

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE ÁREAS VERDES E DE COBERTURA VEGETAL DO
PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE RIO CLARO (SP)**

Gustavo Henrique Baraviera

Prof(a). Dr(a). Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro (SP)

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

GUSTAVO HENRIQUE BARAVIERA

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE ÁREAS VERDES E DE
COBERTURA VEGETAL DO PERÍMETRO URBANO DO
MUNICÍPIO DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP
2019

B227a	Baraviera, Gustavo Henrique Avaliação dos índices de áreas verdes e de cobertura vegetal do perímetro urbano do município de Rio Claro (SP) / Gustavo Henrique Baraviera. -- Rio Claro, 2019 59 f. : il., tabs., fotos, mapas + 1 CD-ROM Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientadora: Andréia Medinilha Pancher 1. Engenharia. 2. Área Verde Urbana. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GUSTAVO HENRIQUE BARAVIERA

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE ÁREAS VERDES E DE
COBERTURA VEGETAL DO PERÍMETRO URBANO DO
MUNICÍPIO DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Profª Dra. Andréia Medinilha Pancher (orientador)

Prof Dr. Roberto Braga

Prof. Msc. Edvaldo Guedes Júnior

Rio Claro, 17 de junho de 2019.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

Dedico este trabalho em memória de meu pai, João Lázaro Baraviera, por todo esforço e dedicação em me dar uma educação de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e amigos;

À Prof^a Andréia pela orientação;

À EMPLASA pelo fornecimento das imagens;

À UNESP e a todos os professores que me auxiliaram nesses 5 anos.

“Mentiras, fraudes, pensamentos descuidados, imposturas e desejos mascarados como fatos não se restringem à magia do salão, nem a conselhos ambíguos sobre assuntos do coração. Infelizmente, eles estão infiltrados nas questões econômicas, religiosas, sociais e políticas dos sistemas de valores dominantes em todas as nações.”

Carl Sagan

RESUMO

O objetivo fundamental deste estudo foi analisar os índices de áreas verdes (IAV) e os índices de cobertura vegetal (ICV) da cidade de Rio Claro/SP através de delimitações manuais e classificação digital supervisionada por objeto, respectivamente. Os bairros apresentaram grande heterogeneidade, pois o IAV variou de $0\text{m}^2/\text{hab}$ a $4,64\text{m}^2/\text{hab}$, excetuando-se o bairro Santana que apresentou um valor muito discrepante ($19,49\text{m}^2/\text{hab}$). O ICV também apresentou considerável diferença entre os bairros, variando de $24,61\text{m}^2/\text{hab}$ a $263,00\text{m}^2/\text{hab}$, com exceção do Distrito Industrial, que apresentou um valor muito superior ($4725,32\text{m}^2/\text{hab}$). Além disso, identificou-se correlação média entre IAV (0,606), ICV (0,552) e outros índices de qualidade de vida, como por exemplo a alfabetização.

Palavras-chave: geoprocessamento, áreas verdes, cobertura vegetal

ABSTRACT

The fundamental objective of this study was to analyse the green area indexes (GAI) and the vegetation cover indexes (VCI) of the city of Rio Claro/SP through manual delimitation and object-supervised digital classification, respectively. The neighborhoods showed great heterogeneity, because the GAI varied from 0m¹/hab to 4,64m²/hab, except the Santana neighborhood that showed a very discrepant value (19,49m²/hab). The VCI also showed considerable difference among the neighborhoods, varying from 24,61m²/hab to 263m²/hab, with the exception of the Industrial District, that presented a very superior value (4725,32m²/hab). Besides, an average correlation was identified between GAI (0,606), VCI (0,552) and other quality of life indexes, such as literacy.

Keywords: Geoprocessing. Green areas. Vegetation cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da interferência humana em todas as fases do SIG.....	19
Figura 2 – Localização da área urbana do município de Rio Claro/SP.	22
Figura 3 - Praça da Liberdade, Rio Claro/SP. Exemplo de imagem do Google Street View que auxiliou a delimitação manual de áreas verdes.	24
Figura 4 - Organograma de delimitação de área verdes.	25
Figura 5 - Exemplo de área que cumpriu os dois primeiros critérios, mas que não possui condições de vegetação (3º critério) e nem valor estético (4º critério)	26
Figura 6 - Exemplos de amostras	28
Figura 7 – Distribuição das áreas verdes na cidade de Rio Claro/SP	32
Figura 8 - Distribuição dos bairros da área urbana do município de Rio Claro/SP	33
Figura 9 – Vegetação de um recorte da cidade de Rio Claro/SP	34
Figura 10 - Porcentagem de vegetação (%CV) na área urbana do município de Rio Claro/SP, por bairros.	38
Figura 11 - Porcentagem de vegetação (%IV) na área urbana do município de Rio Claro/SP, por bairros.	39
Figura 12 - Índice de vegetação por habitante, por bairros da cidade de Rio Claro/SP.....	41
Figura 13 - Mapa de Índice de cobertura vegetal (ICV) por bairros	43
Figura 14 - Índice de áreas verdes (IAV) por habitante, por bairros da área urbana de Rio Claro/SP.....	45
Figura 15 – Correlação de IAV e rendimento dos bairros da cidade de Rio Claro.	50
Figura 16 - Correlação entre ICV e rendimento dos bairros de Rio Claro/SP.	51
Figura 17 - Gráfico de IV x Rendimento dos bairros da cidade de Rio Claro/SP..	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nível de critério para ambientes externos, em dB(A)	17
Tabela 2 - População, áreas verdes, IAV, ICV e IV dos Bairros da cidade de Rio Claro/SP.....	35
Tabela 3 - Separação do IAV a partir da mediana	46
Tabela 4 - Separação do ICV a partir da mediana	47
Tabela 5 - Separação do IV a partir da mediana	48
Tabela 6 - Rendimento médio de pessoas acima de 10 anos, por bairro, e a respectiva posição em relação à mediana (Verde = Acima da mediana, Amarelo = Mediana, Vermelho = Abaixo da mediana)	48
Tabela 7 - Taxa de alfabetização dos bairros de Rio Claro e suas respectivas classes de IAV, ICV e IV	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP – Analytic Hierarchy Process

Emplasa - Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo

IAV – Índice de áreas verdes

ICV – Índice de cobertura vegetal

IV – Índice de vegetação

GSV – Google Street View

ONU – Organização das Nações Unidas

SIG – Sistema de informação geográfica

UFPR – Universidade Federal do Paraná

%IV – Porcentagem de vegetação

%CV – Porcentagem de cobertura vegetal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo fundamental	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Urbanização	14
3.2. Áreas verdes	14
3.3. Serviços ecossistêmicos.....	15
3.3.1. Mitigação da poluição do ar (<i>Gas regulation</i> ¹)	15
3.3.2. Regulação do microclima (<i>Micro-climate regulation</i> ¹).....	16
3.3.3. Diminuição de ruídos (<i>Disturbance regulation</i> ¹).....	17
3.3.4. Drenagem pluvial (<i>Rainwater drainage</i> ¹)	18
3.3.5. Possibilidade de recreação (<i>Recreation</i> ¹)	18
3.4. A Importância do Sistema de informação geográfica (SIG) para a análise da Qualidade Ambiental Urbana.....	18
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
5. METODOLOGIA	23
5.1. Levantamento e organização do material bibliográfico, cartográfico de produtos sensores	23
5.2. Índice de áreas verdes (IAV).....	23
5.3. Índice de cobertura vegetal (ICV)	27
5.4. Índice de vegetação (IV).....	29
5.5. Definição do número de classes temáticas	30
5.6. Validação dos resultados: Correlações	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1. Porcentagem de cobertura vegetal e de vegetação	37
6.2. Índice de vegetação (IV).....	40
6.3. Índice de cobertura vegetal (ICV)	42
6.4. Índice de áreas verdes (IAV).....	44
6.5. Correlação dos índices com rendimento.....	46
6.5.1. A partir da mediana	46
6.5.2. A partir da correlação de Pearson.....	49
6.6. Correlação dos índices com a alfabetização	53
7. CONCLUSÃO	55
8. REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

A urbanização está estritamente relacionada com o aumento de alguns parâmetros positivos na qualidade de vida das pessoas, como saneamento, saúde e renda. Por outro lado, também está diretamente relacionada ao aumento de parâmetros negativos, como ilhas de calor, aumento de escoamento superficial, causando inundações e enchentes, poluição sonora, atmosférica, hídrica, dentre outros.

As áreas verdes surgem neste contexto, oferecendo uma série de serviços ambientais, capazes de mitigar os efeitos negativos de uma rápida urbanização. Os benefícios abrangem desde a retenção de poluentes atmosféricos até a possibilidade de recreação, melhorando a saúde das pessoas.

Porém, as áreas verdes, como qualquer infraestrutura urbana, demandam investimentos públicos, que muitas vezes não acompanham a rápida urbanização de um município, resultando em regiões muito mais susceptíveis aos efeitos negativos da urbanização do que outras.

Essa heterogeneidade não é percebida quando cálculos de índices são realizados no município como um todo. Em razão dessa limitação, neste trabalho, o cálculo foi efetuado utilizando como base os bairros de Rio Claro, para dar uma dimensão mais clara da variabilidade dos índices de áreas verdes e cobertura vegetal.

Também, analisando-se outras pesquisas sobre essa temática, identificou-se que muitos trabalhos apresentam comparações equivocadas entre áreas verdes e cobertura vegetal. Em muitos estudos, os índices são mensurados em locais diferenciados, aplicando-se diferentes metodologias, além de apresentarem diversidade de interpretações para os termos “áreas verdes” e “cobertura vegetal”.

2. OBJETIVOS

A pesquisa foi desenvolvida, buscando-se atender os seguintes objetivos:

2.1. Objetivo fundamental

- Avaliar quantitativamente as áreas verdes e a cobertura vegetal da área urbana do município de Rio Claro/SP, com apoio no geoprocessamento.

2.2. Objetivos específicos

- Demonstrar as diferenças entre os conceitos de áreas verdes e cobertura vegetal;
- Identificar padrões da distribuição de áreas verdes, cobertura vegetal e vegetação em geral na área urbana do município;
- Correlacionar as áreas verdes, a cobertura vegetal e a vegetação em geral com índices de desenvolvimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Urbanização

O processo de urbanização tem se intensificado consideravelmente nas últimas décadas. A porcentagem da população mundial residente em área urbana saltou de 30%, em 1950, para 55%, em 2018. Projeções indicam que esses valores devem alcançar 68% em 2050 (ONU, 2018).

A rápida e desorganizada urbanização é correlacionada ao favelamento, ao aumento nos níveis de poluição do ar e da água, serviços sanitários inadequados (MOORE et. al., 2003). Grandes cidades são desenvolvidas em torno de locais cruciais para a conservação ecológica, como margens de rios e planícies costeiras. Muitas coisas são concentradas nas cidades, incluindo os poluentes (BOTKIN e BEVERIDGE, 1997).

Por outro lado, as cidades representam os principais polos econômicos, tecnológicos e de inovação. Também são onde se encontram os melhores indicadores sociais, oferecendo melhores acessos a saneamento, educação, eletricidade e saúde (COHEN, 2006). Atualmente, as 600 principais cidades do mundo têm 1/5 da população mundial e geram 60% do Produto Interno Bruto (PIB) global, e estão localizadas principalmente em países desenvolvidos (ONU, 2018).

3.2. Áreas verdes

É extremamente complicado falar em algum tipo de consenso sobre o índice de áreas verdes. Nucci (2008) nos exemplifica essa questão com vários índices calculados para o município de São Paulo. Os valores exemplificados variam de 1,8 a 8,73 m²/habitante, num período de 1975 a 1994:

Essa confusão se dá pelo termo “área verde” ter diferentes interpretações e níveis de abrangência, como considerando qualquer mancha vegetal (o que incluiria erroneamente qualquer nível de arborização urbana) (NUCCI, 2008).

Bolund e Hunhammar (1999) não definem diretamente o termo “área verde”, mas consideram que uma de suas categorias de ecossistemas urbanos, os parques e gramados, são áreas verdes gerenciadas com uma mistura de vegetação arbórea, gramíneas e outras plantas, assim como *playgrounds* e campos de golfe. Para esses, as

florestas urbanas (que integram outra categoria) são áreas menos gerenciadas e com maior densidade arbórea do que parques.

Nucci (2008) também atenta para a comparação entre índices de áreas verdes entre cidades ser um equívoco. Muitas vezes, uma metodologia de estudo sobre o índice de áreas verdes pode ou não incluir Unidades de Conservação, áreas particulares, ou arborização de rua. Essa falta de clareza sobre o termo torna inicialmente equivocada qualquer tipo de comparação entre cidades diferentes.

Porém, o Índice de áreas verdes (IAV) é uma ferramenta importante para o poder público quando aplicada dentro de uma mesma metodologia (NUCCI, 2008). Para efeito deste trabalho, o IAV será comparado apenas dentro dos bairros contidos no próprio, evitando-se comparações com índices de outras cidades, pela possibilidade de tais terem sido feitos através de metodologias diferentes.

