

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação



COMPORTAMENTO AGREGADO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE NA DESCRIÇÃO DA MORFOLOGIA URBANA

Daniel Trindade Paim

Pelotas, 2015.

DANIEL TRINDADE PAIM

**COMPORTAMENTO AGREGADO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE
NA DESCRIÇÃO DA MORFOLOGIA URBANA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Ana Paula Neto de Faria, Dra.

PELOTAS, 2015.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P142c Paim, Daniel Trindade

Comportamento agregado da medida de acessibilidade
na descrição da morfologia urbana / Daniel Trindade Paim ;
Ana Paula Neto de Faria, orientadora. — Pelotas, 2015.

257 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Morfologia urbana. 2. Acessibilidade. 3. Compacidade.
4. Irregularidade. I. Faria, Ana Paula Neto de, orient. II.
Título.

CDD : 720

Elaborada por Kênia Moreira Bernini CRB: 10/920

DANIEL TRINDADE PAIM

**COMPORTAMENTO AGREGADO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE
NA DESCRIÇÃO DA MORFOLOGIA URBANA**

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas.

Banca examinadora:

Maurício Couto Polidori, Dr.

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel.

Renato Tibiriçá de Saboya, Dr.

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC.

Rômulo Celso Krafta, Dr.

Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, UFRGS.

Pelotas, 16 de outubro de 2015.

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Eva Terezinha, onde quer que esteja, por ter me ensinado e incentivado a buscar e conquistar todos os meus objetivos.

À Verônica, minha noiva e companheira, pelos incontáveis momentos compartilhados.

AGRADECIMENTOS

Em especial, à minha orientadora, Ana Paula Neto de Faria, por ter me ensinado muito além do esperado, por ter me instigado, desde a graduação, nos estudos urbanos, pelo conhecimento transmitido, pela competência, sabedoria, amizade e paciência ao me conduzir durante este trabalho.

Aos professores e funcionários da FAUrb, do LabUrb e do PROGRAU pelo apoio técnico, pela troca de experiência e de conhecimento e pelos momentos de descontração, como também, agradeço aos colegas mestrandos pelas parcerias durante a caminhada desta pesquisa.

Ao Renato Saboya e ao Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pela parceria na elaboração dos mapas axiais.

Aos membros da banca examinadora que muito contribuíram para a elaboração deste estudo.

À CAPES, pelo apoio financeiro recebido.

Aos colegas do Núcleo de Urbanismo da Prefeitura Municipal de Canguçu que foram de extrema importância e estímulo na reta final deste trabalho.

Aos amigos(as) que muito me motivaram, ajudaram e incentivaram ao longo desta pesquisa, em especial:

Bárbara Hypólito; Fernanda Tomiello; Luana Detoni inclusive por sua vigília constante com as simulações computacionais das cidades analisadas; Maurício Polidori, Miguel Tarouco e Otávio Peres que também me possibilitaram gerar os dados das últimas cidades; Rachel Lazzarotto; e Iaslei Ferrão e Tassiana Ramires que ainda me auxiliaram muito além das expectativas com sua força, cooperação, incentivo e fé.

Aos familiares que torceram, me incentivaram, me auxiliaram e entenderam a importância deste trabalho, além de dedicarem seu tempo a me animar em momentos difíceis, em especial: meus irmãos: Samuel Trindade Paim e Jênifer e Silva Paim; meus primos: Josiane Trindade Fernandes e Cléverson Paim Trindade; meus afilhados: Antônio Pedro Trindade Fernandes, Gabriel Leal Paim e Rafael Leal Paim; minha tia: Ilsa Maria Rangel Trindade; e meu pai Joel Diomar Rosa Paim. E, também, aos familiares da minha noiva que me ajudaram da mesma maneira: Cândida Hercília da Silveira Ferreira, Domingos Ferreira (*in memoriam*), Domingos Tertuliano Ferreira, Valéria da Silveira Ferreira e Renatto da Silva.

À Verônica da Silveira Ferreira, pelos incontáveis momentos de dedicação para comigo, impossível descrever apenas em palavras toda a gratidão, amor e carinho demonstrados.

Aos demais familiares e amigos pelo apoio e compreensão.

RESUMO

O presente estudo busca verificar se o comportamento agregado da medida de Centralidade por Proximidade, muito utilizada nos estudos urbanos e também conhecida como Acessibilidade, consegue refletir dimensões relevantes da cidade, enquanto descritora do sistema urbano como um todo. Particularmente, pretende verificar as relações da medida de acessibilidade com a compactação/fragmentação da forma urbana e a irregularidade da rede da cidade. Para tanto, seleciona-se uma quantidade significativa de cidades de porte médio brasileiras, para, assim, adquirir uma amostra consistente capaz de possibilitar a compreensão das implicações do padrão de distribuição estatística da medida de acessibilidade quando utilizada nos estudos urbanos. Busca-se encontrar as relações existentes entre essa medida e a compacidade da forma urbanizada e a irregularidade da rede urbana. No estudo são utilizados modelos urbanos baseados em grafos e representados pelo critério de centros de via. De acordo com os dados e análises estatísticas realizadas é possível observar que a medida de acessibilidade possui correlação com a compacidade da cidade e a irregularidade da rede urbana. Constata-se que os melhores índices da medida de acessibilidade são consequência de cidades mais compactas e com uma rede mais irregular (sendo a irregularidade relacionada à hierarquização da estrutura configuracional urbana, em termos de conexões). Também pode ser observado que os vazios urbanos influenciam diretamente na acessibilidade global do sistema.

Palavras-chave: Morfologia Urbana. Acessibilidade. Compacidade. Irregularidade.

ABSTRACT

This study aimed to verify if the aggregate behavior of the measuring Closeness Centrality, which is widely used in urban studies and also known as Accessibility, can reflect relevant aspects of the city as descriptor of the urban system as a whole. In particular, it intends to verify the relations between the accessibility measure to the compaction/fragmentation of urban form and irregularity of the city's network. Therefore, a significant amount of Brazilian medium sized cities are selected in order to acquire a consistent sample capable of presenting an understanding of the implications of the standard statistical distribution of accessibility measure when used in urban studies. It was also aiming to find the links between this measure and the compactness of the urban form and irregularity of the urban network. In the study, it was used some urban models based on graphs and represented by criteria of track centers. According to the data and statistical analyzes it can be seen that accessibility measure has a correlation to the compactness of the city and the irregularity of the urban network. It was found that the best accessibility measure rates are results of more compact cities with more irregular network (with irregularities related to the hierarchy of urban configurational structure in terms of connections). It can also be noted that empty urban spaces directly influence the overall accessibility of the system.

Keywords: Urban Morphology. Accessibility. Compactness. Irregularity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos de um grafo: a) representação de vértices; b) aresta e arco e c) ligações entre vértices	26
Figura 2: Diagrama de representação de um grafo	26
Figura 3: Exemplos de grafos regulares: a) grafo com dois vértices; b) grafo com três vértices e c) grafo com quatro vértices	27
Figura 4: Exemplos de grafos altamente irregulares: a) grafo com cinco vértices e b) grafo com três vértices	27
Figura 5: (a) Mapa "real" de uma cidade da França; (b) mapa de espaços abertos; (c) mapa de convexidade e (d) mapa de axialidade	35
Figura 6: Demonstração de um mapa axial transformado em grafo	36
Figura 7: Histogramas dos comprimentos das linhas das três redes estudadas	46
Figura 8: Exemplos de histogramas: a) histograma e b) histograma com a representação ilustrativa de um sino	50
Figura 9: Gráfico representativo da distribuição de Gauss	51
Figura 10: Distribuição geográfica das cidades brasileiras selecionadas	56
Figura 11: Cidades com a delimitação de seus perímetros e vazios urbanos: a) Anápolis - GO; b) Imperatriz - MA; c) Marília - SP e Mossoró - RN	58
Figura 12: Esquema demonstrativo da cidade de Itabuna - BA para o cálculo do Indicador de continuidade.....	61
Figura 13: Representação de três mapas para ilustrar a medida de irregularidade	67
Figura 14: Irregularidade da rede exemplificada pelas cidades: Camaçari - BA (menos irregular) e Santarém - PA (mais irregular)	69
Figura 15: a) correlação positiva perfeita e b) correlação negativa perfeita	71

Figura 16: a) e b) correlação nula.....	71
Figura 17: Ilustração do sentido e força do coeficiente de correlação linear de Pearson	72
Figura 18: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: a) Anápolis - GO.....	76
Figura 19: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: b) Arapiraca - AL	77
Figura 20: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: c) Bauru - SP	78
Figura 21: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: d) Boa Vista - RO	79
Figura 22: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: e) Camaçari - BA.....	80
Figura 23: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: f) Caruaru - PE	81
Figura 24: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: g) Cascavel - PR	82
Figura 25: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: h) Divinópolis - MG	83
Figura 26: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: i) Foz do Iguaçu - PR.....	84
Figura 27: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: j) Franca - SP	85
Figura 28: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: k) Governador Valadares - MG.....	86
Figura 29: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: l) Guarujá - SP	87
Figura 30: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: m) Imperatriz - MG.....	88
Figura 31: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: n) Itabuna - BA	89
Figura 32: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: o) Limeira - SP	90
Figura 33: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: p) Marabá - PA	91

Figura 34: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: q) Marília - SP.....	92
Figura 35: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: r) Mossoró - RN	93
Figura 36: Histograma de frequência da medida de Acessibilidade das cidades em análise: s) Palmas - TO	94
Figura 37: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: t) Pelotas - RS	94
Figura 38: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: u) Petrolina - PE	95
Figura 39: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: v) Ponta Grossa - PR.....	96
Figura 40: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: w) Rio Branco - AC.....	97
Figura 41: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: x) Santa Maria - RS	98
Figura 42: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: y) Santarém - PA	99
Figura 43: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: z) São Carlos - SP	100
Figura 44: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: aa) Sete Lagoas - MG	101
Figura 45: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: bb) Uberaba - MG.....	102
Figura 46: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: cc) Vitória da Conquista - BA.....	103
Figura 47: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade.....	105
Figura 48: Gráficos de correlação entre a Média de Acessibilidade e: (a) o Índice de Compacidade e (b) a Medida de Compacidade Urbana	105
Figura 49: Gráfico de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade	107
Figura 50: Gráficos de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e: (a) o Índice de Compacidade e (b) a Medida de Compacidade Urbana	108

Figura 51: Demonstração do critério de distância entre núcleos urbanizados: a) b) Guarujá - SP	110
Figura 52: Cidades que apresentam valores discrepantes para o Indicador de Continuidade: a) Governador Valadares - MG; b) Guarujá - SP; c) Marabá - PA; d) Marília - SP; e) Pelotas - RS.....	111
Figura 53: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade (sem as cidades com núcleos urbanos distantes do núcleo central).....	112
Figura 54: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade (sem as cidades com núcleos urbanos distantes do núcleo central).....	113
Figura 55: Gráficos de relação entre a Média de Acessibilidade e a Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)	116
Figura 56: Gráfico de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e (b) a Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006).....	117
Figura 57: Medida de Compacidade Urbana exemplificada pelas cidades: a) Camaçari - BA; b) Divinópolis - MG; c) Vitória da Conquista - BA; d) Anápolis - GO; e) Boa Vista - RR; f) Cascavel - PR	119
Figura 58: Indicador de Continuidade exemplificado pelas cidades: a) Divinópolis - MG; b) Rio Branco - AC; c) Bauru - SP; d) Franca - SP; e) Boa Vista - RR; f) Cascavel - PR.....	121
Figura 59: Irregularidade da rede exemplificada pelas cidades: a) Camaçari - BA; b) Limeira - SP; c) Itabuna - BA; d) Petrolina - PE; e) Boa Vista - RR; f) Santarém - PA.....	123
Figura 60: Análise visual dos Histogramas de frequência e dos padrões espaciais da medida de Acessibilidade: a) Arapiraca - AL; b) Limeira - SP	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista das cidades brasileiras selecionadas para o estudo.	55
Tabela 2: Área e perímetro das cidades em análise, juntamente com área e perímetro dos seus vazios urbanos	64
Tabela 3: Indicador de Continuidade, Índice de Compacidade e Medida de Compacidade Urbana das cidades em análise.....	65
Tabela 4: Irregularidade da rede urbana pelo método de Nikiforov (2006).....	68
Tabela 5: Descrição da rede para a medida de Acessibilidade comparada à Compacidade Urbana.....	104
Tabela 6: Descrição da rede para a medida de Acessibilidade comparada à Irregularidade da rede urbana	115

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Medida espectral de Collatz-Sinogowitz (1957).....	28
Equação 2: Medida de variância de Bell (1992)	28
Equação 3: Medida de desbalanceamento de Albertson (1997)	28
Equação 4: Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006).....	29
Equação 5: Cálculo da irregularidade total de Abdo-Dimitrov (2012)	29
Equação 6: Profundidade média.....	37
Equação 7: Assimetria relativa	37
Equação 8: <i>Diamond-shaped value</i>	37
Equação 9: Assimetria Relativa Real.....	38
Equação 10: Integração Global	38
Equação 11: Acessibilidade de um vértice genérico.....	39
Equação 12: Medida de Acessibilidade	39
Equação 13: Acessibilidade Normalizada.....	40
Equação 14: Variação média dos dados em torno da média aritmética	51
Equação 15: Indicador de continuidade.....	60
Equação 16: Fórmula inicial do Índice de compacidade (K_c)	62
Equação 17: Relação entre área e raio do círculo	62
Equação 18: Fórmula inicial do Índice de compacidade (K_c) com dedução da fórmula.....	62
Equação 19: Índice de compacidade (K_c)	62
Equação 20: Medida de Compacidade Urbana (M_c)	63

Equação 21: Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006).....	66
Equação 22: Coeficiente de correlação	70
Equação 23: Classificação da magnitude do coeficiente de correlação Pearson	72
Equação 24: Coeficiente de determinação	73

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETIVOS	17
JUSTIFICATIVA	19
DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES	20
METODOLOGIA.....	21
ESTRUTURA DO TRABALHO	22
 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
1.1. MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL URBANA	24
1.2. MODELOS BASEADOS EM GRAFOS.....	25
1.2.1. Irregularidade dos grafos	26
1.2.2. Estudos de redes	30
1.2.3. Discretização do espaço urbano.....	31
1.3. MORFOLOGIA URBANA	32
1.3.1. Cidade compacta / fragmentada	33
1.4. A SINTAXE ESPACIAL E SEUS DESDOBRAMENTOS.....	34
1.4.1. Representação da estrutura espacial urbana	34
1.4.2. A Medida de Integração e suas interpretações	36
1.4.3. A descrição configuracional e o funcionamento das cidades	40
1.4.4. Novas abordagens	41
 2. MÉTODO	48
2.1. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE REDES ESPACIAIS	48
2.2. A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	49
2.2.1. Distribuição estatística da medida de acessibilidade	50
2.2.2. Técnicas de agrupamentos para a representação visual ...	52
2.3. CRITÉRIOS DE REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA ESPACIAL URBANA.....	53
2.4. A AMOSTRA	54
2.4.1. Seleção da amostra de cidades	54
2.4.2. Representação da estrutura espacial urbana	56
2.4.2.1. Definição dos perímetros e vazios urbanos	57

2.4.2.2. Definição dos mapas urbanos.....	59
2.5.CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA CIDADE E DA REDE ESPACIAL URBANA	60
2.5.1. Compacidade da forma urbana	60
2.5.1.1. Indicador de Continuidade	60
2.5.1.2. Índice de Compacidade	61
2.5.1.3. Medida de Compacidade Urbana.....	63
2.5.2. Irregularidade da rede urbana	66
2.6.CRITÉRIOS PARA AVALIAR AS RELAÇÕES EXISTENTES ENTRE A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E A COMPACIDADE DA FORMA DA CIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA	70
2.6.1. Coeficiente de correlação linear de Pearson	70
2.6.2. Coeficiente de determinação	73
3. A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E SUAS RELAÇÕES COM A COMPACIDADE DA FORMA DA CIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA	74
3.1.DESCRICÃO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	74
3.2.ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE COM A COMPACIDADE DA FORMA URBANA	103
3.2.1. Compreensões sobre as medidas de compacidade da forma urbanizada	109
3.3.ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA	114
3.3.1. Compreensões sobre a irregularidade da rede urbana	118
3.4.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
3.5.ESTUDO COMPLEMENTAR E EXPLORATÓRIO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	124
CONCLUSÃO.....	126
METODOLOGIA, HIPÓTESES E OBJETIVOS PROPOSTOS	126
CONSIDERAÇÕES SOBRE O COMPORTAMENTO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	128
LIMITAÇÕES E CONTINUIDADE DO TRABALHO.....	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
APÊNDICES	137

INTRODUÇÃO

A presente dissertação insere-se na área morfológica dos estudos urbanos com ênfase na abordagem configuracional que entende as cidades como sistemas, abrangendo a estrutura espacial da cidade, que compreende os diversos componentes, tanto espaciais como não espaciais, que se encontram relacionados entre si.

A linha de estudos configuracionais que adota a representação do espaço urbano por meio de um grafo para realizar suas análises, em geral, emprega um conjunto restrito de medidas para descrever a estrutura urbana a partir das características de cada componente dentro do todo. Essa descrição é feita por meio da caracterização do modo como os valores da medida se distribuem pelos componentes do sistema.

Em outras áreas de estudo, as quais também procuram entender o comportamento de sistemas através de descrições configuracionais com o auxílio de grafos, são empregados procedimentos que visam descrever o sistema como um todo ao considerar o comportamento das partes. Tais estudos empregam técnicas estatísticas definindo valores, medidas ou índices que representam o comportamento agregado dos componentes do sistema, esses procedimentos têm se mostrado úteis em estabelecer classes gerais de comportamento em sistemas complexos, sendo muitos desses trabalhos ainda recentes e com foco de interesse em outras áreas do que os estudos urbanos.

APRESENTAÇÃO DO TEMA E OBJETIVOS

O tema abordado nesta pesquisa é o comportamento agregado da medida de Centralidade por Proximidade quando comparada a questões da forma e da rede urbana. Essa medida é bastante utilizada nos estudos urbanos e também é

conhecida como medida de Acessibilidade, sendo essa denominação a utilizada como designação da medida durante esta pesquisa.

A medida de Acessibilidade consiste em definir o quão facilmente um espaço urbano pode ser alcançado, partindo de qualquer outro na rede, considerando o espaço topológico, que considera a posição relativa de um determinado objeto em relação a outro dentro do sistema. Dentro desse conceito, os espaços privilegiados são aqueles que estão mais próximos aos demais, isto é, o espaço que estiver, em média, mais perto de todos os outros possui uma maior acessibilidade dentro do sistema.

A medida de Acessibilidade é uma das medidas de diferenciação espacial, as quais definem critérios de ordenação para os espaços a partir de sua diferenciação e a relacionam com as características e fenômenos urbanos de interesse. Neste estudo busca-se verificar se esse tipo de procedimento, para a medida de acessibilidade, é capaz de caracterizar os sistemas urbanos e definir classes gerais de configurações em sistemas complexos, utilizando-se de: procedimentos de outros sistemas espaciais e correlações da forma espacial urbana com a medida de Acessibilidade.

Este trabalho objetiva colaborar com os esforços realizados na compreensão da estrutura configuracional urbana, por meio do aprimoramento dos procedimentos de análise e interpretação dos resultados de modelos de simulação computacional baseados em grafos. Além disso, esta pesquisa busca: a) compreender as implicações do padrão de distribuição estatística da medida de acessibilidade nos estudos relativos aos espaços urbanos; b) melhorar a interpretação dos resultados de modelos urbanos baseados em grafos e representados pelo critério de centros de via; c) criar novas possibilidades interpretativas para os fenômenos urbanos relacionados com sua forma espacial, provenientes de estudos de redes, para o caso da descrição configuracional do espaço urbano; e d) compreender melhor sobre a medida de acessibilidade e o quê ela capta da cidade, além da possibilidade de novas implicações sobre a medida.

Mais precisamente, pretende-se verificar se o comportamento agregado da medida de Acessibilidade, enquanto descritora do sistema urbano como um todo, é capaz de refletir dimensões da compacidade da forma urbanizada e da irregularidade da rede urbana. A compacidade forma urbana é definida em como a conformação do território da cidade se distribui geograficamente, podendo ser mais

concentrada e/ou aproximada em relação a outras mais dispersas (HILLIER, 2002), ou seja, quanto mais próximas do formato circular, mais compactas são as formas das cidades. Enquanto que a medida de irregularidade descreve a irregularidade da rede através das diferenças de conectividade dos componentes do sistema e, portanto, quando aplicada aos estudos urbanos, não consegue capturar efetivamente a regularidade morfológica do traçado urbano numa representação por centros de via.

JUSTIFICATIVA

Toda a pesquisa deve contribuir para aumentar o conhecimento sobre determinado assunto (SERRA, 2006). Por isso, a relevância do trabalho proposto está em investigar um aspecto pouco abordado dos estudos configuracionais e em compreender melhor sobre o comportamento agregado estatístico da medida de Acessibilidade, como também verificar quais as influências exercidas por características morfológicas das cidades no seu comportamento e, dessa maneira, produzir conhecimento na área da interpretação das descrições configuracionais do espaço urbano.

Sua escolha deve-se ao fato dessa medida ser muito utilizada nos estudos espaciais urbanos, e também, porque a compreensão das características gerais das medidas baseadas nos conceitos de acessibilidade, avaliadas pelas influências de sua disposição espacial, são estudos ainda escassos. Além disso, existem poucos indicadores sobre o comportamento geral dessa medida em estudos de redes urbanas.

São selecionados dois aspectos da cidade, a compacidade da forma urbanizada e a irregularidade da rede urbana, com o intuito de verificar suas relações com a medida de Acessibilidade. Tais aspectos são escolhidos por serem considerados relevantes para os estudos urbanos, porém ainda não testados para medir as possíveis relações existentes da medida de Acessibilidade com essas questões.

O processo de planejamento consiste em planejar para evitar que os problemas ocorram, então, entender como a compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana se relacionam com a medida de Acessibilidade (como um todo) pode auxiliar a desvendar um pouco sobre a estrutura configuracional da cidade e como isso pode afetar suas possíveis transformações, pois para os

urbanistas e estudiosos do assunto, a cidade é costumeiramente considerada como um organismo vivo, em constante transformação, mesmo que esse processo seja estático e com um período de tempo definido.

Por outro lado, existem poucas referências específicas sobre o tema em questão, o que torna o trabalho inovador e, por consequência, com uma abrangência limitada do estudo e do alcance dos seus resultados, pois ainda não se tem uma base bibliográfica e metodológica consistente e específica desse assunto. Dessa maneira, o trabalho também testa novas possibilidades e novos métodos interpretativos, analíticos e metodológicos ainda não consolidados nos estudos dos sistemas urbanos, que sendo significativos, podem se tornar relevantes para os estudos da área.

Para tanto, é preciso, conforme Eco (2012), demonstrar os procedimentos e métodos utilizados como meio de fornecer elementos de verificação e/ou contestação da(s) hipótese(s) apresentada(s), pois esse é um requisito fundamental para permitir que o trabalho possa ser continuado.

DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES

A medida de Acessibilidade é descrita estatisticamente através de seu padrão de distribuição, assim definido por descritores numéricos, que de alguma forma refletem o comportamento agregado dos componentes do sistema urbano. Então, com esses descritores do padrão distributivo da medida são avaliadas as relações existentes da medida de Acessibilidade com a compacidade da forma da cidade e com a irregularidade da rede urbana.

Tendo em vista essa realidade, o trabalho propõe-se a investigar a medida configuracional de Acessibilidade, dentro de uma única forma de representação do espaço (pelo critério de centros de via) e suas relações com dois aspectos morfológicos do sistema urbano: a compacidade da forma urbana e a irregularidade da rede da cidade.

Assim, como problema de pesquisa, tem-se a seguinte questão:

O comportamento estatístico da medida de acessibilidade consegue refletir as possíveis relações existentes dessa medida com a compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede espacial urbana?

Como hipótese de pesquisa para essas perguntas tem-se:

A compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana influenciam no comportamento agregado da medida baseada no conceito de acessibilidade. Desse modo, evidenciam que as técnicas e análises de redes e a descrição estatística da medida de acessibilidade são capazes de demonstrar efetivamente aspectos relativos aos sistemas urbanos, assim como possibilitam novas interpretações para os estudos da área comprovando a existência de relações existentes entre os aspectos estudados.

METODOLOGIA

Quanto à metodologia, para verificar o comportamento agregado da medida de acessibilidade e quais suas relações com a compacidade da forma urbana e a irregularidade da rede desse tipo de sistema, torna-se necessário descrever estatisticamente essa medida, através de seu padrão de distribuição, assim definido por descritores numéricos, que de alguma forma refletem o comportamento agregado dos componentes do sistema urbano.

Com o intuito de avaliar tais relações são selecionadas 29 cidades, entre 200 e 350 mil habitantes; assim, obtendo uma quantidade significativa de cidades brasileiras, de porte semelhante e com características morfológicas distintas, desenhadas por critérios específicos de representação da estrutura espacial urbana, nesse caso, centros de via, como também, definidas quanto à representação dos seus perímetros e de seus vazios urbanos.

Dessa maneira, o comportamento agregado estatístico da medida de acessibilidade é analisado através da sua relação com a compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana. Essa relação é avaliada com base nos descritores do padrão distributivo da medida e suas relações com os indicadores estipulados para descrever a compacidade da cidade e sua irregularidade da rede, sendo esses indicadores quantitativos, capazes de ordenar as cidades em mais ou menos compactas e irregulares.

Este estudo adota a simulação computacional e a modelagem urbana baseada em grafos. O tipo de modelo a ser empregado neste trabalho é um modelo de estado, que consiste em descrever o comportamento de um sistema em um

determinado momento, ou seja, não enfoca nas mudanças decorrentes ao longo do tempo. É um modelo descritivo e matemático, pois procura descrever características presentes nos fatos apresentados e representa seus elementos conceituais expressos por operações matemáticas. Trata-se de um estudo que se apodera de técnicas estatísticas para análise e, assim, procura descobrir as relações existentes dessa com a compacidade da forma espacial urbana e a irregularidade da rede da cidade.

ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho está dividida basicamente em três etapas: a primeira voltada para a fundamentação teórica e algumas definições que contribuem para o entendimento do trabalho; a segunda referente à metodologia, juntamente com os procedimentos e critérios adotados para a elaboração deste estudo; e a terceira referente à análise e resultados empíricos desta pesquisa. Por fim, tem-se a conclusão, a bibliografia citada e o apêndice.

O trabalho em questão está estruturado dentro de etapas que seguem descritas:

Introdução

Capítulo 1 - Fundamentação teórica: neste capítulo são abordados conceitos da morfologia urbana, da modelagem e simulação computacional e, ainda, dos modelos computacionais que se utilizam da teoria dos grafos, proveniente da matemática discreta, e com foco de interesse nos estudos de redes. Aprofunda-se também na teoria da Sintaxe Espacial e nas suas implicações ao longo dos anos, tanto em estudos urbanos, como em outras áreas de interesse.

Capítulo 2 - Método: são desenvolvidos critérios para seleção da amostra e definidos os principais meios de representação das cidades selecionadas, além da descrição do conjunto de dados a serem estudados, por fim, são estipulados parâmetros que determinam as relações entre as características morfológicas escolhidas para esta pesquisa e a medida de Acessibilidade.

Capítulo 3 - A medida de Acessibilidade e suas relações com a compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana: é analisado o comportamento estatístico da medida de Acessibilidade quando relacionada à compacidade da forma urbana e à irregularidade da rede da cidade, através de representações

espaciais urbanas pelo critério de centros de via e de suas simulações computacionais em *software* específico.

Conclusão

Referências Bibliográficas

Apêndices: contêm imagens e representações espaciais de todas as cidades selecionadas para este estudo.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo faz-se a reflexão teórica acerca do tema deste estudo, com o intuito de embasar o trabalho aqui apresentado. Inicialmente, são abordados conceitos de morfologia, além de investigar os principais modelos teóricos urbanos, assim como conceitos da modelagem e simulação computacional urbana. Posteriormente, procura-se entender teorias e modelos computacionais que se utilizam da teoria dos grafos, inclusive a irregularidade dos grafos, oriunda de estudos da matemática discreta, bem como suas inserções em estudos urbanos e a busca pelo entendimento dos estudos de redes focados na compreensão e no "funcionamento" das cidades.

Por fim, faz-se uma abordagem da Sintaxe Espacial e seus desdobramentos ao longo dos anos e, ainda, vêem-se como influenciam novas pesquisas e a criação de novas medidas capazes de quantificar o espaço urbano. Para, então, apresentar novas metodologias e técnicas, tanto de outras áreas de interesse, como também para os estudos urbanos, juntamente com a demonstração de quais avanços essas teorias estão alcançando nas últimas décadas.

1.1. MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL URBANA

Segundo Batty (1976), o uso de modelagem e simulação parece ser adequado quando não se tem o conhecimento pleno do sistema analisado. A modelagem enquanto ferramenta de conhecimento serve para auxiliar na organização e integração dos retalhos de conhecimento empírico existentes, ajudando a clarificar o significado do que é conhecido, enfocando as diferentes possibilidades e interações por detrás dos fatos (COUCLELIS, 1986).

Para Axelrod (1997), o uso da modelagem e simulação é uma maneira de administrar uma pesquisa científica, concomitantemente ao método científico

tradicional, que segundo Severino (2007), é indutivo e dedutivo, sendo essas duas formas de raciocínio capazes de gerar o argumento ou a justificativa de uma hipótese.

Para Batty (2009), a modelagem urbana é uma importante ferramenta de auxílio no processo de construção do conhecimento, pois permite compreender melhor os fenômenos urbanos estudados, através da execução de testes, eliminação de hipóteses e proposição de alternativas. Consiste em traduzir teorias urbanas em modelos matemáticos, através de experimentos e simulações em ambiente computacional. Os modelos usados em simulações de sistemas complexos e dinâmicos têm sido bem sucedidos, como é o caso das cidades.

Echenique (1975) define modelo como meio de representar a realidade, através da manifestação de determinadas características relevantes da realidade observada, podendo ser composta de objetos ou sistemas que existem, existiram ou possam existir. Para Liu (2009 p. 2), um modelo, em geral, é uma representação simplificada da realidade e a modelagem é o processo ou objetivo para a produção de modelos, que inclui a ação ou arte de quem produz os modelos.

O tipo de modelo a ser empregado neste trabalho é um modelo de estado, que consiste em descrever o comportamento de um sistema em um determinado momento, ou seja, não enfoca nas mudanças decorrentes ao longo do tempo. É um modelo descritivo e matemático, pois procura descrever características presentes nos fatos apresentados e representa seus elementos conceituais expressos por operações matemáticas.

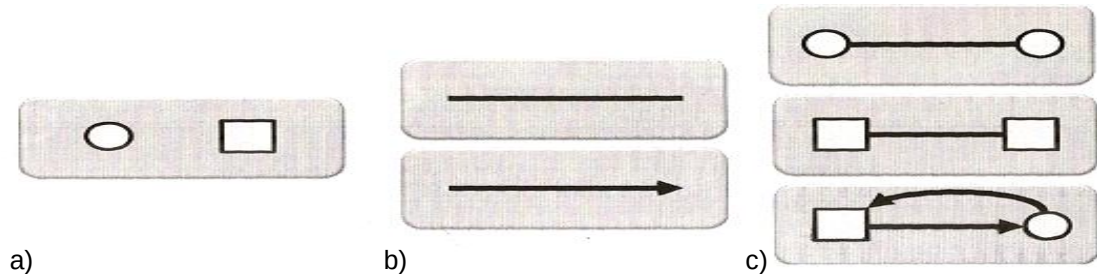
1.2. MODELOS BASEADOS EM GRAFOS

A teoria dos grafos é aplicada a diversas áreas de conhecimento. Faria (2010) destaca que a teoria dos grafos é uma importante ferramenta da matemática discreta, na qual um grafo G é definido matematicamente como um par ordenado de conjuntos disjuntos V e E , sendo V um conjunto discreto de elementos v , denominados vértices, pontos ou nós, e E uma família de elementos e definidos em função dos elementos v de V , cujos elementos geralmente são chamados de arestas ou ligações.

Segundo Goldbarg e Goldbarg (2012), um grafo é uma entidade matemática que representa o sistema através dos elementos desenhados por pontos ou círculos (denominados nós ou vértices) e das relações (físicas e/ou abstratas) entre esses

elementos, caracterizados por traços ou setas que ligam esses pontos (denominadas arestas ou arcos), demonstrados pela figura 1:

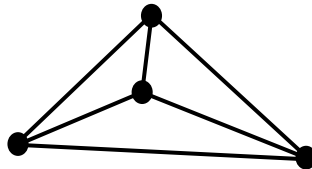
Figura 1: Elementos de um grafo: a) representação de vértices; b) aresta e arco e c) ligações entre vértices



Fonte: Goldberg e Goldberg (2012, p. 2).

Conforme Boaventura Netto e Jurkiewicz (2009) um modelo básico de grafo considera basicamente duas questões: quais os elementos envolvidos; e, quais elementos estavam ligados e quais não estavam. Ou seja, é necessário saber quais são os vértices e "quem está ligado com quem", o que, obviamente, "apela" para uma visão gráfica da estrutura de um grafo, como exemplo a figura 2:

Figura 2: Diagrama de representação de um grafo



Legenda: os vértices são representados por pontos e as arestas são representadas por linhas retas.

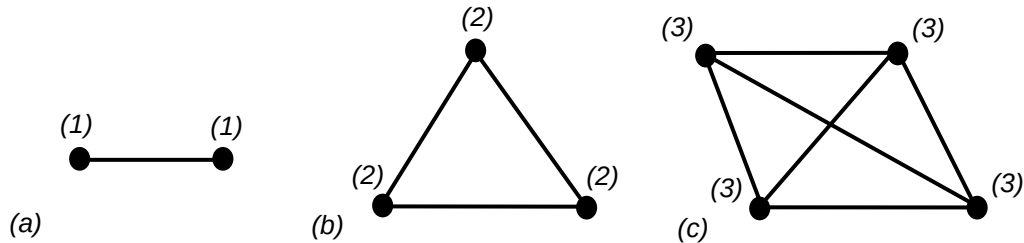
A modelagem computacional baseada em grafos tem se mostrado uma das formas adequadas para estudar as propriedades da estrutura configuracional e morfológica do espaço urbano (KRÜGER, 1979; HILLIER e HANSON, 1984; KRAFTA, 1999). A representação do sistema urbano através de um grafo permite que algumas das características do sistema e de seus componentes sejam descritas tão somente através das condições de conectividade interna (FARIA, 2010), ou seja, permite que se destaque apenas a estrutura relacional do sistema.

1.2.1. Irregularidade dos grafos

Um grafo é dito regular quando todos os seus vértices possuem o mesmo grau do vértice, sendo o grau do vértice definido pelo número de arestas incidentes

nele. Na seguinte imagem (figura 3) verificam-se alguns exemplos de grafos regulares:

Figura 3: Exemplos de grafos regulares: a) grafo com dois vértices; b) grafo com três vértices e c) grafo com quatro vértices

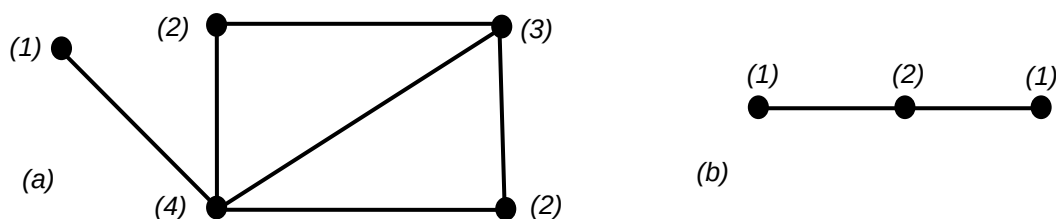


Legenda: Nos três grafos os vértices são representados por pontos e as arestas são representadas por linhas retas, além disso, os valores em parênteses em cada vértice demonstram seu número de conexões (grau do vértice).

Um grafo irregular é aquele cuja sequência de graus do vértice é constituída por, pelo menos, um par de elementos distintos (CHARTRAND et al., 1988).

Segundo Dimitrov et al. (2014) e Alavi et al. (1987) o conceito de *grafo altamente irregular* parece ter merecido mais atenção nos estudos referentes à irregularidade dos grafos. Um grafo altamente irregular possui diferentes graus do vértice em cada um de seus vértices vizinhos, sendo aquele em que cada um dos seus vértices adjacentes possui vértices de graus diferentes do seu, conforme demonstrado pela figura 4 a seguir:

Figura 4: Exemplos de grafos altamente irregulares: a) grafo com cinco vértices e b) grafo com três vértices



Legenda: Nos dois grafos os vértices são representados por pontos e as arestas são representadas por linhas retas, além disso, os valores em parênteses em cada vértice demonstram seu número de conexões (grau do vértice).

As primeiras abordagens que discutem sobre a irregularidade dos grafos têm sido tratadas na literatura basicamente através de duas tendências: a primeira define quais grafos são "mais irregulares" que outros através de um determinado critério; e a segunda define medidas de irregularidade através da atribuição de valores que, de alguma forma, expressem essa propriedade (BOAVENTURA NETTO, 2013).

Embora muitos desses estudos proponham definições de medidas de irregularidade, Oliveira et al. (2013) ressaltam que o problema pouco estudado até

hoje está em avaliar o quão irregular é um grafo em relação a outros através de uma medida específica, pois se tem poucas propostas para medir a irregularidade. Dentre essas, as autoras destacam quatro medidas como as mais conhecidas.

A primeira surge com Collatz-Sinogowitz (1957), denotada como *medida espectral* e definida como a diferença entre o índice de G e a média dos seus graus dos vértices, expressa pela fórmula:

Equação 1: Medida espectral de Collatz-Sinogowitz (1957)

$$\varepsilon(G) = \lambda_1(G) - \bar{d}$$

Onde $\bar{d} = \frac{2m}{n}$ é a média dos graus de G . Portanto, essa função representa o desvio dos graus (λ_1) de G em relação à média ($\bar{d}$) dos seus graus. Sendo m o número de arestas e n o número de vértices.

A segunda medida proposta por Bell (1992) define a *medida de variância* para determinar quão irregular G pode ser baseado na variância dos graus dos vértices, expressa pela equação:

Equação 2: Medida de variância de Bell (1992)

$$v(G) = \frac{\sum (d_i - d)^2}{n}$$

Onde d_i se refere ao valor do *grau do vértice* do vértice i , d é a média do grau do vértice do sistema (G) e n é o número de vértices.

Albertson (1997) introduz a terceira medida denominada *medida não-balanceada* ou de *desbalanceamento*, a qual define a irregularidade através do valor absoluto das diferenças dos graus dos vértices adjacentes que são extremidades de arestas de G , demonstrada pela equação:

Equação 3: Medida de desbalanceamento de Albertson (1997)

$$irr(G) = \sum_{(i,j)} |d_i - d_j|$$

Onde o módulo da diferença entre os graus de i e j é o desbalanceamento da aresta (i,j) .

Em quarto, a medida de Nikiforov (2006) definida como a *medida de desvio dos graus* representada pela soma do valor absoluto das diferenças entre o grau dos vértices e a média dos graus de G , conforme fórmula:

Equação 4: Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)

$$s(G) = \sum_i |d_i - \bar{d}|$$

Onde d_i se refere ao valor do grau do vértice i e $\bar{d}$ é a média do grau do vértice do sistema G , sendo $\bar{d} = \frac{2m}{n}$ a média dos graus de G . Sendo m o número de arestas e n o número de vértices.

Em 2012, surge uma nova e quinta medida, análoga a de Albertson (1997), essa medida é definida por Abdo e Dimitrov (2012) como *irregularidade total*, pois considera todas as diferenças de graus dos vértices existentes entre todos os vértices e não apenas a diferença de graus dos vértices de vértices adjacentes, como na medida de Albertson (1997), sendo descrita pela expressão:

Equação 5: Cálculo da irregularidade total de Abdo-Dimitrov (2012)

$$irr_t(G) = irr(G) - irr(\bar{G})$$

Onde $irr(G)$ representa a soma de todas as diferenças de graus dos vértices existentes entre todos os vértices e $irr(\bar{G})$ equivale ao somatório da diferença de graus dos vértices de vértices adjacentes.

Recentemente, em alguns estudos de Boaventura Netto (2013), Elphick e Wocjan (2014) e Dimitrov e Skrekovski (2015) surgem comparações entre as medidas de irregularidade já existentes com novas propostas, entretanto ainda não se tem definição de qual método é o mais adequado para medir a irregularidade dos grafos.

É importante ressaltar que as medidas de irregularidade ainda são pouco utilizadas nos estudos urbanos, visto que descrevem a irregularidade da rede de espaços urbanos através das diferenças de conectividade dos componentes do sistema e, portanto, não são capazes de capturar a efetiva regularidade morfológica do traçado urbano numa representação por centros de via. De maneira geral, as medidas de irregularidade, captam de forma indireta as variações de comprimento das linhas axiais mescladas com as variações da granulometria dos quarteirões.

1.2.2. Estudos de redes

Uma rede é um sistema que pode ser descrito por um conjunto de elementos e suas inter-relações e, dessa forma, pode ser representada por um grafo (FARIA, 2010). Conforme Simões-Pereira (2013), em muitos momentos, na teoria dos grafos os termos *grafo* e *rede* são considerados sinônimos, em outras situações, os *grafos* são denominados como *rede* quando esses são afetados por valores.

Neste trabalho, o termo *rede* seguirá o critério adotado por Caldarelli (2007), sendo *rede* referente a todo e qualquer sistema real que possa ser representado por um grafo, enquanto que o termo *grafo* será empregado para o conjunto conceitual e quantitativo da teoria dos grafos usado para descrever a rede.

Nos últimos anos, os estudos de redes começam a abordar as redes de grandes extensões, em vez das pequenas redes. Essa mudança acarreta modificações no modo de análise, que passa das propriedades individuais das partes componentes (vértices e/ou ligações) para descrições de larga escala, voltadas para abordagens probabilísticas e estatísticas da rede com destaque para a homogeneidade/heterogeneidade dessa distribuição e suas implicações para o modo de funcionamento do sistema (FARIA, 2010).

Os estudos de redes que aparecem em diversas áreas do conhecimento são estudos voltados para a descrição, caracterização e explicitação das propriedades estruturais de um sistema, os quais formulam uma base teórica de referência capaz de auxiliar no entendimento da funcionalidade dos componentes do sistema, assim como as características funcionais do sistema como um todo (FARIA, 2010).

Esses estudos contam com uma significativa quantidade de ferramentas analíticas e matemáticas para atingir tais objetivos. Também contam com um número significativo de estudos com redes abstratas voltadas para a compreensão de relações entre a configuração da rede e o comportamento do sistema como um todo.

Segundo Faria (2010), as redes existem em um espaço abstrato, onde a posição precisa do vértice não possui nenhum significado real. Contudo, existem redes definidas dentro de um espaço Euclidiano bi ou tridimensional, cujos componentes do sistema representam objetos ou elementos dentro de um espaço geométrico definido.

Essas redes introduzem um novo componente estrutural para descrever o sistema: a sua espacialidade. Nos estudos que abordam essa questão espacial, ou seja, voltados para a compreensão da configuração morfológica urbana podem ser observados dois procedimentos metodológicos na análise de redes: a análise visual exploratória e a análise estatística.

1.2.3. Discretização do espaço urbano

A discretização do espaço urbano refere-se ao processo de divisão do espaço urbano em unidades finitas e delimitáveis. O espaço é infinito e contínuo e para se fazer uma análise morfológica é preciso definir com clareza porções finitas desse espaço. A morfologia tradicional define essas divisões como lotes, ou como quadras, e o espaço público como ruas. Porém, para a modelagem computacional é preciso ser mais específico e definir critérios rígidos, adequados ao objeto a ser estudado e replicáveis a qualquer cidade.

Segundo Faria (2010), nos estudos intra-urbanos podem ser identificados três critérios gerais de discretização do espaço urbano:

a) a manutenção da natureza geográfica do sistema urbano: o espaço urbano é, em sua essência, uma estrutura imersa em um plano e, por isso, pode ser representado por um grafo, mesmo não estando limitado a bidimensionalidade da superfície terrestre. Apenas uma forma do quesito da planaridade pode ser representada no sistema urbano: aquela onde as intersecções e as extremidades das vias são definidas como vértices e os trechos entre intersecções são descritos como arestas. Uma variante deste modo de representação são as representações semi-planares onde as eventuais não-planaridades do sistema tais como pontes, viadutos ou túneis são incorporados também na forma não planar no grafo, reproduzindo a dimensionalidade do espaço sendo representado;

b) a descrição por unidades morfológicas máximas: que podem ser linhas axiais ou linhas de máxima continuidade. As primeiras podem ser definidas como a menor quantidade das maiores linhas retas capazes de cobrir todo o sistema de espaços abertos urbanos. As segundas são um agregado de linhas axiais que representam um caminho na sua máxima dimensão linear, respeitando um limite de angularidade previamente definido;

c) a descrição por unidades morfológicas mínimas: definidas como trechos de via, que são unidades de espaço definidas como o trecho de espaço público

contido entre intersecções de vias, onde existe a possibilidade de mudar de direção no sistema urbano.

1.3. MORFOLOGIA URBANA

A morfologia urbana estuda forma, estrutura, formação e transformação dos assentamentos urbanos, ou seja, compreende em um conjunto de objetos arquitetônicos ligados ao meio urbano e suas relações com os fenômenos que lhes deram origem, para definir e explicar a paisagem urbana e sua estrutura (LAMAS, 2011). Krafta (2014) ressalta que a forma da cidade é consequência de inúmeros processos, tais como: o crescimento urbano, as facilidades ou limitações de transposição dos condicionantes ambientais (topografia, leitos pluviais, vegetação etc.), os meios de transporte disponíveis, as questões sociais, entre outros fatores.

Este trabalho está inserido no campo da morfologia urbana, mais precisamente na abordagem dos aspectos configuracionais do sistema urbano, o qual investiga, com o auxílio de modelos baseados em grafos, as relações existentes entre os aspectos que descrevem as características morfológicas do meio urbano e suas relações recíprocas, que abordam desde as relações entre a forma urbana e sua integração/segregação espacial, bem como a influência de determinados padrões espaciais em questões de conectividade da rede urbana.

Os trabalhos nessa linha teórica e metodológica fundamentam-se na noção de que um sistema urbano é um conjunto articulado de elementos (edificações, espaços públicos, atividades etc.) que apresentam inter-relações e dependências mútuas. Portanto, o sistema urbano pode ser descrito através de seus elementos conjuntamente com as relações mantidas entre eles.

A abordagem configuracional utiliza métodos quantitativos e modelos de simulação computacional (conceito esse tratado com mais destaque posteriormente) para descrever a configuração do traçado urbano, o papel que cada espaço público desempenha e as relações estabelecidas entre os espaços privados e públicos. O objetivo desses estudos é uma melhor compreensão da estrutura dos espaços urbanos e suas implicações para o "funcionamento" das cidades (HILLIER e HANSON, 1984; HOLANDA, 2002).

Os trabalhos que adotam a abordagem configuracional ajudam a entender aspectos importantes do sistema urbano, tais como: a influência do espaço nas

alocações preferenciais de certos usos do solo, o fluxo maior ou menor de veículos e pedestres.

1.3.1. Cidade compacta / fragmentada

Para os estudos urbanos, compactas são aquelas cidades que possuem a distribuição territorial geográfica mais concentrada e/ou aproximada em relação a outras mais dispersas (HILLIER, 2002), isto é, quanto mais próximas do formato circular, mais compactas são as formas das cidades.

Burgess (2003) e Jenks et al. (1996) acreditam que cidades compactas agredam menos o ambiente porque diminuem as distâncias intra-urbanas, reduzindo os custos de trajetos que envolvem os transportes, além de propiciar o deslocamento a pé ou com veículos que não poluem o meio ambiente. Para Polidori e Krafta (2003), cidades compactas tendem a suprimir o fluxo ecológico, por muitas vezes impossibilitando a continuidade do ambiente natural.

Outra questão de grande relevância é a fragmentação urbana que traz diversas considerações para a compreensão das cidades. Segundo Segal e Verbakel (2008), cidade fragmentada é aquela que apresenta sua distribuição espacial de maneira dispersa ou "difusa" em um padrão heterogêneo, onde o crescimento urbano tende a acompanhar o ambiente natural e/ou a topografia.

Alguns autores consideram-na uma deficiência, principalmente com relação aos fluxos urbanos, pois esse tipo de cidade aumenta as distâncias intra-urbanas fazendo com que os custos com deslocamentos sejam mais altos. Por exemplo, Silva (2008) destaca que as cidades fragmentadas somente funcionarão se oferecerem transportes públicos que se liguem às periferias, por serem caracterizadas por uma densidade relativamente elevada e com ocupação mista dos solos, porque as funções que habitualmente se concentram no centro principal dispersam-se por diversos subcentros e, logo, para serem eficientes necessitam estar ligadas a núcleos com boas infra-estruturas de transportes públicos.

Outros autores, como Polidori e Krafta (2003), não consideram a fragmentação/compactação como um problema ou qualidade; mas, sim, como um indicativo de um processo dinâmico que tem garantido a continuidade do espaço da cidade ao longo dos anos. Esses autores analisam que as cidades mais fragmentadas parecem adaptar-se mais adequadamente aos processos de expansão e renovação causados pelo crescimento urbano, pelo fato de consumir de

forma mais seletiva os recursos naturais, portanto, interagir melhor com o ambiente natural.

1.4.A SINTAXE ESPACIAL E SEUS DESDOBRAMENTOS

No início da década de 1980, a teoria da Sintaxe Espacial surge como uma ferramenta metodológica para auxiliar arquitetos e urbanistas a simular os prováveis efeitos de seus desenhos e proposições. Concebida pelo professor Bill Hillier e seus colaboradores da Universidade de Londres, a abordagem tornou-se mais conhecida através dos livros *"The social logic of space"* (HILLIER e HANSON, 1984) e *"Space is the machine"* (HILLIER, 1996). A Sintaxe Espacial emprega métodos de análise da estrutura espacial em sistemas, cuja configuração parece ser um aspecto significativo para o uso humano, como é em edifícios, vilas e cidades.

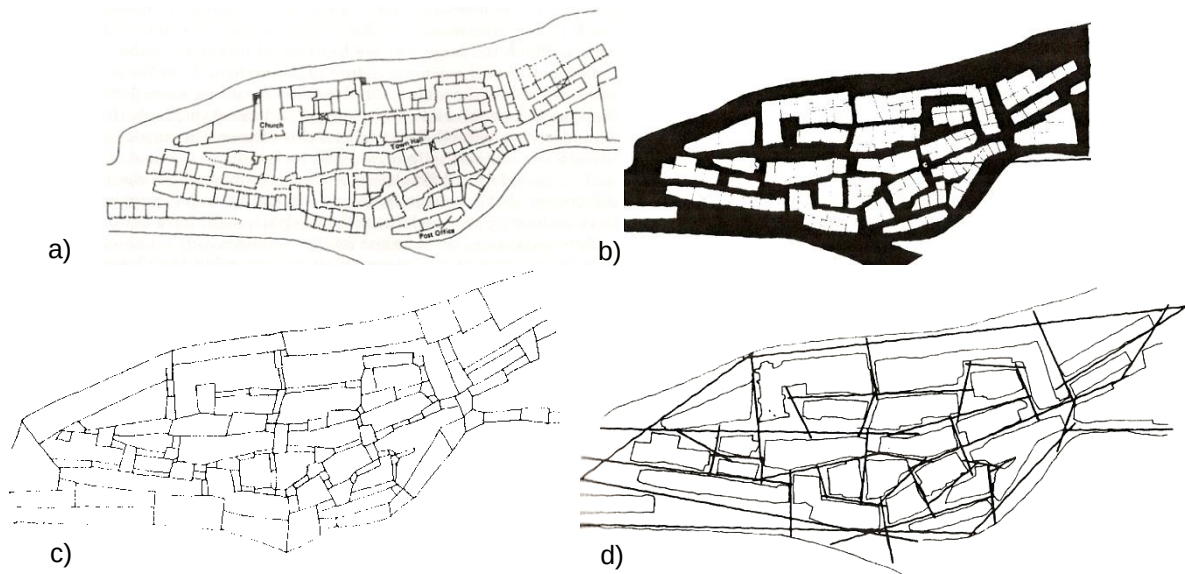
A Sintaxe adapta medidas capazes de descrever a estrutura relacional de um sistema para os casos de ordenação espacial, com o intuito de interpretar espacialmente questões referentes às realidades sociais, ou seja, torná-las mais compreensíveis segundo seu aspecto espacial e suas relações com as características e fenômenos urbanos de interesse.

1.4.1. Representação da estrutura espacial urbana

Na Sintaxe Espacial o espaço físico das cidades é representado por um sistema contínuo de espaços abertos que, segundo Hillier e Hanson (1984), pode ser descrito de duas maneiras: por espaços convexos ou por linhas axiais, sendo essas últimas o meio de representação mais comumente utilizado na Sintaxe Espacial. Os dois tipos de abstração relacionados ao espaço da cidade podem ser representados por meio de mapas: mapa de convexidade e mapa de axialidade, respectivamente.

A seguir toma-se como exemplo as imagens retiradas do livro *"The social logic of space"* de Hillier e Hanson (1984) para apresentar diferentes tipos de mapas expressos na Sintaxe, conforme figura 5 a seguir.

Figura 5: (a) Mapa "real" de uma cidade da França; (b) mapa de espaços abertos; (c) mapa de convexidade e (d) mapa de axialidade



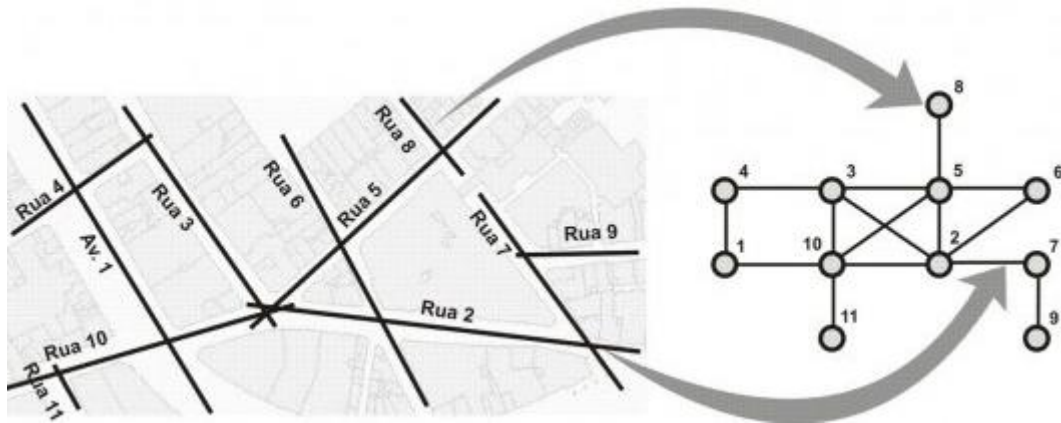
Fonte: Hillier e Hanson (1984, p. 90-2).

