escala de 1: 2000, de 1966, compostas de 25 plantas, obtidas junto ao Escritório da Cidade de Santa Maria; Levantamento aerofotogramétrico datado de janeiro de 1980, composto por 173 fotografias aéreas, obtidos também junto ao Escritório da Cidade de Santa Maria; Imagem *Geoeye*, de alta resolução espacial (0,64m), datada de 21/09/2011, extraída do *software Google Earth 6.1*.

As 25 plantas cadastrais de 1966 e as 173 fotografias aéreas necessitaram de tratamento anteriormente a importação junto ao banco de dados do *software Spring*, onde foram mosaicadas com a finalidade de importação de um produto cartográfico único para o processamento junto ao SIG. Sendo assim, utilizando o *software gráfico Corel Draw X5*, as plantas e fotografias foram unidas e encaixadas, resultando no “Mosaico de plantas cadastrais de 1966”, e no “Mosaico de fotografias aéreas de 1980”. A imagem *Geoeye* de 2011 não necessitou ser mosaicada, passando apenas pelo processo de importação e registro junto ao *Spring*.

O registro desses produtos cartográficos, ou seja, o georreferenciamento dos mosaicos e da imagem, foram feitos com base em uma imagem já registrada pelo autor em projetos anteriormente desenvolvidos (imagem do sensor *HRC/CBERS 2B*, de alta resolução espacial, 2,5m, datada de 2008)²⁵, sendo realizados a partir da marcação de pontos em tela, localizando-os na imagem já registrada e na imagem em processo de registro.

Para cada data, fora criado um projeto dentro do banco de dados do *Spring*, visando não apenas organizar os modelos de dados e planos de informação, mas também ampliar a capacidade de processamento do *software*, ao trabalhar com projetos separados num mesmo banco de dados. No projeto de 2011, foram importados alguns planos de informação obtidos junto com o Escritório da Cidade de Santa Maria, que referem-se ao eixo viário e à rede de

²⁵ Essa imagem foi importada para o banco de dados, sendo que seu registro foi realizado em tela no *software Spring*, com base na imagem *Geocover Landsat 5* (30m de resolução espacial) obtida gratuitamente já registrada pela NASA, fazendo *download* no endereço <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>, reforçada por pontos obtidos por um trabalho de campo utilizando *GPS*.

drenagem. A rede de drenagem teve que passar por um processo de otimização, devido a baixa precisão das informações. Com base no “Mapa da Divisão Urbana de Santa Maria”, disponível no endereço < <http://www.santamaria.rs.gov.br/index.php?secao=downloads>>, foram ainda delineados o perímetro urbano e os limites dos bairros e regiões administrativas municipais, dispostos como planos de informações temáticos.

Disponha-se ainda de uma “Planta da Cidade de Santa Maria em 1902”, obtida junto ao Arquivo Geral da Câmara de Vereadores de Santa Maria, que permite a observação da malha viária e da distribuição das edificações naquele ano, mas que não continham informações sobre a cobertura vegetal. Sendo assim, para contextualizar a discussão temporal da cobertura vegetal, foi elaborado um mapa do crescimento urbano de Santa Maria, desde o início do povoamento da cidade em 1797 (baseado nas descrições do povoamento da cidade, presentes em Marchiori, 2009), utilizando ainda as plantas de 1902 e 1966 e, por fim, a imagem de 2011. Foi delineado, com base nos atuais eixos viários de Santa Maria, esse crescimento urbano nessas diferentes datas, permitindo a geração do mapa.

Definiu-se a partir daí as classes que iriam ser obtidas com base no mosaico de plantas cadastrais de 1966, no mosaico de fotografias aéreas de 1980 e na imagem de 2011. Sendo assim, optou-se, de acordo com a disponibilidade dos produtos cartográficos, por obter 4 classes em cada mapa: Cobertura vegetal arbórea; Cobertura Vegetal Herbácea e Arbustiva; Espaços Construídos; e Rede de drenagem.

Na primeira classe, como o título sugere, incluem-se as áreas com presença de cobertura vegetal de porte arbóreo. Na segunda, devido a impossibilidade de distinguir claramente a diferenciação entre vegetação de porte herbáceo e arbustivo na escala de análise (1:10.000) nos referenciais de 1980 e 2011, e por não constar essa diferenciação no referencial de 1966, optou-se por incluí-las na mesma classe. Nesta classe ainda inclui-se algumas áreas de uso rural situadas em algumas zonas de transição da área urbana do distrito sede de Santa Maria com a área rural. A terceira classe, denominada Espaços Construídos, incorpora todas as áreas edificadas e vias de circulação, incluindo-se ainda as áreas de solos expostos. A rede de drenagem inclui os canais de água situados na zona urbana do distrito sede, e os seus reservatórios de água, sendo aqui classificadas segundo a sua ordem, utilizando os critérios de Strahler (1957).

Definidas as classes, partiu-se então para a interpretação dos produtos cartográficos, iniciando pelo referencial de 2011. A imagem foi classificada com um algoritmo por leitura de pixel, baseado no classificador Maxver (Máxima verossimilhança) a partir da aquisição de polígonos amostrais de treinamento e teste. O resultado dessa classificação foi supervisionado e otimizado, resultando no “Mapa de distribuição da cobertura vegetal do distrito sede de Santa Maria em 2011”, onde foram incluídos junto às classes temáticas os planos de informação referentes às divisões de bairros, regiões administrativas e a rede de drenagem.

O mesmo procedimento se deu com os referenciais de 1980. Foram classificados junto ao *software* a partir da aquisição de amostras de teste e treinamento, utilizando também o classificador Maxver. A imagem passou por um processo de supervisão, mais detalhado que o realizado na imagem de 2011, pois o mosaico apresentava determinadas fotografias com níveis de contrastes diferenciados, que dificultavam a classificação por amostras. A rede de drenagem, pelo fato de não apresentar mudanças significativas entre 2011 e 1980, teve a utilização do mesmo plano de informação. Para fins de comparação, mesmo que os bairros em 1980 não se configuravam na divisão atual, foram também acrescentados junto ao “Mapa de distribuição da cobertura vegetal do distrito sede de Santa Maria em 1980”.

Por fim, foi interpretado o mosaico de plantas cadastrais de 1966, que como não possuía uma diferenciação de valores de pixel, não foi possível realizar uma classificação inicial a ser supervisionada. O que teve de ser feito foi a interpretação visual do mosaico, delineando os polígonos e os associando às classes temáticas (**Figura 21**). O resultado da interpretação gráfica do mosaico deu origem ao “Mapa da distribuição de cobertura vegetal no distrito sede se Santa Maria em 1966”. Também foram acrescentados neste mapa os planos de informação referentes a divisão de bairros e regiões administrativas de 2011, com fins de comparação.

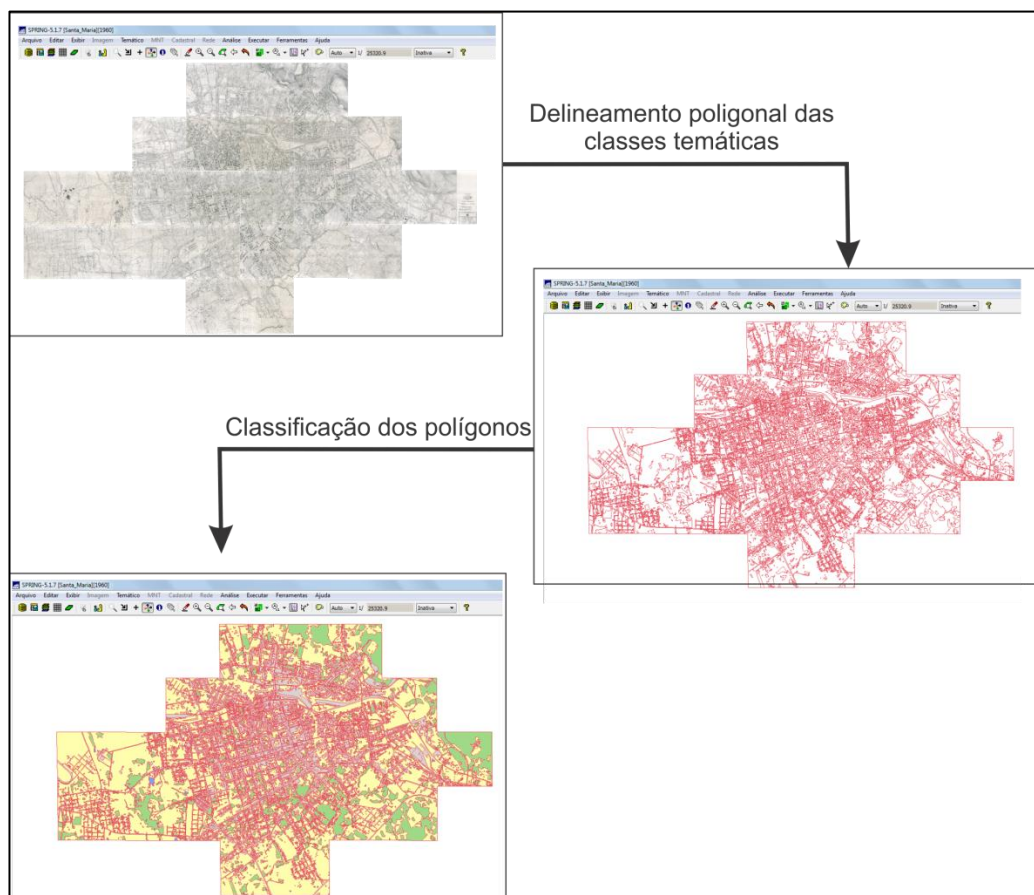


Figura 21. Processo de classificação do Mosaico de Plantas Cadastrais de 1966.

Fonte: elaborado pelo autor.

Cabe ressaltar que o conjunto de plantas cadastrais não possui o mesmo recobrimento obtido nas imagens de 1980 e 2011, visto até que em 1966 a área urbana de Santa Maria era mais reduzida e a elaboração das plantas foi feita mais próximo das áreas edificadas. Salienta-se ainda que, diferente da imagem de 2011 e do mosaico de fotografia aéreas de 1980, as plantas cadastrais foram desenhadas por outros mapeadores anteriormente a análise aqui realizada, o que pode ocasionar num menor detalhamento das classes de cobertura vegetal, haja vista inclusive que não é esse o foco principal dessas plantas, que apresenta um levantamento topográfico detalhado.

As medidas das classes de cada mapa foram tabeladas de acordo com a divisão de bairros e regiões administrativas de 2011, permitindo análises quantitativas de retração/expansão das classes mapeadas, principalmente entre os mapas de 1980 e 2011, com mesmo recobrimento de áreas mapeadas.

Para além da análise do total de hectares por classe de acordo com os bairros, buscou-se aprofundar a análise da distribuição dos fragmentos arbóreos em 1980 e 2011. Para isso, foram observadas e descritas as configurações da cobertura vegetal de acordo com os índices de porcentagem arborizada e a porcentagem de cobertura vegetal total de cada bairro e região administrativa.

3.1.2 Definição das unidades de paisagem

Buscou-se nesta etapa definir a dimensão espacial mais adequada para interpretar a paisagem urbana do município de acordo com a atual estrutura horizontal de cobertura vegetal. Sendo assim, baseando-se na abordagem geossistêmica de interpretação da paisagem, primeiramente definiu-se o Geossistema urbano como aquele contido dentro na delimitação urbana do distrito sede de Santa Maria, sendo que internamente a esse Geossistema passou-se a delimitar as diferentes Geofácies.

Como critérios para a sua delimitação considerou-se a configuração da estrutura horizontal de cobertura vegetal arbórea, classificada de acordo com Jim (1989) (**Figura 4**, p.25) e os padrões de urbanização associados à configuração de vegetação (em áreas densamente edificadas, às margens de canais de drenagem, em área de morros ou campos, entre outros). Acredita-se que estas características retratam os diferentes fluxos de matéria-energia-informação a que estas localidades estão inseridas.

De acordo com as observações da combinação dos critérios acima descritos, foram definidas 6 possíveis Geofácies encontradas dentro do Geossistema urbano: Geofácia de morros do rebordo; Geofácia de morros testemunhos; Geofácia de matas galerias; Geofácia de áreas mais densamente edificadas; Geofácia de áreas menos densamente edificadas; Geofácies de áreas rururbanas. Sendo assim, utilizando o banco de dados *software* Spring, essas 6

Geofácies passaram a ser delineadas a partir da digitalização poligonal em um plano de informação de um modelo de dados temático.

Delineadas as Geofácies, passou-se a analisar as informações geradas na etapa anterior, em que se identificou a cobertura vegetal de 2011, gerando a medida de classes, a porcentagem de cobertura vegetal total e arborizada e analisando a distribuição da cobertura vegetal, com base nessa nova base cartográfica, substituindo a base de bairros e regiões administrativas utilizadas anteriormente.

3.1.3 Seleção das áreas piloto

Conforme os objetivos definidos, após a análise da dinâmica da cobertura vegetal nas últimas décadas e da definição das unidades de paisagem passou-se a selecionar as áreas piloto inseridas dentro do Geossistema urbano, visando a análise ampliada da contribuição da cobertura vegetal na variabilidade térmica e na regulação hidrológica.

Buscou-se então, a seleção de quatro áreas piloto, situadas em diferentes Geofácies e conseqüentemente com distintas configurações da cobertura vegetal e padrões de urbanização. O tamanho das áreas-piloto variou entre aproximadamente 5 e 15 hectares, sendo a área piloto 1 (AP1) com um total de 5,36ha, a área piloto 2 (AP2) com 6,97ha, a área piloto 3 (AP3), a maior delas, com 14,51ha, e a área piloto 4 (AP4) com 10,61ha. Independente dos diferentes tamanhos a escala de análise de ambas as áreas piloto foi de 1:2.000.

Selecionadas as áreas, essas foram digitalizadas no banco de dados do software Spring, onde foi gerada uma classificação de uso e cobertura da terra detalhada, baseada na interpretação da imagem *Geoeye* de 2011, em complemento com a realização de visitas a campo junto às diferentes áreas-piloto.

Selecionadas as áreas piloto, passou-se a focar a pesquisa na investigação da contribuição da cobertura vegetal na qualidade ambiental local, analisando as funcionalidades térmica e hidrológica no conjunto da paisagem urbana e, em maior detalhe, junto às quatro áreas-piloto.

3.1.4 Análise da contribuição da vegetação na variabilidade térmica

A análise da variabilidade térmica iniciou pela revisão dos resultados obtidos em trabalhos já realizados na área urbana de Santa Maria, que discutem a questão do campo térmico urbano em nível meso e topoclimático. Sendo assim, revisaram-se os trabalhos de Saydelles (2005) e Costa (2009), como forma de embasar as análises da escala microclimática.

A partir daí, estruturou-se e realizaram-se as medições de temperatura a campo. Iniciou-se com a escolha da data e os horários de realização das medições, que foram baseadas nas condições de tempo semelhantes aos trabalhos já realizados em nível topo e mesoclimáticos, para que permitissem possíveis inferências das demais escalas de análise. Após isso, foi definida dentro de cada área-piloto, a localização de dez pontos para coleta horária dos dados térmicos. Foi definida também a equipe de trabalho, formada por membros do LAGED e demais pessoas dispostas a contribuir, onde foram formadas duplas para cada área. Cada membro da dupla ficou responsável por cinco pontos amostrais, medidos sob orientações de proteção contra a incidência solar direta e a influência de possíveis rajadas de vento. Foram utilizados termômetros digitais *Instrutherm*, modelo TE-400 (**Figura 22**), calibrados de acordo com o termômetro de alta precisão presente na Estação Meteorológica de Santa Maria.



Figura 22. Termômetros digitais modelo Instrutherm TE-400 utilizados na investigação.

Fonte: acervo do autor, 2012.

Após as medições a campo²⁶ junto às áreas-piloto, passou-se para a fase de elaboração dos mapeamentos e das análises dos campos térmicos. Para o mapeamento, os dados térmicos coletados na fase anterior foram lançados junto ao *software Surfer 8*, o qual permite a interpolação e a geração de mapas de isolinhas. Foram gerados cinco cartogramas do campo térmico (9h, 12h, 16h, 19h, 20:30h) para cada área selecionada. De acordo com os condicionantes geourbanos e geocológicos em nível topo e mesoclimático, as condições do campo térmico microclimático das áreas selecionadas foram analisadas centrando a discussão em torno da possível amenização térmica promovida pela presença da vegetação nestas áreas.

²⁶ Cabe ressaltar que a ideia inicial era realizar mais medições, sob outras condições de temperatura, mas dada a limitação de tempo, foi realizada a leitura em apenas um dia, embora isso não comprometa os resultados, já que o objetivo era o de comparar os pontos entre si e não as mudanças em um mesmo ponto entre uma condição climática e outra.

3.1.5 Análise da contribuição da vegetação na regulação hidrológica

Tal qual na análise em relação à variabilidade térmica, para a análise da regulação hidrológica nas áreas-piloto foram revisados e apresentados os resultados da pesquisa realizada por Alves *et al* (2011), que tratou da análise do escoamento superficial na paisagem urbana de Santa Maria como um todo.

Baseando-se na mesma estrutura metodológica aplicada pelos autores, buscou-se também para as áreas-piloto a aplicação do modelo hidrológico de precipitação-vazão *curve number*, para estimar a contribuição das áreas de cobertura vegetal na diminuição do potencial de escoamento superficial. Neste modelo, cada pixel da imagem tem um valor de potencial de escoamento superficial (que varia de 0 – uma superfície totalmente permeável; até 100 – uma superfície totalmente impermeável). Estes valores variam em função do tipo de solo e do uso e cobertura da terra, podendo-se desta forma calcular a contribuição de uma superfície de vegetação arbórea em relação aos demais usos dentro das áreas-piloto selecionadas.

Desta forma, como as áreas-piloto trabalham com uma escala mais detalhada, foi possível revisar os tabelamentos utilizados pelos autores e obter novas classes *curve number*, que refletiu num reenquadramento do uso e cobertura da terra das áreas-piloto de acordo com este tabelamento. As características naturais de solos foram importadas também do trabalho de Alves *et al* (2011), importadas junto ao banco de dados do *software* Spring. O cruzamento das informações de uso e cobertura da terra com as informações de características de solo, baseada no tabelamento *curve number*, foi realizada utilizando a interface Legal do *software* Spring, gerando para cada cruzamento de pixels um valor numérico referente a variável *curve number*. Este cruzamento resultou no mapa de escoamento superficial para cada área piloto, posteriormente exportado do *software* Spring e editado no *software* Corel Draw X5. Junto ao software gráfico, baseando-se em informações de declividade levantadas em campo junto às áreas-piloto, foram indicadas as setas de direção de escoamento superficial.

Os mapas de escoamento superficial de cada área-piloto gerados permitiram a interpretação da importância da cobertura vegetal na regulação hidrológica, possibilitando ainda a comparação entre as áreas-piloto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A cobertura vegetal e a dinâmica espaço-temporal na paisagem urbana de Santa Maria

4.1.1 A estrutura horizontal da vegetação nas últimas décadas (1966-2011)

Analisando o crescimento urbano de Santa Maria desde o princípio do seu povoamento (**Figura 23**), é possível observar que a estrutura horizontal viária da cidade aumentou e consequentemente se alterou muito até a atualidade.

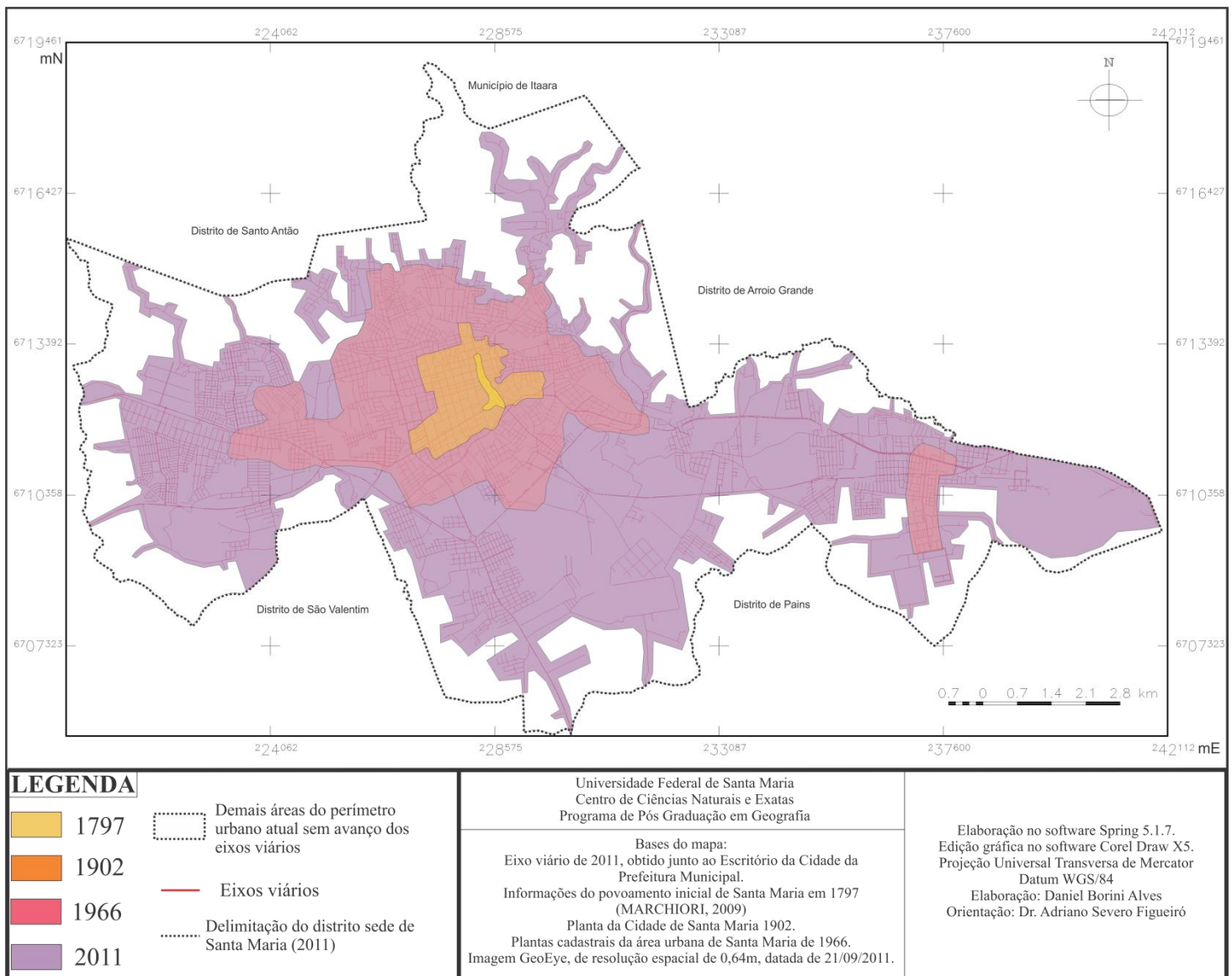


Figura 23. Projeção do crescimento da área urbana de Santa Maria na malha viária atual.

Fonte: elaborado pelo autor.

As manchas urbanas das diferentes datas delimitadas no mapa foram delineadas sobre a malha viária atual. Como bases para delimitação das áreas nas respectivas datas, utilizaram-se: as informações do povoamento inicial da cidade (MARCHIORI,2009) para 1797; a Planta da Cidade de Santa Maria para 1902; o mosaico de Plantas Cadastrais de 1966; e a imagem *Geoeye*, de alta resolução espacial, para 2011. Na mancha de 2011, estão incorporadas algumas áreas que não apresentam grandes avanços dos espaços construídos, pois junto à análise da imagem utilizou-se como critério para definição da mancha de crescimento urbano o limite de influência da rede viária e os espaços inseridos dentro dessa rede.

Observando o mapa, identifica-se que o avanço urbano se espalhou nas diferentes direções em relação ao acampamento inicial, construído por volta de 1797, principalmente nos eixos leste, oeste e sul, muito em função da barreira geomorfológica a norte, com o rebordo do planalto. Em 1902, já passados mais de cem anos do acampamento inicial, o avanço já alcançava grande parte dos atuais bairros centrais da cidade. O retrato do centro da cidade em 1905 (**Figura 24**), que apresenta a Praça Saldanha Marinho e os arredores da Rua do Acampamento, possibilita observar que nesta data o avanço das áreas edificadas ainda continha uma quantidade significativa de espaços verdes.



Figura 24. Praça Saldanha Marinho e arredores da Rua do Acampamento no centro de Santa Maria em 1905.

Fonte: Disponível em

<http://tc.v14.cache8.c.bigcache.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/4961781.jpg?ms=au&mt=1337716817&cms_redirect=yes&redirect_counter=2>. Acesso em 15 de março de 2012.

Após isso, passados mais sessenta e quatro anos, em 1966 observa-se claramente o avanço em passos mais acelerados, já configurando alguns bairros a norte e oeste, com um princípio de avanço a leste. Apesar de não constar nas Plantas Cadastrais analisadas, a atual zona leste do perímetro urbano já contava com a instalação da UFSM, desde 1960, e já passava a atrair o crescimento daquela zona da cidade, com pouco avanço dos eixos viários. Inclusive anteriormente à instalação da UFSM, já existia também uma pequena estação de embarque e desembarque da via férrea nessa área, que já refletia no aparecimento de algumas edificações associadas a pequenas comunidades agrícolas.

Já em 2011, passados mais quarenta e cinco anos, se pode observar que a tendência apresentada em 1966 prosseguiu nas décadas seguintes. O adensamento populacional, além de tornar a cidade mais verticalizada principalmente no centro urbano, também passou a ocupar uma série de espaços periféricos, que configuram uma série de bairros a oeste, leste, sul e de forma mais reduzida ao norte.

É importante destacar que para além do avanço da estrutura horizontal ao longo dos anos, o adensamento populacional também ampliou o avanço das edificações nas áreas anteriormente ocupadas, refletindo numa diminuição significativa dos espaços livres da cidade, principalmente nas suas zonas mais centrais.

Neste contexto, datadas de 1966, as Plantas Cadastrais permitem interpretar a distribuição dos principais fragmentos arbóreos situados na sua área de cobertura das plantas, bem como parte do avanço dos espaços construídos. A partir dessas análises, foi gerado o mapa de distribuição da cobertura vegetal da área urbana de Santa Maria em 1966 (**Figura 25**), dividido em quatro classes: os espaços construídos, as áreas de cobertura vegetal arbórea, as áreas de cobertura vegetal herbácea e arbustiva e a rede de drenagem.

A **Tabela 4** mostra a distribuição dessas classes baseado nas unidades de bairros e regiões administrativas vigentes atualmente, visando facilitar a compreensão da dinâmica de distribuição da cobertura vegetal nas últimas décadas. Como há áreas não abrangidas pelas Plantas Cadastrais baseando-se na estrutura de bairros atual, foi incluída na tabela, junto às colunas de classes temáticas, uma classe denominada “Sem informações”.

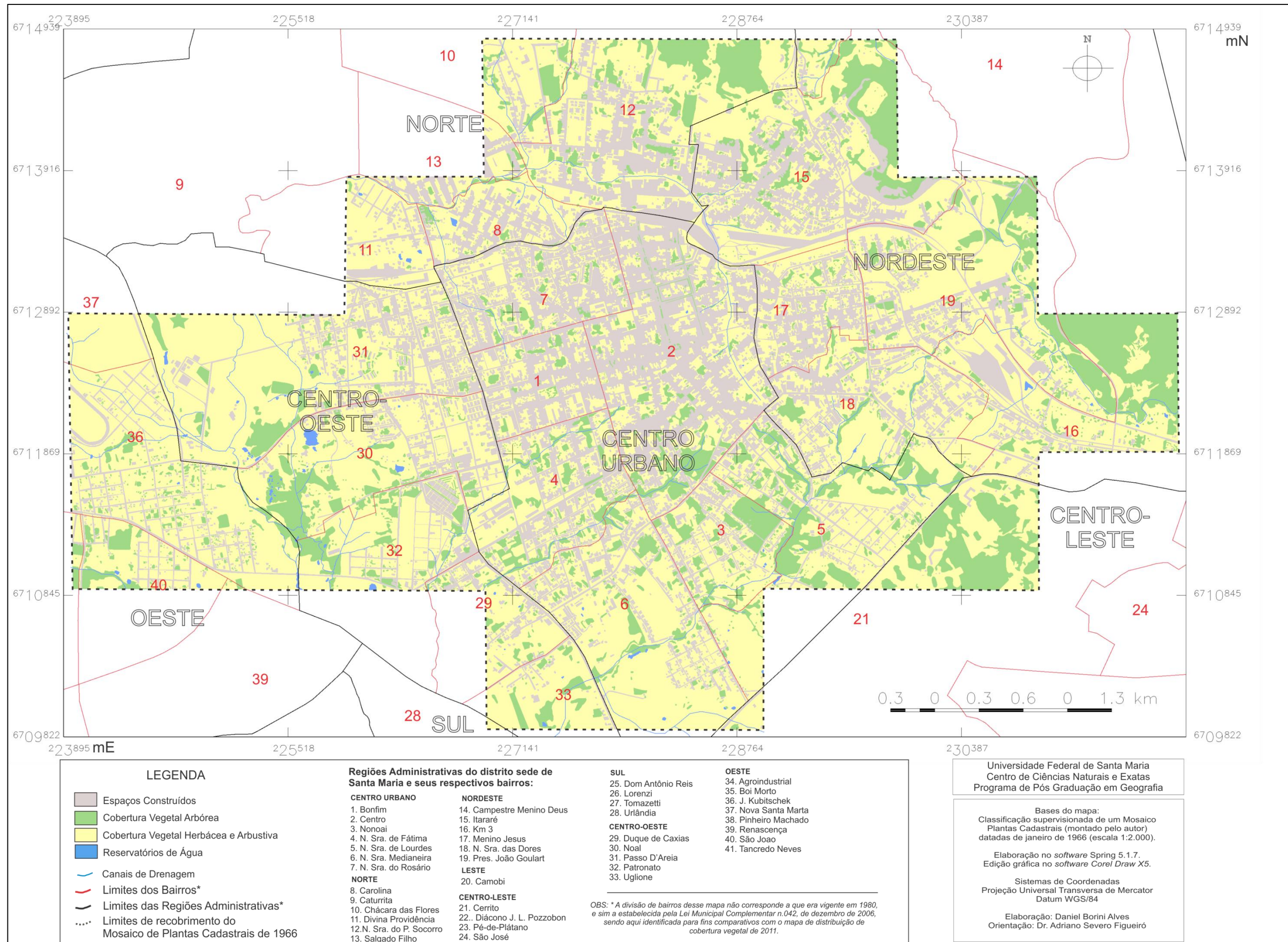


Figura 25. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria em 1966.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4. Dados de uso e cobertura da terra por unidades de bairros nas Plantas Cadastrais de 1966.

RAs	Bairro	Área total (ha)	Uso e cobertura da terra									
			EC		CVA		CVHA		RD		S/Info	
			(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
CENTRO URBANO	Bonfim	55,46	32,63	58,84	3,05	5,50	19,78	35,67	-	-	-	-
	Centro	190,44	106,5	55,92	19,57	10,28	64,16	33,69	0,21	0,11	-	-
	Nonoai	60,91	12,29	20,18	17,03	27,96	31,27	51,34	0,32	0,53	-	-
	N. Sra. de Fátima	91,48	30,85	33,72	13,68	14,95	46,63	50,97	0,32	0,35	-	-
	N. Sra. de Lourdes	162,34	16,54	10,19	32,58	20,07	87,66	54,00	0,50	0,31	25,06	15,44
	N. Sra. Medianeira	162,12	23,67	14,60	13,72	8,46	107,55	66,34	0,91	0,56	16,27	10,04
	N. Sra. do Rosário	84,77	45,4	53,56	5,12	6,04	34,06	40,18	0,19	0,22	-	-
TOTAL	807,52	267,88	33,17	104,75	12,97	391,11	48,43	2,45	0,30	41,33	5,12	
NORTE	Carolina	46,63	18,04	38,69	2,05	4,40	26,1	55,97	0,44	0,94	-	-
	Caturrita	339,09	-	-	-	-	-	-	-	-	339,09	100
	Chácara das Flores	225,8	5,49	2,43	6,83	3,02	26,44	11,71	0,97	0,43	186,07	82,40
	Divina Providência	81,95	9,72	11,86	0,21	0,26	31,12	37,97	0,58	0,71	40,32	49,20
	N. Sra. do Perp. Socorro	458,61	47,05	10,26	34,81	7,59	82,87	18,07	0,71	0,15	293,17	63,93
	Salgado Filho	76,56	8,49	11,09	1,32	1,72	11,49	15,01	0,71	0,93	54,55	71,25
TOTAL	889,55	88,79	6,92	45,22	3,53	178,02	13,88	3,41	0,27	967,20	75,41	
NORDESTE	Campestre Menino Deus	1089,78	29,05	2,67	34,81	3,19	82,87	7,60	3,24	0,30	939,81	86,24
	Itararé	222,41	66,13	29,73	38,01	17,09	88,01	39,57	0,09	0,04	30,17	13,57
	Km 3	377,73	18,75	4,96	42,66	11,29	61,79	16,36	0,77	0,20	253,76	67,18
	Menino Jesus	58,13	28,36	48,79	2,47	4,25	27,3	46,96	-	-	-	-
	Nossa Sra. das Dores	112,37	30,61	27,24	8,53	7,59	73,00	64,96	0,23	0,20	-	-
Pres. Joao Goulart	178,06	29,88	16,78	30,24	16,98	97,68	54,86	1,01	0,57	19,25	10,81	
TOTAL	2038,48	202,78	9,95	156,72	7,69	430,65	21,13	61,44	3,01	1186,89	58,22	
LESTE	Camobi	2040,29	-	-	-	-	-	-	-	-	2040,29	100
TOTAL	2040,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2040,29	100
CENTRO-LESTE	Cerrito	462,13	2,88	0,62	37,23	8,06	38,38	8,31	0,21	0,05	383,43	82,97
	João Luiz Pozzobon	775,23	-	-	-	-	-	-	-	-	775,23	100
	Pé-de-Plátano	411,60	-	-	-	-	-	-	-	-	411,60	100
	São José	466	-	-	-	-	-	-	-	-	466	100
TOTAL	2114,96	2,88	0,14	37,23	1,76	38,38	1,81	0,21	0,01	2036,26	96,28	
SUL	Dom Antônio Reis	62,42	-	-	-	-	-	-	-	-	62,42	100
	Lorenzi	484,73	-	-	-	-	-	-	-	-	484,73	100
	Tomazetti	585,44	-	-	-	-	-	-	-	-	585,44	100
	Urlândia	273,88	-	-	-	-	-	-	-	-	273,88	100
TOTAL	1406,47	-	-	-	-	-	-	-	-	1406,47	100	
CENTRO-OESTE	Duque de Caxias	65,8	8,65	13,15	2,97	4,51	25,57	38,86	0,35	0,53	28,26	42,95
	Noal	124	19,71	15,90	18,92	15,26	83,38	67,24	1,99	1,60	-	-
	Passo D'Areia	265,37	37,73	14,22	15,36	5,79	141,69	53,39	4,02	1,51	66,57	25,09
	Patronato	118,32	13,3	11,24	12,26	10,36	50,38	42,58	0,6	0,51	41,78	35,31
	Uglione	67,79	3,25	4,79	6,31	9,31	31,14	45,94	0,26	0,38	26,83	39,58
TOTAL	641,28	82,64	12,89	55,82	8,70	332,16	51,80	7,22	1,13	163,44	25,49	
OESTE	Agroindustrial	651,18	-	-	-	-	-	-	-	-	651,18	100
	Boi Morto	583,82	-	-	-	-	-	-	-	-	583,82	100
	Juscelino Kubitschek	247,98	20,8	8,39	9,63	3,88	111,53	44,98	1,01	0,41	105,01	42,35
	Nova Santa Marta	207,4	0,43	0,21	1,26	0,61	21,28	10,26	-	-	184,43	88,92
	Pinheiro Machado	356,34	-	-	-	-	-	-	-	-	356,34	100
	Renascença	141,86	-	-	-	-	-	-	-	-	141,86	100
	São João	85,17	4,23	4,97	6,98	8,20	26	30,53	0,18	0,21	47,78	56,10
Tancredo Neves	340,41	-	-	-	-	-	-	-	-	340,41	100	
TOTAL	2614,16	25,46	0,97	17,87	0,68	158,81	6,07	1,19	0,05	2410,83	92,22	
TODAS	TOTAL	12945,8	670,43	5,18	417,61	3,23	1529,13	11,81	19,82	0,15	10308,81	79,63

RAs=Regiões Administrativas; EC= Espaços Construídos; CVA= Cobertura Vegetal Arbórea; CVHA= Cobertura Vegetal Herbácea ou Arbustiva; RD= Rede de Drenagem; S/Info= Sem Informações. Para cada classe indica-se a área ocupada (ha) e a proporção de área ocupada (%) em relação à área total dos bairros.