3.3. Serviços ecossistêmicos

Serviços ecossistêmicos são os benefícios, diretos ou indiretos, que a população humana obtém através dos ecossistemas naturais (COSTANZA et al., 1997). Esses costumam variar entre as cidades do mundo, por diversos fatores, enfatizando-se a variedade de climas e os materiais utilizados no desenvolvimento da cidade. Esses serviços também têm diferentes áreas de influência, as quais vão da escala local até a global. Essas áreas dependem não só de qual serviço ecossistêmico estamos tratando, mas também do tipo de problema que estamos analisando (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

Costanza (1997) classifica os serviços ecossistêmicos em 17 categorias. Para efeitos deste trabalho, focamos em 5 destes serviços, os quais estão diretamente relacionados às áreas verdes e a sua influência local/municipal, de maneira análoga ao trabalho de Bolund e Hunhammar (1999). São esses:

3.3.1. Mitigação da poluição do ar (*Gas regulation*¹)

Com o aumento da urbanização, a poluição do ar é uma das principais preocupações ambientais, e a arborização urbana é responsável pela remoção de

toneladas de poluentes todos os anos. Vale salientar, que a remoção de poluentes pelas plantas é realizada basicamente de duas formas: através dos estômatos e interceptando partículas do ar (NOWAK et. al., 2006).

Um estudo de Nowak et. al. (2006) em 55 cidades americanas mostrou que a média de remoção de poluentes (PM_{10} , NO_2 , SO_2 , O_3 e CO), em relação à cada metro quadrado de cobertura vegetal era de $10.8g/m^2$ por ano. Essa remoção de poluentes variou entre as cidades devido a diversos fatores como a quantidade de cobertura vegetal, a concentração de poluentes, os tipos de espécies vegetais e como essas se comportavam durante as estações (basicamente, quanto maior a área de contato das folhas com o ar durante o ano, maior a remoção) e a quantidade de precipitação.

Outro estudo semelhante, realizado na cidade francesa de Strasbourg, localizada na fronteira com a Alemanha, mostrou um valor de remoção de poluentes anual de $5.89g/m^2$ (SELMI et.al., 2016).

3.3.2. Regulação do microclima (*Micro-climate regulation*¹)

A capacidade de regulação do microclima de uma área verde está diretamente relacionada com a “quebra” do fenômeno de ilha de calor através da arborização e do aumento da permeabilidade. A ilha de calor é causada por uma combinação de superfícies que absorvem mais calor, mais impermeabilizadas, e a alta quantidade de energia utilizada nas cidades (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

Trabalhos como o de Wong e Yu (2005) mostraram a correlação entre a urbanização e a temperatura, encontrando uma diferença de até $4,01^{\circ}C$ entre as áreas plantadas e a parte mais urbanizada da cidade, além de diferenças significativas na umidade relativa do ar.

Nucci (2008) enfatiza a associação das ilhas de calor com a verticalização, já que essa aumenta a superfície impermeável (mais absorção de calor) e o tráfego próximo ao local (mais poluentes), devido ao aumento da densidade populacional.

¹O termos entre parênteses representam o nome original dado por Costanza et. al.

Também, cidades mais quentes aumentam a demanda por equipamento de diminuição de temperatura, como ar condicionado, aumentando o consumo de energia na região (BOTKIN e BEVERIDGE, 1997).

3.3.3. Diminuição de ruídos (*Disturbance regulation*¹)

A poluição sonora é outro impacto negativo da crescente urbanização, e está altamente relacionada ao tráfego intenso, entre outras fontes (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

No Brasil, os valores de critério para ruídos em ambientes externos estão definidos pela NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3), que estabelece valores entre 50 e 70dB(A) para diferentes classificações de áreas urbanas, durante o período diurno, e entre 45 e 60dB(A), durante período noturno. Leis estaduais e municipais podem restringir ainda mais os valores. Os valores completos podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1 - Nível de critério para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10151, 1999.

Além da distância da fonte sonora poluidora ser o atenuador natural da poluição, a vegetação também auxilia nessa mitigação, mas as pesquisas na área apresentam valores incertos sobre qual é a eficiência deste auxílio (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

Buxton et. al. (2017) atentam que mesmo áreas protegidas, além de outros locais com grande volume de cobertura vegetal sofrem com a poluição sonora de seus arredores. Pesquisadores da Universidade Federal do Paraná (UFPR) fizeram uma avaliação no Jardim Botânico de Curitiba/PR e constataram que 47,6% dos pontos

medidos apresentaram valores superiores a 65dB(A), ou seja, 10dB(A) acima do que permite a Lei Municipal dentro das áreas verdes (ZANNIN e SZEREMETTA, 2003).

3.3.4. Drenagem pluvial (*Rainwater drainage*¹)

Outra consequência do uso do solo nas áreas urbanizadas são as enchentes. O aumento da impermeabilização causa o aumento do escoamento superficial (também chamado de *runoff*), aumentando a vazão de água pluvial e sobrecarregando o sistema de drenagem urbano, gerando o que chamamos de inundação devido à urbanização (TUCCI, 2003).

Áreas vegetadas contribuem para resolver este problema. O solo permeável permite uma melhor infiltração da água (BOLUND e HUNHAMMAR, 1999).

3.3.5. Possibilidade de recreação (*Recreation*¹)

Olmsted, o arquiteto responsável pelo Central Park, em Nova York, considera que um parque público (e vamos estender a definição para as áreas verdes) é uma instituição pública projetada para atender necessidades sociais e urbanas básicas (BOTKIN e BEVERIDGE, 1997).

Nucci (2008) cita outros elementos que podem ser levados em conta para medir a importância de espaços livres (incluindo áreas verdes) para a população, como por exemplo a distância da moradia do cidadão até à área verde e o tamanho do espaço.

3.4. A Importância do Sistema de informação geográfica (SIG) para a análise da Qualidade Ambiental Urbana

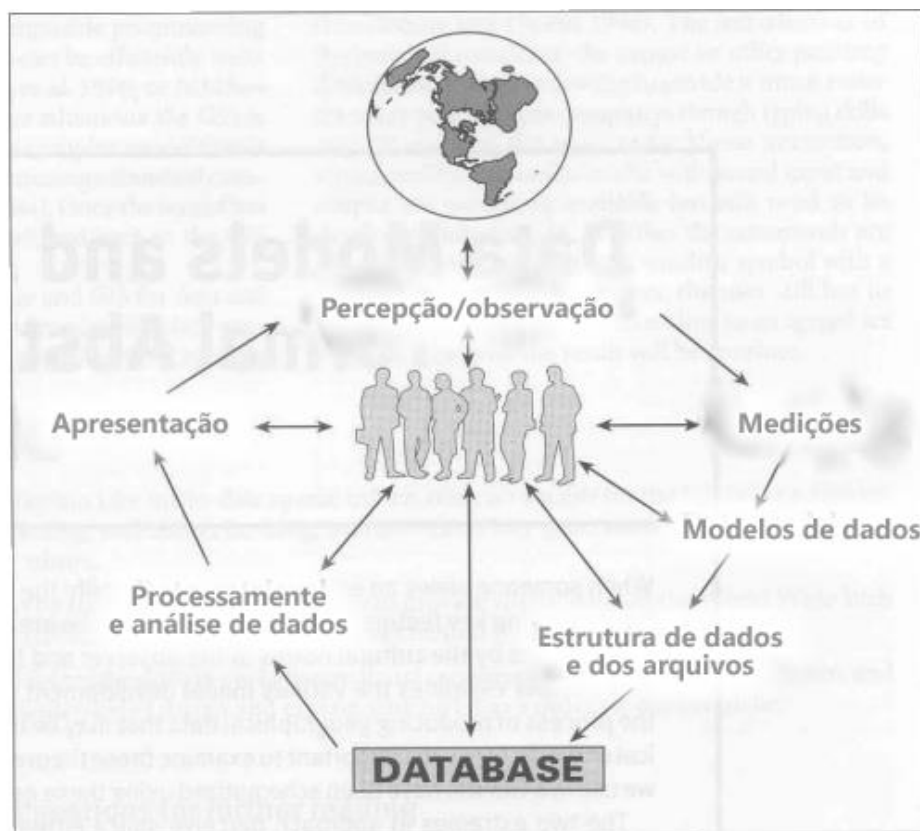
Longley et al. (2009) enfatizam que um dos princípios do Sistema de Informação Geográfica (SIG) é não somente identificar os eventos e atividades em si, mas onde tais eventos e atividades ocorreram. Câmara et al. (1996) definem SIG como um sistema automatizado, que armazena e manipula dados geográficos, citando a localização geográfica do dado como algo inerente e indispensável para a análise da informação.

Neste contexto, a informação é definida como um conjunto de dados brutos, formando um banco de dados a partir dos mesmos. Há quem defenda que a informação

nada mais é que um conjunto de dados que ganhou certo tom interpretativo, ou um porquê de existir (LONGLEY et al, 2009).

Para Burrough e McDonnell (1998), o ser humano interfere em todas as fases de um Sistema de Informação Geográfica, desde a observação, passando pela criação do banco de dados, até a análise e apresentação (Figura 1):

Figura 1 - Representação da interferência humana em todas as fases do SIG



Fonte: Adaptado de Burrough e McDonnell (1998, p.18)

Os Sistemas de informação geográfica têm sido cada vez mais utilizados e considerados com imprescindíveis para o estudo da Qualidade Ambiental Urbana, seja na aplicação em políticas públicas ou na ciência. A variedade de correlações permitidas pelos SIG tem sido muito estudada. Luchiari (2001) mostrou um estreito relacionamento entre densidade de cobertura vegetal e renda familiar na microbacia de Ribeirão das Pedras, situada na porção Norte do município de Campinas/SP.

Na cidade de Rio Claro/SP, trabalhos como o de Castro (2000) e Soares (2018), utilizaram essa temática ambiental em conjunto com técnicas de geoprocessamento. Castro (2000) demonstrou a relação do clima urbano com a questão de saúde pública, enquanto Soares (2018) utilizou o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para o mapeamento de áreas susceptíveis a enchentes.

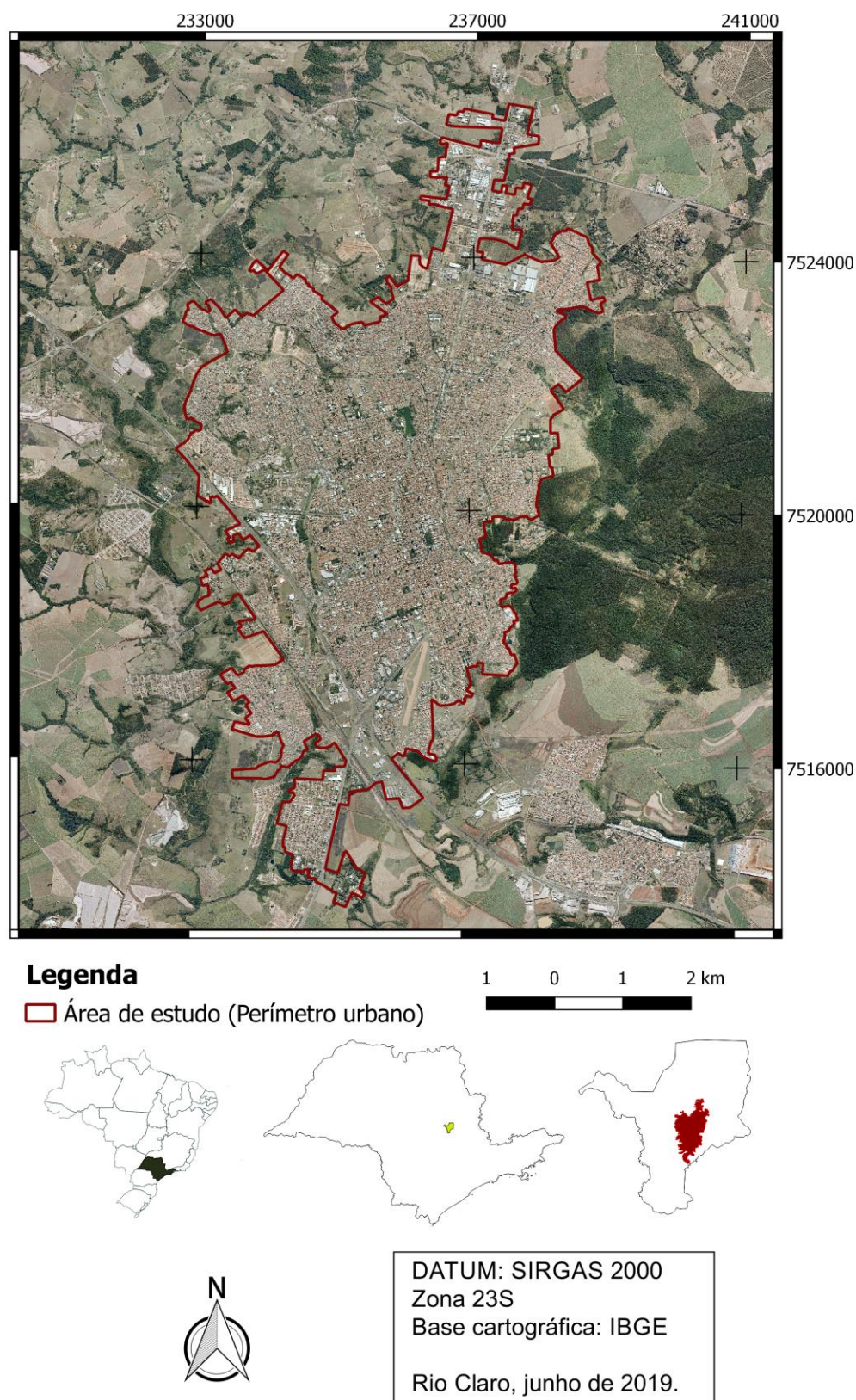
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudos desta pesquisa foi a área urbana do município de Rio Claro/SP, localizado no interior paulista, entre as coordenadas geográficas 22°24'48"S e 47°34'11"O. Segundo estimativa do IBGE para 2018, a população do município era de 204.797 habitantes, das quais cerca de 98% viviam em área urbana (Figura 2).