O mapa de espaços convexos é formado por uma série de espaços abertos que cobrem o sistema urbano, sendo um espaço convexo a extensão bidimensional que compreende o maior dos espaços onde todos os pontos são diretamente visíveis de todos os outros pontos do espaço, ou seja, são as maiores unidades que se pode perceber totalmente de uma vez no interior de uma disposição espacial (HILLIER e HANSON, 1984).

As linhas axiais são as maiores linhas retas que contemplam todo o sistema de espaços abertos considerado, logo, o mapa axial de uma malha urbana consiste na menor quantidade das maiores linhas retas correspondentes às linhas ideais de visada e movimento, desenhado através dos espaços abertos da malha urbana a fim de que essa esteja "coberta", isto é, que todos os anéis de circulação estejam completos e que todos os elementos convexos atravessados (HILLIER e HANSON, 1984).

Em um mapa axial, as linhas são equivalentes aos vértices do grafo, enquanto que os encontros entre as ruas do mapa axial equivalem às arestas do grafo, conforme figura 6:

Figura 6: Demonstração de um mapa axial transformado em grafo



Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.171/5289>. Acesso em 12 de julho de 2015, às 15:07.

Hillier (2002) descreve um mapa axial como um maximizador da simplicidade local do espaço de maneira a retratar a complexidade global, capaz de representar topologicamente o movimento urbano.

Carvalho e Penn (2004) consideram os mapas axiais relevantes para a teoria urbana, pois esses codificam o espaço aberto em uma organização urbana e fornecem uma assinatura simplificada do processo de crescimento urbano, por exemplo, ao se analisar a sequência de crescimento de um mapa axial através de fotografias aéreas da periferia urbana, ao longo de um período de tempo, pode-se ter uma ideia da dinâmica espaço-temporal da cidade.

O grafo axial é aquele no qual as linhas do mapa axial são os nós e as intersecções das linhas são as conexões. Os estudos configuracionais urbanos que utilizam modelos de simulação baseados em grafos geralmente empregavam como modo de representação do espaço urbano as linhas axiais, atualmente, a forma padrão são os segmentos.

1.4.2. A Medida de Integração e suas interpretações

Dentre as medidas mais consolidadas da Sintaxe Espacial está a medida de Integração. Inicialmente, Hillier e Hanson (1984) descrevem as equações que originam a fórmula da medida de Integração, sendo a primeira, o cálculo da profundidade média de uma linha axial (MD_i), descrita pelo somatório de todas as

profundidades das linhas axiais em relação a ela, dividindo-a pelo número total de linhas menos um.

Nesse caso, a profundidade média equivale à distância topológica entre os componentes do sistema, ou seja, considera a posição relativa de um determinado elemento em relação aos demais dentro do sistema e, não, pela distância métrica. Dessa forma, para essa medida cada passo topológico é uma mudança de direção ou um passo de um nó para outro na representação pelo grafo.

A fórmula da profundidade média segue descrita:

Equação 6: Profundidade média

$$MD_i = \frac{\sum_{i \neq j} d_{ij}}{k - 1}$$

Onde MD_i é a profundidade média de um espaço i que é igual entre à distância topológica média entre esse espaço i e todos os outros espaços j num sistema onde k é o número total de espaços e d_{ij} é a distância topológica entre i e j .

Em seguida, é descrita a assimetria relativa (RA_i), que representa o quanto um espaço i é "central" em relação a um sistema com k espaços. Essa centralidade não reflete o centro geométrico do sistema, mas sim o centro topológico, conforme equação:

Equação 7: Assimetria relativa

$$RA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{k - 2}$$

Onde RA_i é a assimetria relativa, MD_i é a profundidade média do espaço i em relação à i e k é o número total de espaços.

Segundo Hillier e Hanson (1984), como a distribuição dos valores da assimetria relativa depende do tamanho do sistema, por isso, é necessário transformar a fórmula da assimetria relativa para minimizar o efeito dos tamanhos quando se deseja comparar sistemas de tamanhos diferentes. A transformação padrão utiliza-se do fator D_k (*diamond-shaped value*), sendo D_k descrito pela fórmula:

Equação 8: *Diamond-shaped value*

$$D_k = \frac{2[k(n - 1) + 1]}{(k - 1)(k - 2)}, \text{ sendo } n = \log_2 \left(\frac{k + 2}{3} \right)$$

Com a introdução desse valor tem-se a assimetria relativa real, equivalente à divisão de assimetria relativa pelo D_k , conforme equação:

Equação 9: Assimetria Relativa Real

$$RRA_i = \frac{RA_i}{D_k}$$

Finalmente, tem-se a medida de Integração Global, definida pelo raio global, que se refere à distância que um espaço urbano está em relação a todos os demais do sistema, considerando os menores caminhos possíveis entre esses.

Para facilitar a interpretação dos valores e permitir correlações positivas com outras variáveis é adotado para essa medida o inverso da assimetria relativa real, segundo a fórmula:

Equação 10: Integração Global

$$I_i = \frac{1}{RRA_i}$$

A medida de Integração na sua versão não-normalizada está relacionada com a medida de *Centralidade por Proximidade*, definida por Freeman (1977, 1979) que é uma medida baseada na distância relativa, muito utilizada em estudos de redes e conhecida genericamente como *acessibilidade* (KRAFTA, 2014).

Assim, a *Medida de Acessibilidade* define o quão facilmente um espaço urbano pode ser alcançado, partindo de qualquer outro na rede. Dentro desse conceito, os espaços privilegiados são aqueles que estão mais próximos aos demais topologicamente, isto é, o espaço que estiver, em média, mais perto de todos os outros possui uma acessibilidade dentro do sistema.

Tal medida parte do princípio de que as propriedades dos vértices descrevem as qualidades dos vértices em função das características da rede. Interessam para essa medida o padrão distributivo apresentado pela rede em termos estatísticos e espaciais, logo, não se atribui nenhuma variação de ponderação de valores aos espaços, sendo apenas a questão topológica do espaço considerada.

Em um sistema S com n vértices, a acessibilidade é descrita pela equação:

Equação 11: Acessibilidade de um vértice genérico

$$Ace_{(i)} = \sum_{\substack{j \in G \\ i \neq j}}^n d_{ij}$$

Onde $Ace_{(i)}$ é a acessibilidade de um vértice genérico i , j é todo o vértice da rede diferente do vértice i e d_{ij} é a distância topológica entre i e j .

Nesse caso, os valores menores são os mais centrais, isso acontece devido ao fato de que os menores valores estão mais próximos do vértice portador desses valores do que a todos os demais. Para se obter os valores maiores para uma maior acessibilidade é necessário modificar a fórmula anterior para contemplar o inverso da distância, ao invés da distância; eliminando, assim, esse efeito contra-intuitivo (KRAFTA, 2014).

Logo, a medida de Acessibilidade (A) pode ser demonstrada pela fórmula a seguir, sendo o cálculo da acessibilidade o inverso da distância topológica entre i e j , sendo $i \neq j$:

Equação 12: Medida de Acessibilidade

$$A_i = \sum_{\substack{j \in G \\ i \neq j}}^n \frac{1}{d_{ij}}$$

Onde j é todo o vértice da rede diferente do vértice i e d_{ij} é a distância topológica entre i e j .

Segundo Faria (2010), para realizar certas comparações no comportamento de grafos de ordens distintas (número de componentes diferentes) os valores absolutos da medida apresentam algumas dificuldades. Por isso, a medida tem uma versão normalizada com base no valor máximo que um vértice pode possuir em um grafo completo de mesma ordem.

O propósito da normalização é minimizar os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas entre as variáveis e tem como objetivo ajustar as escalas de valores dos atributos para o mesmo intervalo, por exemplo: -1 a 1, 0 a 1, etc. Além de facilitar a comparação de dados dessa medida com os dados de outras medidas.

A Acessibilidade normalizada é descrita pela equação:

Equação 13: Acessibilidade Normalizada

$$A_{Ri} = \frac{\sum_{\substack{j \in G \\ i \neq j}} \frac{1}{d_{ij}}}{N - 1}$$

Onde N o número de vértices do grafo e d_{ij} é a distância topológica entre i e j .

A autora ainda ressalta que, com a normalização da medida, nesse caso, os valores do grafo variam de 0 a 1; quando igual a 0 o vértice está desconectado e inacessível, ao passo que com valor equivalente a 1 o mesmo está diretamente acessível a todos os demais.

Essa medida de Acessibilidade normalizada aparece nos trabalhos de Porta et al. (2006a, 2006b) e de Crucitti et al. (2006) com o nome de *Centralidade por Proximidade*, essa designação surge nos trabalhos de Freeman (1977, 1979).

1.4.3. A descrição configuracional e o funcionamento das cidades

Dentre os estudos da linha configuracional vinculados às ideias da Sintaxe Espacial, diversos trabalhos se caracterizam por procurar o entendimento do funcionamento das cidades, tais como: os trabalhos de Hillier (2002) e de Medeiros (2006) que verificam possíveis relações entre a medida de Integração e alguns aspectos da forma urbana; e os estudos de Holanda (2002, 2010) que buscam entender como alguns aspectos sociais da cidade de Brasília se relacionam com a sua realidade morfológica.

Conforme estudos de Hillier (2002) e de Medeiros (2006) é possível perceber que certas características da forma urbana, como o tamanho da cidade e a compacidade da forma urbana influenciam no comportamento da medida de Integração, isto é, podem interferir nos resultados. No entanto, eles não definem quais são essas interferências, bem como não estipulam quais os métodos mais adequados para comprovar essa relação.

Hillier (2002) ainda verifica que as cidades compactas costumam situar-se em lugares mais planos, com uma menor incidência de acidentes geográficos, o que aumenta a probabilidade de um traçado mais ortogonal, geralmente composto por linhas axiais mais longas do que em traçados menos regulares, essas linhas se

forem contínuas e sem mudanças de direção tendem a aumentar a integração do sistema global.

Em seu trabalho, Holanda (2002) enfatiza que a vida social deve estar relacionada com a vida espacial e aos padrões espaciais, para tanto, é preciso considerar um conjunto de variáveis culturais, como níveis de renda e divisões de trabalho, entre outros aspectos. Para ele, alguns casos não examinados suficientemente pelos estudos sintáticos poderiam ser compreendidos ao se considerar tais variáveis, tais como: lugares desertos, onde a Sintaxe sugere que sejam densos de encontros; lugares vazios em diversas situações sintáticas, sendo que não apresentam condições sociais desfavoráveis identificadas; lugares que possuem uma grande densidade de encontros, porém, pela teoria, deveriam estar desertos.

Holanda (2002) também constata através de um conjunto de dados estatísticos, demográficos e econômicos algumas situações preocupantes da estrutura espacial urbana. Um exemplo disso é a fragmentação urbana, caracterizada de duas maneiras, ora por malhas urbanas com diferentes configurações espaciais num tecido urbano contínuo, ora por um tecido urbano descontínuo separado por diversas situações configuracionais somadas a vazios.

Holanda ainda destaca, que a fragmentação evita "a mesmice da cidade absolutamente regular" (2010, p. 54), todavia ressalta que o problema da cidade brasileira é o excesso de fragmentação, pois acarreta à cidade algumas dificuldades, tal como o aumento das distâncias intra-urbanas, o que causa um maior custo de deslocamento.

1.4.4. Novas abordagens

No início dos anos 2000, surgem novas medidas para descrever a estrutura configuracional, como as medidas de Eficiência Global e Eficiência Local de Latora e Marchiori (2001), que permitem descrever, dentro de um único conceito, as qualidades de conectividade globais e locais do sistema. Essas medidas definem a eficiência do sistema considerando os percursos possíveis entre todos os pares de componentes.

Muitas outras ideias e adaptações têm sido propostas sobre as diversas possibilidades de descrição e representação das características configuracionais do espaço urbano. Surgem propostas de representações do espaço urbano com níveis

de desagregação maiores de que as linhas axiais, na busca de um detalhamento maior do sistema urbano.

Entretanto, as medidas tradicionais apresentam dificuldades em descrever a estrutura da rede nessas situações e se tornam necessárias adaptações nas medidas originais da Sintaxe ou a distribuição de pesos de maneira a privilegiar determinadas conectividades (DALTON et al., 2003; HILLIER e IIDA, 2005). Dessa maneira, observa-se que um maior detalhamento da estrutura espacial e a busca por uma maior precisão, estão diretamente ligados aos requerimentos conceituais e metodológicos necessários para realizar a análise configuracional do sistema representado.

Por outro lado, também têm sido propostas alterações no sentido de agregar linhas axiais com base em critérios de melhor continuidade, nomenclatura das vias, etc. na tentativa de aproximar a representação do sistema à realidade dos fluxos de veículos e pessoas ou ao entendimento humano do espaço (HILLIER, 2002; THOMSON, 2003; FIGUEIREDO e AMORIM, 2005; JIANG et al., 2008).

Os experimentos de Hillier (2002) indicam que as dimensões das linhas axiais, sua disposição e o ângulo de conexão entre elas possuem relações com o nível de integração do espaço urbano. Figueiredo e Amorim (2005) relacionam o comprimento das linhas axiais com a medida de Integração e não consideram essa correlação significativa, porém observam uma correlação positiva com a conectividade (equivalente ao grau do vértice na teoria dos grafos).

Nas duas últimas décadas, influenciados pelos resultados de estudos de outras áreas do conhecimento, que empregam grafos para a compreensão de sistemas complexos, surgem novas abordagens nos estudos configuracionais urbanos. Merecem destaque as contribuições que abordam as relações entre o padrão distributivo apresentado por algumas medidas configuracionais e as características morfológicas apresentadas pelas redes urbanas (CARVALHO e PENN, 2004; CRUCITTI et al., 2005; PORTA et al., 2006a; WAGNER, 2008).

Esses estudos que correlacionam os aspectos topológicos e geométricos das redes urbanas procuram uma melhor compreensão da lógica funcional e estrutural presente nos sistemas urbanos.

Tais análises avaliam a correlação do comprimento das unidades espaciais (linhas axiais) do sistema com as medidas topológicas da rede, indicando que o padrão distributivo apresentado por algumas medidas está relacionado com as

características morfológicas das redes urbanas (CARVALHO e PENN, 2004; CRUCITTI et al., 2005; PORTA et al., 2006a; WAGNER, 2008).

Em seu estudo, Carvalho e Penn (2004) analisam 36 cidades em 14 países diferentes para avaliar o comportamento distributivo da medida de conectividade (equivalente ao grau do vértice na teoria dos grafos) e sua relação com a estrutura geométrica do sistema urbano. Os autores observam que, independente do tamanho do sistema urbano analisado, as cidades que possuem distribuições de conectividade, com leis de potência com expoente $\cong 2$ exibem linhas axiais que atravessam toda a estrutura urbana, enquanto que as com expoente $\cong 3$, não têm essa característica.

Assim, os sistemas urbanos com expoente $\cong 2$ possuem uma dominância global de suas estruturas geométricas, enquanto que os de expoente $\cong 3$ apresentam uma dominância local. Ainda percebem que as cidades que possuem um expoente entre 2 e 3 podem sofrer influências intermediárias, tanto globais como locais, além disso, as poucas cidades com expoente menor que 2 possuem padrões extremamente fortes e globais de suas estruturas geométricas. Logo, quanto mais baixo o valor do expoente, mais longas são suas linhas axiais e maior é a influência global na sua estrutura geométrica do sistema.

Baseado no trabalho de Carvalho e Penn (2004), Wagner (2008) analisa cidades de variadas características espaciais, correlacionando a distribuição do comprimento das linhas axiais com o padrão distributivo das distâncias topológicas entre pares aleatórios de vértices. O padrão de distribuição do comprimento das linhas tende a uma lei de potência, enquanto que as distâncias topológicas têm uma distribuição próxima de um padrão Gaussiano.

O referido autor ainda avalia que as cidades com distribuições do comprimento das unidades espaciais com expoente $\cong 2$ e, por isso, com uma maior variação no comprimento, apresentam uma distribuição das distâncias topológicas mais concentradas junto à média da rede; enquanto que as com expoente $\cong 3$ possuem uma menor variação no comprimento das unidades espaciais e as distribuições das distâncias topológicas são menos concentradas junto à média.

Wagner (2008) acredita que esses estudos indiquem que os aspectos topológicos e geométricos da estrutura urbana possuem um vínculo significativo. Em seu estudo, todas as cidades analisadas possuem um padrão de distribuição de suas distâncias topológicas próximo ao Gaussiano, mesmo assim, são detectadas

algumas pequenas diferenças entre esses sistemas analisados correlacionados com o padrão de distribuição do comprimento das unidades espaciais.

Quanto à funcionalidade da rede, ele supõe que as cidades com distribuição do comprimento das unidades espaciais com expoente $\cong 2$ e, logo, com uma maior variação no comprimento e uma distribuição das distâncias topológicas mais concentradas junto à média, poderiam estar relacionadas a uma tendência de serem dominadas por um centro de serviços global forte. Já as cidades com distribuição do comprimento com expoente $\cong 3$ e, portanto, com uma menor variação no comprimento das unidades espaciais e distribuições das distâncias topológicas menos concentradas junto à média, indicam uma distribuição mais ampla de valores, o que corresponde a uma maior possibilidade dessas cidades terem diversos centros locais.

Outros trabalhos de interesse para a pesquisa a ser desenvolvida são abordagens não diretamente vinculadas à descrição da cidade, mas voltadas para a compreensão mais geral da natureza dos sistemas espaciais, que surgiram na última década, tais como: os constrangimentos na estrutura da rede provenientes de sua natureza geográfica (MEDINA et al., 2000; GASTNER e NEWMAN, 2006); a relação entre a estrutura da rede e os princípios da funcionalidade que essa deve atender (MEDINA et al., 2000; GASTNER e NEWMAN, 2006); e as relações entre distância e números de conexões (PETERMANN e DE LOS RIOS, 2005).

Medina et al. (2000) analisam as redes de Internet considerando a topologia das redes e estudando, basicamente, quatro fatores que influenciam na formação das redes topológicas de Internet, tais como: a conectividade preferencial de um novo vértice a um já existente; o grau de crescimento da rede; a distribuição de vértices no espaço e a tendência de conexões entre os vértices devido a sua localidade.

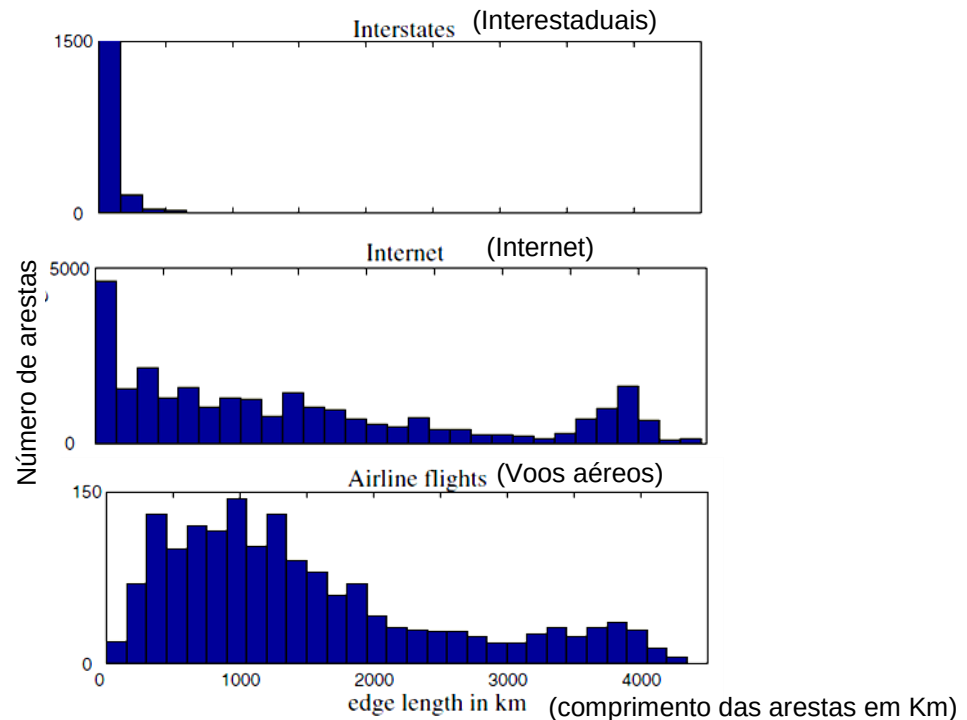
Através desse estudo, Medina et al. (2000) têm demonstrado que novos vértices tendem a se conectar a vértices próximos a eles, como também que as redes topológicas de Internet exibem padrões distributivos relacionados a leis de potências na forma $y = x^\alpha$. Eles avaliam que o valor do expoente α da distribuição em forma de lei de potência, tanto da conectividade preferencial como do grau de crescimento da rede, é o principal contribuinte para aumentar a conectividade topológica da rede.

Gastner e Newman (2006) avaliam detalhadamente três redes específicas, concentrando-se, em particular, na sua forma espacial. Dentre as três redes analisadas estão: redes de Internet, redes de estradas e redes de voos internacionais.

Os autores atribuem os Sistemas Autônomos (ASes), como vértices, nas redes de Internet e, as conexões entre os dados desses sistemas, como arestas. Nas redes de estradas os vértices representam os cruzamentos/interseções entre as rodovias, os pontos de terminação de rodovias e as fronteiras do país, enquanto que as rodovias são representadas pelas arestas. Por fim, nas redes aéreas, os vértices representam os aeroportos e as arestas são representadas pelos voos entre cada par de aeroportos.

Os referidos autores analisam três propriedades fundamentais da rede: o comprimento das arestas, o diâmetro da rede e os graus dos vértices. Na figura 7 a seguir aparecem os histogramas que demonstram a relação da quantidade de arestas com o seu comprimento em quilômetros, evidenciando que as redes com a distribuição da distância geométrica mais curta são, geralmente, as mais caras para se manter e criar, como é o caso das redes de estradas, que mantêm a distribuição das arestas na faixa de 10 a 100 quilômetros, já as outras redes possuem distribuições mais longas.

Figura 7: Histogramas dos comprimentos das linhas das três redes estudadas



Fonte: GASTNER e NEWMAN (p. 248, 2006). Traduzido pelo autor.

Outra questão evidenciada por Gastner e Newman (2006) é a distância entre vértices, que é capaz de demonstrar fortes relações entre as distâncias topológicas e geográficas das redes. Eles verificam que as redes de estradas, fundamentalmente, possuem uma característica bidimensional que se distingue fortemente das outras redes. Na realidade, redes de Internet e de voos não são totalmente bidimensionais, mesmo sendo bidimensionais ao se considerar a superfície terrestre, elas se distinguem totalmente de uma rede rodoviária que é praticamente planar. Além disso, a dimensão geográfica da rede é muito maior nas redes de voos e Internet do que nas de estradas.

Gastner e Newman (2006) evidenciam a possibilidade de construção de um modelo simples capaz de explorar as características básicas de redes geográficas, incluindo sua dimensão. Em termos preferenciais, os caminhos de uma rede podem ser melhores quando mais curtos, tanto para distâncias euclidianas, como para distâncias topológicas. Uma vez que a maneira de medir o comprimento pode variar, por exemplo, em redes de estradas a maioria dos viajantes procura rotas mais curtas geograficamente, enquanto que para os viajantes de aviões o número de conexões/voos é, muitas vezes, considerado mais importante do que a distância geográfica.

Petermann e De Los Rios (2005) estudam as propriedades de redes denominadas *small-world* (*pequeno mundo*), conceito esse inicialmente introduzido no contexto social e, posteriormente, relevante também para os sistemas de tecnologia e comunicação, tais como Internet ou circuitos eletrônicos. A definição mais precisa desse tipo de rede implica não somente em uma curta distância entre cada par de vértices, bem como em um alto grau de conectividade local, ou seja, para cada vértice, a maioria dos vértices próximos a ele também deve estar perto de cada um dos outros vértices.

Na formulação original do modelo *small-world* a distribuição do comprimento das linhas é uniforme, visto que um vértice pode escolher qualquer outro para se "religar", independentemente da sua distância Euclidiana. A partir disso, surgem algumas considerações, por exemplo, se a distribuição dos comprimentos das conexões decai como uma lei de potência $q(l) \sim l^{-\alpha}$, por conseguinte, a navegabilidade da rede depende do decaimento do expoente α , sendo também afetada a natureza de passeios aleatórios através da rede. Se as ligações têm de ser realizadas fisicamente, o custo dessas ligações se torna suscetível a crescer conforme o seu comprimento, dessa forma, verifica-se que a quantidade de recursos para manter esse tipo de rede cresce linearmente com o crescimento do sistema, o que pode não ser ideal para redes com recursos limitados, como provedores (PETERMANN e DE LOS RIOS, 2005).

Petermann e De Los Rios (2005) demonstram que esses tipos de rede podem ser construídos de uma maneira muito econômica, se os parâmetros, como o comprimento da rede e o expoente α , forem definidos adequadamente. Isso permite uma distribuição mais eficaz dos custos e uma maior fluidez ao longo das ligações. Além disso, redes com um alto valor de α são mais vulneráveis a uma sobrecarga do sistema.

Mesmo essas pesquisas não sendo voltadas à compreensão urbana, as novas possibilidades que surgem através dos procedimentos analíticos e descritivos adotados nesses trabalhos são significativas, podendo agregar inúmeras possibilidades explicativas para os fenômenos urbanos, como melhorar a estrutura conectiva da rede relacionando os aspectos topológicos aos geográficos, além de outros esclarecimentos para os modelos urbanos baseados em grafos.

2. MÉTODO

Neste estudo busca-se verificar se o comportamento agregado da medida de acessibilidade, enquanto descritora do sistema urbano como um todo, consegue refletir dimensões relevantes da cidade. Particularmente, pretende verificar as relações da medida de acessibilidade com a compactação/fragmentação urbana e a irregularidade da rede da cidade.

Para isso, selecionou-se uma quantidade significativa de cidades brasileiras, de porte semelhante, com o intuito de se obter uma amostra consistente capaz de possibilitar a análise de possíveis relações entre a forma urbanizada e a irregularidade da rede urbana com a medida de acessibilidade.

2.1. TÉCNICAS DE ANÁLISE DE REDES ESPACIAIS

Como já citado anteriormente, neste trabalho as redes são descritas por um conjunto de elementos e suas inter-relações, sendo, portanto, representadas por um grafo. Nos estudos que abordam a configuração morfológica do espaço urbano dois procedimentos metodológicos na análise de redes podem ser observados: a análise exploratória e a análise estatística.

A análise exploratória dos dados na rede é feita de forma visual, de modo a destacar o comportamento individual de cada componente e o padrão de distribuição espacial das variáveis. A análise visual do padrão de distribuição espacial das variáveis é um método analítico poderoso, que auxilia grandemente na compreensão da estrutura de uma rede espacial (NEWMAN, 2003).

Já a descrição estatística dos padrões de distribuição das medidas configuracionais define a conformação do sistema como um todo e pode ser útil para a compreensão do comportamento global da rede. As abordagens estatísticas são estudos mais recentes e ainda pouco empregados nas pesquisas brasileiras

relativas aos estudos urbanos. O uso ainda restrito desse método de análise parece estar relacionado com algumas dificuldades encontradas na sua aplicação para redes urbanas (FARIA, 2010).

A aplicação dos métodos de análises de redes requer ajustes particulares para enfrentar as especificidades dos estudos urbanos. Uma dificuldade é que as redes urbanas analisadas, em geral, são pequenas demais para se ter uma abordagem estritamente estatística, o que dificulta na obtenção de resultados corretos e confiáveis.

A outra questão é sua natureza espacial, o que confere às redes urbanas particularidades estruturais não necessariamente detectáveis nas análises estatísticas, pois esse tipo de abordagem não relaciona as medidas com sua localização no espaço, apesar desse método ser capaz de descrever a distribuição das variáveis enquanto um *ranking* de valores e suas correlações, o que permite descrever o comportamento global da rede (FARIA, 2010).

No caso das redes urbanas, parece que ambos os métodos de análise são complementares e necessários.

2.2.A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

As medidas empregadas na descrição da estrutura configuracional urbana também são chamadas de medidas de diferenciação espacial. Para esta pesquisa selecionou-se a medida configuracional baseada no conceito de *Centralidade por Proximidade*, conhecida genericamente como medida de Acessibilidade, a qual define o quanto um espaço está mais próximo dos demais do sistema, considerando os menores caminhos possíveis entre esses.

A medida de Acessibilidade, escolhida para esta pesquisa, aparece no *software* Medidas Urbanas® 1.15 (POLIDORI et al., 2001) e depois nos *softwares* *Morphometrics* (FARIA et al., 2010) e UrbanMetrics 1.0.1 (SARAIVA e POLIDORI, 2015), que são *fork's*¹ do *software* da primeira versão.

A escolha deve-se ao fato de seus valores estarem disponíveis nesses *softwares* enquanto valores absolutos (não normalizados) e normalizados, isso permite um controle melhor do comportamento das medidas e da análise estatística

¹Fork – denominado quando um software é desenvolvido com base em outro já existente, sem a descontinuidade deste último.

de sua distribuição no sistema. Esses *softwares* auxiliam tanto no cômputo dos dados, como também na sua visualização.

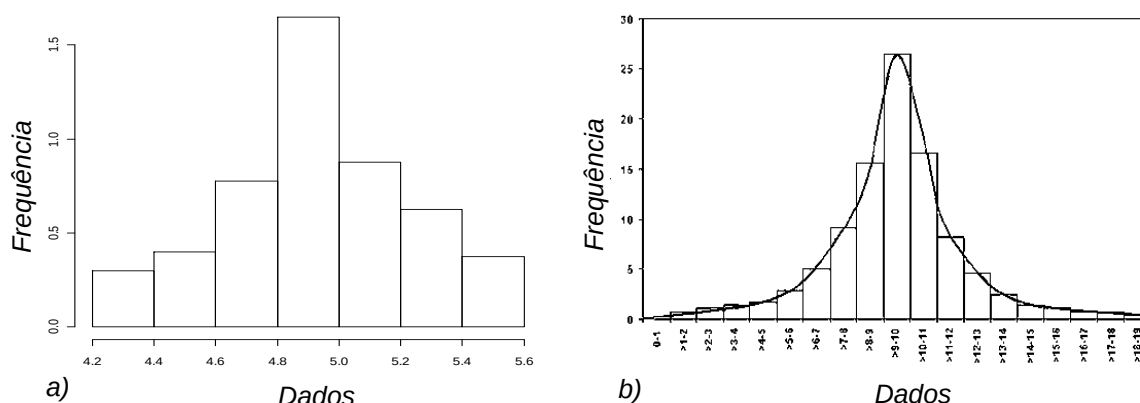
2.2.1. Distribuição estatística da medida de acessibilidade

As medidas de diferenciação espacial, de um modo geral, podem apresentar diversos padrões de distribuição estatística para os sistemas urbanos, dependendo do critério de representação espacial e da própria natureza da medida considerada. Entre os padrões distributivos estatísticos considerou-se apenas aquele relativo à medida de Acessibilidade, que é o padrão de distribuição Normal.

A distribuição Normal também conhecida como distribuição Gaussiana ou distribuição de Gauss, é uma distribuição de frequências onde a maioria dos valores das informações situa-se em torno da média e diminuem simétrica e gradativamente no sentido dos extremos.

Segundo Sicsú e Dana (2012), a expressão gráfica mais adequada de uma distribuição de frequência de variável contínua é o histograma. Nesse caso, representado por um gráfico na forma de sino, sendo esse aproximadamente simétrico em relação ao centro, onde está localizada a média (μ), conforme figura 8 a seguir.

Figura 8: Exemplos de histogramas: a) histograma e b) histograma com a representação ilustrativa de um sino



Fonte: a) <http://www.portalection.com.br/estatistica-basica/16-histograma>. Acesso em 28 de junho de 2015, às 23:40. b) http://ctborracha.com/?page_id=3592. Acesso em 28 de junho de 2015, às 23:57.

As distribuições normais são descritas por dois parâmetros: a média (μ) que determina o centro da distribuição e pela variância (σ^2), determinante da dispersão da distribuição. Como a variância é calculada a partir da média, torna-se uma medida pouco resistente, facilmente influenciada por valores discrepantes e,

também, como sua unidade de medida fica elevada ao quadrado, interpretá-la é bem mais difícil, por isso, surge como solução ao seu problema interpretativo, o desvio padrão (σ), definido pela raiz quadrada positiva da variância e expresso pela mesma unidade de medida dos dados.

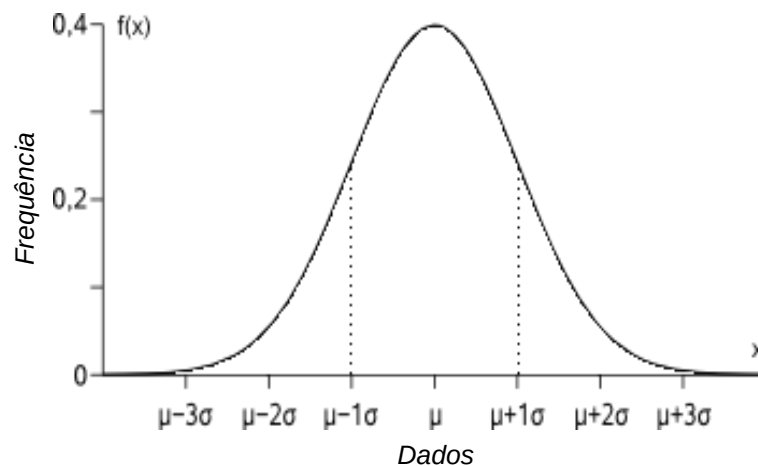
Geralmente, o desvio padrão é expresso juntamente com a média do conjunto dos dados, identificado pela variação média dos dados (X) em torno da média aritmética, da seguinte maneira:

Equação 14: Variação média dos dados em torno da média aritmética

$$X = \mu \pm \sigma$$

Nesse tipo de distribuição, a maior parte dos valores se concentra na parte central da distribuição e à medida que se afasta do centro a frequência decai dos dois lados do histograma. Na figura 9 a seguir é possível visualizar essa distribuição, como também se nota a média e o desvio padrão no gráfico.

Figura 9: Gráfico representativo da distribuição de Gauss



Legenda: No gráfico a média é representada por μ e o desvio padrão (σ) é expresso pela variação média dos dados $\mu \pm \sigma$ (linha tracejada). Fonte: http://www.mspc.eng.br/matm/prob_est240.shtml. Acesso em 29 de junho de 2015, às 00:15.

A medida de Acessibilidade, independente do tipo de representação espacial adotada, apresenta um padrão distributivo aproximadamente Gaussiano, portanto, a média e desvio padrão são descritores estatísticos dessa medida. A média representa o valor de tendência da rede, enquanto que o desvio padrão descreve o nível de concentração junto a essa média, de modo que os valores menores indicam uma maior concentração.

2.2.2. Técnicas de agrupamentos para a representação visual

Muehlenhaus (2013) e Roth (2011) destacam que a variedade de técnicas para agrupamento de valores tem como consequência produzir diferentes mapas a partir dos mesmos dados. Por isso, para visualizar a medida de acessibilidade é necessário entender qual método de representação visual é mais adequado para o tipo de distribuição estatística de cada medida.

Segundo Dent (1985) existem diversas técnicas de agrupamento que permitem diferentes visualizações. Todavia, no *software* Morphometrics (FARIA et al., 2010) aparecem somente três, que são: *equal interval (intervalo igual)*; *natural breaks (quebras naturais)* e *quantil*.

A seguir são descritas as três técnicas:

a) *Equal interval (intervalo igual)*: essa técnica de agrupamento deve ser usada somente quando o histograma se aproxima de uma distribuição Normal, ou seja, para representar medidas com uma continuidade de dados que tendem a homogeneidade.

São estabelecidos os intervalos de classes para agrupar igualmente os valores da distribuição em questão. Para definir os intervalos, basta subtrair o maior valor encontrado na distribuição pelo menor valor, após utiliza-se o resultado dessa subtração para dividir pelo número de classes pretendido. Finalmente, o número obtido irá definir o intervalo de valores nos quais os dados serão agrupados.

A medida de acessibilidade possui uma distribuição estatística que tende a Normal, portanto, a técnica de visualização por *equal interval* é a mais adequada para sua representação visual.

b) *Natural breaks (quebras naturais)*: essa técnica de representação é interessante para descrever medidas com descontinuidades nos dados, que tendem a produzir classes com um grande número de valores homogêneos internamente e poucos valores heterogêneos. Sendo esses poucos, geralmente, quebras bruscas e discrepantes no padrão de distribuição estatístico da medida.

Dessa forma, medidas com essa característica asseguram a heterogeneidade entre as classes, pois se não visualizadas precisamente, em alguns casos, podem acentuar diferenças não existentes. Um exemplo disso é a medida de centralidade Freeman-Krafta, que possui um padrão distributivo tendendo

a uma lei de potência e, portanto, com descontinuidades significativas na distribuição de valores.

Distribuições normais e outras distribuições com gradientes bastante homogêneos não requerem visualizações por esse método, inclusive podendo apresentar uma divisão em classes pouco consistentes em termos de significação devido à falta de descontinuidade entre valores.

c) *Quantil*: agrupamentos por esse critério não são úteis para representar as particularidades na distribuição de valores nos componentes do sistema, pois juntam os dados em determinada classe sem levar em consideração seus valores numéricos, mas, sim, a quantidade de dados, de modo a manter o mesmo número de observações em cada classe.

2.3. CRITÉRIOS DE REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA ESPACIAL URBANA

São definidos critérios de representação da estrutura espacial urbana, assim como a definição de seus perímetros e vazios urbanos. Nesse aspecto, os mapas axiais parecem ser um bom critério de representação da forma urbana, pois são o modo de representação do espaço urbano mais empregado nos estudos configuracionais que utilizam modelos de simulação baseados em grafos.

No entanto, neste estudo são utilizados os centros de via para desenhar os sistemas de vias de circulação das cidades em análise, em vez dos critérios empregados nas linhas axiais, de modo a facilitar a representação espacial urbana. Dessa maneira, em particular, são desenhadas todas as ruas, suas intersecções, rótulas e outros caminhos.

Quanto à compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana são determinados indicadores quantitativos capazes de ordenar as cidades em mais ou menos compactas e irregulares e, assim, correlacioná-las com a medida de acessibilidade para, então, verificar as relações existentes entre elas.

Cabe ressaltar que para avaliar tais relações são consideradas apenas as questões topológicas do sistema, ou seja, a posição relativa dos objetos em relação aos outros dentro do sistema. Além disso, não se usa nenhuma variação de ponderação dos espaços urbanos.

2.4.A AMOSTRA

Para descrever estatisticamente o padrão de distribuição da medida de acessibilidade, definida por descritores numéricos, que de alguma forma refletem o comportamento agregado dos componentes do sistema urbano, torna-se necessária a análise de um número significativo de cidades com características morfológicas distintas e de porte semelhante, de modo a permitir uma avaliação adequada do comportamento entre variáveis.

Em seguida, são demonstradas as cidades selecionadas para a amostra deste estudo, bem como os critérios determinantes para suas representações espaciais, seus perímetros e seus vazios urbanos.

2.4.1. Seleção da amostra de cidades

Optou-se por selecionar cidades de porte semelhante, a fim de diminuir a influência exercida pelo tamanho da cidade nas avaliações do comportamento das medidas espaciais, pois, conforme citado anteriormente, nos estudos de Hillier (2002) e de Medeiros (2006) é possível perceber que certas características da forma urbana influenciam no comportamento da medida de Integração e, posteriormente, podem afetar os resultados.

A escolha das cidades a serem estudadas teve como base o Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). São selecionadas dentre as cidades brasileiras aquelas que possuem população entre 200.000 e 350.000 habitantes. Desse conjunto inicial de 70 municípios, foram descartadas do estudo todas as cidades inseridas em regiões metropolitanas ou em conurbações, uma vez que estas estão fisicamente unidas a outra(s) cidade(s), o que torna inviável a separação da estrutura e comportamento de cada sistema urbano.

Ao final do processo seletivo, manteve-se um total de 29 cidades, listadas, em ordem alfabética, na tabela a seguir, juntamente com seu número de população, esse número significativo de cidades torna-se necessário para se obter uma análise consistente dos dados.

Essa amostra atende aos quesitos de diversidade no que diz respeito aos graus de compactação/dispersão da área urbana, assim como de variabilidade nos níveis de irregularidade da rede urbana.

Tabela 1: Lista das cidades brasileiras selecionadas para o estudo.

Cidades	População (habitantes)
Anápolis - GO	334.623
Arapiraca - AL	214.006
Bauru - SP	343.937
Boa Vista - RR	284.313
Camaçari - BA	242.970
Caruaru - PE	314.912
Cascavel - PR	286.205
Divinópolis - MG	213.016
Foz do Iguaçu - PR	256.088
Franca - SP	318.640
Governador Valadares - MG	263.689
Guarujá - SP	290.752
Imperatriz - MA	247.505
Itabuna - BA	204.667
Limeira - SP	276.022
Marabá - PA	233.699
Marília - SP	216.745
Mossoró - RN	259.815
Palmas - TO	228.332
Pelotas - RS	328.275
Petrolina - PE	293.962
Ponta Grossa - PR	311.611
Rio Branco - AC	336.669
Santa Maria - RS	261.031
Santarém - PA	294.580
São Carlos - SP	221.950
Sete Lagoas - MG	214.152
Uberaba - MG	295.988
Vitória da Conquista - BA	306.866

Dados retirados do site do IBGE, 2010. Fonte: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em 23 de fev.2014, às 9:46.

Na sequência, aparece a distribuição geográfica das cidades brasileiras investigadas na amostra (figura 10).

Figura 10: Distribuição geográfica das cidades brasileiras selecionadas



Edição nos *softwares* Adobe Photoshop e Corel Draw. Fonte: Imagem de fundo do mapa do Brasil: http://edsonlo.blogspot.com.br/2007/06/ibm-websphere-dashboard-framework-parte_14.html. Acesso em 07 de junho de 2014, às 2:35.

2.4.2. Representação da estrutura espacial urbana

As cidades são representadas a partir de imagens de satélite, feitas através de um mosaico de imagens de cada uma das cidades com base nos dados disponíveis no Google Earth Pro. Essas imagens caracterizam o estado de cada cidade num dado momento no tempo, datadas do final de 2013 até meados de 2014.

Com base nessas imagens, são feitos seus georreferenciamentos e, posteriormente, são definidos os perímetros das áreas ocupadas por cada cidade, seus vazios urbanos e a representação de seu sistema de vias de circulação.

2.4.2.1. Definição dos perímetros e vazios urbanos

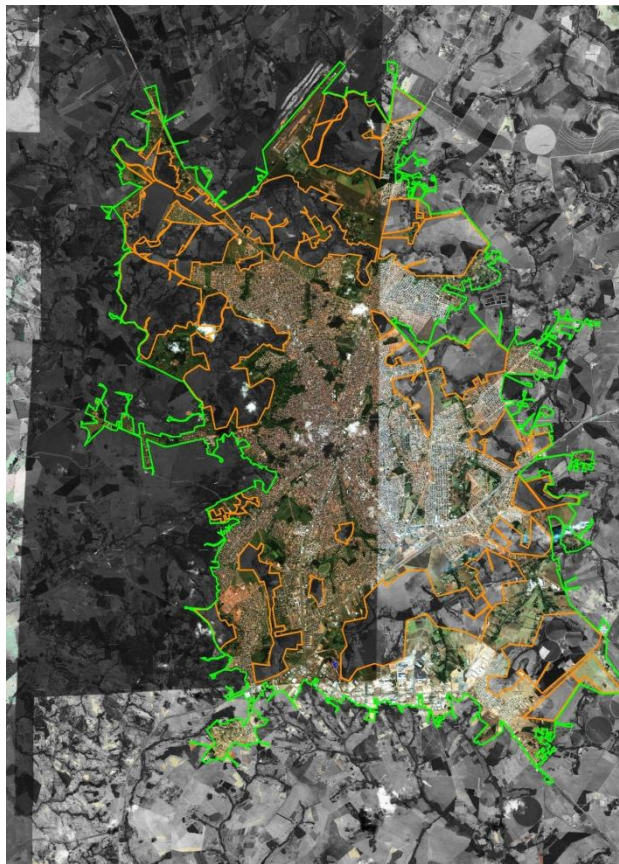
Os perímetros das áreas ocupadas por cada cidade foram definidos com base nos seguintes critérios:

- a) os núcleos urbanos afastados que possuem mais de 150 edificações ou mais de 10 quarteirões, independentemente da distância, são acrescidos ao perímetro do núcleo urbano principal, assim como as vias que dão acesso a esses núcleos;
- b) os núcleos urbanos afastados que possuem de 50 a 150 edificações ou de cinco a 10 quarteirões, somente são somados ao perímetro, quando não ultrapassam a distância de dois quilômetros e 500 metros do núcleo urbano principal;
- c) o perímetro acompanha os eixos de via que saem dos núcleos urbanos até 500 metros, caso não se perpetue nenhuma das duas situações descritas acima. A exceção ocorre quando esses eixos de via se conectam com outras partes distantes da cidade;
- d) todas as ruas com construções são demarcadas, bem como vias particulares rurais com edificações adjacentes. Contudo, as vias particulares rurais são desconsideradas quando não atendem nenhum dos critérios anteriores;

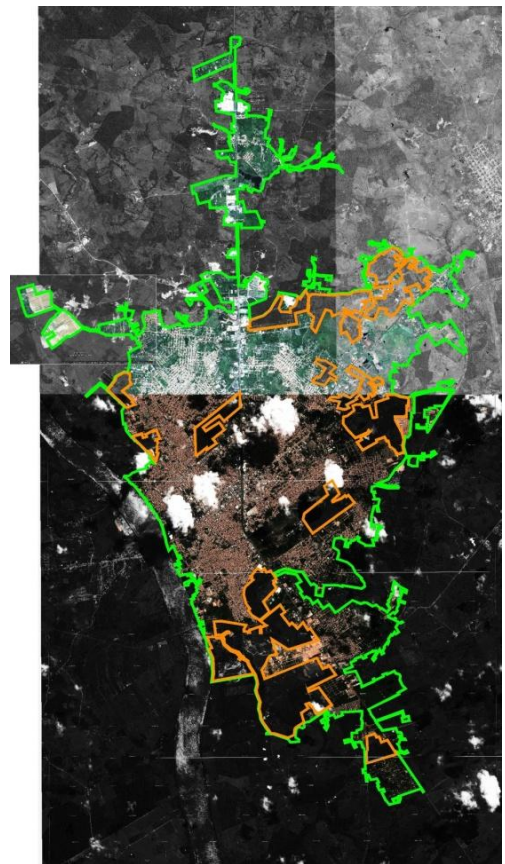
Para efeitos deste estudo são considerados como vazios urbanos as áreas desocupadas, rodeadas de vias e/ou áreas efetivamente urbanizadas, toda vez que essas áreas ultrapassam 500 metros em uma de suas dimensões.

As representações de todas as cidades, como também suas delimitações do perímetro e dos vazios urbanos encontram-se no apêndice. Ainda assim, para exemplificar tais representações são demonstradas quatro cidades na figura 11 a seguir:

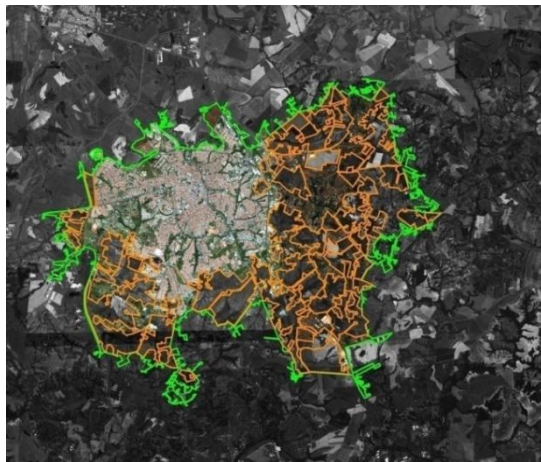
Figura 11: Cidades com a delimitação de seus perímetros e vazios urbanos: a) Anápolis - GO; b) Imperatriz - MA; c) Marília - SP e Mossoró - RN



a) Anápolis - GO



b) Imperatriz - MA



c) Marília - SP



d) Mossoró - RN

Legenda: delimitação do perímetro das áreas ocupadas por cada cidade em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

2.4.2.2. Definição dos mapas urbanos

Os desenhos dos sistemas de vias de circulação por segmentos de retas são realizados usando como critério os centros de via, em vez dos critérios empregados nas linhas axiais, de modo a facilitar o modo de representação do sistema urbano dessas 29 cidades. Assim, são desenhadas todas as ruas, bem como suas intersecções, rótulas e outros caminhos.

Os critérios utilizados nas representações estão destacados a seguir:

a) nas vias que possuem canteiro central, os leitos carroçáveis são desenhados separadamente, ou seja, por linhas duplas;

b) todos os eixos são representados por segmentos de retas, mesmo as linhas curvas;

c) quando houver cruzamentos de vias (como túneis, viadutos e outros) que não se conectam na realidade e, em menos de 300 metros, houver uma ou mais conexões, as linhas cruzadas são mantidas, porque existe uma conexão real nas imediações de modo a simplificar a representação do sistema sem distorcer em excesso os resultados globais;

d) quando não houver em menos de 300 metros essas conexões são feitas adaptações no sistema de modo a manter as conexões existentes e não desfazer o cruzamento daquelas que na realidade não estão conectadas, ou seja, estão apenas sobrepostas;

e) os calçadões que possuem importância na malha viária são desenhados, enquanto que os largos, as praças e os calçadões de orla de praia (paralelos a vias) não são representados, pois funcionam mais como espaços convexos, de maneira a pouco acrescentar às ruas já existentes características em termos de movimentação;

f) todo o sistema viário contido dentro do perímetro urbano é representado;

g) as vias particulares urbanas ou rurais são desconsideradas quando não possuem edificações adjacentes e quando fora do perímetro urbano, porém são mantidas todas as ruas em conjuntos habitacionais, loteamentos e condomínios fechados e abertos.

O resultado das representações para as 29 cidades abordadas neste trabalho pode ser visualizado no apêndice.

2.5. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA CIDADE E DA REDE ESPACIAL URBANA

Para caracterizar a forma urbana e a rede espacial da cidade são abordados dois aspectos significativos para os estudos urbanos: a compacidade da forma urbana e a irregularidade da rede da cidade. Em seguida, são definidos critérios capazes de definir quantitativamente as cidades estudadas dentro dos dois aspectos considerados neste trabalho.

2.5.1. Compacidade da forma urbana

Aqui são adotados três indicadores para definir o grau de compacidade das cidades. Dois são indicadores encontrados na literatura, dentro e fora da área de estudos urbanos. O terceiro é inserido neste estudo ao se adaptar o indicador encontrado fora dos estudos urbanos e, assim, contemplar aspectos relevantes do sistema urbano.

2.5.1.1. Indicador de Continuidade

O indicador de continuidade procura medir o grau de fragmentação da forma espacial urbana através de uma análise do seu perímetro. Nessa medida é sugerida uma comparação do perímetro do assentamento urbano com o perímetro do polígono convexo mínimo que o contém (KRAFTA, 2014).

Ressalta-se que o polígono convexo não possui ângulos internos maiores que 180°, impossibilitando esse polígono de apresentar reentrâncias. Para esse indicador o perímetro do assentamento urbano é resultado da soma dos vazios urbanos com o seu perímetro da cidade. O indicador é expresso pela fórmula:

Equação 15: Indicador de continuidade

$$I_{cont}(U) = \frac{2p_{conv}}{2p_u}$$

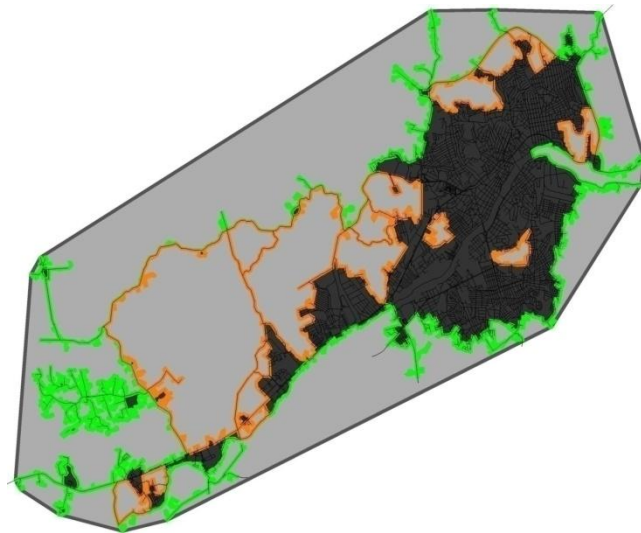
Onde $2p_u$ se refere ao perímetro do assentamento urbano e $2p_{conv}$ ao perímetro do polígono convexo mínimo que o contém. Para um cálculo correto, as duas expressões precisam estar descritas pela mesma unidade de medida.

A medida varia de 0 a 1, sendo o limite superior um indicativo de que a cidade coincide com seu polígono convexo mínimo, sem reentrâncias ou vazios internos, enquanto que o limite inferior significa, hipoteticamente, uma máxima

fragmentação. Ou seja, quanto maior o valor do indicador, menos fragmentado é o assentamento urbano.

No esquema demonstrativo a seguir (figura 12) é possível verificar o polígono convexo ao redor da cidade, como também se observa o núcleo urbano com suas reentrâncias e vazios urbanos.

Figura 12: Esquema demonstrativo da cidade de Itabuna - BA para o cálculo do Indicador de continuidade



Legenda: na cor cinza escuro está o núcleo urbano e, na cor verde, seu perímetro que somado aos vazios urbanos, em laranja, formam o perímetro do assentamento urbano ($2p_u$). Em cinza claro nota-se o polígono convexo.