Fonte: elaborado pelo autor.

O mapa apresenta o espalhamento das zonas edificadas, espacializadas junto à classe de espaços construídos, revelando a distribuição da cobertura vegetal e suas diferentes formas de configuração. Dá área total mapeada de acordo com o recobrimento das Plantas Cadastrais de 1966, que corresponde a aproximadamente 2.637ha, cerca de 25% referem-se a classe de espaços construídos, menos de 1% ocupado pela rede de drenagem e os reservatórios de água, e os demais 74% estão divididos entre as classes de cobertura vegetal (herbácea e arbustiva 58% e arbórea 16%). É importante ainda destacar que como não era o objetivo principal das Plantas Cadastrais registrar os espaços de predomínio de cobertura vegetal arbórea, estes acabaram tendo apenas os seus fragmentos maiores e mais significativos mapeados. Não obstante a esse fator, acredita-se que se pode fazer um bom aproveitamento dessas informações, principalmente observando a contraposição “Espaços Construídos x Cobertura Vegetal”, visto que as demais áreas de vegetação arbórea não consideradas na classe “Cobertura Vegetal Arbórea” acabam inseridas junto a classe de “Cobertura Vegetal Herbácea e Arbustiva”.

Nestas condições, observa-se que em 1966 o maior adensamento de edificações já se apresenta nos bairros mais centrais da cidade (**Figura 26**), enquanto os fragmentos significativos de vegetação arbórea estão principalmente associados às matas galerias dos arroios ou ao sopé dos morros do rebordo e dos morros testemunhos.

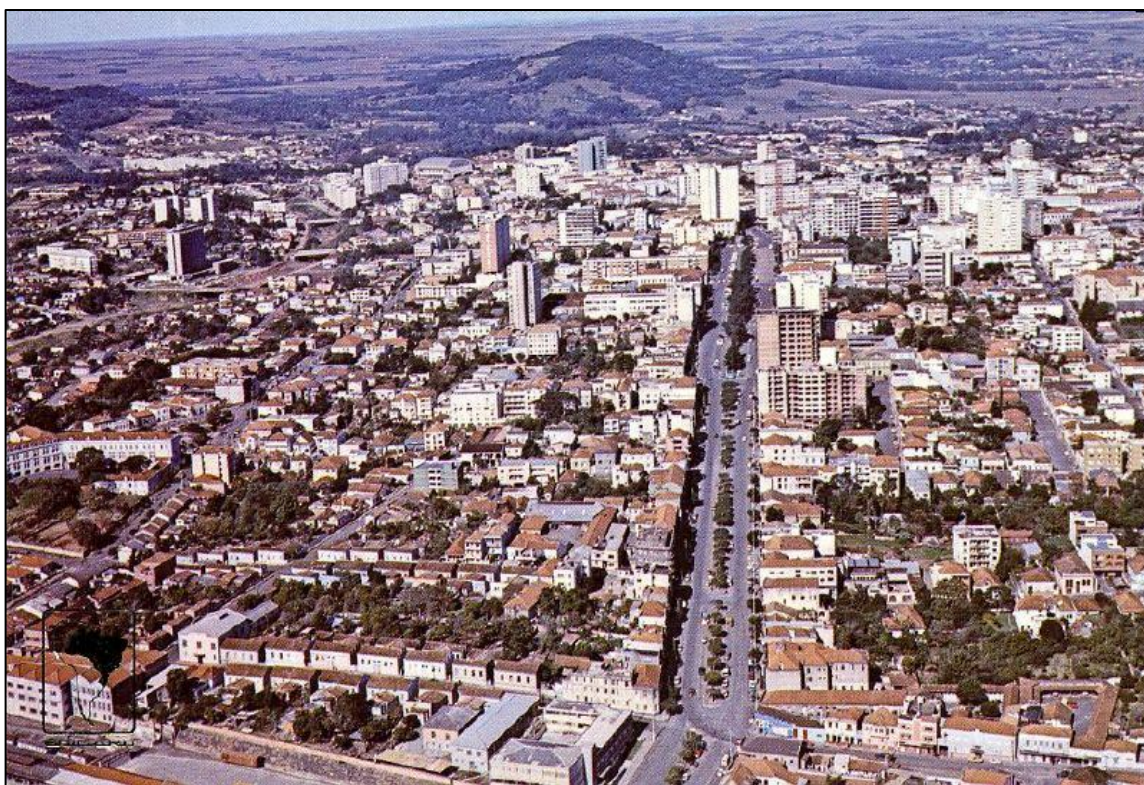


Figura 26. Arredores da Av. Rio Branco no centro urbano de Santa Maria em 1972.

Fonte: Disponível em < <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=436790>>. Acesso em 15 de março de 2012.

Considerando as unidades de bairros e Regiões Administrativas vigentes na atualidade, descritas na tabela, observa-se que o recobrimento das Plantas Cadastrais envolve completamente nove bairros (Bonfim, Centro, Nonoai, N. Sra. de Fátima, N. Sra. do Rosário, Carolina, Menino Jesus, N. Sra. das Dores e Noal) e, no mínimo, 75% de recobrimento de outros quatro bairros (N. Sra. de Lourdes, N. Sra. Medianeira, Itararé, Pres. João Goulart). Esses 13 bairros estão contidos na sua maioria na Região Administrativa do Centro Urbano (todos os 7 bairros da região), outros quatro na Região Administrativa Nordeste, um na Região Administrativa Norte e um na Região Centro-Oeste.

Na Região Administrativa do Centro Urbano, de recobrimento quase total das Plantas Cadastrais de 1966, observa-se que o percentual total da classe de “Espaços Construídos” representa cerca de 33% do total da área o que demonstra que apesar do adensamento das edificações, os espaços livres nessa área ainda eram bem presentes. As classes de cobertura vegetal, que juntas totalizam cerca de 61% da área total da Região Administrativa, são representativas na área, sendo o espalhamento dos agrupamentos de vegetação arbóreas mais associados às matas galerias junto aos canais de drenagem ainda presentes, enquanto as áreas de cobertura vegetal herbácea e arbustivas relacionadas a lotes baldios e presença de pátios. Os bairros Bonfim, Centro e Nossa Senhora do Rosário são os que apresentam os maiores índices de espaços construídos, respectivamente com 58,84%, 55,92% e 53,56%. Em contrapartida, os bairros Nossa Senhora da Medianeira, Nossa Senhora de Lourdes e Nonoai são os que apresentam os maiores índices de cobertura vegetal.

Nas Regiões Administrativas Centro-Oeste e Oeste, observa-se uma diminuição do adensamento de edificações, com destaque para os canais de drenagem do Arroio Cadena, que apresentam uma boa configuração de fragmentos arbóreas em sua mata galeria. A Região Centro-Oeste possui aproximadamente 75% do recobrimento nas Plantas Cadastrais, estando dentro dessa porcentagem apenas cerca de 13% associadas a espaços construídos. Na Região Oeste, três dos oito bairros possuem informações parciais, mas que denotam também essa diminuição do adensamento de edificações.

As Regiões Administrativas Nordeste e Norte apresentam áreas que marcam a transição de espaços de maior adensamento de edificações para áreas de menor adensamento, e que dão acesso à região de morros do rebordo. A Região Administrativa Nordeste possui cerca de 42% de recobrimento nas Plantas Cadastrais, retratando essa transição das áreas mais edificadas dos bairros mais centrais da cidade. Os espaços construídos ocupam cerca de 10% dessa área, outros 28% estão associados à cobertura vegetal, sendo a vegetação de porte arbóreo com seus fragmentos maiores e mais significativos localizados nos sopés dos morros

do rebordo que aparecem nas Plantas Cadastrais. A Região Administrativa Norte tem pouco recobrimento nas Plantas Cadastrais, cerca de 25%, apresentando um quadro semelhante ao apresentado na Região Nordeste.

A Região Administrativa Centro-Leste tem uma pequena área de recobrimento nas plantas cadastrais, cerca de 4%, mas traz informações pertinentes ao apresentar parte do bairro Cerrito, com fragmentos grandes e de boa conectividade nos Morro do Cerrito. As demais Regiões Administrativas, Leste e Sul, não possuem recobrimento das Plantas Cadastrais de 1966.

Esse panorama distributivo de classes temáticas foi se alterando com o passar dos anos, com o adensamento populacional e conseqüentemente com o crescimento da cidade. Neste contexto, com base na classificação dos mosaicos de fotografias aéreas de 1980 foi possível gerar o “Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal no Distrito Sede de Santa Maria (1980)” (**Figura 27**). A partir do mosaico dessas fotografias aéreas, foram geradas informações de todo o recobrimento de bairros e regiões administrativas do distrito sede da área urbana de Santa Maria na atualidade (**Tabela 5**).

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO DISTRITO SEDE DE SANTA MARIA (1980)

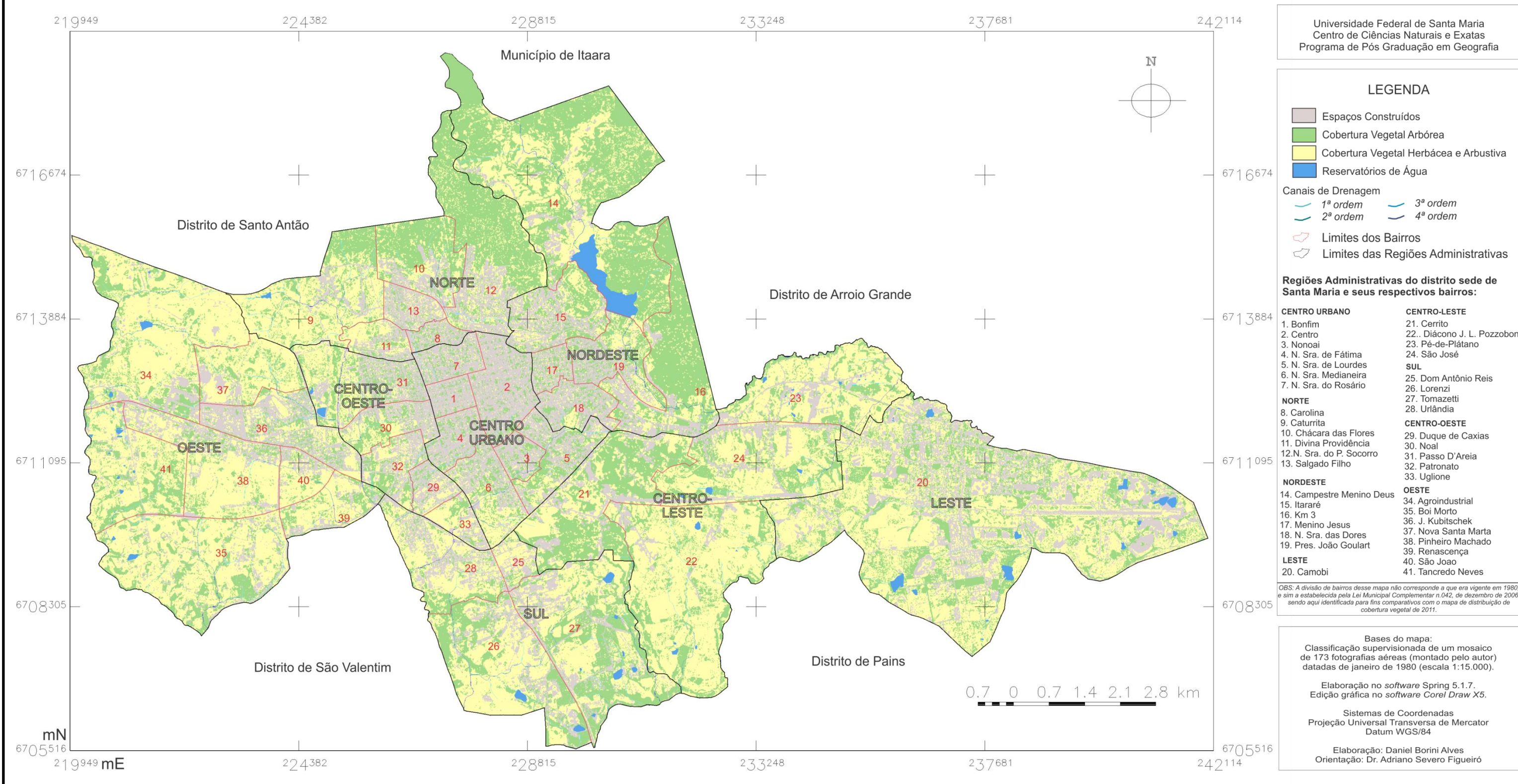


Figura 27. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana (Distrito Sede) de Santa Maria em 1980.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 5. Dados de uso e cobertura da terra por unidades de bairros da área urbana em 1980.

RAs	Bairro	Área total (ha)	Uso e cobertura da terra							
			EC		CVA		CVHA		RD	
			(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
CENTRO URBANO	Bonfim	55,46	37,91	68,36	13,83	24,94	3,72	6,71	0,00	0,00
	Centro	190,44	131,44	69,02	46,70	24,52	12,11	6,36	0,19	0,10
	Nonoai	60,91	30,64	50,30	22,81	37,45	7,22	11,85	0,24	0,39
	Nossa Sra. de Fátima	91,48	53,68	58,68	30,12	32,93	7,36	8,05	0,32	0,35
	Nossa Sra. de Lourdes	162,34	65,21	40,17	66,32	40,85	30,41	18,73	0,41	0,25
	Nossa Sra. Medianeira	162,12	50,56	31,19	54,40	33,56	56,58	34,90	0,58	0,36
	Nossa Sra. do Rosário	84,77	55,77	65,79	21,33	25,16	7,49	8,84	0,18	0,21
	TOTAL	807,52	425,21	52,66	255,51	31,64	124,89	15,47	1,92	0,24
NORTE	Carolina	46,63	25,35	54,36	15,79	33,86	5,26	11,28	0,23	0,49
	Caturrita	393,09	23,52	5,98	133,57	33,98	232,17	59,06	3,82	0,97
	Chácara das Flores	225,8	36,93	16,36	136,13	60,29	51,77	22,93	0,97	0,43
	Divina Providência	81,95	21,41	26,13	22,33	27,25	37,85	46,19	0,36	0,44
	Nossa Sra. do Perpétuo Socorro	458,61	74,03	16,14	306,08	66,74	77,79	16,96	0,71	0,15
	Salgado Filho	76,56	40,73	53,20	17,05	22,27	18,61	24,31	0,17	0,22
	TOTAL	1282,64	221,97	17,31	630,94	49,19	423,45	33,01	6,26	0,49
NORDESTE	Campestre Menino Deus	1089,78	32,17	2,95	687,96	63,13	310,31	28,47	59,34	5,45
	Itararé	222,41	69,03	31,04	102,02	45,87	51,27	23,05	0,09	0,04
	Km 3	377,73	59,33	15,71	261,85	69,32	55,99	14,82	0,56	0,15
	Menino Jesus	58,13	32,54	55,98	18,83	32,39	6,76	11,63	0,00	0,00
	Nossa Sra. das Dores	112,37	62,14	55,30	32,39	28,82	17,66	15,72	0,18	0,16
	Pres. Joao Goulart	178,06	58,32	32,75	74,40	41,78	44,35	24,91	0,99	0,56
	TOTAL	2038,48	313,53	15,38	1177,45	57,76	486,34	23,86	61,16	3,00
LESTE	Camobi	2040,29	392,50	19,24	632,97	31,02	988,11	48,43	26,71	1,31
	TOTAL	2040,29	392,50	19,24	632,97	31,02	988,11	48,43	26,71	1,31
CENTRO-LESTE	Cerrito	462,13	63,34	13,71	261,54	56,59	136,84	29,61	0,41	0,09
	Diácono João Luiz Pozzobon	775,23	21,72	2,80	225,89	29,14	522,74	67,43	4,88	0,63
	Pé-de-Plátano	411,60	45,24	10,99	115,35	28,02	247,61	60,16	3,4	0,83
	São José	466	69,28	14,87	158,60	34,03	234,88	50,40	3,24	0,70
	TOTAL	2114,96	199,58	9,44	761,38	36,00	1142,07	54,00	11,93	0,56
SUL	Dom Antônio Reis	62,42	12,82	20,54	15,31	24,53	34,12	54,66	0,17	0,27
	Lorenzi	484,73	63,41	13,08	163,42	33,71	250,65	51,71	7,25	1,50
	Tomazetti	585,44	85,72	14,64	239,81	40,96	250,70	42,82	9,21	1,57
	Urlândia	273,88	58,75	21,45	78,26	28,57	135,56	49,50	1,31	0,48
	TOTAL	1406,47	220,70	15,69	496,80	35,32	671,03	47,71	17,94	1,28
CENTRO-OESTE	Duque de Caxias	65,8	29,03	44,12	15,51	23,57	20,96	31,85	0,3	0,46
	Noal	124	39,17	31,59	45,08	36,35	39,34	31,73	0,41	0,33
	Passo D'Areia	265,37	69,28	26,11	95,93	36,15	96,75	36,46	3,41	1,28
	Patronato	118,32	37,34	31,56	44,68	37,76	36,06	30,48	0,24	0,20
	Uglione	67,79	16,89	24,92	19,41	28,63	31,32	46,20	0,17	0,25
	TOTAL	641,28	191,71	29,89	220,61	34,40	224,43	35,00	4,53	0,71
OESTE	Agroindustrial	651,18	45,38	6,97	141,36	21,71	457,47	70,25	6,97	1,07
	Boi Morto	583,82	44,60	7,64	173,17	29,66	361,76	61,96	4,29	0,73
	Juscelino Kubitschek	247,98	113,08	45,60	61,42	24,77	72,70	29,32	0,78	0,31
	Nova Santa Marta	207,4	27,46	13,24	46,20	22,28	132,96	64,11	0,78	0,38
	Pinheiro Machado	356,34	61,70	17,31	77,13	21,65	217,16	60,94	0,35	0,10
	Renascença	141,86	17,65	12,44	43,80	30,88	79,74	56,21	0,67	0,47
	São João	85,17	15,10	17,73	17,75	20,84	52,09	61,16	0,23	0,27
	Tancredo Neves	340,41	19,60	5,76	118,60	34,84	198,20	58,22	4,01	1,18
	TOTAL	2614,16	344,57	13,18	679,43	25,99	1572,08	60,14	18,08	0,69
TODAS	TOTAL	12945,8	2309,77	17,84	4855,10	37,50	5632,4	43,51	148,53	1,15

RA=Regiões Administrativas; EC= Espaços Construídos; CVA= Cobertura Vegetal Arbórea; CVHA= Cobertura Vegetal Herbácea ou Arbustiva; RD= Rede de Drenagem. Para cada classe indica-se a área ocupada (ha) e a proporção de área ocupada (%) em relação à área total dos bairros.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com uma maior área de recobrimento em relação ao mapa gerado a partir das Plantas Cadastrais de 1966, o mosaico de fotografias aéreas permite melhor adequação à divisão de Regiões Administrativas e unidades de bairros da atualidade. A classificação das fotografias aéreas permitiu nesse caso uma boa diferenciação entre as classes de Cobertura Vegetal Herbácea e Arbustiva e Cobertura Vegetal Arbórea.

Analisando o mapa de forma geral, observa-se que apesar de haver uma nítida concentração do adensamento das edificações na zona central da cidade, o avanço dos espaços construídos é notório em diversas frentes a leste, oeste, sul, e norte. A configuração da cobertura vegetal arbórea na cidade apresenta fragmentos grandes e conexos associados aos morros do rebordo e aos morros-testemunho a centro-leste, fragmentos lineares associados ainda a matas galerias nos canais de drenagem, ou ainda pequenos fragmentos arbóreos inseridos junto às áreas mais edificadas.

Na Região Administrativa Centro Urbano, que em 1966 apresentava cerca de 33% na classe de “Espaços construídos”, em 1980 o índice cresceu e foi de aproximadamente 53%, revelando o aumento do adensamento de edificações nos bairros centrais. Neste ponto destacam-se os bairros Bonfim e Centro, com aproximadamente 70% de áreas edificadas. Observando a distribuição da cobertura vegetal nessa área, analisa-se que mesmo com o adensamento é possível perceber uma série de fragmentos de vegetação arbórea, configurados de forma isolada. Os bairros Nossa Senhora de Lourdes e Nossa Senhora Medianeira são os dois bairros que elevam os índices de cobertura vegetal dessa região, apresentando, respectivamente, 40,85% e 33,56% de cobertura vegetal arbórea, e 18,73% e 34,90% de cobertura vegetal herbácea e arbustiva.

A Região Administrativa Norte já apresentava em 1980 a formação de alguns bairros com avanço das áreas edificadas, apesar de contar apenas com 17,81% de sua área incluída na classe de espaços construídos. Isso ocorre muito em função de parte desses bairros apresentarem extensas áreas de cobertura vegetal arbórea associadas às áreas de APP na encosta da serra geral, como no caso dos bairros Chácara das Flores e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, com índices de 60,29% e 66,74% de cobertura vegetal arbórea. Os bairros Carolina e Salgado Filho são os dois que apresentam os maiores índices de espaços construídos, superiores a 50% de suas áreas, enquanto o bairro Caturrita é o que mais apresenta áreas com predomínio de vegetação herbácea e arbustiva, concentrando nessa classe cerca de 60% de sua área.

Na Região Nordeste alguns bairros também possuem áreas junto à encosta da serra geral, tais como o bairro Campestre Menino Deus, o Km3 e, também, o bairro Itararé, em contato com o morro testemunho Cechela, que tornaram o índice de cobertura vegetal arbórea do bairro bem alto (aproximadamente 49%). Bairros como o Menino Jesus e o Nossa Senhora

das Dores apresentaram altos índices de espaços construídos, cerca de 55%, que estão situados entre os bairros mais centrais e extremos a nordeste da cidade, denotando essa transição de áreas mais densamente edificadas para espaços pouco densamente edificadas.

Na Região Centro-Leste, observa-se no mapa que o avanço dos espaços construídos ainda é bem pequeno, com os fragmentos de vegetação arbórea dos morros testemunhos Cerrito e Mariano Rocha como os mais expressivos. As demais áreas ainda apresentam alto grau de cobertura vegetal herbácea e arbustiva, estando em alguns espaços associados a atividades agrícolas. A representatividade do Bairro Cerrito para o aumento do índice de cobertura vegetal arbórea da Região Administrativa Centro-Leste é visível no momento em que se percebe que este é o único que apresenta índice superior a 50%, enquanto os demais bairros apresentam índice inferior a 35%.

As Regiões Administrativas Leste e Oeste apresentam panoramas semelhantes em relação às classes temáticas predominantes. Ambas retratam um avanço das áreas edificadas, ainda não muito adensado, que se configuram junto a áreas de cobertura vegetal em sua grande maioria de porte herbáceo e arbustivo, com a presença de fragmentos arbóreos mais expressivos relacionados às matas galerias junto aos canais de drenagem. Em direção a Região Administrativa Oeste, destaca-se o aumento do adensamento de edificações do bairro Juscelino Kubitschek, com a criação do conjunto habitacional Santa Marta. O atual bairro Tancredo Neves ainda não contava com o seu conjunto habitacional, apresentando altos índices de cobertura vegetal (aproximadamente 93%).

Na Região Administrativa Centro-Oeste também se observa um maior avanço das áreas edificadas em relação ao que foi observado em 1966, estando as áreas de cobertura vegetal arbórea associadas às margens do Arroio Cadena e seus tributários. Os espaços construídos já representam cerca de 30% da região, enquanto a cobertura vegetal ocupa cerca de 69% da área.

Na Região Administrativa Sul há pouco avanço das áreas edificadas, que representam valor inferior a 10% com relação à área total da região. Há fragmentos de vegetação arbórea bem configurados, grandes e conexos próximos aos canais de drenagem e nos seus arredores. O espaço de recobrimento de cobertura vegetal corresponde a cerca de 83% da área.

O avanço das áreas edificadas e a continuidade do processo de diminuição da cobertura vegetal da área urbana de Santa Maria podem ser observados junto a imagem *Geoeye* de alta resolução espacial de 2011, classificados junto ao “Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal no Distrito Sede de Santa Maria (2011)” (**Figura 28**). Com base nesse mapa também foi possível gerar as medidas de classes por unidades de bairro e regiões administrativas (**Tabela 6**).

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO DISTRITO SEDE DE SANTA MARIA (2011)

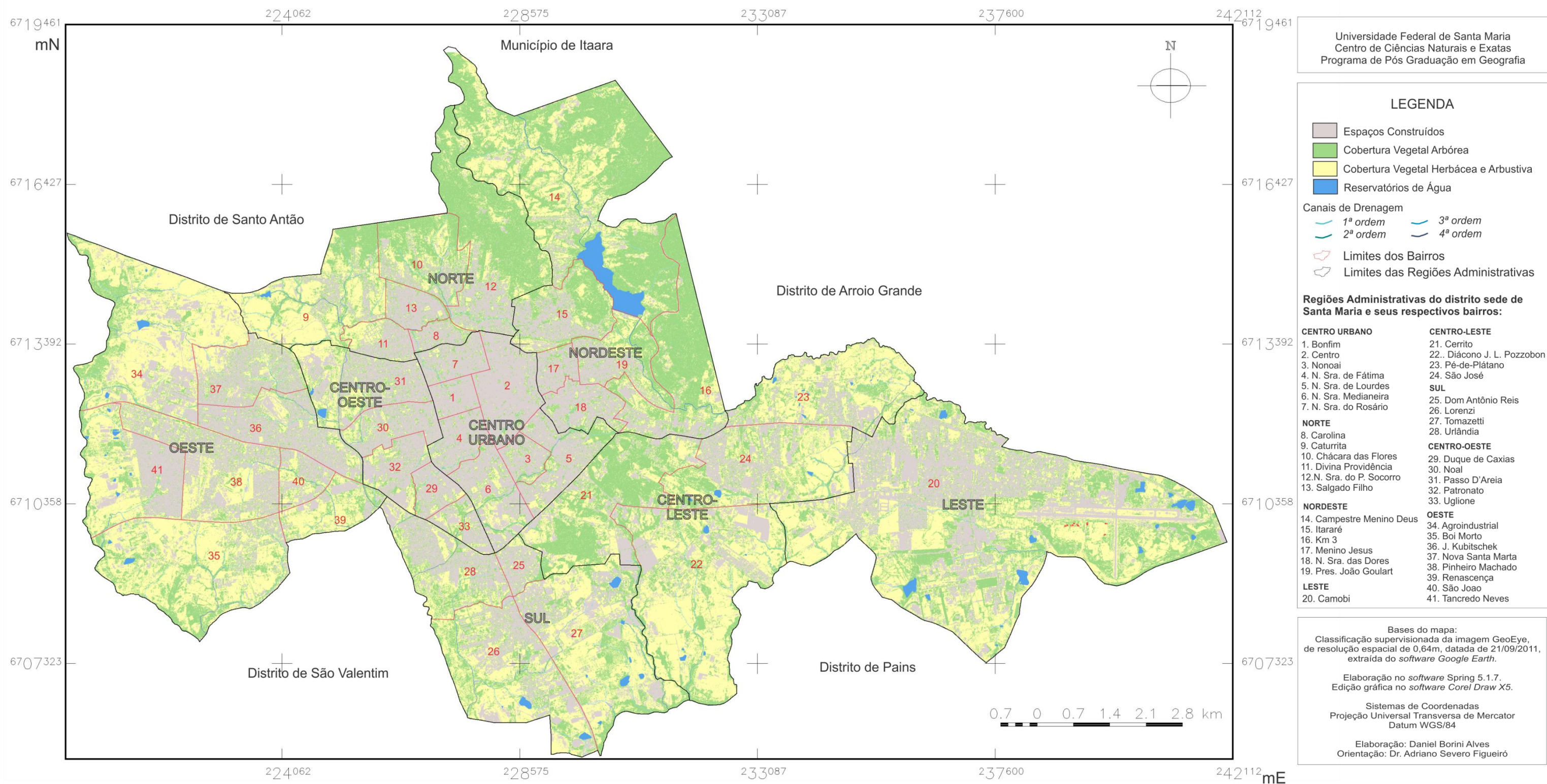


Figura 28. Mapa de distribuição da cobertura vegetal na área urbana (Distrito Sede) de Santa Maria em 2011.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 6. Dados de uso e cobertura da terra e dos fragmentos de vegetação por bairros da área urbana em 2011.

RAs	Bairro	Área total (ha)	Uso e cobertura da terra							
			EC		CVA		CVHA		RD	
			(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
CENTRO URBANO	Bonfim	55,46	48,01	86,57	5,55	10,01	1,90	3,43	0,00	0,00
	Centro	190,44	164,26	86,25	19,09	10,02	6,9	3,62	0,19	0,10
	Nonoai	60,91	41,08	67,44	13,21	21,69	6,38	10,47	0,24	0,39
	Nossa Sra. de Fátima	91,48	71,05	77,67	14,01	15,31	6,1	6,67	0,32	0,35
	Nossa Sra. de Lourdes	162,34	100,05	61,63	40,39	24,88	21,49	13,24	0,41	0,25
	Nossa Sra. Medianeira	162,12	99,43	61,33	30,82	19,01	31,29	19,30	0,58	0,36
	Nossa Sra. do Rosário	84,77	65,65	77,44	12,91	15,23	6,03	7,11	0,18	0,21
	TOTAL	807,52	589,53	73,01	135,98	16,84	80,09	9,92	1,92	0,24
NORTE	Carolina	46,63	29,91	64,14	11,51	24,68	4,98	10,68	0,23	0,49
	Caturrita	393,09	46,54	11,84	130,25	33,13	212,48	54,05	3,82	0,97
	Chácara das Flores	225,8	44,77	19,83	119,44	52,90	60,62	26,85	0,97	0,43
	Divina Providência	81,95	41,56	50,71	16,23	19,80	23,8	29,04	0,36	0,44
	Nossa Sra. do Perpétuo Socorro	458,61	78,42	17,10	304,82	66,47	74,66	16,28	0,71	0,15
	Salgado Filho	76,56	53,54	69,93	14,95	19,53	7,90	10,32	0,17	0,22
	TOTAL	1282,64	294,74	22,98	597,2	46,56	384,44	29,97	6,26	0,49
NORDESTE	Campestre Menino Deus	1089,78	53,87	4,94	650,34	59,68	326,23	29,94	59,34	5,45
	Itararé	222,41	78,2	35,16	101,16	45,48	42,96	19,32	0,09	0,04
	Km 3	377,73	61,16	16,19	246,62	65,29	69,39	18,37	0,56	0,15
	Menino Jesus	58,13	44,03	75,74	10,46	17,99	3,64	6,26	0,00	0,00
	Nossa Sra. das Dores	112,37	75,8	67,46	24,53	21,83	11,86	10,55	0,18	0,16
	Pres. Joao Goulart	178,06	60,83	34,16	71,34	40,07	44,9	25,22	0,99	0,56
	TOTAL	2038,48	373,89	18,34	1104,45	54,18	498,98	24,48	61,16	3,00
LESTE	Camobi	2040,29	644,97	31,61	617,57	30,27	751,04	36,81	26,71	1,31
	TOTAL	2040,29	644,97	31,61	617,57	30,27	751,04	36,81	26,71	1,31
CENTRO-LESTE	Cerrito	462,13	75,16	16,26	260,32	56,33	126,24	27,32	0,41	0,09
	Diácono João Luiz Pozzobon	775,23	125,18	16,15	196,14	25,30	449,03	57,92	4,88	0,63
	Pé-de-Plátano	411,60	80,25	19,50	105,78	25,70	222,17	53,98	3,4	0,83
	São José	466	123,99	26,61	134,99	28,97	203,78	43,73	3,24	0,70
	TOTAL	2114,96	404,58	19,13	697,23	32,97	1001,22	47,34	11,93	0,56
SUL	Dom Antônio Reis	62,42	37,64	60,30	14,00	22,43	10,61	17,00	0,17	0,27
	Lorenzi	484,73	139,44	28,77	130,2	26,86	207,84	42,88	7,25	1,50
	Tomazetti	585,44	140,9	24,07	160,14	27,35	275,19	47,01	9,21	1,57
	Urlândia	273,88	116,18	42,42	76,77	28,03	79,62	29,07	1,31	0,48
	TOTAL	1406,47	434,16	30,87	381,11	27,10	573,26	40,76	17,94	1,28
CENTRO-OESTE	Duque de Caxias	65,8	45,14	68,60	12,02	18,27	8,34	12,67	0,3	0,46
	Noal	124	81,13	65,43	23,63	19,06	18,83	15,19	0,41	0,33
	Passo D'Areia	265,37	126,65	47,73	58,83	22,17	76,48	28,82	3,41	1,28
	Patronato	118,32	72,73	61,47	23,44	19,81	21,91	18,52	0,24	0,20
	Uglione	67,79	35,62	52,54	17,48	25,79	14,52	21,42	0,17	0,25
	TOTAL	641,28	361,27	56,34	135,4	21,11	140,08	21,84	4,53	0,71
OESTE	Agroindustrial	651,18	118,99	18,27	136,01	20,89	389,21	59,77	6,97	1,07
	Boi Morto	583,82	61,45	10,53	171,18	29,32	346,9	59,42	4,29	0,73
	Juscelino Kubitschek	247,98	157,4	63,47	46,65	18,81	43,15	17,40	0,78	0,31
	Nova Santa Marta	207,4	109,94	53,01	43,04	20,75	53,64	25,86	0,78	0,38
	Pinheiro Machado	356,34	167,99	47,14	69,98	19,64	118,02	33,12	0,35	0,10
	Renascença	141,86	28,38	20,01	38,92	27,44	73,89	52,09	0,67	0,47
	São João	85,17	40,41	47,45	17,44	20,48	27,09	31,81	0,23	0,27
	Tancredo Neves	340,41	125,12	36,76	67,08	19,71	144,2	42,36	4,01	1,18
	TOTAL	2614,16	809,68	30,97	590,3	22,58	1196,1	45,75	18,08	0,69
TODAS	TOTAL	12945,8	3912,82	30,22	4259,24	32,90	4625,21	35,73	148,53	1,15

RAs=Regiões Administrativas; *Uso e cobertura da terra* - EC= Espaços Construídos; CVA= Cobertura Vegetal Arbórea; CVHA= Cobertura Vegetal Herbácea ou Arbustiva; RD= Rede de Drenagem. Para cada classe indica-se a área ocupada (ha) e a proporção de área ocupada (%) em relação à área total dos bairros.

Fonte: elaborado pelo autor.