Em relação à cobertura vegetal, Rio Claro apresenta um índice de 81,6% de arborização de suas vias públicas (IBGE, 2010).

O clima em Rio Claro é definido como do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen (NIMER, 1989), contando com 2 estações bem definidas, um período seco de abril a setembro e um chuvoso de outubro a março (PAGANO e LEITÃO FILHO, 1987).

Figura 2 – Localização da área urbana do município de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado material bibliográfico, cartográfico e de produtos sensores, bem como foram aplicados procedimentos metodológicos relativos ao geoprocessamento.

5.1. Levantamento e organização do material bibliográfico, cartográfico de produtos sensores

Através do *site* da Emplasa foi solicitado o uso de duas Ortofotos (2010/11), na extensão .tif, georreferenciadas, na escala original de 1:25000, referentes à área urbana de Rio Claro/SP, compreendidas pelas nomenclaturas “SF-23-Y-A-I-4-SE” e “SF-23-Y-A-I-4-NE”. Ambas foram inseridas no *software* QGIS 2.18.24.

No banco de dados do IBGE, foi feito o download do arquivo vetorial (*shapefile*) “Áreas urbanizadas do Brasil em 2015 – Concentrações urbanas de 100.000 a 300.000 habitantes”. Tal camada foi sobreposta às Ortofotos para a realização do recorte da área urbana do município de Rio Claro/SP. A partir do banco de dados SIDRA, também do IBGE, foram adquiridos dados referentes ao Censo demográfico de 2010 para os 259 setores censitários situados dentro da área de estudos.

5.2. Índice de áreas verdes (IAV)

Para o mapeamento manual das áreas verdes, através da fotointerpretação das Ortofotos, foi criado um arquivo vetorial (*shapefile*) do tipo polígonos, determinando-se todas as áreas existentes na área urbana de Rio Claro/SP. Para mapear o cenário mais recente, buscou-se auxílio no Google Street View (GSV) (Figura 3) e em trabalhos de campo, visto que as Ortofotos já apresentam certa defasagem temporal (2010/11).

Figura 3 - Praça da Liberdade, Rio Claro/SP. Exemplo de imagem do Google Street View que auxiliou a delimitação manual de áreas verdes.

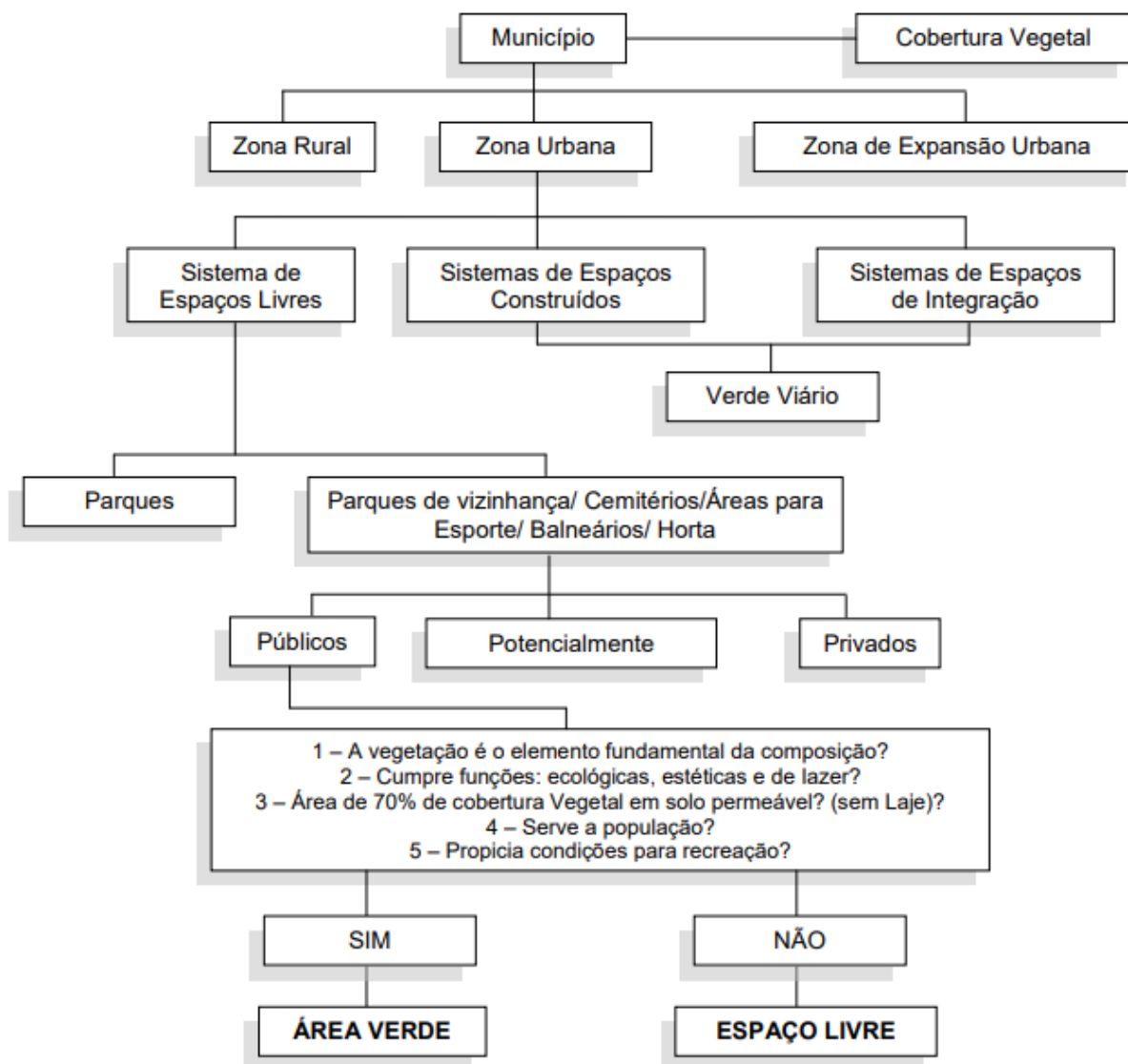


Fonte: Google Street View, 2017

As imagens de apoio do GSV possuem datas diferentes dependendo da localização dentro da área urbana de Rio Claro/SP. As imagens são de 2011, 2015 ou 2017. Por isso, algumas áreas que foram julgadas como potencialmente áreas verdes pela imagem do GSV foram verificadas com trabalho de campo.

Para a determinação das áreas verdes, tomaram-se por base os critérios de Buccheri e Nucci (2006) (Figura 4).

Figura 4 - Organograma de delimitação de área verdes.



Fonte: Bucchini Filho e Nucci, 2006, p. 51.

A fim de se eliminar ao máximo qualquer grau de subjetividade que pudesse interferir na definição das áreas verdes, o local deveria cumprir os seguintes critérios:

1 – A área deve ser pública

A área deve ser totalmente aberta ao público, sem restrições ao uso do cidadão.

2 – A área deve cobrir pelo menos 50% de cobertura vegetal em solo permeável e apresentar a vegetação como seu principal elemento.

Embora Bucchini Filho e Nucci (2006) indiquem uma área de 70% de cobertura vegetal em solo permeável, para este estudo foi considerada uma área de 50%, por conta

da defasagem das imagens, que poderia acabar por ignorar uma área verde que atualmente está com 70%. Com base na fotointerpretação da Ortofoto e do Google Street View, foi observado se a cobertura vegetal cobria ao menos 50% do total ocupado pela potencial área verde. Além disso, a área deveria ter a vegetação como seu principal elemento.

3 – A área deve propiciar condições de recreação, para que sirva como sua principal função social

As condições de recreação abrangem equipamentos que possam propiciar lazer ou descanso, o que exclui áreas cobertas por vegetação nativa, mas sem nenhuma função social.

4 – A área deve cumprir função estética

O valor estético está relacionado ao valor visual da área, que deve estar consideravelmente livre de poluição, bem cuidada e atrair a população. É o critério mais subjetivo desta pesquisa, pois o valor estético é intrínseco e pessoal a cada pesquisador. Este critério foi adaptado do organograma de Buccheri Filho e Nucci (2006), considerando-se apenas a função estética devido às funções ecológica e de lazer já serem englobadas pelos critérios 2 e 3, respectivamente.

O valor estético foi determinado através de trabalho de campo e com o auxílio de imagens do Google Street View (Figura 5).

Figura 5 - Exemplo de área que cumpriu os dois primeiros critérios, mas que não possui condições de vegetação (3º critério) e nem valor estético (4º critério)



Fonte: Google Street View, set. 2011.

Após a delimitação das áreas verdes, foi calculado o Índice de Áreas Verdes (IAV). O cálculo do IAV se baseia na razão entre as áreas verdes e a população residente, como mostra a equação 1.

$$IAV = \frac{\text{Áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{População (hab)}} \quad (1)$$

Para isso, foram considerados os limites dos bairros de Rio Claro/SP a partir das informações contidas no arquivo vetorial (*shapefile*) do IBGE, que associava cada setor censitário a um bairro.

Também foram utilizados os dados de população do IBGE por setores censitários, do Censo demográfico de 2010.

5.3. Índice de cobertura vegetal (ICV)

Para efeitos deste trabalho, a cobertura vegetal foi representada pela área de vegetação arbórea, incluindo toda a área de copas de árvores, mesma a encontrada fora das áreas verdes. Vegetações rasteiras e arbustivas não foram consideradas no ICV.

Para a definição da cobertura vegetal, aplicou-se a metodologia de classificação digital supervisionada orientada por objeto.

Primeiramente, foi instalado o complemento *dzetsaka*, disponível no “Repositório oficial de complementos do QGis”, na aba “Complementos”.

Foi criado um arquivo vetorial (*shapefile*) com amostras poligonais homogêneas para o treinamento do classificador. As amostras que representavam cobertura vegetal foram identificadas com o valor 1, enquanto as que não representavam cobertura vegetal foram identificadas com o valor 2, como mostra a figura 6.

Figura 6 - Exemplos de amostras



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A partir destas amostras, o classificador gerou uma camada *raster* separando os *pixels* compostos por cobertura vegetal como valor agregado 1, e o restante como valor 2.

Após a realização da classificação, foi calculado o Índice de Cobertura Vegetal (ICV). Para mensurar o ICV a fórmula é parecida com o do IAV, substituindo-se as áreas verdes pela área ocupada pelas copas, de acordo com a equação 2.

$$ICV = \frac{\text{Área das copas (m}^2\text{)}}{\text{População (hab)}} \quad (2)$$

Para descobrir a área ocupada pelas copas em cada bairro foi utilizado outro complemento, chamado de Estatísticas Zonais, que pode ser encontrado diretamente na caixa de ferramentas do QGis. Este utiliza os valores da tabela de atributos de um *raster* (neste caso, os valores que representavam presença de cobertura vegetal ou não, respectivamente 1 e 2) e calcula, entre outras estatísticas, a média entre os valores

dessa tabela. Foram gerados então a média entre os valores 1 e 2 para cada bairro de Rio Claro/SP.

Com a média, retiramos valores entre 1 e 2 para cada bairro ou setor censitário de Rio Claro/SP. Como a identificação 1 representava a área de cobertura vegetal, quanto mais próximo o valor do bairro estava do 1, maior era a porcentagem de cobertura vegetal. Um bairro com média de 1,96, por exemplo, teria uma % de vegetação de apenas 4%. Assim, foi criada uma coluna com o valor exato da porcentagem de cobertura vegetal (%CV).