Os valores do Indicador de Continuidade para cada uma das cidades analisadas são apresentados juntamente com os demais índices, em uma mesma tabela, ao final da explicitação dos três indicadores. As demais representações visuais de todas as cidades da amostra, que caracterizam esse indicador, são apresentadas no apêndice.

2.5.1.2. Índice de Compacidade

O índice de Compacidade é advindo dos estudos da ecologia e da hidrologia e é definido pela relação do perímetro da área ocupada pelo elemento em estudo e pelo perímetro de um círculo de mesma área (CHRISTOFOLETTI, 1980; PORTO et al., 1999).

Essa medida é definida pela fórmula:

Equação 16: Fórmula inicial do Índice de compacidade (K_c)

$$K_c = \frac{\text{Perímetro}_{(\text{elemento estudado})}}{\text{Perímetro}_{(\text{círculo de mesma área})}}$$

A compacidade é definida pela proximidade de sua forma ao formato circular, sendo A a área do círculo e r o seu raio, tem-se:

Equação 17: Relação entre área e raio do círculo

$$A = 2\pi r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}}$$

Porém, para facilitar a compreensão e aplicação desse índice, podemos aplicar o perímetro do círculo na fórmula inicial do Índice de Compacidade, assim tem-se:

Equação 18: Fórmula inicial do Índice de compacidade (K_c) com dedução da fórmula

$$K_c = \frac{\text{Perímetro}_{(\text{elemento estudado})}}{\text{Perímetro}_{(\text{círculo de mesma área})}} \Rightarrow K_c = \frac{P}{2\pi r}$$

Onde $\text{Perímetro}_{(\text{elemento estudado})}$ se refere a P e o $\text{Perímetro}_{(\text{círculo})}$ é igual a $2\pi r$. Conforme a dedução da fórmula da área do círculo tem-se $r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}}$. Logo, ao se aplicar o raio na fórmula anterior tem-se, por fim, a seguinte equação:

Equação 19: Índice de compacidade (K_c)

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \Rightarrow K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{2\pi}}} \text{ ou } K_c \cong 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde P se refere ao perímetro da forma, A à área dessa forma e π equivalente a 3,1416. Para um cálculo correto, as expressões de área e perímetro precisam estar descritas pela mesma unidade de medida.

Segundo Villela e Mattos (1975), esse índice é adimensional e varia com a forma, independentemente do tamanho. Quanto mais próximo à forma de um círculo, que é a forma mais compacta existente, mais próximo da unidade é o índice de compacidade.

Os valores do Índice de Compacidade para cada uma das cidades analisadas são apresentados juntamente com os demais índices, em uma mesma tabela, ao final da explicitação dos três indicadores.

2.5.1.3. Medida de Compacidade Urbana

O Indicador de Continuidade caracteriza a forma da cidade relacionando o polígono convexo mínimo que a contém com o seu assentamento urbano (considerando os vazios urbanos). Já o Índice de Compacidade considera exclusivamente as relações do formato da cidade com a forma mais compacta existente, o círculo; porém, esse índice, não considera os vazios urbanos.

Por isso, verificou-se a necessidade de criar uma nova medida adaptando esse índice, que considera a compacidade a partir da proximidade da forma da cidade à forma circular, para também englobar os aspectos da cidade relativos aos vazios urbanos.

Essa nova medida, denominada como Medida de Compacidade Urbana é definida neste trabalho com o intuito de avaliar a compacidade da forma das cidades levando-se em consideração o efeito dos vazios urbanos. Assim, utilizam-se os mesmos princípios do Índice de Compacidade K_c empregado nos estudos ecológicos e hidrográficos, porém somam-se ao valor do perímetro externo da forma urbana, os perímetros de seus vazios urbanos e, à área da forma urbana, subtraem-se as áreas desses mesmos vazios:

Equação 20: Medida de Compacidade Urbana (M_c)

$$K_c = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}} \xrightarrow{\text{adaptação / criação}} M_c = 0,282 \frac{(P + \sum P_{vu})}{\sqrt{(A - \sum A_{vu})}}$$

Onde P se refere ao perímetro da cidade, P_{vu} se refere ao perímetro dos vazios urbanos, A é a área da cidade e A_{vu} é a área dos vazios urbanos. Para um cálculo correto, as expressões precisam estar descritas pela mesma unidade de medida.

A medida, como no índice anterior, é adimensional e quanto maior for seu valor, menos compacta é a cidade, isto é, quanto mais se afastar do valor de compacidade do círculo, que é 1, mais dispersa é a cidade.

A seguir são apresentadas duas tabelas. Na primeira aparecem a área e o perímetro das cidades da amostra, como também a área e perímetro dos seus

vazios urbanos. Enquanto que na segunda são observados os valores computados das três medidas de compacidade para cada uma das cidades em estudo.

Tabela 2: Área e perímetro das cidades em análise, juntamente com área e perímetro dos seus vazios urbanos

Cidades	Área (m²)	Perímetro (m)	Área (m²) dos vazios urbanos	Perímetro (m) dos vazios urbanos
Anápolis - GO	229.791.586,4355	270.315,9428	87.882.834,9568	339.435,9533
Arapiraca - AL	279.390.466,1398	144.151,3506	122.799.482,3496	365.899,9836
Bauru - SP	255.055.009,1014	371.799,4127	85.889.078,0736	231.000,3579
Boa Vista - RR	135.021.176,9745	134.962,3491	19.322.810,3855	61.052,0910
Camaçari - BA	345.634.947,5048	324.068,9411	203.573.804,5712	743.827,3910
Caruaru - PE	62.918.911,2728	174.085,3205	14.604.625,3722	108.148,3583
Cascavel - PR	102.885.734,5533	132.349,7879	7.410.517,3683	40.417,7535
Divinópolis - MG	225.098.340,8081	404.777,0659	115.427.108,1196	505.963,7319
Foz do Iguaçu - PR	158.097.191,7143	202.676,8415	43.839.021,0579	216.797,7655
Franca - SP	197.911.054,2494	307.809,3369	80.068.566,1747	194.982,0367
Governador Valadares - MG	83.526.493,6167	322.904,9839	26.256.382,4171	116.402,7472
Guarujá - SP	59.353.965,9134	204.379,7612	17.504.907,3729	157.925,0012
Imperatriz - MA	89.168.414,9618	177.782,7986	16.359.821,7469	95.404,9039
Itabuna - BA	47.961.900,4658	195.799,9077	21.468.428,9516	94.342,7434
Limeira - SP	189.282.741,1508	238.125,8443	70.987.594,8326	397.437,3686
Marabá - PA	65.570.622,6271	414.993,3895	4.565.451,0683	41.078,7126
Marília - SP	122.705.966,9195	366.554,9613	27.489.834,9845	83.683,8003
Mossoró - RN	170.041.399,8108	239.711,7138	55.802.645,5193	153.338,4232
Palmas - TO	201.603.377,6230	325.606,6739	77.771.180,6469	398.754,1803
Pelotas - RS	191.143.639,9941	183.373,4940	84.275.270,1277	221.903,1131
Petrolina - PE	336.157.494,4559	352.417,0259	136.829.036,8057	432.114,2180
Ponta Grossa - PR	161.293.228,3748	277.174,7422	36.780.581,8379	160.349,9369
Rio Branco - AC	150.935.892,3071	373.774,0519	58.028.789,7718	323.864,6918
Santa Maria - RS	140.492.176,5670	245.476,5773	55.117.117,4142	255.517,8928
Santarém - PA	130.363.949,5615	183.773,5220	78.668.116,5321	252.849,0127
São Carlos - SP	321.404.174,8974	336.915,5003	173.903.503,6423	367.515,9064
Sete Lagoas - MG	199.729.512,4870	336.130,7400	106.339.822,7970	474.670,6787
Uberaba - MG	122.516.771,7366	270.245,3995	33.390.331,8626	198.192,2788
Vitória da Conquista - BA	406.318.199,9221	239.111,1767	223.568.468,1335	468.965,2644

Valores computados através de imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad.

Tabela 3: Indicador de Continuidade, Índice de Compacidade e Medida de Compacidade Urbana das cidades em análise

Cidades	Indicador de Continuidade	Índice de Compacidade	Medida de Compacidade Urbana
Anápolis - GO	0,11848	5,0287	14,4344
Arapiraca - AL	0,14218	2,4320	11,4942
Bauru - SP	0,13721	6,5651	13,0697
Boa Vista - RR	0,28604	3,2754	5,1389
Camaçari - BA	0,09934	4,9156	25,2662
Caruaru - PE	0,14882	6,1890	11,4504
Cascavel - PR	0,28719	3,6796	4,9862
Divinópolis - MG	0,08898	7,6081	24,5244
Foz do Iguaçu - PR	0,14889	4,5456	11,0665
Franca - SP	0,14215	6,1702	13,0613
Governador Valadares - MG	0,26549	9,9635	16,3702
Guarujá - SP	0,14616	7,4810	15,7936
Imperatriz - MA	0,19860	5,3093	9,0286
Itabuna - BA	0,13711	7,9728	15,8961
Limeira - SP	0,09713	4,8809	16,4788
Marabá - PA	0,21497	14,4523	16,4664
Marília - SP	0,17927	9,3316	13,0118
Mossoró - RN	0,19676	5,1840	10,3703
Palmas - TO	0,10577	6,4669	18,3564
Pelotas - RS	0,19527	3,7403	11,0554
Petrolina - PE	0,12604	5,4204	15,6702
Ponta Grossa - PR	0,15991	6,1545	11,0572
Rio Branco - AC	0,09694	8,5795	20,4106
Santa Maria - RS	0,13715	5,8403	15,2903
Santarém - PA	0,26572	4,5389	8,0392
São Carlos - SP	0,13708	5,2996	16,3565
Sete Lagoas - MG	0,10220	6,7071	23,6600
Uberaba - MG	0,11733	6,8851	13,9926
Vitória da Conquista - BA	0,13719	3,3452	14,7707

Valores computados através de imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

2.5.2. Irregularidade da rede urbana

Dentre as cinco medidas apresentadas na fundamentação teórica escolhe-se uma para descrever a irregularidade dos grafos: a *medida de desvio dos graus* de Nikiforov (2006), por ser uma das medidas mais recentes, além de possuir uma fácil aplicabilidade, enquanto que as outras quatro necessitariam de um conhecimento mais aprofundado da matemática discreta e suas aplicações, não concernentes a este estudo.

A medida de Nikiforov (2006) definida como a *medida de desvio dos graus* é representada pela soma do valor absoluto das diferenças entre o grau dos vértices e a média dos graus de G , ou seja, mede o grau de irregularidade de um grafo por meio da variação do número de conexões que cada vértice do sistema tem com relação à média da rede. Descrita pela equação:

Equação 21: Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)

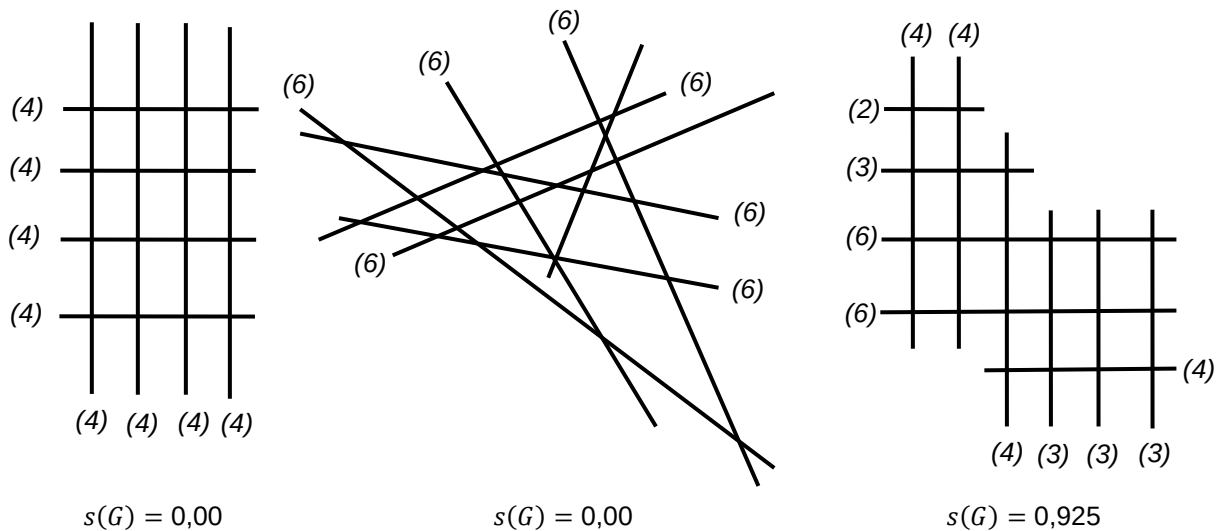
$$s(G) = \sum_i |d_i - \bar{d}|$$

Onde d_i se refere ao valor do Grau do Vértice do vértice i e $\bar{d}$ é a média do Grau do Vértice do sistema G , sendo $\bar{d} = \frac{2m}{n}$ é a média dos graus de G . Sendo m o número de arestas e n o número de vértices.

É importante ressaltar que a fórmula está expressa em módulo, por isso, seu valor é sempre absoluto, ou seja, se for positivo, é o próprio número; contudo, se for negativo, é o seu número simétrico positivo.

Na figura 13 a seguir são observados três mapas com o mesmo número de conexões para ilustrar o quê a medida capta quando aplicada a representações que se utilizam do critério de centros de via. Cabe ressaltar que nesse tipo de mapa as linhas equivalem aos vértices do grafo e os encontros entre essas linhas equivalem às arestas desse grafo.

Figura 13: Representação de três mapas para ilustrar a medida de irregularidade



Legenda: Os vértices representam as linhas e as arestas representam as conexões existentes entre essas linhas. Os valores em parênteses em cada mapa demonstram seu número de conexões (grau do vértice).

Conforme relatado anteriormente, essa medida descreve a irregularidade da rede através das diferenças de conectividade dos componentes do sistema e, por isso, quando aplicada aos estudos urbanos, não é capaz de capturar efetivamente a regularidade morfológica do traçado urbano numa representação por centros de via.

De certa maneira, essa medida capta de forma indireta as variações de comprimento das linhas que representam os centros de via, juntamente com as variações da granulometria dos quarteirões. Quanto mais altos os valores da medida de irregularidade, maiores são as diferenças entre os graus dos vértices e, portanto, mais irregular é a distribuição das conectividades entre os componentes da rede urbana.

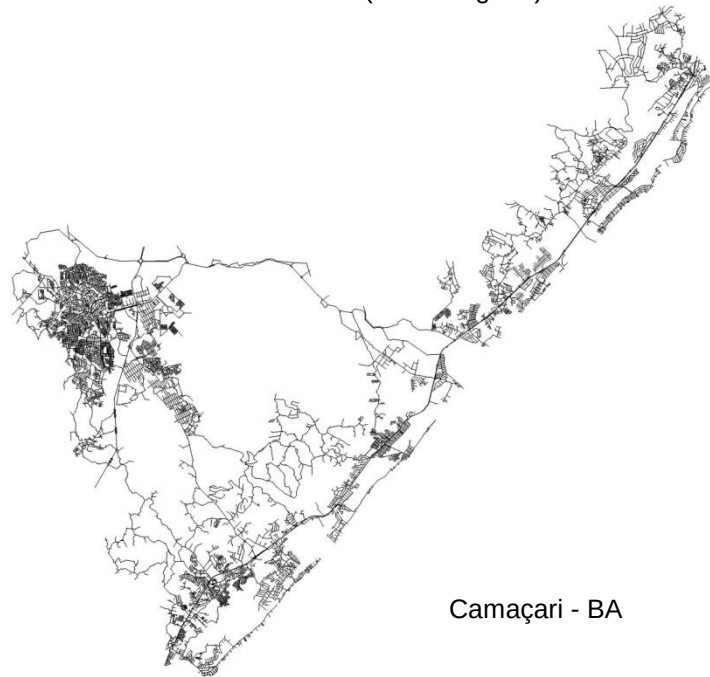
Na tabela seguinte são apresentados os valores de irregularidade da rede urbana para cada uma das cidades em análise. Em seguida, na figura 14 aparecem duas cidades consideradas, pela medida de irregularidade, como menos e mais irregulares.

Tabela 4: Irregularidade da rede urbana pelo método de Nikiforov (2006)

Cidades	Medida de Nikiforov (2006)
Anápolis - GO	1,884318
Arapiraca - AL	1,522021
Bauru - SP	2,060724
Boa Vista - RR	3,155695
Camaçari - BA	1,133147
Caruaru - PE	1,733271
Cascavel - PR	2,982678
Divinópolis - MG	1,758466
Foz do Iguaçu - PR	1,920693
Franca - SP	2,044190
Governador Valadares - MG	1,479622
Guarujá - SP	1,840535
Imperatriz - MA	1,891222
Itabuna - BA	1,268376
Limeira - SP	1,493607
Marabá - PA	1,642024
Marília - SP	1,856119
Mossoró - RN	2,322294
Palmas - TO	1,506301
Pelotas - RS	2,038728
Petrolina - PE	1,794278
Ponta Grossa - PR	2,185643
Rio Branco - AC	1,344347
Santa Maria - RS	1,509814
Santarém - PA	2,608856
São Carlos - SP	1,619487
Sete Lagoas - MG	1,494063
Uberaba - MG	1,861525
Vitória da Conquista - BA	1,673148

Legenda: Dados retirados do *software* Morphometrics e calculados no *software* Excel. Quanto maior o valor, mais irregular é a rede urbana.

Figura 14: Irregularidade da rede exemplificada pelas cidades: Camaçari - BA (menos irregular) e Santarém - PA (mais irregular)



Legenda: Camaçari - BA - $s(G)= 1,133147$ e Santarém - PA - $s(G)= 3,155695$. Quanto maior o valor, mais irregular é a rede urbana. Fonte: imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

2.6. CRITÉRIOS PARA AVALIAR AS RELAÇÕES EXISTENTES ENTRE A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E A COMPACIDADE DA FORMA DA CIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA

É necessário estipular um critério capaz de definir as relações existentes da medida de acessibilidade com a compactidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana.

A existência de relação entre duas ou mais variáveis quantitativas distintas pode ser caracterizada de Correlação quando o comportamento de distribuição dessas variáveis se aproximarem de uma distribuição normal. Para observar se o comportamento conjunto entre duas variáveis quantitativas possui correlação utiliza-se o diagrama de dispersão, que é a representação gráfica dos pares de valores em um sistema cartesiano.

A análise visual preliminar dos gráficos de dispersão sugere uma relação linear entre as variáveis. A condição de linearidade é satisfeita quando a correlação entre as variáveis permite que a interpolação de pontos do diagrama de dispersão se aproxime de uma *linha reta*. Essas retas são comumente chamadas de linhas de regressão, ou regressão linear.

Como critério determinante capaz de medir a correlação de linearidade da medida de acessibilidade com a compactidade da cidade e a irregularidade da rede urbana é utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e para verificar o quanto da variabilidade dos dados influencia no ajuste da reta de regressão linear utiliza-se o coeficiente de determinação (R^2).

2.6.1. Coeficiente de correlação linear de Pearson

O coeficiente de correlação linear de Pearson, ou apenas coeficiente de correlação, denotado pela letra r , mede o grau de associação linear entre duas variáveis (SHARPE, et al., 2011).

A fórmula do coeficiente de correlação é dada por:

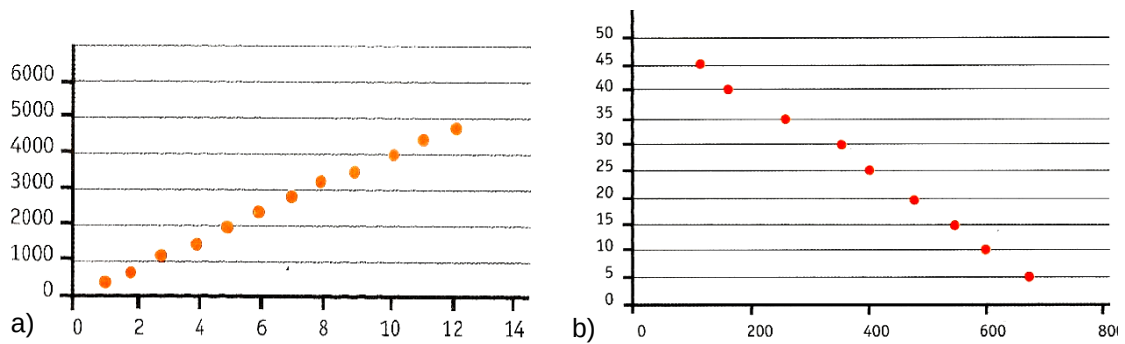
Equação 22: Coeficiente de correlação

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Onde x e y são elementos de um conjunto i de valores independentes e $\bar{x}$ e $\bar{y}$ representam a média desses elementos.

Esse coeficiente assume valores entre -1 e 1 , quando o valor for igual a 1 , diz-se que o coeficiente possui uma correlação positiva perfeita (crescente) e quando igual a -1 , uma correlação negativa perfeita (decrecente), conforme figura 15:

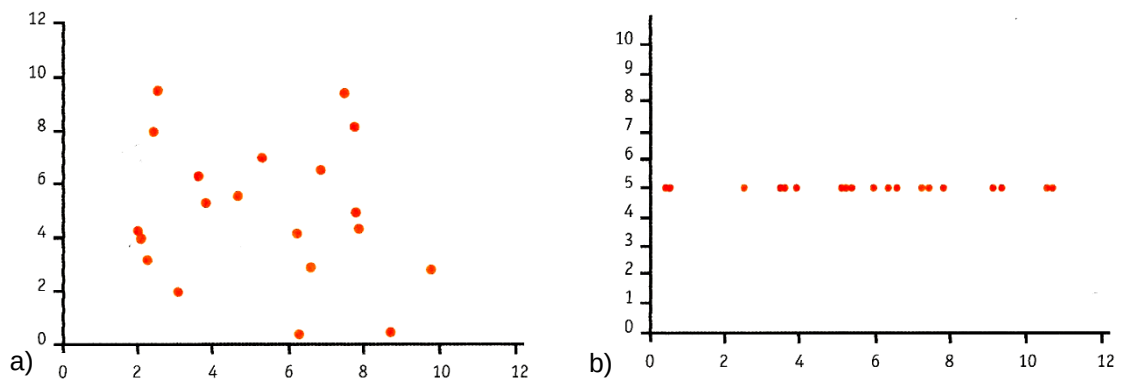
Figura 15: a) correlação positiva perfeita e b) correlação negativa perfeita



Fonte Sicsú e Dana (2012, p. 93-4).

Além disso, se o coeficiente de correlação for igual a 0 , diz-se que as variáveis possuem correlação nula, ou seja, as variáveis não estão associadas linearmente. Na figura 16 adiante aparecem dois exemplos de correlações nulas:

Figura 16: a) e b) correlação nula



Fonte: Sicsú e Dana (2012, p. 95).

A magnitude do coeficiente de correlação linear é determinada pelas classificações descritas por Franzblau (1958) e Hinkle et al. (1988), listadas a seguir:

Equação 23: Classificação da magnitude do coeficiente de correlação Pearson

$$0,0 \leq |r| \leq 0,20 \rightarrow \text{correlação bem fraca ou negligenciável}$$

$$0,20 \leq |r| \leq 0,40 \rightarrow \text{correlação fraca}$$

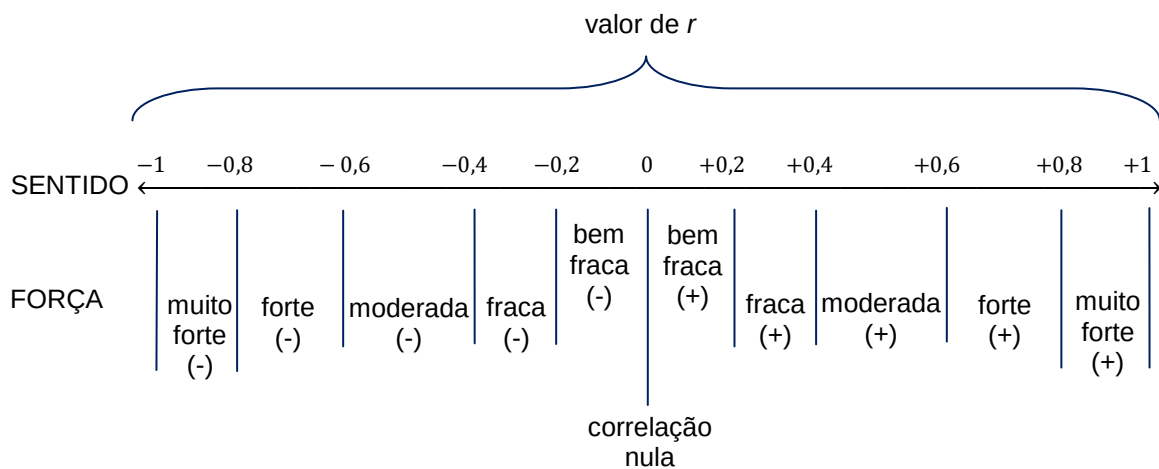
$$0,40 \leq |r| \leq 0,60 \rightarrow \text{correlação moderada}$$

$$0,60 \leq |r| \leq 0,80 \rightarrow \text{correlação forte}$$

$$0,80 \leq |r| \leq 1,00 \rightarrow \text{correlação muito forte}$$

Na figura 17 a seguir fica melhor ilustrada a classificação de magnitude do coeficiente e seu intervalo de valores.

Figura 17: Ilustração do sentido e força do coeficiente de correlação linear de Pearson



Sicsú e Dana (2012) ainda ressaltam que essas classificações não devem ser levadas "ao pé da letra", porém auxiliam a se ter uma ideia da magnitude da correlação. Outro aspecto importante de se evidenciar ao se analisar o gráfico visualmente é a proximidade dos pontos a uma reta e não a inclinação desta reta, pois uma maior inclinação da reta não significa maior correlação.

Ainda, se a correlação for *forte* não significa necessariamente que exista essa relação, pois podem haver coincidências. Nesse caso, é preciso fazer um estudo mais aprofundado para verificar se há realmente correlação entre as variáveis e não apenas tenham ocasionalmente se correlacionado, porque sempre existe a possibilidade de uma terceira variável estar envolvida. Além disso, é preciso

perceber que uma correlação alta aumenta consideravelmente as relações de causalidade entre as variáveis x e y (SICSÚ e DANA, 2012; SHARPE et al., 2011).

Segundo SHARPE et al. (2011) para diminuir possível relação de causalidade entre as variáveis utiliza-se o teste de hipótese, podendo-se utilizar o modelo t de Student para verificar se as condições de linearidade possuem um "grau de intensidade" satisfatória entre as variáveis, para tanto, utiliza-se ρ como parâmetro dessa correlação. O parâmetro ρ é definido pelo grau de encaixe e pelo tamanho da amostra, ele permitirá determinar o intervalo de confiança que estima a probabilidade de acerto na associação entre as variáveis.

Esses valores são difíceis de se calcular à mão, geralmente, são estimados através de programas estatísticos ou calculadoras científicas. Quando os valores de ρ forem menores que 0,01 há 99% de confiabilidade, significa que provavelmente a associação dos dados não ocorre ao acaso, se ρ for menor que 0,05 há 95 % de confiança dessa associação, quando ρ menor que 0,1 há 90% de confiança, assim sendo, quanto maior for o valor estimado do parâmetro, menor é a evidência de correlação entre as variáveis e é, portanto, menos significativa (SHARPE et al., 2011).

2.6.2. Coeficiente de determinação

O coeficiente de determinação (R^2) verifica a qualidade de ajuste de uma regressão linear, de certa forma, esse coeficiente consegue determinar o quão dispersos estão os dados em relação à reta (SHARPE et al., 2011).

Representado pela equação:

Equação 24: Coeficiente de determinação

$$R^2 = r^2 = \left(\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2$$

Onde x e y são elementos de um conjunto i de valores independentes e $\bar{x}$ e $\bar{y}$ representam a média desses elementos. Por ser elevado ao quadrado seus valores são sempre positivos.

O R^2 varia entre 0 e 1 e indica, em porcentagem, o quanto o gráfico estudado consegue explicar os valores da amostra. Quanto mais próximo de 1, mais próximo de 100%, portanto, mais preciso é o ajuste da regressão linear à reta do modelo de ajuste.

3. A MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E SUAS RELAÇÕES COM A COMPACIDADE DA FORMA DA CIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA

O comportamento estatístico da medida de Acessibilidade é avaliado quanto as suas relações com as características de fragmentação/compactação da forma urbana e a irregularidade da rede do sistema urbano observado.

A correlação entre a medida acessibilidade e as características urbanas mencionadas é determinada pelos descritores da medida de Acessibilidade: a média e o desvio padrão. Na descrição da compacidade da forma urbana e da irregularidade da rede urbana são utilizadas medidas encontradas, tanto na bibliografia, como criadas para este estudo.

3.1. DESCRIÇÃO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

O *software* Morphometrics (FARIA et al., 2010) utilizado permite a exportação dos valores aferidos a cada entidade do sistema nas suas versões com e sem normalização dos dados; permitindo, assim, as análises estatísticas complementares.

A normalização permite comparar dados que possuem número de componentes distintos, minimizando os problemas relativos às dispersões entre os atributos, através do ajuste de suas escalas de valores em um mesmo intervalo.

Como o processo no Morphometrics é bastante demorado, utilizou-se também o *software* UrbanMetrics 1.0.1 (SARAIVA e POLIDORI, 2015) em uma das cidades da amostra (Palmas-TO) para obtenção dos dados estatísticos cujos resultados obtidos são de mesma ordem. Mesmo esse *software* não disponibilizando os dados normalizados é possível chegar a sua normalização ao se utilizar a fórmula normalizada da medida de acessibilidade estipulada anteriormente, no entanto não

foi possível gerar a imagem, que descreve visualmente a medida de acessibilidade, dessa cidade em específico.

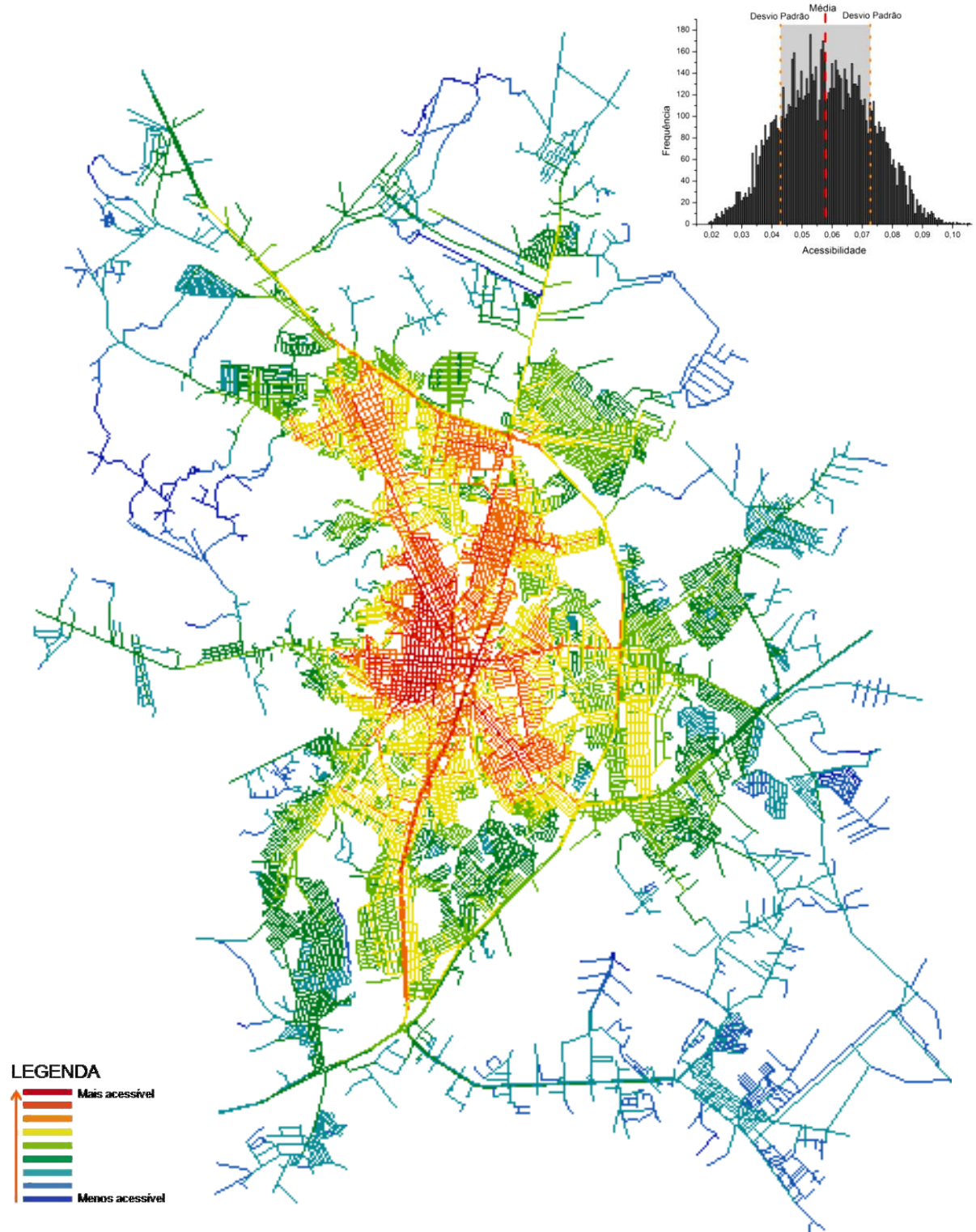
Para descrever as distribuições normais são utilizados dois parâmetros: a média (μ) e o desvio padrão (σ), sendo possível verificar nos histogramas essas variáveis, porém para representar o desvio padrão considera-se $\mu \pm \sigma$. Também se percebe que nesse tipo de gráfico a maior parte dos valores se concentra na parte central da distribuição e à medida que se afasta do centro a frequência decai dos dois lados do histograma.

Quanto à representação visual verifica-se que a técnica de agrupamento por *intervalo igual* (*equal interval*) é a mais adequada para descrever a medida de acessibilidade, pois esse tipo de técnica é utilizado para representar medidas que possuem uma distribuição estatística que se aproxima de uma distribuição normal, isto é, com uma continuidade de dados que tendem a homogeneidade.

Neste tópico são apresentados os histogramas das cidades estudadas, nos quais é possível perceber o comportamento estatístico esperado para medida de acessibilidade. Os histogramas de frequências dos valores demonstram o padrão aproximadamente Gaussiano da medida de Acessibilidade, com um gráfico parecido ao formato de um sino e uma distribuição espacial onde os maiores valores ficam concentrados junto ao centróide do sistema.

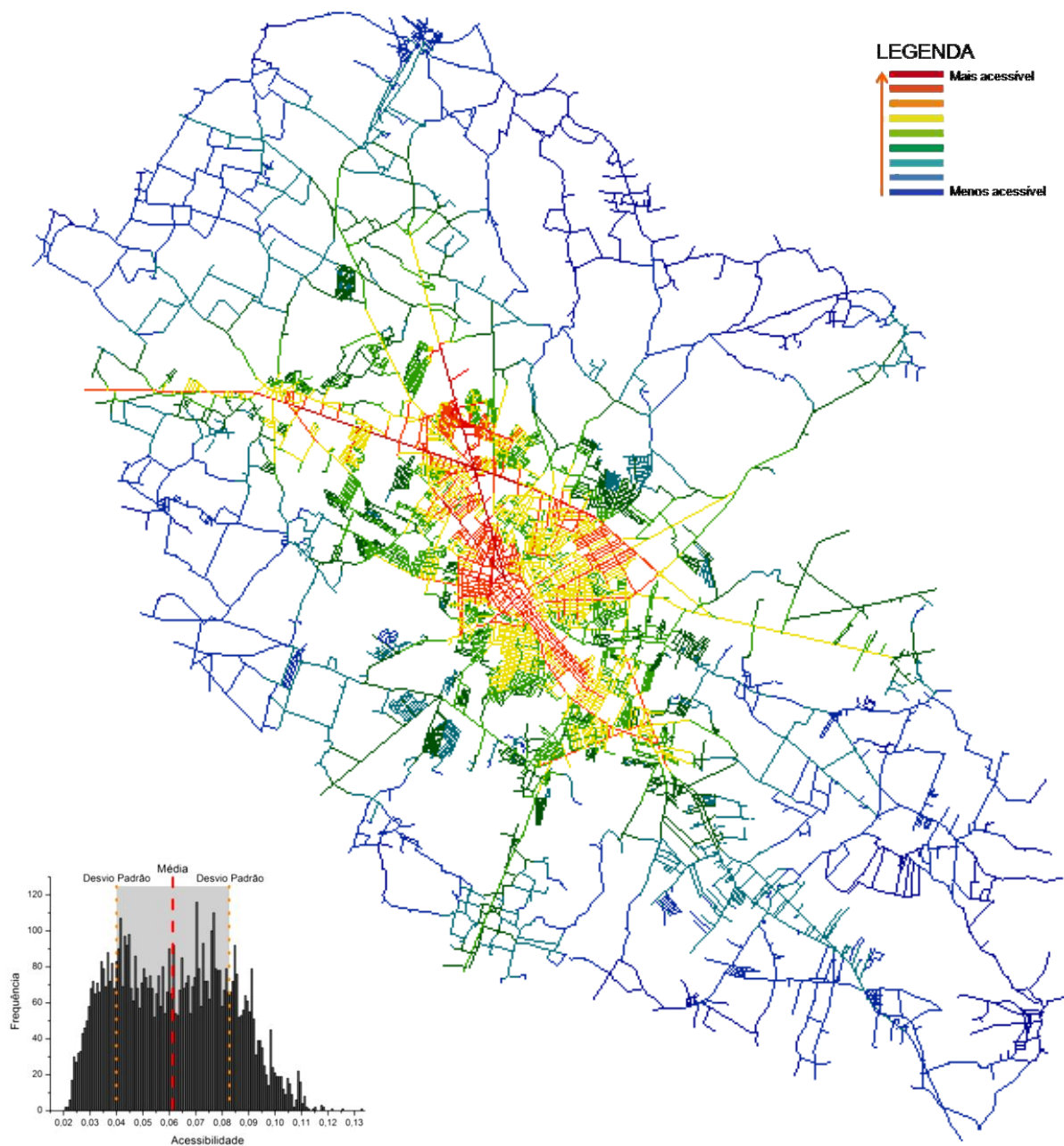
Os histogramas de frequências e os padrões espaciais das cidades estudadas com a visualização da medida de acessibilidade em intervalos iguais podem ser visualizados em seguida (figuras 18 a 46). Esses padrões espaciais também podem ser visualizados no apêndice, com exceção da cidade de Palmas-TO.

Figura 18: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: a) Anápolis - GO



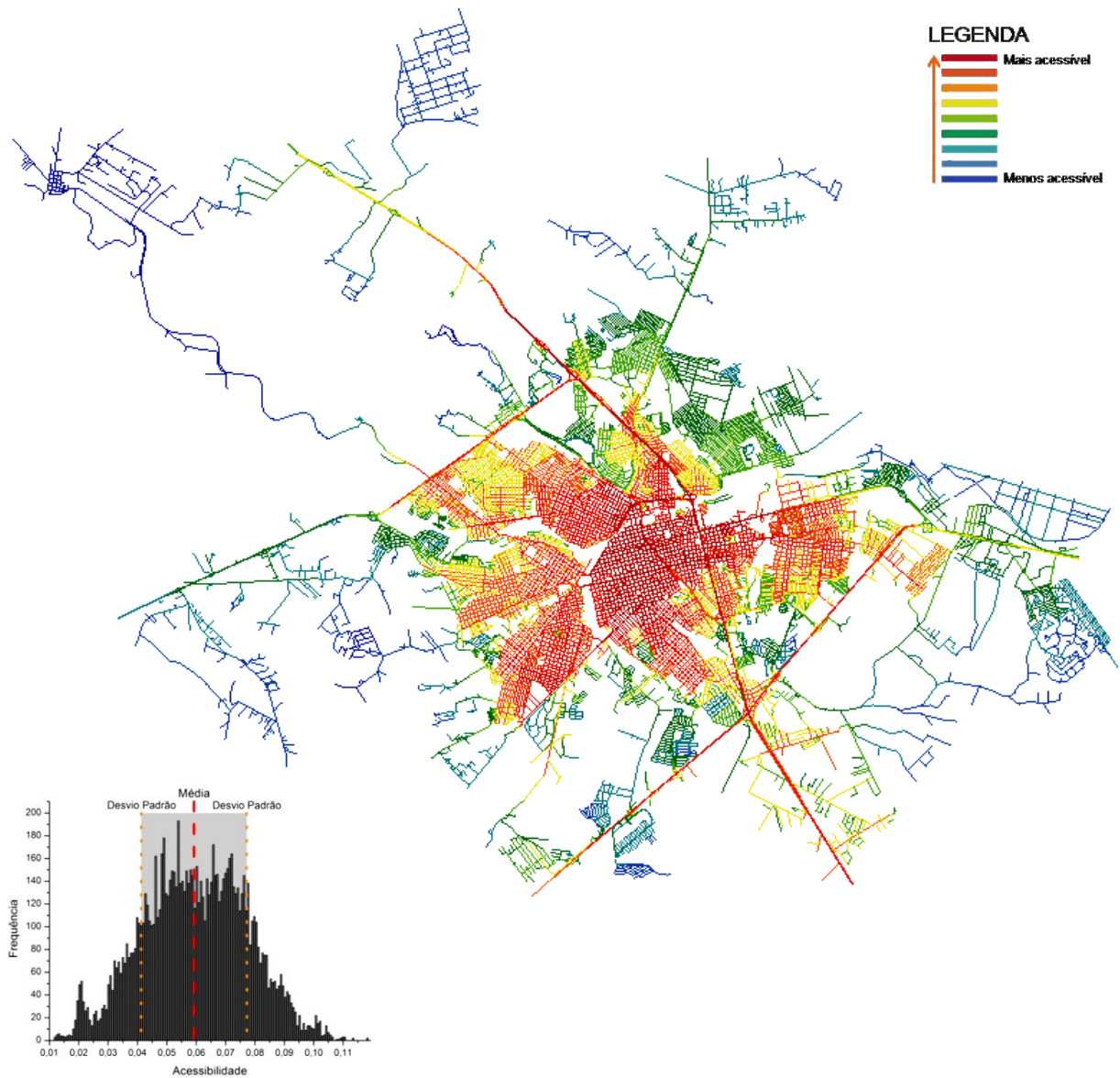
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 19: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: b) Arapiraca - AL



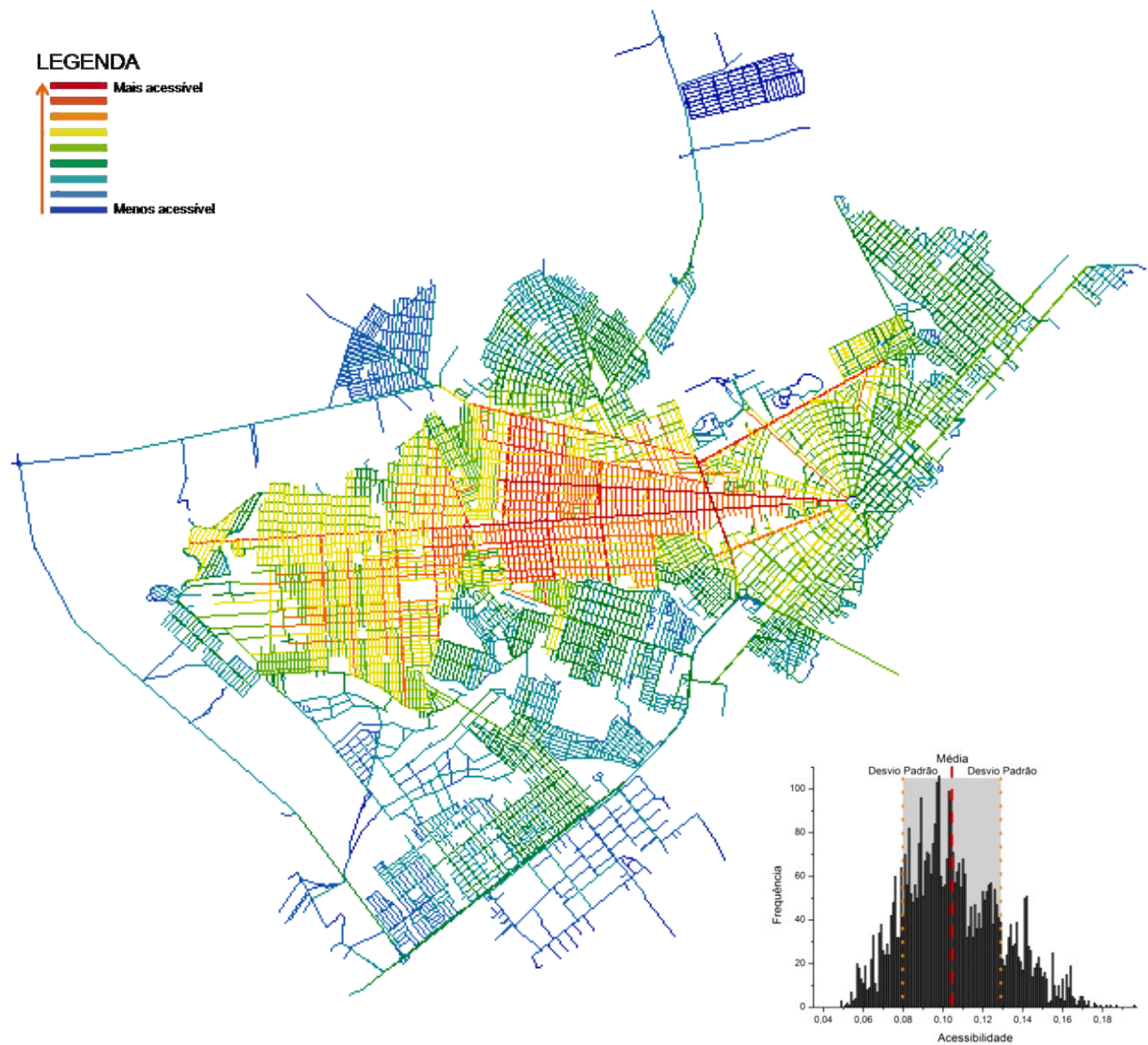
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 20: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: c) Bauru - SP



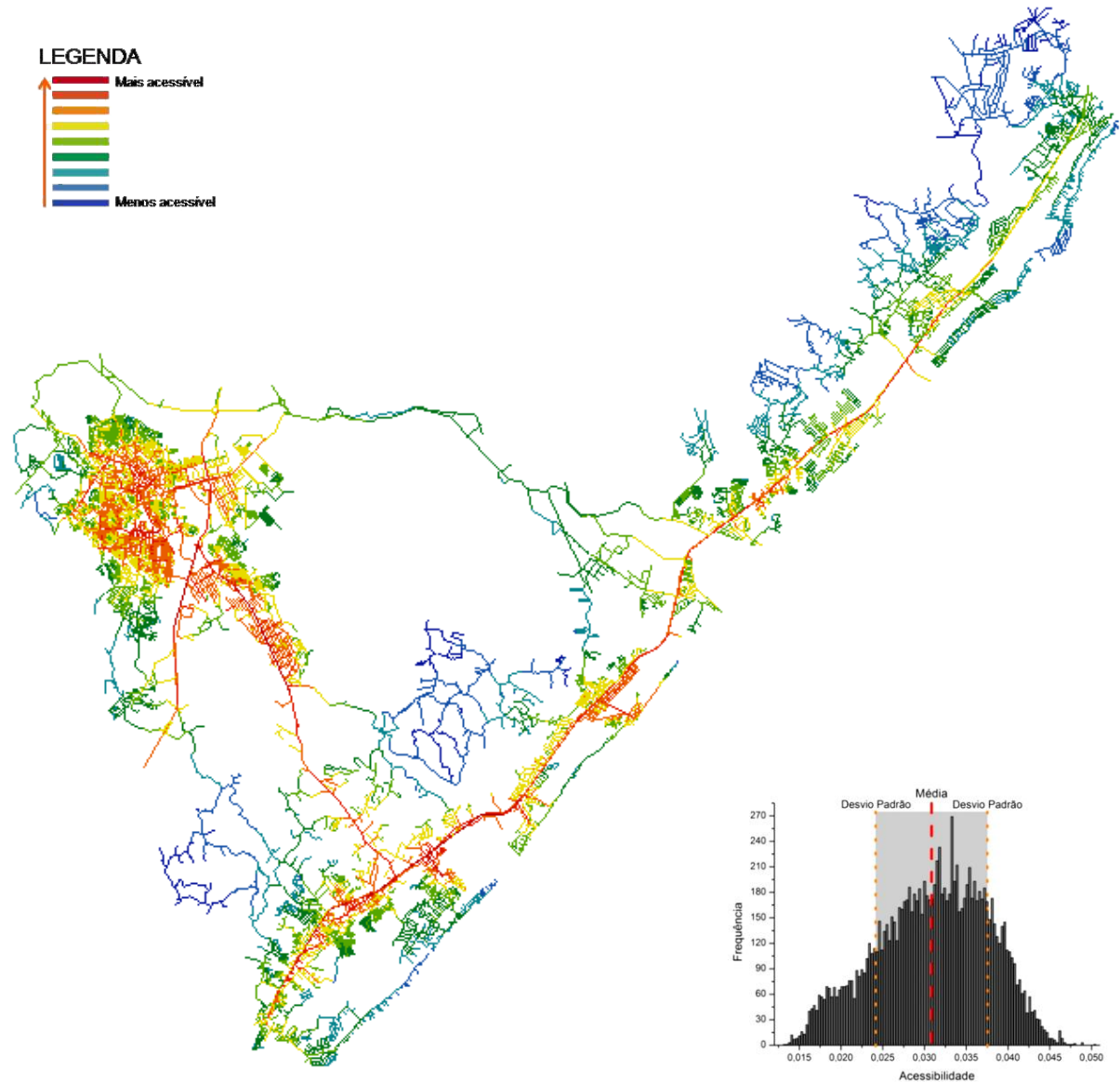
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 21: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: d) Boa Vista - RO



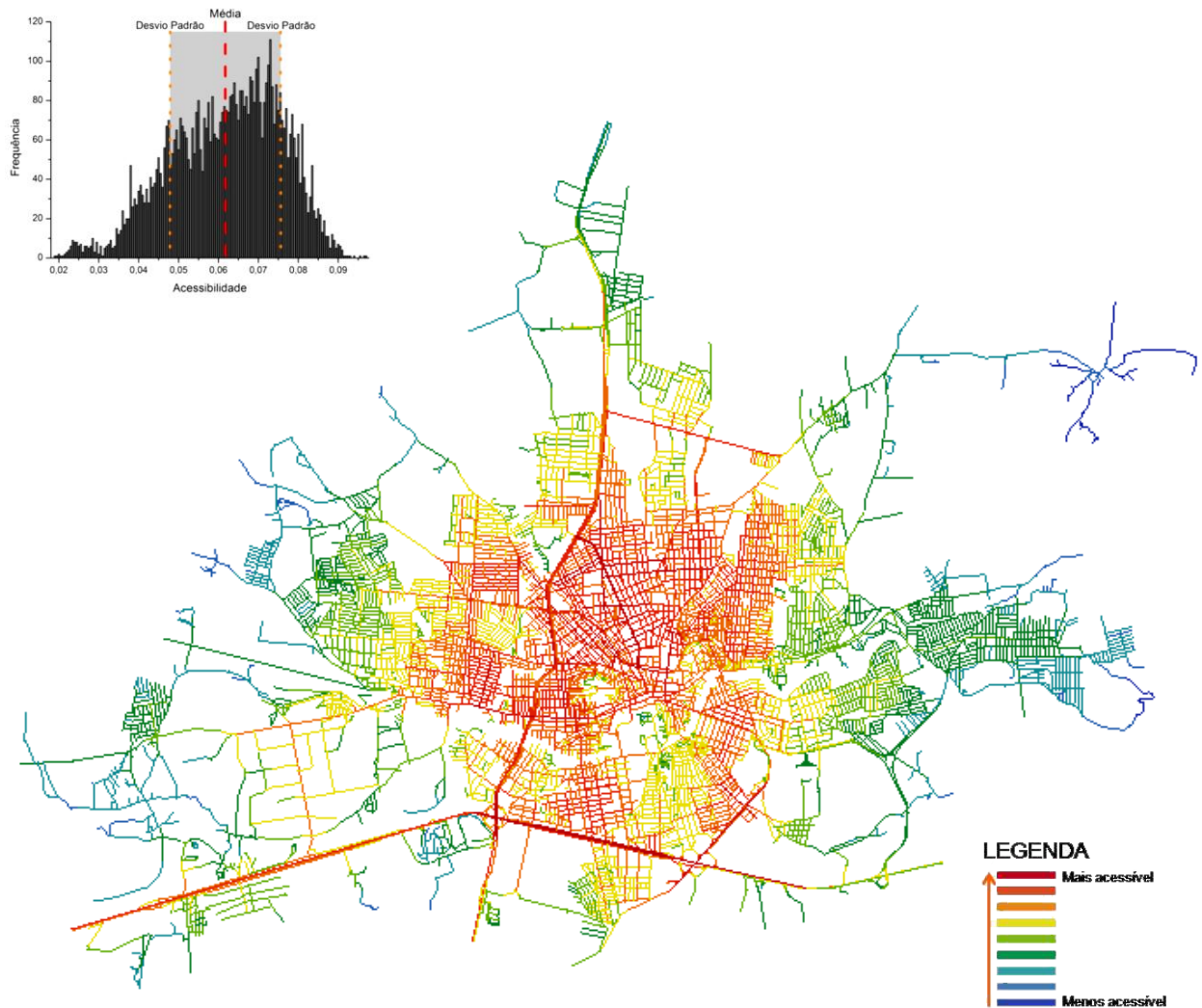
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 22: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: e) Camaçari - BA