O mapa de distribuição da cobertura vegetal de 2011 está claramente inserido em uma matriz de espaços construídos mais densa e espalhada, onde se observa que o avanço das áreas edificadas esteve vetorizada principalmente em direção a oeste, leste e sul, enquanto a norte, apesar do maior adensamento, teve o seu avanço minimizado em função da barreira geomorfológica da escarpa. Os fragmentos maiores e com maior grau de conectividade continuam associados às áreas de escarpa e morros testemunhos, sendo que os fragmentos de mata galeria notoriamente perderam espaço nas áreas por onde o avanço dos espaços construídos se intensifica, como o exemplo dos arredores do Arroio Cadena, a Centro-Oeste, e os arredores do Arroio Cancela, ao sul do Centro Urbano.

Na Região Administrativa Centro Urbano, em destaque na **Figura 29**, todos os bairros já apresentam a classe de espaços construídos predominando sobre os demais, com cobertura superior a 60% de sua área total, tendo os bairros Bonfim e Centro com os maiores índices, respectivamente 86,57% e 86,25%. A distribuição da cobertura vegetal da região continua tendo os bairros Nossa Senhora de Lourdes e Nossa Senhora Medianeira como destaque, onde ainda há alguns fragmentos mais agregados, enquanto nos bairros de maior adensamento os fragmentos arbóreos perderam muito espaço, representados por poucos indivíduos isolados.

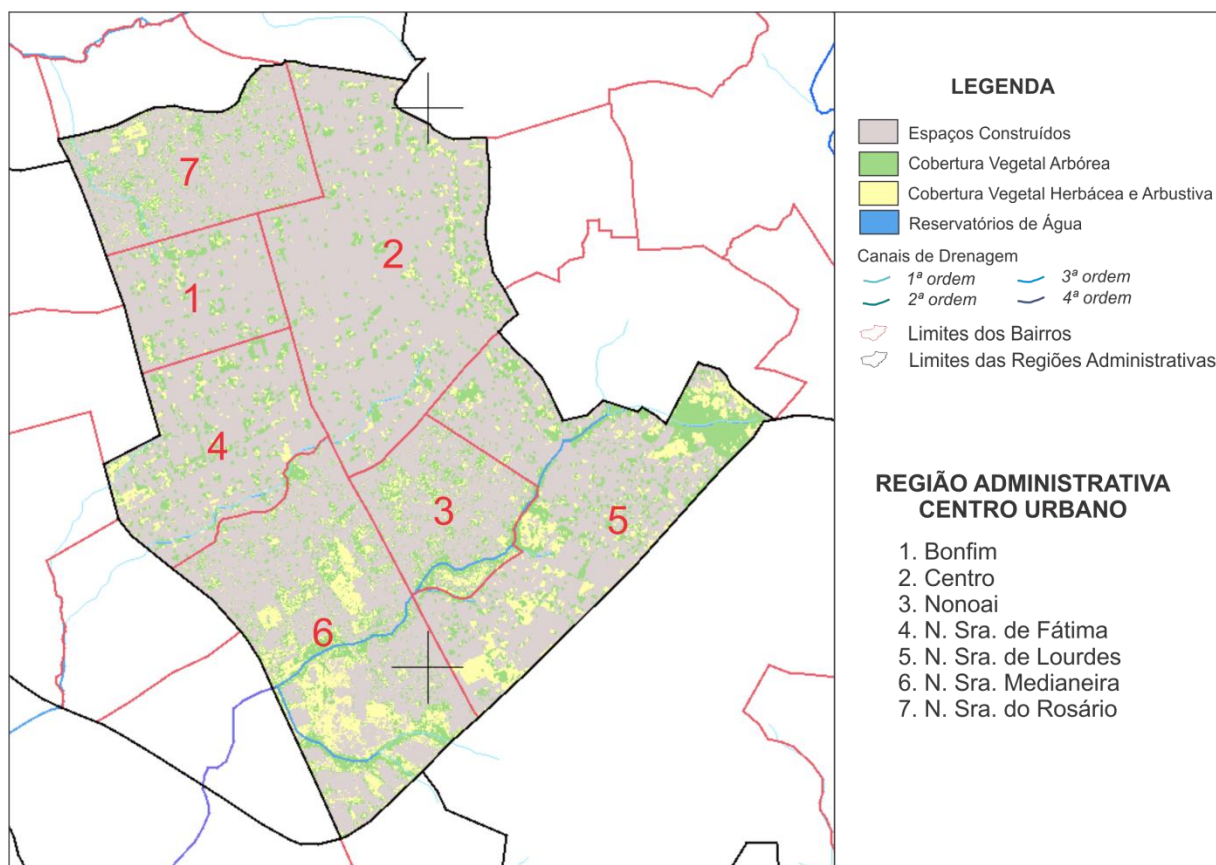


Figura 29. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros da Região Administrativa Centro Urbano. Observa-se claramente o predomínio da classe de áreas edificadas em meio a fragmentos arbóreos isolados e em vezes agrupados.

Fonte: elaborado pelo autor.

Nas Regiões Administrativas Norte e Nordeste (**Figura 30**), prossegue um alto índice de cobertura vegetal ligado aos fragmentos de vegetação associados à presença dos morros do rebordo. Nessas regiões, poucos foram os bairros em que o adensamento se intensificou bruscamente com relação a 1980, sendo esses os bairros Divina Providência (que praticamente dobrou sua porcentagem de espaços construídos, de 26,13% para 50,71%), Salgado Filho (de 40,73% para 69,93%) e Menino Jesus (de 32,54% para 75,80%), que justamente referem-se aos bairros mais próximos da área central da cidade. De forma geral essas duas regiões foram as que registraram o menor crescimento do adensamento das áreas edificadas (5,67% no conjunto de bairros da Região Administrativa Norte e 2,96% nos bairros da Região Administrativa Nordeste).

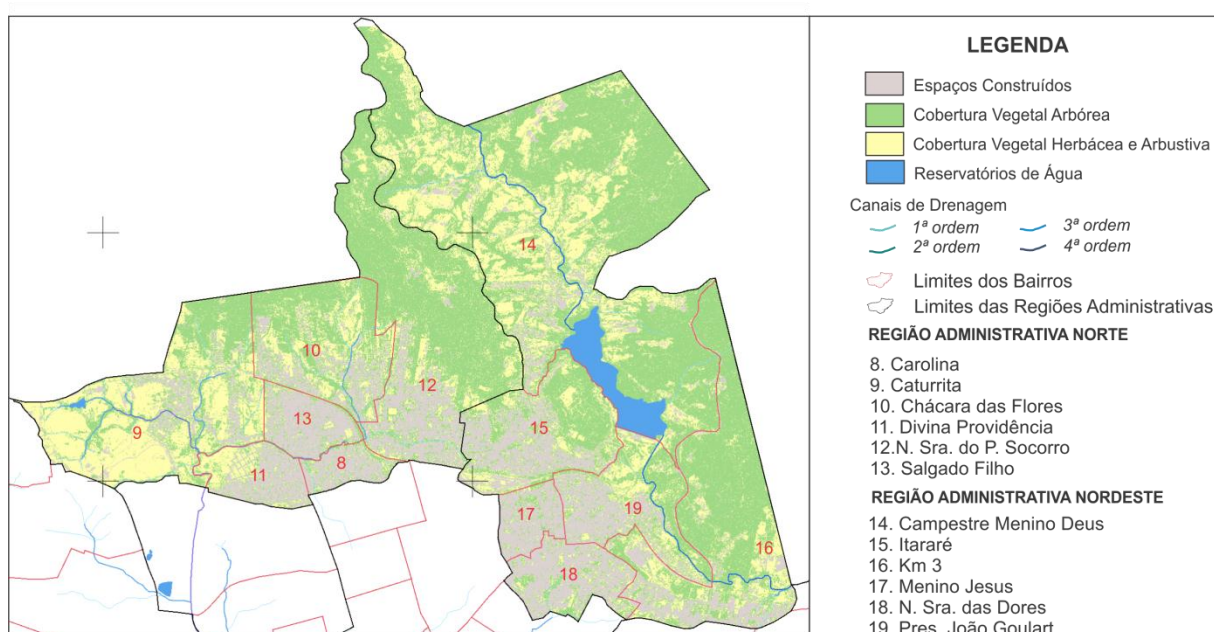


Figura 30. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Norte e Nordeste.

Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Centro-Oeste, Oeste e Sul (**Figura 31**) também registraram altos índices de avanço das áreas edificadas a custo de perda das áreas anteriormente vegetadas. Na região Centro-Oeste foi onde se registrou os maiores índices de crescimento do adensamento de edificações em relação a 1980, sendo que a classe de espaços construídos apresentou 26,45% de aumento (29,89% em 1980 para 56,34% em 2011), que avançaram sobre as áreas de cobertura vegetal, que perderam cerca de 13% de cobertura vegetal arbórea e outros 13% de cobertura vegetal herbácea e arbustiva. Na Região Administrativa Oeste, o avanço dessas áreas refletiu muito mais na perda cobertura vegetal de porte herbáceo e arbustivo do que de porte arbóreo, onde os cerca de 18% de avanço dos espaços construídos esteve relacionado a perda de 14% da cobertura vegetal de porte herbáceo e arbustivo. A Região Administrativa Sul, que apresentou avanço dos espaços construídos de cerca de 15% em relação a 1980, tem o destaque para os bairros Dom Antônio Reis e Urlândia, que tiveram o adensamento de edificações crescendo, respectivamente, 39,76% e 20,97%.

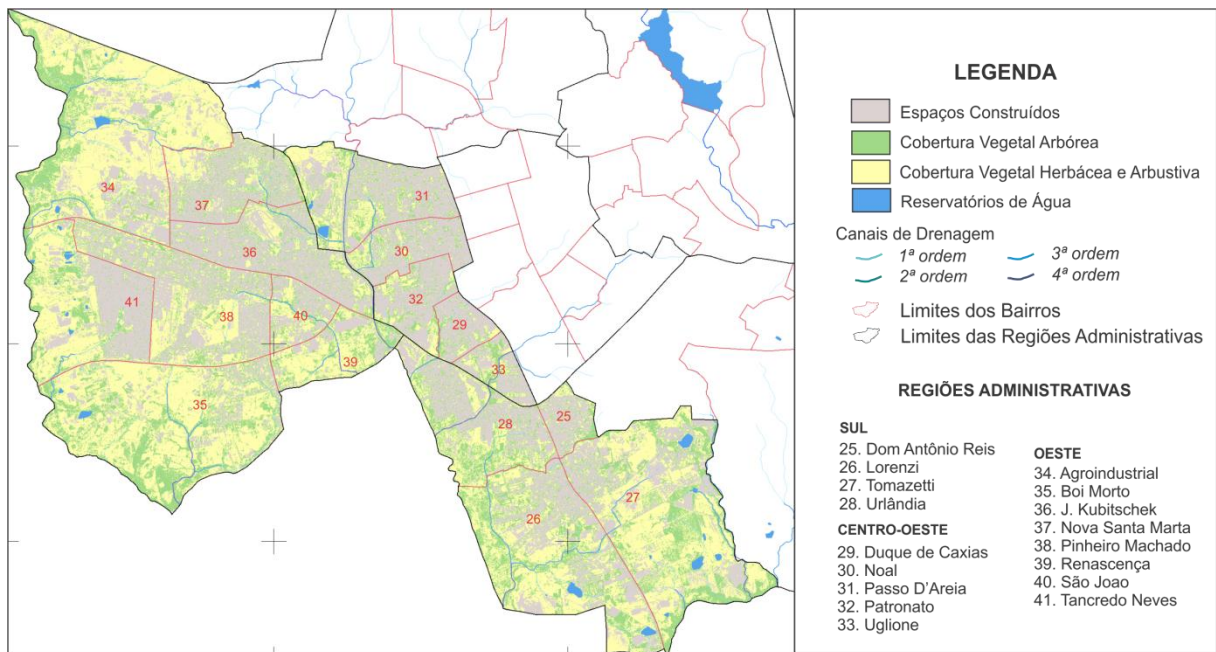


Figura 31. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Sul, Oeste e Centro-Oeste.
Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Administrativas Centro-Leste e Leste (**Figura 32**) apresentaram quadros semelhantes, de um avanço das áreas edificadas não tão intenso (12,37% na Região Leste e 9,69% na Região Centro-Leste) num comparativo com os índices de 1980, mas que já apontam para a tendência de adensamento no bairro Camobi neste vetor leste da cidade. Em relação ao avanço da Região Centro-Leste, esta representou uma perda de cerca de 3% de cobertura vegetal arbórea e outros 6% de cobertura vegetal herbácea e arbustiva. Na Região Leste, a perda de cobertura vegetal herbácea e arbustiva também foi mais significativa, cerca de 11%, somados a outro 1% de perda de cobertura vegetal arbórea.

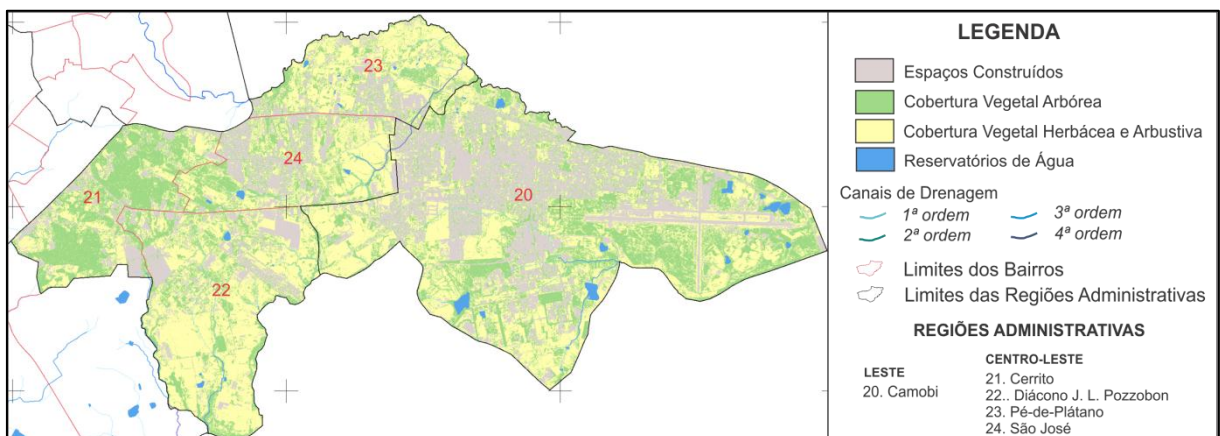


Figura 32. Distribuição da cobertura vegetal nos bairros das Regiões Administrativas Leste e Centro-Leste.
Fonte: elaborado pelo autor.

Focando a discussão mais em função da dinâmica da cobertura vegetal entre as datas mapeadas, é possível observar na **Tabela 7** como se deu essa dinâmica que resultou na perda de cobertura vegetal nos últimos quarenta e cinco anos. Na coluna de 1966, constam informações apenas dos bairros que possuem no mínimo 75% de recobrimento total nas Plantas Cadastrais, enquanto nos anos de 1980 e 2011 constam informações de todos os bairros do perímetro urbano de Santa Maria.

Entre 1966 e 1980, a comparação quantitativa é limitada em função da falta de recobrimento total do perímetro urbano atual nas Plantas Cadastrais de 1966, e também em função de que as mesmas não permitiram a análise de todos os fragmentos de vegetação arbórea, estando contidos na contabilidade apenas os fragmentos maiores e mais significativos, e, portanto comprometendo um maior rigor dos índices de cobertura vegetal arbórea (por esse motivo que não se contempla na tabela uma coluna que mensura a variação de cobertura vegetal arbórea entre 1966 e 1980).

Já o índice de cobertura vegetal total permite maiores inferências quantitativas, o que possibilita analisar que entre 1966 e 1980 houve o avanço das áreas edificadas refletiu numa perda de 14,30% de cobertura vegetal na Região Administrativa Centro Urbano. Os bairros Nonoai e Nossa Senhora de Fátima foram os que apresentaram maiores perdas de cobertura vegetal, 30% no primeiro e 24,95% no segundo. Os bairros Carolina, na Região Administrativa Norte, e Noal, na Região Administrativa Nordeste, também apresentaram perdas semelhantes de cobertura vegetal, na faixa de 15%.

Na Região Administrativa Nordeste, em que as Plantas Cadastrais apresentam recobrimento de quatro bairros, a variação da cobertura vegetal nos bairros Menino Jesus, Nossa Sra. das Dores e Presidente João Goulart também apresentou decréscimo, com destaque para o segundo, que perdeu 28,01%. Apenas o bairro Itararé apresentou um aumento do índice de cobertura vegetal neste intervalo temporal, registrando cerca de 13% de aumento, muito provavelmente pelo fato de que cerca de 15% de sua área total não foi incluída no mapeamento de 1966 por falta de recobrimento das Plantas Cadastrais.

A comparação quantitativa entre a análise da cobertura vegetal em 1980 e 2011 permite maiores inferências, onde se pode iniciar destacando que na variação entre as datas em todos os bairros, tanto na coluna de cobertura vegetal arbórea quanto total, apresenta-se um panorama de perda de espaços verdes. De forma geral, observa-se uma perda de 12,38% da cobertura vegetal total da cidade nesses 21 anos, sendo contabilizadas perdas de 4,6% da vegetação arbórea da cidade.

Tabela 7. Índices de cobertura vegetal arbórea e total entre 1960, 1980 e 2011.

RAs	Bairros	Cobertura vegetal e sua variação (%)								
		1960*		1980			2011			
		CVA	CVT	CVA	CVT	V	CVA	V	CVT	V
CENTRO URBANO	Bonfim	5,50	41,16	24,94	31,65	-9,51	10,01	-14,93	13,44	-18,21
	Centro	10,28	43,97	24,52	30,88	-13,09	10,02	-14,5	13,64	-17,24
	Nonoai	27,96	79,30	37,45	49,3	-30,00	21,69	-15,76	32,16	-17,14
	Nossa Sra. de Fátima	14,95	65,93	32,93	40,98	-24,95	15,31	-17,62	21,98	-19
	Nossa Sra. de Lourdes	20,07	74,07	40,85	59,58	-14,49	24,88	-15,97	38,12	-21,46
	Nossa Sra. Medianeira	8,46	74,80	33,56	68,46	-6,34	19,01	-14,55	38,31	-30,15
	Nossa Sra. do Rosário	6,04	46,22	25,16	34	-12,22	15,23	-9,93	22,34	-11,66
	TOTAL	12,97	61,41	31,64	47,11	-14,30	16,84	-14,8	26,76	-20,35
NORTE	Carolina	4,40	60,37	33,86	45,14	-15,23	24,68	-9,18	35,36	-9,78
	Caturrita	-	-	33,98	93,04	-	33,13	-0,85	87,18	-5,86
	Chácara das Flores	-	-	60,29	83,22	-	52,9	-7,39	79,75	-3,47
	Divina Providência	-	-	27,25	73,44	-	19,8	-7,45	48,84	-24,6
	Nossa Sra. do Perpétuo Socorro	-	-	66,74	83,7	-	66,47	-0,27	82,75	-0,95
	Salgado Filho	-	-	22,27	46,58	-	19,53	-2,74	29,85	-16,73
		TOTAL	-	-	49,19	82,2	-	46,56	-2,63	76,53
NORDESTE	Campestre Menino Deus	-	-	63,13	91,6	-	59,68	-3,45	89,62	-1,98
	Itararé	16,64	56,21	45,87	68,92	12,71	45,48	-0,39	64,8	-4,12
	Km 3	-	-	69,32	84,14	-	65,29	-4,03	83,66	-0,48
	Menino Jesus	4,25	51,21	32,39	44,02	-7,19	17,99	-14,4	24,25	-19,77
	Nossa Sra. das Dores	7,59	72,55	28,82	44,54	-28,01	21,83	-6,99	32,38	-12,16
	Pres. Joao Goulart	16,98	71,84	41,78	66,69	-5,15	40,07	-1,71	65,29	-1,4
	TOTAL	-	-	57,76	81,62	-	54,18	-3,58	78,66	-2,96
LESTE	Camobi	-	-	31,02	79,45	-	30,27	-0,75	67,08	-12,37
	TOTAL	-	-	31,02	79,45	-	30,27	-0,75	67,08	-12,37
CENTRO-LESTE	Cerrito	-	-	56,59	86,2	-	56,33	-0,26	83,65	-2,55
	Diácono João Luiz Pozzobon	-	-	29,14	96,57	-	25,3	-3,84	83,22	-13,35
	Pé-de-Plátano	-	-	28,02	88,18	-	25,7	-2,32	79,68	-8,5
	São José	-	-	34,03	84,43	-	28,97	-5,06	72,7	-11,73
	TOTAL	-	-	36	90	-	32,97	-3,03	80,31	-9,69
SUL	Dom Antônio Reis	-	-	24,53	79,19	-	22,43	-2,1	39,43	-39,76
	Lorenzi	-	-	33,71	85,42	-	26,86	-6,85	69,74	-15,68
	Tomazetti	-	-	40,96	83,78	-	27,35	-13,61	74,36	-9,42
	Urlândia	-	-	28,57	78,07	-	28,03	-0,54	57,1	-20,97
	TOTAL	-	-	35,32	83,03	-	27,1	-8,22	67,86	-15,17
CENTRO-OESTE	Duque de Caxias	-	-	23,57	55,42	-	18,27	-5,3	30,94	-24,48
	Noal	15,26	82,50	36,35	68,08	-14,42	19,06	-17,29	34,25	-33,83
	Passo D'Areia	-	-	36,15	72,61	-	22,17	-13,98	50,99	-21,62
	Patronato	-	-	37,76	68,24	-	19,81	-17,95	38,33	-29,91
	Uglione	-	-	28,63	74,83	-	25,79	-2,84	47,21	-27,62
	TOTAL	-	-	34,4	69,4	-	21,11	-13,29	42,95	-26,45
OESTE	Agroindustrial	-	-	21,71	91,96	-	20,89	-0,82	80,66	-11,3
	Boi Morto	-	-	29,66	91,62	-	29,32	-0,34	88,74	-2,88
	Juscelino Kubitschek	-	-	24,77	54,09	-	18,81	-5,96	36,21	-17,88
	Nova Santa Marta	-	-	22,28	86,39	-	20,75	-1,53	46,61	-39,78
	Pinheiro Machado	-	-	21,65	82,59	-	19,64	-2,01	52,76	-29,83
	Renascença	-	-	30,88	87,09	-	27,44	-3,44	79,53	-7,56
	São João	-	-	20,84	82	-	20,48	-0,36	52,29	-29,71
	Tancredo Neves	-	-	34,84	93,06	-	19,71	-15,13	62,07	-30,99
	TOTAL	-	-	25,99	86,13	-	22,58	-3,41	68,33	-17,8
TODAS	TOTAL	-	-	37,5	81,01	-	32,9	-4,6	68,63	-12,38

RAs=Regiões Administrativas; CVA= Cobertura Vegetal Arbórea; CVT= Cobertura Vegetal Total; V=Variação em relação à data anterior.

* As limitações de informações de 1966 estão associadas ao fato da base (Plantas Cadastrais) não possuir recobrimento total do perímetro urbano atual.

Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Administrativas Centro-Oeste e Centro Urbano (**Figura 33**) foram as que registraram mais perdas em ambas as classes. No Centro Urbano, os bairros perderam cerca de 20% de cobertura vegetal total, sendo aproximadamente 15% de perdas de cobertura vegetal arbórea. A Região Centro-Oeste registrou perda de cobertura vegetal total ainda maior (26,45%), estando inseridas dentro desse índice a perda de cerca de 13% de cobertura vegetal arbórea. Nesta última região, considerando bairro Noal, contido nas três datas selecionadas, observa-se que o índice de cobertura vegetal total era de 82,50% em 1966, passou para 68,08% em 1980 e que passou a ser de 34,25% em 2011, revelando uma perda significativa da cobertura vegetal dessa área nas últimas décadas.

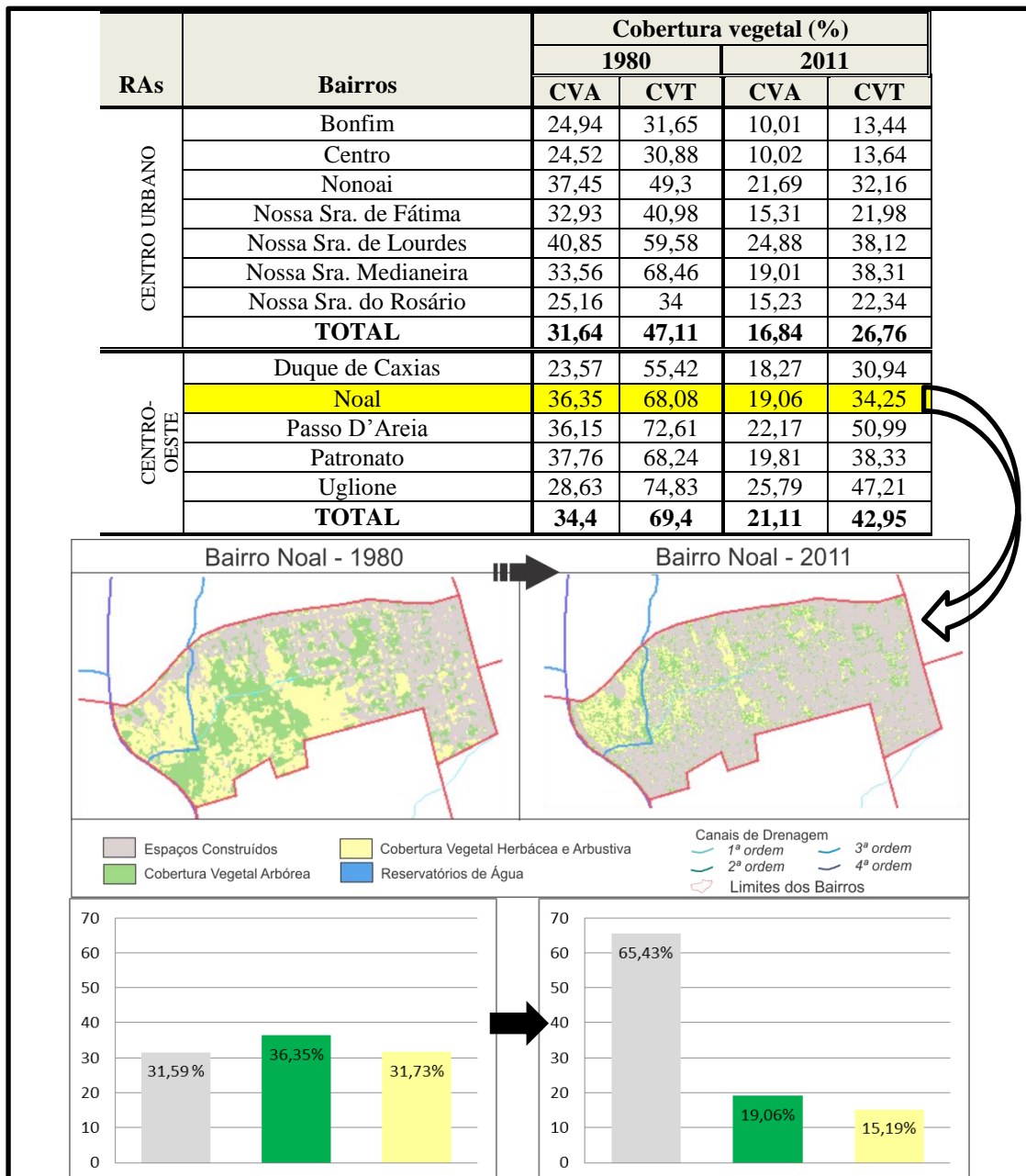


Figura 33. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Centro Urbano e Centro-Oeste entre 1980 e 2011, com destaque para a exemplificação da distribuição espacial das classes de uso da terra no Bairro Noal, que apresenta o quadro de diminuição da cobertura vegetal com um forte avanço dos espaços construídos.

Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Administrativas Nordeste e Norte (**Figura 34**) foram as que apresentaram o menor índice de perda de cobertura vegetal entre 1980 e 2011. A Região Administrativa Norte apresentou perda de 5,67% de cobertura vegetal total, enquanto a Região Administrativa Nordeste apresentou perda de 2,96%. Em relação à perda de cobertura vegetal arbórea, o quadro foi semelhante, com perda de 2,63% na Região Administrativa Norte e 3,58% na Região Administrativa Nordeste.

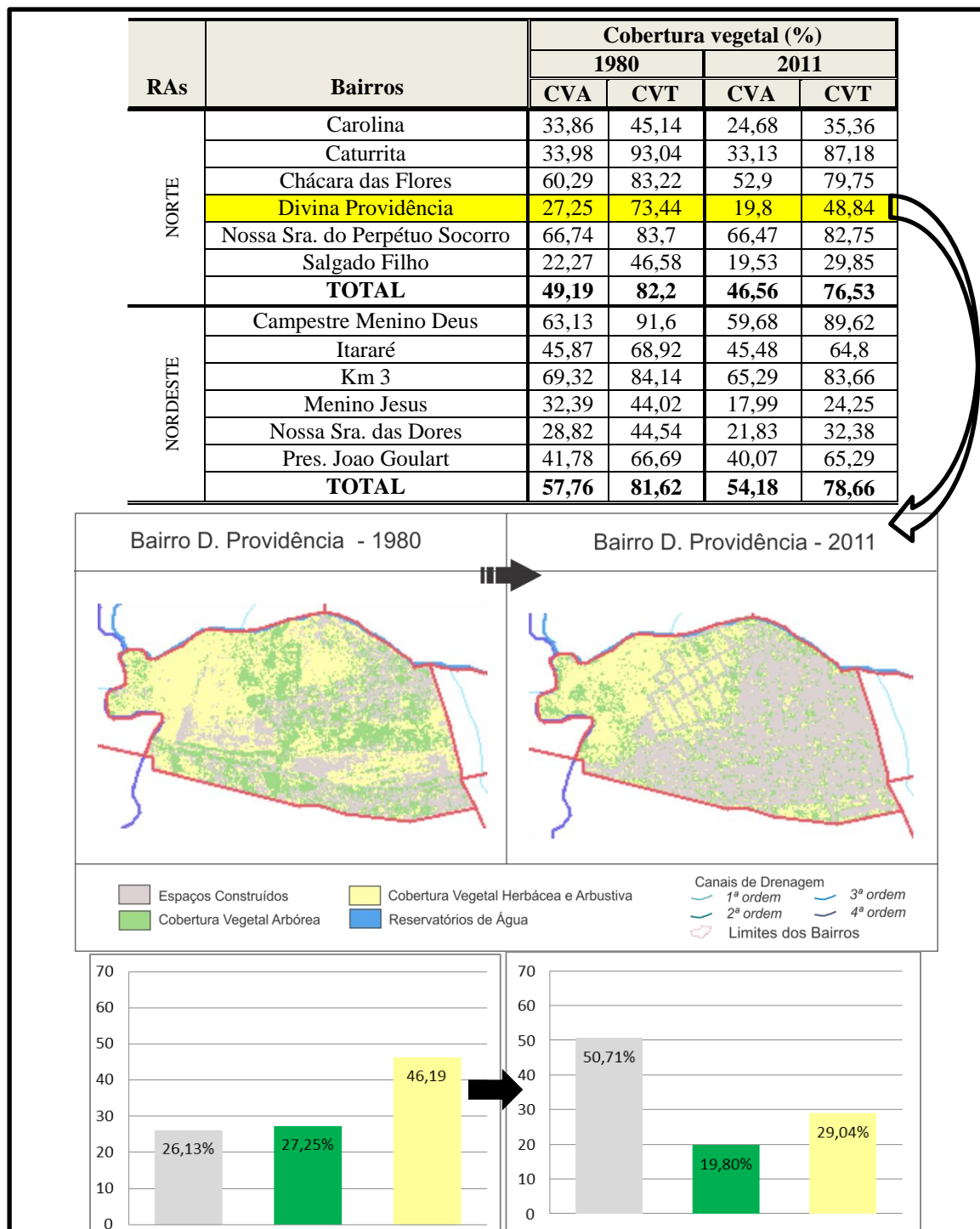


Figura 34. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Norte e Nordeste entre 1980 e 2011, com destaque para a exemplificação da distribuição espacial das classes de uso da terra no Bairro Divina Providência, que é um dos bairros da RA Norte mais próximos dos bairros centrais da cidade que teve um aumento significativo dos espaços construídos.

Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Administrativas Leste e Centro-Leste (**Figura 35**) também apresentam quadros semelhantes, onde as perdas da matriz de cobertura vegetal total foram de 12,37% e 9,69%, respectivamente, sendo que na Região Centro-Leste a diminuição da cobertura vegetal arbórea foi um tanto inferior do que na Região Leste, com valores respectivos de 3,03% e 0,75%. Os bairros Camobi, Diácono João Luiz Pozzobon e São José são os que registram as maiores perdas de cobertura vegetal total, superiores a 10%, enquanto o bairro Cerrito é o que registra o menor índice de perda de cobertura vegetal, com aproximadamente 3%.

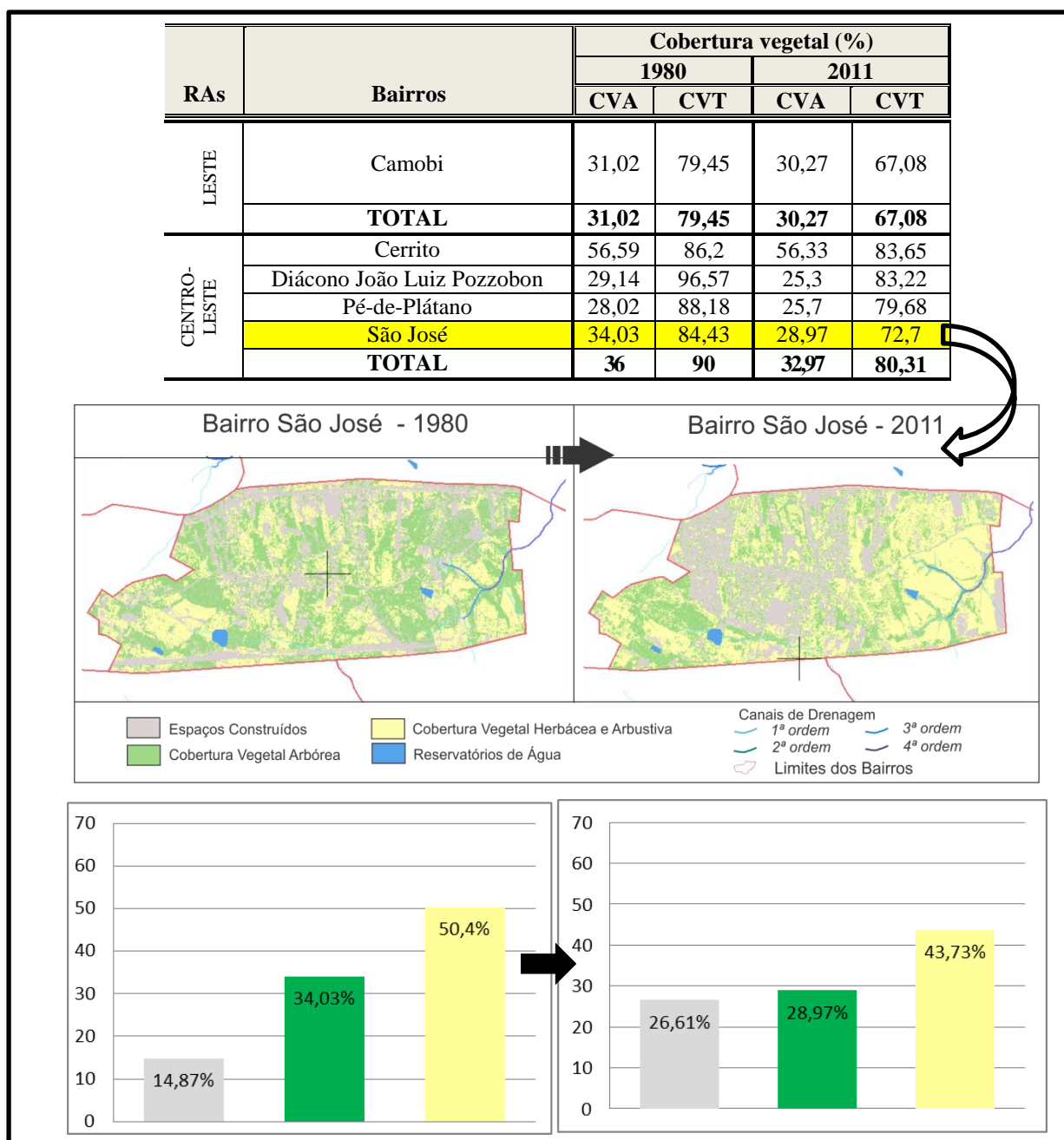


Figura 35. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Leste e Centro-Leste entre 1980 e 2011, com destaque para a exemplificação da distribuição espacial das classes de uso da terra no Bairro São José, que aponta o aumento menos intensivo dos espaços construídos.