A partir daí, adequando esse valor à equação do IAV, temos, pela equação 3:

$$ICV = \frac{\text{Área de interesse (m}^2\text{)} \times \% \text{Cobertura vegetal (\%CV)}}{\text{População (hab)} \times 100} \quad (3)$$

Ou ainda, pela equação 4:

$$ICV = \frac{\text{Área de interesse (m}^2\text{)} \times (2 - \text{média das Estatísticas Zonais})}{\text{População (hab)}} \quad (4)$$

5.4. Índice de vegetação (IV)

Analogamente ao ICV, calculamos também um índice para qualquer tipo de vegetação (IV), que inclui, além da cobertura vegetal, a vegetação rasteira, como por exemplo gramíneas.

Assim como no ICV, foi utilizada a técnica de orientação por objeto supervisionada, desta vez, incluindo a vegetação rasteira nas áreas indicadas com valor 1.

Seguindo os mesmos passos do ICV, a fórmula do IV é dada pela equação 5.

$$IV = \frac{\text{Área de vegetação (m}^2\text{)} \times \% \text{Vegetação (\%IV)}}{\text{População (hab)}} \quad (5)$$

5.5. Definição do número de classes temáticas

Para a elaboração de todos os mapas temáticos, foram considerados os bairros como unidade territorial (totalizando 27 unidades), adotando-se 6 classes temáticas, no método dos quantis. As 6 classes foram definidas com base no Método de Sturges para definição da quantidade de classes, onde k é o valor que representa a quantidade de classes a ser utilizada, como mostra a equação 6.

$$k = 1 + 3,322(\log n) \quad (6)$$

Sendo n o número de unidades da amostra, temos:

$$k = 1 + 3,322(\log 27)$$

$$k = 5,7550$$

Logo, arredondando esse valor, definiram-se 6 classes para a classificação.

5.6. Validação dos resultados: Correlações

Para validar os resultados foram feitas correlações através de duas maneiras.

1 - Considerando o valor da mediana como padrão para dividir os valores em bons e ruins. Por possuir 27 bairros, o bairro que apresentasse o 14º melhor índice, seja IAV, ICV ou IV, se tornou a mediana. Todos os valores acima dele foram considerados bons e todos abaixo dele considerados ruins. Essa foi considerada uma maneira simples para comparação entre bairros do município

2 - A outra foi feita através da correlação de Pearson (ρ), que identifica correlações lineares através da equação 7:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}} \quad (7)$$

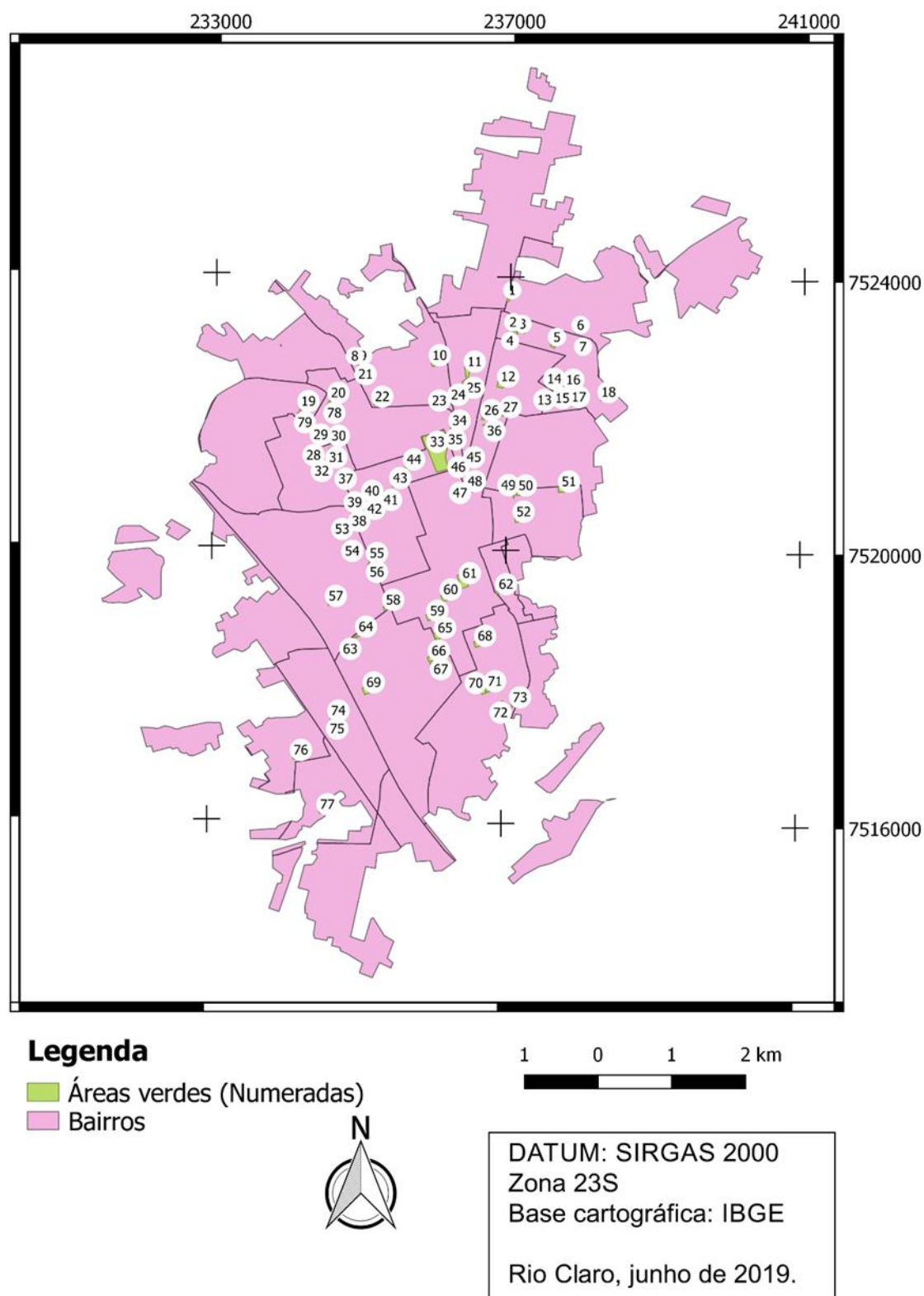
Sendo ρ um coeficiente compreendido entre -1 e 1 , quanto mais $|\rho|$ se aproxima de 1 , maior a correlação entre x e y .

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise bibliográfica e na aplicação dos procedimentos metodológicos foram identificadas 79 áreas verdes. Encontrou-se correlação entre as áreas verdes, a cobertura vegetal e índices de rendimento e alfabetização.

A delimitação das áreas verdes pode ser observada pela Figura 7. A divisão por bairros é demonstrada na Figura 8 e um recorte da vegetação de Rio Claro é encontrado na Figura 9.

Figura 7 – Distribuição das áreas verdes na cidade de Rio Claro/SP



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Figura 8 - Distribuição dos bairros da área urbana do município de Rio Claro/SP

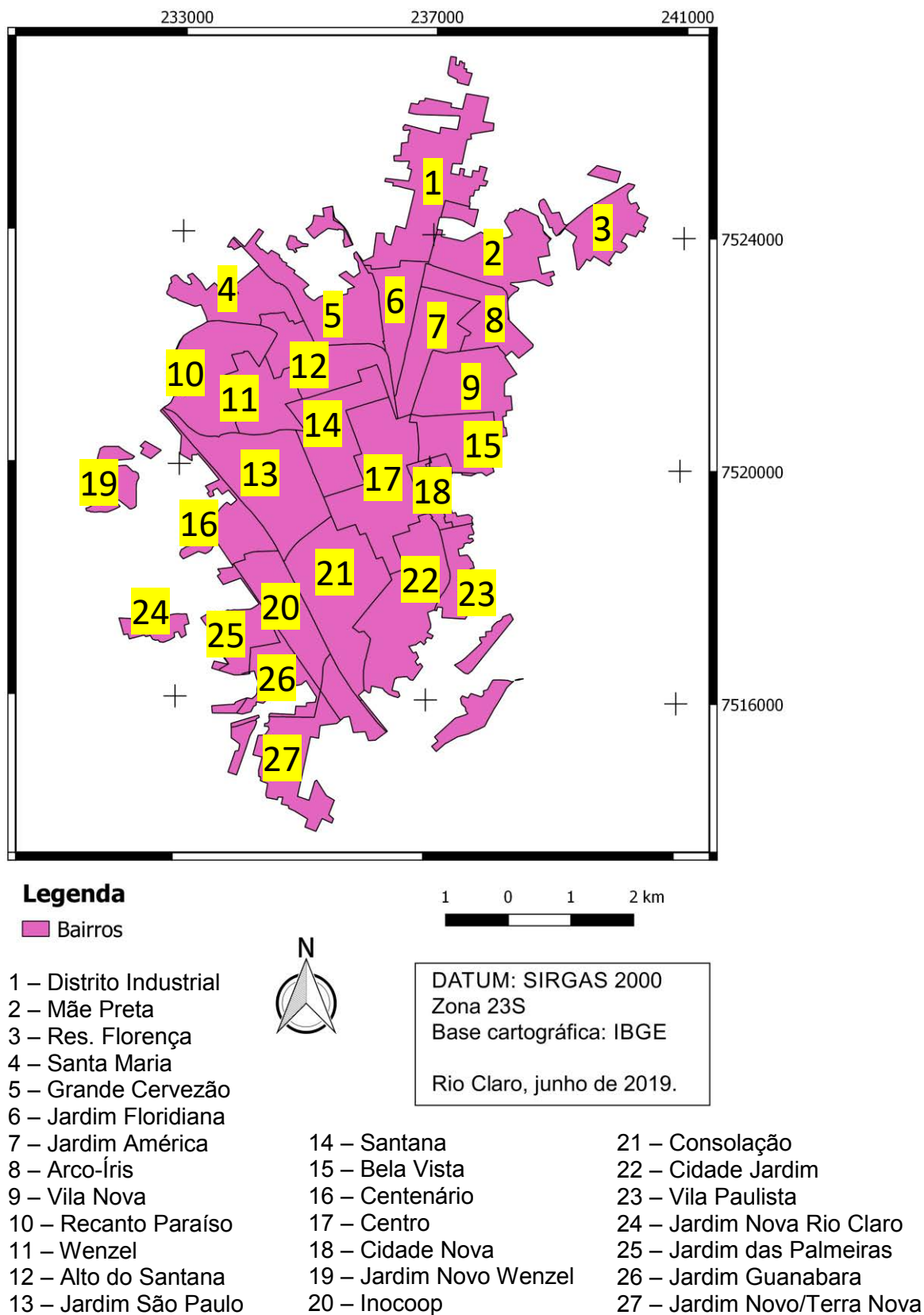
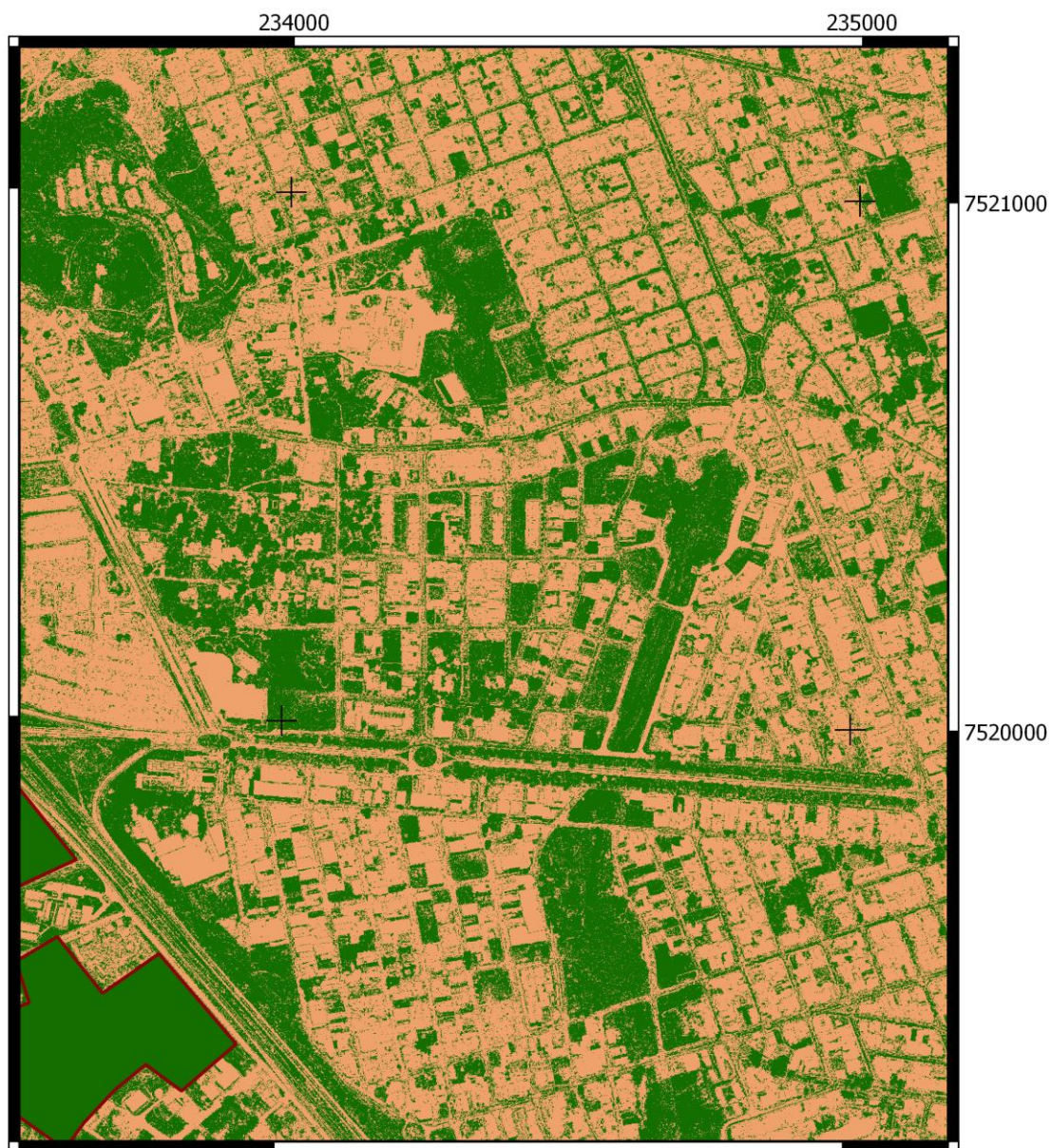