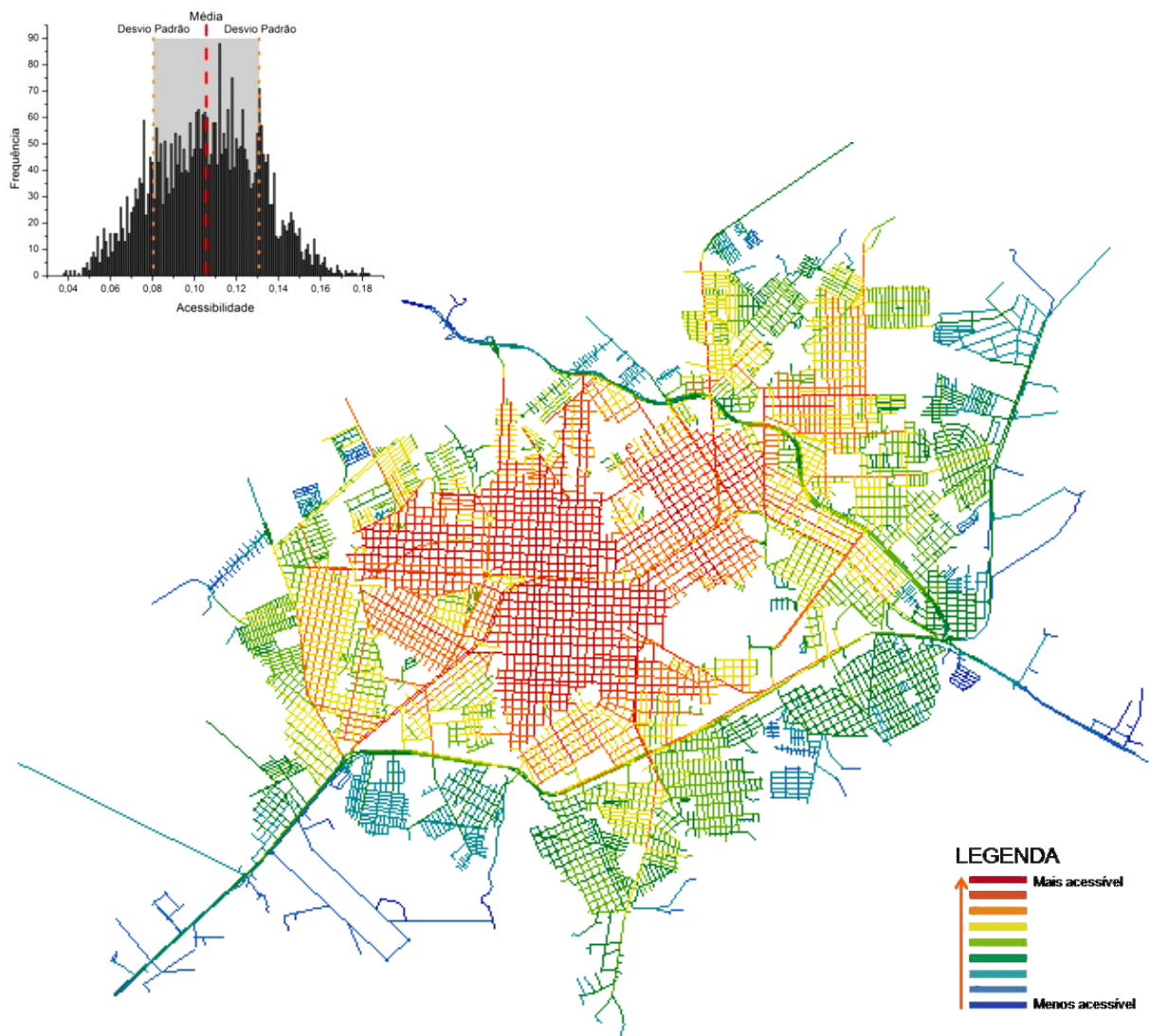
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 23: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: f) Caruaru - PE



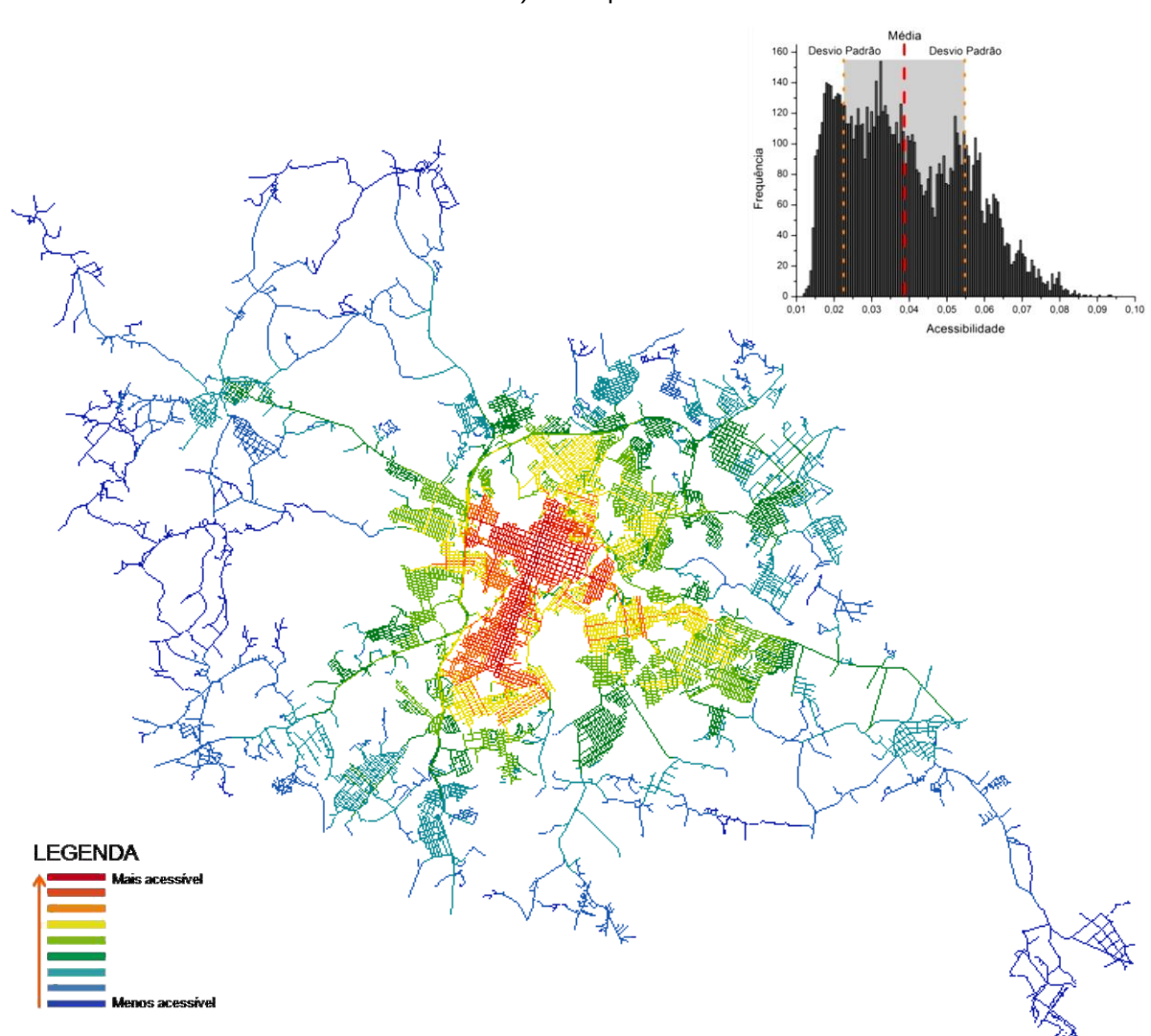
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 24: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: g) Cascavel - PR



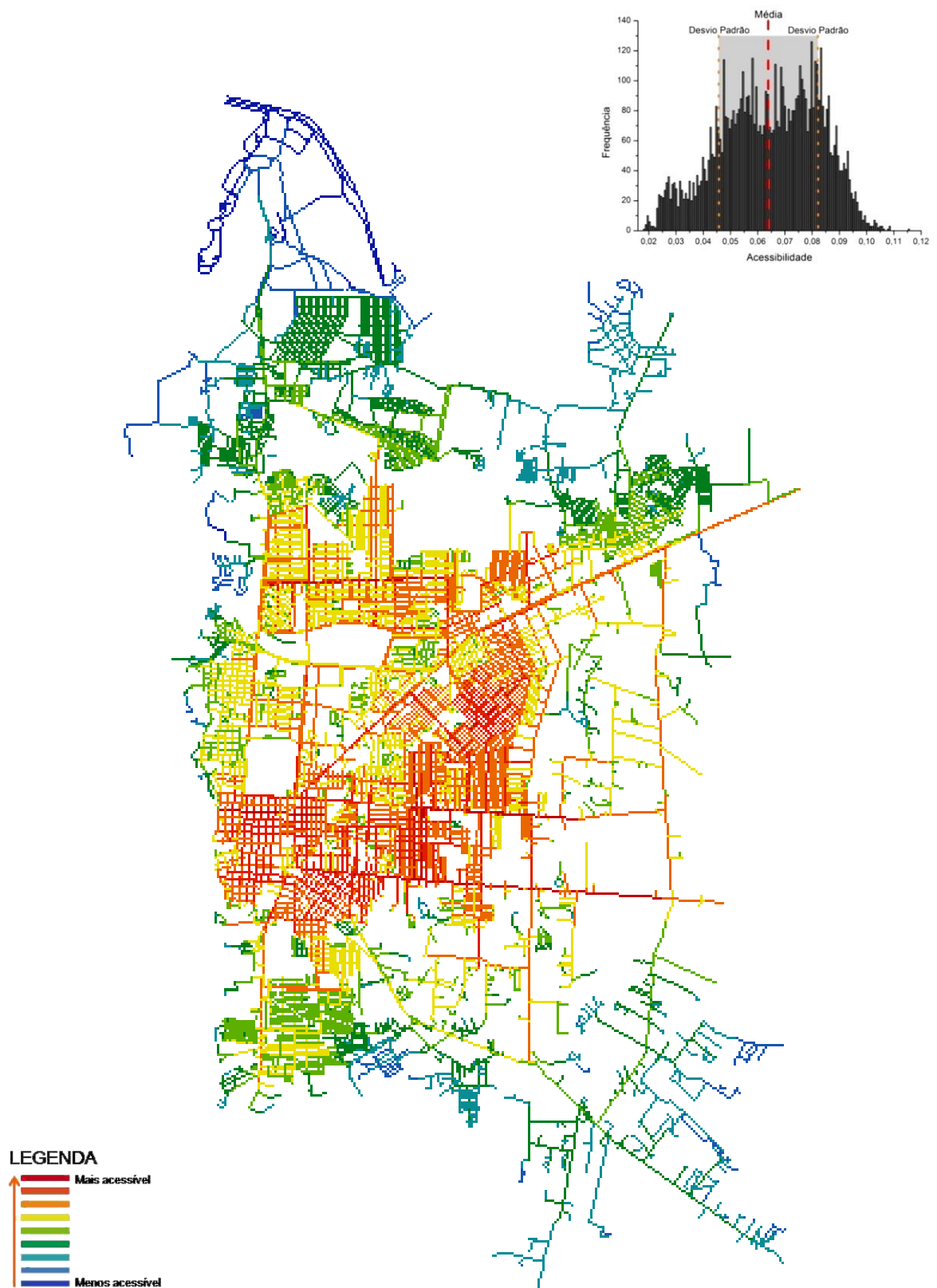
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 25: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: h) Divinópolis - MG



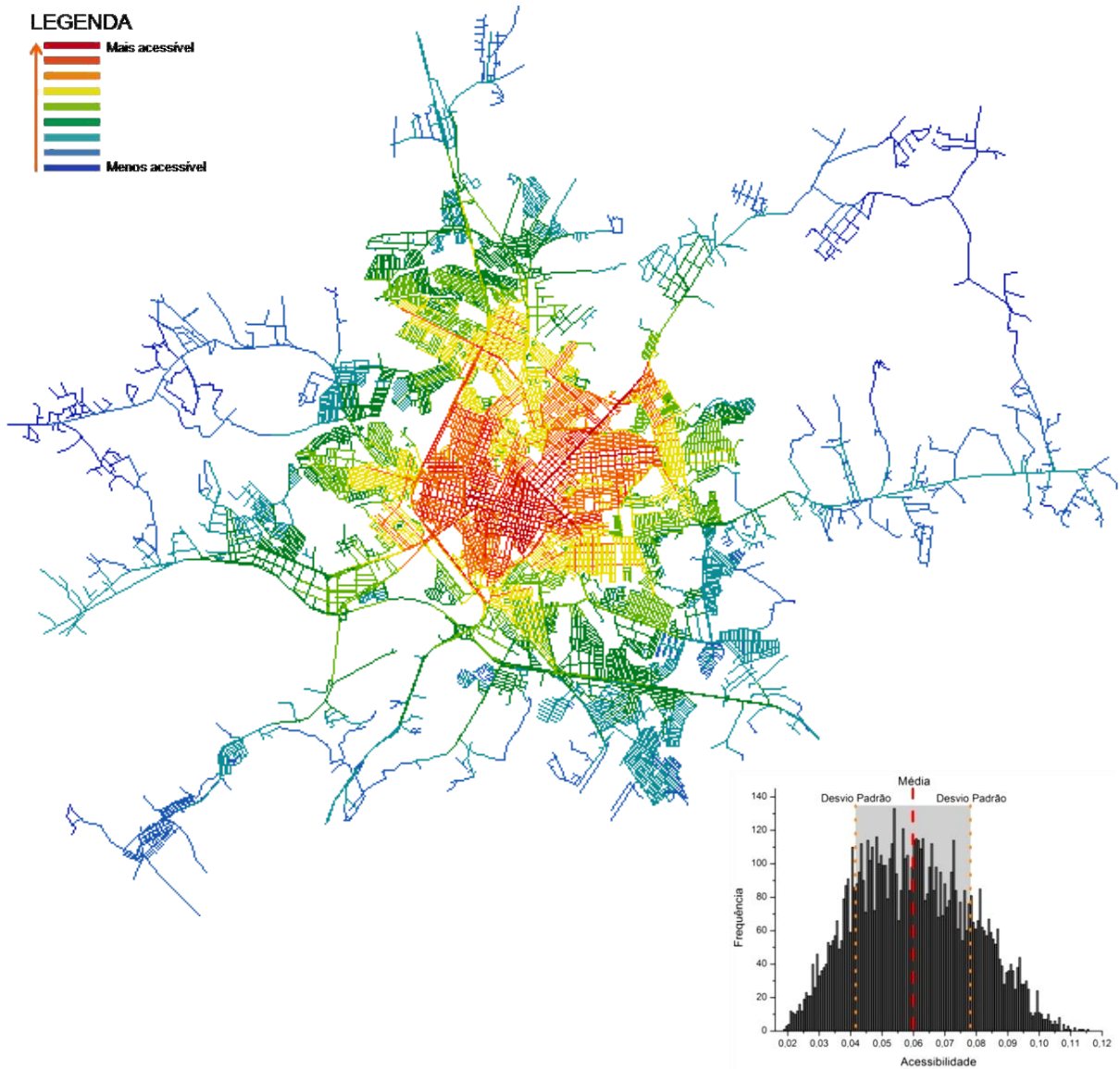
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 26: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: i) Foz do Iguaçu - PR



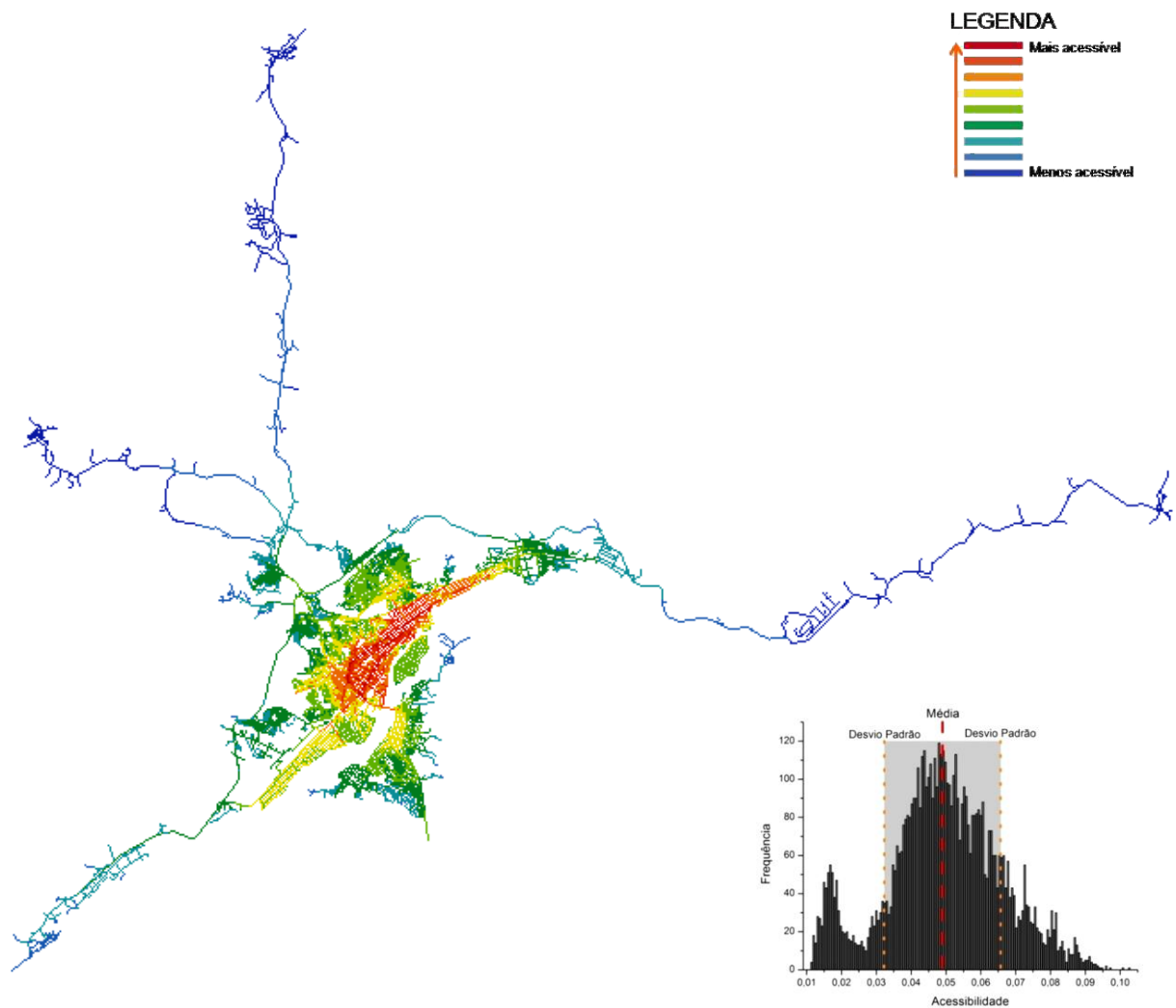
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

Figura 27: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: j) Franca - SP



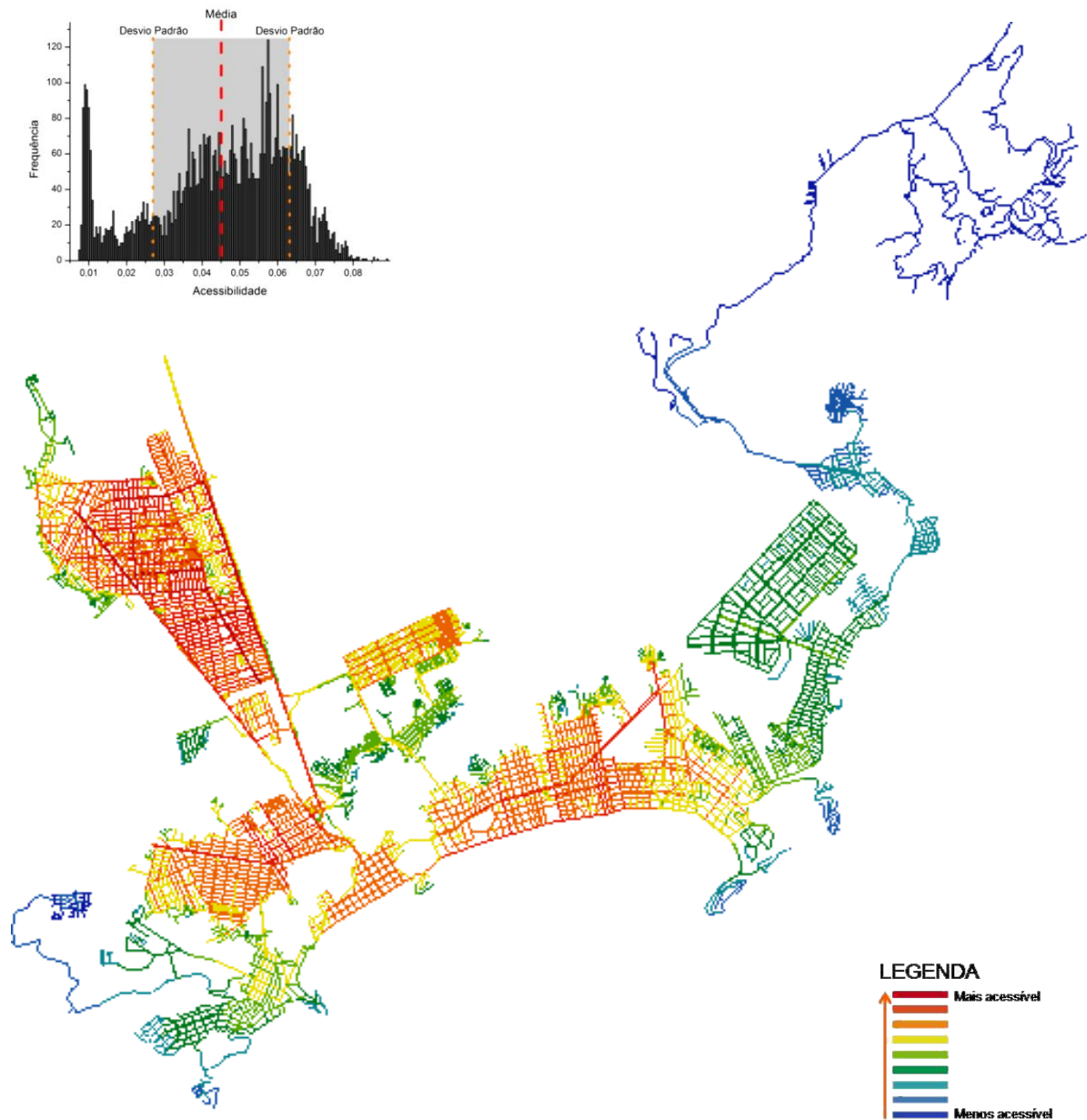
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 28: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: k) Governador Valadares - MG



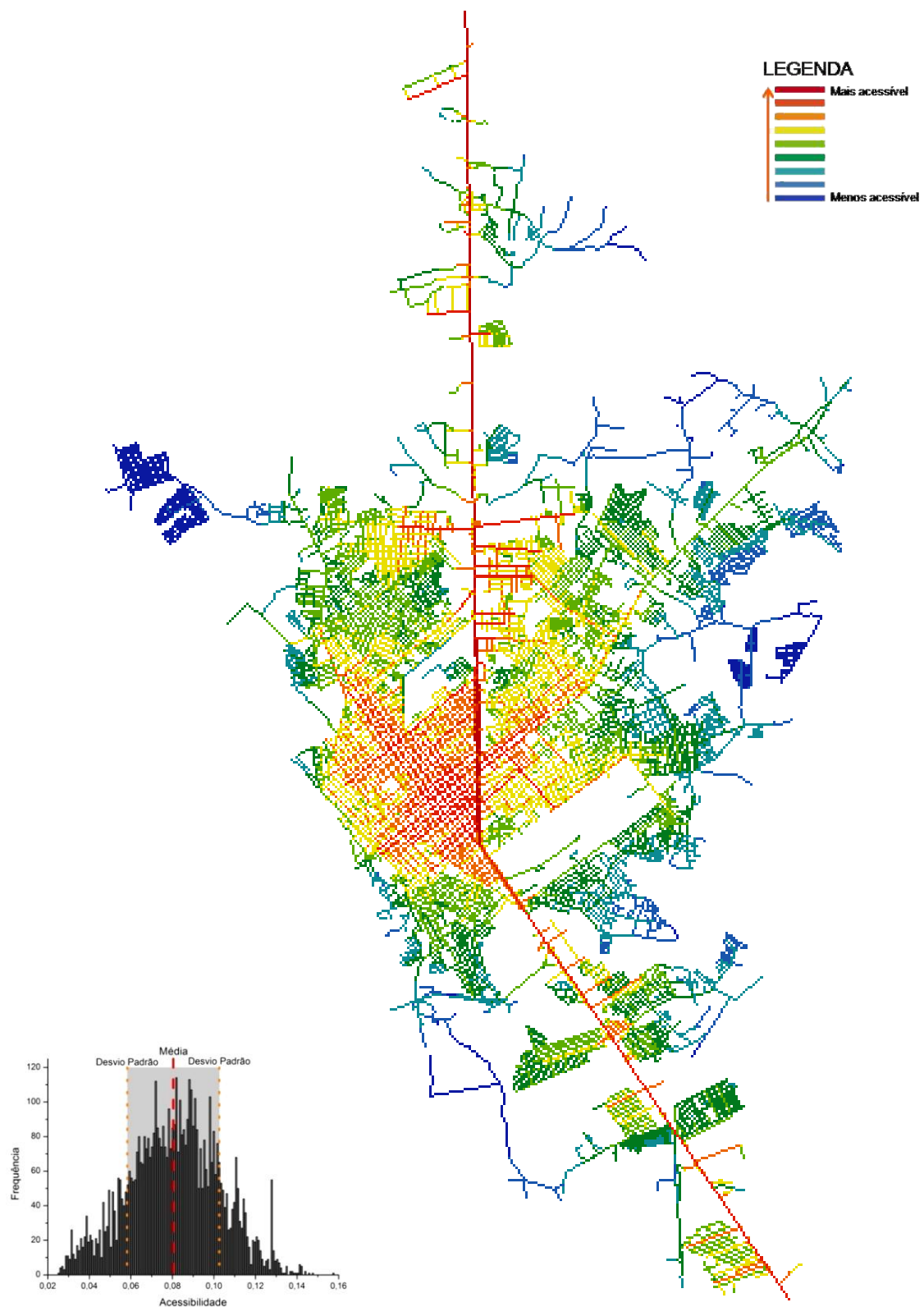
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 29: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: I) Guarujá - SP



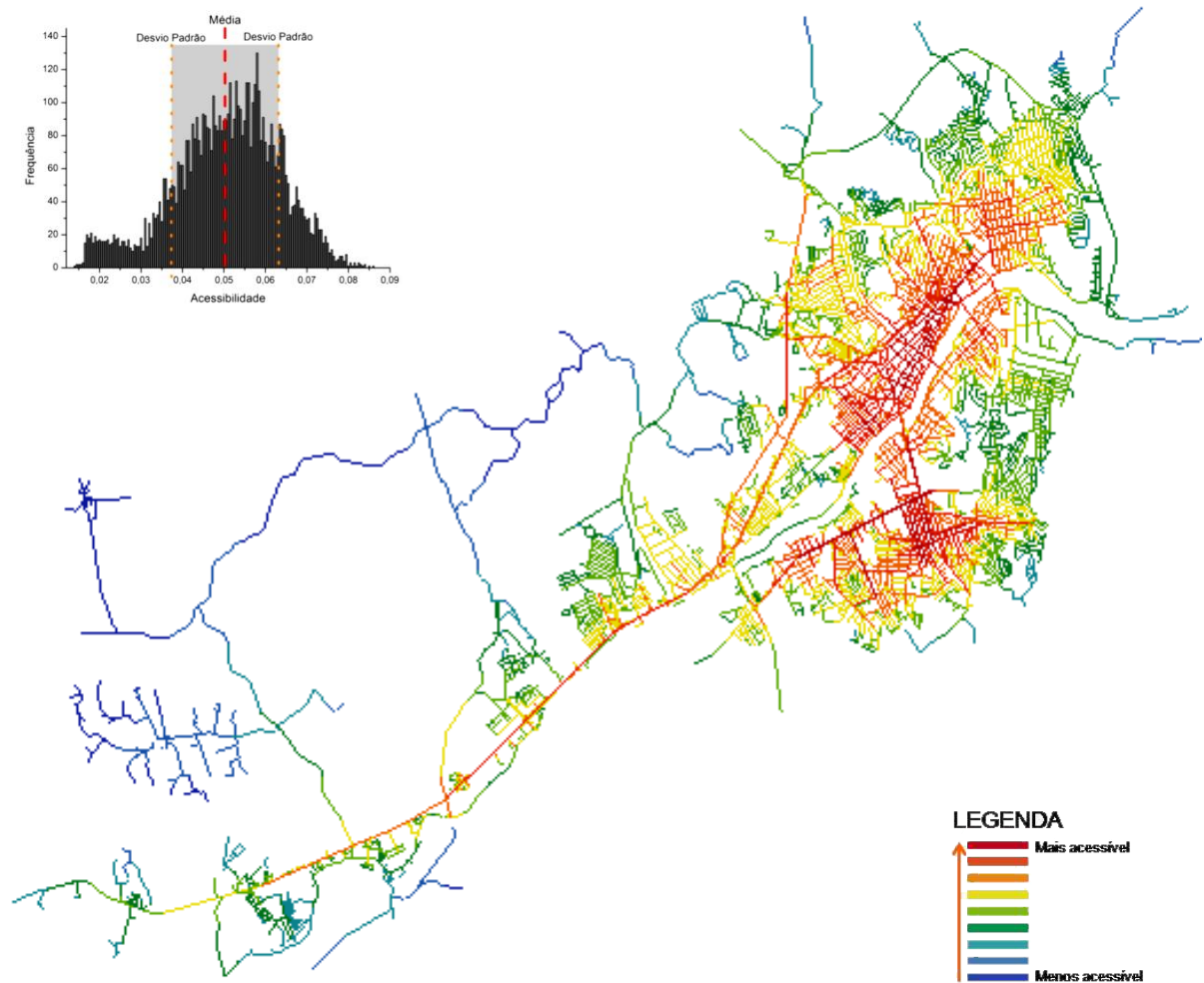
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 30: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: m) Imperatriz - MG



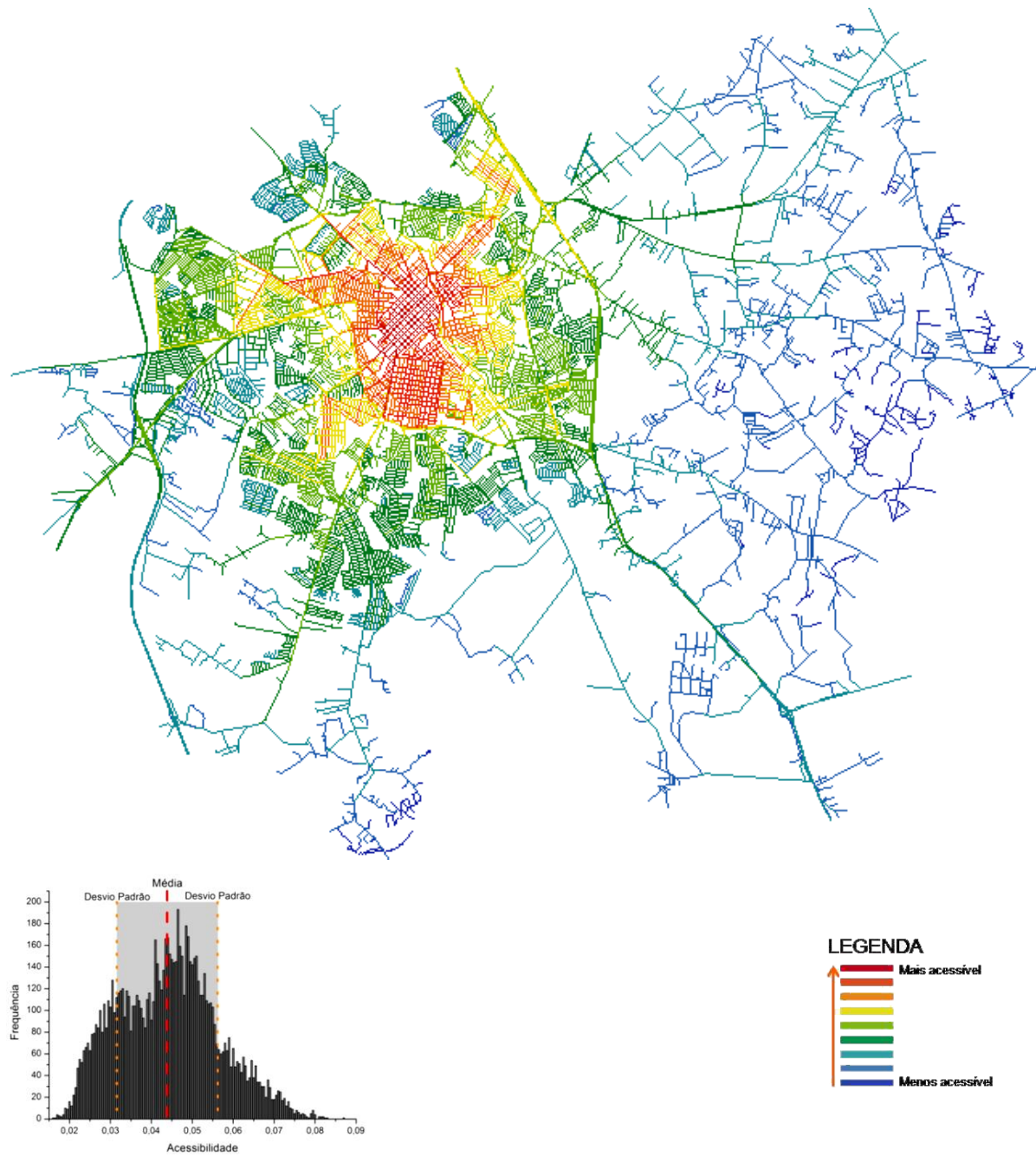
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 31: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: n) Itabuna - BA



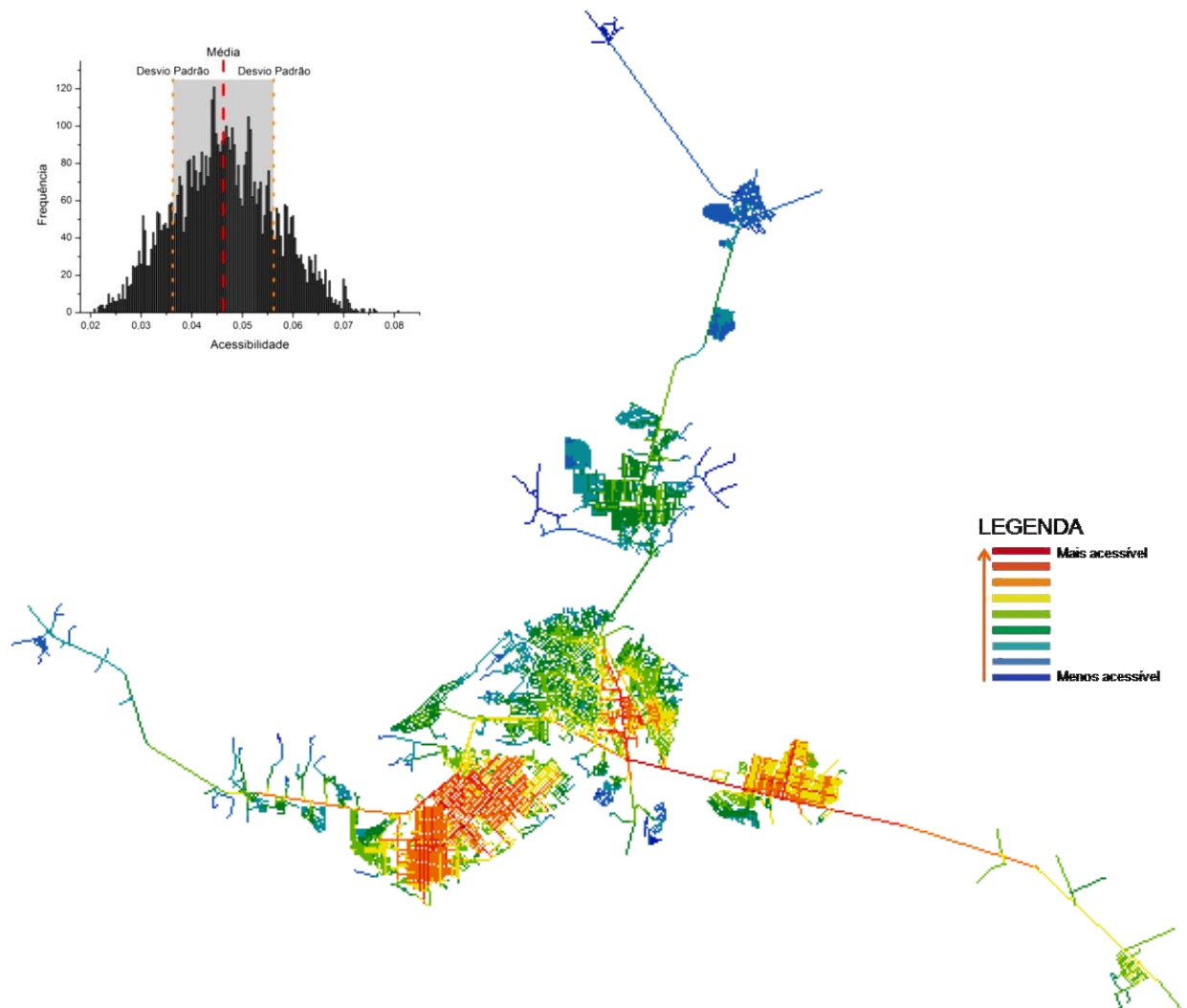
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 32: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: o) Limeira - SP



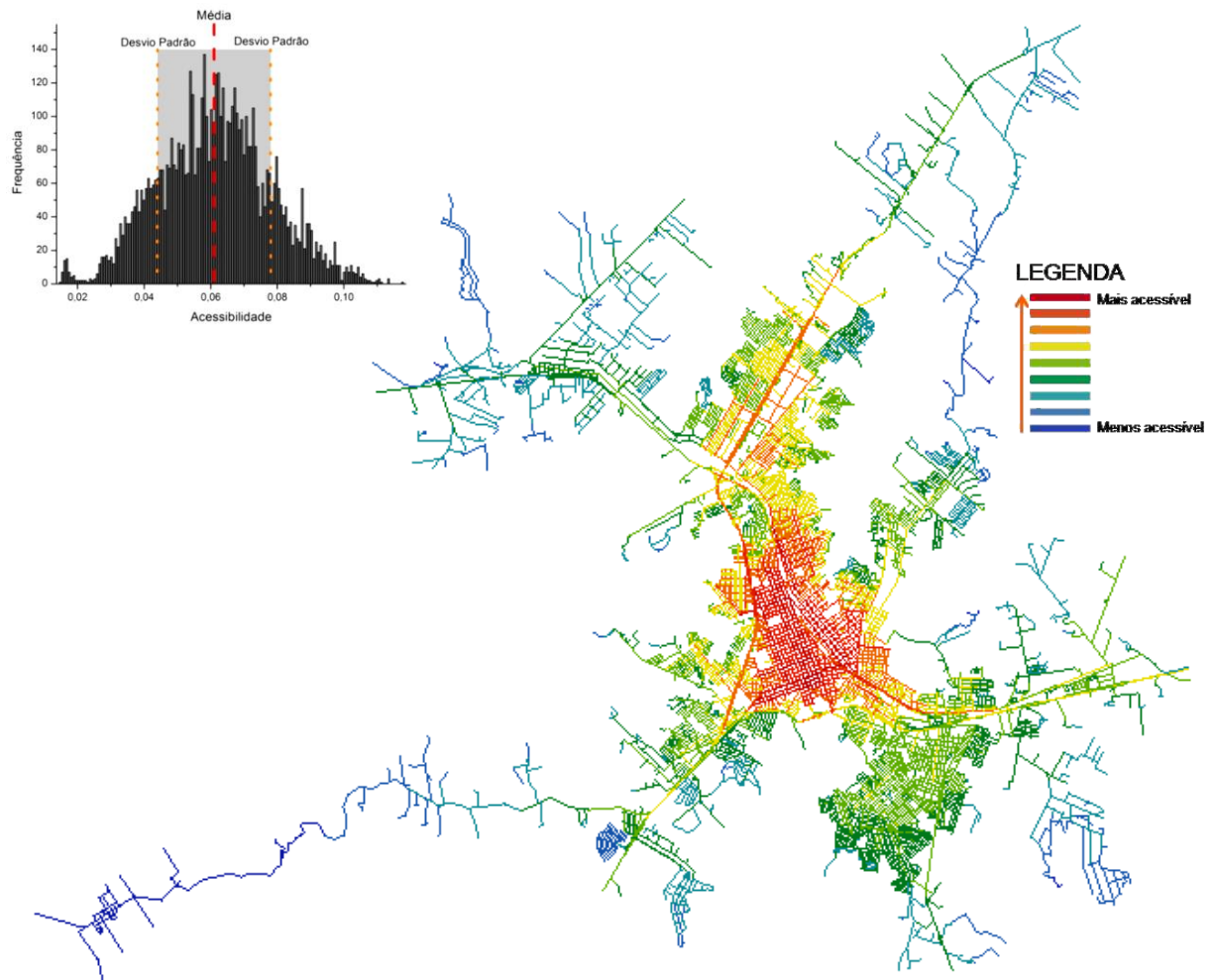
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 33: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: p) Marabá - PA



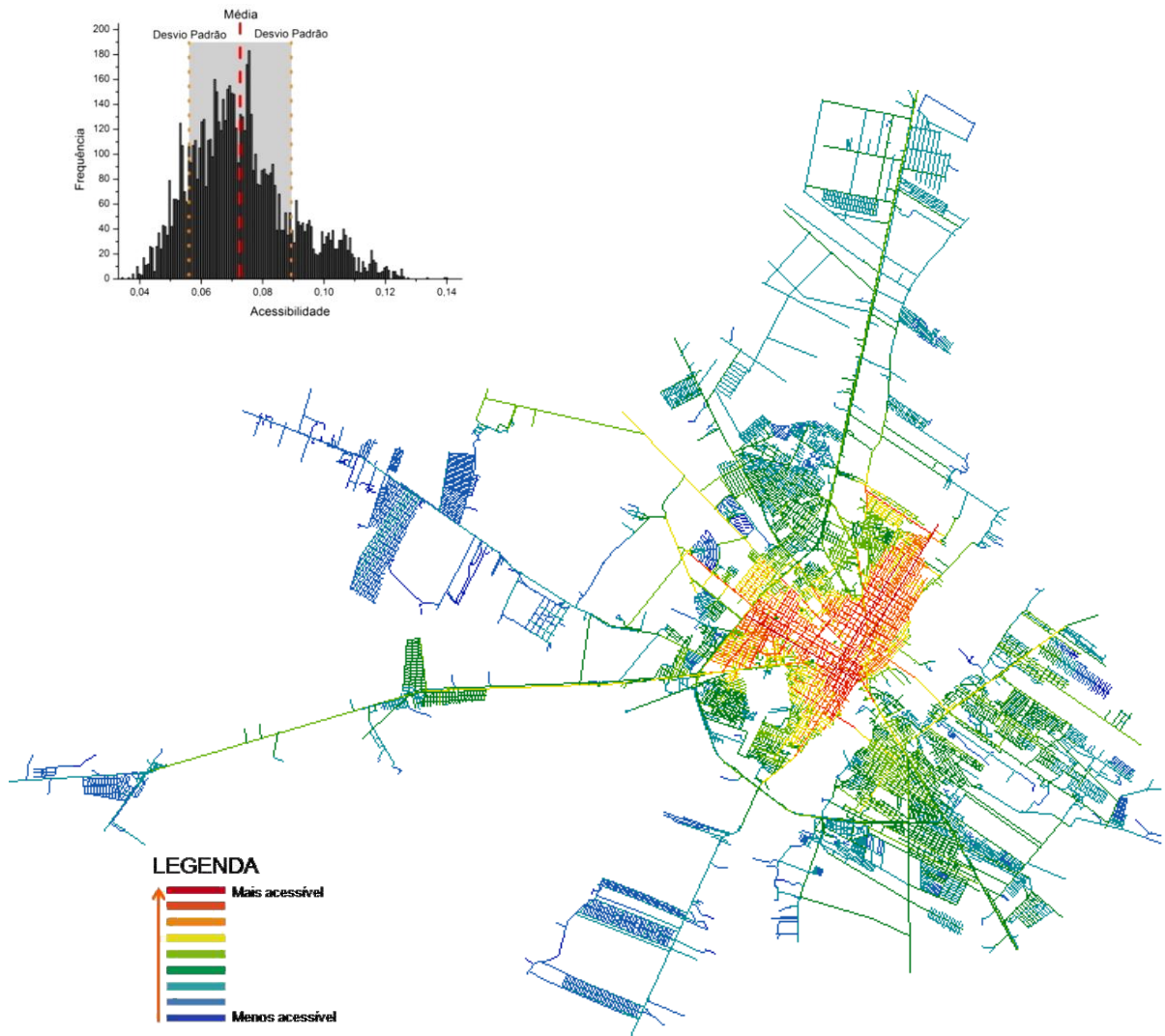
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 34: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: q) Marília - SP



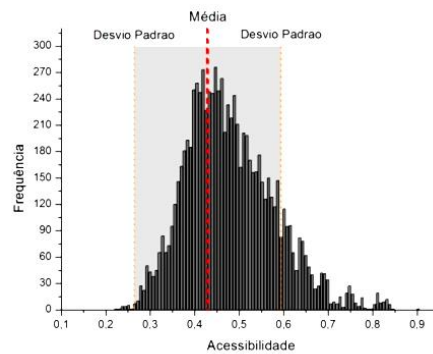
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 35: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: r) Mossoró - RN



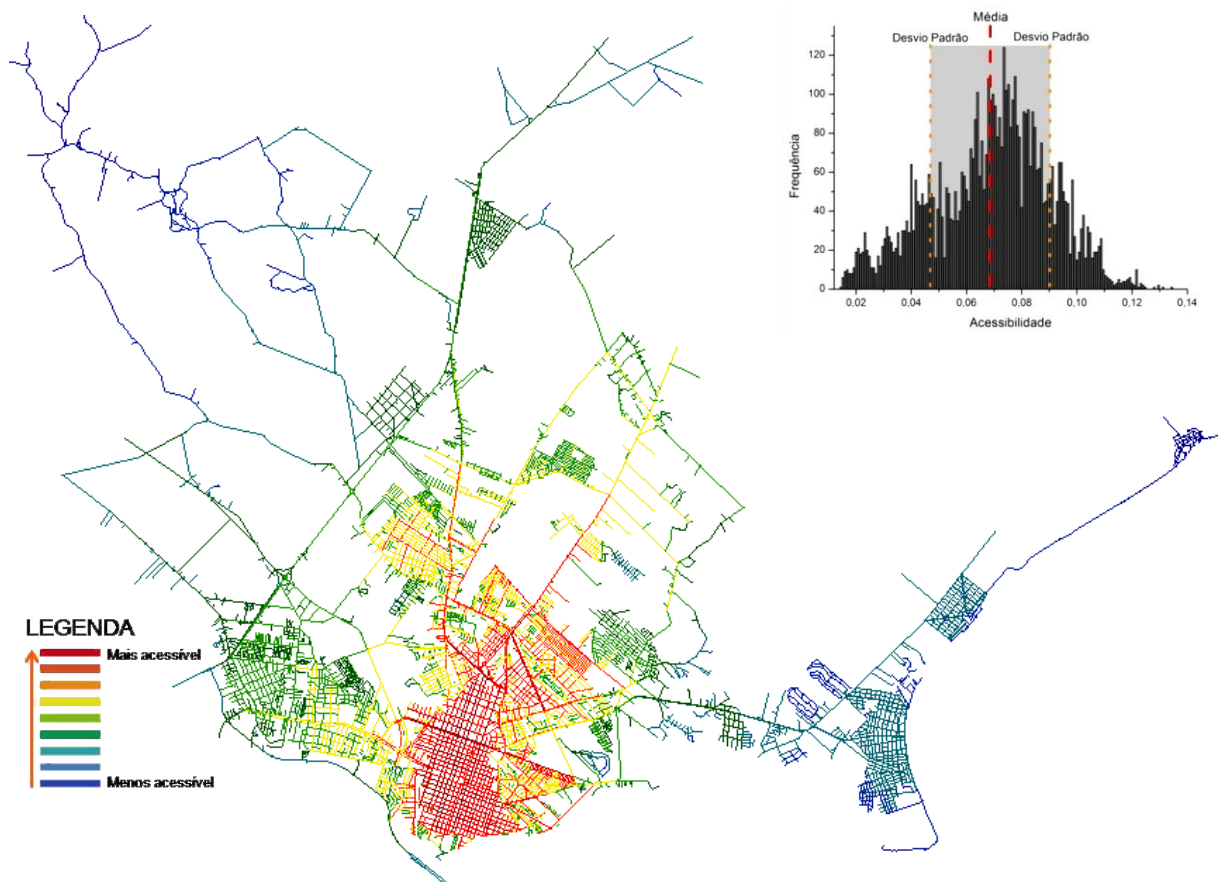
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 36: Histograma de frequência da medida de Acessibilidade das cidades em análise: s) Palmas - TO



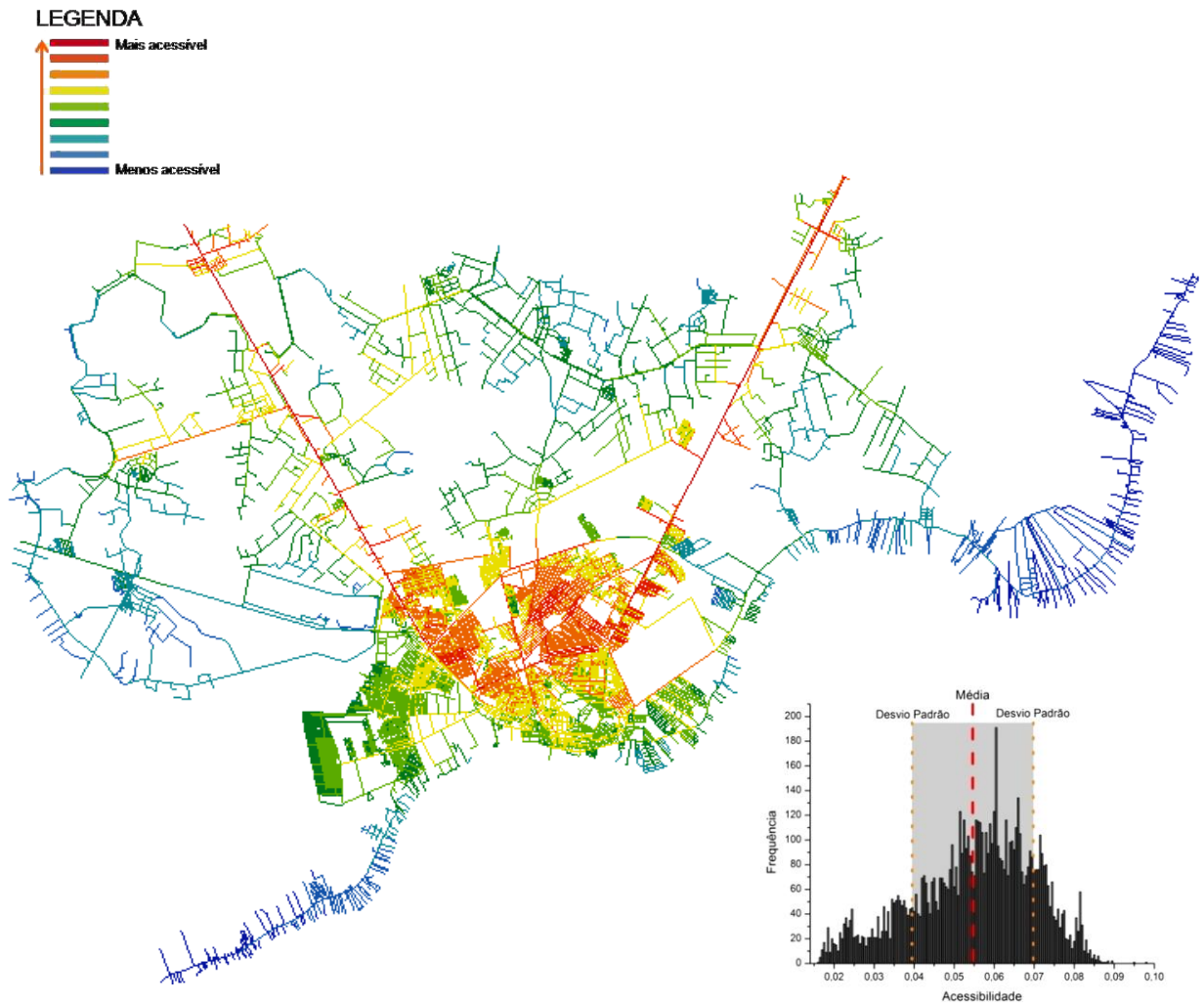
Legenda: dados, não normalizados, para o histograma retirados do software UrbanMetrics e analisados no software OriginPro 8.5.