Fonte: elaborado pelo autor.

As Regiões Administrativas Oeste e Sul (**Figura 36**) apresentam também condições de similaridade. As duas apresentam um decréscimo de cobertura vegetal de valores aproximados, com perda de 17,8% na Oeste e 15,17% na Sul. As duas regiões também apresentam bairros mais próximos da área central que tiveram seus índices de cobertura vegetal bastante diminuídos. Na região Oeste, destaque para os bairros Tancredo Neves e Nova Santa Marta, que totalizaram perdas 30,99% e 39,78% de cobertura vegetal total, enquanto os bairros Dom Antônio Reis e Urlândia, na região Sul, apresentaram diminuição de 39,76% e 20,97%, respectivamente.

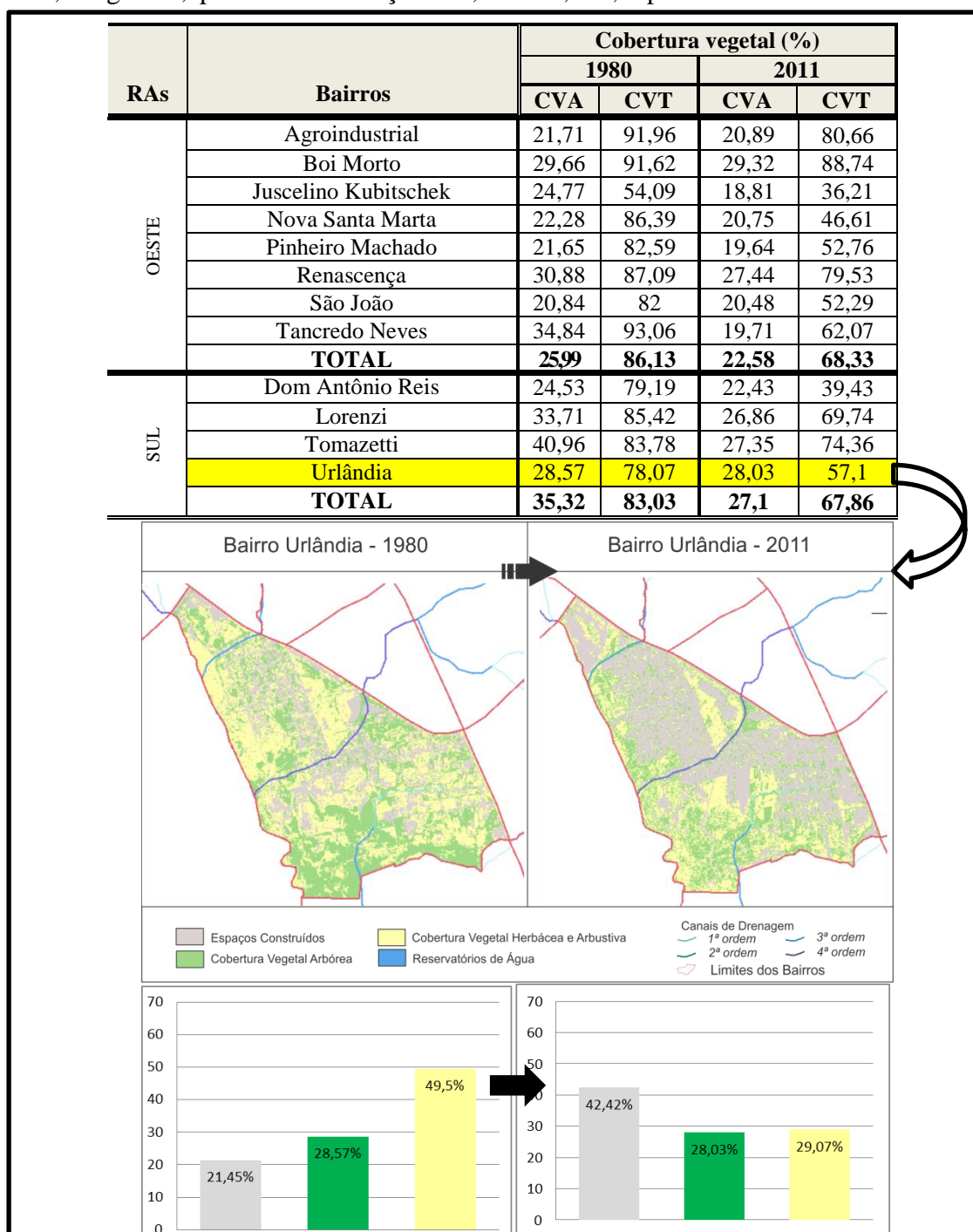


Figura 36. Comparação das porcentagens de cobertura vegetal nos bairros das RAs Oeste e Sul entre 1980 e 2011, com destaque para a exemplificação da distribuição espacial das classes de uso da terra no Bairro Urlândia, que teve um crescimento significativo dos espaços construídos nas últimas três décadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.2 A configuração da cobertura vegetal atual e o Geossistema urbano

Sendo a vegetação um elemento chave na interpretação da paisagem, as condições atuais de distribuição horizontal da cobertura vegetal permitem, analisadas junto a demais fatores, identificar as distintas unidades de paisagem presentes na área urbana de Santa Maria. Diferente das Regiões Administrativas, que possuem delimitações político-geográficas, a delimitação de unidades de paisagem possibilita uma análise espacial mais integrada, que auxilia no diagnóstico ambiental da área e conseqüentemente facilita o processo de planejamento e gestão ambiental.

Neste sentido, baseando-se na taxonomia de unidades de paisagem de Bertrand (1972), a identificação das unidades procedeu-se a partir da definição da área urbana de Santa Maria como um Geossistema²⁷, inserido dentro de uma área de transição de duas Regiões Naturais (a escarpa do Planalto Meridional Brasileiro e a planície sedimentar periférica Sul-riograndense), podendo ser individualizadas dentro deste, diferentes Geofácies.

Sendo assim, considerando a forma como estão estruturados os fragmentos arbóreos de vegetação, e o padrão de urbanização em que estão inseridos, foram delineadas as Geofácies da área urbana de Santa Maria (**Figura 37**). Desta forma, foram delimitadas seis Geofácies dentro do Geossistema urbano de Santa Maria.

Associando características de isolamento de fragmentos arbóreos junto a um padrão de urbanização com maior adensamento, destaca-se a *Geofécie das áreas densamente edificadas*, que representa aproximadamente 20% da área urbana do município. Esta apresenta um isolamento dos fragmentos derivado do grande adensamento das edificações nestas áreas, onde o verde foi substituído em grande parte por áreas impermeabilizadas.

Dentre as Geofácies que apresentam uma boa configuração da vegetação arbórea, com fragmentos mais conectados e contínuos, destaca-se a *Geofécie de morros do rebordo*. Esta Geofécie, que ocupa cerca de 12% do Geossistema urbano, apresenta uma boa configuração da vegetação arbórea, garantindo um elevado índice de arborização para o perímetro urbano como um todo.

Nas nascentes e nas margens dos canais de água observa-se a *Geofécie de mata galeria*, onde a vegetação acompanha os meandros dos canais de água, e muitas vezes expandem-se nos arredores. Nas áreas menos densamente ocupadas, os canais de água apresentam maior quantidade de vegetação arbórea.

²⁷ Algumas áreas dentro da delimitação política do perímetro urbano do município apresentam estruturas que as caracterizam mais como ambientes rurais. Não obstante esta complexidade, considerar-se-á que os limites políticos do perímetro urbano do município se referem à delimitação do Geossistema urbano, considerando tais áreas com estruturas rurais como fâcies do urbano e a ele integradas, visto que nelas se reproduz forte influência especulativa imobiliária.

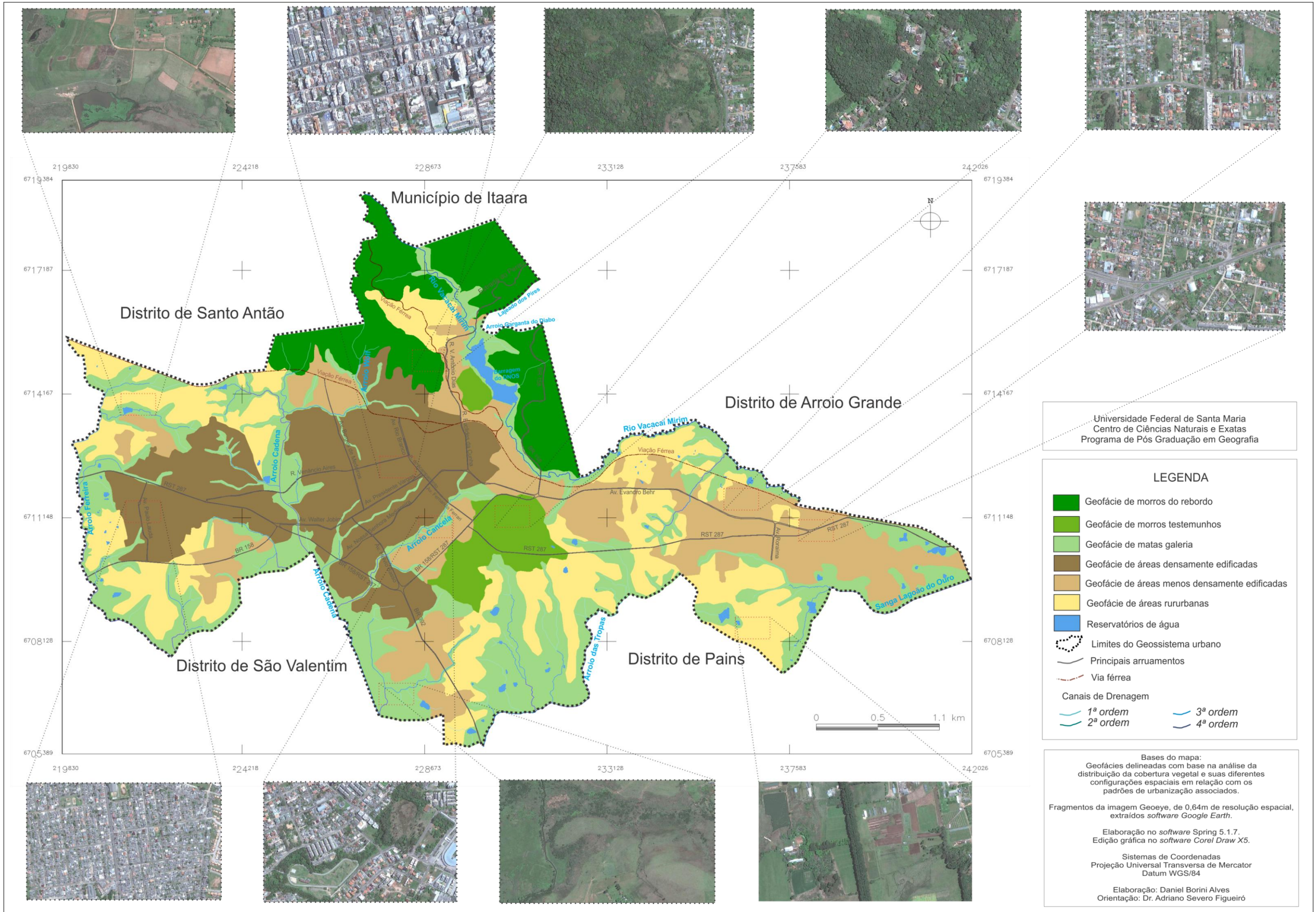


Figura 37. Mapa das Geofácies da área urbana de Santa Maria, com destaque para recortes da imagem *Geoeeye* de 21/09/2011 que permitem visualizar a configuração espacial em determinadas áreas da cidade.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com a definição dessas unidades de paisagem, fica mais clara a compreensão da distribuição da cobertura vegetal na área urbana do distrito sede de Santa Maria, estando os índices de cobertura vegetal vinculados com a sua configuração espacial e o conseqüente padrão de urbanização ali predominante. Essa maior contextualização da interpretação pode ser observada na **Tabela 8**, que apresenta a subdivisão de classes temáticas de acordo com o “Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal de Santa Maria (2011)” com base na subdivisão das unidades de paisagem.

Tabela 8. Classes de uso e cobertura da terra no interior das Geofácies.

Unidade de paisagem	Área total		Uso e cobertura da terra							
			EC		CVA		CVHA		RD	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
<i>Geofácia dos morros do rebordo</i>	1573,59	12,16	57,74	3,67	1190,54	75,66	323,21	20,54	2,1	0,13
<i>Geofácia de morros testemunhos</i>	514,51	3,98	61,4	11,93	319,21	62,04	133,6	25,97	0,3	0,06
<i>Geofácia de áreas densamente edificadas</i>	2623,3	20,26	1802,83	68,72	446,96	17,04	373,4	14,23	0,11	0,00
<i>Geofácia de áreas menos densamente edificadas</i>	2268,3	17,52	1060,78	46,77	543,52	23,96	663,66	29,26	0,34	0,01
<i>Geofácia de matas galeria</i>	3488,23	26,94	499,93	14,33	1154,1	33,09	1697,58	48,67	136,62	3,92
<i>Geofácia de áreas rururbanas</i>	2477,87	19,14	430,14	17,36	604,91	24,41	1433,76	57,86	9,06	0,37
TOTAL	12945,8	100	3912,82	30,22	4259,24	32,90	4625,21	35,73	148,53	1,15

Uso e cobertura da terra - **EC**= Espaços Construídos; **CVA**= Cobertura Vegetal Arbórea; **CVHA**= Cobertura Vegetal Herbácea ou Arbustiva; **RD**= Rede de Drenagem. Para cada classe indica-se a área ocupada (ha) e a proporção de área ocupada (%) em relação à área total da Geofácia.

Fonte: elaborado pelo autor.

A *Geofácia de morros do rebordo* (**Figura 38**) corresponde às áreas de morros a norte do perímetro urbano do município, situadas no rebordo do Planalto Meridional Brasileiro, que possuem fragmentos de vegetação de porte arbóreo bem estruturados, com alto grau de conectividade. O avanço das edificações nessas áreas é pouco expressivo, limitado muito em função das características do terreno, tais como a declividade. Estes morros estão contidos dentro da - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Como se pode observar na tabela, as características da Geofácia acabam revelando uma alta porcentagem de cobertura vegetal arbórea na área (75,66%) e uma baixa porcentagem de espaços construídos (3,67%).

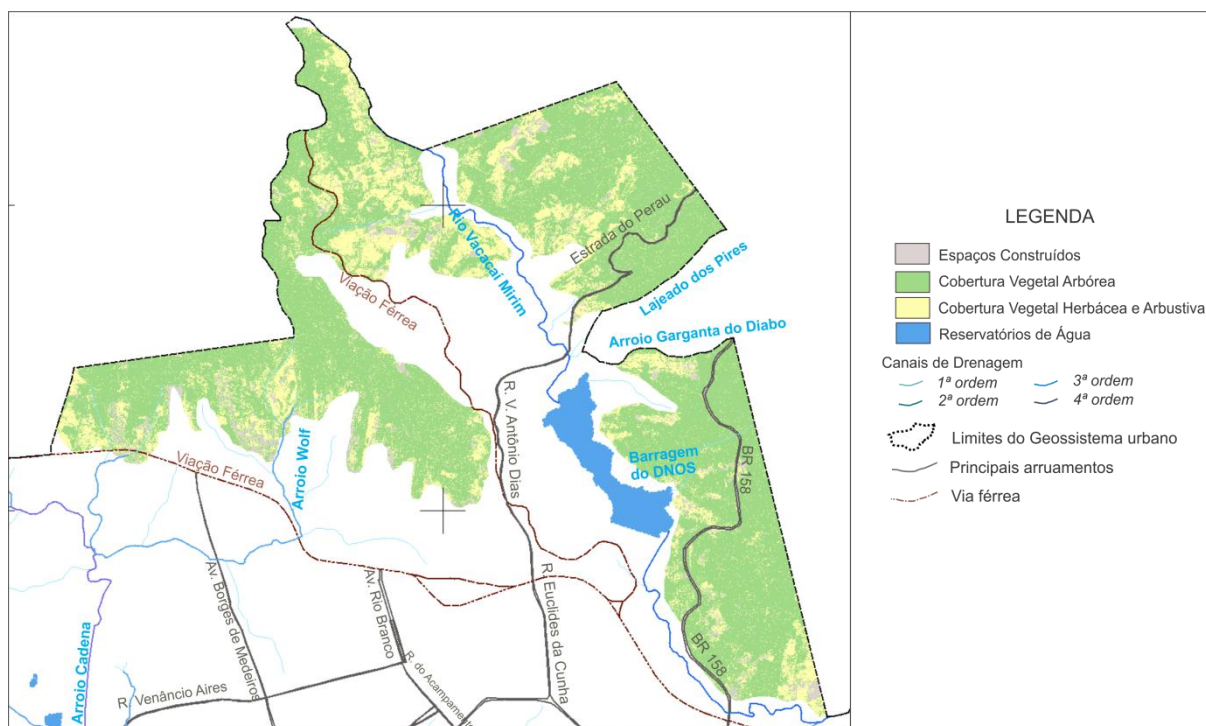


Figura 38. Uso e cobertura da terra na Geofácia de morros do rebordo, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Geofácia de morros testemunhos (**Figura 39**) corresponde às áreas de morros testemunhos, Morro Mariano da Rocha, Morro Cerrito e Morro Cechela (**Figura 40**), relacionados ao rebordo do planalto, em que a vegetação arbórea ainda permanece bem configurada e conectada, com algumas ramificações referentes ao avanço de algumas áreas residenciais e outras áreas institucionais. Nessas áreas de avanço das estruturas edificadas, o padrão de urbanização apresenta em grande parte lotes residenciais com pouco adensamento de edificações, com presença de grandes pátios onde se mantêm áreas livres e cobertura vegetal arbórea. O índice de cobertura vegetal arbórea da Geofácia é pouco inferior ao da Geofácia de morros do rebordo, com uma porcentagem de 62,04%, com uma área de espaços construídos ocupando 11,93% da área.

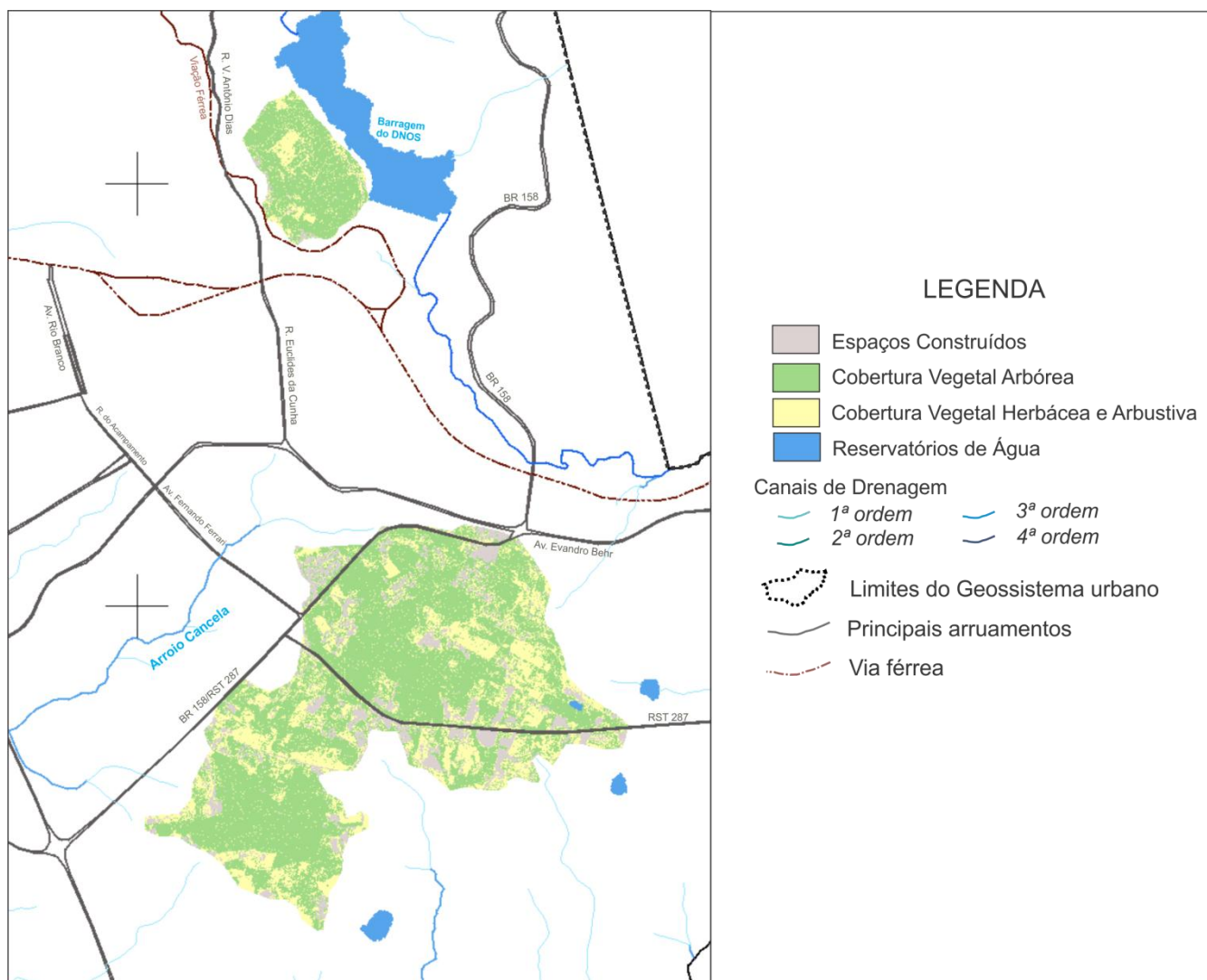


Figura 39. Uso e cobertura da terra na Geofácia de morros testemunhos, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.

Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 40. Ao fundo das fotografias o Morro Cerrito (à esquerda) e o Morro Mariano da Rocha (à direita). Observa-se nessas áreas um alto grau de arborização e pouco avanço das áreas edificadas.

Fonte: Scipione e Santos, 2004.

Outra unidade de paisagem individualizada é a *Geofácia de Matas Galeria* (**Figura 41**), que corresponde às áreas próximas aos cursos de água e seus arredores, onde a presença da vegetação arbórea se dá muito em função destes canais, possuindo uma configuração mais linear.

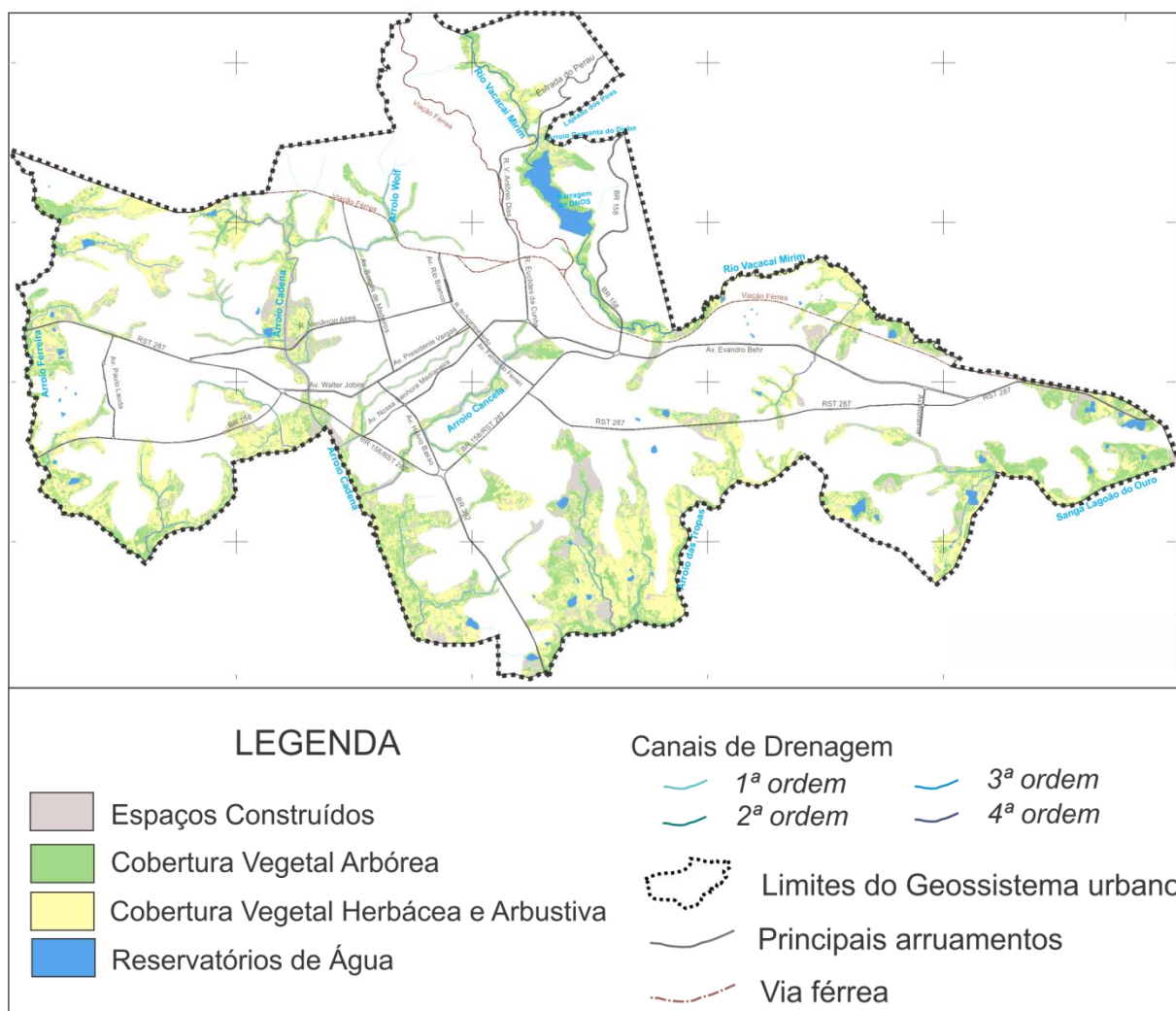


Figura 41. Uso e cobertura da terra na Geofácia de matas galeria, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.
Fonte: elaborado pelo autor.

Alguns canais apresentam uma melhor distribuição da vegetação em relação aos outros, muito em função dos padrões de urbanização associados, como descrito a seguir:

**Próximo das nascentes e do leito do Arroio Ferreira:* Localizado a extremo oeste do perímetro urbano do município, correndo de norte para sul, o Arroio Ferreira delimita o perímetro urbano do município a oeste. A vegetação aparece bem configurada, onde os fragmentos arbóreos acompanham o canal do arroio e se estendem pelos seus arredores, apresentando pouco avanço das áreas edificadas, sendo o padrão de urbanização de residências dispersas em meio a áreas onde há predomínio de cobertura vegetal.

**Próximo das nascentes e do leito do Arroio Cadena:* Localizado a centro-oeste do município, correndo de norte para sul, as nascentes e o leito do Arroio Cadena apresentam algumas diferenciações quanto a configuração da vegetação arbórea a ela associada. Nas nascentes, a vegetação aparece bem configurada, acompanhando o canal, principalmente na margem direita. Nas nascentes a margem esquerda, observa-se maiores avanços das áreas edificadas, apresentando fragmentos mais isolados. Ao longo do leito do arroio, canalizado a céu aberto, as áreas de vegetação são pouco estruturadas, onde o avanço das áreas edificadas resulta num isolamento de determinados fragmentos, principalmente nas áreas ao redor dos canais que alimentam o arroio, como a Sanga do Hospital, que envolve áreas de alta densidade demográfica.

**Próximo das nascentes e do leito da Sanga do Lagoão do Ouro:* Localizada no extremo leste de Santa Maria, percorrendo em grande parte os limites da área urbana do município. A vegetação arbórea está bem configurada na área de captação de água da Sanga, ao longo dos canais de água e seus arredores. O padrão de urbanização apresenta também residências mais dispersas, inclusive associadas a alguns lotes com características rururbanas.

**Próximo das nascentes e do leito do Arroio Passo das Tropas:* Localizado nas áreas a centro-sul do município, nas nascentes e nas proximidades do leito do Arroio Passo das Tropas. A vegetação permanece bem configurada, acompanhando os meandros dos canais. O quadro é semelhante ao observado próximo das nascentes e do leito da Sanga do Lagoão do Ouro, com poucas áreas edificadas associadas a residências em lotes rururbanos.

**Arredores do Rio Vacacaí-Mirim:* O rio Vacacaí-Mirim corre pela região norte da área urbana do município, na direção sudeste, sendo barrado em seu percurso (Barragem do DNOS), e o prosseguimento do canal delimita parte da área urbana a nordeste até o extremo leste do município. A cobertura vegetal arbórea acompanha parte dos meandros do rio, mas apesar do pouco avanço das áreas edificadas, grande parte do canal tem suas margens em situações fragilizadas.

**Próximo das nascentes e no leito do Arroio Cancela:* Localizado nas proximidades do Morro Cerrito, a centro-leste da área urbana, e prosseguindo até desaguar no Arroio Cadena, o Arroio Cancela e seus arredores apresentam em grande parte do seu leito, apesar de pressionado pela especulação imobiliária nos seus arredores, uma configuração de fragmentos de vegetação arbórea que acompanha o canal linearmente, formando a mata galeria do arroio, bastante fragilizada nas proximidades dos espaços densamente ocupados.

Esse conjunto de áreas que possuem matas galerias nos arredores dos canais de drenagem é individualizado muito em função da necessidade de condições específicas para gestão de suas fragilidades, a fim de conservar os serviços ecossistêmicos. Dentro dessa

unidade de paisagem cerca de 33% representam áreas de cobertura vegetal arbórea, e aproximadamente 49% de cobertura vegetal herbácea e arbustiva.

A *Geofácie de áreas densamente edificadas* (**Figura 42**) corresponde às áreas de maior adensamento dos espaços construídos, situado na região central e a oeste da zona urbana municipal. As áreas de cobertura vegetal arbórea estão configuradas nessa Geofácie de forma isolada e dispersa, onde os fragmentos pouco se conectam. Ao concentrar muitas áreas edificadas, essas áreas da cidade apresentam fluxos mais dinâmicos de matéria, energia e informação, que individualizam a Geofácie em relação às demais. A classe de espaços construídos acaba sendo a que ocupa a maior proporção nessa Geofácie, com cerca de 68% de áreas edificadas.

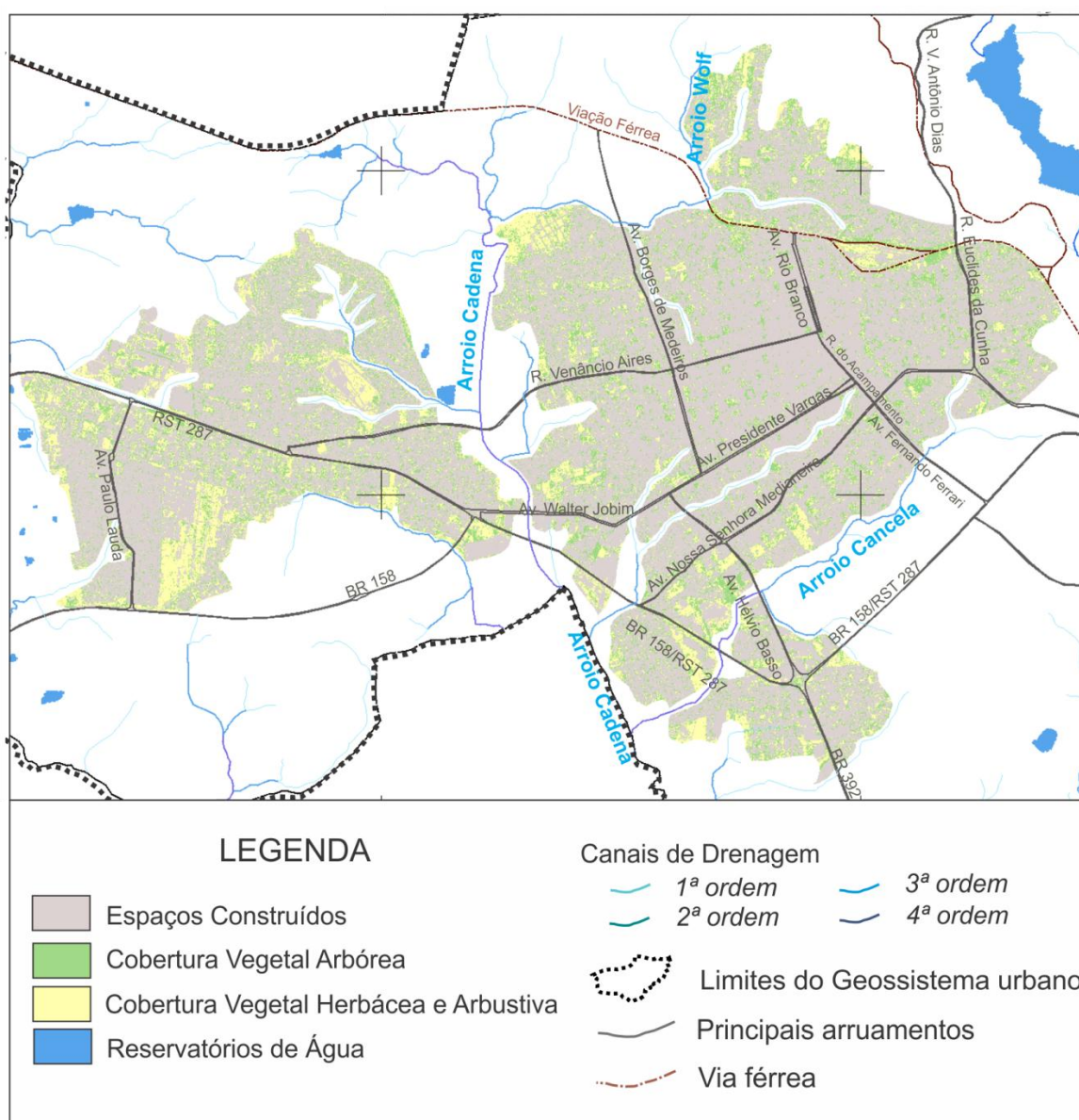


Figura 42. Uso e cobertura da terra na Geofácie de áreas densamente edificadas, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.

Fonte: elaborado pelo autor.