Figura 9 – Vegetação de um recorte da cidade de Rio Claro/SP

**Legenda**

□ Área de estudo (Perímetro urbano)

0.1 0 0.1 0.2 km



DATUM: SIRGAS 2000

Zona 23S

Base cartográfica: IBGE

Rio Claro, junho de 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O maior índice de áreas verdes foi calculado para o bairro Santana (19,49m²/hab), onde se localiza o Parque do Lago Azul. Nove bairros não apresentaram nenhuma área verde em toda sua extensão, resultando em um IAV de 0m²/hab. Bairros com valores parecidos de áreas verdes em m² possuíram valor de IAV bem distintos, por conta de sua densidade populacional. É o caso dos bairros Arco-Íris e Bela Vista. A Tabela 2 nos mostra os valores encontrados para os 3 índices nos bairros da cidade de Rio Claro/SP.

Tabela 2 - População, áreas verdes, IAV, ICV e IV dos Bairros da cidade de Rio Claro/SP

Bairro	População	AV (m²)	IAV (m²/hab)	%CV	ICV (m²/hab)	%IV	IV (m²/hab)
Alto do Santana	8138	8702,04	1,07	11,4	22,44	30,9	76,37
Arco-Íris	10462	17839,84	1,71	5,0	5,62	32,3	24,61
Bela Vista	5649	16703,71	2,96	6,1	11,99	36,9	50,10
Centenário	2177	0	0	7,8	43,83	34,6	263,00
Centro	10455	45808,51	4,38	10,8	26,86	26	71,87
Cidade Jardim	6751	27951,65	4,14	6,6	24,52	30,2	128,52
Cidade Nova	1285	2687,95	2,09	7,8	19,29	34,2	64,30
Consolação	11023	28485,49	2,58	9,6	23,23	19,9	74,77
D. Industrial	178	0	0	2,7	422,46	25,7	4725,32
G. Cervezão	15103	4223,97	0,28	5,9	7,33	30,9	33,52
Inocoop	4010	1858,95	0,46	8,8	30,34	42,4	157,21
Jd América	5772	15031,40	2,60	7,7	17,05	28,9	69,54
Jd Palmeiras	7648	801,13	0,10	4,5	5,27	46,8	26,68

Bairro	População	AV (m²)	IAV (m²/hab)	%CV	ICV (m²/hab)	%IV	IV (m²/hab)
Jd Floridiana	3951	18351,05	4,64	6,5	16,66	21,9	81,75
Jd Guanabara	4578	1053,59	0,23	5,5	9,96	37	55,60
Jd Nova Rio Claro	848	0	0	3,1	13,51	42,9	111,96
Jd Novo Wenzel	4650	0	0	2,9	3,68	27,7	25,28
Jd Novo/Terra Nova	7420	0	0	9,3	22,11	31,4	87,72
Jd SP	4916	11607,76	2,36	12,3	66,87	27	233,24
Mãe Preta	10074	3846,65	0,38	3,5	6,11	38,8	37,69
Recanto Paraíso	13667	2597,12	0,19	9,7	14,63	34,3	55,82
Residencial Florença	2577	0	0	14,2	83,10	25,5	248,14
Santa Maria	11249	0	0	5,3	5,79	22,8	30,29
Santana	7737	150817,5	19,49	15,5	34,35	34,2	75,79
Vila Nova	7656	0	0	5,9	16,84	45,6	97,93
Vila Paulista	3058	0	0	2,9	12,83	31,9	136,69
Wenzel	7268	7015,02	0,97	8,2	13,32	30,7	52,47

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A porcentagem de cobertura vegetal apresentou valores críticos em alguns bairros, chegando a ficar abaixo de 3% em 3 deles: Distrito Industrial, Jardim Novo Wenzel e Vila Paulista.

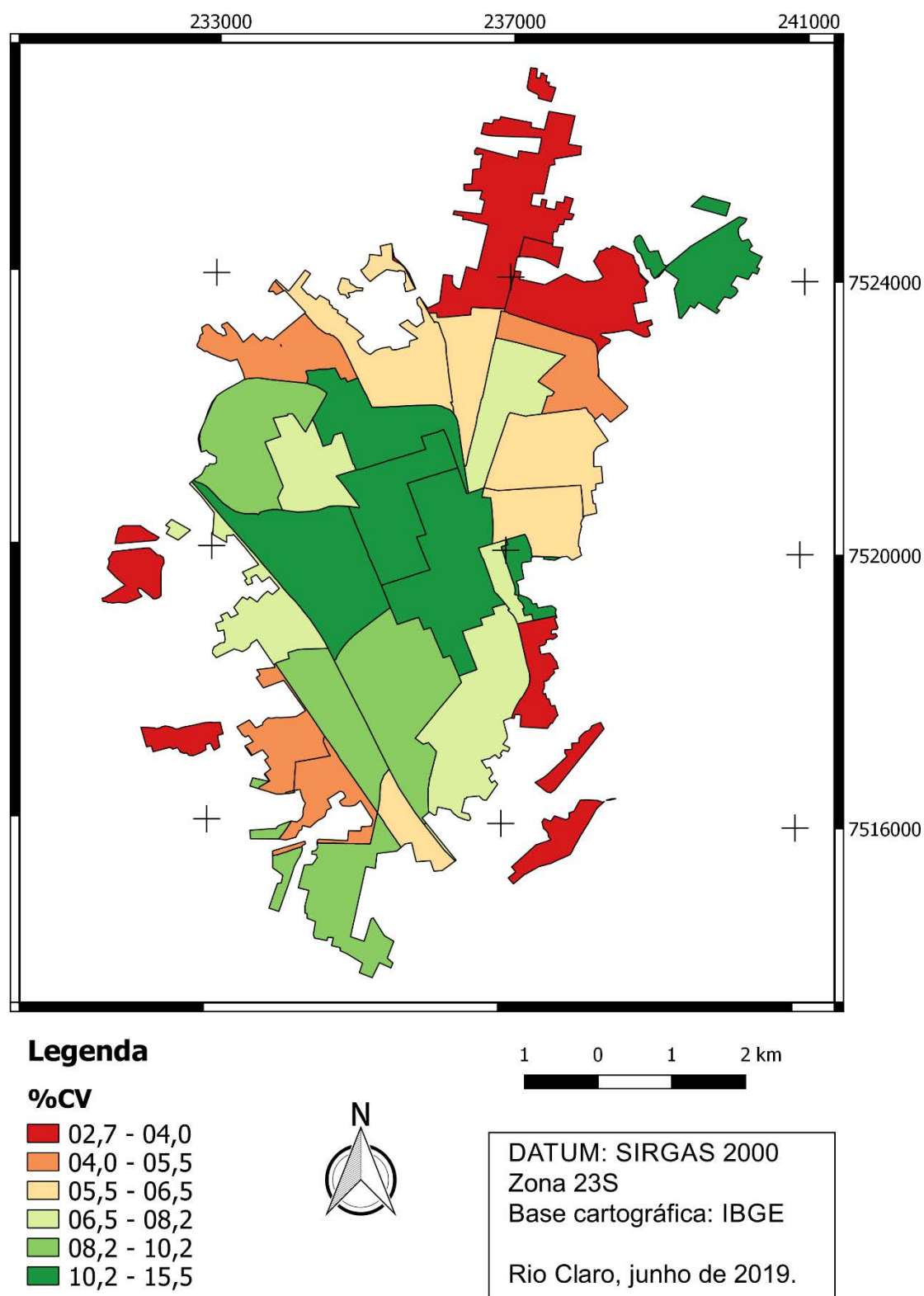
O Distrito Industrial, apesar do baixo valor de %CV, apresentou o maior valor de ICV. Isso se deve à baixa população do Distrito Industrial, de apenas 178 habitantes.

O Jardim Novo Wenzel apresentou o valor mais baixo de ICV ($3,68\text{m}^2/\text{hab}$) e de IV ($25,28\text{m}^2/\text{hab}$).

6.1. Porcentagem de cobertura vegetal e de vegetação

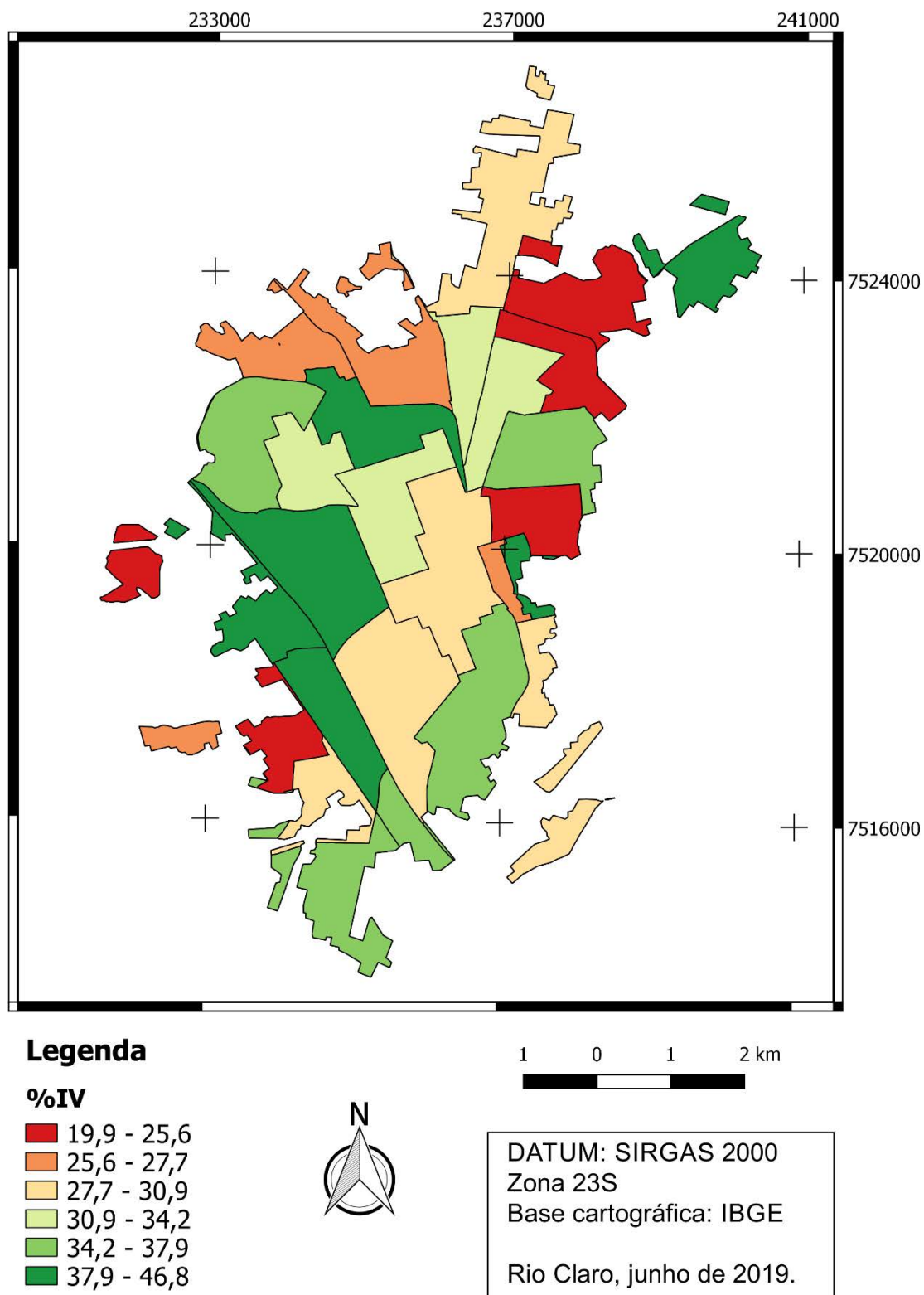
Os mapas das figuras 10 e 11 representam, respectivamente, a porcentagem de cobertura vegetal (utilizada para a medição do ICV) e a porcentagem de vegetação (utilizada para medir o IV) de cada bairro da área urbana do município de Rio Claro/SP.