Figura 37: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: t) Pelotas - RS



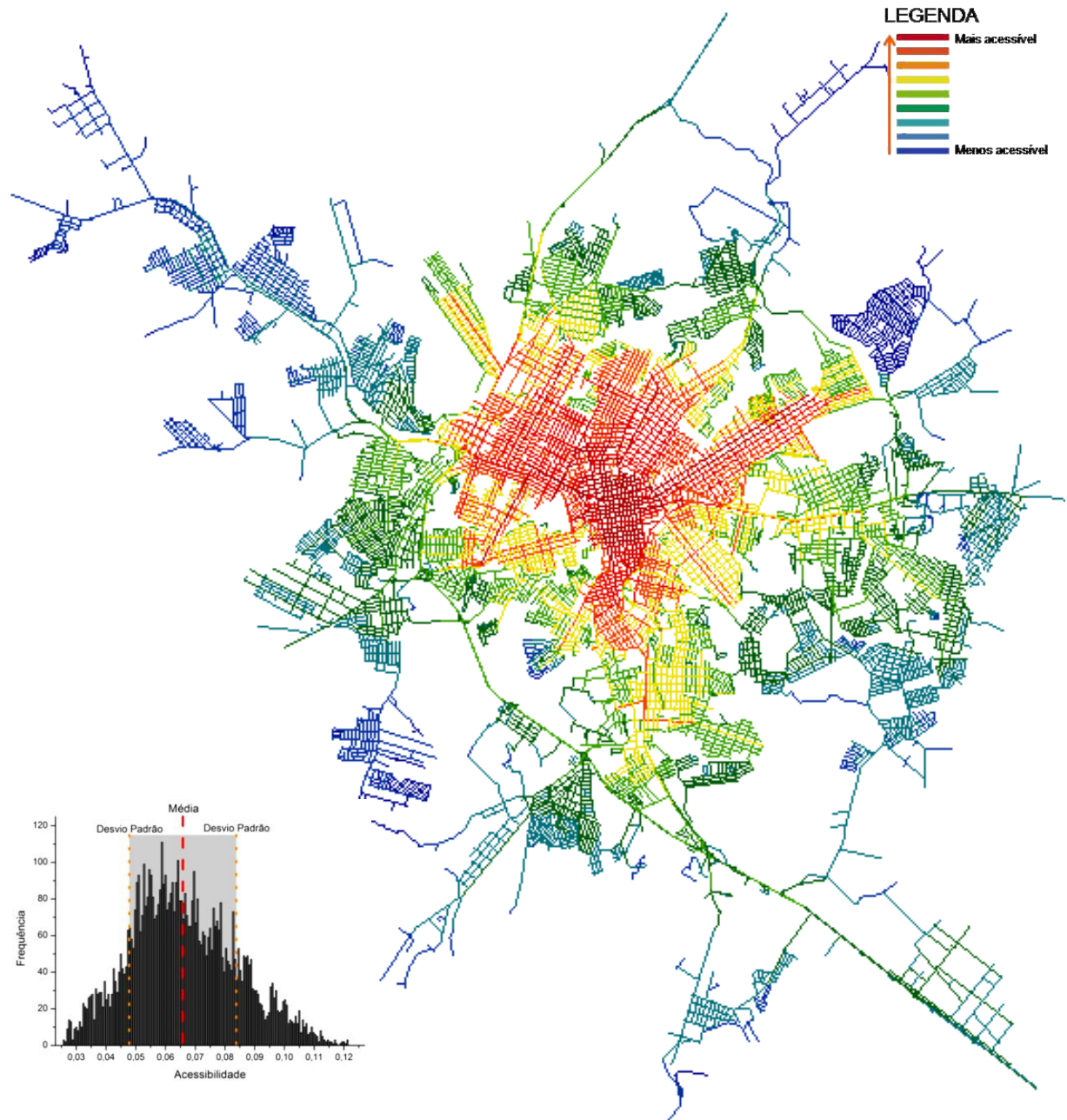
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 38: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: u) Petrolina - PE



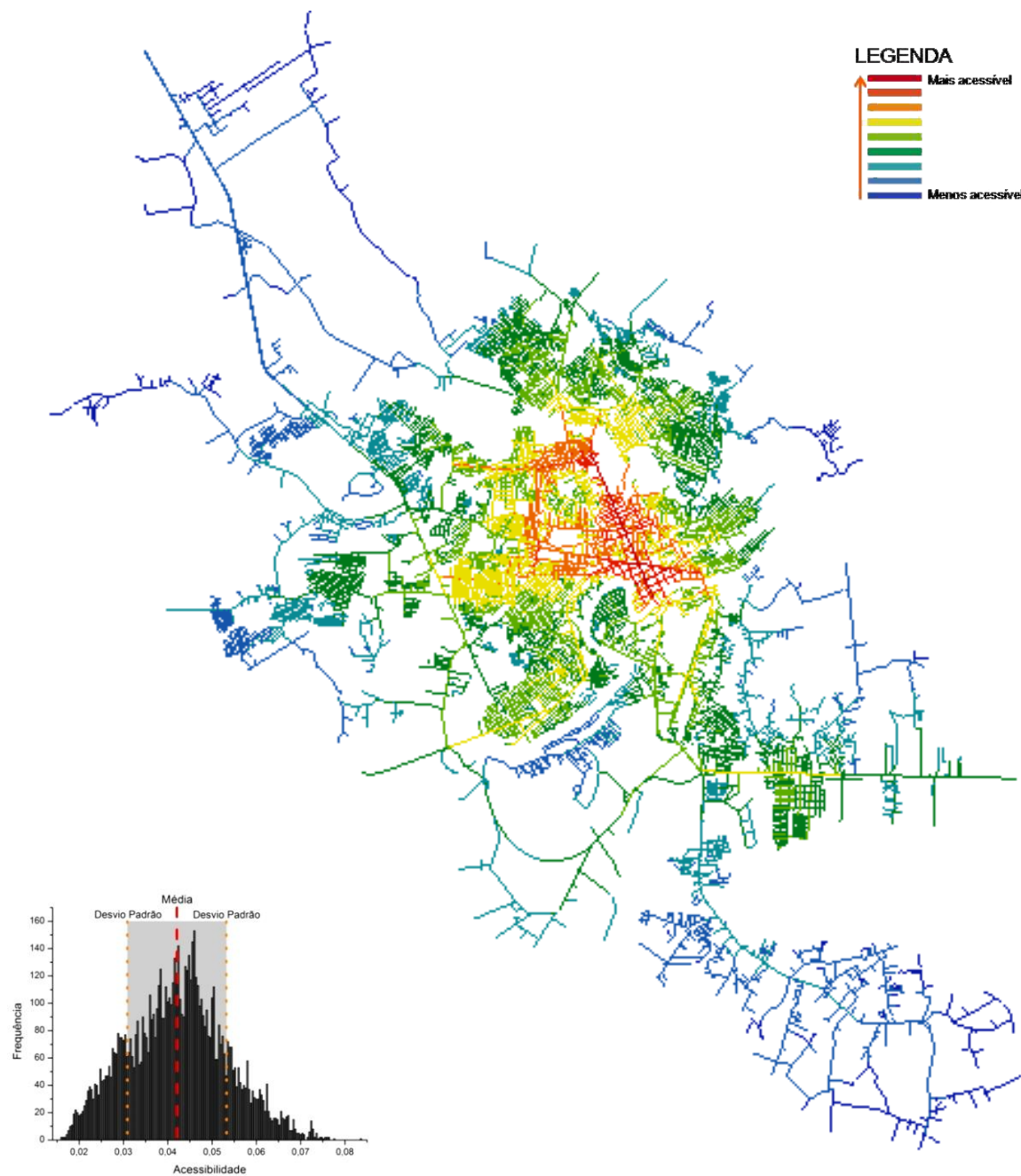
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 39: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: v) Ponta Grossa - PR



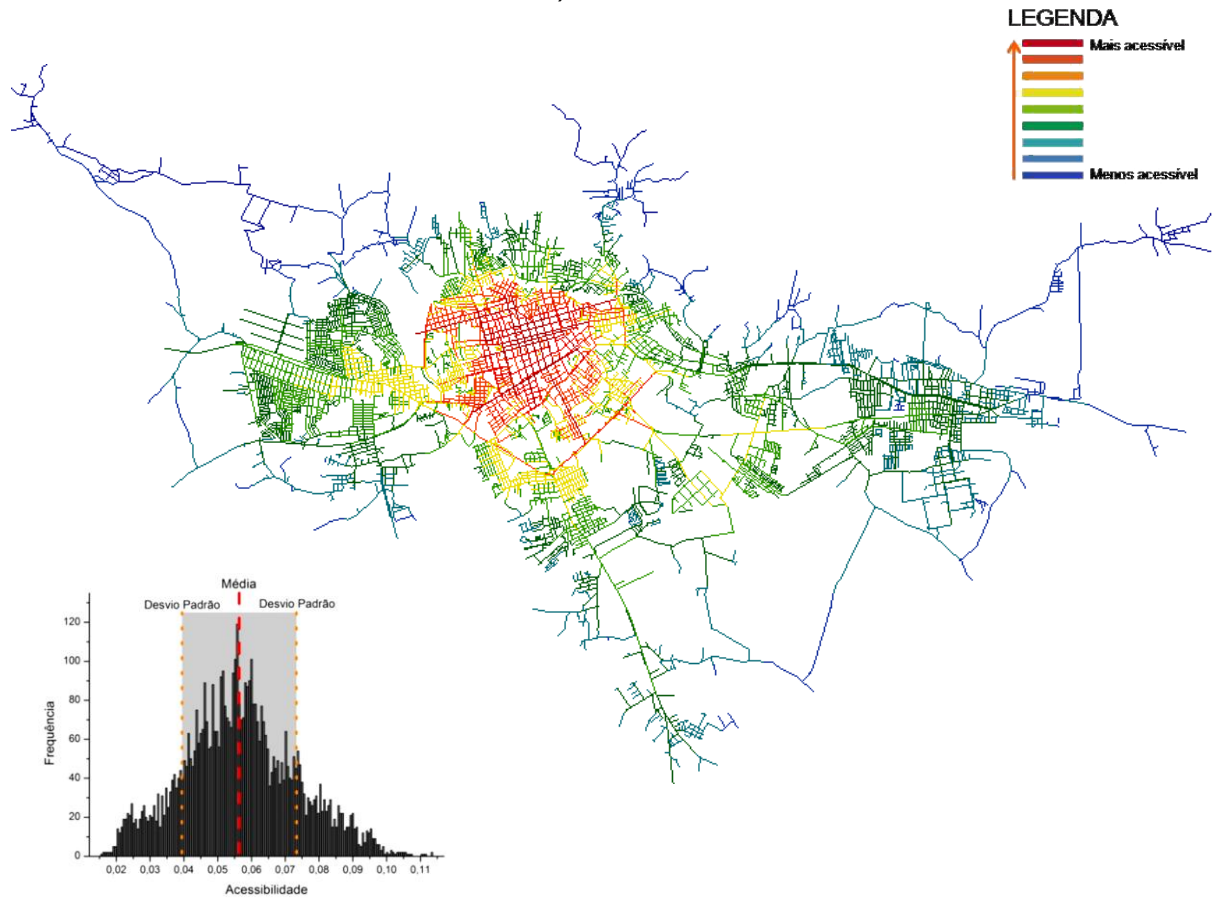
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 40: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: w) Rio Branco - AC



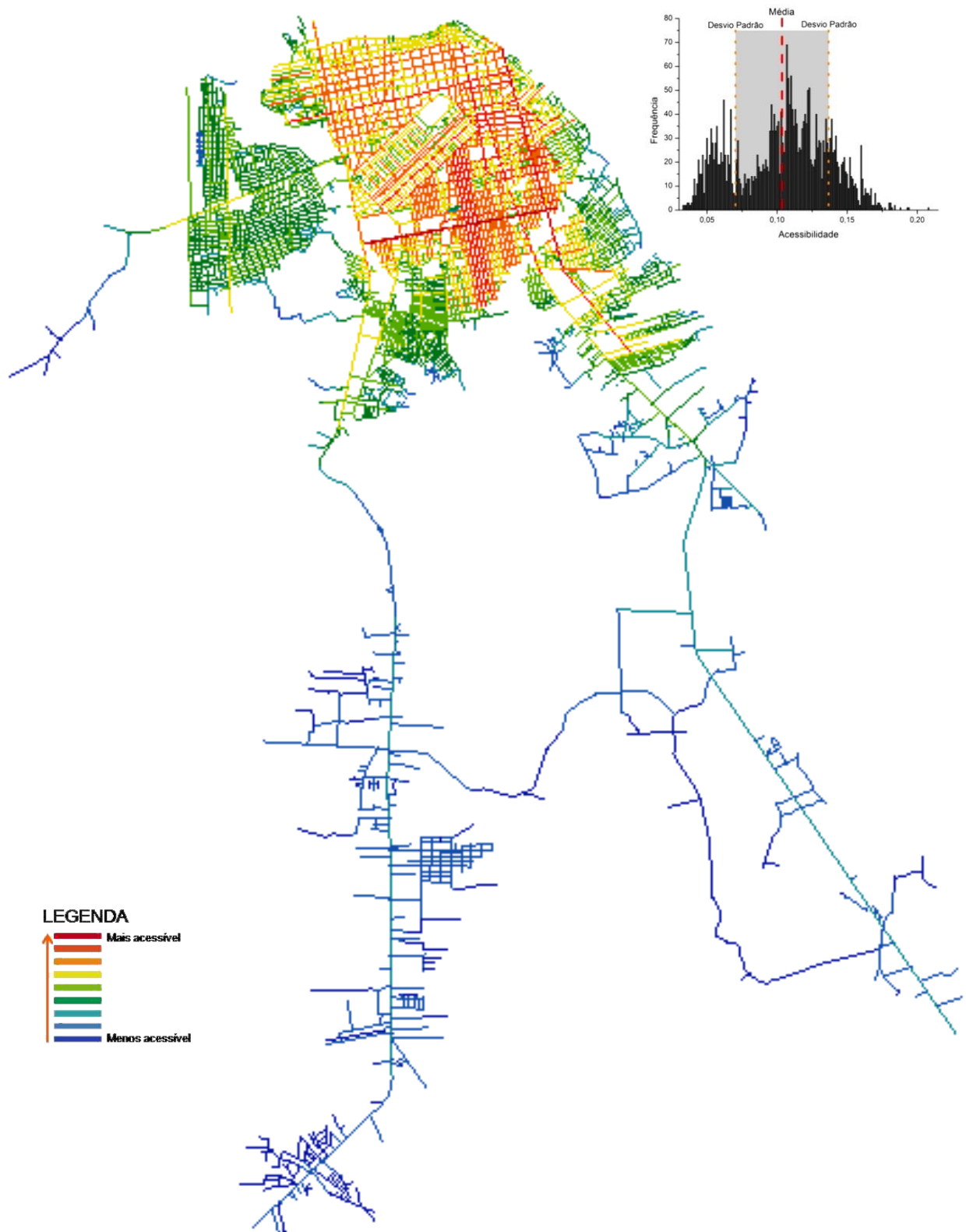
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 41: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: x) Santa Maria - RS



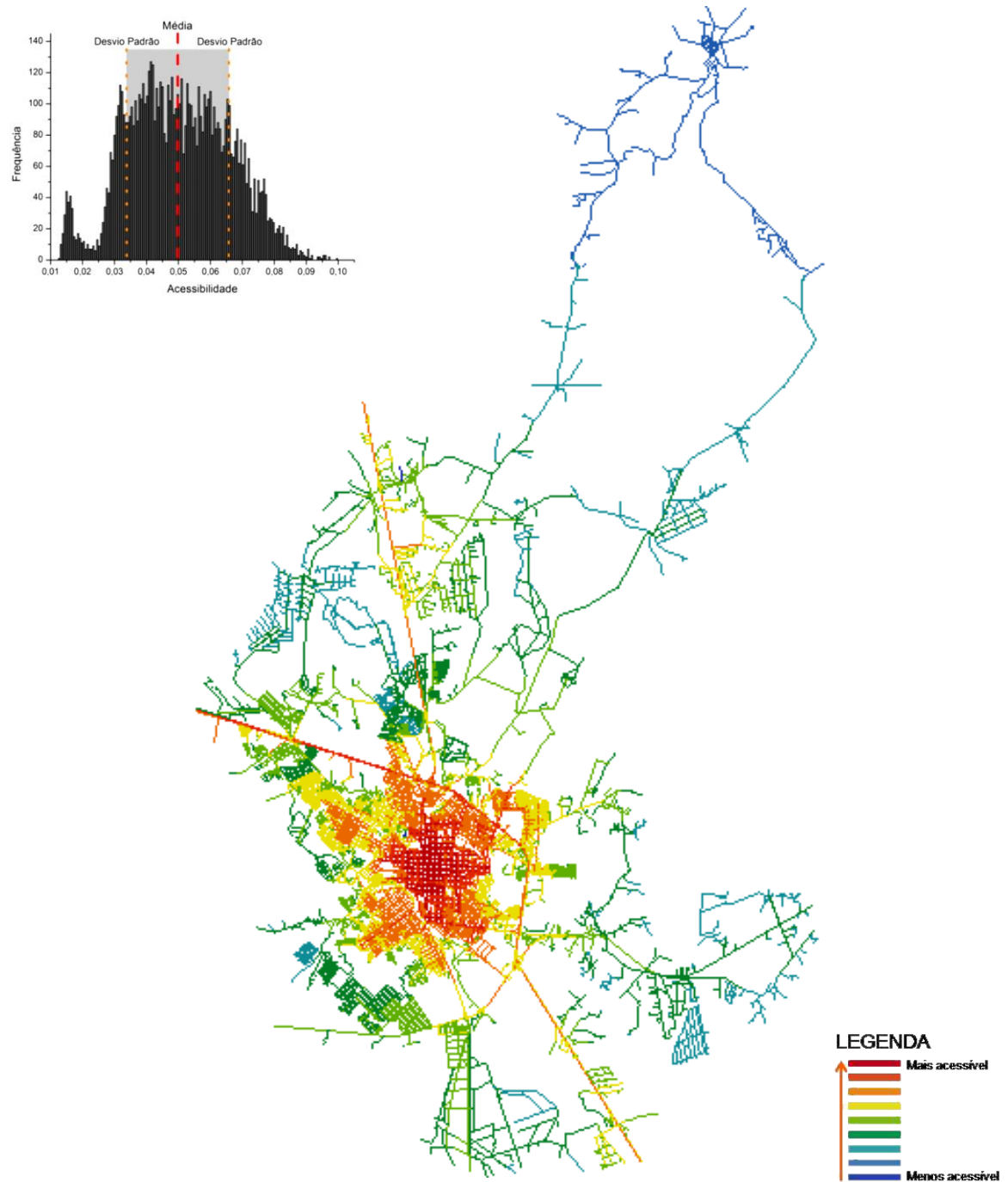
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 42: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: y) Santarém - PA



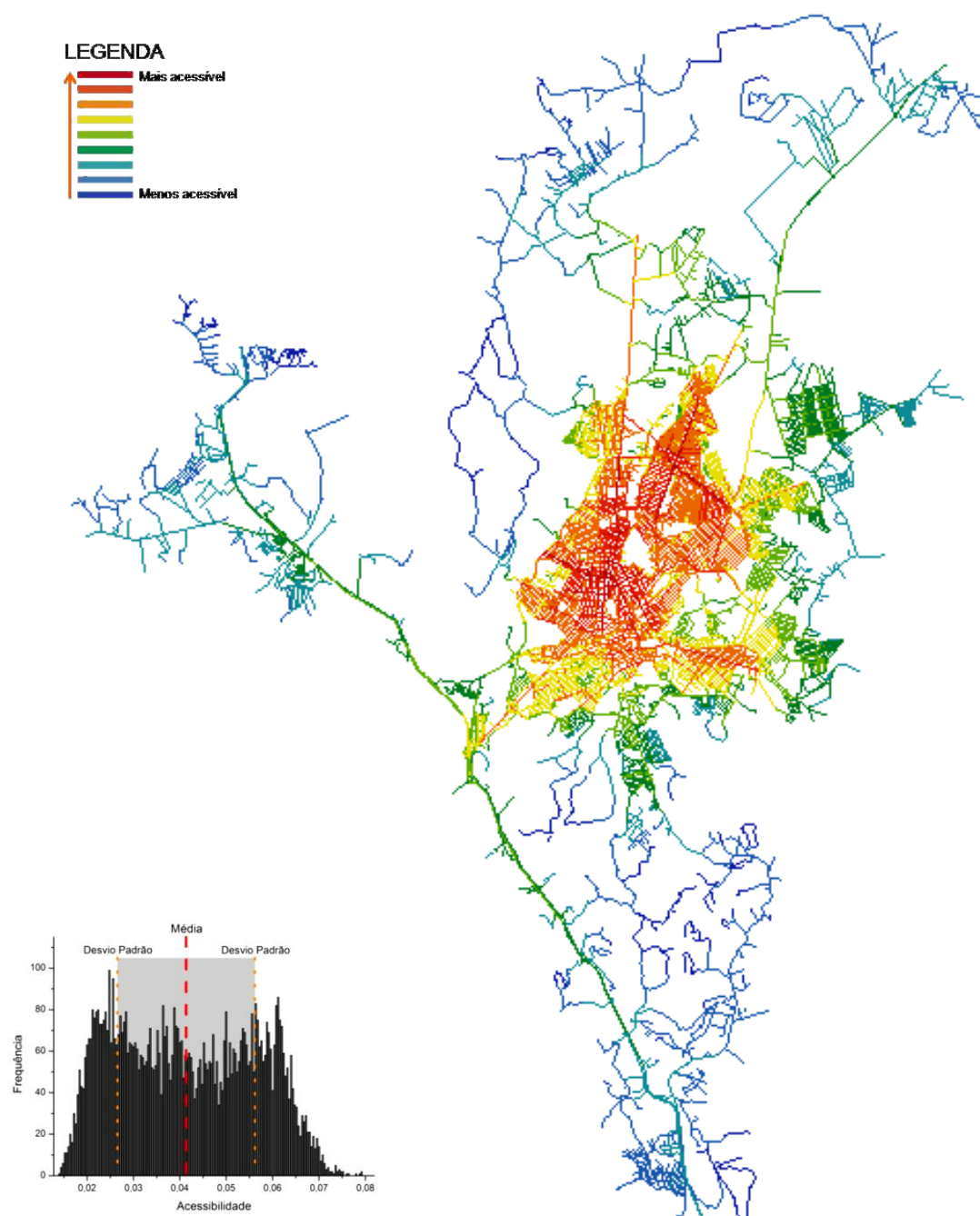
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 43: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: z) São Carlos - SP



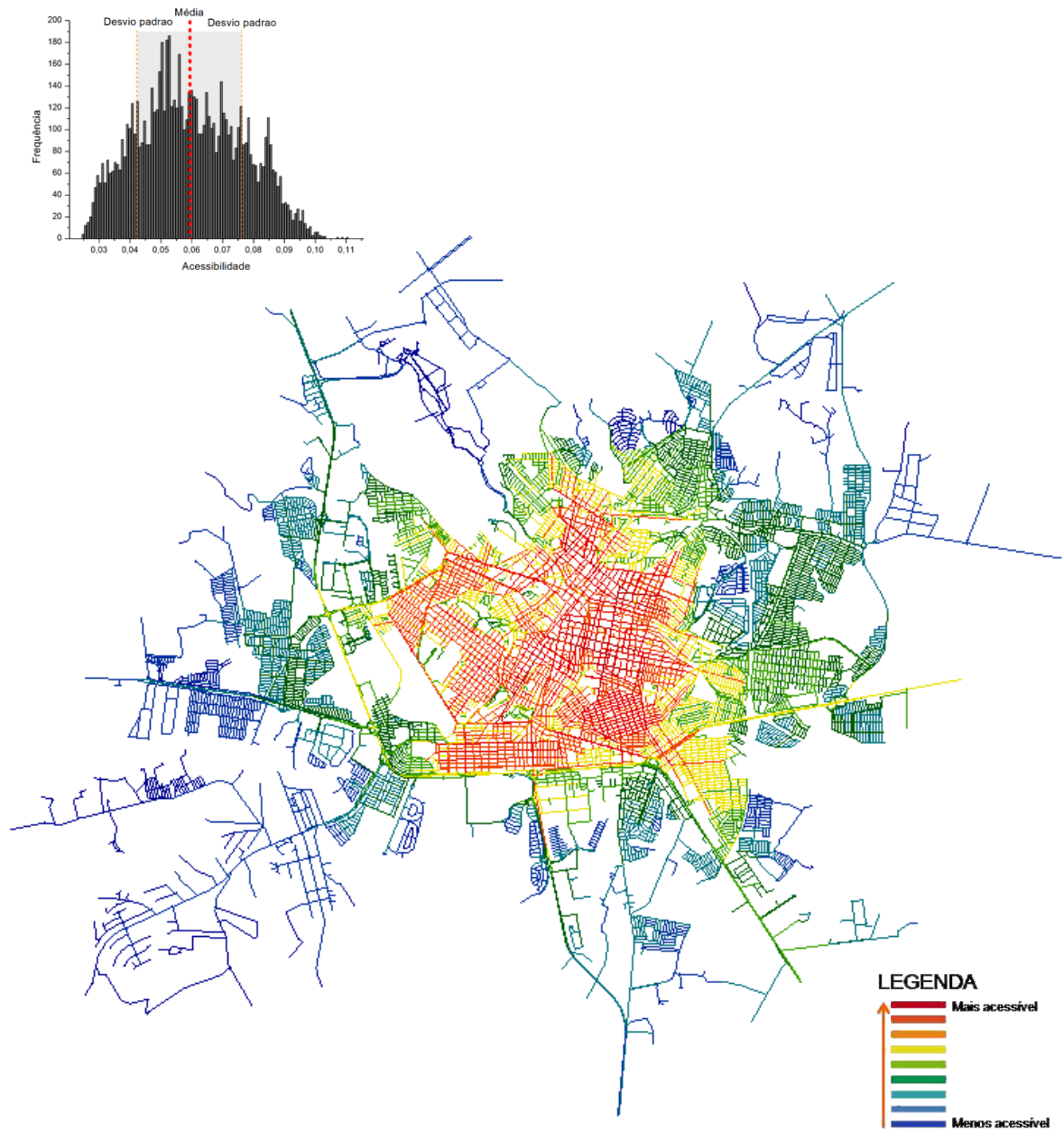
Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 44: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: aa) Sete Lagoas - MG



Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

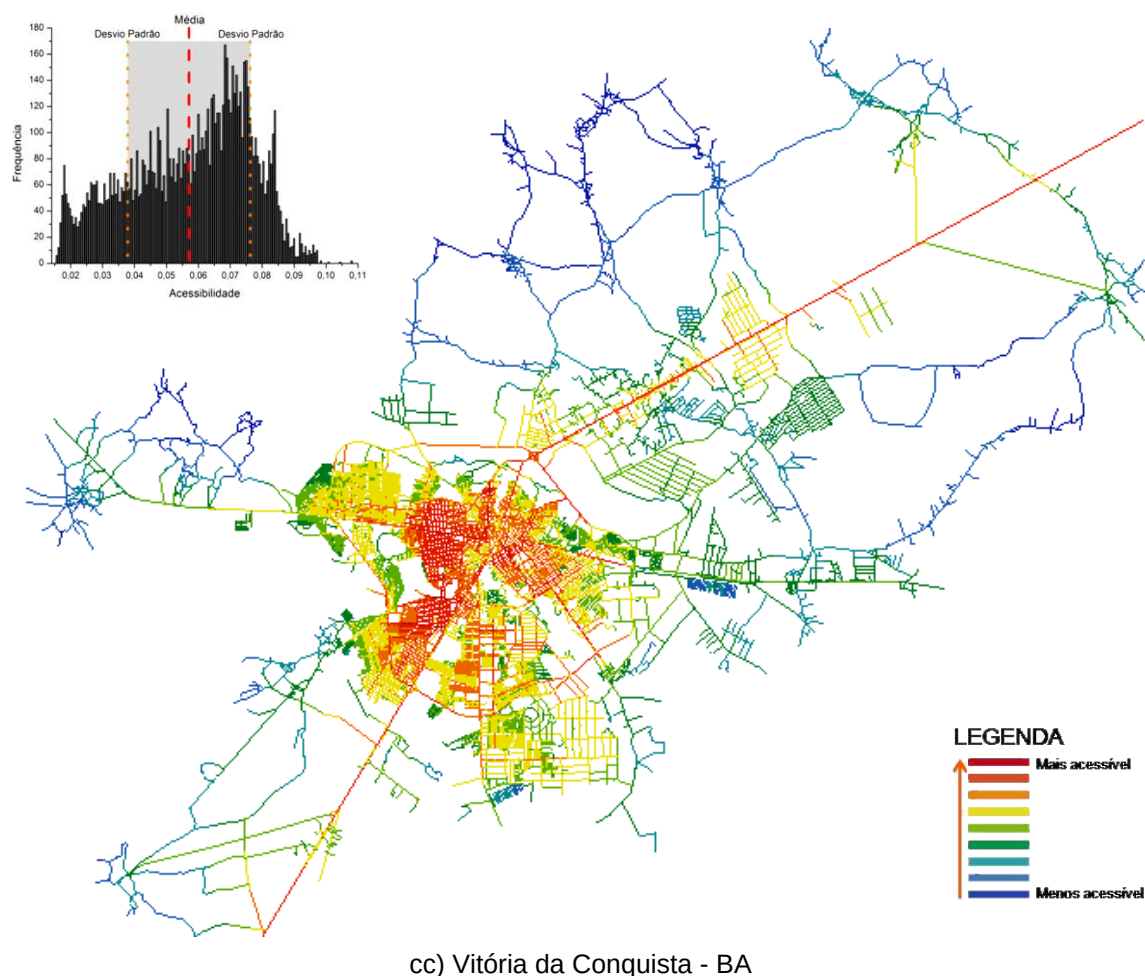
Figura 45: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: bb) Uberaba - MG



bb) Uberaba - MG

Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Figura 46: Histograma de frequência e padrão espacial da medida de Acessibilidade das cidades em análise: cc) Vitória da Conquista - BA



cc) Vitória da Conquista - BA

Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

3.2. ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE COM A COMPACIDADE DA FORMA URBANA

A análise de como a medida de Acessibilidade se relaciona com as características de compacidade da forma urbana se faz com base nos valores da média e desvio padrão da distribuição estatística da medida de Acessibilidade e nos três indicadores de compacidade.

A tabela a seguir apresenta os valores computados dos três indicadores de compacidade da forma urbana, conjuntamente com os descritores do padrão de distribuição da medida de Acessibilidade no sistema.

Tabela 5: Descrição da rede para a medida de Acessibilidade comparada à Compacidade Urbana

Cidades	Caracterização da forma urbana			Comportamento agregado da medida de Acessibilidade	
	Indicador de continuidade	Índice de Compacidade	Medida de Compacidade Urbana	Média	Desvio padrão
Anápolis - GO	0,11848	5,0287	14,4344	0,05778	0,01491
Arapiraca - AL	0,14218	2,4320	11,4942	0,06132	0,02134
Bauru - SP	0,13721	6,5651	13,0697	0,05922	0,01794
Boa Vista - RR	0,28604	3,2754	5,1389	0,10441	0,02457
Camaçari - BA	0,09934	4,9156	25,2662	0,03084	0,0067
Caruaru - PE	0,14882	6,1890	11,4504	0,06173	0,01385
Cascavel - PR	0,28719	3,6796	4,9862	0,10565	0,02517
Divinópolis - MG	0,08898	7,6081	24,5244	0,03865	0,01609
Foz do Iguaçu - PR	0,14889	4,5456	11,0665	0,06387	0,01823
Franca - SP	0,14215	6,1702	13,0613	0,05983	0,01832
Governador Valadares - MG	0,26549	9,9635	16,3702	0,04898	0,01669
Guarujá - SP	0,14616	7,4810	15,7936	0,04508	0,01808
Imperatriz - MA	0,19860	5,3093	9,0286	0,08043	0,02217
Itabuna - BA	0,13711	7,9728	15,8961	0,05026	0,0129
Limeira - SP	0,09713	4,8809	16,4788	0,04385	0,01234
Marabá - PA	0,21497	14,4523	16,4664	0,04624	0,00995
Marília - SP	0,17927	9,3316	13,0118	0,06098	0,01698
Mossoró - RN	0,19676	5,1840	10,3703	0,07266	0,01668
Palmas - TO	0,10577	6,4669	18,3564	0,04290	0,01658
Pelotas - RS	0,19527	3,7403	11,0554	0,06858	0,02166
Petrolina - PE	0,12604	5,4204	15,6702	0,05464	0,01515
Ponta Grossa - PR	0,15991	6,1545	11,0572	0,06582	0,01799
Rio Branco - AC	0,09694	8,5795	20,4106	0,04205	0,0112
Santa Maria - RS	0,13715	5,8403	15,2903	0,05637	0,01694
Santarém - PA	0,26572	4,5389	8,0392	0,10351	0,03324
São Carlos - SP	0,13708	5,2996	16,3565	0,04977	0,01603
Sete Lagoas - MG	0,10220	6,7071	23,6600	0,04136	0,01483
Uberaba - MG	0,11733	6,8851	13,9926	0,05920	0,01691
Vitória da Conquista - BA	0,13719	3,3452	14,7707	0,05706	0,0192

Dados retirados das tabelas anteriores calculadas e do *software* OriginPro 8.5.

A primeira análise da relação entre Acessibilidade e compactidade da forma urbana é realizada com base no valor da média da Acessibilidade para o sistema e os três indicadores de compactidade.

O gráfico da correlação entre a média da Acessibilidade e cada um dos descritores da compactidade da forma urbana utilizados, assim como a linha de ajuste da correlação estão representadas graficamente nas figuras 47 e 48:

Figura 47: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade

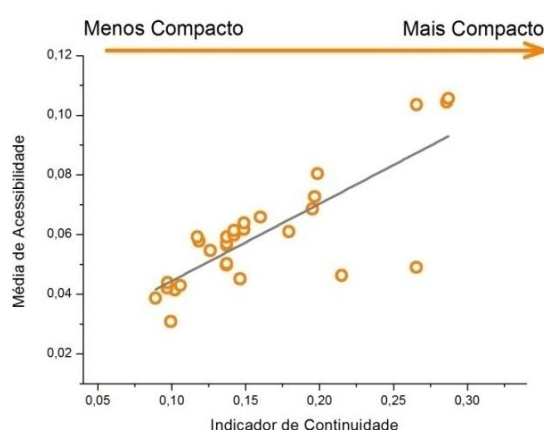


Gráfico elaborado no software OriginPro 8.5.

Figura 48: Gráficos de correlação entre a Média de Acessibilidade e: (a) o Índice de Compactidade e (b) a Medida de Compactidade Urbana

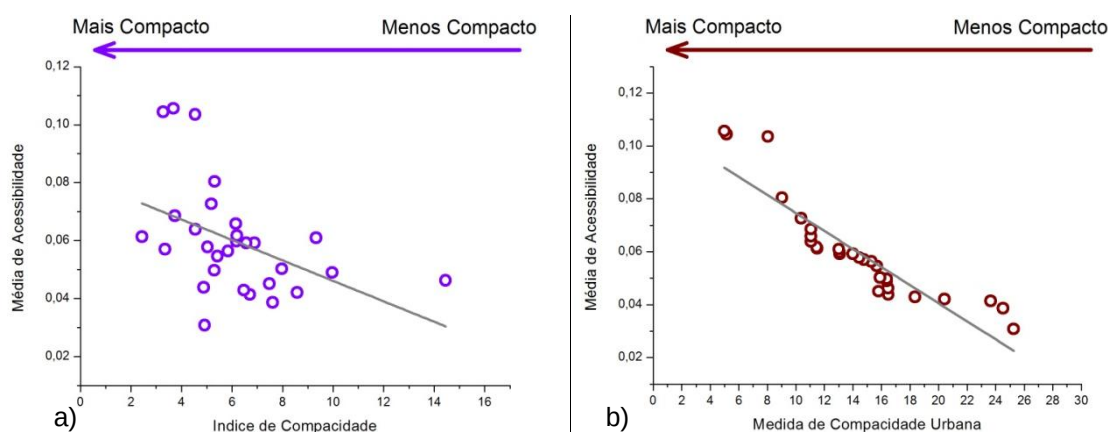


Gráfico elaborado no software OriginPro 8.5.

Os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) para o Indicador de Continuidade, o Índice de Compactidade e a Medida de Compactidade Urbana são, respectivamente: $+0,7923$; $-0,4505$ e $-0,9026$. Isso indica que a primeira medida possui uma correlação *forte*, enquanto que a segunda possui uma

correlação *moderada* e a terceira uma correlação *muito forte* com a média de acessibilidade.

O intervalo de confiança dos parâmetros ρ está definido ao nível de: 0,01; 0,05 e 0,01, respectivamente. Estimando que a correlação linear entre a medida de acessibilidade e o Indicador de Continuidade e a Medida de Compacidade Urbana é 99% significativa, isso indica que provavelmente essa associação não acontece ocasionalmente. Já para o Índice de Compacidade há 95% de probabilidade.

Os valores do coeficiente de determinação (R^2) determinam o quanto a linha de ajuste consegue explicar os valores da amostra. Esses valores para o Indicador de Continuidade, o Índice de Compacidade e a Medida de Compacidade Urbana são, respectivamente: 0,628; 0,203 e 0,815. Indicando que as medidas estudadas possuem um ajuste da sua regressão linear em 62,8%, 20,3% e 81,5%, respectivamente.

No Índice de Compacidade, que desconsidera os vazios urbanos, a correlação linear é *moderada* e o ajuste do modelo é relativamente baixo, em torno de 20%. A diferença dessa medida e a Medida de Compacidade Urbana, que obteve a maior correlação e ajuste da reta, são os vazios urbanos.

Por isso, deduz-se que os vazios urbanos influenciam em como a medida de Acessibilidade se distribui no sistema. Pode-se inferir que os vazios urbanos causam descontinuidades no sistema que afetam diretamente a medida de Acessibilidade, tornando a cidade mais ou menos acessível como um todo. É claro que a medida de Acessibilidade aqui apresentada não leva em consideração outros fatores intra e extra-urbanos (como pavimentação, topografia, etc) que podem afetar diretamente a acessibilidade. Essa quebra da continuidade do sistema pode ser explicada porque os vazios urbanos funcionam como "buracos" dentro da malha urbana.

A Medida de Compacidade Urbana, adaptada do Índice de Compacidade e criada neste estudo, possui uma correlação linear *muito forte* e um ajuste de 81,5% do modelo. O Indicador de Continuidade sugere uma correlação linear *forte* e possui um ajuste de 62,8% do modelo, por conseguinte, percebe-se que a Medida de Compacidade Urbana é a que consegue captar, dentre as três medidas estudadas, melhor as relações existentes entre a forma urbana e a medida de acessibilidade. Ainda, através dela é possível inferir que os vazios urbanos também afetam o sistema urbano, tornando-o mais ou menos acessível globalmente.

A Medida de Compacidade Urbana e o Indicador de Continuidade obtiveram os melhores encaixes e, dentre os três, são os indicadores que levam em consideração os vazios urbanos, sugerindo que a presença de vazios urbanos, dentro das dimensões empregadas neste trabalho, é capaz de influenciar no modo como a Acessibilidade se distribui no sistema urbano.

Os resultados obtidos apontam para uma correlação linear entre as duas variáveis no sentido de que quanto mais compacta ou menos fragmentada a cidade, maior a sua Acessibilidade média, isto é, o sistema como um todo é mais acessível. Assim, pode-se colocar que a descrição agregada da Acessibilidade por meio de sua média é capaz de refletir o nível de compacidade da forma urbana.

A segunda análise da relação entre Acessibilidade e compacidade da forma urbana é realizada com base nos valores do desvio padrão da Acessibilidade e os três indicadores de compacidade. O intuito desta análise é conferir se a variável compacidade também é capaz de interferir na maior ou menor homogeneização dos valores de Acessibilidade, fazendo com que esses se concentrem mais ou menos junto à média do sistema.

A correlação entre o desvio padrão da Acessibilidade e cada um dos indicadores da compacidade da forma urbana utilizados, como também a linha de ajuste da correlação linear estão demonstradas graficamente nas figuras 49 e 50 a seguir:

Figura 49: Gráfico de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade

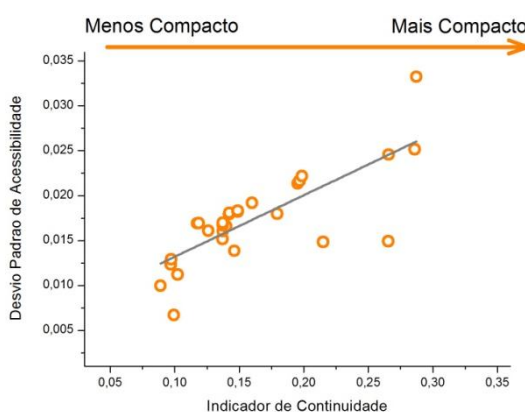


Gráfico elaborado no *software* OriginPro 8.5.

Figura 50: Gráficos de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e: (a) o Índice de Compacidade e (b) a Medida de Compacidade Urbana

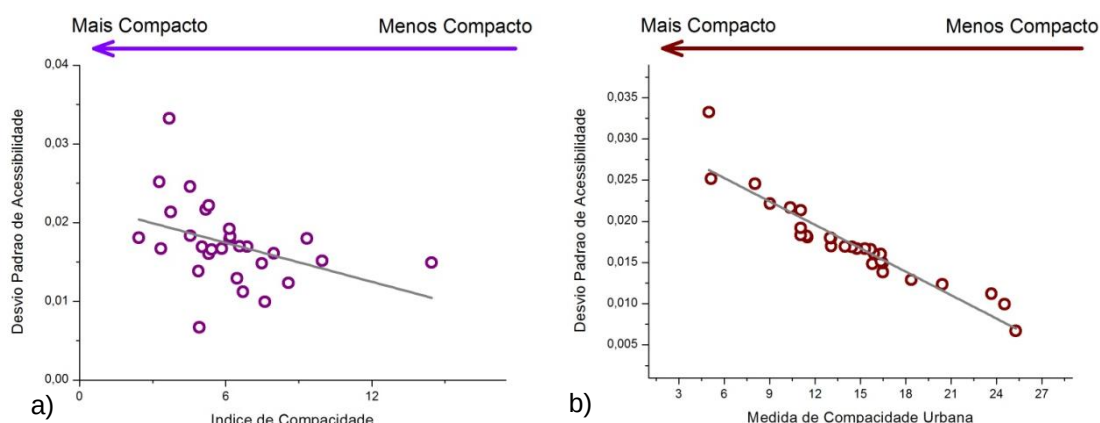


Gráfico elaborado no software OriginPro 8.5.

Os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson para o Indicador de Continuidade, o Índice de Compacidade e a Medida de Compacidade Urbana são, respectivamente: +0,7714; -0,3936 e -0,9365. Indicando que a primeira medida possui uma correlação *forte*, enquanto que a segunda possui uma correlação *fraca* e a terceira uma correlação *muito forte* com o desvio padrão de acessibilidade.

Ao se comparar com a análise da média, verifica-se que o Indicador de continuidade e o Índice de compacidade possuem valores abaixo da análise anterior, porém a Medida de Compacidade Urbana possui uma correlação ainda mais alta com o desvio padrão de Acessibilidade do que a média.

Quanto ao intervalo de confiança dos parâmetros ρ têm-se os valores ao nível de: 0,01; 0,05 e 0,01, respectivamente. Indicando que há 99% de confiabilidade da correlação linear entre a medida de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade e a Medida de Compacidade Urbana e 95 % para o Índice de Compacidade.

Os valores do R^2 ajustado para o Indicador de Continuidade, o Índice de Compacidade e a Medida de Compacidade Urbana são, respectivamente: 0,595; 0,155 e 0,869. Isso significa que as medidas estudadas possuem um ajuste da sua regressão linear em 59,5%, 15,5% e 86,9%, respectivamente.

Dessa forma, verifica-se, novamente, que os vazios urbanos têm papel importante para descrever a maneira como a forma da cidade influencia o modo de distribuição da medida de acessibilidade, pois as duas medidas com melhores correlações são as que consideram os vazios urbanos.

A Medida de Compacidade Urbana possui correlação linear *muito forte* com o desvio padrão da Acessibilidade e um ajuste de 86,9%, ambos os coeficientes maiores do que com a média. Assim como, o Indicador de continuidade demonstra essa *forte* relação, contudo não tão acentuada quanto com a média de acessibilidade.

Por fim, infere-se que a maior ou menor homogeneização da medida de Acessibilidade no sistema, ou seja, um maior ou menor valor do desvio padrão está sendo influenciado pelas características de compacidade da forma urbana.

3.2.1. Compreensões sobre as medidas de compacidade da forma urbanizada

A Medida de Compacidade Urbana possui uma correlação linear *muito forte* ($r \geq \pm 0,80$) com a medida de Acessibilidade, com 99% de confiabilidade de relação entre as variáveis. Além disso, os ajustes da reta do modelo estão acima de 80%. Portanto, a medida descreve significativamente as relações existentes entre a medida de Acessibilidade e a Medida de Compacidade Urbana.

Quanto ao Índice de Compacidade, considera-se que a medida não consegue captar possíveis relações com a medida de acessibilidade, pois essa medida possui correlação linear de *fraca a moderada* ($r \leq \pm 0,40$) e ajustes da reta do modelo abaixo de 25%. Além disso, como a Medida de Compacidade Urbana é uma adaptação do Índice de Compacidade nota-se que a medida só não consegue captar as relações existentes entre a forma urbana e a medida de acessibilidade porque não utiliza os vazios urbanos.

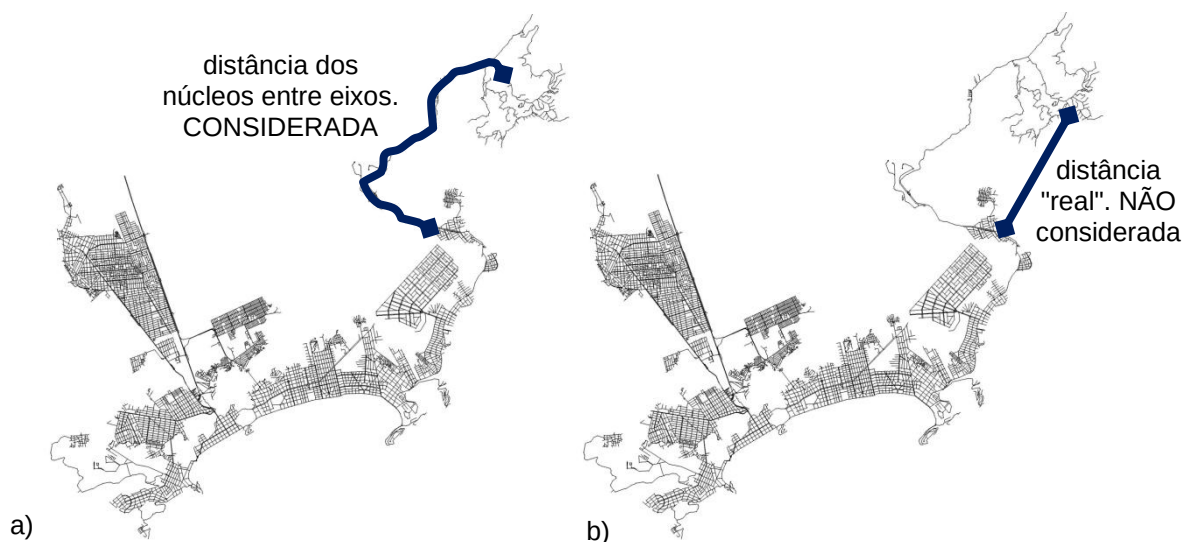
Para tentar entender porque a correlação linear do Indicador de continuidade não é *muito forte*, ou seja, não passa de $r \geq \pm 0,80$, assim como, o porquê do ajuste de sua reta estar abaixo de 70% fez-se uma análise mais aprofundada.

Primeiramente, tenta-se descobrir quais cidades estão afetando o desempenho do indicador e, depois, verificam-se quais as características em comum entre essas cidades. Então, descobre-se por que afetam a "leitura" da medida.

Dentre as cidades que estão prejudicando o desempenho da medida são percebidas determinadas características em comum, principalmente, o fato de possuírem núcleo(s) urbano(s) afastado(s) do núcleo urbano central. Na maior parte das vezes, essas cidades são as que possuem valores mais dispersos na regressão linear do Indicador de Continuidade.

Por fim, percebe-se que as cidades que se encaixam nessa característica, além de possuírem núcleo(s) urbano(s) afastado(s) do núcleo urbano central, esse(s) estão distante(s) a mais de cinco quilômetros e ligado(s) apenas por uma via, bem como, ao longo dessa via, inexistem quaisquer urbanizações de 50 a 150 edificações ou cinco ou mais quarteirões. Além disso, o(s) núcleo(s) urbano(s) afastado(s) deve(m) estar a uma distância de cinco quilômetros, que é considerada entre os eixos de via de um núcleo ao outro (distância pela rede) e, não, pela distância "real" entre o(s) núcleo(s) (distância euclidiana), um exemplo disso é a cidade Guarujá - SP (figura 51).

Figura 51: Demonstração do critério de distância entre núcleos urbanizados: a) b) Guarujá - SP



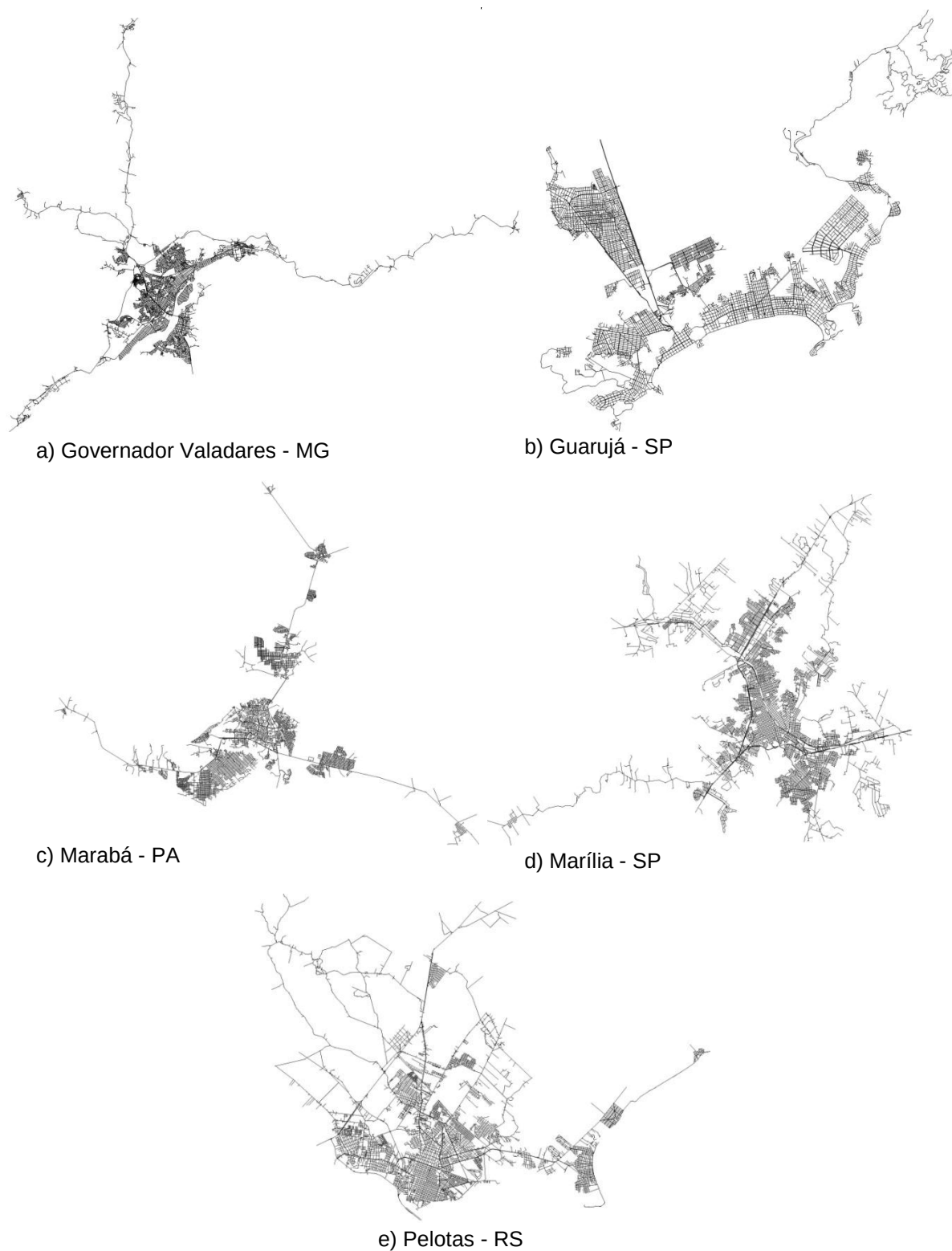
Legenda: a) cidade de Guarujá - SP com a demarcação da distância entre os eixos de via de cada núcleo; b) cidade de Guarujá - SP com a demonstração da distância geométrica entre núcleos.

Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

As cidades que se enquadram nessas determinadas características são: Governador Valadares - MG; Guarujá - SP; Marabá - PA; Marília - SP e Pelotas - RS. Isto é, todos os valores do Indicador de continuidade para essas cidades se distanciaram da linha de regressão.

Na figura 52 a seguir são demonstradas as representações espaciais de todas as cinco cidades.

Figura 52: Cidades que apresentam valores discrepantes para o Indicador de Continuidade: a) Governador Valadares - MG; b) Guarujá - SP; c) Marabá - PA; d) Marília - SP; e) Pelotas - RS



Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Ao se retirar essas cinco cidades da análise aumenta-se o coeficiente da correlação linear de +0,7858 para +0,9727 entre o Indicador de continuidade e a média de acessibilidade, assim transformando uma correlação linear *forte* em *muito forte*, sendo o nível de confiabilidade da correlação entre as variáveis mantido em 99%. Ainda, o R^2 do modelo passa de 0,629 a 0,946, ou seja, o ajuste da reta de 62,9% passa para 94,6%.

Essa nova correlação é demonstrada, em forma de gráfico, pela figura 53.

Figura 53: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade (sem as cidades com núcleos urbanos distantes do núcleo central)

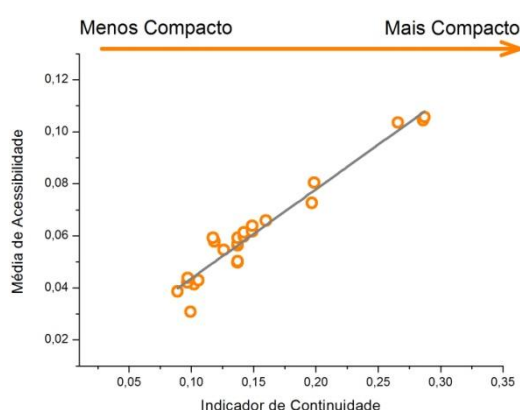


Gráfico elaborado no *software* OriginPro 8.5.

Também se verifica que o Indicador de continuidade aumenta sua correlação linear com o desvio padrão de acessibilidade de +0,7714 para +0,9161, passando de uma correlação *forte* para uma *muito forte*, mantendo a correlação entre as variáveis 99% significativas. Além disso, o R^2 do modelo aumentou de 0,595 para 0,839, isto é, o ajuste da regressão linear passou de 59,5% para 83,9%, representado pela figura 54.