A *Geofácia de áreas menos densamente edificadas* (**Figura 43**) corresponde às áreas com uma densidade de edificações menor, se comparada à classe anterior, se referindo às zonas periféricas da área urbana, de padrões de urbanização de uso predominantemente residencial. A vegetação arbórea também aparece com uma configuração isolada, apresentando algumas áreas em que a vegetação apresenta alguns fragmentos maiores e com algum grau de conectividade (como exemplo das áreas edificadas a centro-leste e leste da área urbana). Devido a essas características, observa-se que a classe de espaços construídos ocupa cerca de 48% do total da área da Geofácia, 24% de cobertura vegetal arbórea e outros 29% de cobertura vegetal herbácea e arbustiva.

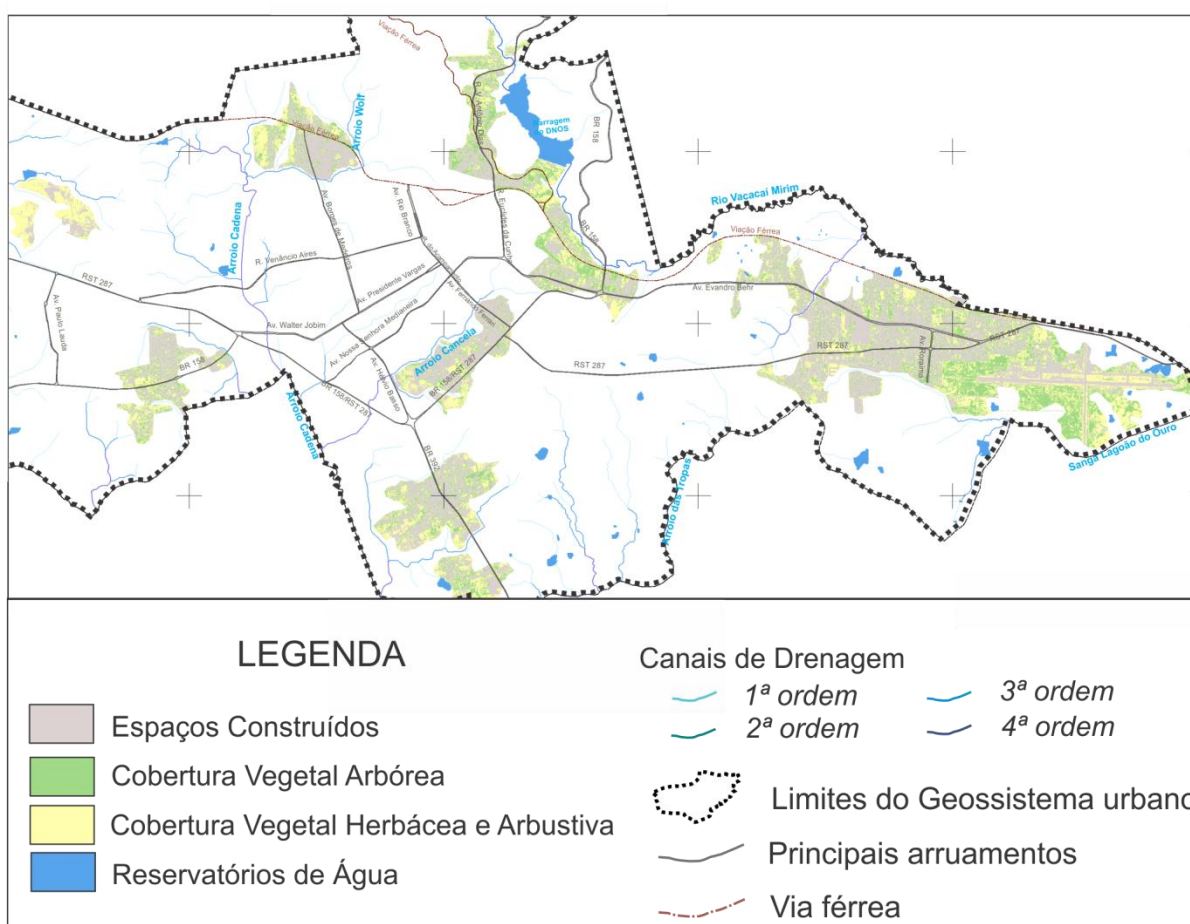


Figura 43. Uso e cobertura da terra na Geofácia de áreas menos densamente edificadas, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.

Fonte: elaborado pelo autor.

A *Geofácia de áreas rururbanas* (**Figura 44**) corresponde às áreas de pouco avanço das edificações, onde predominam a presença de campos em áreas de transição com a zona rural do município. O conjunto arbóreo se apresenta configurado predominantemente de forma isolada, apresentando algumas áreas em que a vegetação se demonstra agregada (área suburbana a extremo oeste, a centro-leste e leste). Nestas condições, a classe de cobertura vegetal herbácea e arbustiva é a

que ocupa aproximadamente 58% do total da Geofácia, estando outros 24% associados à cobertura vegetal de porte arbóreo. O pouco avanço das áreas edificadas é observado no momento que apenas 17,36% da área dessa Geofácia está associado a classe de espaços construídos.

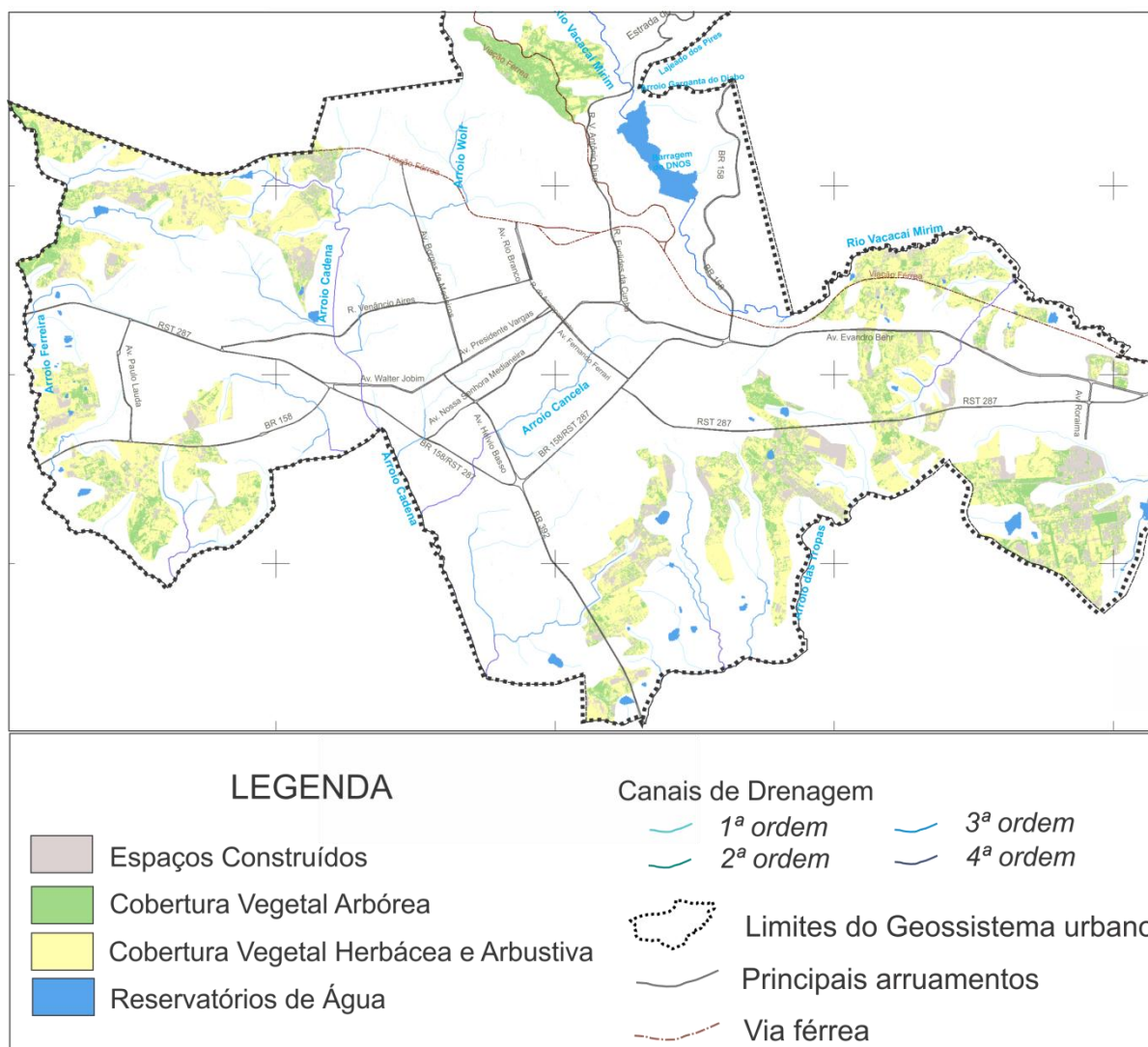


Figura 44. Uso e cobertura da terra na Geofácia de áreas rururbanas, revelando a distribuição de cobertura vegetal da área.

Fonte: elaborado pelo autor.

Fato importante a ser observado em relação a configuração da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria, e que denota boas condições de arborização, é a porcentagem de arborização da cidade em 2011, de 32,90% para o conjunto da área. Nessa análise contextualizada com as unidades de paisagem, observa-se que essa alta porcentagem se deve muito aos altos índices de arborização situados nas Geofácies de morros do rebordo e de morros testemunhos, que possibilitam esconder o alto grau de fragmentação observado nas áreas mais centrais, observados na Geofácia de áreas densamente edificadas.

4.2 Funcionalidades ambientais e a cobertura vegetal

Visando quantificar e analisar a contribuição da cobertura vegetal na melhoria da qualidade ambiental local, passa-se a partir de agora a apresentar os resultados que relacionam a vegetação com duas funcionalidades ambientais selecionadas: a variabilidade térmica e a regulação hidrológica.

Para isso, foram selecionadas quatro áreas piloto (**Figura 45**), situadas em diferentes Geofácies da área urbana de Santa Maria, inseridas em distintos padrões de urbanização e consequentemente diferentes usos da terra (**Figura 46**).

A primeira delas está situada no Bairro Tancredo Neves, na área oeste de Santa Maria, na transição da Geofácie das áreas densamente ocupadas e a Geofácie de matas galerias. Como se pode observar, no centro desta área há um fragmento de vegetação que acompanha um tributário do Arroio Ferreira, e nos seus arredores há a presença de áreas residenciais com um alto grau de edificação dos lotes, tornando a arborização nestas áreas residenciais pouco presente.

Constata-se ainda que o padrão de edificação das residências nesta área respeita determinado tamanho de lotes, sendo estes pequenos e pouco verticalizados, já que o surgimento das residências ocorre em função de um conjunto habitacional, com residências de tamanho padrão, pouco modificadas nos últimos anos. Os espaços de circulação nesta área não apresentam fluxo contínuo de veículos, compostas na sua maioria por ruas calçadas, com exceção da Rua Marfiza Franco Rosa, que está asfaltada.

A área dois está situada nas proximidades do centro da cidade, junto ao Bairro Bonfim, na Geofácie de áreas densamente edificadas. O padrão de urbanização apresenta áreas de uso misto, residencial e comercial, e também a presença de uma praça arborizada (Praça dos Bombeiros). Os espaços de circulação e de veículos apresentam um fluxo alto, praticamente contínuo durante o horário comercial, aumentando ainda mais nos horários de pico.

As edificações nesta área apresentam um padrão de verticalização mais desenvolvido, onde praticamente todos os edifícios possuem mais de dois andares, tendo a presença de edifícios de mais de sete andares. A praça, apesar de relativamente pequena (aproximadamente 7.220 m²), apresenta-se em boas condições de infraestrutura física para o lazer, sendo recentemente reformada, com boa iluminação, presença de locais para sentar e playground para crianças, composta ainda de uma área bem arborizada.

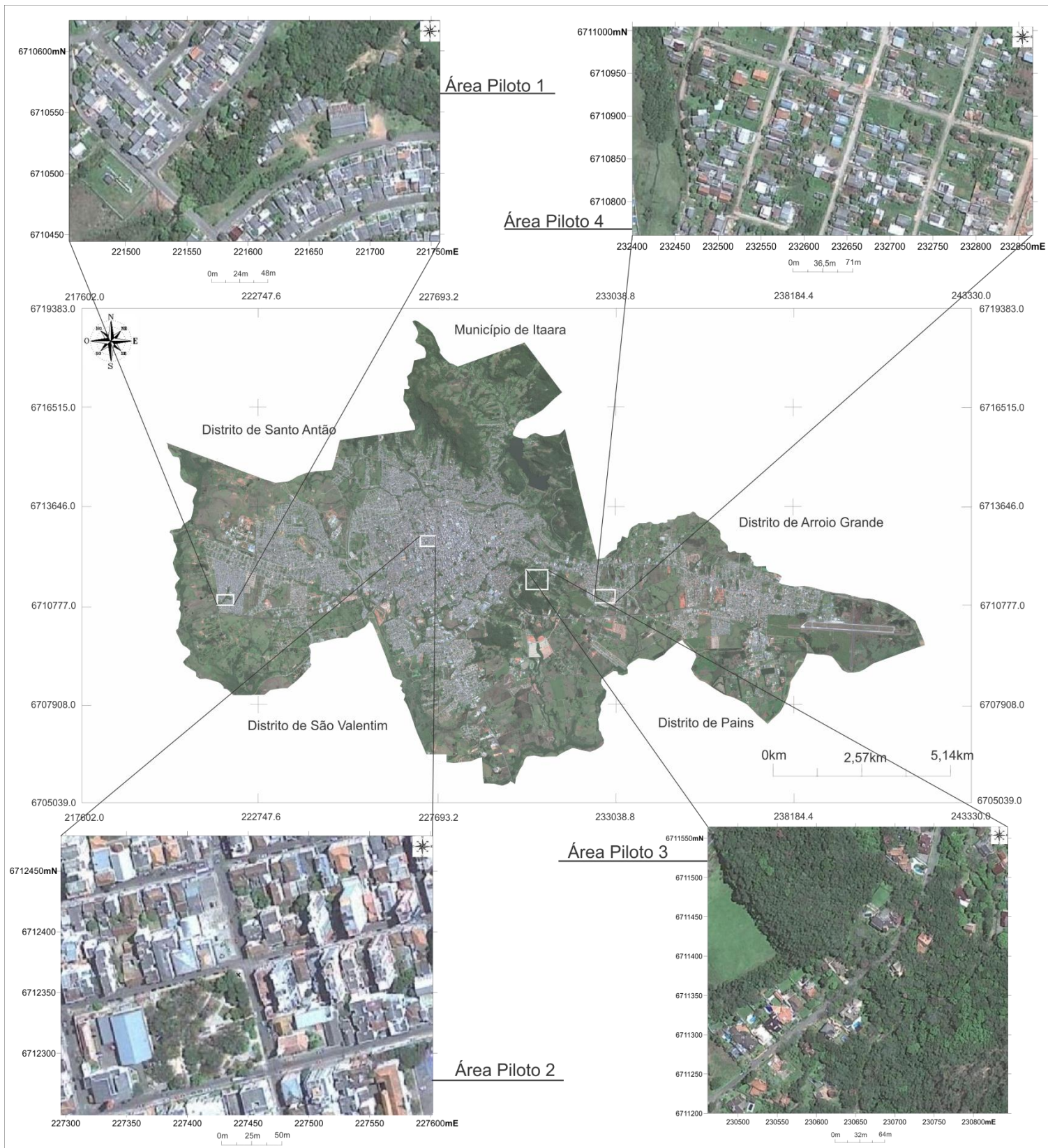


Figura 45. Localização das áreas piloto selecionadas no perímetro urbano de Santa Maria.
Fonte: elaborado pelos autores com base na imagem *GeoEye*, de 21/09/2011, extraída do *software Google Earth*.

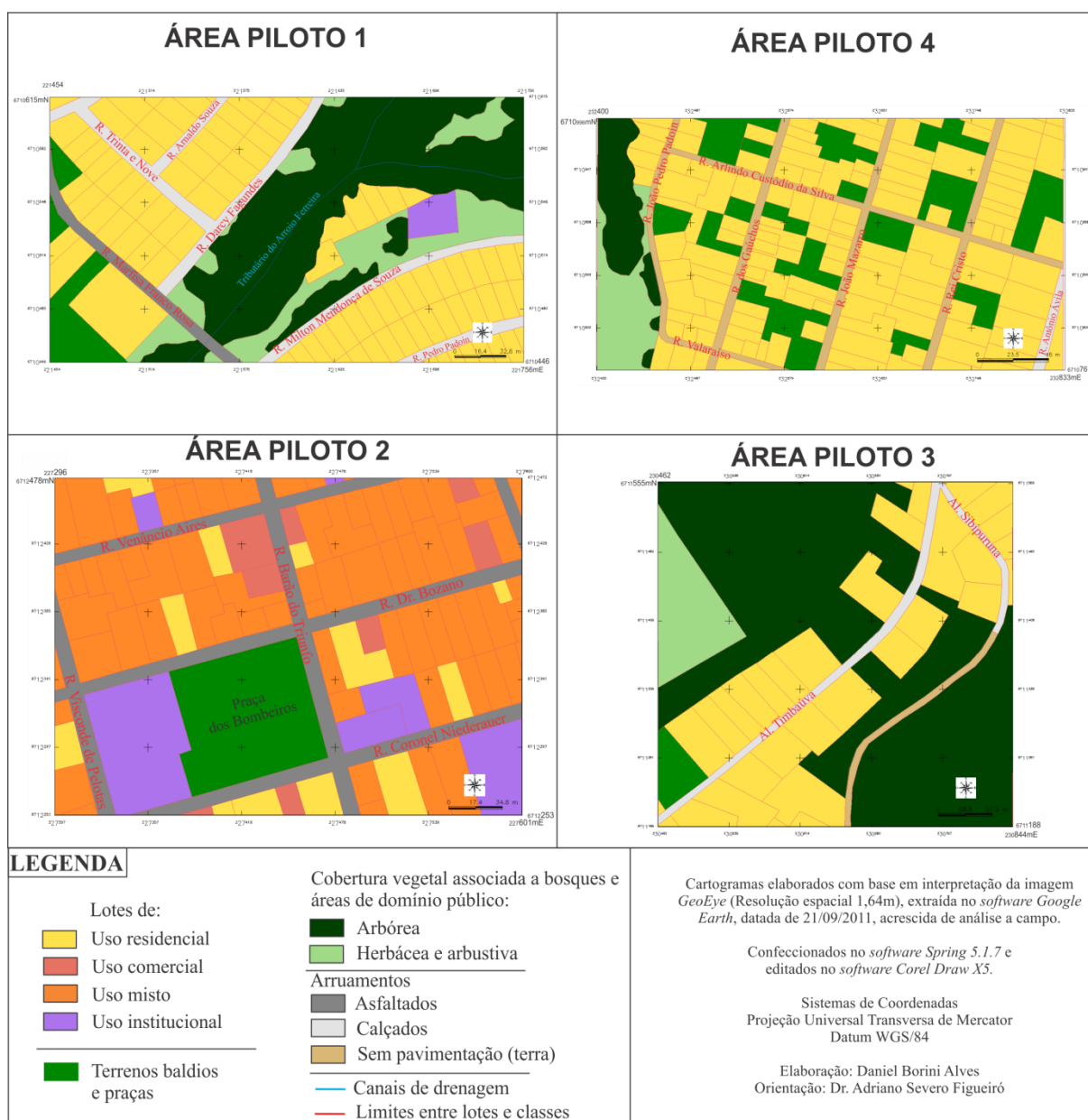


Figura 46. Cartogramas de uso da terra nas quatro áreas piloto.

Fonte: elaborado pelo autor.

A terceira área piloto refere-se a uma área residencial situada junto ao morro do Cerrito, na Geofácie de morros testemunhos, junto ao Bairro Cerrito, a centro leste da área urbana de Santa Maria. O padrão de ocupação é de lotes residenciais grandes, compostos por edificações de alto padrão econômico, com presença de pátios grandes. O conjunto de residências se situa nos arredores de duas ruas (Rua Timbaúva e Rua Sibipuruna), sendo mais densamente ocupados os arredores da primeira. As áreas de vegetação arbórea estão bem configuradas e distribuídas.

A quarta e última área piloto selecionada corresponde a uma área de uso residencial, situada a leste da área urbana, junto à Geofácie de áreas menos densamente ocupadas, no Bairro São José. O padrão residencial é composto por lotes pequenos e de baixo poder

aquisitivo, sendo a grande maioria com presença de pátio. Observa-se ainda a presença de espaços livres associados a terrenos baldios, que apresentam áreas arborizadas.

Nestas quatro áreas piloto, foram feitas análises específicas a respeito da contribuição da vegetação na variabilidade térmica e no controle hidrológico, que foram relacionadas a pesquisas já existentes que abordam estas temáticas na paisagem urbana da cidade em escalas mais amplas.

4.2.1 A vegetação e a variabilidade térmica

É importante ressaltar que de acordo com os objetivos aqui traçados, de verificar a contribuição da vegetação na variabilidade térmica, acaba-se por centralizar a discussão em torno da possível amenização da vegetação nas áreas selecionadas. Não obstante a isso, as demais variáveis geocológicas e geourbanas e a variabilidade do campo térmico no âmbito topo e mesoclimático são consideradas de acordo com os resultados obtidos por Saydelles (2005) e Costa (2009).

Costa (2009) apresenta seus resultados com base no campo térmico e higrométrico sob condições de domínio de Massa Polar Velha, no dia 6 de janeiro de 2009, onde a área abrangente das medições realizadas com transectos está situada mais na porção central da paisagem urbana local. Os mapeamentos realizados (**Figura 47**) apresentam, conforme o autor, a variação das áreas com maior intensidade térmica de acordo com o movimento aparente do sol, proporcionando aos bairros a oeste uma maior intensidade térmica pela manhã, até por volta das 12h, e dos bairros a leste à tarde, facilmente perceptíveis junto aos cartogramas das 15h, 18h e 21h.

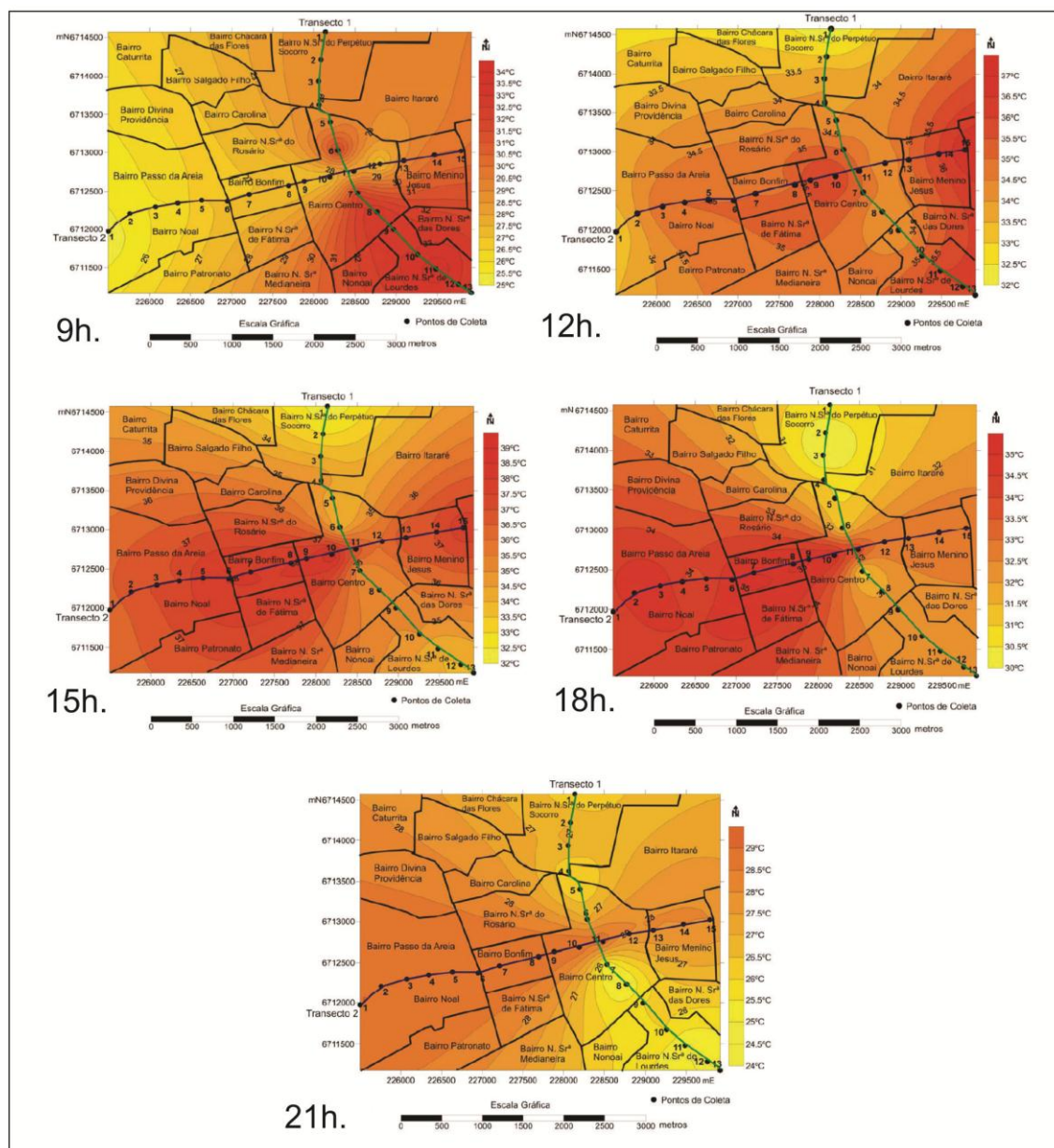


Figura 47. Variação do campo térmico da região central da paisagem urbana de Santa Maria no dia 06 de janeiro de 2009, das 9h-21h (desconsiderando o horário de verão), sob condições de Massa Polar Velha ou modificada.

Fonte: adaptado de Costa (2009, p. 102, 104, 106, 108 e 110).

O autor (*op. cit.*, 2009) ainda analisa que as demais variações do campo térmico em nível topo e microclimático estão estritamente relacionadas às condições geológicas e geourbanas em que as diversas porções da paisagem urbana estão envolvidas, com as diferenciações de uso e cobertura da terra. Entre essas variáveis, o autor destaca em suas análises a presença ou ausência da vegetação influenciando na variabilidade térmica, como o exemplo dos bairros mais a norte, como o Itararé, o Perpétuo Socorro e o Chácara das Flores, que apresentam temperaturas mais amenas que os demais em grande parte do dia.

Em um estudo mais abrangente, Saydelles (2005) apresenta a análise do campo térmico da área urbana de Santa Maria a partir de medições em diversos pontos da cidade, numa interpretação em nível topo e mesoclimático, também sob o domínio de Massa Polar Velha no dia 04/08/2004, só que esta sob influência de uma Frente que avançava do Uruguai em direção à metade sul do estado, ocasionando um aumento da temperatura do ar e a existência de fortes ventos em Santa Maria.

Os resultados mapeados e analisados pelo autor (**Figura 48**) mostram que às 9h foi registrada a maior amplitude térmica intraurbana do dia, registrando uma atuação clara da dissipação térmica pelo Vento Norte, tornando as áreas ao sul da paisagem urbana mais aquecida. Saydelles (2005) identifica que a amenização térmica a centro-leste do bairro Centro nesse horário se deve em grande parte à presença de cobertura vegetal no entorno do bairro, que atua como obstáculo não só à insolação direta, proporcionando sombreamento, mas também ao vento quente (vento norte). O autor ainda aponta que neste horário e sob estas condições de tempo (pré-frontal), verifica-se que os condicionantes geourbanos (áreas mais amplas e abertas sem edificações elevadas, com menor presença de vegetação do tipo arbórea e expressivo fluxo de veículos) são mais imperativos no registro de temperaturas mais elevadas que os geoecológicos (topografia e morfologia do sítio urbano).

Às 12h, o autor afirma que a configuração do campo térmico urbano apresentou alterações, onde se observa que com a exceção da área menos aquecida na região centro-leste do perímetro urbano, a cidade como um todo apresentou temperaturas com valores muito próximos, resultado do processo de aquecimento pré-frontal em que toda a região estava submetida.

Às 15h, o autor analisa que a cidade como um todo apresentava grande aquecimento da superfície e, por consequência, do ar. O Bairro Centro já despontava com uma pequena ilha de calor de fraca intensidade, com magnitude de 2°C, em virtude do maior adensamento urbano, presença de edificações mais elevadas, maior fluxo de veículos e pessoas e esparsa presença da vegetação. O autor também destaca o Conjunto Habitacional Tancredo Neves com o registro de altas temperaturas também influenciado pelo alto adensamento de edificações e a morfologia suave e baixa altimetria que favorecem a incidência solar direta. Nos bairros Itararé e Nossa Senhora de Lourdes registram-se os pontos com menores temperaturas e a presença de ilhas de frescor.

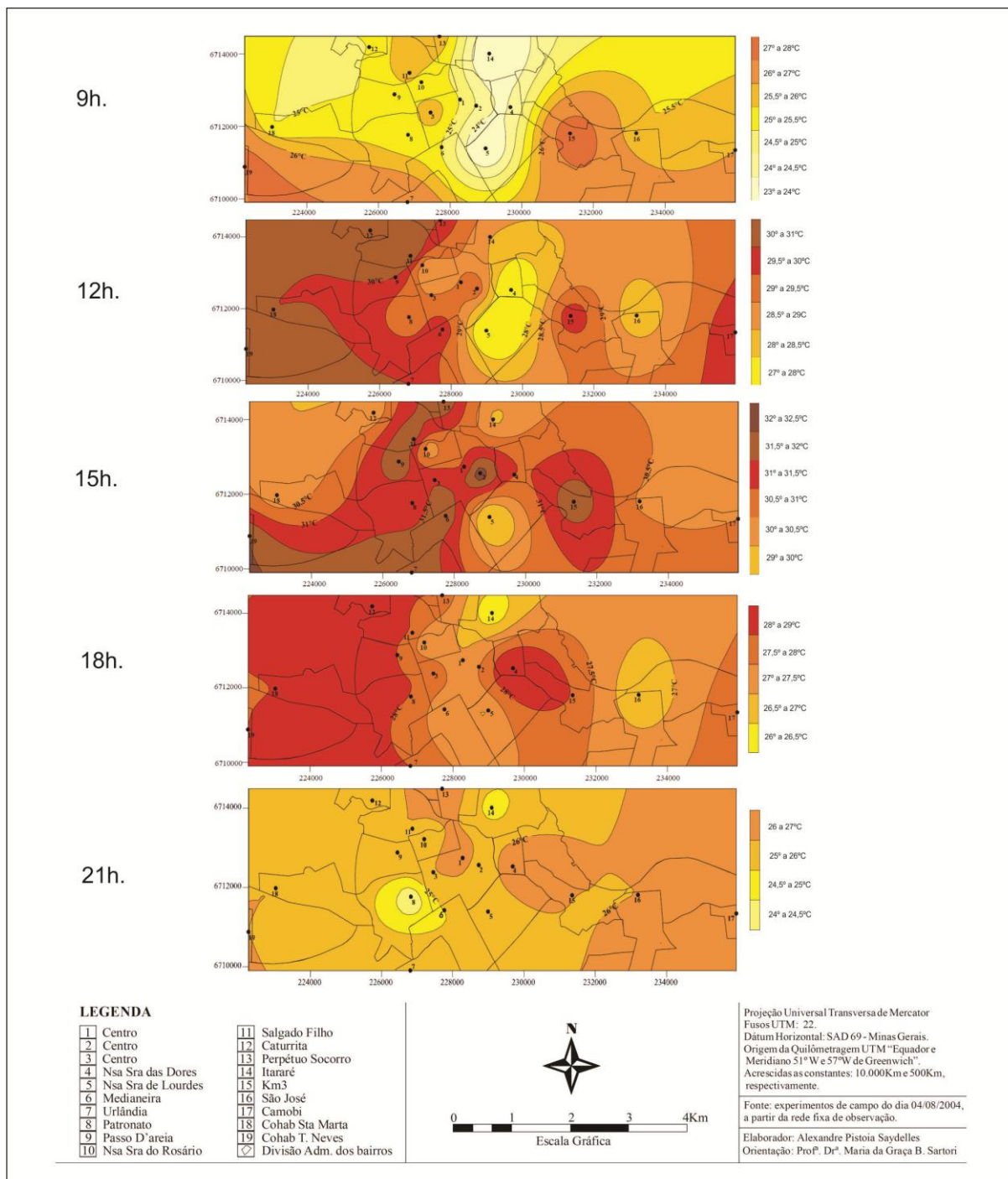


Figura 48. Variação do conforto térmico da área urbana de Santa Maria no dia 04/08/2004, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada com influência da condição de tempo pré-frontal.

Fonte: adaptado de Saydelles (2005, p. 155 e 164).

Às 18h, a incidência de radiação solar já era menor e, com esse efeito, a superfície urbana estava em processo de liberação de calor armazenado durante o dia, registrando uma diminuição do aquecimento urbano. O autor aponta, tal como discutido por Costa (2009), que o movimento aparente do sol, de leste para oeste, acaba intensificando a existência de áreas mais aquecidas nos bairros situados na porção oeste da área urbana.

Às 21h, o autor registrou que as temperaturas nesse horário já se demonstraram muito homogêneas, sem a formação de ilhas de calor, que certamente estava relacionada a dissipação do calor provocada pela ação do vento norte. Destacam-se ainda os bairros Itararé e Patronato, que em função da vegetação registraram temperaturas mais amenas que os demais nesse horário.

A partir dessas análises do campo térmico em nível topo e mesoclimático com base nos trabalhos de Saydelles (2005) e Costa (2009), passa-se agora a descrever as análises das medições de temperaturas realizadas nas áreas-piloto anteriormente descritas.

O dia selecionado para a realização das medições a campo foi o dia 25/11/2011, onde as condições de tempo (**Figura 49**) se configuravam sob o domínio de Massa Polar Velha ou modificada, não se observando o avanço de Frentes em direção à região central do estado do Rio Grande do Sul. É importante ressaltar a vigência do horário brasileiro de verão (-2h. em relação à GMT), e que os horários aqui descritos seguem este fuso.

A cidade de Santa Maria apresentou ao longo do dia o céu aberto, em que junto a Estação Meteorológica²⁸ de Santa Maria registrou-se uma amplitude térmica diária de 16°C (máxima de 30,3°C e mínima de 14,3°C), onde a umidade do ar iniciou alta pela manhã (94% às 6h.) decrescendo gradualmente ao longo do dia pela influência da incidência solar (82% às 9h., 57% às 12h, 52% às 15h, 46% às 18h), e voltando a aumentar após às 19h, com 50% e logo após as 22h com 72%. Outros fatores importantes que auxiliaram no sucesso das medições foram a ausência de precipitação e a baixa intensidade do vento²⁹, que somadas à alta incidência solar diária (maior durante esta estação de verão) acabaram desenvolvendo altas temperaturas na cidade.

²⁸ Disponíveis para observação no endereço < http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php>.

²⁹ É importante ressaltar que a ausência de ventos fortes é essencial para possibilitar a observação da minimização da temperatura pela vegetação, visto que, conforme afirma Torre (2009), este acaba dissipando a umidade produzida pela evapotranspiração das plantas.