Figura 10 - Porcentagem de vegetação (%CV) na área urbana do município de Rio Claro/SP, por bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 11 - Porcentagem de vegetação (%IV) na área urbana do município de Rio Claro/SP, por bairros.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Dentre os bairros, o Centenário apresentou a maior porcentagem de vegetação (46,8%). O Jardim Novo Wenzel, bairro localizado mais a oeste da área urbana, apresentou a menor porcentagem de vegetação (19,9%), como visto na Figura 11.

Esses dois bairros representam a heterogeneidade das porcentagens de vegetação entre os bairros da cidade, pois apesar de se situarem próximos, apresentam valores de vegetação muito distintos.

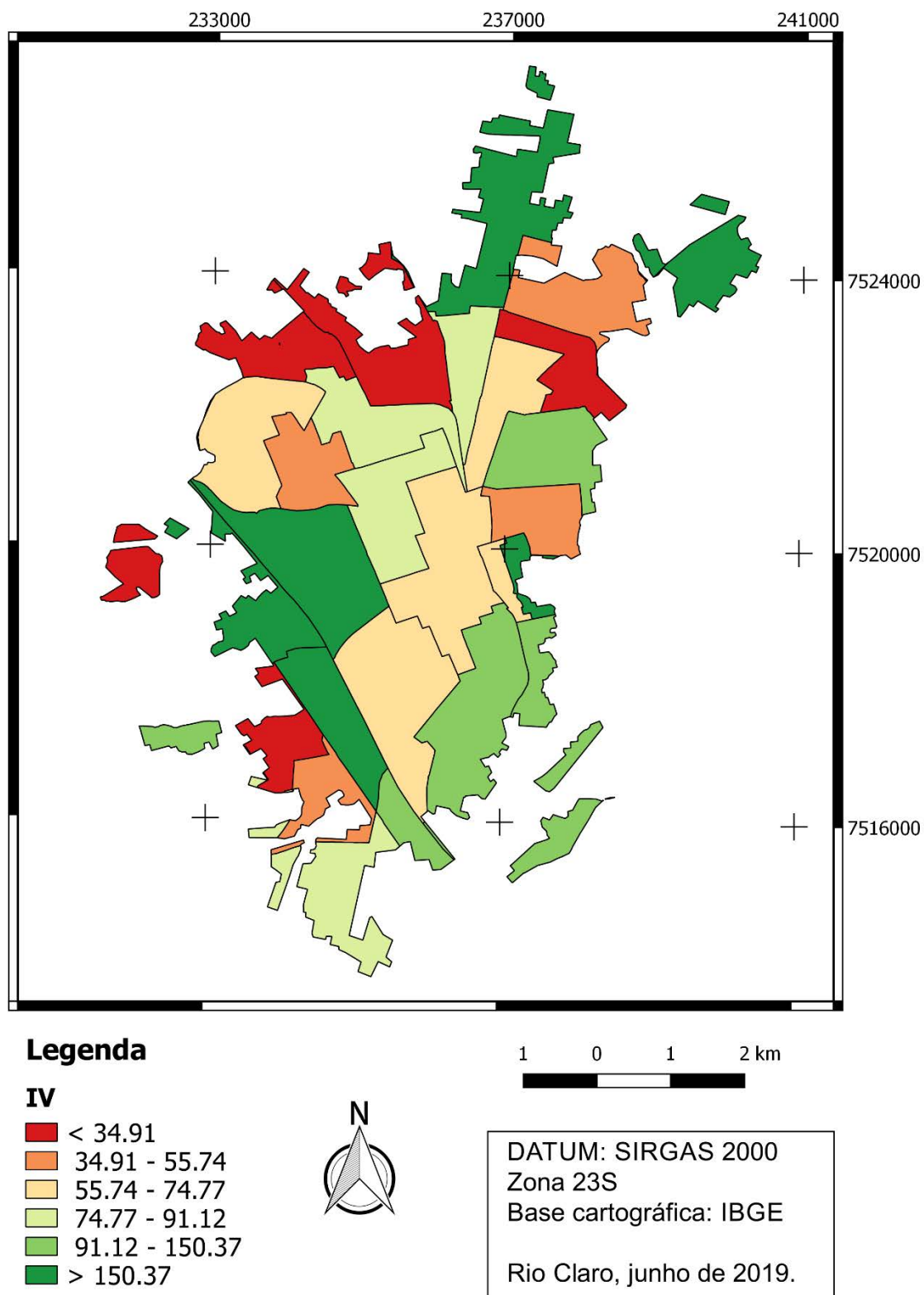
Os mapas mostram a heterogeneidade da quantidade de vegetação e da cobertura vegetal entre os bairros de Rio Claro, apresentando uma variância muito grande de valores, o que justifica o estudo voltado ao nível dos bairros.

6.2. Índice de vegetação (IV)

Na figura 12, encontra-se o índice de vegetação por habitante, separado por bairros.

O IV apresenta uma tendência similar à porcentagem de vegetação. Valores medianos se encontram mais na área central, com a maioria dos bairros pertencendo às duas classes mais intermediárias (entre 55,74 e 91,12 m²/hab), enquanto nas áreas da borda da área urbana, encontramos os valores mais extremos, tanto abaixo de 35 m²/hab, como acima de 150 m²/hab, como Grande Cervezão e Santa Maria a noroeste (abaixo de 35m²/hab) e Inocoop e Centenário na região centro-oeste (acima de 150m²/hab).

Figura 12 - Índice de vegetação por habitante, por bairros da cidade de Rio Claro/SP



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

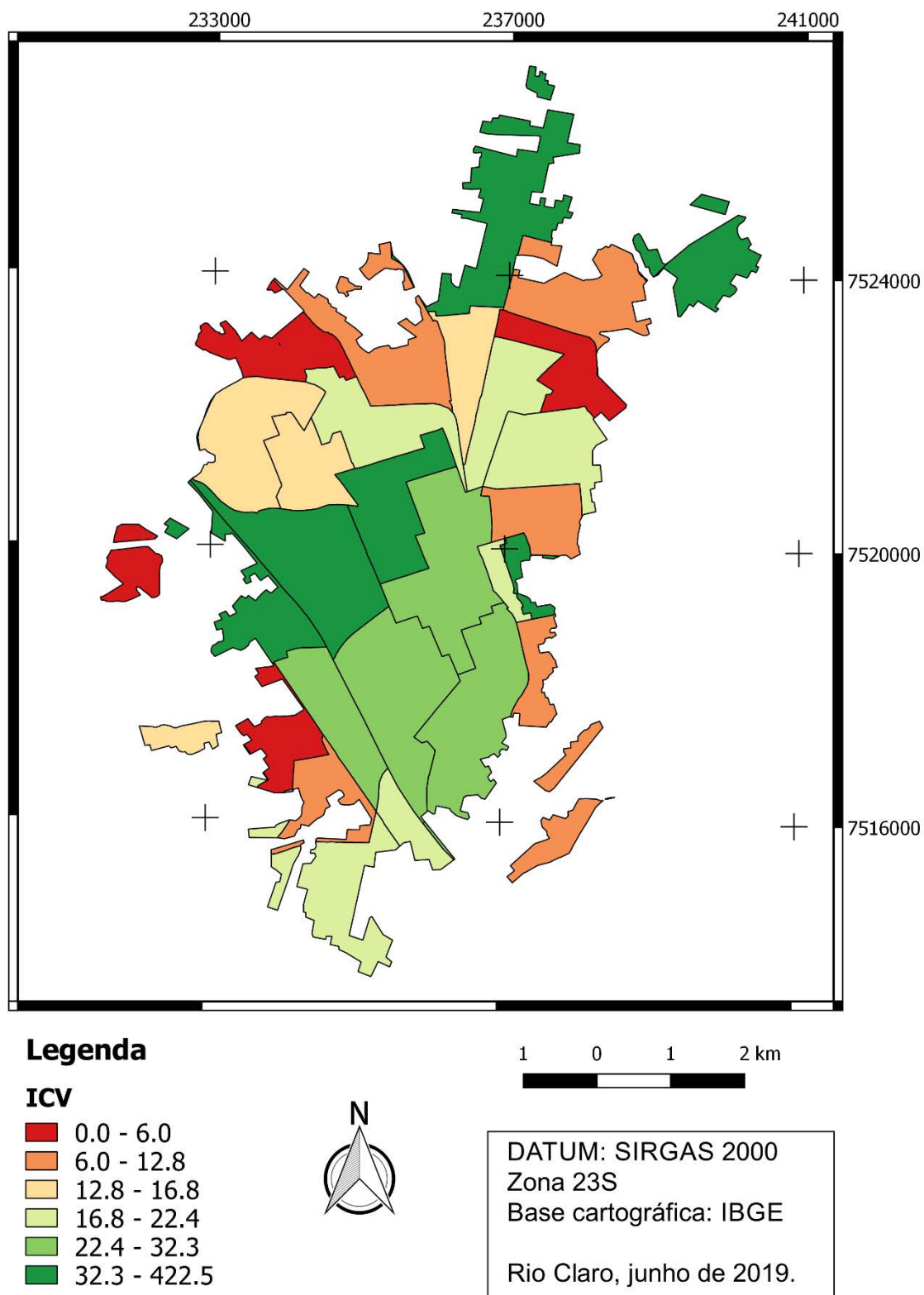
6.3. Índice de cobertura vegetal (ICV)

O índice de cobertura vegetal é observado na figura 13, separado por bairros, ele segue a tendência do IV, com valores extremos sendo identificados nas áreas mais periféricas da área urbana, como os bairros do Distrito Industrial (Norte), Centenário (Oeste), Santa Maria (Noroeste) e Residencial Florença (Nordeste). A área central tem valores altos se comparados aos valores do IV, levando-se em conta que o ICV não considerou a vegetação rasteira.

Quando apenas a vegetação arbórea é levada em consideração, as áreas centrais apresentam bons índices em comparação com as periféricas. Esta diferença pode ser atribuída às políticas públicas relativas à arborização urbana, as quais influenciaram predominantemente a área mais antiga da cidade (central).

Apesar de a área periférica não ter sido tão influenciada pelas políticas de arborização urbana, o índice de cobertura vegetal é alto em alguns pontos como o bairro Centenário (Noroeste), por se tratar de um bairro com urbanização ainda em expansão, e Distrito Industrial (Norte), pela peculiaridade do bairro em ter baixíssima população.

Figura 13 - Mapa de Índice de cobertura vegetal (ICV) por bairros



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

6.4. Índice de áreas verdes (IAV)