Figura 54: Gráfico de correlação entre a Média de Acessibilidade e o Indicador de Continuidade (sem as cidades com núcleos urbanos distantes do núcleo central)

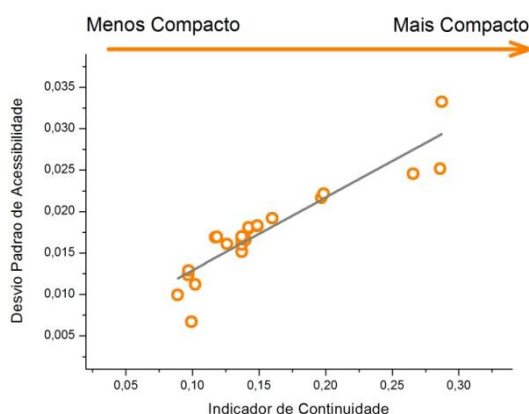


Gráfico elaborado no *software* OriginPro 8.5.

O Indicador de Continuidade consegue captar ainda melhor as relações existentes entre a medida de acessibilidade e a compactidade da forma urbana quando não considera as cinco cidades com as determinadas características referidas.

Quando segue esses critérios essa medida possui uma correlação *muito forte* e um ajuste relativamente alto, tanto com a média como com o desvio padrão de acessibilidade. Correlações essas, ainda maiores, do que a Medida de Compactidade Urbana criada neste trabalho, demonstrando, dessa maneira, que o Indicador de Continuidade é capaz de descrever ainda melhor as relações entre a compactidade da forma da cidade com a medida de acessibilidade quando aplicado às cidades que não possuem as características verificadas anteriormente.

A mesma análise para a Medida de Compactidade Urbana praticamente não se altera, pois ao se adotar os mesmos critérios que "otimizaram" o Indicador de continuidade, o coeficiente de correlação linear de Pearson muda de $-0,9026$ para $-0,907$ e mantém uma correlação *muito forte*, mantendo 99% de confiabilidade de relação entre as variáveis. A Medida de Compactidade Urbana consegue captar as relações existentes entre a compactidade urbana e a medida de Acessibilidade em praticamente todo o tipo de cidade, obviamente, considerando as características das cidades selecionadas para este estudo.

3.3. ANÁLISE DAS RELAÇÕES DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE E A IRREGULARIDADE DA REDE URBANA

Com o intuito de entender e examinar a influência da irregularidade da rede urbana sobre o comportamento agregado da medida de Acessibilidade estabelece-se uma análise do padrão distributivo dessa medida com a descrição de irregularidade dos grafos definida por Nikiforov (2006).

Os valores da *medida de desvio dos graus* de Nikiforov (2006), juntamente com os dados que descrevem o padrão de distribuição da medida de Acessibilidade no sistema, são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 6: Descrição da rede para a medida de Acessibilidade comparada à Irregularidade da rede urbana

Cidades	Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)	Comportamento agregado da medida de Acessibilidade	
		Média	Desvio padrão
Anápolis - GO	1,884318	0,05778	0,01491
Arapiraca - AL	1,522021	0,06132	0,02134
Bauru - SP	2,060724	0,05922	0,01794
Boa Vista - RR	3,155695	0,10441	0,02457
Camaçari - BA	1,133147	0,03084	0,0067
Caruaru - PE	1,733271	0,06173	0,01385
Cascavel - PR	2,982678	0,10565	0,02517
Divinópolis - MG	1,758466	0,03865	0,01609
Foz do Iguaçu - PR	1,920693	0,06387	0,01823
Franca - SP	2,044190	0,05983	0,01832
Governador Valadares - MG	1,479622	0,04898	0,01669
Guarujá - SP	1,840535	0,04508	0,01808
Imperatriz - MA	1,891222	0,08043	0,02217
Itabuna - BA	1,268376	0,05026	0,0129
Limeira - SP	1,493607	0,04385	0,01234
Marabá - PA	1,642024	0,04624	0,00995
Marília - SP	1,856119	0,06098	0,01698
Mossoró - RN	2,322294	0,07266	0,01668
Palmas - TO	1,506301	0,04290	0,01658
Pelotas - RS	2,038728	0,06858	0,02166
Petrolina - PE	1,794278	0,05464	0,01515
Ponta Grossa - PR	2,185643	0,06582	0,01799
Rio Branco - AC	1,344347	0,04205	0,0112
Santa Maria - RS	1,509814	0,05637	0,01694
Santarém - PA	2,608856	0,10351	0,03324
São Carlos - SP	1,619487	0,04977	0,01603
Sete Lagoas - MG	1,494063	0,04136	0,01483
Uberaba - MG	1,861525	0,05920	0,01691
Vitória da Conquista - BA	1,673148	0,05706	0,0192

Dados retirados do *software* Morphometrics e analisados no *software* OriginPro 8.5.

A primeira análise da relação entre Acessibilidade e a irregularidade da rede urbana é realizada com base no valor da média da Acessibilidade para o sistema e a medida de Irregularidade da rede.

O gráfico da correlação entre a média da Acessibilidade e a medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006) utilizada, assim como a linha de ajuste da correlação aparecem no gráfico da figura 55.

Figura 55: Gráficos de relação entre a Média de Acessibilidade e a Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)

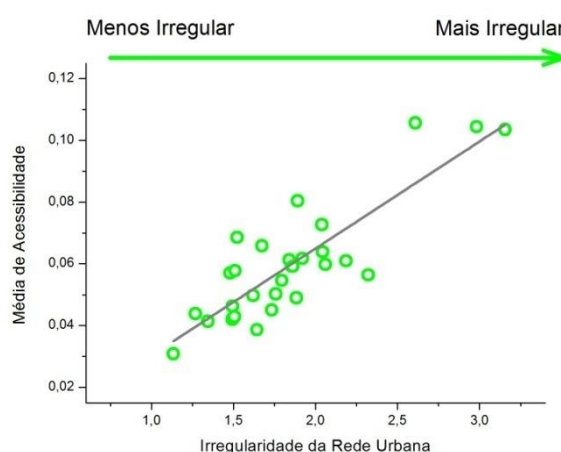


Gráfico elaborado no *software* OriginPro 8.5.

Os resultados obtidos nessa análise apontam para uma correlação linear de Pearson (r) entre variáveis, sendo o valor desse coeficiente para a *medida de desvio dos graus* de Nikiforov (2006) de +0,8517, o que indica uma correlação linear de Pearson com magnitude *muito forte*.

O intervalo de confiança do parâmetro ρ está definido ao nível de: 0,01. Estimando que a correlação linear entre a medida de acessibilidade e a medida de irregularidade é 99% significativa, isso indica que provavelmente essa associação entre as variáveis não ocorre ao acaso.

O valor do coeficiente de determinação (R^2) para a medida de Nikiforov é 0,725, equivalente a um ajuste 72,5% da reta do gráfico.

Essa medida obteve bons encaixes, sugerindo que a irregularidade da rede influencia no modo como a Acessibilidade se distribui no sistema urbano, pois os resultados obtidos apontam para uma correlação linear entre as duas variáveis no sentido de que quanto mais irregular a rede da cidade, maior é a sua Acessibilidade média.

A segunda análise que relaciona a Acessibilidade com a irregularidade da rede urbana é realizada com base no indicador de irregularidade e no desvio padrão da medida de Acessibilidade. Neste caso, é observado se a irregularidade da rede urbana oferece algum tipo de interferência na maior ou menor homogeneização dos valores de Acessibilidade, fazendo com que esses se concentrem mais ou menos junto à média do sistema.

A partir dos dados do desvio padrão de Acessibilidade e o critério de caracterização da irregularidade da rede urbana efetuou-se a correlação entre eles, como também sua linha de ajuste, apresentados no gráfico da figura 56.

Figura 56: Gráfico de relação entre o Desvio Padrão de Acessibilidade e (b) a Medida de desvio dos graus de Nikiforov (2006)

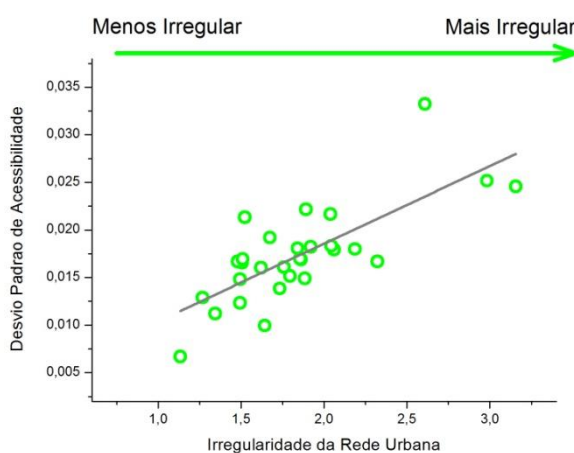


Gráfico elaborado no *software* OriginPro 8.5.

O valor do coeficiente de correlação linear para a *medida de desvio dos graus* de Nikiforov (2006) é +0,7474, expressando que a medida tem uma correlação *forte*.

O intervalo de confiança do parâmetro ρ está definido ao nível de: 0,01. O que significa que há 99% de confiabilidade da relação entre medida de acessibilidade e a medida de irregularidade.

O valor do R^2 para a medida de Nikiforov é 0,559, indicando um ajuste 55,9% da regressão linear do gráfico.

Os resultados obtidos indicam uma correlação linear entre as duas variáveis no sentido de que quanto mais irregular a rede da cidade, maior é o seu desvio padrão junto à média de Acessibilidade. Assim, quanto mais irregular a rede urbana, mais larga tende a ser a distribuição dos valores de Acessibilidade, ou mais heterogêneo o comportamento dos componentes do sistema.

Sendo assim, o comportamento agregado da Acessibilidade descrito por meio de seu desvio padrão junto à média também é capaz de refletir o nível de irregularidade da rede urbana. Através desse método pode-se definir a irregularidade dos grafos das redes urbanas analisadas, sendo consideradas como mais irregulares àquelas cujos valores são mais altos.

3.3.1. Compreensões sobre a irregularidade da rede urbana

A irregularidade da rede urbana apresenta uma correlação linear de Pearson com a medida de acessibilidade, com um coeficiente $|r| \geq 0,80$, equivalente a uma correlação linear com grau de magnitude *muito forte* com a medida de Acessibilidade e $0,60 \leq |r| \leq 0,80$, que corresponde a uma correlação *forte* com a medida de Acessibilidade.

Em ambos os casos, a confiabilidade da relação entre as variáveis é 99% significativa, como também os ajustes da reta do modelo estão em torno de 55,9% a 72,5%.

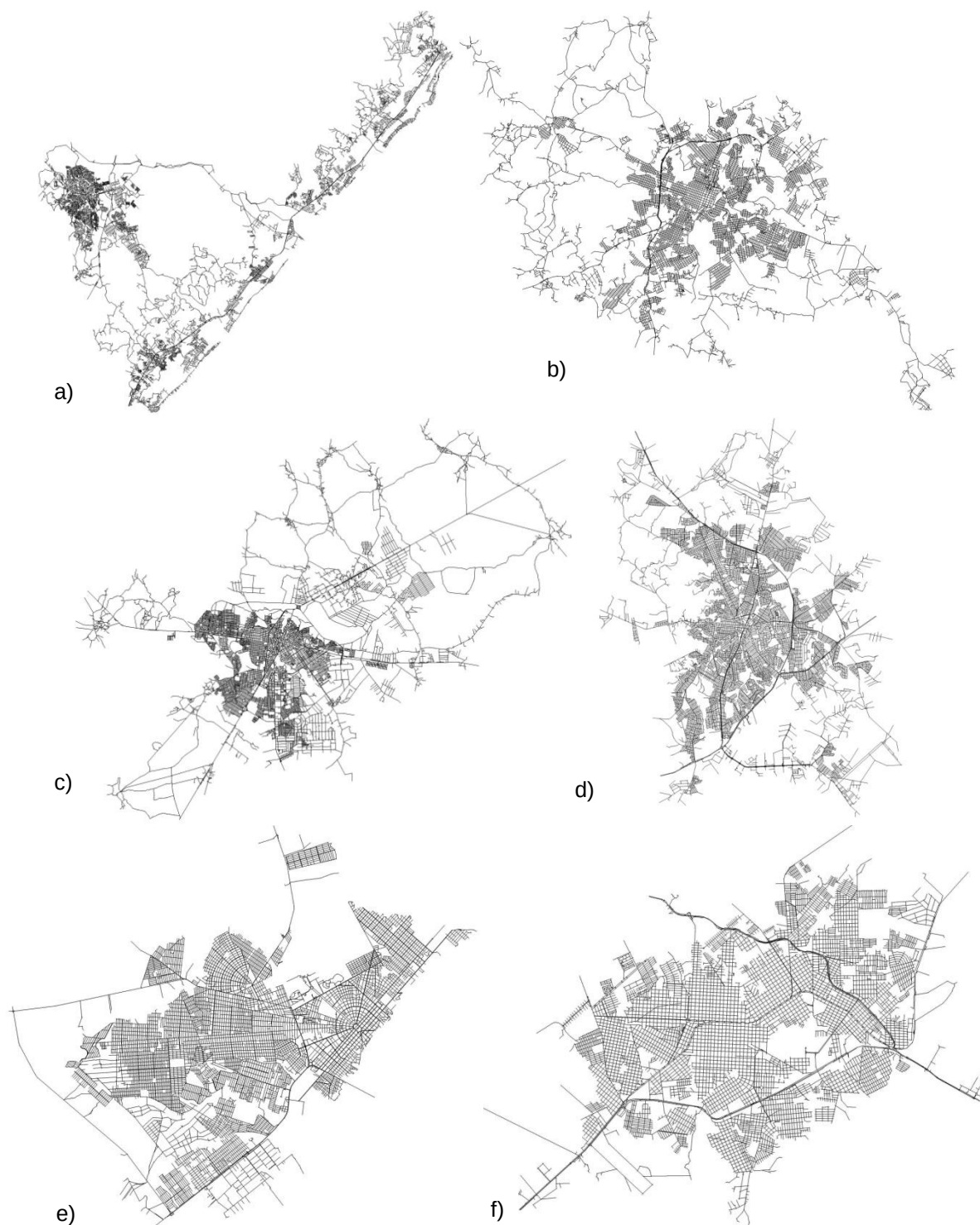
Considera-se que a correlação da medida de irregularidade com a medida de acessibilidade é bastante significativa por três motivos: compreensões acerca da estrutura da rede são muito difíceis de encontrar visualmente; os coeficientes de correlação linear possuem um grau de magnitude *muito forte* e *forte* ; e os coeficientes de determinação são maiores que 55%.

3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apontam para uma correlação linear *muito forte* , com 99% de confiabilidade da relação da Medida de Compacidade Urbana com a medida de Acessibilidade, no sentido de que quanto mais compacta ou menos fragmentada a cidade, maior a sua Acessibilidade média, ou seja, o sistema como um todo é mais acessível. As análises também demonstram que os vazios urbanos têm influência direta em como a medida de acessibilidade é afetada pelo formato da cidade, pois causam desigualdades ao longo do sistema urbano.

Na figura 57 a seguir podem ser visualizadas seis cidades que a Medida de Compacidade Urbana considera como: menos compactas; intermediárias e mais compactas.

Figura 57: Medida de Compacidade Urbana exemplificada pelas cidades: a) Camaçari - BA; b) Divinópolis - MG; c) Vitória da Conquista - BA; d) Anápolis - GO; e) Boa Vista - RR; f) Cascavel - PR



Legenda: a) Camaçari - BA - Medida de Compacidade Urbana (M_c) = 25,2662; b) Divinópolis - MG - M_c = 24,5244; c) Vitória da Conquista - BA - M_c = 14,7707; d) Anápolis - GO - M_c = 14,4344; e) Boa Vista - RR - M_c = 5,1389; f) Cascavel - PR - M_c = 4,9862. Quanto mais próxima a medida de 1, mais compacta é a cidade. Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

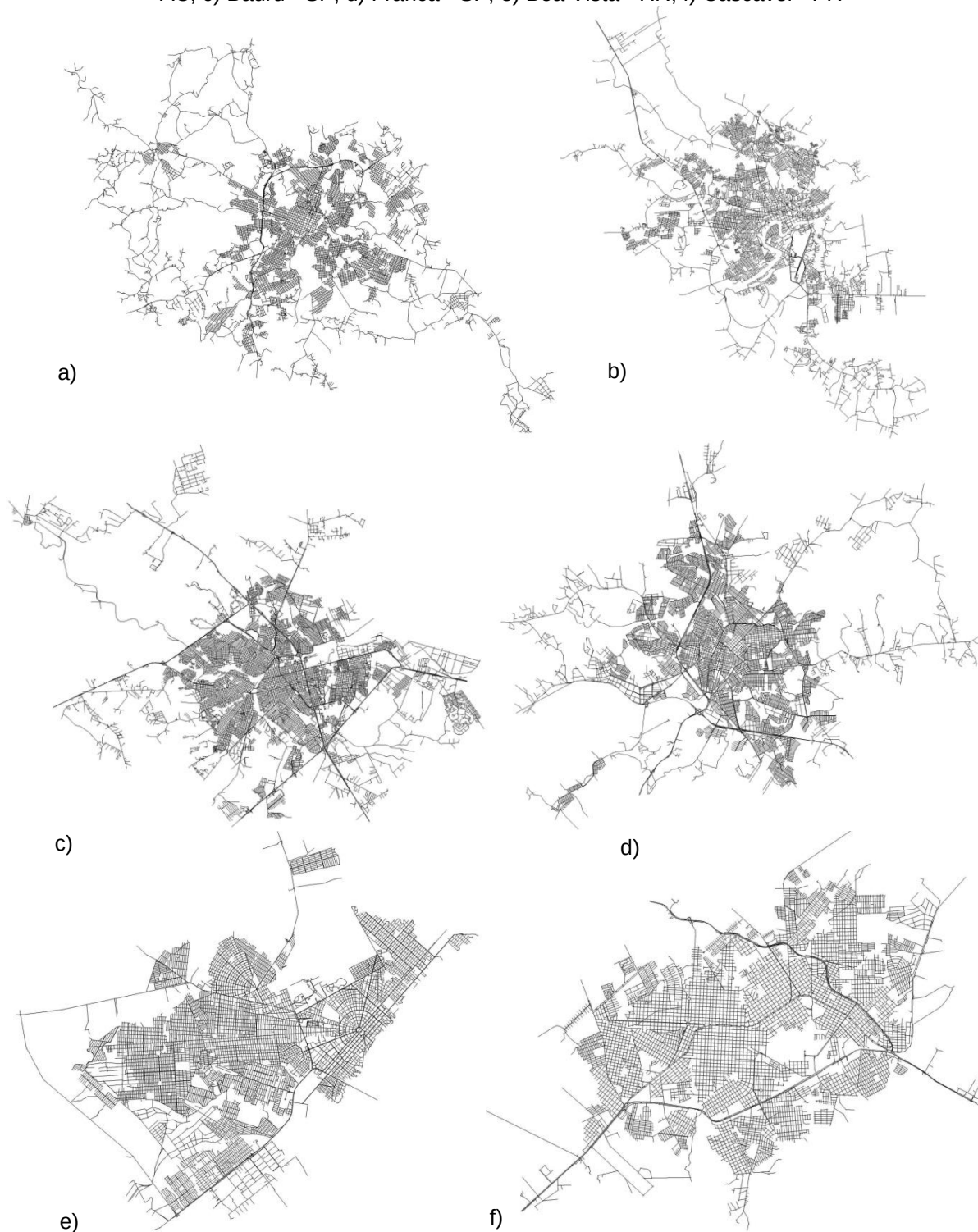
O Indicador de continuidade também demonstra uma *forte* correlação linear, com 99% de confiabilidade de relação com a medida de acessibilidade, evidenciando que, quanto mais compacta é a cidade, mais acessível ela é como um todo. Os seus vazios urbanos também influenciam no comportamento da medida, assim como na medida anterior, de modo a prejudicar a acessibilidade da cidade ao causar a descontinuidade do sistema.

Verificou-se que esse indicador não é tão preciso em cidades com núcleo(s) urbano(s) afastado(s) distante(s) com determinadas características, pois ao se retirar essas cidades da relação entre esse indicador e a medida de acessibilidade obtêm-se uma correlação linear *muito forte* e o coeficiente de determinação da reta se mantém entre 83% e 94%. Portanto, o Indicador de Continuidade reflete precisamente as relações entre a forma da cidade e a medida de acessibilidade, todavia não em todo o tipo de cidade.

Esse indicador evidencia o porquê de em estudos de redes serem necessárias, a complementação visual concomitantemente com a análise estatística, de outro modo, dificilmente seria observado que as cidades com dados estatisticamente dispersos e discrepantes possuem um tipo específico de forma urbana, nesse caso em particular.

Na figura 58 são observadas seis cidades que o Indicador de continuidade considera como: menos compactas; intermediárias e mais compactas, sem considerar as cinco cidades que "prejudicam a leitura" da medida.

Figura 58: Indicador de Continuidade exemplificado pelas cidades: a) Divinópolis - MG; b) Rio Branco - AC; c) Bauru - SP; d) Franca - SP; e) Boa Vista - RR; f) Cascavel - PR



Legenda: a) Divinópolis - MG - Indicador de continuidade $I_{cont}(U) = 0,08898$; b) Rio Branco - AC - $I_{cont}(U) = 0,09694$; c) Bauru - SP - $I_{cont}(U) = 0,13721$; d) Franca - SP - $I_{cont}(U) = 0,14215$; e) Boa Vista - RR - $I_{cont}(U) = 0,28604$; f) Cascavel - PR - $I_{cont}(U) = 0,28719$. Quanto mais próxima de 0, mais fragmentada é a cidade e, quanto mais próxima de 1, mais compacta. Fonte: imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Como o Índice de Compacidade apresentou uma correlação linear de *fraca a moderada*, bem como apresenta uma correlação entre variáveis menos significativa do que as outras medidas, logo, se torna pouco relevante demonstrar exemplos de cidades compactas/fragmentadas segundo esse índice.

Dois dos três indicadores apresentados possuem relações de tal modo que o coeficiente de correlação linear de Pearson tem um grau de correlação *muito forte* com os dois descritores da medida de acessibilidade, média e desvio padrão. Por isso, conclui-se que a compacidade da forma urbana afeta a medida de acessibilidade.

O coeficiente de determinação, que avalia o quanto o modelo estudado consegue explicar os valores da amostra, possui, nas duas medidas que consideram os vazios urbanos, um ajuste da sua regressão linear acima de 80% ao correlacionar as medidas de compacidade com a média e com o desvio padrão junto à média da acessibilidade. Dentre essas correlações cabe ressaltar que o Indicador de Continuidade correlacionado com a média da acessibilidade possui um ajuste da reta do modelo de 94,6%.

A medida de irregularidade obteve uma correlação linear *muito forte* com a média e *forte* com o desvio padrão de acessibilidade, com 99% de confiabilidade de relação entre as variáveis. O coeficiente de determinação está em torno de 55,9% a 72,5%. Esses dados refletem as relações existentes entre a irregularidade da rede urbana e a medida de acessibilidade, de tal maneira que quanto mais irregular é a rede urbana, maiores são os valores da média e do desvio padrão da medida de acessibilidade.

Em seguida, na figura 59 observam-se as cidades que a *medida de desvio dos graus* de Nikiforov considera como: menos irregulares; intermediárias e mais irregulares.

Figura 59: Irregularidade da rede exemplificada pelas cidades: a) Camaçari - BA; b) Limeira - SP; c) Itabuna - BA; d) Petrolina - PE; e) Boa Vista - RR; f) Santarém - PA



Legenda: a) Camaçari - BA - $s(G)= 1,133147$; b) Limeira - SP - $s(G)= 1,268376$; c) Itabuna - BA - $s(G)= 1,758466$; d) Petrolina - PE - $s(G)= 1,794278$; e) Boa Vista - RR - $s(G)= 2,982678$; f) Santarém - PA - $s(G)= 3,155695$. Quanto maior o valor, mais irregular é a rede urbana. Fonte: imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Como demonstrado na figura anterior, as cidades que possuem as maiores variações de comprimento de seus centros de vias mesclados com as maiores variações da granulometria dos quarteirões são as que apresentam as maiores irregularidades da rede urbana, como fica claro na cidade de Boa Vista - RR que, aparentemente, apresenta um traçado aproximadamente retangular, porém possui grande diversidade de tamanho nos seus quarteirões e nas linhas dos seus centros de via.

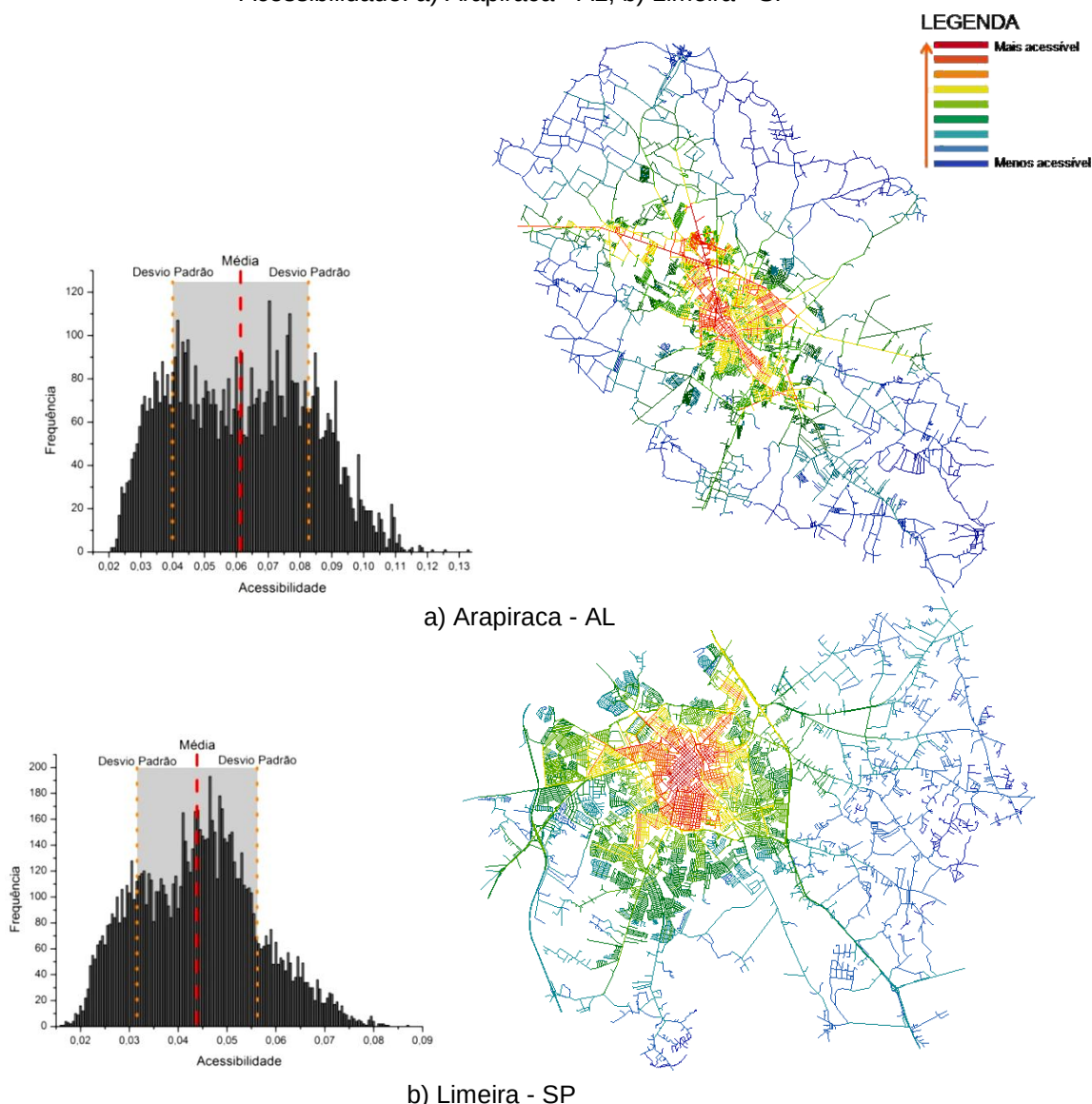
Por conseguinte, a medida de irregularidade capta diferenças de conectividades, de modo que quanto mais irregular a cidade, maior é a diversidade de graus dos vértices, isto é, a cidade apresenta grande número de ruas com diferentes números de conexões.

A medida de irregularidade mede a realidade da estrutura configuracional urbana (em termos de conexões) demonstrando que existe uma correlação razoável da medida com cidades que possuem extensas vias. Morfologicamente, parte das cidades consideradas mais irregulares parece ter um traçado da malha viária mais regular, no entanto esse tipo de aspecto não é possível de se medir em um grafo sem considerar outros elementos da rede. Isso merece um estudo mais aprofundado em como melhor descrever morfologicamente cidades representadas por centros de vias, pois para medir esse tipo de representação não se conhece outro tipo, até o momento, de medida de irregularidade.

3.5. ESTUDO COMPLEMENTAR E EXPLORATÓRIO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

Ao se analisar visualmente o histograma de cada uma das 29 cidades observa-se que grande parte das que possuem trechos com uma grande dispersão da malha viária, ao longo de sua representação espacial, apresentam um histograma com uma curva, em forma de sino, mais alongada. As cidades de Arapiraca - AL e Limeira - SP são bons exemplos dessa condição (figura 60).

Figura 60: Análise visual dos Histogramas de frequência e dos padrões espaciais da medida de Acessibilidade: a) Arapiraca - AL; b) Limeira - SP



Legenda: dados para os histogramas retirados do software Morphometrics e analisados no software OriginPro 8.5. Fonte mapa: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

Parece possível observar que algumas características específicas das cidades afetam o modo como a medida se distribui estatisticamente. Essa análise exploratória é apenas superficial, com base empírica, porém parece demonstrar que cidades com uma malha viária dispersa possuem um padrão distributivo da medida de acessibilidade diferenciado.

Esse fato pode auxiliar estudos futuros a encontrar relações desse tipo de cidade com o modo como a medida de acessibilidade se distribui no sistema. Além disso, quanto mais se souber a respeito de como a medida se "comporta" melhor será o entendimento acerca do que ela descreve da estrutura da cidade.

CONCLUSÃO

A compreensão do comportamento agregado da medida de Acessibilidade e suas relações com aspectos da morfologia urbana ampliam a visão do significado dessa medida e trazem novas possibilidades referentes à análise configuracional urbana, melhorando o entendimento sobre a medida e suas implicações quando relacionada a estudos configuracionais urbanos.

Ao mesmo tempo, compreender a influência da compacidade da forma urbana e a irregularidade da rede espacial da cidade sobre o comportamento da medida de Acessibilidade possibilita inúmeras considerações, descritas mais adiante, acerca de como essas questões estão efetivamente ligadas.

A partir desse entendimento, pode-se auxiliar a área dos estudos configuracionais urbanos através da confirmação do pressuposto inicial de que a medida de Acessibilidade, empregada como descritora do sistema como um todo, pode definir classes gerais de configurações urbanas, além de caracterizar o sistema urbano.

METODOLOGIA, HIPÓTESES E OBJETIVOS PROPOSTOS

A metodologia adotada parece adequada para identificar as relações existentes entre a forma da compacidade urbana e a irregularidade da rede da cidade com a medida de acessibilidade, pois os critérios e análises utilizados permitem verificar o vínculo existente entre essas questões.

O método empregado também destaca a análise de novos aspectos ainda não contemplados pela análise configuracional, como a definição quantitativa de indicadores de compacidade da forma da cidade e de irregularidade da rede espacial urbana, além de estipular critérios capazes de representar as cidades

analisadas, elucidando melhor esse tipo de análise e contribuindo para a área em questão.

O trabalho desenvolvido melhora a interpretação dos resultados das simulações urbanas que se utilizam de modelos baseados em grafos, quando representados pelo critério de centros de via. É importante ressaltar que a metodologia empregada e os resultados obtidos estão ligados ao modo de representação do espaço urbano adotado e, que, para outros modos de representação, a metodologia e resultados obtidos, podem não ser válidos.

O presente trabalho desenvolve métodos e rotinas que contribuem na descrição do espaço urbano, criando novas possibilidades interpretativas para os fenômenos urbanos relacionados com sua forma espacial.

O objetivo geral é atingido ao colaborar com os esforços realizados na compreensão da estrutura configuracional urbana, por meio do aprimoramento dos procedimentos de análise e interpretação dos resultados de modelos de simulação computacional baseados em grafos. Entre outros aspectos, propõe procedimentos estatísticos de análise das relações existentes entre variáveis configuracionais e indicadores da forma da compacidade urbana e da rede da cidade.

Esta pesquisa responde positivamente as hipóteses apresentadas, de maneira que evidencia a existência de relações da compacidade da forma da cidade e a irregularidade da rede urbana em como a medida de acessibilidade se comporta estatisticamente, tais relações serão explicitadas mais profundamente no tópico seguinte.

Os procedimentos analíticos, estatísticos e metodológicos apresentados neste trabalho parecem adequados para observar as relações existentes entre as variáveis em questão, através da comprovação de correlações significativamente altas entre a medida de acessibilidade e a compacidade da forma urbanizada e a irregularidade da rede urbana.

Os objetivos específicos apresentados são contemplados, em sua maioria, pois este trabalho desenvolve, aperfeiçoa e interpreta métodos e rotinas que contribuem para os estudos urbanos. Além de criar novas possibilidades interpretativas e, conseqüentemente, produzir mais conhecimento para os fenômenos urbanos provenientes de estudos de redes, para o caso da descrição configuracional do espaço urbano

Ainda aprimora as análises de modelos baseados em grafos pelo critério de centros de via e define parâmetros específicos para sua representação, além de estabelecer indicadores quantitativos para a compacidade da forma urbana e a irregularidade da rede da cidade, de modo a evidenciar sua utilização e desempenho dentro dos padrões estudados nesta pesquisa.

Por fim, traz uma melhor compreensão sobre o comportamento agregado da medida de acessibilidade quando relacionada a determinados aspectos espaciais urbanos, aprimorando os procedimentos de análise estatística e melhor compreendendo as implicações do padrão de distribuição da medida de acessibilidade. Além de perceber novas implicações acerca da medida ao se analisar seu comportamento estatístico quando comparada a aspectos relativos aos espaços urbanos.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O COMPORTAMENTO DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

De acordo com os dados e análises estatísticas apresentadas no presente estudo observa-se que existem relações entre o comportamento agregado da medida de Acessibilidade e o nível de fragmentação/compactação da forma urbana e a irregularidade da rede da cidade.

A Medida de Compacidade Urbana e o Indicador de Continuidade, dois dos três indicadores de compacidade utilizados, demonstram uma relação da forma urbana com a média e o desvio padrão junto à média da medida de Acessibilidade. Esses indicadores que definem uma maior correlação com a medida de acessibilidade agregam em seus valores os vazios urbanos.

A medida de Acessibilidade demonstra ser "sensível" à presença de vazios urbanos, além de manter relação com a forma urbana, de maneira que, quanto mais compacta é a forma da cidade, maior é a sua média e seu desvio padrão junto à média da medida de Acessibilidade, ou seja, mais acessível é a cidade em um aspecto global, obviamente, não considerando outros aspectos intra e extra-urbanos, tais como: pavimentação, topografia e ambiente natural.

Também se verifica que a Medida de Compacidade Urbana consegue caracterizar todo o tipo de cidade, dentre as selecionadas para este estudo, abrangendo significativamente bem as relações existentes dessa com a medida de acessibilidade. Ainda, o Indicador de Continuidade não é capaz de captar as

relações de compacidade com a medida de acessibilidade em todo o tipo de cidade, porém, ao não considerar tais sistemas urbanos que "comprometem a leitura" do indicador, esse expressa, ainda melhor do que a Medida de Compacidade Urbana, as relações existentes entre a compacidade da cidade e a medida de Acessibilidade.

Quanto à irregularidade da rede urbana nota-se que existem relações, tanto com a média, quanto com o desvio padrão junto à média da medida de acessibilidade, sendo as cidades com uma rede espacial mais irregular àquelas que possuem maiores valores da medida de acessibilidade.

Contudo, cabe ressaltar, que a medida de irregularidade não consegue captar efetivamente a regularidade morfológica do traçado urbano em uma representação por centros de via, de certo modo, a irregularidade da rede capta de forma indireta as variações de comprimento dos centros de via, juntamente com as variações de granulometria dos quarteirões; demonstrando, assim, que os valores mais altos de irregularidade da rede urbana representam uma rede mais irregular e, portanto, com uma maior diferença entre os graus dos vértices.

Além disso, parece possível observar, de maneira exploratória e superficial, que algumas características específicas das cidades contribuem em como a medida de acessibilidade se distribui estatisticamente. Como, por exemplo, cidades com uma malha viária mais dispersa, as quais possuem um histograma em forma de sino mais alongado, o que pode trazer mais implicações acerca do comportamento da medida de acessibilidade.

De acordo com os dados disponíveis, a medida de Acessibilidade possui correlação com a compacidade da cidade e a irregularidade da rede urbana, sendo essas correlações altas e significativas. Os melhores índices da medida de Acessibilidade são consequência de cidades mais compactas, além de ficar evidente que os vazios urbanos influenciam diretamente na definição de compacidade da forma urbana e, por sua vez, na acessibilidade global do sistema.

Os valores mais altos da medida de acessibilidade são causados por cidades com redes espaciais mais irregulares, sendo a irregularidade relacionada à realidade da estrutura configuracional urbana, em termos de conexões, podendo ter uma relação razoável com cidades que possuem grandes vias. Efetivamente, essa medida de irregularidade não mede a realidade morfológica das cidades, pois as cidades que parecem ter um traçado viário mais regular são aquelas que possuem os maiores valores de irregularidade da rede.

LIMITAÇÕES E CONTINUIDADE DO TRABALHO

A abordagem adotada permite avaliar a influência da forma urbana com relação a uma medida configuracional bastante empregada nos estudos urbanos, todavia ainda há inúmeras possibilidades comparativas dessa e de outras medidas com as questões referentes à forma espacial e de rede da cidade, utilizadas neste estudo. Além de existirem inúmeros outros descritores da forma da cidade não abordados neste trabalho, uma possibilidade é verificar se a medida de acessibilidade possui relação com outros aspectos relativos à forma urbana, como também buscar relações de outras medidas com outros aspectos urbanos, tanto da forma, como da rede espacial urbana.

Como identificação de pontos promissores para um aprofundamento futuro também existe a necessidade de avaliar as relações existentes entre a medida de acessibilidade e os aspectos da cidade determinados aqui com outra forma de representação do sistema urbano, tais como critérios por trechos ou por mapas axiais.

A realização deste trabalho utiliza-se de cidades de porte semelhante, dentro de um padrão específico, significando que os resultados deste estudo não abrangem todo o tipo de cidade. É claro, que em estudos posteriores, pode-se vir a comprovar que cidades de outro porte sofrem o mesmo tipo de influência.

Muitos dos critérios empregados aqui para definir o modo de representação das características urbanas são estipulados com base apenas na experimentação, pois não há referências que definam que abordagens são mais efetivas. Nesse contexto, o trabalho está limitado por não empregar métodos já consolidados. Por outro lado, testa novas possibilidades para estudar os sistemas urbanos, que sendo eficientes, podem vir a ser consolidados em estudos da área.

Outra questão limitadora é a representação das cidades da amostra, que, por enquanto, é um processo demorado, ainda mais com um número significativo de cidades. Como também, as limitações dos *softwares* utilizados, que ainda demandam bastante tempo para a realização dos processos e que, em alguns casos, ainda não abrangem todas as questões necessárias para a elaboração dos dados, sendo preciso utilizar mais de um *software* para a obtenção desses.

Utiliza-se uma quantidade significativa de cidades para realizar as análises para tentar minimizar os eventuais problemas causados, tanto pela limitação dos softwares utilizados, como pelo modo de representação estipulado.

Outra possibilidade para avançar em trabalhos futuros é a definição quantitativa das cidades em mais ou menos regulares levando-se em consideração o seu traçado viário. Pois, isso não é possível definir por meio de grafos, representados por centros de via, sem que sejam adicionados outros elementos ao conjunto estudado. Para estudos posteriores pode-se atribuir essa nova questão em como melhor descrever, morfologicamente, a regularidade do traçado viário representado por centros de via, como também por outros meios de representação do sistema urbano.

Esta pesquisa ainda pretende agregar conhecimento para os estudos da área buscando o entendimento de como a forma da cidade e a irregularidade da rede urbana podem se relacionar com a medida de acessibilidade, como descritora do sistema urbano como um todo.

Finalmente, o trabalho avança na descrição configuracional do espaço urbano ao acrescentar novos métodos e interpretações, além de novas possibilidades e explicações nas pesquisas relativas aos estudos urbanos, podendo ser de grande importância para a elaboração de trabalhos futuros dentro da abrangência deste tipo de pesquisa e, ainda, auxiliando no processo de planejamento de urbanistas e estudiosos do assunto, preocupados em como melhorar a acessibilidade global e a conectividade entre os espaços urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, H.; DIMITROV, D. The total irregularity of a graph. *arXiv:1207.5267v1* [csDM]. 2012.

ALAVI, Y.; CHARTRAND, G.; CHUNG, F. R. K.; ERDÖS, P.; GRAHAM, R. L.; OELLERMANN, O. R. Highly Irregular Graphs. In: *Journal of Graph Theory*, v. 11, n. 2, p. 235-49, 1987.

ALBERTSON, P. The irregularity of a graph. *Ars Combinatoria*, v. 46, p. 219-25, 1997.

AXELROD, R. Advancing the art of simulation in the social sciences. *International Conference on Computer Simulation and the Social Sciences*. Cortona, Italy. 1997.

BATTY, M. *Urban modelling: algorithms, calibrations, predictions*. Cambridge: Cambridge University Press. 1976.

BATTY, M. *Urban modelling*. In: THIRFT, N.; KITCHIN, R. (eds). *International encyclopedia of human geography*. Elsevier, Oxford, UK, p. 51-8. 2009.

BELL, F. K. A note on the irregularity of graphs. *Linear Algebra and its Applications*. v 161, p. 45-54. 1992.

BOAVENTURA NETTO, Paulo Oswaldo; JURKIEWICZ, Samuel. *Grafos: introdução e prática*. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo. 2009.

BOAVENTURA NETTO, Paulo Oswaldo. Medidas polinomiais de irregularidade em grafos: discussão e proposta. *Anais de Congresso Optima*. Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2013.

BURGESS, Rod. The Compact City Debate: a global perspective. In: JENKS, Mike; BURGESS, Rod. *Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries*. Taylor & Francis e-Library, p. 9-24. 2003.

CALDARELLI, G. *Scale-free networks: complex webs in nature and technology*. New York, Oxford University Press. 2007.

CARVALHO, Rui; PENN, Alan. Scaling and universality in the micro-structure of urban space. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 332, p. 539-47. 2004.

CHARTRAND, Gary; ERDÖS, Paul; OELLERMANN, Ortrud R. How to Define an Irregular Graph. *The College Mathematical Journal* 19, v. 1, p. 36-42. 1988.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Geomorfologia*. 2.ed. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, p. 188. 1980.

COLLATZ, L.; SINOLOWITZ, U. Spektren endlicher Graphen. *Abh. Math. Sem. Univ. Hamburg*, v. 21, p. 63-77, 1957.

COUCLELIS, H. A theoretical framework for alternative models of spatial decision and behavior. *Annals of the American Geographers*, v. 76(1), p. 95-113. 1986.

CRUCITTI, P., LATORA, V., PORTA, S. Centrality measures in spatial networks of urban streets. *arXiv:physics/0504163v2* [physics.soc-ph]. 2005.

CRUCITTI, P., LATORA, V., PORTA, S. Centrality measures in urban networks. *arXiv:physics/0504163v1* [physics.soc-ph]. *Physical Review E*, v. 73,036125. 2006.

DALTON, N. S., PEPONIS, J., DALTON, R. To tame a TIGER one has to know its nature: extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis. *Proceedings 4th Space Syntax Symposium*, London, p. 65.1-10, 2003.

DENT, B. D. *Principles of thematic map design*. Massachusetts, Adison Wesley, 398 p, 1985.

DIMITROV, Darlo; BRANDT, Stephan; ABDO, Hosam. The total irregularity of a graph. *Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science*. v. 16:1, 2-14, p. 201-06, 2014.

DIMITROV, Darlo; SKREKOVSKI, Riste. Comparing the irregularity and the total irregularity of graphs. *Ars Mathematica Contemporanea* 9. p. 45-50, 2015.

ECHENIQUE, M. (org.). *Modelos matemáticos de la estructura espacial urbana: aplicaciones em América Latina*. Bueno Aires: Ediciones SIAP. 1975.

ECO, Umberto. *Como se faz uma tese*. Versão original 1932. Traduzido por Gilson Cesar Cardoso de Souza. 24 ed. São Paulo: Perspectiva. 2012.

ELPHICK, Clive; WOCJAN, Pawel. News measures of graph irregularity. *arXiv:1305.3570v7* [math.CO]. 2014.

FARIA, Ana Paula Neto de. *Análise configuracional da forma urbana e sua estrutura cognitiva*. Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS – PROPUR. 2010.

FARIA, Ana Paula Neto de; KRAFTA, Romulo; POLIDORI, Maurício Couto; RODRIGUES, Cleber Lima; GRANERO, Juliano Chaves. *Software Morphometrics*. Implementação das medidas de descrição das redes e seus componentes. Porto Alegre. 2010.

FRANZBLAU, Abraham. *A Primer of Statistics for Non-Statisticians*. Harcourt, Brace & World. 1958.

FIGUEIREDO, L., AMORIM, L. Continuity lines in the axial system. *Proceedings 5th International Space Syntax Symposium*, TU Delft, p. 161-174. 2005.

FREEMAN, L. C. A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, v. 40, p. 35-41. 1977.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, v. 1, p. 215-39. 1979.

GASTNER, M. T.; NEWMAN, M. E. J. The spatial structure of networks. *The European Physical Journal B*, v. 49, p. 247-252. 2006.

GOLDBARG, Marco; GOLDBARG, Elizabeth. *Grafos: conceitos, algoritmos e aplicações*. Elsevier Editora Ltda., Rio de Janeiro. 2012.

HILLIER, Bill; HANSON, Julianne. *The social logic of space*. London: Cambridge University Press. 1984.

HILLIER, Bill. *Space is the Machine: A Configuration Theory of Architecture*. London: Cambridge University Press. 1996.

HILLIER, Bill. A Theory of the City as Object: or, spatial laws mediate the social construction of urban space. *Urban Design International*, v. 7, p. 153-79. 2002.

HILLIER, B.; IIDA, S. Network and psychological effects in urban movement. In *Proceedings of Spatial Information Theory: International Conference, COSIT 2005* Ellicottsville, NY, 14 – 18 September Lecture Notes in Computer Science Number 3693, Eds A G Cohn, D M Mark (Springer, Berlin) p. 475-490. 2005.

HINKLE, Dennis E.; WIERSMA, William; JURIS, Stephen G. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. Houghton Mifflin Co, 2 ed. 1988.

HOLANDA, Frederico de. *O espaço de Exceção*. Brasília: Editora da UnB. 2002.

HOLANDA, Frederico de. *Brasília - cidade moderna, cidade eterna*. Brasília: Editora da UnB. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA / IBGE. *Censo de 2010*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em 23 de fev.2014.

JENKS, Mike; BURTON, Elizabeth; WILLIAMS, Katie. Compact Cities and Sustainability: An Introduction. In: JENKS, Mike; BURTON, Elizabeth; WILLIAMS, Katie. *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* Oxford Brookes University, Oxford, UK. Taylor & Francis e-Library, p. 1-6. 1996.

JIANG, B., ZHAO, S., YIN, J. Self-organized natural roads for predicting traffic flow: a sensitivity study. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, P07008. 2008.

KRAFTA, Romulo. Spatial self-organization and the production of the city. *Urbana* n.24, p. 49-62. 1999.

KRAFTA, Romulo. *Notas de aula de Morfologia Urbana*. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2014.

KRÜGER, M. J. T. An approach to built-form connectivity at the urban scale: system description and its representation. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v 6, p. 67- 88. 1979.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. *A morfologia urbana*. In: Morfologia urbana e desenho da cidade. Versão original 1989. 6. ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian: Serviço de Educação e Bolsas, p. 35-54. 2011.

LATORA, V., MARCHIORI, M. Efficient behavior of small-world networks. *Physical Review Letters*, v. 87(19), 198701. 2001.

LIU, Yan. *Introduction to Urban Development Modelling*. In: Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata. NewYork. CRC Press Taylor & Francis Group, p.1-23. 2009.

MEDEIROS, Valério A. S. de. *Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas*. Tese de Doutorado. Brasília: UnB – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2006.

MEDINA, A., MATTA, I., BYERS, J. On the origin of power laws in Internet topologies. *Computer Communication Review*, v. 30, n. 2, p. 18-28, 2000.

MUEHLENHAUS, Ian. *Web Cartography: Map Design for Interactive and Mobile Devices*. Boca Raton: CRC Press. 2013.

NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, v. 45, p. 167-256. 2003.

NIKIFOROV, V. Eigenvalues and degree deviation in graphs. *Linear Algebra and its Applications*, 414, p. 347-60. 2006.

OLIVEIRA, J. A. D.; OLIVEIRA, C. S.; JUSTEL, C.; ABREU, N. M. M. D. *Measures of irregularity of graphs*. Pesquisa Operacional, v. 33, n. 3, p. 383-398, 2013.

PETERMANN, T., DE LOS RIOS, P. Spatial small-world networks: a wiring-cost perspective. *arXiv:cond-mat/0501410v2* [cond-mat.dis-nn]. 2005.

POLIDORI, Maurício Couto; KRAFTA, Romulo; GRANERO, Juliano Chaves. *Software Medidas Urbanas® versão 1.15*. FAPERGS. Pelotas: UFPel. 2001.

POLIDORI, Maurício Couto; KRAFTA, Romulo. Crescimento urbano - fragmentação e sustentabilidade. *Anais X Encontro Nacional da ANPUR*. Belo Horizonte. ANPUR. 2003.

PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. The network analysis of urban streets: a dual approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 369 (2), p. 853-66. 2006a.

PORTA, S.; CRUCITTI, P.; LATORA, V. The network analysis of urban streets: a primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 33, p. 705-25. 2006b.

PORTO, Rubem La Laina; ZAHED FILHO, Kamel. *Bacias Hidrográficas*. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, PHD 307 Hidrologia Aplicada. 1999. Disponível em: <http://www.ufmt.br/ppgrh/ementas/rh/Apostila_Bacias_Hidrograficas-USP.pdf>. Acesso em: 14 de maio 2014.

ROTH, Robert Emmett. *Interacting with Maps: The science and practice of cartographic interaction*. PhD Thesis. The Pennsylvanica State University, 2011.

SARAIVA, Marcus; POLIDORI, Mauricio. *UrbanMetrics 1.0.1 2015*. Software. Pelotas: LabUrb UFPel. 2015.

SEGAL, Rafi; VERBAKEL, Els. Urbanism Without Density. *Architectural Design Magazine - Cities of Dispersal*. v. 78, n. 1. 2008.

SERRA, Geraldo G. *Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação*. São Paulo: Edusp: Mandarim. 2006.

SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. 23 ed. São Paulo: Cortez. 2007.

SHARPE, Norean R.; VEAUX, Richard D. De; VELLEMAN, Paul F. *Estatística aplicada: administração, economia e negócios*. Traduzido por Lori Viali. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SICSÚ, Abraham Laredo; DANA, Samy. *Estatística aplicada: análise exploratória de dados*. São Paulo, Brasil: Editora Saraiva. 2012.

SILVA, G. P. *Forma Urbana e Sustentabilidade - Algumas Notas sobre o Modelo de Cidade Compacta*. Lisboa, Portugal: Planeamento e Prospectiva, v.15. 2008.

SIMÕES-PEREIRA, J. M. S. *Grafos e redes: teoria e algoritmos básicos*. Rio de Janeiro, Editora Interciência Ltda. 2013.

THOMSON, R. C. Bending the axial line: smoothly continuous road centre-line segments as a basic for road network analysis. *Proceedings 4th Space Syntax Symposium*, London, p. 50.1-10. 2003.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: Editora McGraw Hill, p. 245. 1975.