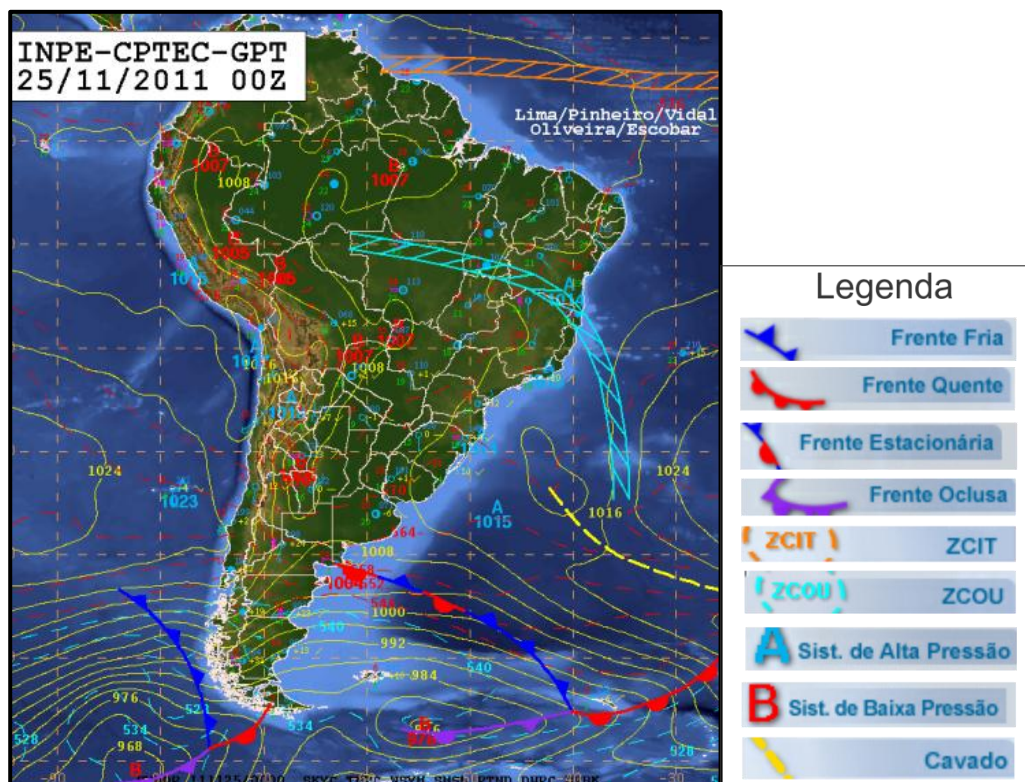


Figura 49. Carta sinótica do dia 25/11 mostrando o estado do Rio Grande do Sul sob o domínio Massa Polar Velha ou modificada.

Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em <http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/analise_25112011.pdf>.

Desta forma, como resultado das medições realizadas a campo (**Tabela 9**), foram gerados um conjunto de cartogramas (**Figura 50**) que possibilitam a interpretação da variação do campo térmico nas quatro áreas piloto, em nível microclimático. Ressalta-se que alguns horários selecionados para o mapeamento e análise do campo térmico diferem dos padrões medidos nos trabalhos dos autores anteriormente explicitados, dada à consideração do horário de verão, mas que os mesmos permitem observar claramente a variação do campo térmico.

Tabela 9. Dados de temperatura coletados junto às quatro áreas pilotos no dia 25 de novembro de 2011, sob domínio da Massa Polar Velha ou modificada.

Horário	ÁREA PILOTO 1 (temperatura do ar em °C por ponto)										ÁREA PILOTO 2 (temperatura do ar em °C por ponto)										ÁREA PILOTO 3 (temperatura do ar em °C por ponto)										ÁREA PILOTO 4 (temperatura do ar em °C por ponto)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
09:00	22	22,4	22,4	23	21	21,7	23,2	22	23,3	23,1	22,1	22	22,2	22,5	22,6	22,7	22,8	23	22,9	22,7	21,2	21,4	21,3	21,4	21,3	20	20,1	20,4	21,2	22,3	21,9	21,7	22	22,4	23,5	22,1	21,6	22,5	24	23,1
10:30	24,6	24,5	24,8	26,6	24,3	25,2	26,4	24,5	26,7	26,8	24	25	24,1	25,1	26,4	23,9	23,8	24,9	25,9	25,1	24,1	25,1	24,4	24,5	25,4	21,9	21,9	22,4	23,7	24,1	26,4	26,2	25,6	26,4	26,9	26,2	25,5	26,8	27	27,5
12:00	28,1	27,5	27,3	29,9	26,9	25,8	29,1	27,3	29,7	29,9	26,4	27,7	28,6	28,7	28,5	26,9	27,5	27	27,8	27,6	27,1	27,3	27,4	27,4	27,5	25,7	25,6	26,1	26,7	27,2	29,3	29,2	28,7	29	30,4	29,5	30	30,3	29,5	30
14:30	31,4	32	32	34,7	30,4	29,7	32,5	30,4	31,8	31,5	30	31,7	31,5	31,7	31,6	29,9	31,1	30,4	30	31,5	29,1	30,2	29,1	29,1	29,3	28,6	28	28,1	28,3	29,2	29,9	30,6	30	30	31,9	31,2	31,5	30,8	31,2	31,2
16:00	31	32,4	32,3	34,5	29,5	29,7	31,5	30,5	33,2	32,6	31,9	32,2	31,3	31,3	31,4	32,2	31,3	31,6	32,2	32,5	29,8	31,2	30,8	30,1	29,5	27,8	27,6	27,6	28,6	30,1	32,9	32,9	31,8	31,6	32,4	31,6	32,1	32,3	32	32,2
17:30	30,9	32,8	31,8	34,7	29,4	29,8	30,9	30,4	32,1	32	32,5	32,4	31,8	33,7	29,4	31,6	32,9	30,9	32,1	32	30,3	30,8	29,9	30	29,2	26,6	26,7	28,6	28,4	29	32,2	32	31,6	31,2	31,6	32,3	32,2	32,2	32,4	31,9
19:00	30,4	30,3	30,3	32,3	27,4	30,1	30,7	30,4	30,5	30,1	30,2	31,6	30,4	31,4	30,9	30,6	30,7	30,9	30,9	30,5	28,6	28,3	28,9	27,9	26,8	24,2	25,8	25,3	27,6	26,8	30,5	30,7	29,8	30	30,5	30,8	31,2	30,6	30,5	30,3
20:30	25,4	26,9	26,8	27	23,2	25,6	27,6	24,3	27	25,7	28	29,3	29,1	29,5	29,1	28,4	29,2	29	29,3	29,2	24,9	24,1	24,4	24,3	25,3	24,1	24,2	24,8	25,4	25,5	27,1	27,1	25,8	26,1	26,3	27,4	28,7	27,5	28	27,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

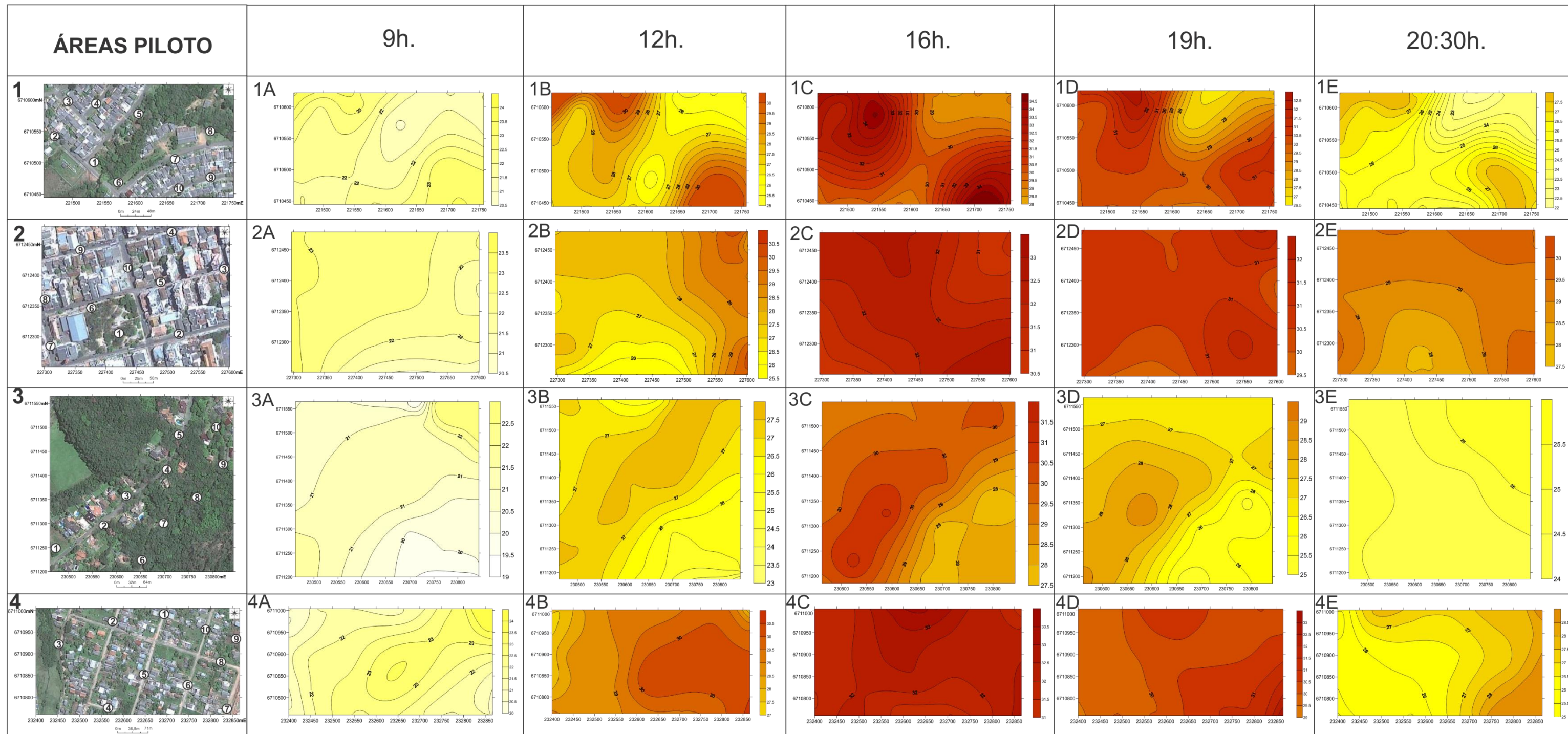


Figura 50. Variação do campo térmico nas quatro áreas piloto selecionadas nos seguintes horários: 9h (Cartogramas “A”), 12h (Cartogramas “B”), 16h (Cartogramas “C”), 19h (Cartogramas “D”) e 20:30h (Cartogramas “E”). Nas imagens iniciais, indica-se a distribuição dos pontos de coleta dos dados.

Fonte: elaborado pelo autor junto ao software Surfer 8, com edição gráfica no software Corel Draw X5. As imagens iniciais das áreas piloto foram extraídas do software Google Earth, e correspondem a imagem GeoEye de 21/09/2011.

Analisando as quatro áreas piloto selecionadas, observa-se que as médias térmicas gerais dos pontos medidos por horário em cada área piloto (**Figura 51**) mostram que apesar de todas as áreas apresentarem a mesma tendência de aumento das temperaturas até por volta das 16h com a diminuição nas horas seguintes, influenciada pela variação da incidência solar, as quatro áreas apresentaram temperaturas médias distintas ao longo do dia. Em destaque no gráfico observa-se a Área Piloto 3 (AP3), em que as médias em todos os horários foram inferiores às médias nas demais áreas piloto. As outras áreas piloto marcaram às 9h praticamente os mesmos valores médios (22,4°C na AP1, 22,6°C na AP2 e 22,5°C na AP4), mas foram se diversificando ao longo do dia, com destaque para as 21h, em que a AP2 apresentou a maior média do horário (29°C), se diferenciando em 3°C da AP1 e 1,8°C da AP4.

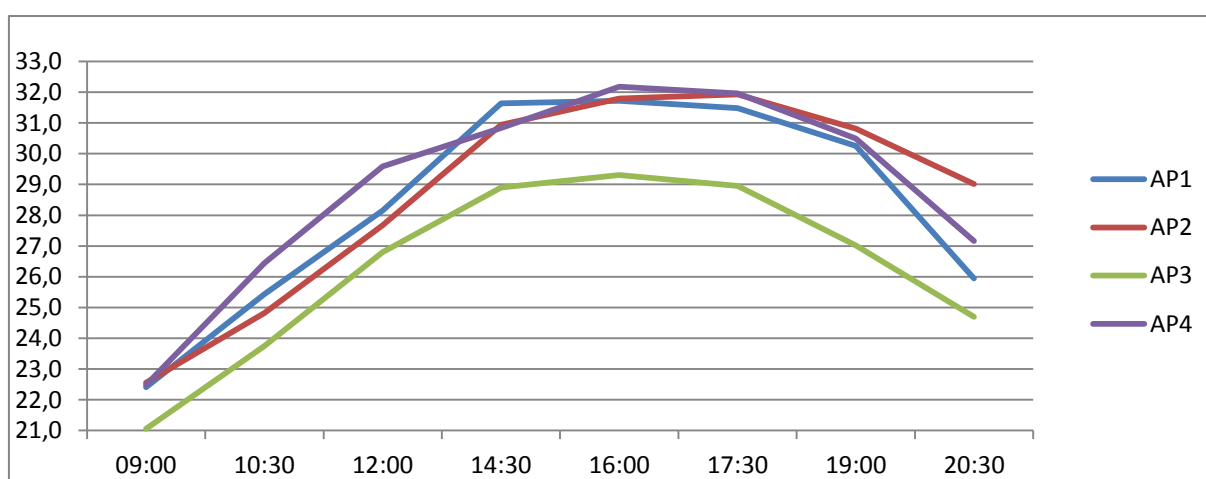


Figura 51. Gráfico das médias dos pontos mensurados por horário nas quatro Áreas Piloto (AP 1, 2, 3 e 4).

Fonte: elaborado pelo autor.

Na AP1 (**Figura 52**) as condições microclimáticas mostram o campo térmico com uma variação entre a área vegetada e as áreas de habitação já às 9h. Os pontos mais próximos das áreas densamente arborizadas, pontos 1, 5, 6 e 8 marcaram, respectivamente 22°C, 21°C, 21,7°C e 22°C, e diferem em média aproximadamente 1,5°C dos pontos mais inseridos junto as áreas residenciais, pontos 3, 4, 9 e 10, que apresentaram, respectivamente, 22,4°C, 23°C, 23,3°C e 23,1°C. Essa diferenciação fica evidente ao observarmos o “cartograma 1A”, que mostra a área central vegetada com as cores mais amenas que indicam as temperaturas menores, crescendo de forma gradual em direção às áreas residenciais à margem direita e esquerda do tributário do Arroio Ferreira. Apesar de ser um canal de água pouco expressivo, acredita-se que esta variação desde este horário é também influenciada diretamente pela umidade do ar maior nas proximidades deste tributário.

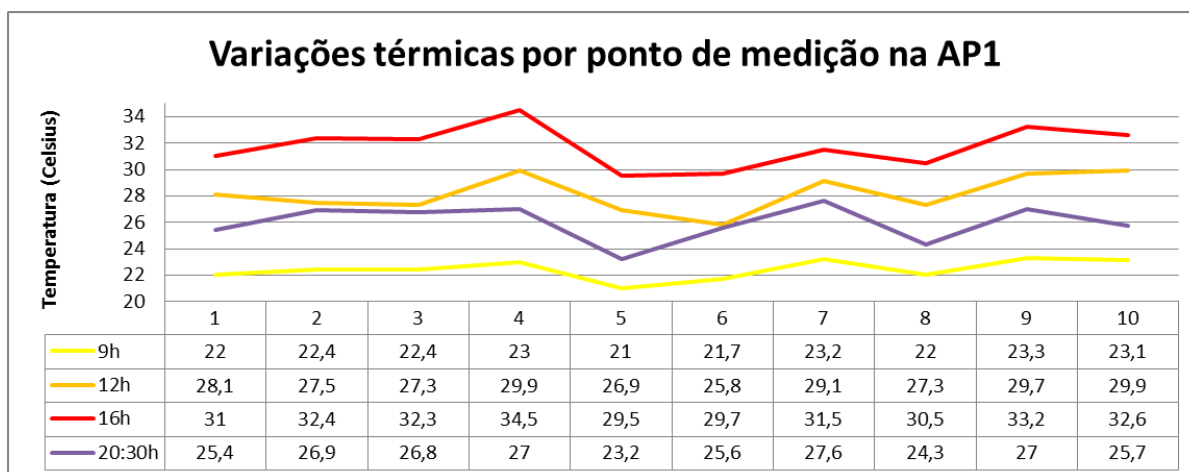


Figura 52. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 1 por horário de medição. Nota-se junto aos pontos 1, 5, 6 e 8, localizados nas proximidades do fragmento arbóreo mais significativo da área, que as temperaturas registradas apresentaram uma amenização em relação às demais medições principalmente nos horários de maior incidência solar registrados (12h e 16h).

Fonte: elaborado pelo autor.

Às 12h, com o aumento da incidência solar e o aquecimento da temperatura atmosférica, observa-se que a tendência do aquecimento das áreas residenciais prossegue, sendo que os pontos 4 e 10 já registram temperatura próxima dos 30°C, enquanto os pontos mais próximos da área vegetada apresentam temperaturas abaixo dos 27,3° (ponto 8), com os pontos 1, 5 e 6 registrando, respectivamente, 28,1°C, 26,9°C e 25,8°C. O “cartograma 1B” mostra claramente essa acentuação do quadro já visível às 9h.

Às 16h foram registradas as maiores temperaturas do dia nesta área (34,5°C no ponto 4 e 33,2°C no ponto 9), tornando o quadro de maior aquecimento das áreas mais distantes do fragmento de vegetação maior ainda, como pode ser observado no “cartograma 1C”. Oito dos dez pontos mensurados apresentaram temperaturas superiores a 30°C, sendo que apenas os pontos 5 e 6 apresentaram, respectivamente, 29,4°C e 29,7°C. Às 17:30h. o campo térmico apresentou praticamente o mesmo comportamento, sendo que as temperaturas diminuíram levemente em praticamente todos os pontos mensurados.

Às 19h as temperaturas ainda permaneciam altas, com a média dos pontos mensurados registrando 30,6°C. Porém, como pode ser observado no “cartograma 1D”, há uma diminuição da concentração térmica junto às áreas residenciais, impulsionado pela diminuição do grau de incidência da radiação solar.

As medições das 20:30h mostram que com o pôr do sol as temperaturas diminuíram significativamente, todas abaixo dos 27,6°C. Seguindo o panorama dos demais horários, o contraste entre as áreas mais próximas do fragmento de vegetação e as áreas residenciais ainda prosseguia, sendo que as temperaturas registradas nos pontos 1, 5, 6 e 8 apresentaram,

respectivamente, 25,4°C, 23,2°C, 25,6°C e 24,3°C, enquanto nos pontos 3, 4, 9 e 10 marcaram, respectivamente, 26,8°C, 27°C, 27°C e 25,7°C. O “cartograma 1E” mostra esta amenização geral das temperaturas em relação aos horários anteriores, ao mesmo tempo em que ainda denota o contraste entre as temperaturas marcadas nas áreas residenciais mais distantes e mais próximas da área vegetada.

De forma geral, observa-se na AP1 que ao longo do dia as temperaturas registradas próximas das áreas residenciais altamente edificadas apresentaram temperaturas superiores as observadas próximo da área vegetada. A média de todas as medições por ponto mostra os pontos 1, 5, 6 e 8 (mais próximos da área vegetada) medindo, respectivamente 28°C, 26,5°C, 27,2°C e 27,5°C, enquanto a média dos pontos mais inseridos junto às áreas edificadas mediram em média 28,5°C, 30,3°C, 29,3°C e 29°C nos pontos 3,4, 9 e 10. A média dos pontos nas áreas edificadas (28,5°C) mostra que a vegetação, com influência da umidade do tributário do Arroio Ferreira, contribui para a amenização da temperatura pela vegetação, em média 1,2°C, visto que a média dos pontos mais próximos do fragmento foi 27,3°C. Saydelles (2005), como destacado anteriormente, apresentam em suas análises mais abrangentes situação muito semelhante à encontrada nesta área em nível microclimático, onde os autores destacam o Conjunto Habitacional Tancredo Neves com o registro de altas temperaturas também influenciado pelo alto adensamento de edificações e a morfologia suave e baixa altimetria que favorecem a incidência solar direta.

Na AP2 (**Figura 53**), às 9h as temperaturas nos 10 pontos mensurados não apresentaram variações significativas, com amplitude máxima de 1°C nas medições realizadas (22°C no ponto 2 e 23°C no ponto 8). Entre os demais pontos a variação foi decimal, tornando o campo térmico bem mais homogêneo, sendo possível observar no “cartograma 2A” apenas um leve aquecimento de leste para oeste. Os valores de temperatura do ar medidos nos pontos da Praça dos Bombeiros (pontos 1 e 6) apresentaram temperaturas de 22,1°C e 22,7°C, respectivamente, que não diferem significativamente das demais medições da área. Cabe chamar a atenção para o fato de que essa homogeneidade do campo térmico tem relação direta com a estrutura da paisagem da AP2, também bem homogênea.

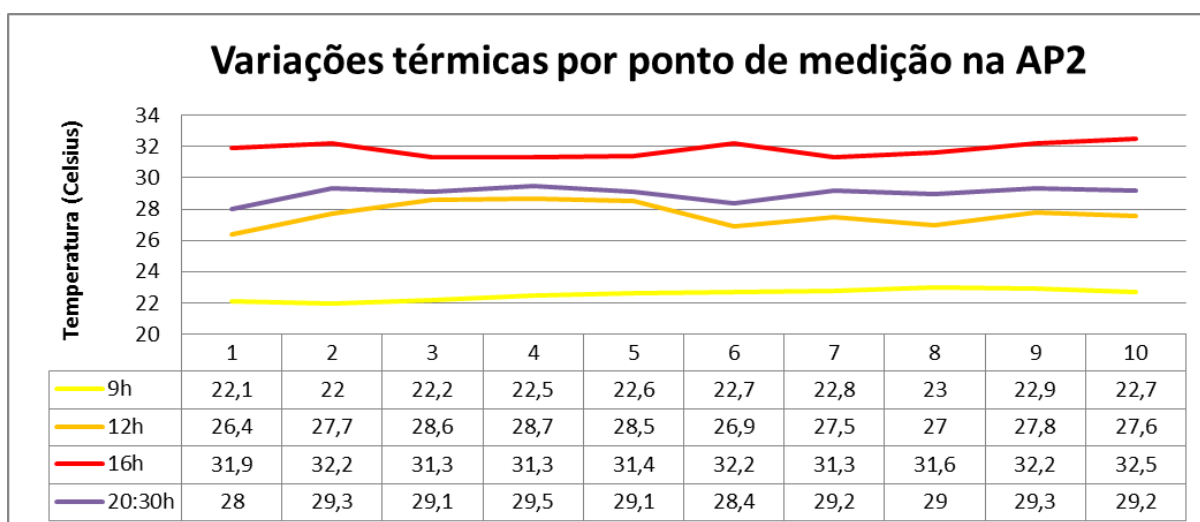


Figura 53. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 2 por horário de medição. Observa-se que até em função da homogeneidade da estrutura espacial da área, as temperaturas em cada ponto acabaram sendo semelhantes no mesmo horário de medição. Nos pontos 1 e 6, localizados junto a Praça dos Bombeiros, observa-se uma amenização térmica principalmente às 12h e às 20:30h.

Fonte: elaborado pelo autor.

Às 12h, no “cartograma 2B” o aumento da incidência solar apresenta temperaturas mais amenas nas medições junto a Praça dos Bombeiros (26,4°C no ponto 1 e 26,9°C no ponto 6), sendo observado um aquecimento gradual em direção à leste do cartograma, mais altamente edificada, e com construções verticalizadas. Os pontos mais a leste (2, 3, 4 e 5) apresentaram, respectivamente, 27,7°C, 28,6°C, 28,7°C e 28,5°C. Esse quadro de aquecimento maior da região leste prossegue às 14:30h, mas com as temperaturas começando a subir rapidamente, sendo que com restrição do ponto 6 que marcou 29,9°C, os demais todos ultrapassaram a marca de 30°C, com a máxima do horário sendo 31,7°C nos pontos 2 e 4.

Às 16h observa-se que o aquecimento que antes aparecia a leste do cartograma, se intensificou e se alastrou por toda a área, sendo que todas as temperaturas superaram os 31°C. Observa-se que o comportamento do campo térmico, no “cartograma 2C”, apresenta significativo aquecimento geral da área selecionada, sem significativas variações. Esse panorama prossegue nas medições das 17:30h, onde inclusive alguns pontos apresentaram temperatura do ar maior que as medidas as 16h (pontos 1, 2, 3, 4 e 7), registrando até mesmo a máxima diária junto ao ponto 4 (33,7°C), muito provavelmente porque já começava a haver o início da radiação terrestre acumulada nas áreas construídas.

Às 19h, no “cartograma 2D”, observa-se que com a diminuição da incidência solar, tal como na “Área 1”, as temperaturas começam a diminuir e o campo térmico reduz as variabilidades espaciais, com o maior distanciamento entre as isotermas. Porém, nesse caso, observa-se um campo térmico ainda muito aquecido no seu conjunto, reflexo da evolução do

quadro das 16h. Próximo à Praça dos Bombeiros já se observa novamente uma leve amenização das temperaturas.

Às 20:30h, já com o sol tendo se posto, apesar das temperaturas permanecerem altas, o campo térmico (“cartograma 2E”), mostra que há uma amenização das temperaturas, principalmente nas proximidades da praça. Os pontos 1 e 6 apresentaram, respectivamente, 28°C e 28,4°C, situados junto a praça foram os únicos que mediram abaixo dos 29°C, sendo a temperatura máxima medida junto ao ponto 4 (29,5°C).

Percebe-se que a AP2 apresentou um campo térmico aquecido durante grande parte do dia, em que as superfícies aquecidas refletiram em um aumento da temperatura das 9h até por volta das 17:30h, e que esse aquecimento foi amenizado de forma lenta, pois às 20:30h a média térmica dos pontos mensurados ainda permanecia em 29°C, visto que as 16h esta média fora 31,8°C. Em comparação com a variação das medições na AP1 (média de 31,7°C as 16h e 26°C as 20:30h), observa-se que a AP2 teve um prolongamento do período de aquecimento, muito em função do padrão de urbanização de edificações de alta densidade. Há de se considerar que esta área selecionada se diferencia das demais também em função do grande fluxo de veículos e pessoas, e que esse fator certamente é influente no prolongamento do aquecimento. Em relação aos arredores dessa área selecionada, tanto Costa (2009) quanto Saydelles (2005) encontraram um grande aquecimento durante o dia, que acaba refletindo no âmbito microclimático como se pode observar, sendo que os autores também justificam esse fato principalmente em relação ao índice de impermeabilidade das edificações.

A Praça dos Bombeiros, bem arborizada, refletiu em uma amenização térmica em pelo menos 3 dos 5 horários mapeados, às 12h, às 19h e às 20:30h (cartogramas 2B, 2D e 2E). Pela manhã, às 9h (cartograma 2A) como havia uma amenização geral das temperaturas, não se observou maiores efeitos da vegetação, enquanto às 16h (cartograma 2C) no período de registro das maiores temperaturas diárias, junto à praça não se observaram temperaturas menores. Acredita-se que esse último fato apontado refira-se justamente ao pequeno tamanho da praça, que acabou sendo “influenciada” pelas temperaturas altas ao seu redor, sem capacidade de exercer uma funcionalidade ambiental mais efetiva nesse horário. É importante registrar ainda, que apesar de bem arborizada, grande parte do solo da praça encontra-se impermeabilizado, o que também influencia na menor contribuição térmica do fragmento arborizado.

A AP3 (**Figura 54**) foi a que registrou a menor temperatura diária entre todas as medições, junto ao ponto 6 (20°C), sendo que seu campo térmico as 9h (“cartograma 3A”) mostra maior homogeneidade das temperaturas. Já pela manhã as temperaturas a sudeste do cartograma, área bem arborizada e com menor avanço das edificações, já apresentam

menores temperaturas, como a temperatura anteriormente citada (do ponto 6) e os 20,1°C marcados junto ao ponto 7, que diferem dos pontos situados nas áreas residenciais mais ocupadas que marcaram 21,2°C (ponto 1), 21,4°C (ponto 2) e 21,3°C (ponto 3).

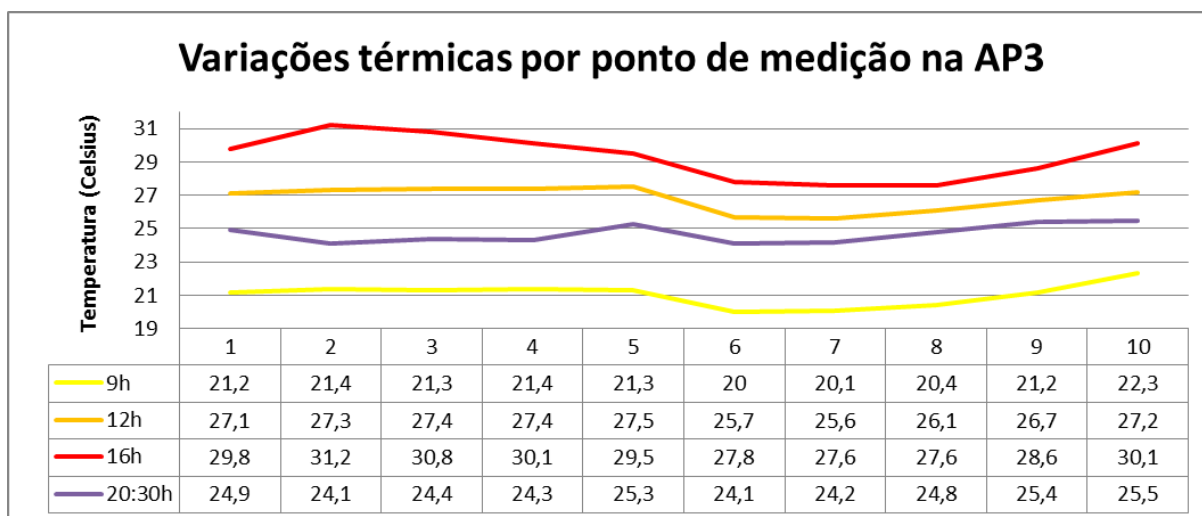


Figura 54. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 3 por horário de medição. Sendo a área com a maior porcentagem de arborização entre as Áreas Piloto selecionadas, observou-se que os pontos de medições nesta área marcaram temperaturas mais amenas que a maioria dos pontos das demais áreas piloto, considerando os horários de medições.

Fonte: elaborado pelo autor.

Às 12h (“cartograma 3B”), o campo térmico ainda apresenta a mesma tendência, de um maior aquecimento da região central mais ocupada em comparação às áreas periféricas a sudeste e a noroeste, que apresentam temperaturas menores. Os pontos 6 e 7 (25,7°C e 25,6°C) se diferenciaram em cerca de 1,5°C dos pontos 9 e 10 (26,7°C e 27,2°C), situados mais a nordeste do cartograma.

Esse cenário se intensifica às 16h, onde se registram as temperaturas mais acentuadas do dia (31,2°C no ponto 2 e 30,8°C no ponto 3), tornando o campo térmico (“cartograma 3C”) com as temperaturas maiores se concentrando novamente junto a área residencial e diminuindo em direção às áreas vegetadas a noroeste e a sudeste. É relevante observar que a temperatura máxima dessa área é 2,5°C menor do que a máxima medida na AP2 e 3,5°C menor do que a máxima medida na AP1.

Às 19h o campo térmico (“cartograma 3D”) já se demonstrava muito menos intenso com um maior distanciamento entre as isotermas, ainda denotando as maiores temperaturas junto à região com maior densidade de residências. A temperatura média das medições, de 27°C, já aponta para essa redução térmica diferenciada das duas outras áreas selecionadas supracitadas, que apresentaram médias de 30,3°C (AP1) e 30,8°C (AP2).

Às 20:30h a configuração do campo térmico (“cartograma 3E”) já demonstrava-se muito amenizada, influenciada pela dissipação da amenização térmica da vegetação após o por do sol. Com isso, a temperatura média dos pontos mensurados nessa área passou a ser 24,7°C, a menor entre todas as médias do horário nas demais áreas selecionadas.

É importante destacar que por ser a AP3 uma área muito mais arborizada que as demais áreas selecionadas, observa-se claramente na comparação com os cartogramas das demais áreas, que esta área apresentou um padrão térmico mais baixo em relação às demais. As próprias áreas de ocupação residencial maior junto a AP3 (que apresentaram as maiores temperaturas dentro da área ao longo do dia) apresentam temperaturas mais baixas que as temperaturas encontradas nas demais áreas residenciais mensuradas nas outras áreas. Como está situada em uma região mais alta que as demais áreas selecionadas, acredita-se que as condições de altitude também tenham influenciado na diminuição dessas temperaturas, visto que a variação de altitude entre os pontos mensurados na área 1 (mais baixa) foi de cerca de 70m em relação aos pontos da área 3 (mais alta).

Na última área selecionada, a AP4 (**Figura 55**), às 9h, o campo térmico (“cartograma 4A”) já demonstrava um maior aquecimento da porção central em direção ao nordeste do cartograma, formando um eixo de maiores temperaturas. A temperatura nos pontos 9 e 10, mais a nordeste, apresentaram, respectivamente, 24°C e 23,1°C, e contrastam com a medida no ponto 3 (22°C), que está mais próximo do maior fragmento arbóreo da área.

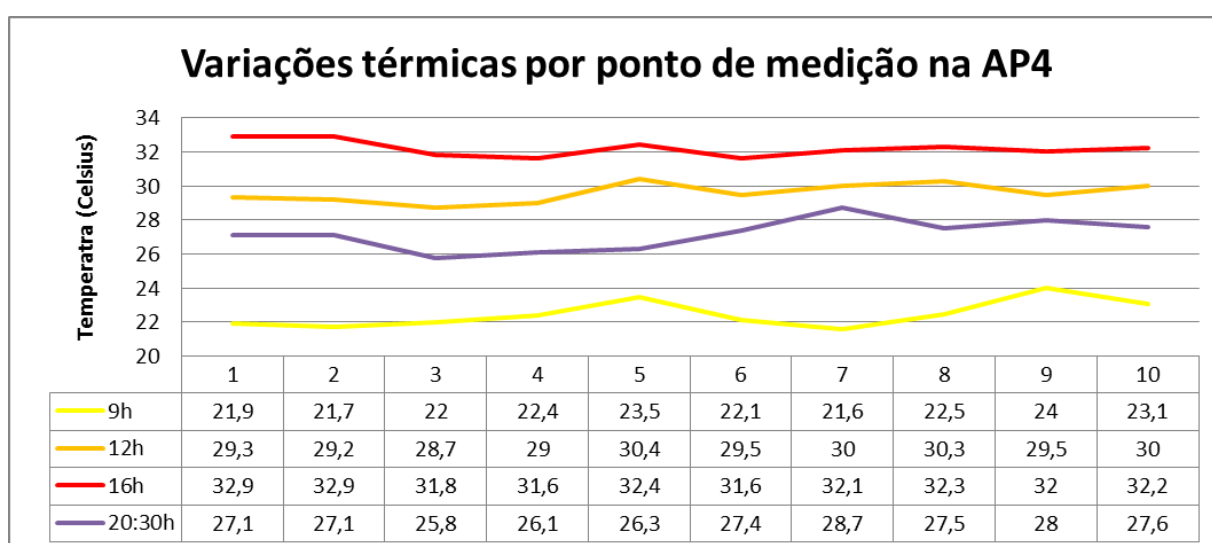


Figura 55. Variação da temperatura em cada ponto da Área Piloto 4 por horário de medição. Observa-se que o ponto 3, próximo do fragmento arbóreo mais significativo da área, apresenta uma amenização térmica em relação a maioria dos demais pontos da área principalmente às 12h, 16h e 20h.

Fonte: elaborado pelo autor.