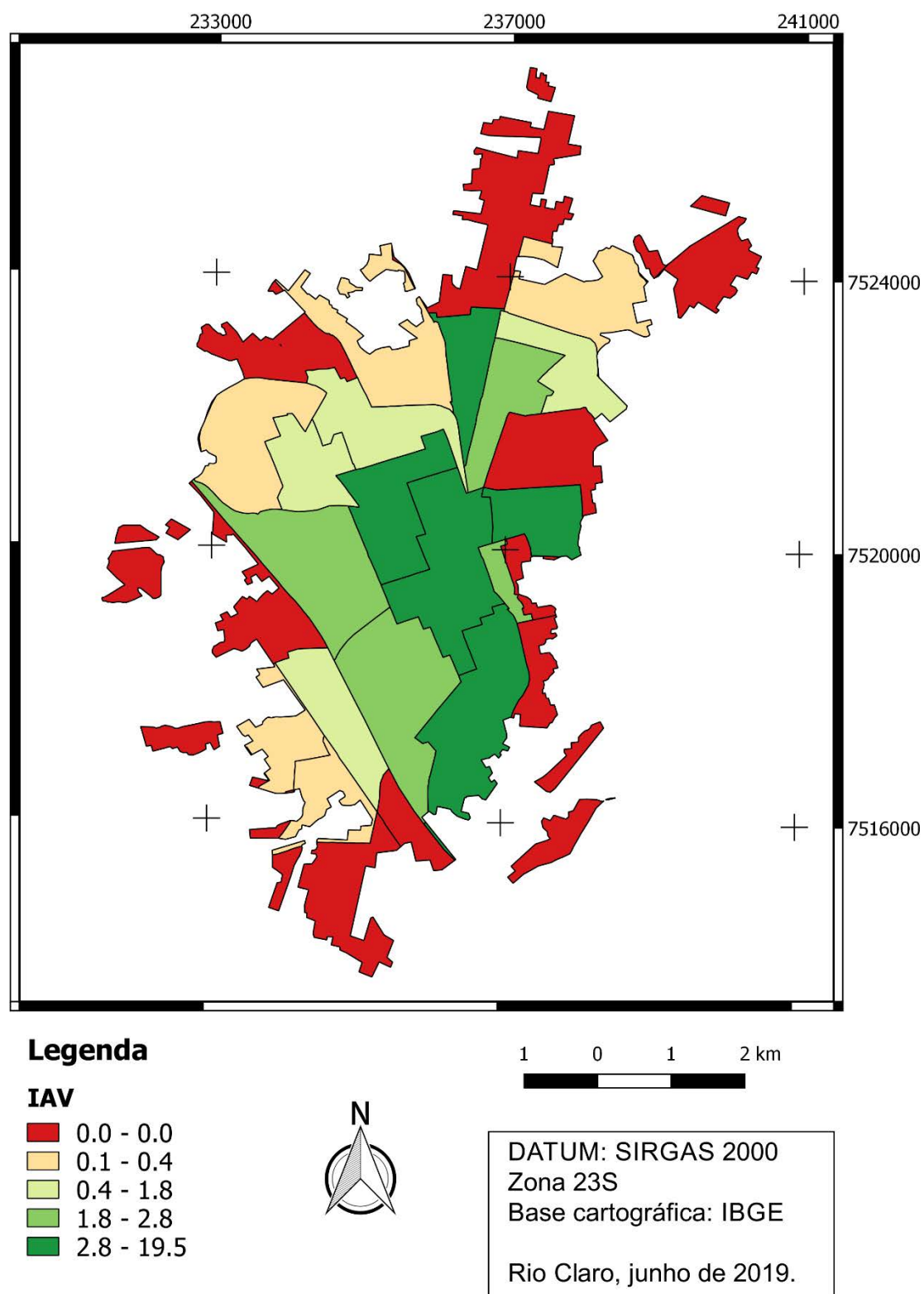
O índice de áreas verdes é observado abaixo na figura 14, dividido por bairros. Uma observação importante é que, diferentemente dos demais mapas, este apresenta 5 classes considerando-se que 9 bairros apresentaram 0m²/hab, correspondendo a 1/3 do total. Como foi adotado o método dos quantis para a separação, preferiu-se uni-los em uma única classe.

O mapa de áreas verdes por habitante (Figura 14) mostra a tendência esperada de menores valores nos bairros das bordas da área urbana. Todos os nove bairros que não possuíam áreas verdes se encontram em todas as direções da área periférica. São eles: Centenário, Jardim Nova Rio Claro, Distrito Industrial, Jardim Novo/Terra Nova, Residencial Florença, Jardim Novo Wenzel, Santa Maria, Vila Nova e Vila Paulista.

É clara uma concentração maior de áreas verdes nas áreas centrais, que vai diminuindo conforme nos afastamos do centro. A tendência em relação à melhora dos índices das áreas centrais no ICV se concretiza quando analisamos apenas áreas verdes. Se por um lado, bairros sem políticas públicas ainda encontravam certo índice de cobertura vegetal, quando se trata de áreas verdes, as políticas públicas fazem ainda mais diferença.

O mapa (Figura 14) também chama a atenção para a heterogeneidade nos índices de áreas verdes na cidade, mostrando a importância de especificar os dados para cada bairro, a fim de melhorar a aplicação das políticas públicas. A escala municipal não mostraria as nuances na quantidade de áreas verdes por habitantes, demonstrando a necessidade de analisar os dados por bairros para uma maior qualidade e precisão das informações.

Figura 14 - Índice de áreas verdes (IAV) por habitante, por bairros da área urbana de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

6.5. Correlação dos índices com rendimento

A fim de evidenciar a correlação entre as classes temáticas e o rendimento (Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade – em R\$), foram aplicados dois métodos: correlação a partir da mediana e correlação de Pearson.

6.5.1. A partir da mediana

A correlação a partir da mediana permitiu definir entre os 27 bairros de Rio Claro, aqueles com melhor ou pior índice de IAV, ICV ou IV. Assim, os bairros que obtiveram valores acima da mediana foram considerados com bons índices e os que atingiram valores abaixo da mediana, foram identificados com índices ruins. Os resultados estão apresentados nas tabelas 3 a 6, sendo o lado esquerdo demonstra os bairros com baixos índices e o lado direito representa bairros com bons índices (Tabelas 3 a 5).

Tabela 3 - Separação do IAV a partir da mediana

Bairro	IAV	Bairro	IAV
Centenário	0,00	Inocoop	0,46
Distrito Industrial	0,00	Wenzel	0,97
Jd Nova Rio Claro	0,00	Alto do Santana	1,07
Jd Novo Wenzel	0,00	Arco-Íris	1,71
Jd Novo/Terra Nova	0,00	Cidade Nova	2,09
Residencial Florença	0,00	Jd SP	2,36
Santa Maria	0,00	Consolação	2,58
Vila Nova	0,00	Jd América	2,60
Vila Paulista	0,00	Bela Vista	2,96
Jd Palmeiras	0,10	Cidade Jardim	4,14
Recanto Paraíso	0,19	Centro	4,38
Jd Guanabara	0,23	Jd Floridiana	4,64
G. Cervezão	0,28	Santana	19,49
Mãe Preta	0,38	Mediana	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 4 - Separação do ICV a partir da mediana

Bairro	IAV	Bairro	IAV
Jardim Novo Wenzel	3,68	Jardim América	17,05
Jardim das Palmeiras	5,27	Cidade Nova	19,29
Arco-Íris	5,62	Jd Novo/Terra Nova	22,11
Santa Maria	5,79	Alto do Santana	22,44
Mãe Preta	6,11	Consolação	23,23
Grande Cervezão	7,33	Cidade Jardim	24,52
Jardim Guanabara	9,96	Centro	26,86
Bela Vista	11,99	Inocoop	30,34
Vila Paulista	12,83	Santana	34,35
Wenzel	13,32	Centenário	43,83
Jd Nova Rio Claro	13,51	Jardim São Paulo	66,87
Recanto Paraíso	14,63	Residencial Florença	83,10
Jardim Floridiana	16,66	Distrito Industrial	422,46
Vila Nova	16,84	Mediana	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Tabela 5 - Separação do IV a partir da mediana

Bairro	IV	Bairro	IV
Arco-Íris	24,614	Santana	75,79
Jd Novo Wenzel	25,278	Alto do Santana	76,368
Jd Palmeiras	26,679	Jd Floridiana	81,753
Santa Maria	30,286	Jd Novo/Terra Nova	87,724
G. Cervezão	33,523	Vila Nova	97,926
Mãe Preta	37,692	Jd Nova Rio Claro	111,965
Bela Vista	50,103	Cidade Jardim	128,521
Wenzel	52,471	Vila Paulista	136,689
Jd Guanabara	55,596	Inocoop	157,206
Recanto Paraíso	55,82	Jd SP	233,243
Cidade Nova	64,3	Residencial Florença	248,14
Jd América	69,54	Centenário	263,004
Centro	71,866	Distrito Industrial	4725,32
Consolação	74,773	Mediana	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A Tabela 6 mostra o valor de rendimento médio da população em cada bairro de Rio Claro segundo o Censo Demográfico de 2010 do IBGE e a posição de cada bairro em relação à mediana do IAV, ICV e IV, respectivamente.

Tabela 6 - Rendimento médio de pessoas acima de 10 anos, por bairro, e a respectiva posição em relação à mediana (Verde = Acima da mediana, Amarelo = Mediana, Vermelho = Abaixo da mediana)

#	Bairro	Rendimento	IAV	ICV	IV
1	Cidade Jardim	2464,63			
2	Jardim São Paulo	1832,74			
3	Centro	1647,86			
4	Residencial Florença	1533,61			
5	Bela Vista	1300,73			
6	Inocoop	1242,82			
7	Santana	1235,40			
8	Jardim América	1175,76			

#	Bairro	Rendimento	IAV	ICV	IV
9	Cidade Nova	1161,06			
10	Alto do Santana	1096,80			
11	Jardim Floridiana	1051,24			
12	Consolação	970,27			
13	Vila Nova	921,51			
14	Vila Paulista	917,31			
15	Wenzel	881,66			
16	Mãe Preta	726,79			
17	Jardim das Palmeiras	715,11			
18	Arco-Íris	707,99			
19	Distrito Industrial	676,33			
20	Centenário	673,92			
21	Grande Cervezão	608,51			
22	Recanto Paraíso	587,38			
23	Jardim Novo/Terra Nova	583,94			
24	Jardim Guanabara	520,00			
25	Santa Maria	516,31			
26	Jardim Nova Rio Claro	492,26			
27	Jardim Novo Wenzel	425,87			

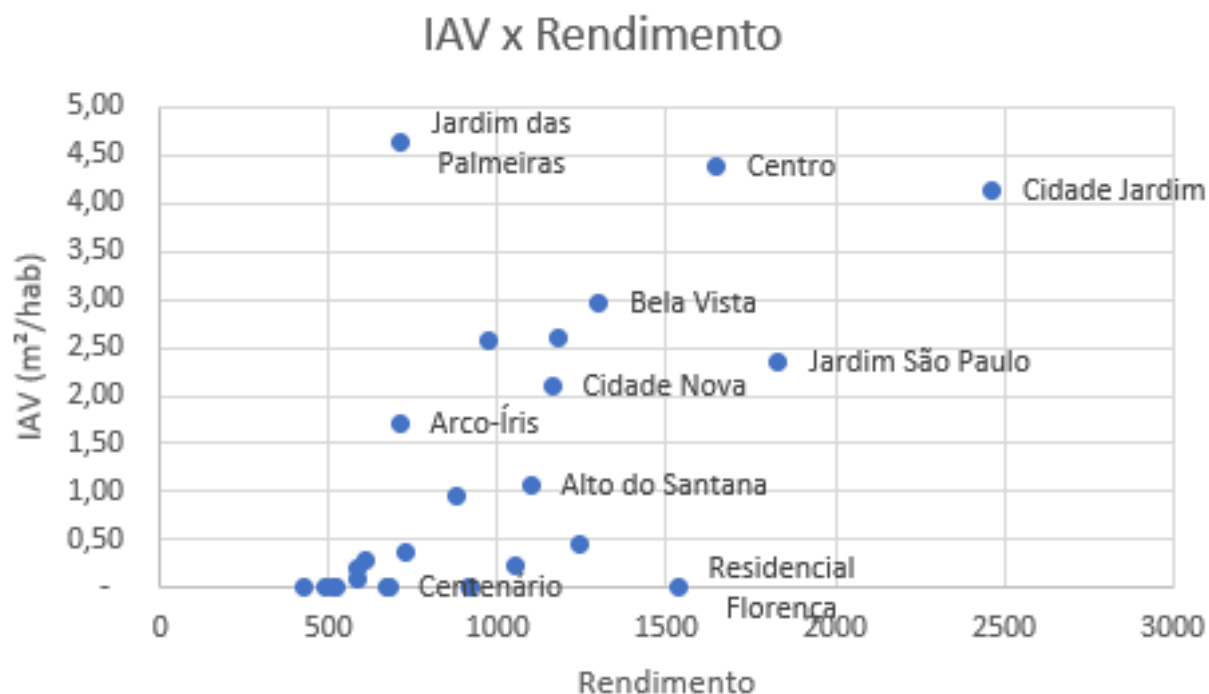
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A tabela 6 evidencia uma clara correlação entre o IAV e o rendimento médio do bairro. Dos 12 primeiros bairros, 11 se encontram acima da mediana do IAV, enquanto os últimos 9 bairros, em relação ao rendimento, se encontram abaixo da mediana do IAV.

6.5.2. A partir da correlação de Pearson

A correlação de Pearson para os valores de IAV e rendimento foi igual a 0,332, sendo considerada fraca. Porém, quando retiramos o bairro Santana, que possui IAV muito acima dos outros, a correlação encontrada foi igual a 0,606, considerada moderada. O gráfico (Figura 15) apresenta uma interrelação dos dados de IAV e rendimento, desconsiderando-se o bairro Santana.