WAGNER, R. On the metric, topological and functional structures of urban networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 387(8-9), p. 2120-32. 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GOIÁS	143
APÊNDICE 2 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO	144
APÊNDICE 3 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	145
APÊNDICE 4 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	146
APÊNDICE 5 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ARAPIRACA - ALAGOAS	147
APÊNDICE 6 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL	148
APÊNDICE 7 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	149
APÊNDICE 8 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	150
APÊNDICE 9 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE BAURU - SÃO PAULO	151
APÊNDICE 10 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BAURU - SP	152
APÊNDICE 11 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BAURU - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	153
APÊNDICE 12 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE BAURU - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	154
APÊNDICE 13 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE BOA VISTA - RORAIMA.....	155
APÊNDICE 14 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BOA VISTA - RR.....	156
APÊNDICE 15 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BOA VISTA - RR COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	157
APÊNDICE 16 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE BOA VISTA - RR PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	158
APÊNDICE 17 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CAMAÇARI - BAHIA	159

APÊNDICE 18 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA	160
APÊNDICE 19 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	161
APÊNDICE 20 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	162
APÊNDICE 21 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CARUARU - PERNAMBUCO.	163
APÊNDICE 22 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CARUARU - PE	164
APÊNDICE 23 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CARUARU - PE COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	165
APÊNDICE 24 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CARUARU - PE PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	166
APÊNDICE 25 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CASCAVEL - PARANÁ	167
APÊNDICE 26 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CASCAVEL - PR.....	168
APÊNDICE 27 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CASCAVEL - PR COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	169
APÊNDICE 28 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CASCAVEL - PR PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	170
APÊNDICE 29 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MINAS GERAIS	171
APÊNDICE 30 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG	172
APÊNDICE 31 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	173
APÊNDICE 32 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	174
APÊNDICE 33 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PARANÁ.	175
APÊNDICE 34 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR	176
APÊNDICE 35 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	177
APÊNDICE 36 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	178
APÊNDICE 37 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FRANCA - SÃO PAULO	179
APÊNDICE 38 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FRANCA - SP	180

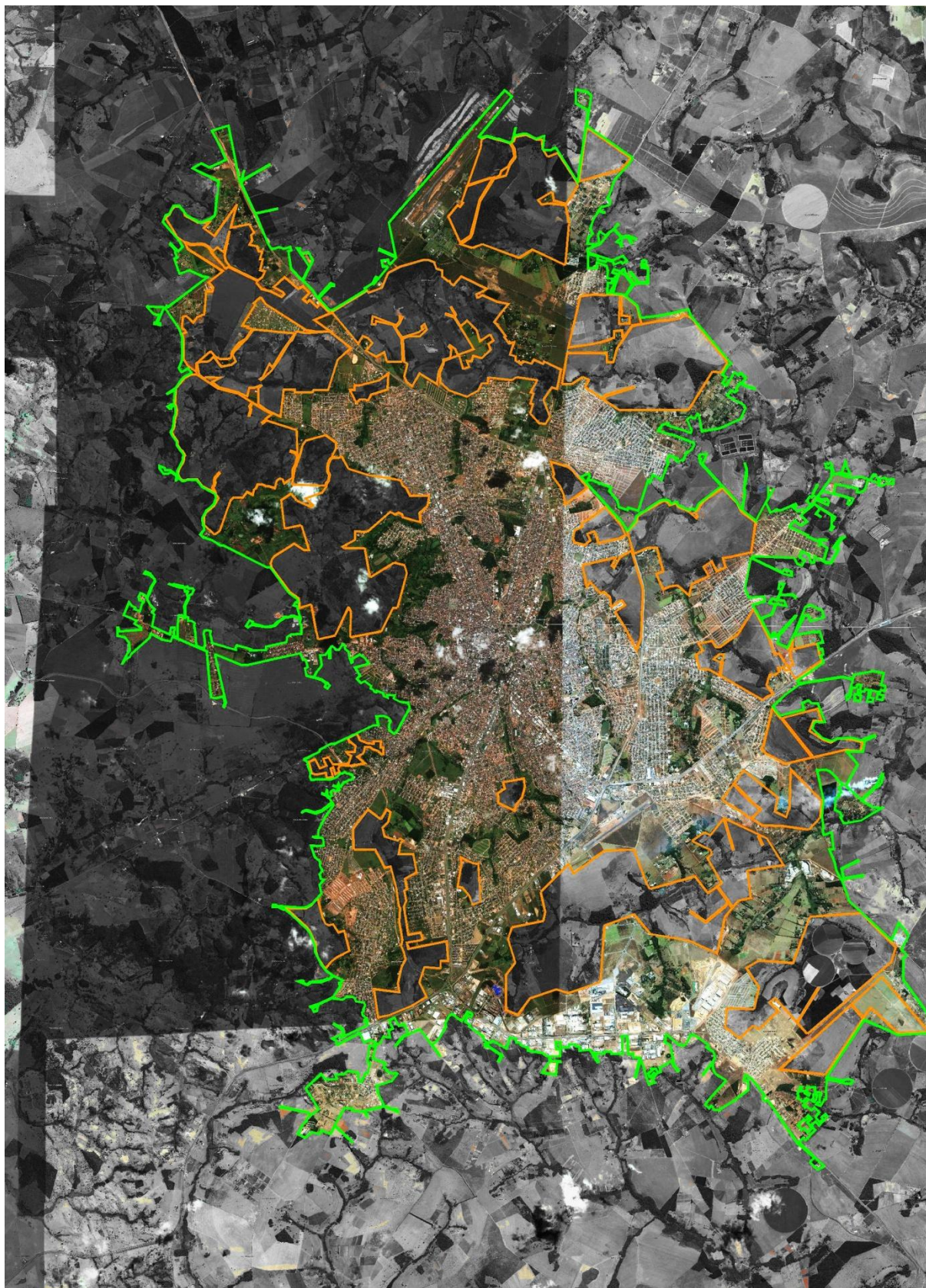
APÊNDICE 39 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FRANCA - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	181
APÊNDICE 40 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE FRANCA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	182
APÊNDICE 41 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MINAS GERAIS	183
APÊNDICE 42 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MG	184
APÊNDICE 43 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	185
APÊNDICE 44 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MG PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	186
APÊNDICE 45 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE GUARUJÁ - SÃO PAULO	187
APÊNDICE 46 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP	188
APÊNDICE 47 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	189
APÊNDICE 48 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	190
APÊNDICE 49 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MARANHÃO	191
APÊNDICE 50 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA	192
APÊNDICE 51 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	193
APÊNDICE 52 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	194
APÊNDICE 53 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ITABUNA - BAHIA	195
APÊNDICE 54 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ITABUNA - BA	196
APÊNDICE 55 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ITABUNA - BA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	197
APÊNDICE 56 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ITABUNA - BA PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	198
APÊNDICE 57 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE LIMEIRA - SÃO PAULO	199
APÊNDICE 58 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE LIMEIRA - SP	200
APÊNDICE 59 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE LIMEIRA - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	201

APÊNDICE 60 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE LIMEIRA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	202
APÊNDICE 61 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MARABÁ - PARÁ	203
APÊNDICE 62 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARABÁ - PA	204
APÊNDICE 63 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARABÁ - PA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	205
APÊNDICE 64 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MARABÁ - PA PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	206
APÊNDICE 65 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MARÍLIA - SÃO PAULO	207
APÊNDICE 66 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARÍLIA - SP	208
APÊNDICE 67 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARÍLIA - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	209
APÊNDICE 68 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MARÍLIA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	210
APÊNDICE 69 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MOSSORÓ - RIO GRANDE DO NORTE	211
APÊNDICE 70 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN	212
APÊNDICE 71 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	213
APÊNDICE 72 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	214
APÊNDICE 73 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PALMAS - TOCANTINS	215
APÊNDICE 74 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PALMAS - TO	216
APÊNDICE 75 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PALMAS - TO PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	217
APÊNDICE 76 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PELOTAS - RIO GRANDE DO SUL	218
APÊNDICE 77 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PELOTAS - RS	219
APÊNDICE 78 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PELOTAS - RS COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	220
APÊNDICE 79 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PELOTAS - RS PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	221

APÊNDICE 80 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PETROLINA - PERNAMBUCO	222
APÊNDICE 81 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PETROLINA - PE	223
APÊNDICE 82 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PETROLINA - PE COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	224
APÊNDICE 83 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PETROLINA - PE PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	225
APÊNDICE 84 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PARANÁ	226
APÊNDICE 85 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR	227
APÊNDICE 86 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	228
APÊNDICE 87 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	229
APÊNDICE 88 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE RIO BRANCO - ACRE	230
APÊNDICE 89 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC	231
APÊNDICE 90 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	232
APÊNDICE 91 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	233
APÊNDICE 92 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SANTA MARIA - RIO GRANDE DO SUL	234
APÊNDICE 93 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS	235
APÊNDICE 94 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	236
APÊNDICE 95 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	237
APÊNDICE 96 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ	238
APÊNDICE 97 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ	239
APÊNDICE 98 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	240
APÊNDICE 99 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	241

APÊNDICE 100 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SÃO PAULO	242
APÊNDICE 101 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP	243
APÊNDICE 102 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	244
APÊNDICE 103 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	245
APÊNDICE 104 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MINAS GERAIS	246
APÊNDICE 105 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG	247
APÊNDICE 106 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	248
APÊNDICE 107 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	249
APÊNDICE 108 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE UBERABA - MINAS GERAIS	250
APÊNDICE 109 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE UBERABA - MG	251
APÊNDICE 110 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE UBERABA - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	252
APÊNDICE 111 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE UBERABA - MG PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	253
APÊNDICE 112 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA	254
APÊNDICE 113 - MAPA AXIAL DA VITÓRIA DA CONQUISTA - BA	255
APÊNDICE 114 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE	256
APÊNDICE 115 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BA PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE	257

APÊNDICE 1 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GOIÁS



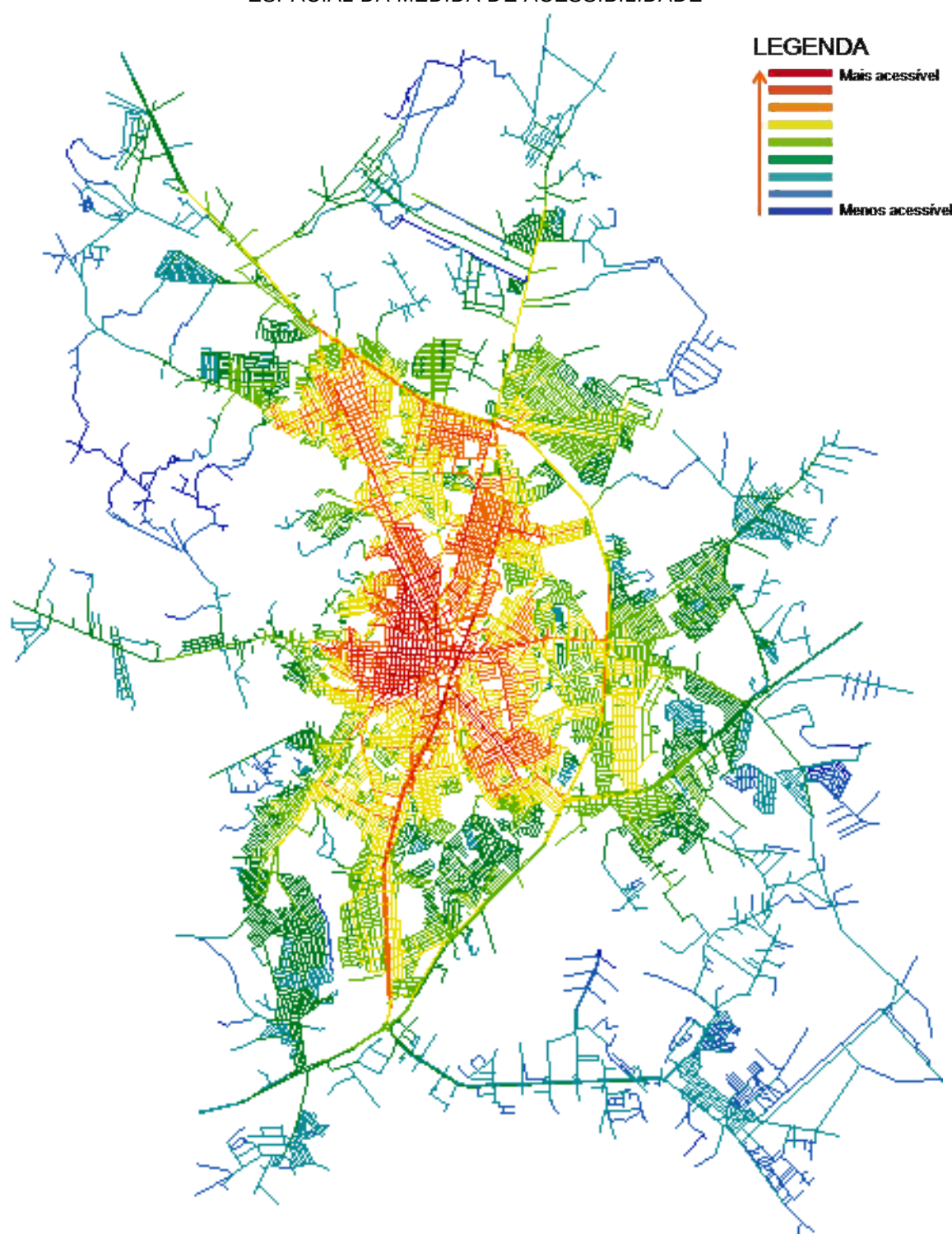
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 2 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO



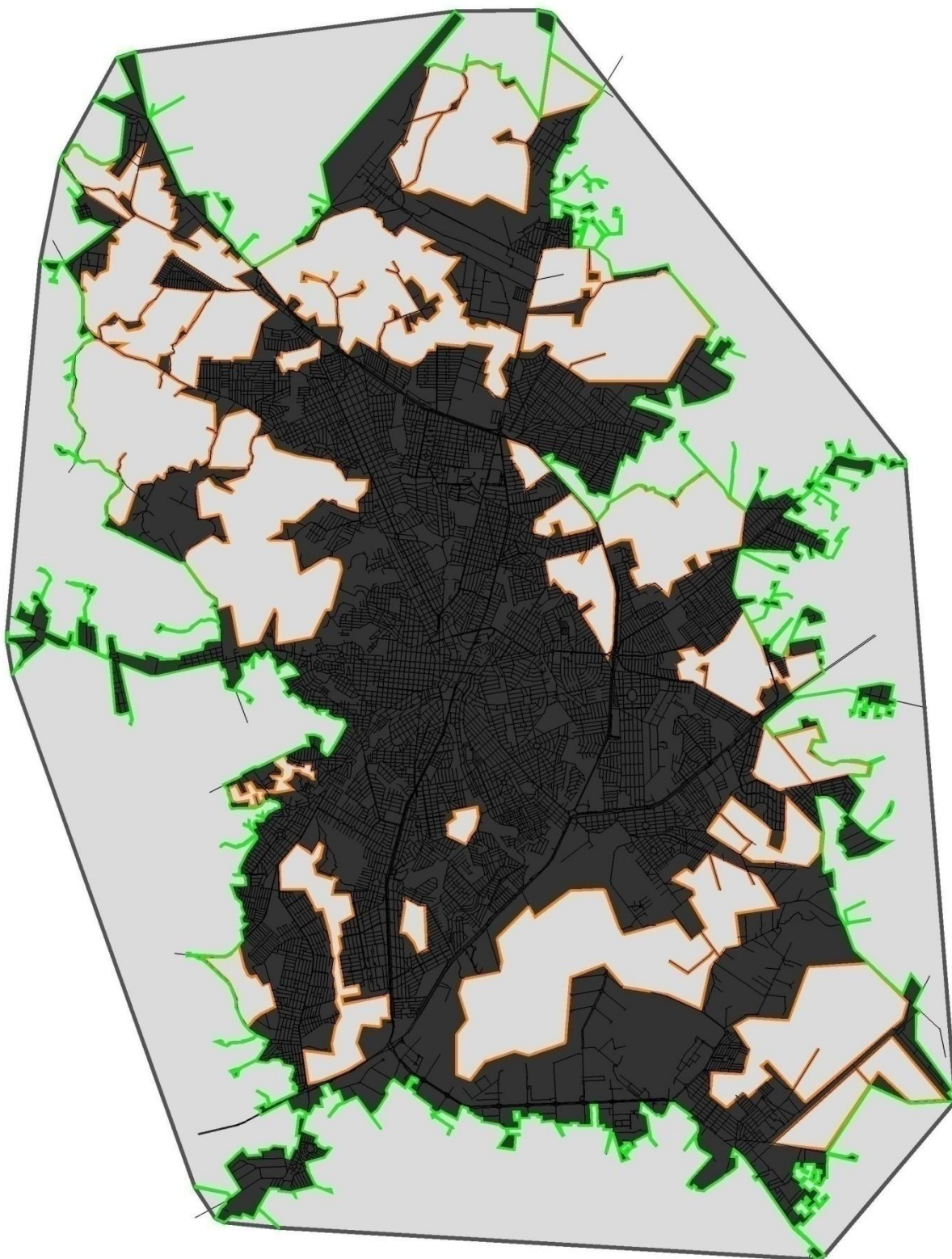
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 3 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



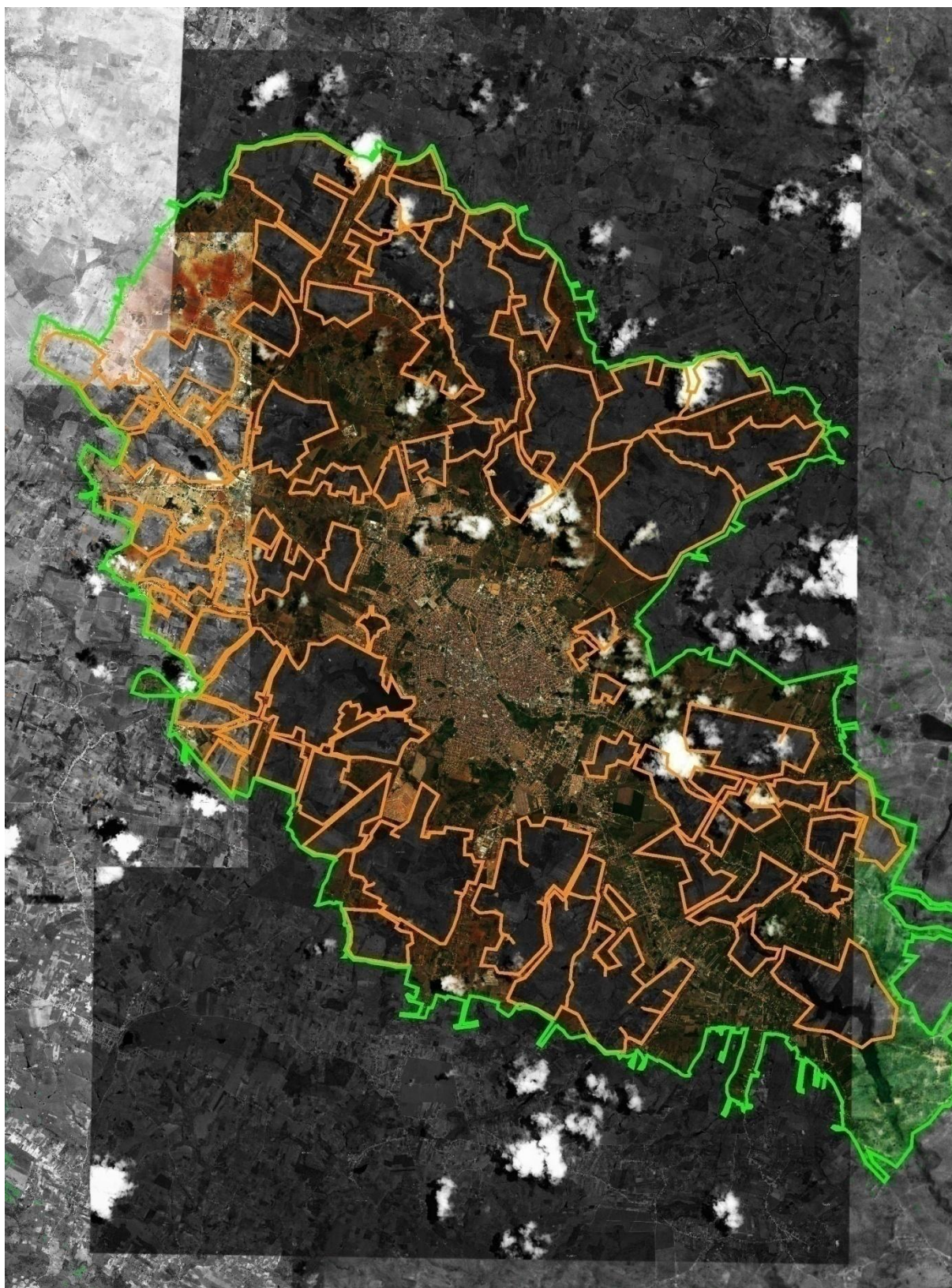
Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 4 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ANÁPOLIS - GO PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Anápolis - GO para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad.

APÊNDICE 5 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ARAPIRACA - ALAGOAS



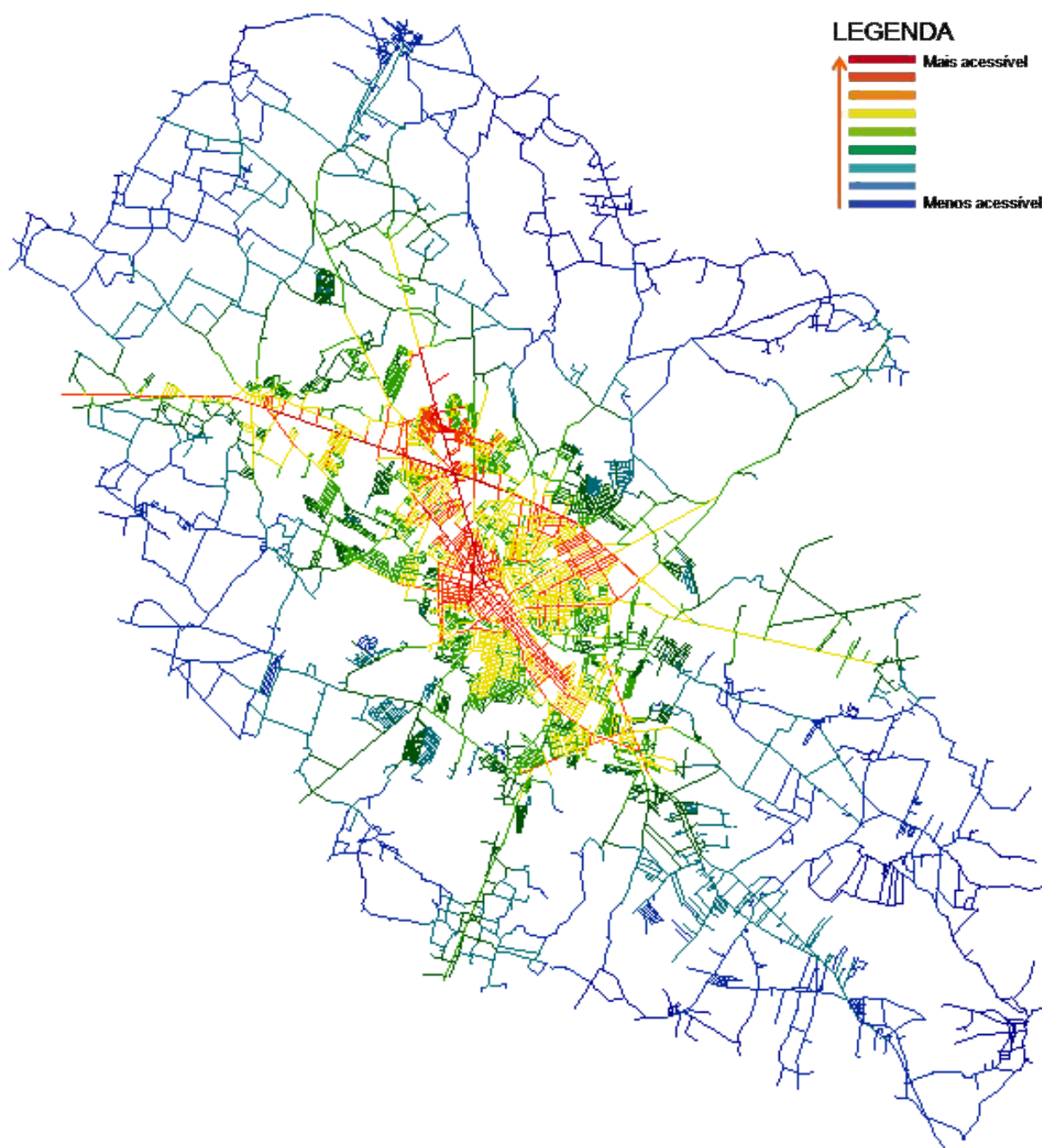
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 6 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL



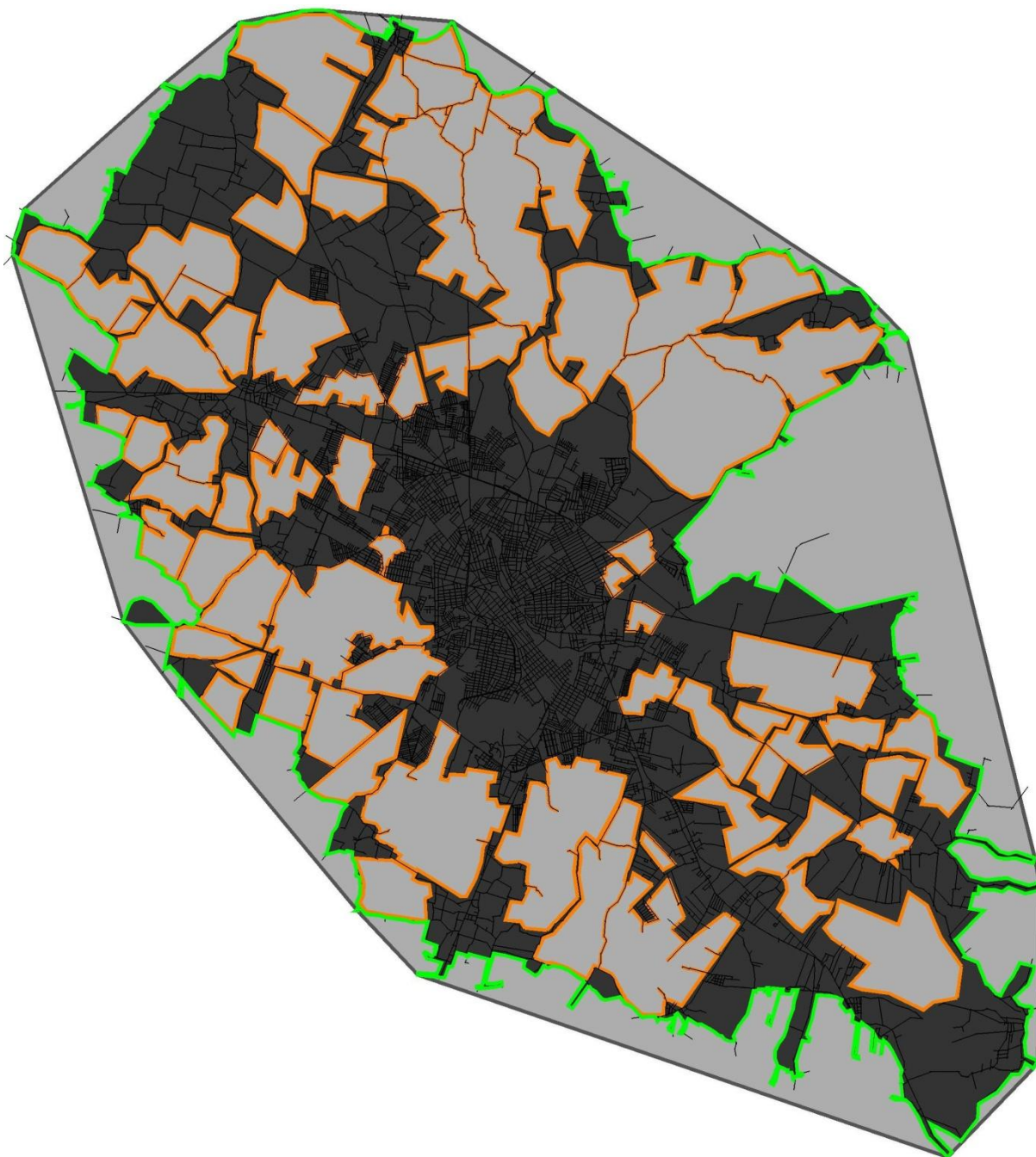
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 7 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



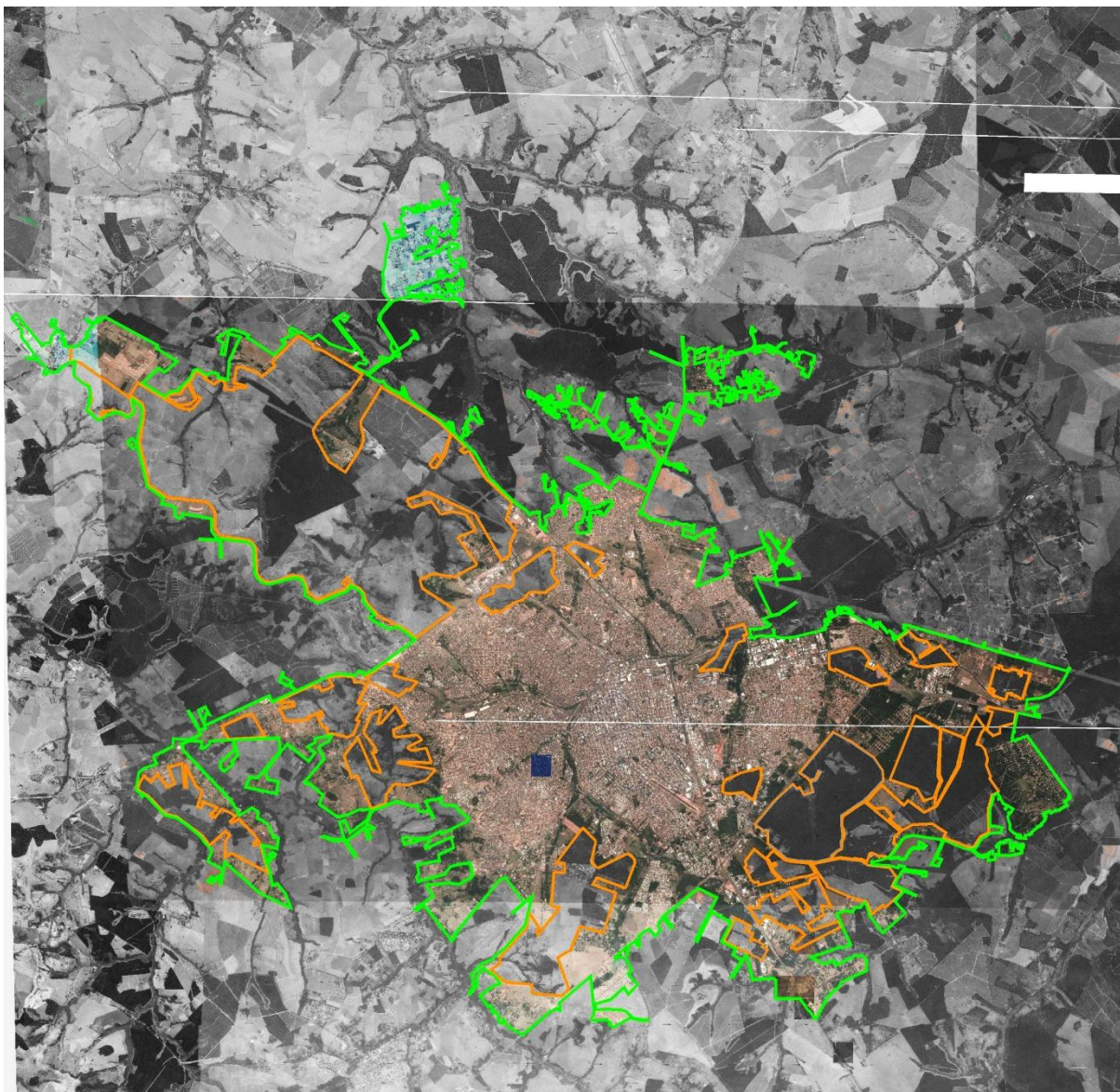
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 8 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ARAPIRACA- AL PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Arapiraca - AL para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 9 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE BAURU - SÃO PAULO



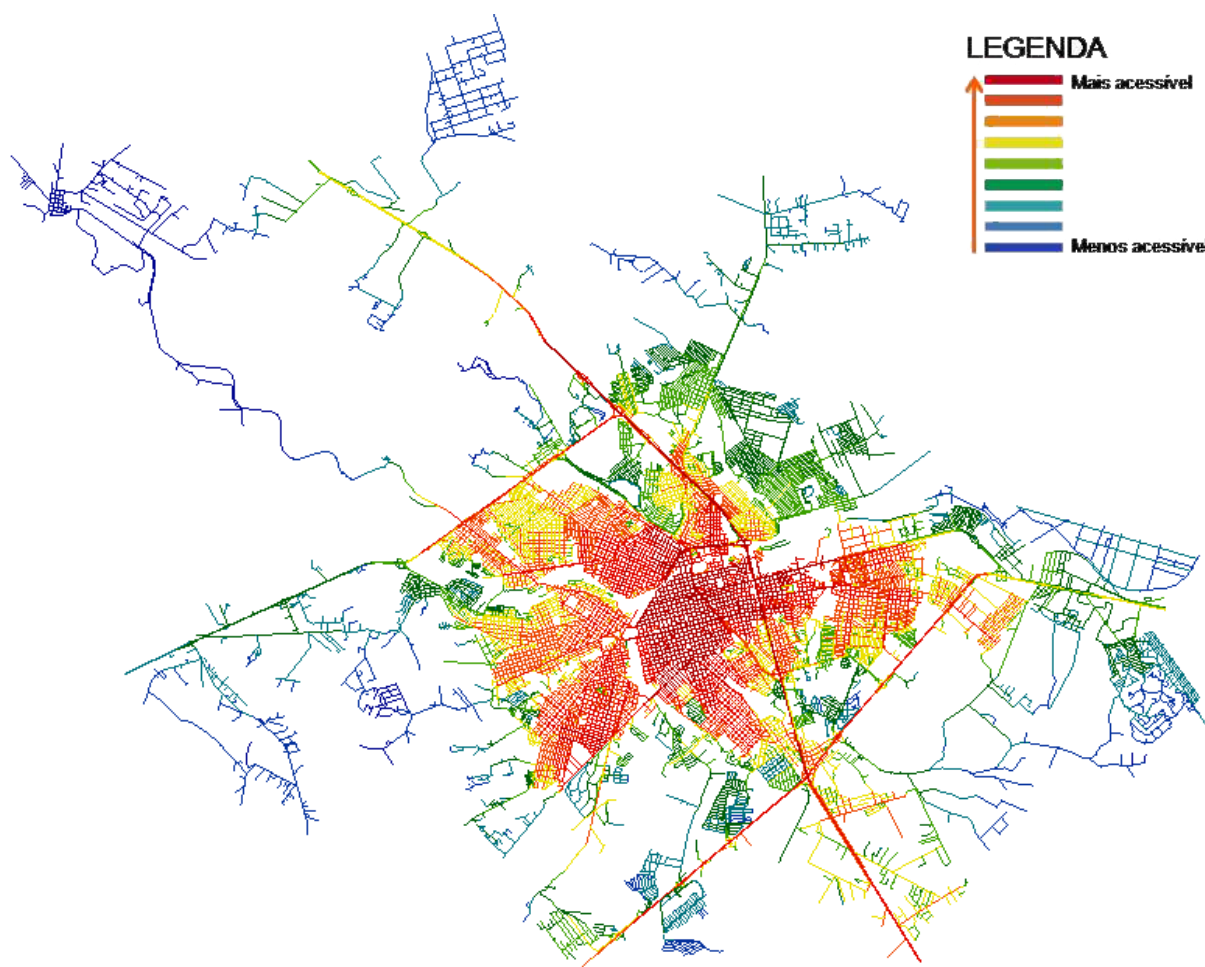
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 10 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BAURU - SP



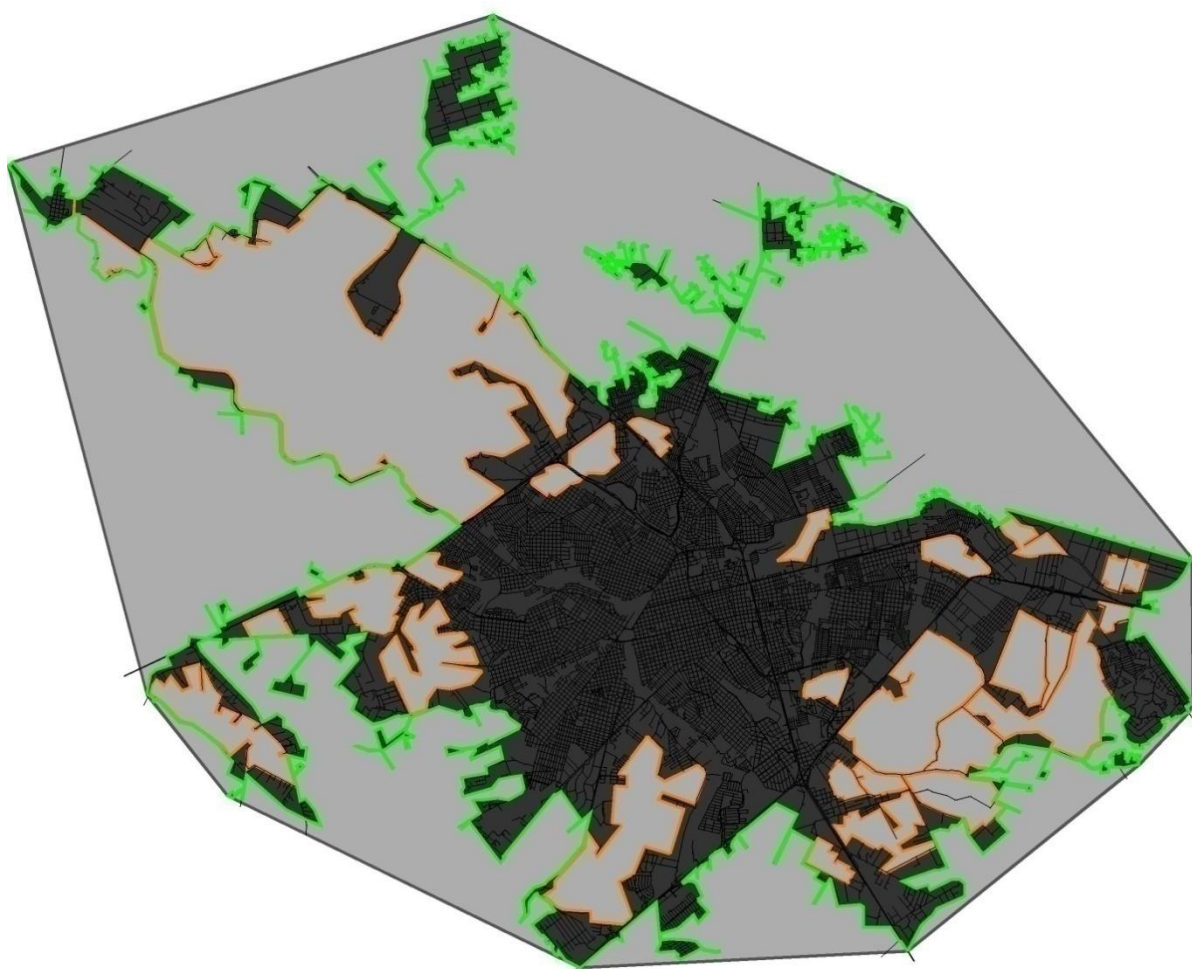
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 11 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BAURU - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



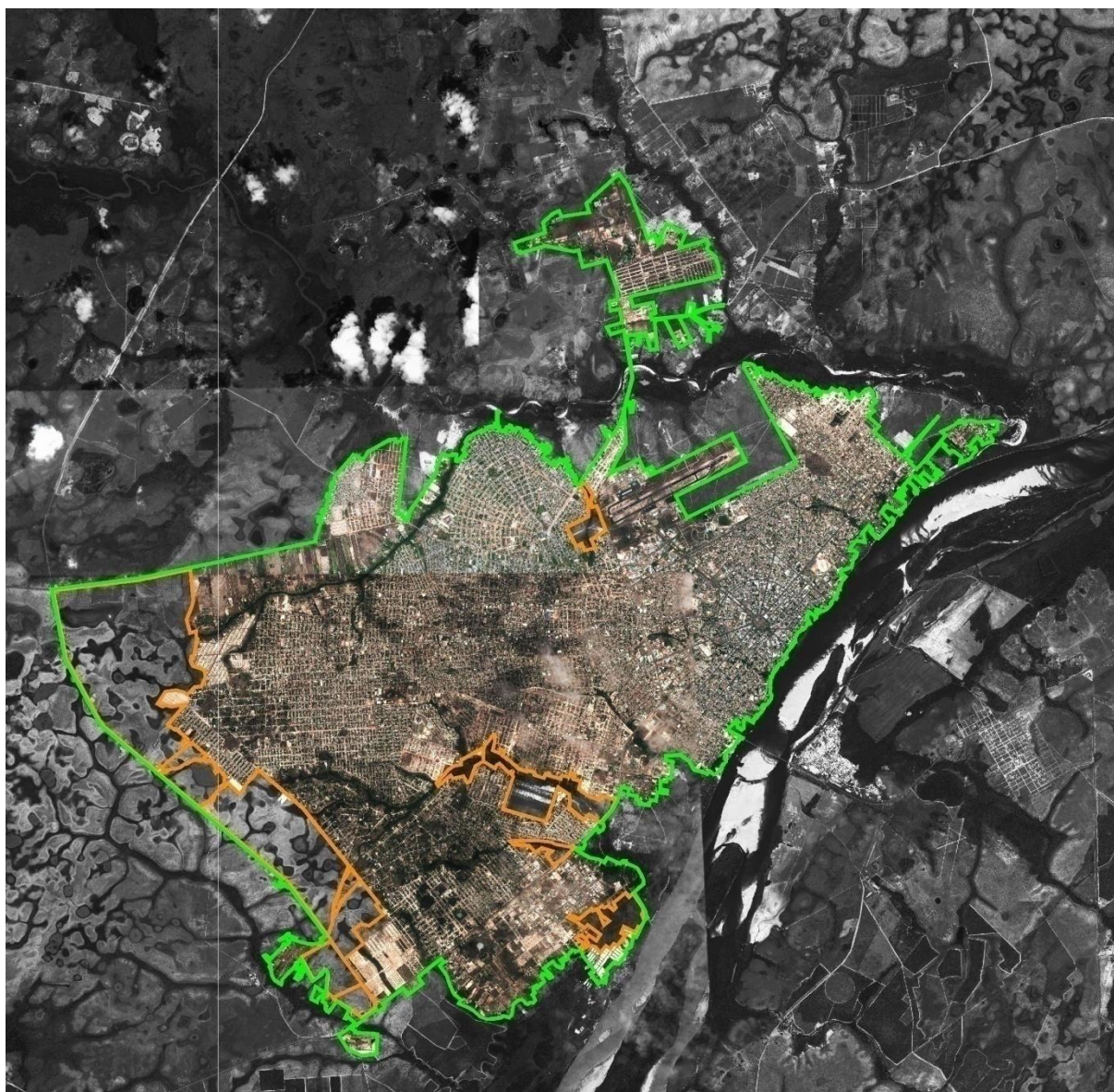
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 12 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE BAURU - SP PARA CALCULAR
O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Bauru - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que contém o crescimento dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição no software AutoCad.

APÊNDICE 13 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE BOA VISTA - RORAIMA



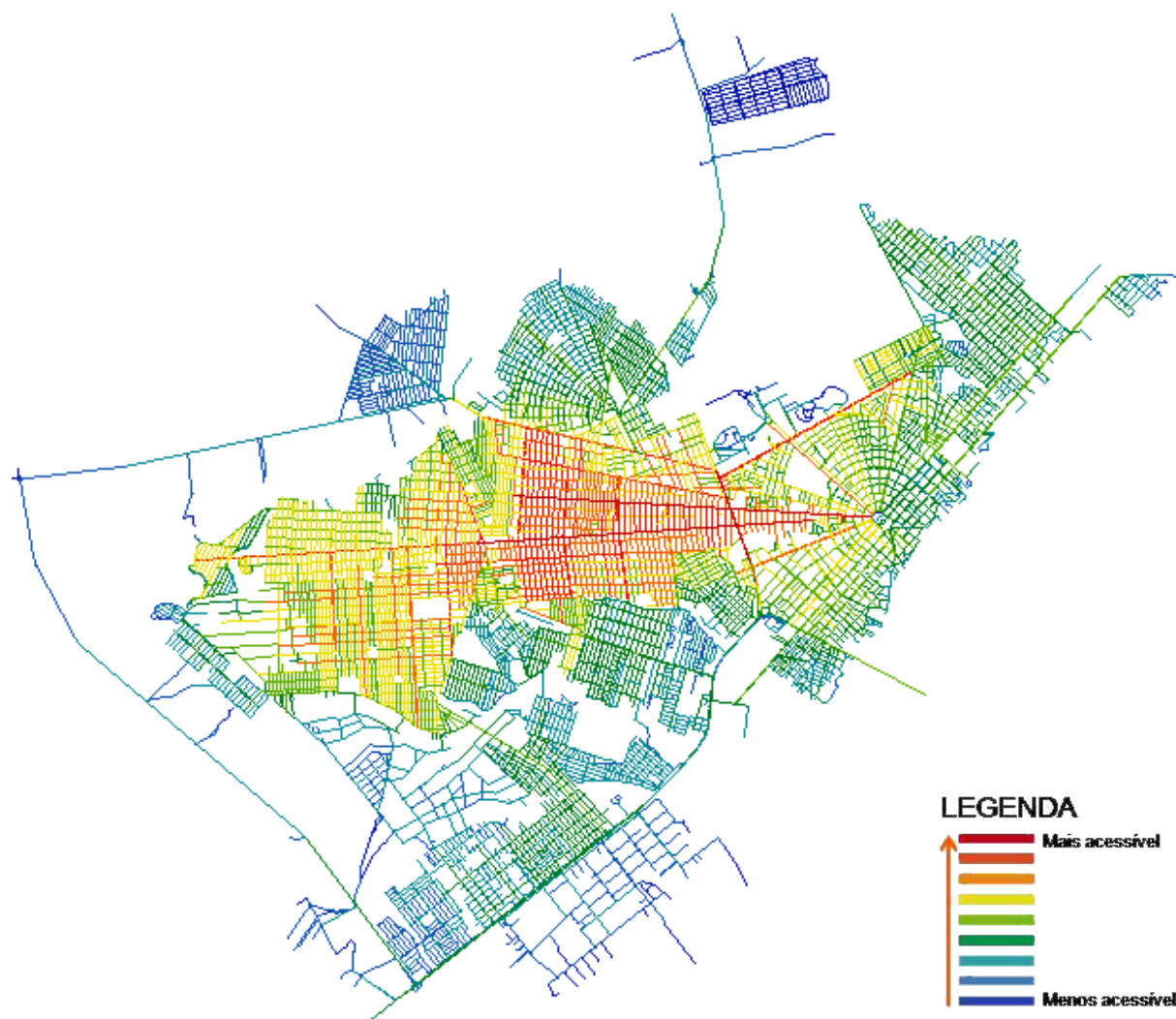
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 14 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BOA VISTA - RR



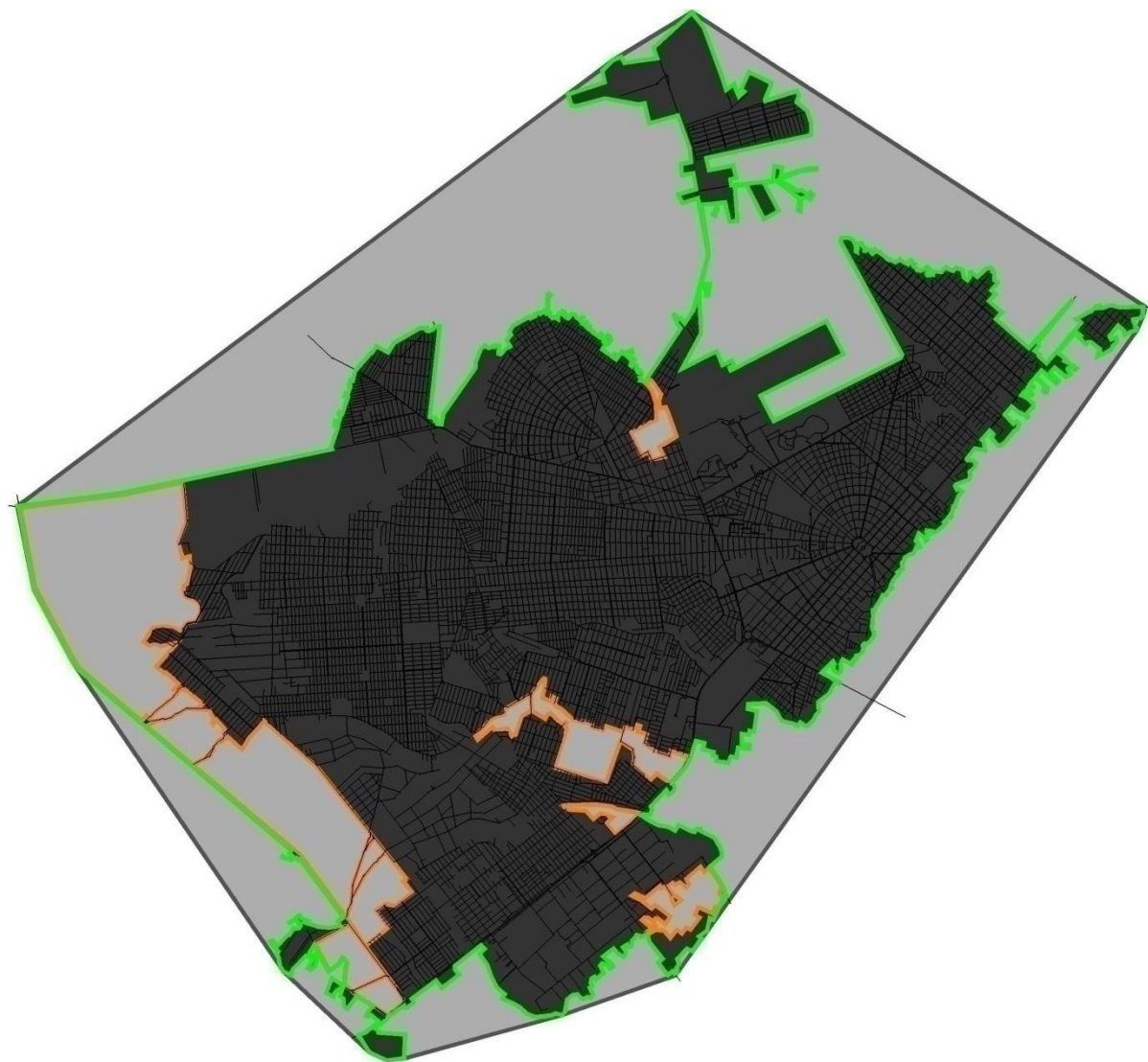
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 15 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE BOA VISTA - RR COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



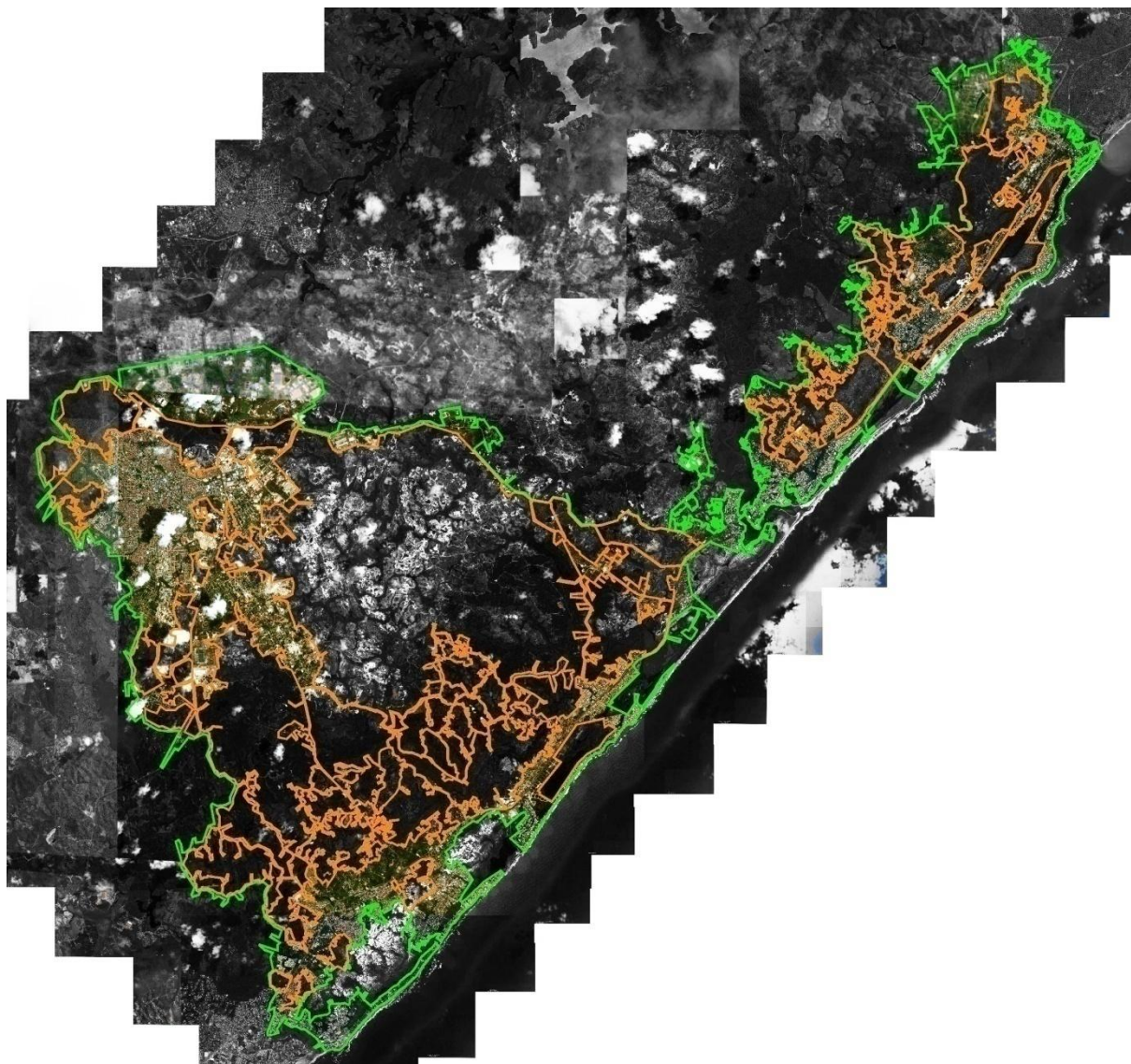
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 16 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE BOA VISTA - RR PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Boa Vista - RR para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 17 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CAMAÇARI - BAHIA