Às 12h, o aquecimento antes mais restrito aos setores nordeste e central do campo térmico (“cartograma 4B”) agora ocupa praticamente a metade leste do cartograma, que se demonstra gradualmente aquecida em relação a metade oeste. Mais próximo da área do fragmento de vegetação a temperatura é de 28,7°C (ponto 3), enquanto os pontos 7, 8 e 10, mais a leste, apresentam temperaturas superiores a 30°C.

Às 16h o quadro de aquecimento do campo térmico (“cartograma 4C”) se assemelha com o ocorrido no campo térmico da AP2 no mesmo horário, onde as temperaturas subiram em todos os setores do cartograma, com praticamente todas as temperaturas superando os 30°C (apenas os pontos 1, 3 e 4, que mediam, respectivamente, 29,9°C, 30°C e 30°C não superaram esta marca), enquanto os pontos 9 e 10 apresentaram a mesma temperatura, de 31,2°C. É importante ressaltar que ao sudeste do cartograma estava sendo realizada uma obra de construção de um conjunto residencial, que gerava um fluxo constante de veículos de carga e descarga e levantamento de poeira em suspensão. Acredita-se que esse fator também influenciou para o aumento das temperaturas a sudeste do cartograma.

Às 19h (“cartograma 4D”) ocorre a amenização das temperaturas, como nas demais áreas selecionadas nesse horário, seguindo o panorama de maior aquecimento da metade leste em relação à outra metade do cartograma. Próximo da área com presença do fragmento arbóreo se identificou novamente temperaturas mais amenas, sendo que o ponto 3 apresentou 29,8°C, enquanto os demais tiveram temperaturas superiores a 30°C, com máxima de 31,2 no ponto 7.

O “cartograma 4E” acaba denotando a amenização geral das temperaturas às 20:30h, sendo a média de temperaturas registradas 27,2°C. Ainda há uma leve tendência de aquecimento em direção a leste do cartograma, com maior intensidade em direção a sudeste. O ponto 7, mais a sudeste, registrou 28,7°C, enquanto o ponto 3, mais a leste, registrou 25,8°C.

Há um fator muito interessante que é possível observar no gráfico apresentado anteriormente, em relação ao que atesta Saydelles (2005) sobre a influência do movimento aparente do sol no aumento das temperaturas nos bairros a leste pelo período matutino. Como a AP4 é a única entre as áreas selecionadas que está situada na área leste do município, se pode observar que este fator é preponderante para que a média das temperaturas dessa área até o meio dia se torne superior às demais, ratificando a observação dos autores. Após o meio dia, observa-se que o aquecimento térmico geral começa a preponderar, que apesar da leve amenização se prolonga até por volta das 19h. Destaca-se que em pelo menos três dos cinco cartogramas é possível observar que mais próximo da área com o fragmento arbóreo mais significativo da AP4 há uma amenização térmica.

4.2.2 A vegetação e a regulação hidrológica

Para identificar as características de escoamento superficial junto às áreas piloto selecionadas, foi utilizado o modelo hidrológico de precipitação-vazão *curve number* utilizando geoprocessamento, onde com base no cruzamento de informações de uso e cobertura da terra com informações sobre as características naturais dos solos (reclassificados em Grupos Hidrológicos de Solos), foi gerada uma variável que representa o potencial de escoamento superficial em determinada área.

Para analisar o escoamento superficial em nível da paisagem urbana como um todo, analisa-se o estudo de Alves *et al* (2011), que utilizaram o mesmo modelo para identificar as características hidrológicas de toda a área urbana.

Neste estudo, os valores *curve number* também foram obtidos a partir do cruzamento das classes de uso e cobertura da terra com os grupos hidrológicos de solo, dispostos na **Tabela 10**.

Tabela 10. Valores *curve number* para bacias urbanas, em condições de umidade II.

Tipo de uso e cobertura da terra e suas condições	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
Arruamentos e áreas asfaltadas	98	98	98	98
Áreas de comércio, serviços e instituições	89	92	94	95
Áreas industriais	81	88	91	93
Áreas predominantemente residenciais (tamanho médio dos lotes)				
<500m ²	77	85	90	92
1000m ²	61	75	83	87
2000m ²	54	70	80	85
Espaços abertos: parques, praças, cemitérios e campos de futebol:				
Em boas condições (relva em mais de 75% da área)	39	61	74	80
Em condições médias (relva em 50 a 75% da área)	49	69	79	84
Vegetação arbórea de cobertura boa	25	55	70	77
Vegetação rasteira (campos) e arbustiva em boas condições	30	58	71	78

Fonte: adaptado com base em Wilken (1978), Tucci (1997), Risso *et al* (2008).

Considerando que os solos da área urbana de Santa Maria foram reclassificados entre os Grupos Hidrológicos³⁰ B, C e D (**Figura 56**), o limite inferior de *curve number* encontrado nos cruzamentos refere-se ao de áreas de vegetação arbórea de cobertura boa em grupo hidrológico B (valor 55), enquanto que o limite superior encontrado refere-se ao cruzamento da classe de arruamentos asfaltados com ambos os grupos hidrológicos (valor 98). Para o

³⁰ Os autores se basearam numa classificação de solos da área urbana de Santa Maria já existente, elaborada por Dalmolin e Pedron (2009), reagrupando os tipos de solos encontrados pelos autores em Grupos Hidrológicos de Solo, de acordo com as suas características físicas texturais.

limite inferior apresentado se desconsidera as superfícies de presença de água, pois esta classe foi conservada no cruzamento dos mapas para melhor visualização do escoamento superficial. O cruzamento dos mapas de uso e cobertura da terra e de grupos hidrológicos de solos possibilitou a elaboração do mapa de potencial de escoamento superficial da área urbana de Santa Maria (Figura 57).

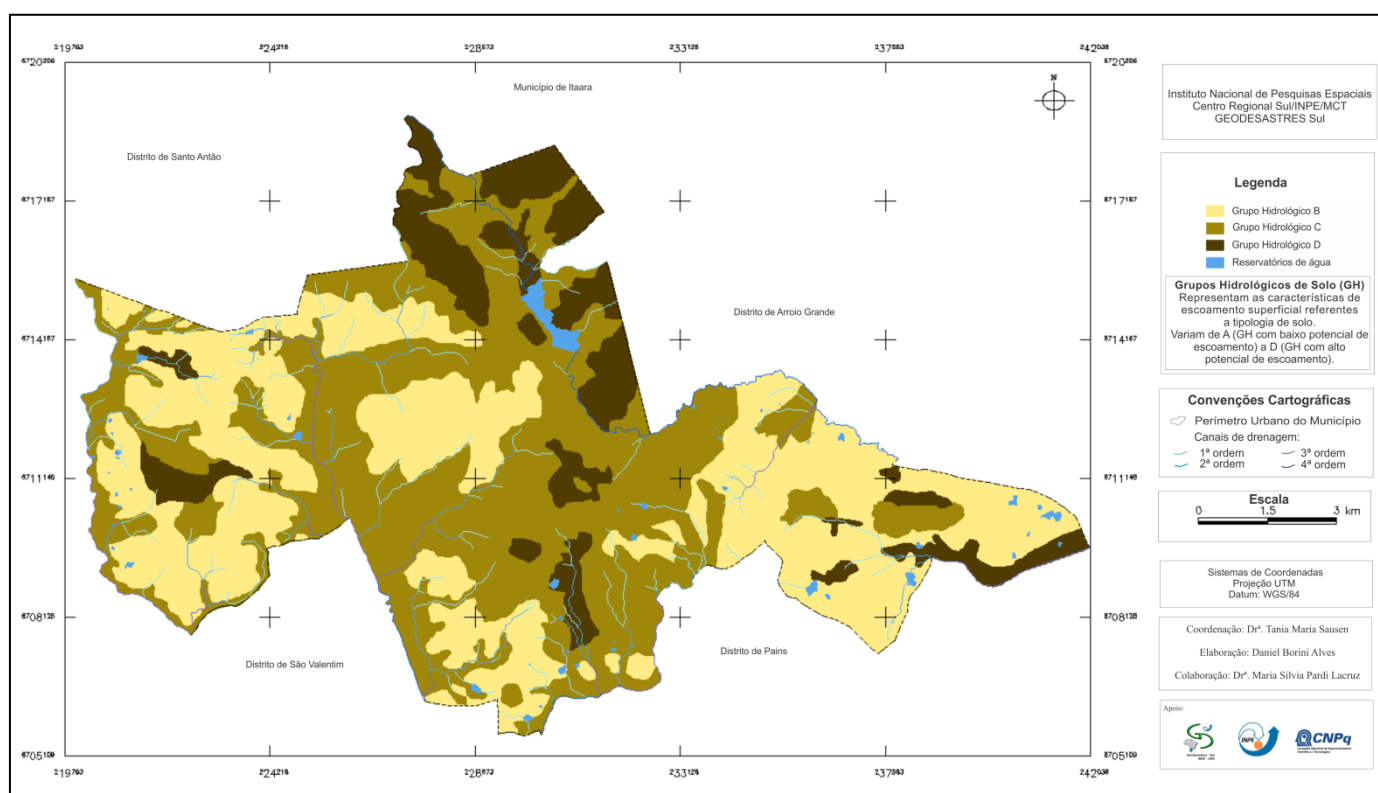


Figura 56. Tipos de solos reagrupados em Grupos Hidrológicos de Solos na área urbana de Santa Maria.

Fonte: Alves *et al* (2011,p. 5675)

A partir da distinção numérica do parâmetro *curve number* para as diferentes superfícies, estas foram classificadas de acordo com os seguintes intervalos: ≤ 59 ; 60 - 66; 67 - 73; 74 - 80; 81 - 87; 88 - 94; ≥ 95 . A distribuição numérica nas classes destaca a classes inferiores a 80, com uma proporção superior a 80% em relação à área total do perímetro urbano de Santa Maria (Tabela 11).

MAPA DE POTENCIAL DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA ÁREA URBANA DE SANTA MARIA - RS

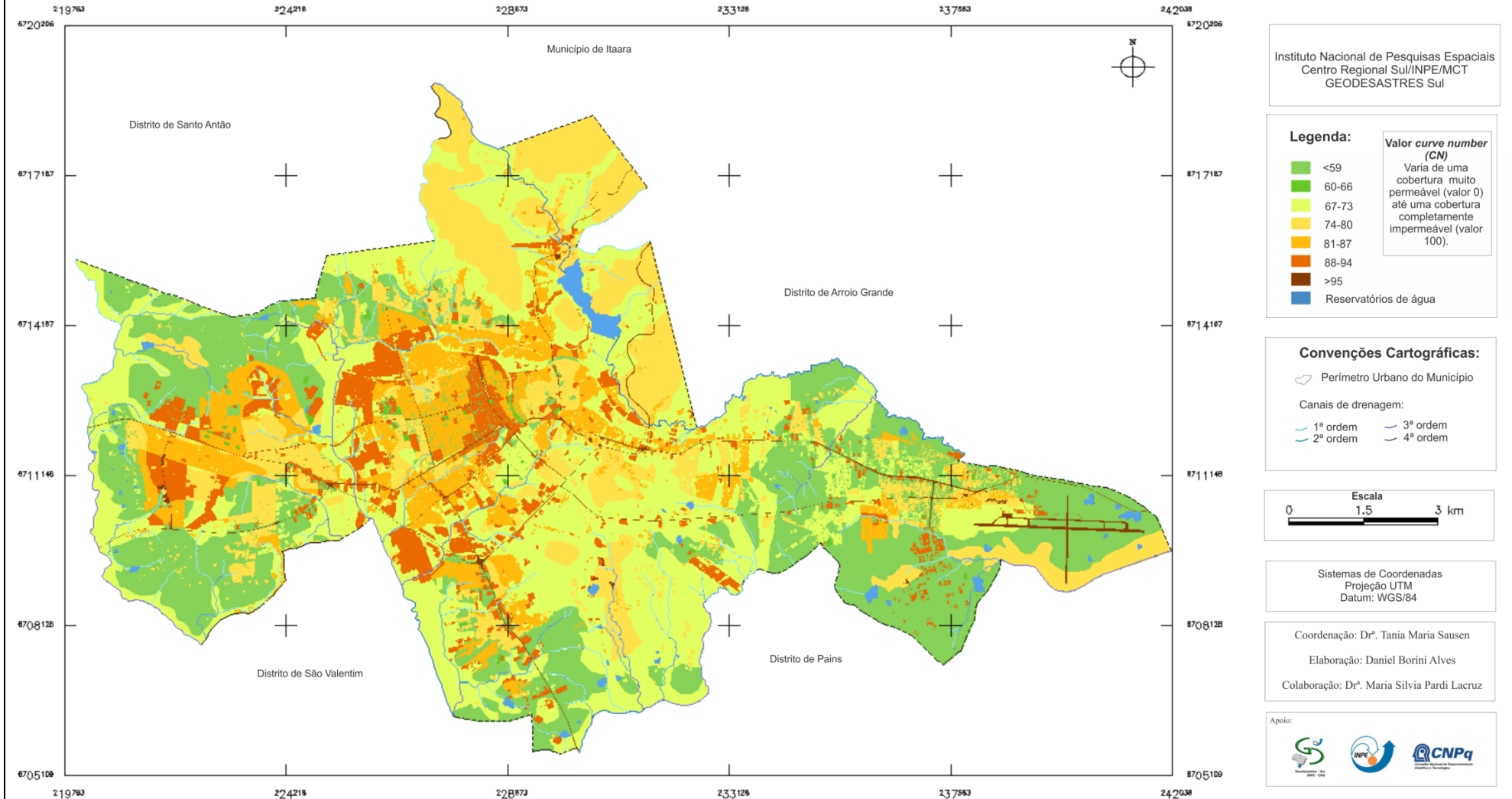


Figura 57. Mapa de potencial de escoamento superficial.

Fonte: Alves *et al* (2011, p. 5676).

Tabela 11. Medida de classes do mapa de potencial de escoamento superficial.

Escoamento	Classes	Área (ha)	Proporção (%)
Baixo grau de escoamento	≤59	3.369,26	26,02
Médio grau de escoamento	60 – 66	38,33	0,30
	67 – 73	4.325,9	33,41
	74 – 80	2.496,29	19,28
Alto grau de escoamento	81 – 87	1.425,76	11,01
	88 – 94	996,26	7,70
	≥95	142,08	1,10
-	Água	152,46	1,18
-	Total	12.946,34	100

Fonte: adaptado de Alves *et al* (2011, p.5677).

As áreas com *curve number* superior a 81, que indicam um alto grau de escoamento superficial, somam 2.716,56 hectares, que representam aproximadamente vinte por cento da área total urbana do município. Estas áreas estão localizadas principalmente no centro urbano e em áreas residenciais a oeste e centro-oeste do perímetro urbano.

Observa-se claramente no âmbito geral da paisagem urbana, que as áreas com maior densidade de vegetação acabam contribuindo significativamente para a redução do potencial de escoamento superficial e conseqüentemente para uma maior regulação hidrológica do sistema. Nas áreas mais altamente edificadas, em situações de precipitação, a ausência de áreas vegetadas acaba refletindo na aceleração do escoamento superficial, que promove o aumento da vazão dos canais de água para o quais a água se destina. Desta forma, aumenta-se a probabilidade de ocorrência de inundações, principalmente à jusante dos canais de água, e possibilitando ainda a ocorrência de alagamentos nas áreas de menores declives.

Para a análise do escoamento superficial junto as áreas piloto, utilizando os mapeamentos de Grupos Hidrológicos já elaborado por Alves *et al* (2011), passou-se para o detalhamento do uso e cobertura da terra junto as quatro áreas selecionadas, visando o posterior cruzamento dessas informações.

Como se trata de um maior detalhamento das classes de uso e cobertura da terra, relacionados a uma aproximação da escala de análise, a tabela de valores *curve number* recebeu algumas adaptações (**Tabela 12**), visando uma melhor especificação das características de escoamento superficial nas áreas selecionadas. Na classe “arruamentos”, foram inseridos os valores relacionados às vias calçadas com paralelepípedo e as vias sem pavimentação (de terra), e também foram feitas algumas especificações relacionadas às demais classes, como a inclusão dos terrenos baldios na

classe de “espaços abertos”³¹, a especificação das médias de áreas impermeabilizadas associadas a lotes residenciais consideradas pelos autores e a associação das classes de vegetação arbórea e rasteira a bosques e áreas de domínio público.

Tabela 12. Valores *curve number* para bacias urbanas, em condições de umidade II³²

Tipo de uso e cobertura da terra e suas condições	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
<i>Arruamentos (inclui estacionamentos)</i>				
Asfaltados	98	98	98	98
Calçados (paralelepípedos)	76	85	89	91
Não pavimentadas (terra)	72	82	87	89
<i>Áreas de comércio, serviços e instituições</i>	89	92	94	95
<i>Áreas predominantemente residenciais (tamanho médio dos lotes)</i>				
<500m ² ou cerca de 65% de média impermeável	77	85	90	92
1000m ² ou cerca de 38% de média impermeável	61	75	83	87
2000m ² ou cerca de 25% de média impermeável	54	70	80	85
<i>Espaços abertos: parques, praças, cemitérios, campos de futebol e terrenos baldios</i>				
Em boas condições (relva em mais de 75% da área)	39	61	74	80
Em condições médias (relva entre 50% a 75% da área)	49	69	79	84
<i>Vegetação arbórea de cobertura boa (associada a bosques e áreas de domínio público)</i>	25	55	70	77
<i>Vegetação rasteira e arbustiva em boas condições (associadas a bosques e áreas de domínio público)</i>	30	58	71	78

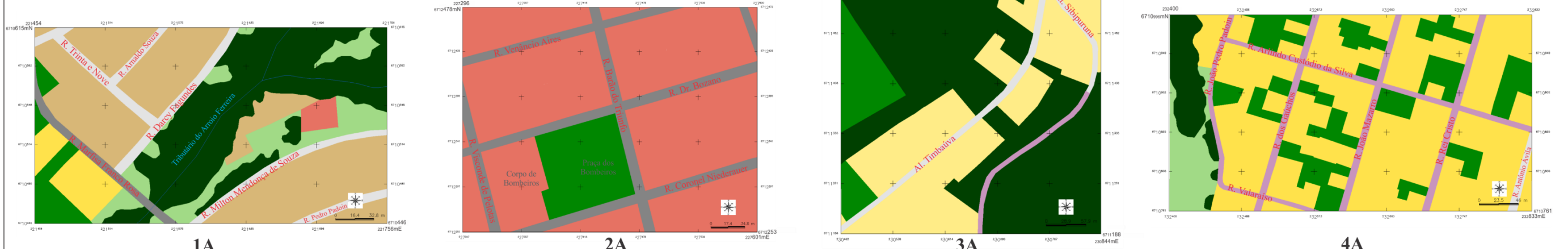
Fonte: adaptado com base em Wilken (1978), Tucci (1997), Rizzo *et al* (2008).

Neste contexto, os mapas de uso e cobertura da terra de cada área piloto, apresentados anteriormente, tiveram suas classes adaptadas de acordo com as dispostas na tabela acima. Os cartogramas de uso e cobertura da terra, Grupos Hidrológicas dos Solos e de escoamento superficial (**Figura 58**) de cada uma das áreas piloto (AP1, AP2, AP3 e AP4), foram gerados para interpretação da contribuição da vegetação no controle hidrológico nessas áreas.

³¹ Ao seguir a classificação do tabelamento *curve number*, na classe “espaços abertos” acaba-se por não incluir os bosques e áreas de domínio público com predomínio de vegetação arbórea, herbácea e arbustiva, agrupadas em outras classes. Apesar disso, que fique clara a posição do autor ao compreender que o conceito de “espaços abertos” inclui essas áreas, acompanhando os esclarecimentos de Cavalheiro *et al* (1999).

³² A utilização dos valores na condição de umidade II (condições médias) já é recorrente para a análise geral do escoamento superficial, haja vista que as os valores nas demais condições de umidade (I e III) são projeções a partir dos valores na condição II (ver equações na página 44).

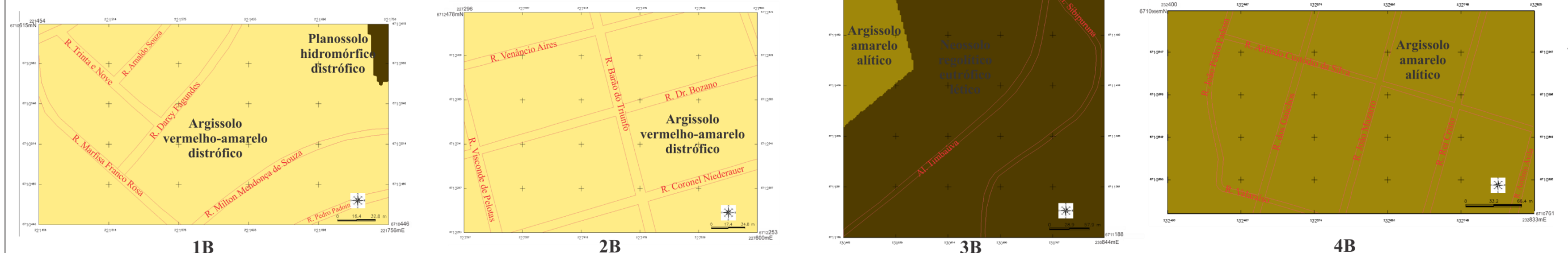
CARTOGRAMAS DE USO E COBERTURA DA TERRA



LEGENDA

<p>Arruamentos (inclui estacionamento)</p> <ul style="list-style-type: none"> Asfaltados Calçados Sem pavimentação (terra) 	<p>Áreas predominantemente residenciais (tamanho médio)</p> <ul style="list-style-type: none"> <500m² ou cerca de 65% de média impermeável 1000m² ou cerca de 38% de média impermeável 2000m² ou cerca de 25% de média impermeável 	<p>Áreas de comércio, serviços e instituições</p> <p>Espaços abertos: parques, praças, cemitérios, campos de futebol e terrenos baldios</p> <ul style="list-style-type: none"> Em boas condições (relva em mais de 75% da área) Em condições médias (relva entre 50% e 75% da área) 	<ul style="list-style-type: none"> Vegetação arbórea de cobertura boa (associada a bosques e áreas de domínio público) Vegetação herbácea e arbustiva de cobertura boa (associadas a bosques e áreas de domínio público) Canais de drenagem 	<p>Cartogramas elaborados com base em interpretação da imagem GeoEye (Resolução espacial 1,64m), extraída no software Google Earth, datada de 21/09/2011.</p> <p>Confeccionados no software Spring 5.1.7 e editados no software Corel Draw X5.</p> <p>Elaboração: Daniel Borini Alves</p> <p>Orientação: Dr. Adriano Severo Figueiró</p>
--	--	--	--	--

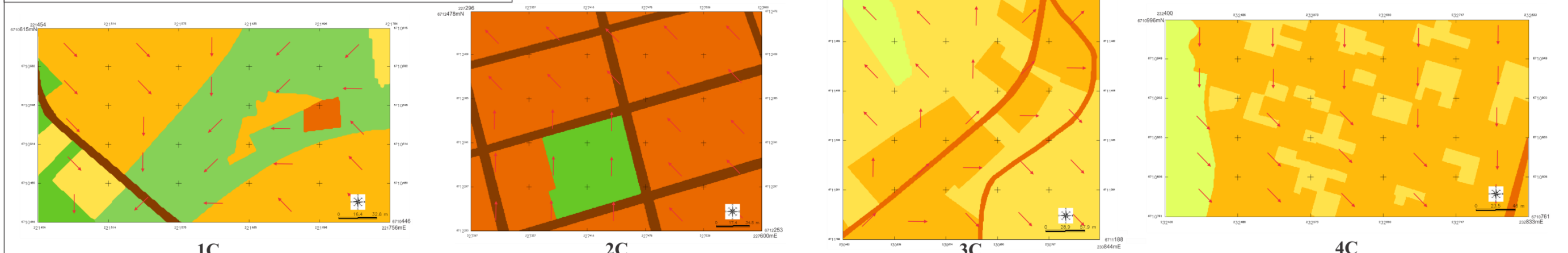
CARTOGRAMAS DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SOLO



LEGENDA

<p>Grupo Hidrológico B</p>	<p>Grupo Hidrológico C</p>	<p>Grupo Hidrológico D</p>	<p>Traçado dos arruamentos</p>	<p>Grupos Hidrológicos de Solo (GH)</p> <p>Representam as características de escoamento superficial referentes à tipologia de solo.</p> <p>Variam de A (GH com baixo potencial de escoamento) a D (GH com alto potencial de escoamento).</p>	<p>Cartogramas elaborados com base no mapa de GH de Alves <i>et al</i> (2011), que reclassificaram os tipos de solos mapeados por Dalmolin e Pedron (2009).</p> <p>Confeccionados no software Spring 5.1.7 e editados no software Corel Draw X5.</p> <p>Elaboração: Daniel Borini Alves</p> <p>Orientação: Dr. Adriano Severo Figueiró</p>
----------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------------	---	--

CARTOGRAMAS DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL



LEGENDA

<p>Valores curve number</p> <ul style="list-style-type: none"> ≤59 60-66 67-73 74-80 81-87 88-94 ≥95 	<p>Setas de direção do escoamento superficial e/ou sub-superficial.</p>	<p>O valor curve number (CN) varia de uma cobertura muito permeável (valor 0) até uma cobertura completamente impermeável (valor 100).</p>	<p>Cartogramas elaborados com o cruzamento dos cartogramas A e B, baseado no tabelamento de valores curve number.</p> <p>Confeccionados no software Spring 5.1.7 e editados no software Corel Draw X5.</p> <p>Elaboração: Daniel Borini Alves</p> <p>Orientação: Dr. Adriano Severo Figueiró</p>
--	---	---	--

Figura 58. Cartogramas de Uso e Cobertura da Terra (A), Grupos Hidrológicos de Solos (B) e de Escoamento Superficial (C), das quatro áreas piloto selecionadas (1, 2, 3 e 4).

Fonte: elaborado pelo autor.



Os cartogramas de uso e cobertura da terra retratam diferentes padrões de urbanização impressos nas quatro áreas piloto (cartogramas 1A, 1B, 1C e 1D). As medidas de classes em cada área piloto (**Tabela 13**) permitem interpretar algumas características de cada uma dessas áreas, importantes para a interpretação das suas condições hidrológicas.

Tabela 13. Medida de classes dos cartogramas de uso e cobertura da terra das áreas piloto.

Tipo de uso e cobertura da terra e suas condições	AP1		AP2		AP3		AP4	
	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)
<i>Arruamentos (inclui estacionamentos)</i>								
Asfaltados	1.200	2,22	11.922	17,09	-	-	-	-
Calçados (paralelepípedos)	4.600	8,50	-	-	5.638	3,88	-	-
Não pavimentadas (terra)	-	-	-	-	1.947	1,34	9.933	9,36
<i>Áreas de comércio, serviços e instituições</i>	760	1,40	50.629	72,57	-	-	-	-
<i>Áreas predominantemente residenciais (tamanho médio dos lotes)</i>								
<500m ² ou cerca de 65% de média impermeável	20.839	38,51	-	-	-	-	-	-
1000m ² ou cerca de 38% de média impermeável	2.884	5,33	-	-	-	-	63.917	60,22
2000m ² ou cerca de 25% de média impermeável	-	-	-	-	48.750	33,58	-	-
<i>Espaços abertos: parques, praças, cemitérios, campos de futebol e terrenos baldios</i>								
Em boas condições (relva em mais de 75% da área)	2.122	3,92	7.217	10,34	11.944	8,23	19.381	18,79
Em condições médias (relva entre 50% a 75% da área)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vegetação arbórea de cobertura boa (associada a bosques e áreas de domínio público)</i>	15.839	29,27	-	-	76.878	52,96	6.412	6,04
<i>Vegetação rasteira e arbustiva em boas condições (associadas a bosques e áreas de domínio público)</i>	5.868	10,84	-	-	-	-	5.939	5,60
TOTAL	54.112	100	69.768	100	145.157	100	106.140	100

AT – Área Total; P – Proporção.

Fonte: Elaborado pelo autor

No uso e cobertura da terra da AP1 (cartograma 1A), a classe anteriormente descrita apenas como de uso residencial foi reclassificada de acordo com o tamanho e a média de impermeabilidade do conjunto de lotes. Desta forma, na AP1 encontram-se lotes residenciais predominantemente pequenos e de altos índices de impermeabilidade (classe que predomina em proporção ocupada sobre as demais). O lote institucional foi agrupado na classe de “Áreas de comércio, serviços e instituições” e os terrenos baldios foram incluídos na classe de “Espaços abertos em boas condições”. Na medida das classes, destaca-se o uso residencial, que representam cerca de 40% da área total. O fragmento arbóreo na área de domínio público nos arredores do tributário do Arroio Ferreira também merece menção, ocupando cerca de 30% da área total.

Já no uso e cobertura da terra da AP2 (cartograma 2A), como há o predomínio de lotes de uso misto e de uso comercial, e os poucos lotes de uso residencial apresentam condições de impermeabilidade de solo semelhante aos lotes de uso comercial, grande parte da área foi incluída na classe de “Áreas de comércio, serviços e instituições”. Um lote comercial, de

estacionamento asfaltado foi incluído junto à classe de arruamentos asfaltados, restando apenas a Praça dos Bombeiros que foi incluída na classe de “Espaços abertos em boas condições”. Haja vista esta generalização de classes para melhor explorar as características de escoamento superficial da área, a classe de “Áreas de comércio, serviços e instituições” se destaca ocupando cerca de 70% da área total.

No uso e cobertura da terra da AP3 (cartograma 3A), os lotes residenciais foram agrupados na classe de residências de lotes maiores, com as menores médias de impermeabilidade. Os terrenos baldios, todos em boas condições, foram incluídos na classe de “Espaços abertos”. Destaque na medida de classes para as áreas de vegetação arbórea associada a bosques e áreas de domínio público, ocupando cerca de 53% da área total, e também a classe dos lotes residenciais grandes de baixa impermeabilidade de solos, que representam cerca de 33% da área total.

Na AP4, o uso e cobertura da terra (cartograma 4A) também tiveram os lotes residenciais reclassificados. Diante de lotes pequenos com presença de pátios, os mesmos foram incluídos na classe de lotes de tamanho e grau de impermeabilidade médios. Tal como nas demais áreas, os terrenos baldios foram inseridos na classe de “Espaços abertos”. Cerca de 60% da área total da AP4 está na classe de áreas residenciais, estando outros 19% relacionado a espaços livres, composto em grande parte pela quantidade de terrenos baldios em boas condições.

Quanto aos Grupos Hidrológicos (GH) de Solos encontrados nas áreas piloto (cartogramas 1B, 2B, 3B e 4B), se observam os tipos de solo (Dalmolin e Pedron, 2009) que correspondem aos três grupos hidrológicos (B, C e D) reclassificados por Alves *et al* (2011),

Na AP1 são encontrados dois tipos de solo (cartograma 1B), o argissolo vermelho-amarelo distrófico espessarênico de textura arenosa/média e o planossolo hidromórfico distrófico típico de textura arenosa/argilosa. O argissolo vermelho-amarelo, considerado bem drenado, foi reclassificado no GH B, enquanto o planossolo hidromórfico distrófico, devido a apresentar características de má drenagem e suscetibilidade a inundações, foi reclassificado no GH D.

Em relação à área total da AP1 (54.112m²), o predomínio total é do argissolo vermelho-amarelo, com cerca de 98% da área total (53.220m²), sendo a parcela restante de 892m² à nordeste onde predomina o planossolo hidromórfico. Essas características denotam que a área como um todo apresenta boas condições naturais de drenagem do solo.

Na AP2 é encontrado apenas um tipo de solo (cartograma 2B), o argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico de textura arenosa/argilosa. Tal como na área piloto 1, que também apresenta argissolo vermelho-amarelo, este foi classificado no GH B, considerado bem drenado.

Diante de uma única classe de solo, a área total da AP2 (69.768m²) ficou agrupada no GH B, denotando que a área também apresenta boas condições naturais de drenagem do solo.

Na AP3 são encontrados dois os tipos de solos (cartograma 3B), o neossolo regolítico eutrófico léptico de textura média chernozêmico e o argissolo amarelo alítico típico de textura média/argilosa. O neossolo regolítico, devido à característica de contato lítico, foi reclassificado no GH D, enquanto o argissolo amarelo foi reclassificado no GH C, considerados mal drenados. Neste sentido, observa-se que a área em que predomina o GH D ocupa aproximadamente 90% da AP3, sendo apenas um pequena parcela da área à noroeste onde há o predomínio da classe de GH C. Essas características mostram que as características naturais de solo contribuem para o aumento do escoamento superficial da área.

Na AP4 é encontrado apenas um tipo de solo (cartograma 4B), também encontrado em parte da AP3, que corresponde ao argissolo amarelo alítico típico de textura média/argilosa, reclassificado no GH C, que reflete, nos 106.140m² da AP4, características de médio/alto grau de escoamento superficial proporcionado pelas características naturais de drenagem do solo.

De acordo com o cruzamento dessas informações de drenagem natural dos solos e do uso e cobertura da terra em cada área piloto, discutidos anteriormente, foram gerados os cartogramas de escoamento superficial (cartogramas 1C, 2C, 3C e 4C). O cruzamento com base no parâmetro *curve number* permite interpretar o grau de impermeabilidade das diferentes superfícies, sendo que junto a essas informações foram acrescentadas setas de direcionamento do escoamento superficial e sub-superficial. A tabela de medida de classes (**Tabela 14**) mostra a predominância de classes de maior ou menor impermeabilidade em cada área piloto, e os gráficos (**Figura 59**), evidenciam suas características hidrológicas.

Tabela 14. Medida de classes de impermeabilidade da terra em cada área piloto.

Valores <i>curve number</i>	AP1		AP2		AP3		AP4	
	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)	AT (m ²)	P (%)
≤59	20.674	38,21	7.217	10,49	-	-	-	-
60 – 66	2.253	4,16	-	-	-	-	-	-
67 – 73	-	-	-	-	9.111	6,28	12.151	11,45
74 – 80	3.686	6,81	-	-	80.467	55,43	19.381	18,26
81 – 87	25.539	47,20	-	-	48.120	33,15	73.825	69,55
88 – 94	760	1,40	50.139	72,91	7.459	5,14	783	0,74
≥95	1.200	2,22	11.412	16,59	-	-	-	-
TOTAL	54.112	100	68.768	100	145.157	100	106.140	100

AT – Área Total; P – Proporção.