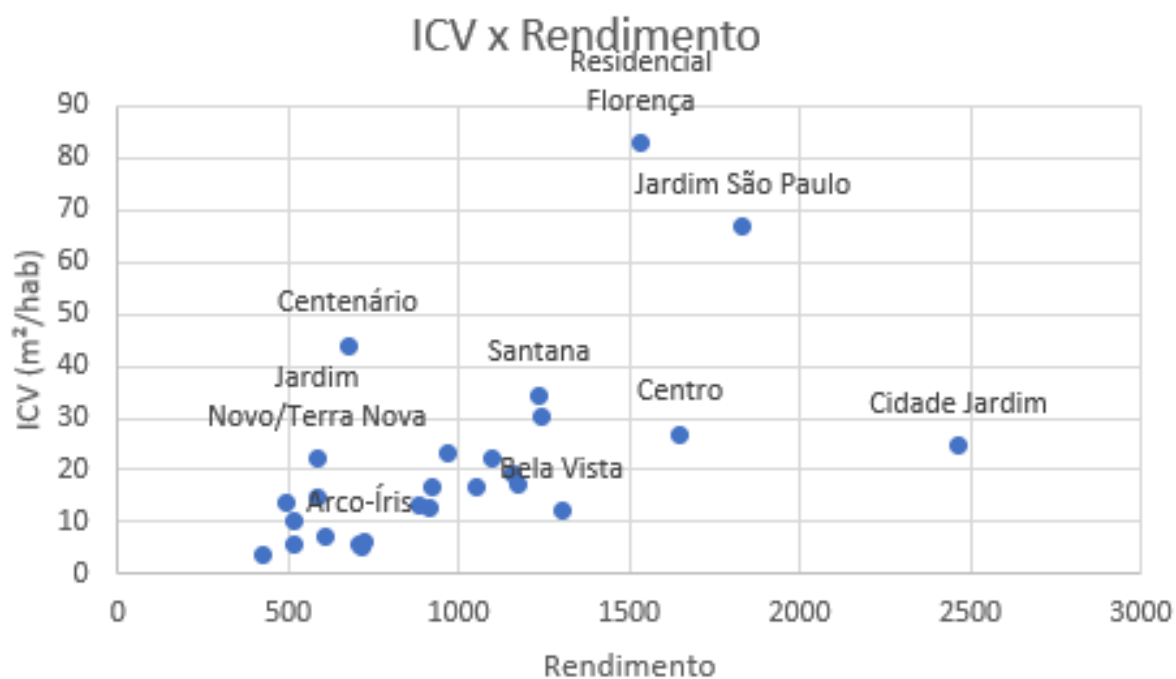
Figura 15 – Correlação de IAV e rendimento dos bairros da cidade de Rio Claro.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para o ICV, a correlação com todos os bairros gerou um valor de -0,002, que indica praticamente nenhuma correlação. Porém, analogamente ao que fizemos com o IAV, retiramos o valor muito fora do padrão, neste caso o do Distrito Industrial e obtivemos uma correlação de 0,552 (Figura 16).

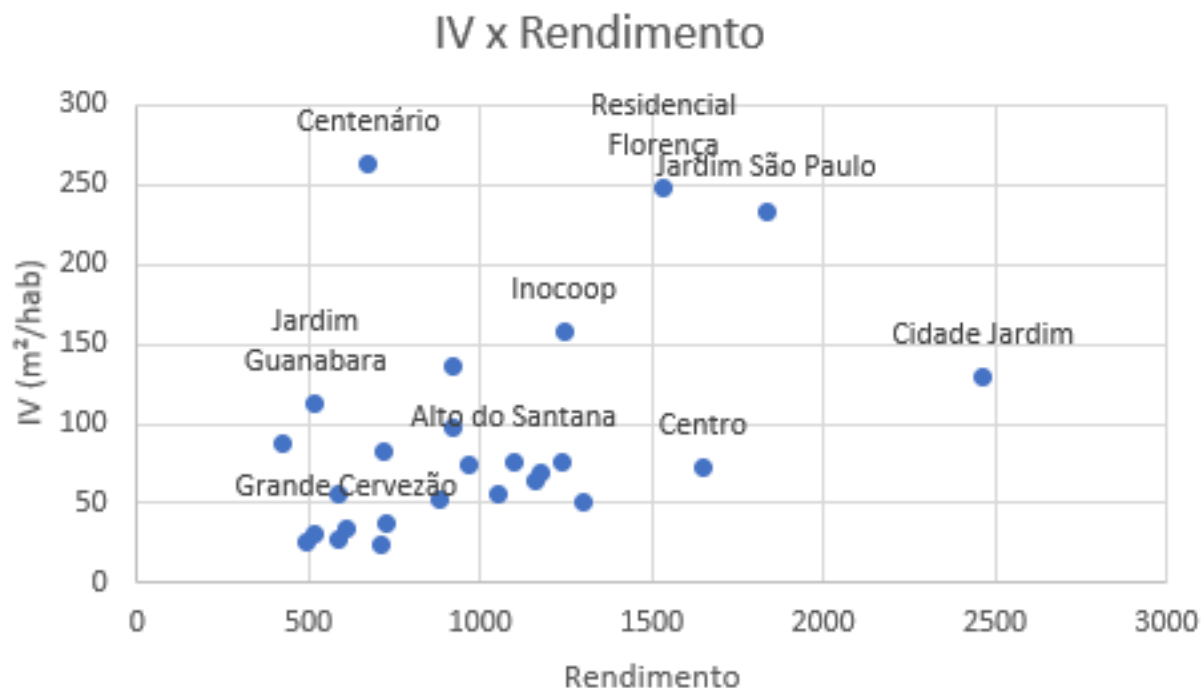
Figura 16 - Correlação entre ICV e rendimento dos bairros de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para o IV, retirando-se novamente o Distrito Industrial, o rendimento apresentou uma correlação de 0,426. Com o referido bairro, a correlação inexistia, atingindo um valor de -0,09973. A Figura 17 evidencia a relação entre os dados de IV e de rendimento:

Figura 17 - Gráfico de IV x Rendimento dos bairros da cidade de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os três índices apresentaram uma correlação moderada com o rendimento, sendo a correlação de IAV mais forte que a de ICV, que por sua vez foi mais forte que a de IV.

Esses resultados podem ser explicados em razão de os bairros da área central (que em geral, tem maiores IAV) estão consolidados há mais tempo, tendo recebido mais suporte das políticas públicas e mais incentivos fiscais destinados a arborização urbana e criação das áreas verdes. Vale salientar ainda, que bairros consolidados há mais tempo, e localizados na área central da cidade, tendem a atrair famílias com maiores rendimentos e mais investimentos do poder público.

O IV não possui tanta correlação com o rendimento, pois muitos bairros afastados do centro possuem grandes áreas vegetadas ainda não ocupadas, mas que, na grande maioria das vezes, trazem poucos benefícios para a população, por não constituírem vegetação de grande porte.

6.6. Correlação dos índices com a alfabetização

A correlação identificada em relação ao rendimento se repetiu para a taxa de alfabetização, conforme os dados da tabela 9.

Tabela 7 - Taxa de alfabetização dos bairros de Rio Claro e suas respectivas classes de IAV, ICV e IV

#	Bairro	Taxa de alfabetização	IAV	ICV	IV
1	Jardim São Paulo	99,2			
2	Inocoop	98,9			
3	Cidade Jardim	98,8			
4	Centro	98,8			
5	Bela Vista	98,7			
6	Jardim América	98,5			
7	Residencial Florença	98,2			
8	Santana	98,2			
9	Cidade Nova	98,1			
10	Alto do Santana	98,1			
11	Jardim Floridiana	97,8			
12	Vila Paulista	97,7			
13	Consolação	97,6			
14	Vila Nova	97,3			
15	Wenzel	97,2			
16	Jardim das Palmeiras	97,1			
17	Mãe Preta	96,8			
18	Arco-Íris	96,6			
19	Centenário	96,2			
20	Recanto Paraíso	95,3			
21	Jardim Novo/Terra Nova	95,2			
22	Jardim Guanabara	95			
23	Santa Maria	94,4			
24	Grande Cervezão	94,3			
25	Distrito Industrial	92,3			

#	Bairro	Taxa de alfabetização	IAV	ICV	IV
26	Jardim Nova Rio Claro	91,9			
27	Jardim Novo Wenzel	91,7			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

De acordo com a tabela 9, nota-se três bairros com todos os índices acima da sua respectiva mediana (Jardim São Paulo, Inocoop e Cidade Jardim). Novamente, é preciso muito cuidado para explicar essa correlação. A tendência pode ser explicada pelo volume de investimento que bairros situados mais ao centro (que tendem a ter maiores IAV) receberam ao longo dos anos, sendo destinado a projetos de melhoria das áreas verdes e à educação.

Isso também não significa dizer que os IAV e a ICV não influenciem em outros índices de qualidade de vida como rendimento e alfabetização, e sim, que pode ser algo cíclico. Maiores investimentos em bairros consolidados geram maiores IAV, que por sua vez influencia positivamente na qualidade de vida das pessoas, atraindo novos investimentos.

7. CONCLUSÃO

A diferença apresentada nos padrões de distribuição do índice de áreas verdes e do índice de cobertura vegetal é uma demonstração da problemática gerada quando esses termos se confundem, potencializando uma análise comparativa errônea entre resultados de índices advindos de metodologias distintas.

O IAV dos bairros de Rio Claro/SP se mostrou como o índice com o padrão mais claramente determinado, partindo de maiores valores do centro para valores menores e até nulos nas áreas mais no entorno da área urbana. A principal razão pode estar relacionada ao investimento público destinado para cada região.

O bairro Santana apresentou valores dos índices muito acima do padrão, devido à área verde do “Lago azul”, caracterizando-o como um bairro distinto do restante do município em termos de áreas verdes.

O ICV mostrou ter certa relação com o IAV, já que o valor das áreas centrais foi elevado justamente pelo aumento de arborização gerado pelas áreas verdes. Porém, tais índices são completamente distintos, apesar de relacionados. Bairros com valor nulo de IAV apresentaram valor considerável de ICV. Os valores mais extremos de ICV, positivos e negativos, foram encontrados em áreas afastadas do centro.

O IV nos mostrou a problemática que pode ser causada ao utilizar o termo “cobertura vegetal” desconectada de sua conceituação. Quando se trata em comparação de índices, a definição precisa dos termos “cobertura vegetal” e “área verde” faz-se necessária.

Em relação ao IAV, o Distrito Industrial, assim como o Santana apresentaram valores muito acima do padrão para o ICV e o IV, por conta de suas características peculiares em relação a outros bairros. O Distrito Industrial possui uma área extensa voltada à indústria, possuindo baixas porcentagens de vegetação e baixíssima população. O Santana possui uma extensa área verde, o “Lago Azul”, que elevou muito o índice do bairro

As correlações com rendimento e alfabetização tornaram-se mais claras quando foram excluídos os valores do IAV do bairro Santana e de ICV e IV do Distrito Industrial. Os valores desses bairros acima do padrão da cidade dificultaram a aplicação da correlação de Pearson.

Por fim, as correlações do IAV com índices sociais demonstraram a conexão das áreas verdes com o investimento público, o rendimento e a qualidade de vida.

8. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 3. 2000.
- BOLUND, Per; HUNHAMMAR, Sven. Ecosystem services in urban areas. **Ecological economics**, v. 29, n. 2, p. 293-301, 1999.
- BOTKIN, Daniel B.; BEVERIDGE, Charles E. Cities as environments. **Urban ecosystems**, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1997.
- BUCCHERI FILHO, Alexandre Theobaldo; NUCCI, João Carlos. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. **Revista do departamento de Geografia**, v. 18, p. 48-59, 2006.
- BURROUGH, Peter A. et al. **Principles of geographical information systems**. Oxford university press, 1998.
- BUXTON, Rachel T. et al. Noise pollution is pervasive in US protected areas. **Science**, v. 356, n. 6337, p. 531-533, 2017.
- CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; MAGALHÃES, Geovane C. Anatomia de sistemas de informação geográfica. 1996.
- CASTRO, AWS. Clima urbano e saúde: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo no inverno. **Rio Claro-SP**, 2000.
- COHEN, Barney. *Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges for sustainability*. Washington DC, Technology in Society, 2006.
- COSTANZA, Robert et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.
- LONGLEY, Paul A. et al. **Geographic information systems and science**. John Wiley & Sons, 2005.
- LUCHIARI, Ailton. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. **Revista do departamento de Geografia**, v. 14, p. 47-58, 2001.
- MOORE, Melinda; GOULD, Philip; KEARY, Barbara S. Global urbanization and impact on health. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 206, n. 4-5, p. 269-278, 2003.
- NIMER, Edmon. Climatologia do brasil. **IBGE**, 1989.

NOWAK, David J.; CRANE, Daniel E.; STEVENS, Jack C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban forestry & urban greening**, v. 4, n. 3-4, p. 115-123, 2006.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Edição do autor, 2008.

PAGANO, Sergio Nereu; LEITÃO FILHO, H. de F. Composição florística do estrato arbóreo de mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). **Revista brasileira de botânica**, v. 10, n. 1, p. 37-47, 1987.

SELMI, Wissal et al. Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. **Urban forestry & urban greening**, v. 17, p. 192-201, 2016.

SOARES, Carlo Junqueira Margotto. Zoneamento de áreas vulneráveis a inundação e alagamento em Rio Claro-SP, pelo método AHP. 2018.

TUCCI, Carlos EM. Inundações e drenagem urbana. **Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, p. 45-129, 2003.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs. **The speed of urbanization around the world**. Disponível em: https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-PopFacts_2018-1.pdf. Acesso em 10 de novembro de 2018.

WONG, Nyuk Hien; YU, Chen. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat international**, v. 29, n. 3, p. 547-558, 2005.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; SZEREMETTA, Bani. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 683-686, 2003.