Fonte: Elaborado pelo autor

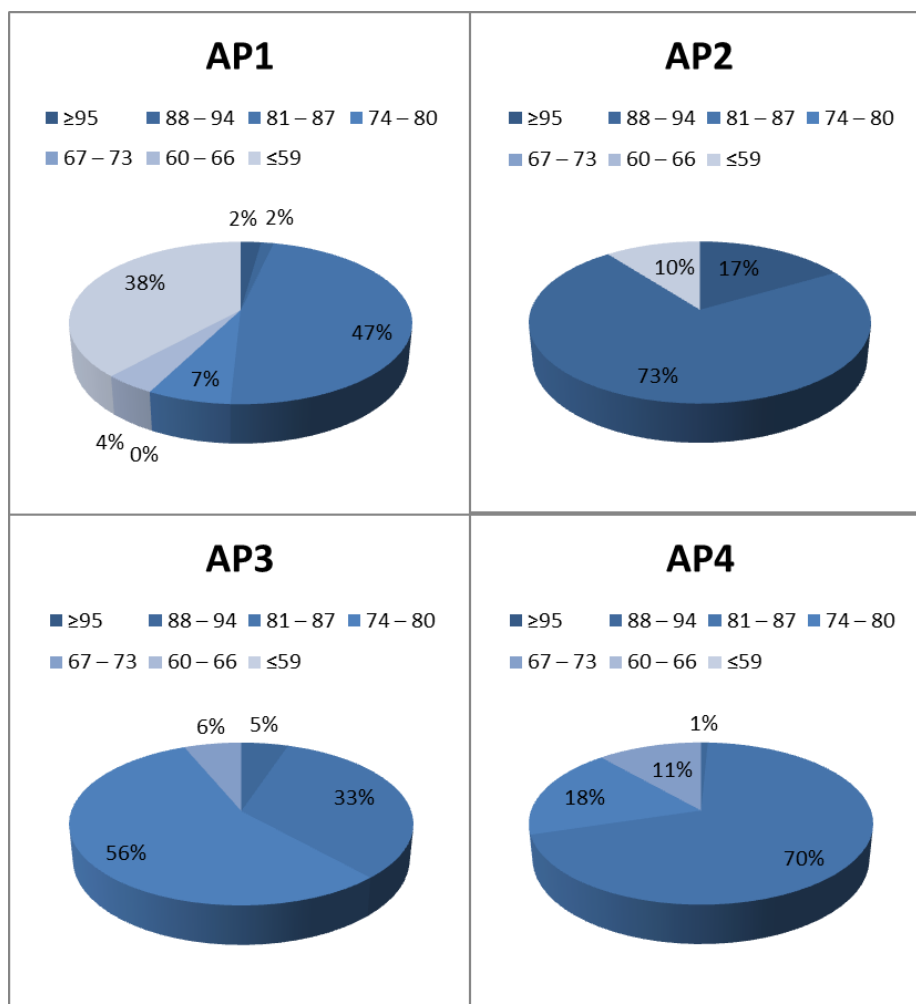


Figura 59. Gráfico de proporção das classes *curve number* em cada área piloto.
Fonte: elaborado pelo autor.

As características de escoamento superficial na AP1 (cartograma 1C) mostram que cerca de 38% da área apresenta baixo grau de impermeabilidade (*curve number* ≤ 59), que corresponde no cartograma a um “corredor” de NE para SO, ocupando a parte central da área, nos arredores do tributário do Arroio Ferreira, área com alto grau de cobertura vegetal. As classes com alto grau de impermeabilidade (*curve number* > 80), associadas principalmente às áreas de uso residencial intensivo e aos arruamentos, representam quase 50% da área total. Pode-se observar que desse percentual aproximadamente 47% estão na classe de valor *curve number* de 81-87, e só os outros 3% estão nas duas maiores classes.

É importante ressaltar que essa área está inserida junto à bacia hidrográfica do Arroio Ferreira, que é o canal de água que delimita a área urbana a leste, e que de forma geral o uso e cobertura da terra dessa bacia não possui alto grau de impermeabilização, sendo a sua maioria com a presença de cobertura vegetal. Os tributários que desembocam na margem esquerda do

Arroio Ferreira, como é o caso do que corre na AP1, são os que registram o maior índice de áreas edificadas nos seus arredores.

Neste sentido, as direções do escoamento superficial e sub-superficial na AP1 mostram em um primeiro momento um direcionamento do escoamento das áreas residenciais e dos arruamentos às margens esquerda e direita do tributário do Arroio Ferreira em direção ao centro do cartograma, para posteriormente correrem junto ao canal de água. A declividade média na AP1 é baixa (menor de 5% em praticamente toda a área), que influencia na baixa velocidade do escoamento superficial.

De forma geral, a regulação hidrológica da área apresenta-se em boas condições, visto que apesar de grande parte das áreas residenciais serem de uso intensivo e alto valor de impermeabilidade, o escoamento se direciona a uma área bastante vegetada, em grande parte bem conservada, que auxilia na amenização da velocidade de escoamento, permite a infiltração da água e, conseqüentemente, protege o canal do assoreamento e degradação das margens. Ressalta-se ainda que as condições naturais de solo também auxiliam no controle hidrológico da área, que não apresenta problemas de inundações e alagamentos. Acredita-se que os usos impressos atualmente nessa área não comprometem o curso do escoamento superficial e conseqüentemente não representam grandes alterações na vazão do Arroio Ferreira.

Na AP2, as características de escoamento superficial (cartograma 2C) apresentam as classes de alto valor de impermeabilidade em destaque, sendo quase 90% da área total inserida nas duas classes que indicam a maior impermeabilização (88-94 e ≥ 95). Apenas na área da “Praça dos Bombeiros”, bem arborizada, que o potencial de escoamento superficial é menor, incluída na classe de menor valor de impermeabilidade (≤ 59), que representam aproximadamente os 10% restantes da área.

Essa área está inserida na bacia hidrográfica do Arroio Cadena, sendo que a água precipitada na AP2 se destina a um dos tributários do canal principal, situado a noroeste da área. Desta forma, o direcionamento do escoamento superficial acaba se deslocando predominantemente a norte e noroeste, sendo sua velocidade superior à da AP1 não somente em função do maior grau de impermeabilidade, mas também porque a declividade média da área também é um tanto superior (predominam entre 5% e 12%).

De forma geral, o padrão de uso da terra intensivo da AP2 prejudica as condições hidrológicas da área, sendo que mesmo com o fato dessa área apresentar as melhores condições naturais de drenagem de solo, não a impede de ser a área com o maior potencial de escoamento superficial entre as demais áreas piloto. Acredita-se que a esse panorama de alto grau de escoamento superficial, que predomina não apenas na AP2 mais também em grande parte da área

que envolve a bacia do Arroio Cadena, acaba refletindo em problemas no controle hidrológico da área, que exigem altos investimentos na drenagem sub-superficial. E mesmo com esses investimentos, acaba-se por acelerar a velocidade do arroio, que a jusante da área canalizada a centro-oeste da área urbana resulta na ocorrência de inundações (que ocorrem frequentemente em algumas áreas, como no bairro Urlândia, em ocasiões de alta precipitação pluviométrica). Até mesmo nas baixadas menos declivosas dessas áreas intensamente edificadas no centro urbano, durante períodos de precipitação pluviométrica intensa, muitas vezes ocorrem alagamentos que dificultam a circulação de pessoas e automóveis, em vezes provocando danos materiais e possibilitando a disseminação de algumas doenças.

De qualquer forma, apesar de ser a “Praça dos Bombeiros” uma “espécie de ilha” de maior regulação hidrológica em meio a uma área em que o escoamento superficial é intenso, esta contribui, ao menos em parte, para amenizar a velocidade do escoamento em direção ao tributário do Arroio Cadena.

Na AP3, em relação às características de escoamento superficial (cartograma 3C), os valores de impermeabilidade mostram que cerca de 62% da área apresentam potencial médio de escoamento, enquanto os demais 38% apresentam potencial alto de escoamento (33% na classe 81-87, e 5% na classe 88-94). As áreas de médio potencial estão associadas a áreas de alta densidade de cobertura vegetal, enquanto as áreas de alto potencial estão associadas as áreas de uso residencial e aos arruamentos. Mesmo sendo o uso residencial de baixa impermeabilidade, este foi enquadrado como de alto potencial de escoamento devido às características naturais de solo, que devido ao contato lítico, ou seja, em que a camada rochosa está próxima da superfície, ocorre à saturação do solo muito rapidamente. Esse fator também influencia no fato da classe de vegetação arbórea estar inserido como de médio potencial de escoamento, e não baixo.

Como se pode observar no cartograma, a direção do escoamento se divide em direção a duas bacias hidrográficas diferentes, em que Alameda Tibaúva atua em grande parte como um divisor de águas, complementada por uma elevação do terreno a centro norte. Cabe ressaltar que essa elevação a centro norte destoa da tendência de elevação do morro, pois a hipsometria da área cresce na direção SO, onde se encontra o topo do morro, protegido conforme previsto na legislação ambiental.

Desta forma, as setas em direção ao oeste/noroeste direcionam o escoamento para a bacia hidrográfica do Arroio Cancela, em que o canal principal corre em áreas bem edificadas a centro-leste do perímetro urbano em direção a sul, desembocando no Arroio Cadena. Já o escoamento em direção ao leste/nordeste/sudoeste vão alimentar um tributário do Rio Vacacaí Mirim. As

declividades da área apresentam variações significativas, predominantemente baixas nas áreas residenciais junto a Alameda Timbaúva, mas principalmente a leste observa-se uma diminuição mais brusca das cotas hipsométricas, refletindo em maiores declives. Em geral observam-se os declives variando entre 5% e 30%, que podem proporcionar as maiores velocidades de escoamento entre as demais áreas, mas que é amenizada pelo uso e cobertura da terra.

Acredita-se que apesar das condições de solos serem desfavoráveis às boas condições de regulação hidrológica, o uso e cobertura da terra acaba sendo compatível para amenizar estas condições, com destaque para o papel das áreas com predomínio de cobertura vegetal, o que resulta em uma área com boas condições de regulação hidrológica. Sendo assim, observa-se no âmbito das bacias hidrográficas relacionadas a AP3, que esta área contribui no âmbito geral para o controle hidrológico no processo de captação pluviométrico.

Na AP4 as condições de escoamento superficial (cartograma 4C) apresentam características de impermeabilidade de potencial médio de escoamento em cerca de 30% da área, e alto potencial nos demais 70% da área (aproximadamente 69% na classe 81-87, e aproximadamente 1% na classe 88-94). As condições médias estão associadas principalmente às áreas de cobertura vegetal a oeste e aos terrenos baldios bem distribuídos na área. As condições de impermeabilidade altas estão associadas às áreas de uso residencial, mesmo que essas apresentando pátios, devido às condições naturais do solo que não apresentarem boa drenagem.

O direcionamento do escoamento superficial e sub-superficial observado no cartograma, predominantemente nas direções sul/sudeste, estão inseridos na bacia hidrográfica do Arroio das Tropas, que corre ao sul do perímetro urbano, e que de forma geral não apresenta condições intensivas de uso e cobertura da terra, não apresentando problemas relacionados a inundações. A declividade média é inferior a 5%, o que torna a velocidade do escoamento baixa.

Um problema em relação às características hidrológicas da AP4 é a existência de alguns pontos de alagamento em ocorrências de alta pluviosidade, localizadas nos pátios residenciais e nas vias sem pavimentação, devido a condições de baixa declividade associadas aos solos com características de má drenagem. Essas condições exigem investimentos de drenagem sub-superficial na área, visando evitar a ocorrência desses problemas. De qualquer forma, a boa distribuição dos espaços livres na área permite que as áreas residenciais de alto potencial de escoamento sejam amenizadas, com destaque para a densa área de cobertura vegetal a oeste.

5. CONSIDERAÇÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Já há consenso no âmbito científico de que a conservação da natureza nas cidades e o consequente aproveitamento dos seus atributos naturais no processo de planejamento e gestão da paisagem urbana podem trazer diversos benefícios no sentido de minimizar e prevenir os impactos gerados pelo adensamento populacional e de edificações. E, neste quadro, a manutenção da cobertura vegetal acaba sendo um dos principais fatores a serem considerados, devido às funcionalidades ambientais com as quais ela contribui e é em parte responsável.

Nos resultados aqui obtidos foi possível observar o contexto de diminuição gradual da cobertura vegetal na área urbana de Santa Maria nas últimas décadas, ao mesmo tempo em que junto às áreas selecionadas, foi destacada a importância da vegetação junto às duas funcionalidades ambientais selecionadas: a variabilidade térmica e a regulação hidrológica.

Observados os benefícios discutidos, mensurados e comprovados da cobertura vegetal em áreas urbanas, considera-se essencial para a melhoria da qualidade ambiental de Santa Maria, que sejam implantadas novas áreas verdes, estabelecendo critérios para que a disposição correta da arborização possa maximizar os seus efeitos positivos.

É importante ressaltar que a implantação dessas áreas verdes não deve ser descontextualizada de ações de educação ambiental que possam sensibilizar a população da importância da manutenção desses atributos naturais em área urbana. Não se pode implementar o verde sem trabalhar significativamente para que se entenda a importância de sua presença na área urbana.

Outro fator a ser considerado é a questão da distribuição espacial das áreas de cobertura vegetal. Neste contexto, baseando-se nas unidades de paisagem aqui definidas para o Geossistema urbano, é possível discutir algumas sugestões visando à gestão ambiental do território urbano no contexto da conservação da natureza, gerando possibilidades de o verde estar mais bem distribuído em meio à trama urbana.

Na Geofácia de áreas densamente edificadas, que apresenta um panorama de alto adensamento de edificações, acredita-se que a cobertura vegetal pode ter seu espaço garantido com a criação de parques, que possibilitam a disposição de melhores condições de conservação da natureza junto a áreas que também podem estar associadas ao lazer dos habitantes citadinos. Outra sugestão refere-se a possíveis incentivos do poder público municipal a adoção de telhados verdes, principalmente nas zonas mais adensadas com presença de edifícios, muito presentes nessa unidade de paisagem. É importante destacar que junto a essa Geofácia estão localizados os bairros centrais da cidade, onde se observou aqui que tiveram perdas significativas de cobertura vegetal nas últimas décadas, exigindo atenção especial do poder público a essas áreas.

Na Geofácia das áreas menos densamente edificadas, é possível incentivar a arborização dos pátios, buscando integrar jardins de residências e ampliar e otimizar a distribuição do verde, ao mesmo tempo que se deve evitar a construção de residenciais com alta densidade de edificações. No bairro Camobi, em que grande parte da sua área está contida dentro desta Geofácia e que se identificou aqui como uma área de expansão dos espaços construídos nas últimas décadas, observa-se que são muitos os condomínios com altos índices de área edificada que tem sido implementados. Considera-se extremamente relevante que se estude atentamente os limites e possibilidades de adensamento dessas áreas, visando o não comprometimento de determinadas funcionalidades ambientais.

Na Geofácia de matas galerias, já na sua nomenclatura se dispõe a importância da presença da cobertura vegetal arbórea nas margens e nos arredores das nascentes dos rios urbanos. Devem-se analisar as áreas de preservação permanente associadas aos recursos hídricos inseridos na malha urbana, identificando os locais que necessitam da recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Alguns exemplos podem ser citados aqui, como é o caso de grande parte das margens na extensão do Arroio Cancela, que estão inseridas nas proximidades de áreas altamente adensadas, e também nas margens de alguns tributários do Arroio Cadena nos bairros Passo D'Areia e Noal, que se encontram muito deterioradas.

Na Geofácia dos morros do rebordo é necessário continuar evitando que as malhas de extensão viária e de edificações se expandam por esse vetor. A criação de unidades de conservação, como discutido no trabalho de Nascimento e Foletto (2010), pode contribuir plenamente com a contenção dessa expansão, e deve ter a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como referência na instituição e zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Vacacaí-Mirim/RS.

Na Geofácia de morros testemunhos, onde ainda se observa uma boa matriz de cobertura vegetal em meio a uma área de pouco avanço das áreas edificadas, deve-se procurar manter a condição de conservação natural, evitando maiores adensamentos. A criação de parques também demonstra-se como uma boa estratégia de manutenção desses atributos, sendo que a sua implementação deve considerar o conceito de parque difundido no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Na Geofácia de áreas rururbanas, onde se acredita serem essas áreas estratégicas para expansão urbana nas próximas décadas, analisa-se que a manutenção da cobertura vegetal desde já deve ser pauta de discussão, para que as possibilidades de expansão possam ser realizadas de forma mais harmoniosa com os atributos e processos naturais, especialmente nas áreas mais baixas e de menor declividade, que possam servir como amortecedores da água escoada pela chuva em episódios de precipitação pluviométrica.

Certo de que a inserção da vegetação pode contribuir com a gestão ambiental urbana das cidades, é importante destacar que aqui não se defende as políticas ambientais urbanas devam ser reduzidas apenas a esse tipo e ação. É extremamente importante que sejam melhor consideradas demais atributos como a proteção e controle de qualidade dos recursos hídricos, a manutenção e limitações de uso de acordo com as condições geomorfológicas, tais como os problemas relacionados a ocupação de encostas, entre outros fatores a serem considerados.

Acredita-se que os diferentes campos de pesquisa em Geografia, que desenvolvem suas investigações relacionadas ao crescimento urbano, podem melhor explorar a questão das intensidades de uso antrópico e seus padrões de uso e ocupação, com fins de contribuir de forma ampla e plena com o planejamento das cidades. Nesse sentido, o diálogo entre as concepções teórico-metodológicas desenvolvidas pela Geografia Física e pela Ecologia Urbana podem render bons debates para melhor compreender a dinâmica espacial e temporal urbana.

Citando algumas sugestões de investigações que podem complementar e dar continuidade ao estudo da cobertura vegetal de Santa Maria e sua relevância para a manutenção da qualidade ambiental, é possível elencar alguns temas, tais como ao estudo do papel da vegetação no filtro de partículas de poluição nas áreas mais densamente ocupadas, ou ainda relacionando com a diminuição da poluição sonora. Carecem ainda investigações que contemplem uma discussão mais aprofundada dos espaços de lazer de Santa Maria através da criação de praças e parques, considerando a sua distribuição para bem atender as necessidades dos moradores da cidade.

Observa-se que os resultados aqui obtidos e discutidos, em torno da relevância do verde urbano e da sua tendência de supressão nas últimas décadas possam servir também como propulsores para que o conjunto de políticas do poder público municipal, que tem sido mais abrangente em relação às questões ambientais nas últimas décadas, e possam auxiliar na adequação de ações que considerem os atributos naturais da cidade de forma mais contextualizada e integrada, onde o processo de ordenamento e regulação das atividades urbanas, como afirmam Borges *et al* (2010), contenha estratégias de manutenção ecológica, permeabilidade de solos, regulação da temperatura, abrigo e produção de alimentos para determinadas espécies, ultrapassando a barreira do paisagístico, estético, no qual muitas secretarias municipais de meio ambiente padronizam suas ações.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI, M. The effects of urban patterns on ecosystem function. **International Regional Science Review**. Sage Publications, v.28, n.2, 2005. p.168-192. Disponível em: <<http://irx.sagepub.com/content/28/2/168.abstract>>. Acesso em 21 de jun. de 2011.
- ALBERTI, M.; MARZLUFF, J. M. Ecological resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. **Urban Ecosystems**. Kluwer Academic Publishers, n. 7, 2004, p. 241-265. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/w2k2705776j6t84n/>>. Acesso em 21 de jun. de 2011.
- ALONSO, J. J. G. Biogeografía urbana: presentación del caso de Alcalá de Henares. **Anales de Geografía de la Universidad Complutense**. Madrid: Servicio de Publicaciones de la Universidad Complutense, n. 15, 1995, p. 315-323.
- ALVES, D. B.; SAUSEN, T. M; LACRUZ, M. S. P. Modelagem dinâmica do escoamento superficial da área urbana do município de Santa Maria - RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, 2011. **Anais...** Curitiba, 2011.
- AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**. Florianópolis, v. 20, n. 39, 2005.
- ANTUNES, R. L. S. **Diagnóstico ambiental do bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro (Santa Maria – RS) através do mapeamento das unidades de paisagem e caracterização de conflitos**. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- BELÉM, J. **História do município de Santa Maria, 1797 - 1983**. Santa Maria: Edições UFSM, 1989.
- BENADUCE, M. I. V. **Parque Itaimbé – Santa Maria/RS: Gênese de um espaço público/privado**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: **Cadernos de ciências da terra**. São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.
- BORGES, C. A. R.; MARIM, G. C.; RODRIGUES, J. E. C. Análise da cobertura vegetal como indicador da qualidade ambiental em áreas urbanas: Um estudo de caso do bairro da Pedreira – Belém (PA). In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, VI; SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, II., 2010. Universidade de Coimbra. **Anais...** Coimbra, Portugal, 2010.
- BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. Urban greening to cool towns and cities. **Landscape and Urban Planning**. Elsevier GmbH, v. 97, 2010, p.147-155.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em 23 de outubro de 2011.

_____. **Lei 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em 23 de outubro de 2011.

_____. **Lei 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em 23 de outubro de 2011.

_____. **Lei 9.985**, de 18 de julho de 2000. Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em 23 de outubro de 2011.

_____. **Lei 12.651**, de 25 de maio de 2012. Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83>. Acesso em 30 de maio de 2012.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R.F. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.11, p.89- 97, 2006.

CAMARGO, C. E. S; AMORIM, M. C. C. T. Qualidade ambiental e adensamento urbano na cidade de Presidente Prudente (SP). **Scripta Nova – Revista Eletrônica de Geografia e Ciências Sociais**, Universidade de Barcelona, v. IX, n. 194 (46), ago. 2005.

CAVALHEIRO, F. **Urbanização e alterações ambientais**. In: SANTOS, D. G.; NUCCI, J. C. (org.). Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro. Campo Mourão: Ed. da FACILCAM, 2009.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y. T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Rio de Janeiro, ano VII, n.3, jul./set. 1999.

COSTA, E. R. da. **O campo térmico-higrométrico intra-urbano e a formação de ilhas de calor e frescor urbanas em Santa Maria-RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Edgard Blücher Ltda: São Paulo, 1999.

DAL'ASTA, A. P. **Análise geoestatística de parâmetros obtidos em sondagens de simples reconhecimento na porção central da cidade de Santa Maria – RS**. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Geografia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Solos do município de Santa Maria. **Ciência&Ambiente**. Santa Maria, n. 38, p.59-79, jan./jun. 2009.

DANSEREAU, P. As dimensões ecológicas do espaço urbano. In: VIEIRA, P. F.; RIBEIRO, M. A. **Ecologia humana, ética e educação: A mensagem de Pierre Dansereau**. Porto Alegre: Pallotti, 1999.

DIAS, G. F. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica**. Brasília: IBAMA, 1997.

ESCOBEDO, F. J.; NOWAK, D. J.; WAGNER, J. E. MAZA, C. L. de la; RODRIGUEZ, M. CRANE, D. E.; HERNANDEZ, J. The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. **Urban Forestry & Urban Greening**. Elsevier GmbH, v. 4, abril/2006, p.105-114. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866705000543>>. Acesso em 21 jun. 2011.

FIGUEIRÓ, A. S. **Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca** – Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

_____. Tradição e mudança em Geografia Física: apontamentos para um diálogo interno. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. M. **Diálogos na Geografia Física**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, 1986.

FREITAS, M. A. S.; PORTO, A. S. Considerações sobre um modelo determinístico de chuvas aplicado a bacias do semi-árido nordestino. **Revista Tecnologia**, out./1990. p. 45-49.

GALVÃO, W.; SANTOS, A.C.; PIACESKI, C.; GOOD, P. L.; NUCCI, J.C. Conservação da natureza no município de Curitiba/PR. **Revista GEOUERJ**. Rio de Janeiro, n. especial, 2003.

GARCIA-ROMERO, A.; JIMÉNEZ, J. M. **El paisaje em el ámbito de la Geografía**. México: Ed. da UNAM, 2002.

GERMANO, A. TUCCI C. E. M., 1995. Variabilidade do Parâmetro CN em bacias urbanas brasileiras. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS e II SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA DE PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, ABRH-APRH. **Anais...** Recife, nov./1995. p. 140-181.

GOMES, M. A.; SOARES, B. R. Reflexões sobre a qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 2 (2). p. 21-30, jul./dez. 2004. Disponível em: <www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm>. Acesso em 20 de jun. de 2009.

GRIMM, N. B.; GROVE, J. M.; PICKETT, S. T. A.; REDMAN, C. L. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. **BioScience**. v. 50, n. 7, jul./2000. p.571-584. Disponível em: <http://schoolofsustainability.asu.edu/docs/papers/2000/Grimm_et_al_2000.pdf> Acesso em 21 de junho de 2011.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência&Ambiente**. Santa Maria, n. 38, jan.-jun. 2009. p.43-59.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, mar. 2003.

JIM, C. Y. Tree-canopy characteristics and urban development in Hong Kong. **Geographical Review**, v. 79, n. 2, abr. 1989, p. 210-225.

KILCA, R. V.; LONGUI, S. J. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional. In: SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J. KILCA, R. V. **A floresta estacional subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do planalto meridional**. Santa Maria, 2011.

KIL-DONG, P. **Cheonggyecheon Restauration Project**. Seul Metropolitan Government. Disponível em: <http://www.wfeo.org/documents/download/Cheonggyecheon%20Restauration%20Project_%20Korea.pdf> Acesso em 20 de abril de 2011.

KIMMELMAN, M. Em Madrid, avenida marginal é enterrada para dar lugar a parque. **Jornal Zero Hora Digital**, 19 de janeiro de 2012. Disponível em: <<http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/noticia/2012/01/em-madri-avenida-marginal-e-enterrada-para-dar-lugar-a-parque-3636068.html>> Acesso em 21 de janeiro de 2012.

LANA, A. D.; NOGUEIRA, A. N.; JUNGES, L. L.; GARCIA, M. S.; BORGES, N. B.; MENEGUELLO, O. M.; BALSAN, R. **Área verde do bairro Centro do município de Santa Maria**. Trabalho apresentado na disciplina de Análise Ambiental do Curso de Especialização em Geociências da UFSM. Santa Maria, 1999.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental: a reapropriação da natureza social**/Enrique Leff; tradução Luís Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LIMA, A. M. L. P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; SOUSA, M. A. L. B.; FIALHO, N. O.; DEL PICCHIA, P. C. D. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZACAO URBANA, 2,1994. São Luiz. **Anais...** São Luiz: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p.539-553.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2ªed. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais da Universidade de São Paulo, 2008.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas: Conceitos, usos e funções. **Ambiência**. v.1, n.1. Guarapuava, jan./jun. 2005.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

LUCAS, C. A. de L.; ANTUNES, R. L. S.; FIGUEIRÓ, A. S. Caracterização e conflitos entre vegetação urbana e qualidade ambiental no bairro centro da cidade de Santa Maria/RS: uma primeira aproximação. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA V; SEMINÁRIO ÍBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, I. Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. **Anais...** Santa Maria, 2008. p. 986 – 1007.

MARCHIORI, J. N. A vegetação em Santa Maria. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria, n. 38, p.93-112, jan./jun. 2009.

MARCHIORI, J. N.; NOAL FILHO, V. A.; MACHADO, P. F. S. **Do Céu de Santa Maria**. Santa Maria: Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2008.

MARCHIORI, J. N.; NOAL FILHO, V. A. **Santa Maria**: Relatos e Impressões de Viagem. Santa Maria: editora da UFSM, 2008.

MASCARÓ, L. **Vegetação Urbana**. 2ª ed. Porto Alegre: Mais Quatro. 2005. 204p.

MILANO, M. S. ; DALCIN, E. S. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: LIGTH, 2000.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo, Contexto, 2000.

MOREIRA, H.; ANDRESEN, T.; MONTEIRO, A. Green structure and planning evolution in Porto. **Urban Forestry & Urban Greening**. Elsevier GmbH, v. 10, fev/2011, p.141-149. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866711000033>>. Acesso em 21 jun. 2011.

MUÑOZ, R. **Urbanización**: paisajes comunes, lugares globales. Barcelona: Gustavo Gili, 2008

NASCIMENTO, D. B. do ; FOLETO, E. M. Incompatibilidade legal em áreas protegidas na cidade de Santa Maria, RS/BRASIL. **Biblio 3w** (Barcelona), v. XVI, p. 943-0, 2011.

NASCIMENTO, D. B.; FOLETO, E. M. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica como referência na instituição e zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Vacacaí-Mirim/RS. In: FIGUEIREDO, L. C.; FIGUEIRÓ, A. S. **Geografia do Rio Grande do Sul**: temas em debate. Santa Maria: Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

NOVO, M. **El desarrollo sostenible, su dimensión ambiental y educativa**. Madrid: Unesco, 2006.

NOWAK, D. J. Assessing environmental functions and values of veteran trees. In: NICOLOTTI, G.; GONTHIER, P. **Proc. of the International Congress on the Protection and Exploration of Veteran Trees**. Regione Piemonte and Università di Torino, Italy. 2004, p.45-49.

NOWAK, D. J. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, N. 36, 1996, p. 49-57.

NUCCI, J. C; CAVALHEIRO, F. Cobertura vegetal em áreas urbanas – conceito e método. **Geosp**, São Paulo, n. 6, p. 29-36, 1999.

NUCCI, J. C. Análise sistêmica do ambiente urbano, adensamento e qualidade ambiental. **Ciências Biológicas e do Ambiente**, São Paulo, v.1, n.1, p. 73-88, 1999.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2ª ed. Curitiba: O Autor, 2008. 142p. Disponível em: <<http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs>>. Acesso em 10 ago. 2009.

PICKBRENNER, K.; PEDROLLO, M. C.; RISSO, A. Determinação do CN utilizando geoprocessamento: simulação hidrológica na Bacia do rio Criciúma. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** João Pessoa, 2005.

PINA, J. H. A.; SANTOS, D. G. dos. Qualidade ambiental urbana, qualidade de vida e unidades de conservação: o caso do Parque do Sabiá e do Parque Victório Siquierolli em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12, Universidade de la República. **Anais...** Montevideo, 2009, p.1-11. Disponível em: <http://egal2009.easyplanners.info/area07/7329_Pina_Jose_Hermano_Almeida.pdf> Acesso em 20 de nov. de 2011.

RISSO, A.; GONÇALVES, L. S.; SILVA, F. C. El cálculo del escurrimiento superficial en áreas urbanas utilizando geoprocessamiento. In: I ESCUELA DE PRIMAVERA SOBRE SOLUCIONES ESPACIALES PARA EL MANEJO DE DESASTRES NATURALES Y RESPUESTAS DE EMERGENCIAS-INUNDACIONES. **Anais...** Santa Maria, 2008.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia USP**. São Paulo, n.14, p. 69-77, 2001.

RODRIGUES, J. M. M; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. C. **Geoecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 3ªed. Fortaleza: Editora da UFC, 2010.

ROCHA, J. R.; WERLANG, M. K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Ciência e Natura**, Santa Maria, n. 27(2), p. 85-99, 2005.

ROCHA, J.R.; FIGUEIRO, A. S. Poluição do ar no bairro centro de Santa Maria/RS: Variáveis geourbanas e geoecológicas. **Mercator** – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, n. 18., p. 105-120, 2010. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/316/277>> Acesso em: 13 de jun. de 2010.

RUHOFF, A. L. Modelagem dinâmica de escoamento superficial na Bacia do Arroio Grande, RS. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Florianópolis, 21-26 abril/2007.

SANTA MARIA. **Lei 0.606**, de 13 de novembro de 1957. Abre crédito Especial para articulação dos Serviços de Florestamento no município, conforme convênio com a União. Santa Maria, 1957. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 1.370**, de 30 de janeiro de 1969. Abre crédito Aprova o plano preliminar e as diretrizes para o plano diretor de Santa Maria. Santa Maria, 1969. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 2.096**, de 10 de janeiro de 1980. Institui a Lei de Uso do Solo de Santa Maria. Santa Maria, 1980. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 2.437**, de 17 de dezembro de 1982. Considera objeto de valor histórico uma árvore localizada na esquina da Avenida Medianeira com a Avenida Fernando Ferrari. Santa Maria, 1982. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 2.539**, de 13 de dezembro de 1983. Determina sobre a plantação de árvores e dá outras providências. Santa Maria, 1983. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 2.799**, de 06 de outubro de 1986. Cria o Pronto Socorro da árvore. Santa Maria, 1986. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 2.859**, de 11 de junho de 1987. Declara imunes ao corte 73 árvores ornamentais, localizadas em ruas da cidade. Santa Maria, 1987. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 3.131**, de 21 de julho de 1989. Disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais, meio ambiente, reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse do município de Santa Maria, 1989. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 3.287**, de 27 de dezembro de 1990. Cria o Plano de Arborização Urbana e Rural do município. Santa Maria, 1990. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 3.498**, de 02 de julho de 1992. Dispõe sobre a arborização obrigatória das faixas de domínio das rodovias municipais e dá outras providências. Santa Maria, 1992. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 4.178**, de 23 de julho de 1998. Denomina o ano de 1999 como o Ano da Arborização e do Ajardinamento e cria a Campanha de Incentivo à Plantação de Árvores e Flores, 1998. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei Complementar 033**, de 29 de dezembro de 2005. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2005. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Projeto de Lei Complementar 6542/Executivo**, de 30 de março de 2006. Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano e sobre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental do Município de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

_____. **Lei 4.936**, de 13 de setembro de 2006. Institui o Programa de Adoção, Manutenção, e Proteção de Canteiros Centrais, Encostas das vias públicas, Áreas verdes, Praças e Parques infantis. Santa Maria, 2006. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei Complementar 072**, de 04 de novembro de 2009. Institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município. Santa Maria, 2009. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

_____. **Lei 5.285**, de 15 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a criação das Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs – no Município de Santa Maria. Santa Maria, 2010. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/legisis/default.aspx>>. Acesso em 17 de abril de 2011.

SANTOS, L. X. **O patrimônio natural tombado no município de Santa Maria (RS):** Problematizando questões para a educação e a gestão pública. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Geografia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SANTOS, M. 1992: a redescoberta da natureza. **Revista On-line Estudos avançados**, São Paulo, vol. 6., n. 14., p. 95-106, jan./abril 1992. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141992000100007> . Acesso em 22 de out. de 2009.

SANTOS, M. **O espaço do cidadão**. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1997.176p.

SARAIVA, Fabiano. Considerações acerca da pesquisa em Geografia Física aplicada ao planejamento ambiental a partir de uma perspectiva sistêmica. **R.RA'E GA**. Curitiba: Editora da UFPR, n.9. p. 83-93, 2005

SARTORI, P. L. P. Geologia e Geomorfologia de Santa Maria. **Ciência&Ambiente**. Santa Maria, n. 38, p.19-43, jan./jun. 2009.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2005.

SCIPIONI, M. C.; SANTOS, N. Z. **Verde urbano de Santa Maria**. Santa Maria: Herbário do Departamento de Ciências Florestais, UFSM. 2004. CD.

SCS – Soil Conservation Service. **National Engineering Handbook**, USDA, 1972.

SPIRN, A. W. **O jardim de granito: A natureza no desenho da cidade**. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Editora da USP, 1995. 345p.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction American Geophysical Union**. n.38, p. 913-920, 1957.

SUKOPP, H.; WERNER, P. Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas. **Monografias de la Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente**. Madrid: Ministério de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 1991.

TAFFE, R. H. **A ambiência verde e a poluição automotiva na área urbana de Santa Maria – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1989.

TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; MELLER, A.; MIRANDA, T. C.; HOLZ, J.; SILVEIRA, A. L. L. Determinação do parâmetro curve number para sub-bacias urbanas do arroio Dilúvio – Porto Alegre/RS. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL SUDESTE **Anais...** Curitiba, 27-29 de ago./2006.

TIAN, Y.; JIM, C.Y.; TAO, Y.; SHI, T. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. **Urban Forestry & Urban Greening**. Elsevier GmbH, v. 10, fev./2011, p.79-86. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866710000804>>. Acesso em 21 jun. 2011.

TIBÚRCIO, E. C.; CASTRO, M. A. H. Uso de sistemas de informação geográfica para a determinação do *curve number* em regiões hidrológicas. I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS NORTE CENTRO-OESTE. **Anais...** Cuiabá, 27-29 de jun./2007.

TORRE, J. M. O. de la. **Ciudad, vegetacion e impacto climático**: El confort en los espacios urbanos. Barcelona: Erasmus Ediciones, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997.

YOUNG, R. F. Managing municipal green space for ecosystem services. **Urban Forestry & Urban Greening**. Elsevier GmbH, v. 9, set.2010, p.313-321. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866710000543>>. Acesso em 21 jun. 2011.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.

WILLEMANN, C. S. A. Estudo de impacto de vizinhança: um instrumento para efetivação do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. **Revista da Faculdade de Direito de Campos**, ano VIII, n. 10, jun./2007. Disponível em: <<http://www.fdc.br/Arquivos/Mestrado/Revistas/Revista10/Discente/CyntiaWilleman.pdf>> Acesso em: 13 de jun. de 2011.