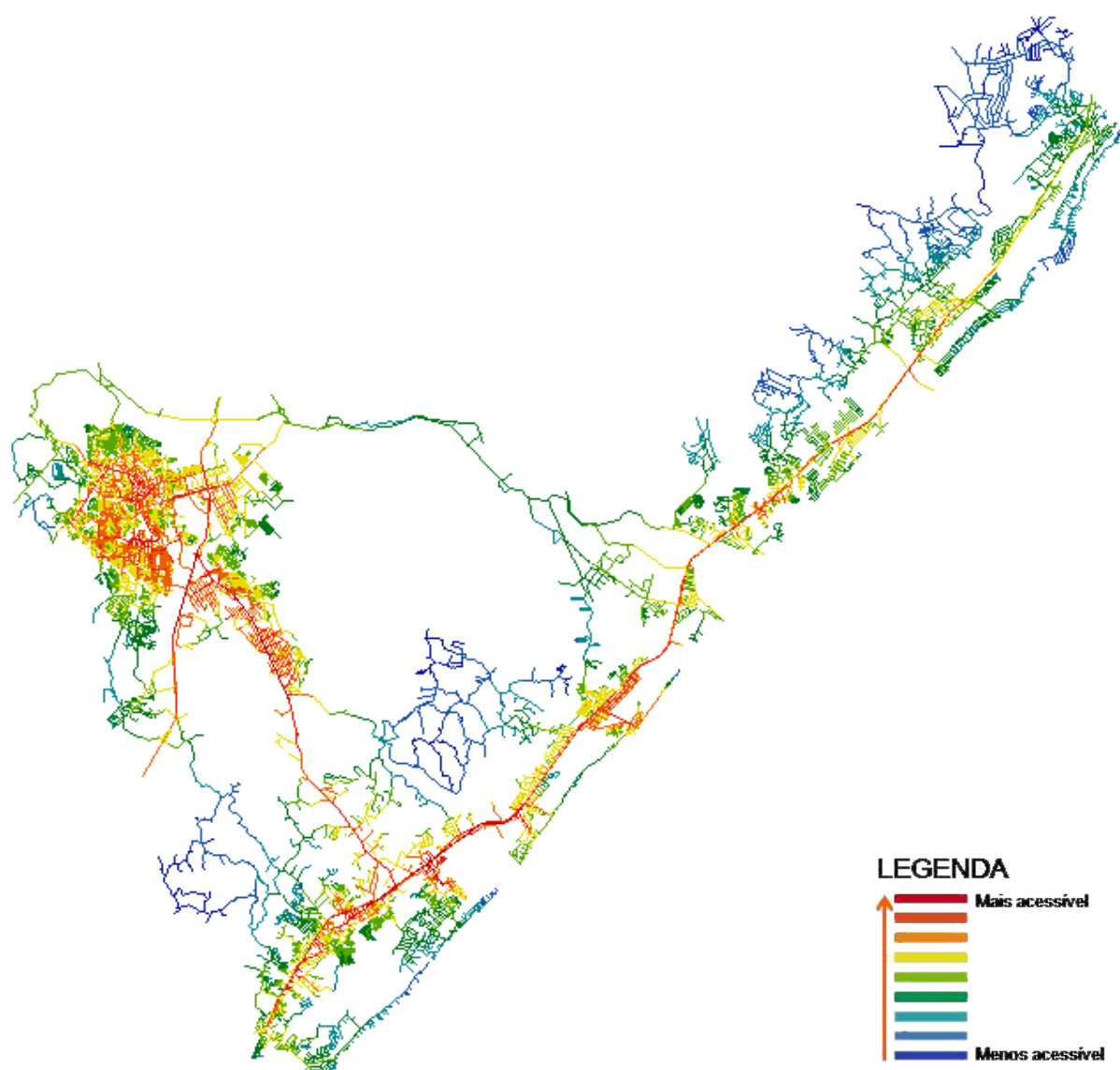
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 18 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA



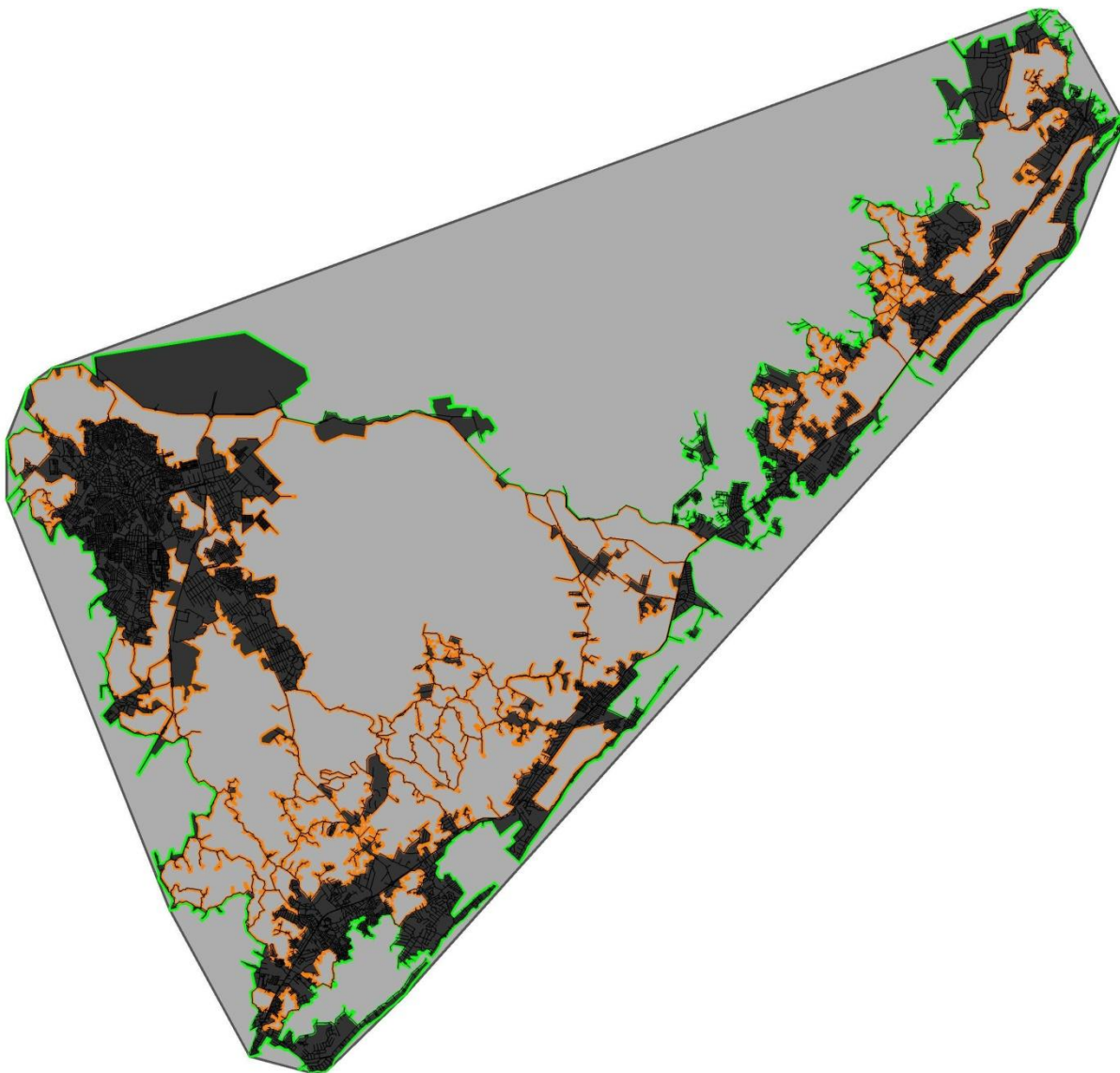
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 19 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



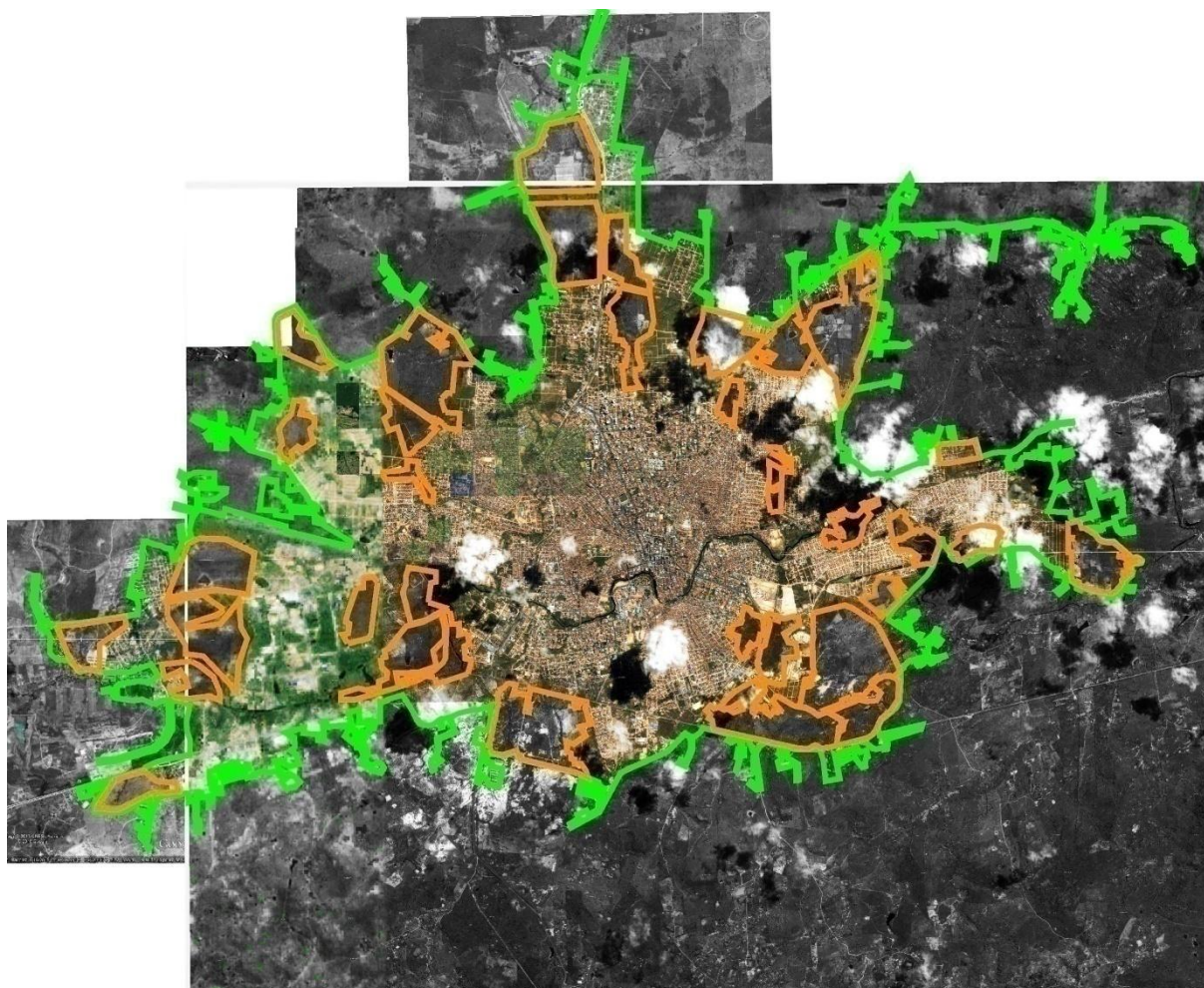
Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 20 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CAMAÇARI - BA PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Camaçari - BA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 21 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CARUARU - PERNAMBUCO



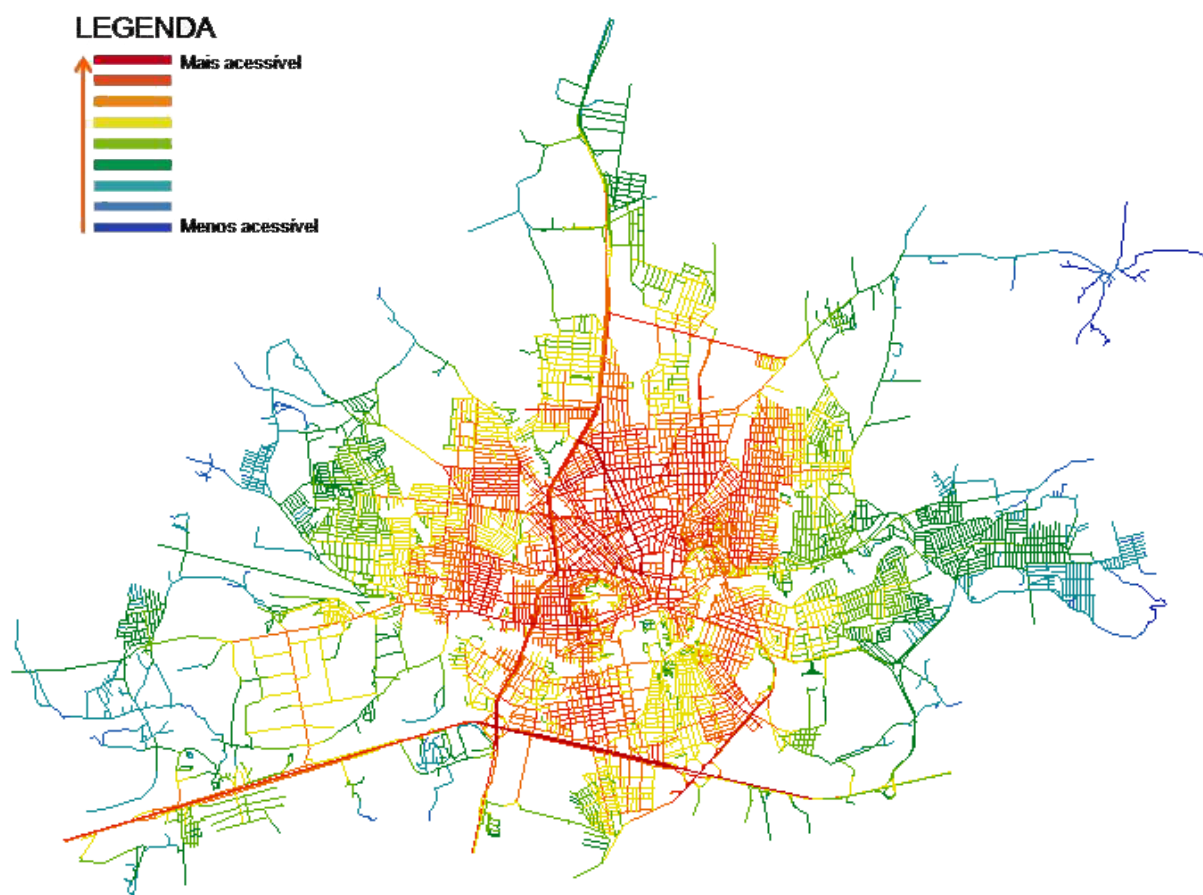
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos softwares AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 22 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CARUARU - PE



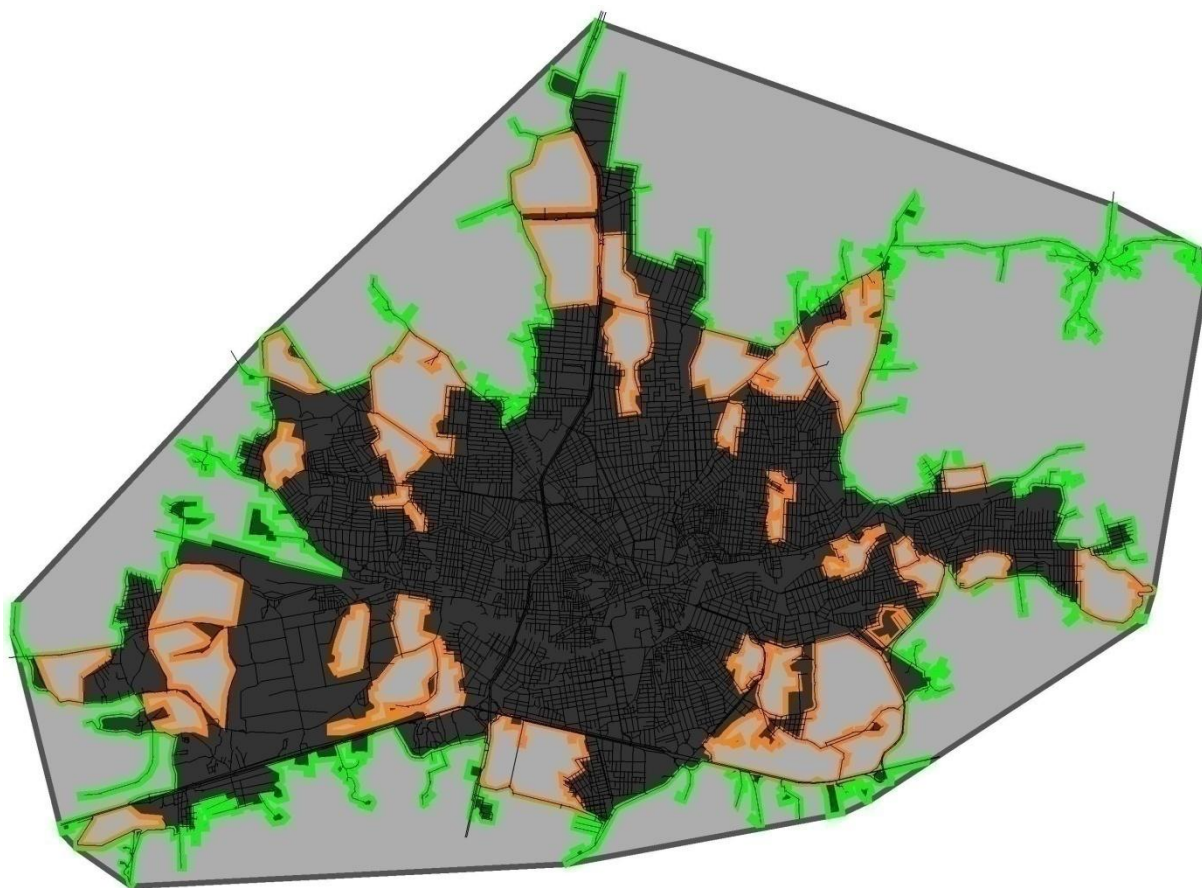
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 23 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CARUARU - PE COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 24 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CARUARU - PE PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Caruaru - PE para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 25 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE CASCAVEL - PARANÁ



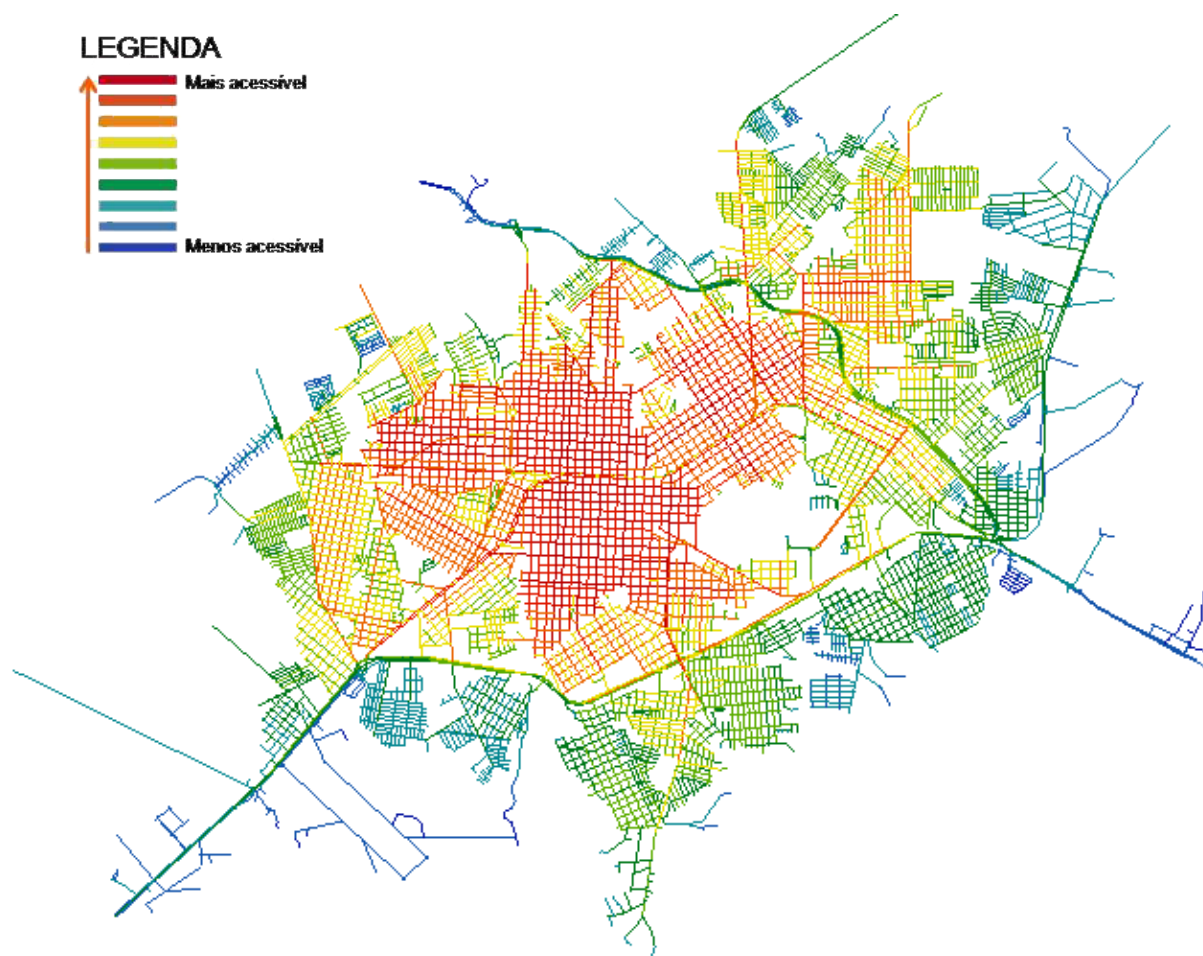
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 26 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CASCAVEL - PR



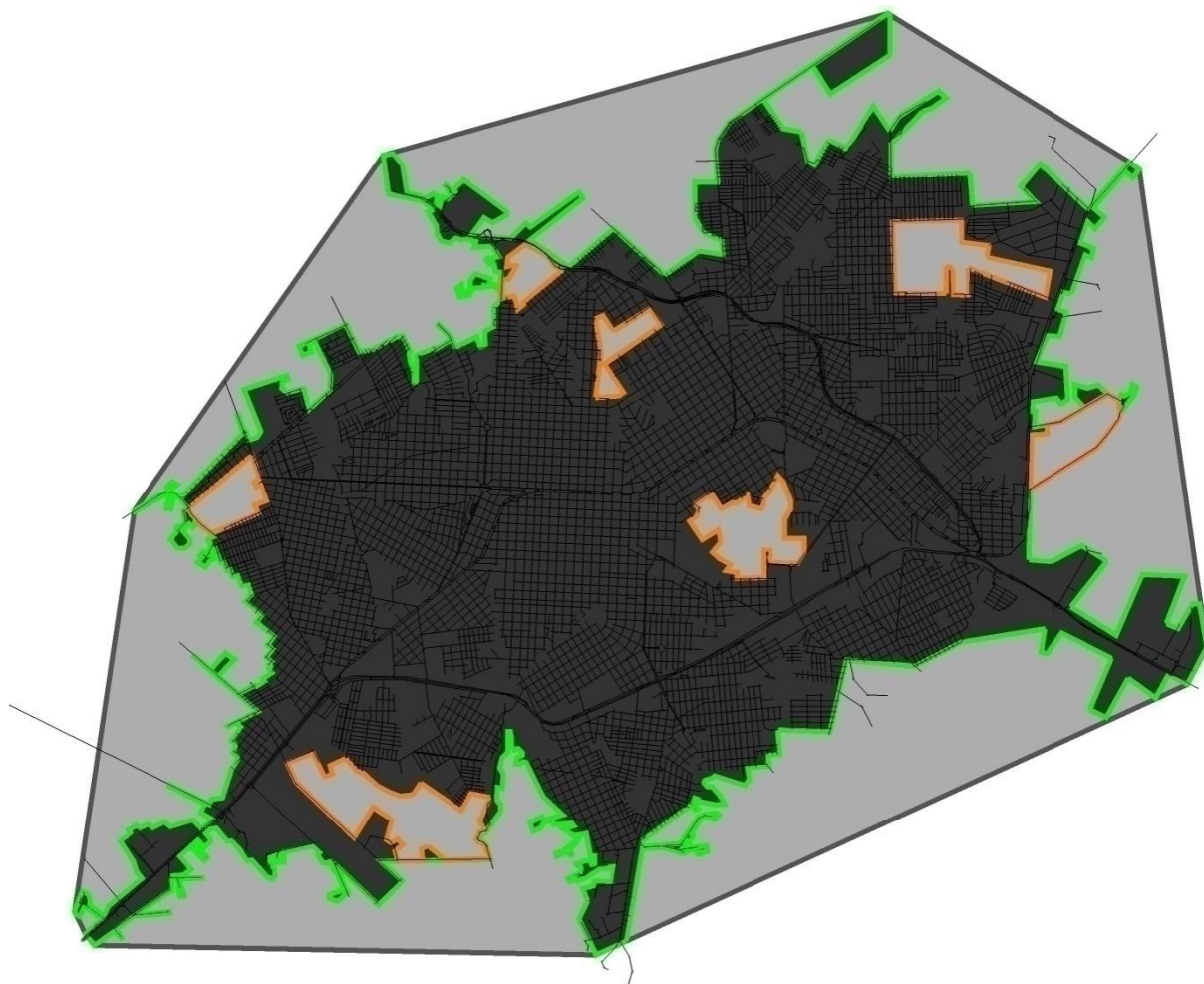
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 27 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE CASCAVEL - PR COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



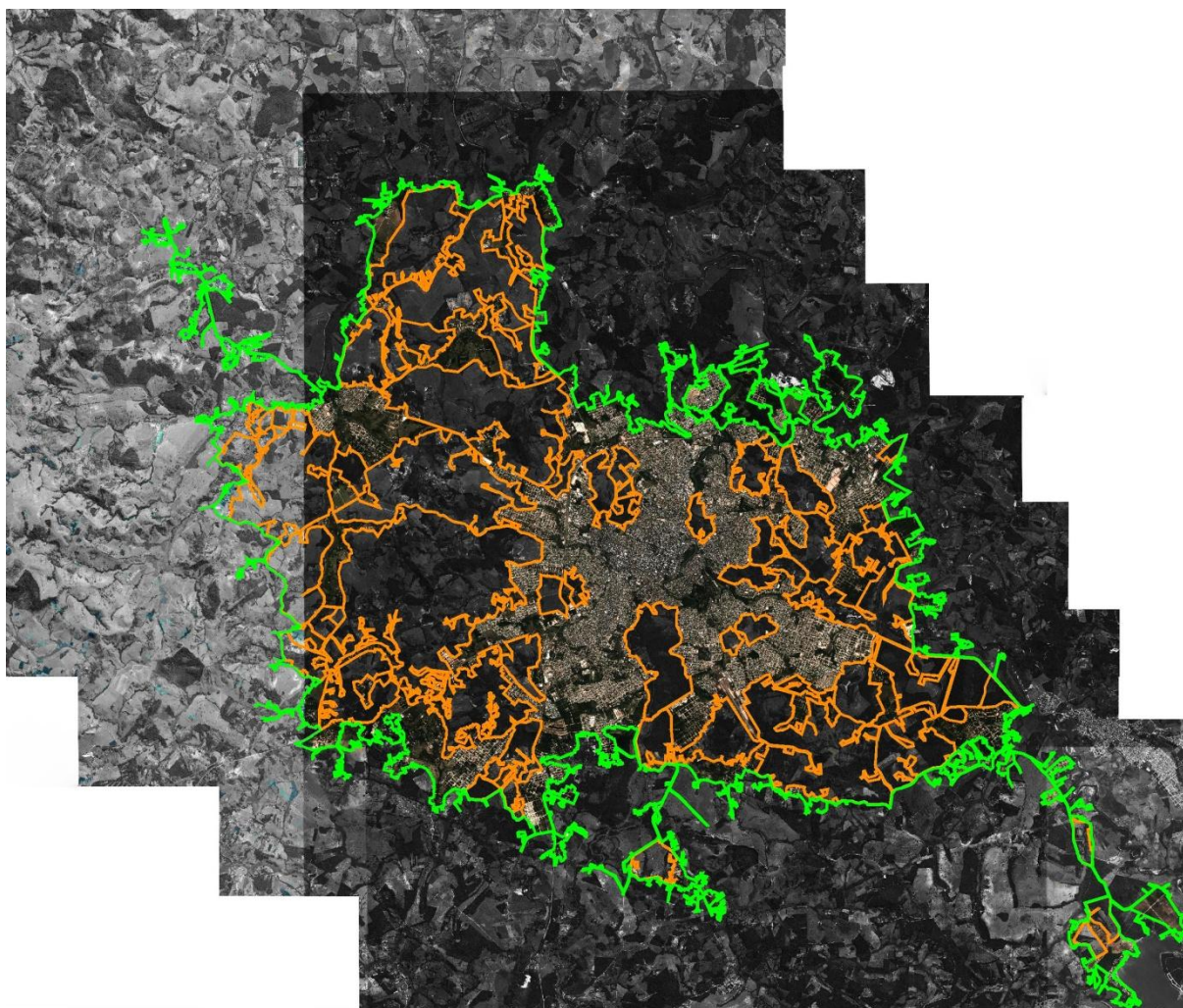
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 28 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE CASCAVEL - PR PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



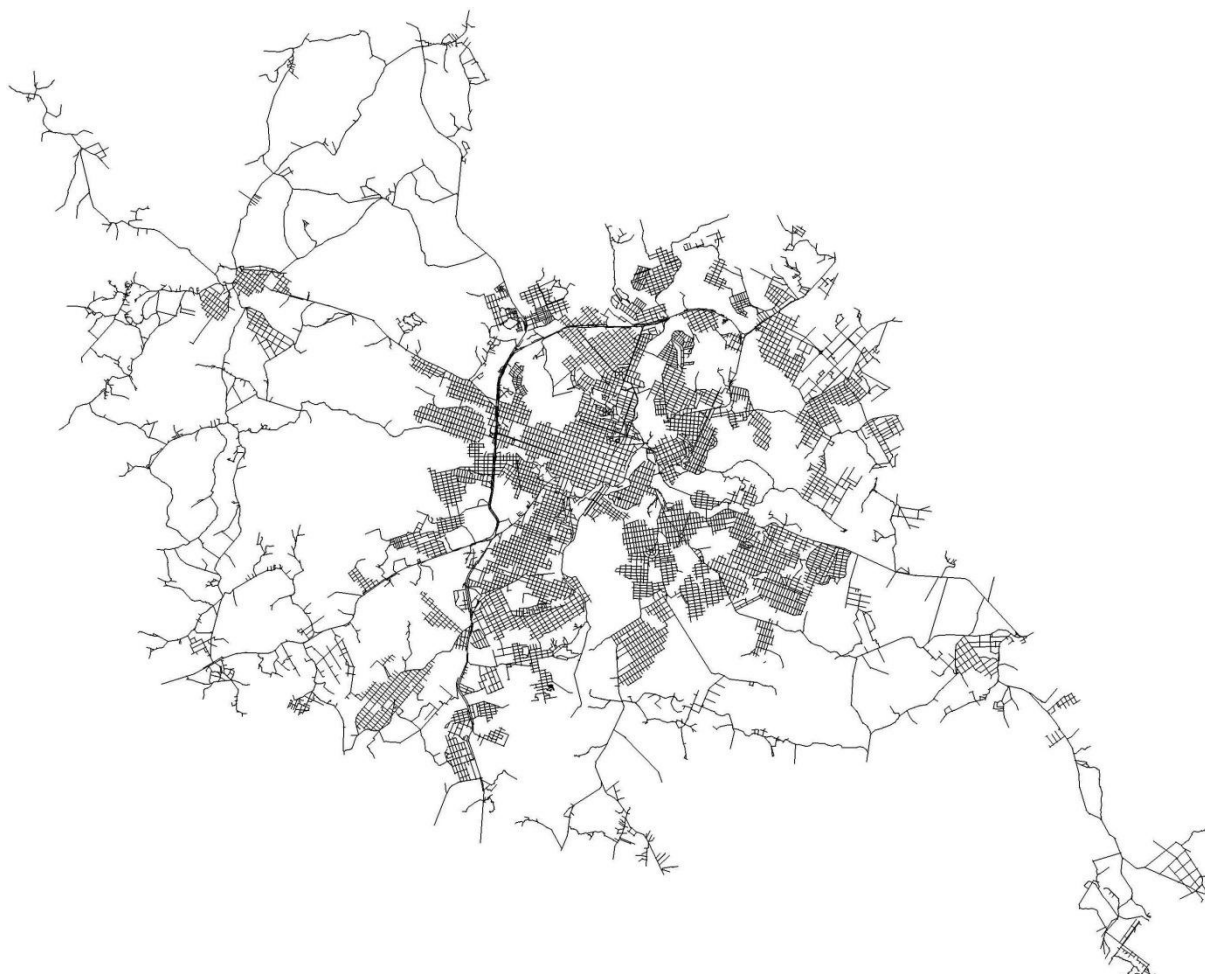
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Cascavel - PR para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 29 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MINAS GERAIS



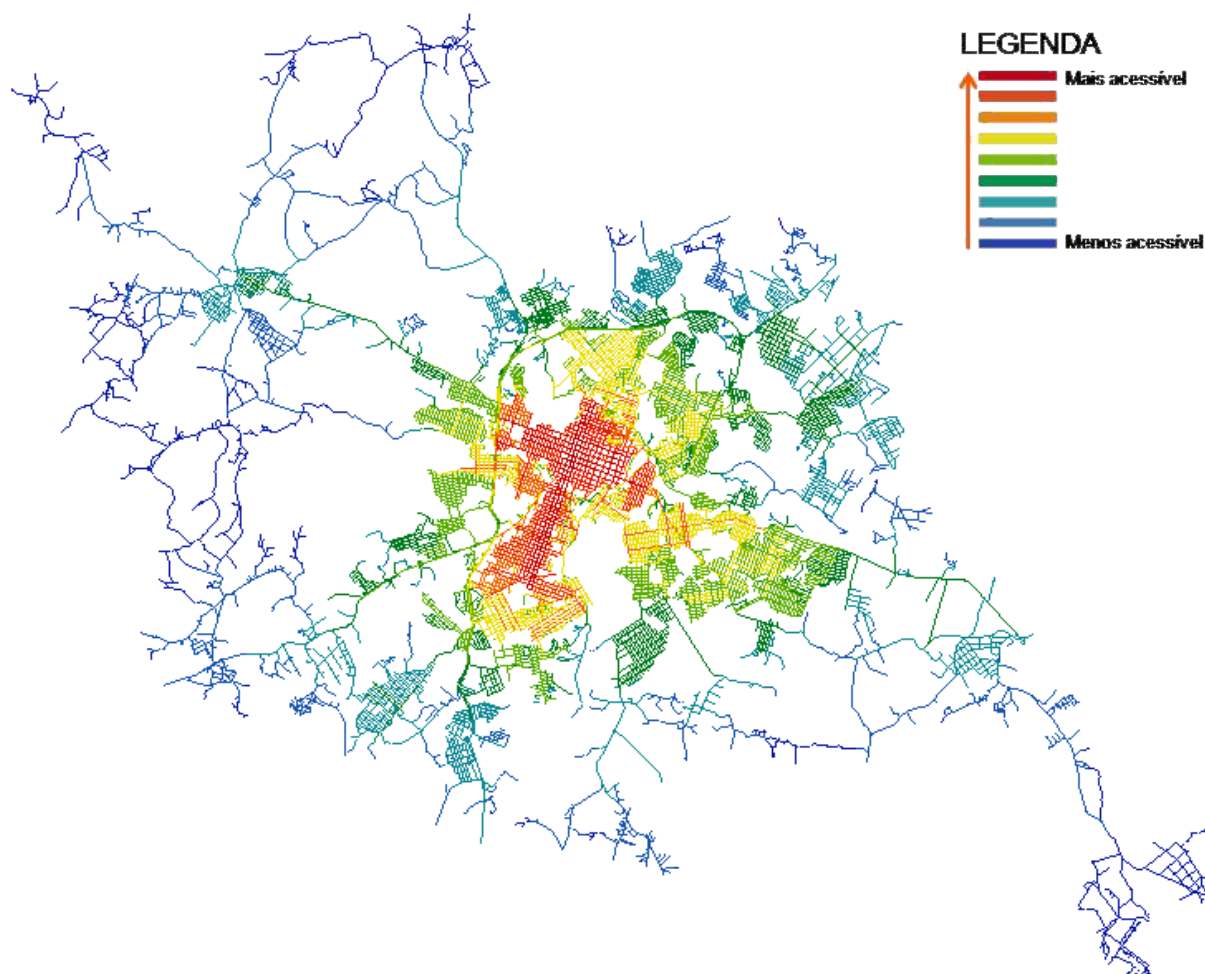
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 30 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG



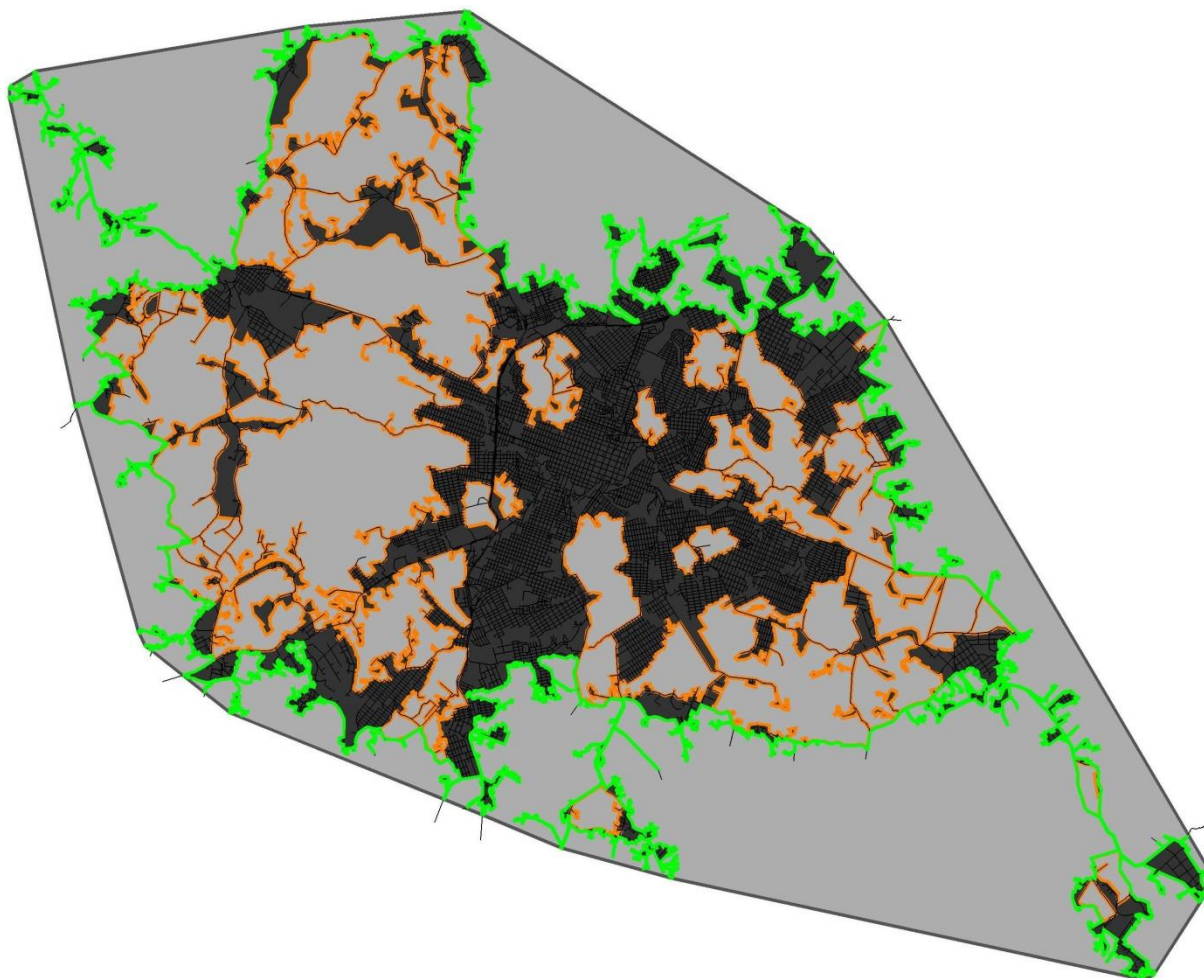
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 31 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



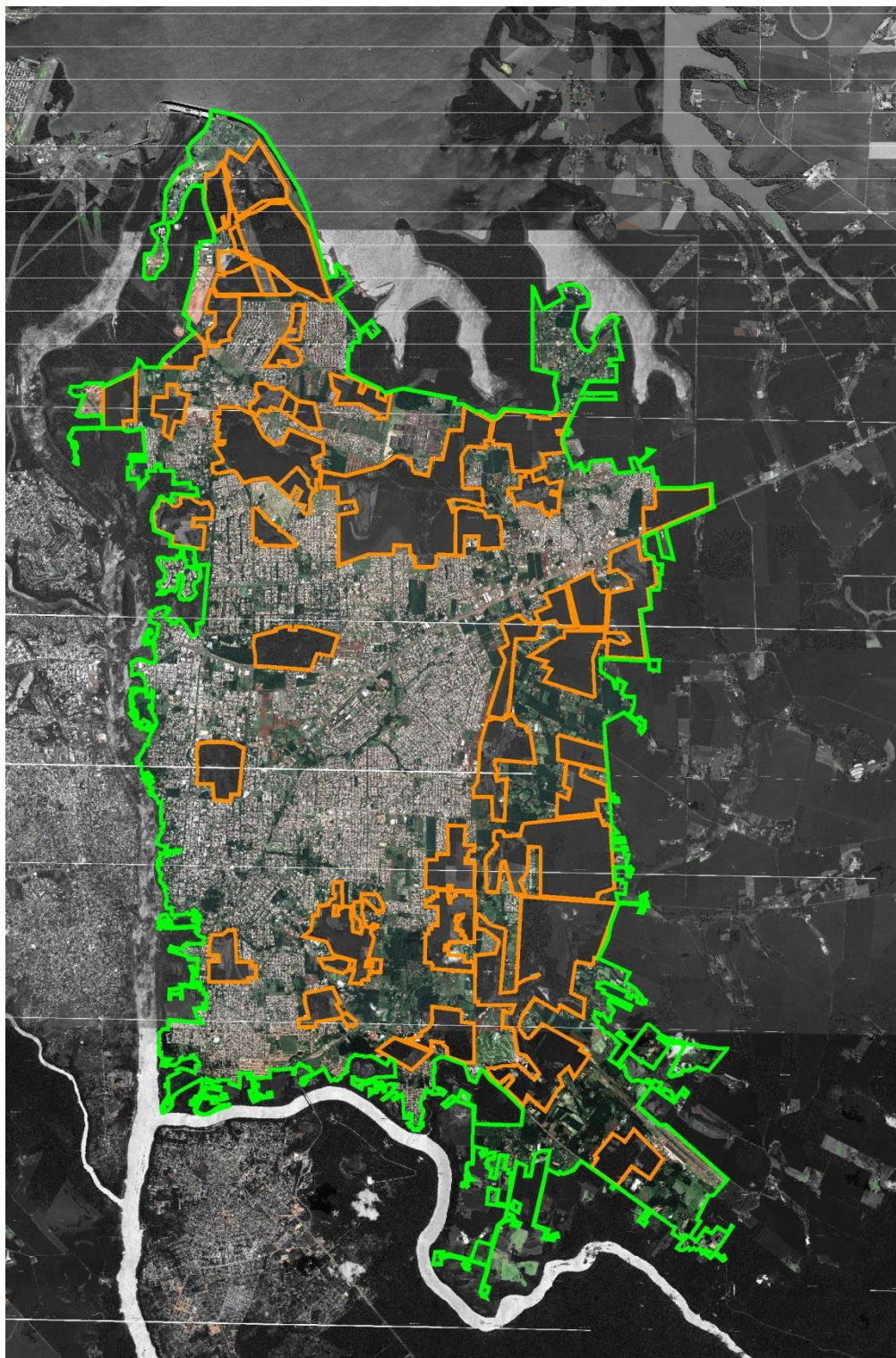
Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 32 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE DIVINÓPOLIS - MG PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



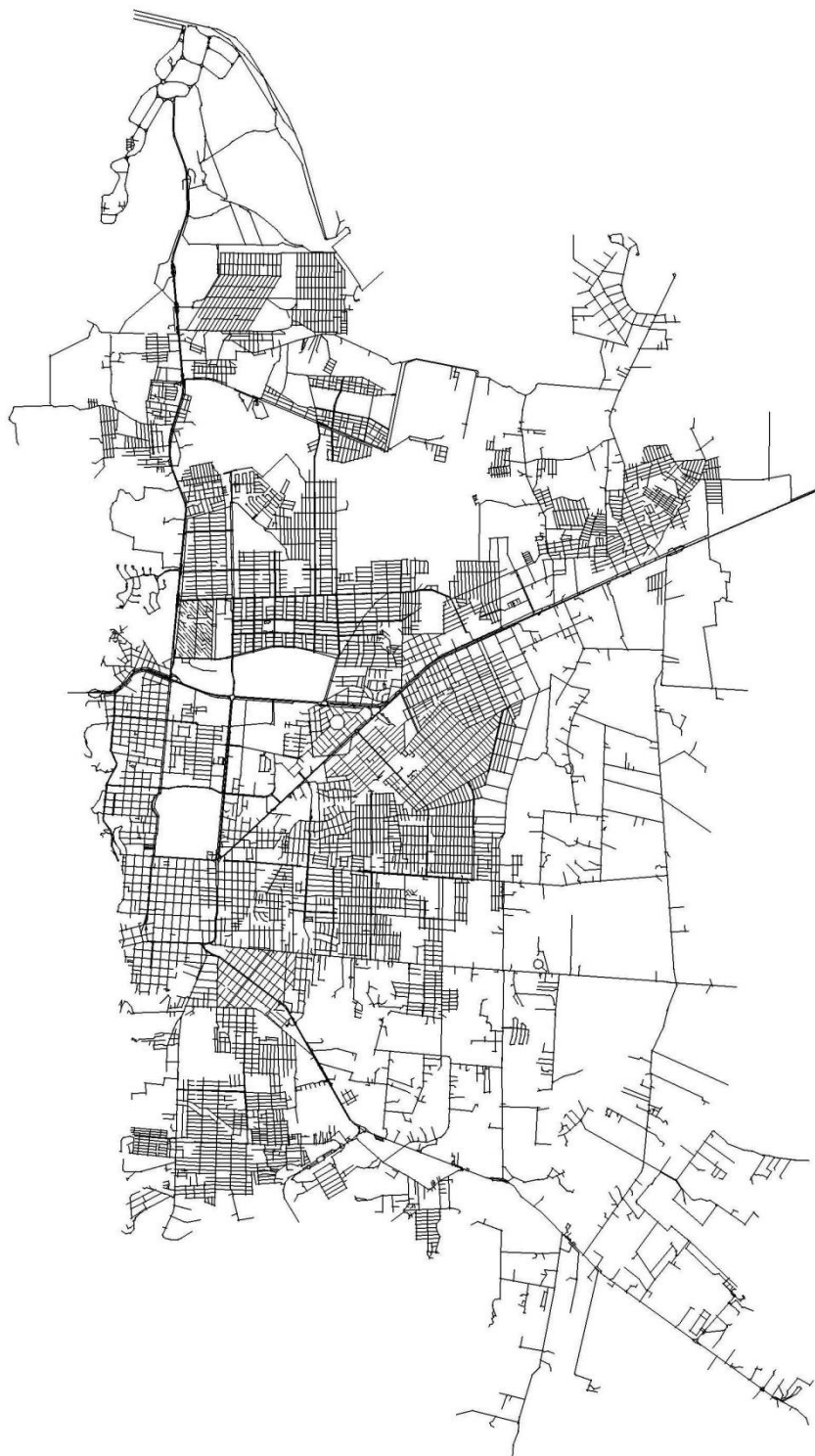
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Divinópolis - MG para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que contém o crescimento dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 33 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PARANÁ



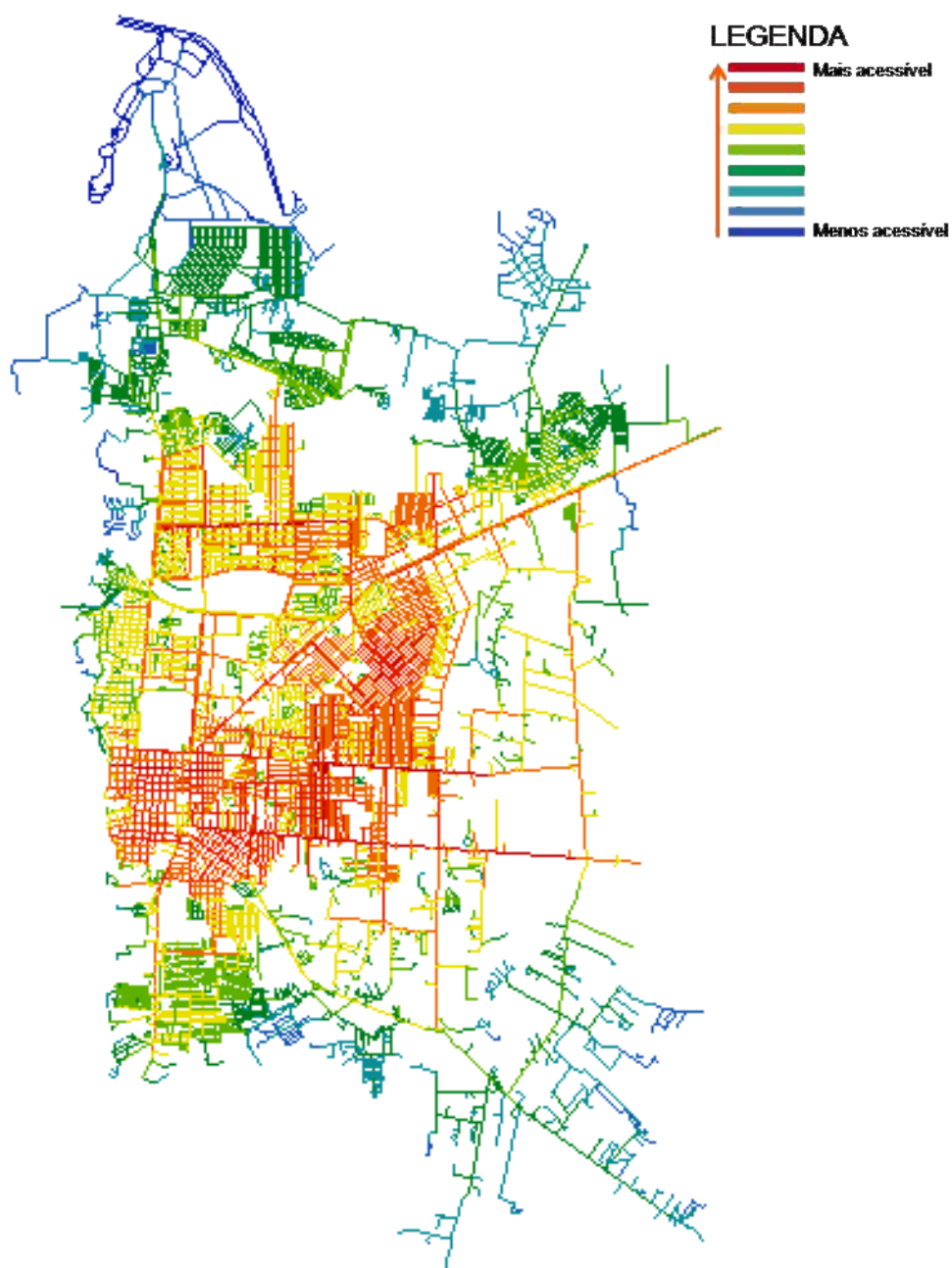
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 34 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR



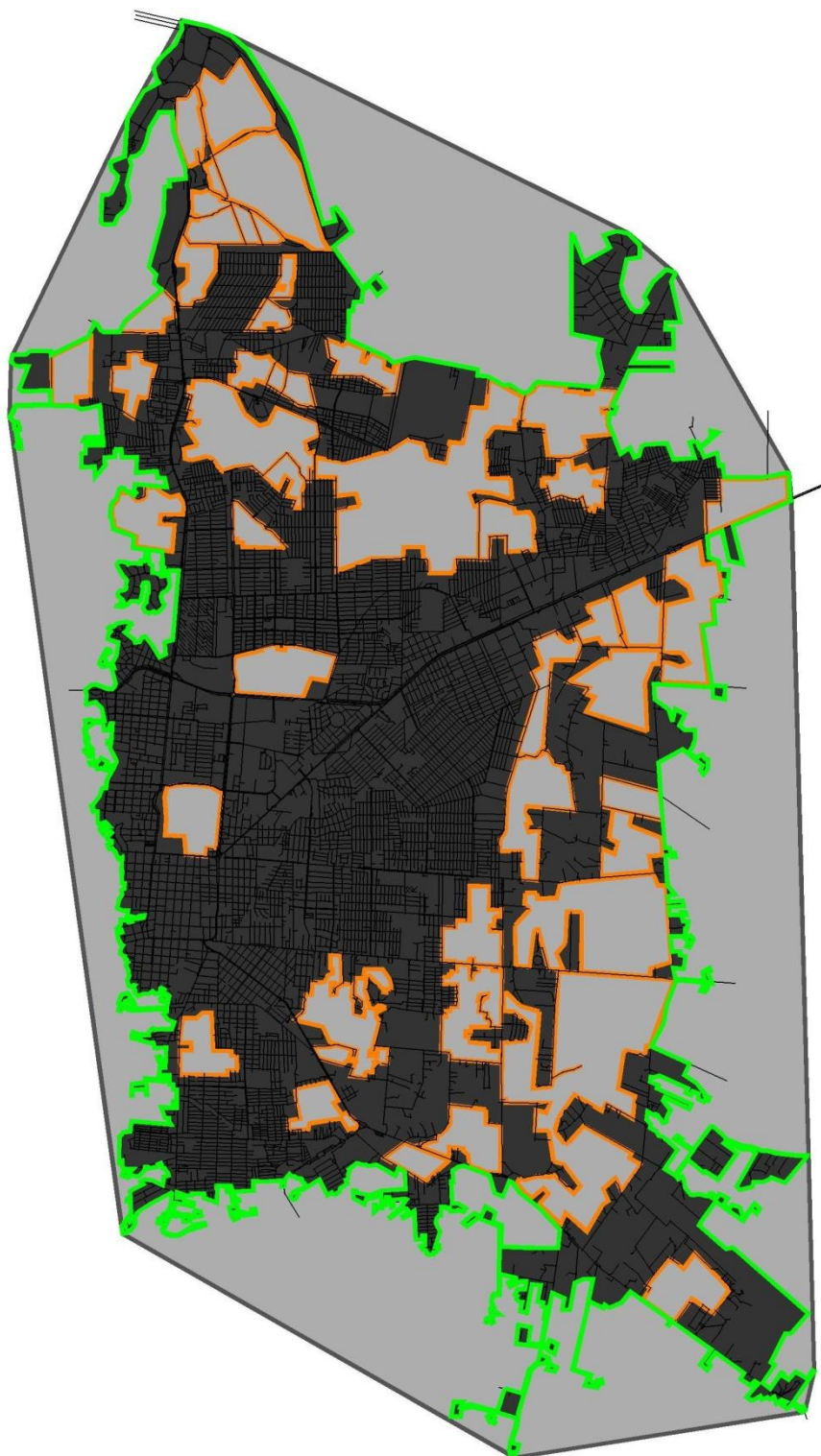
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 35 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

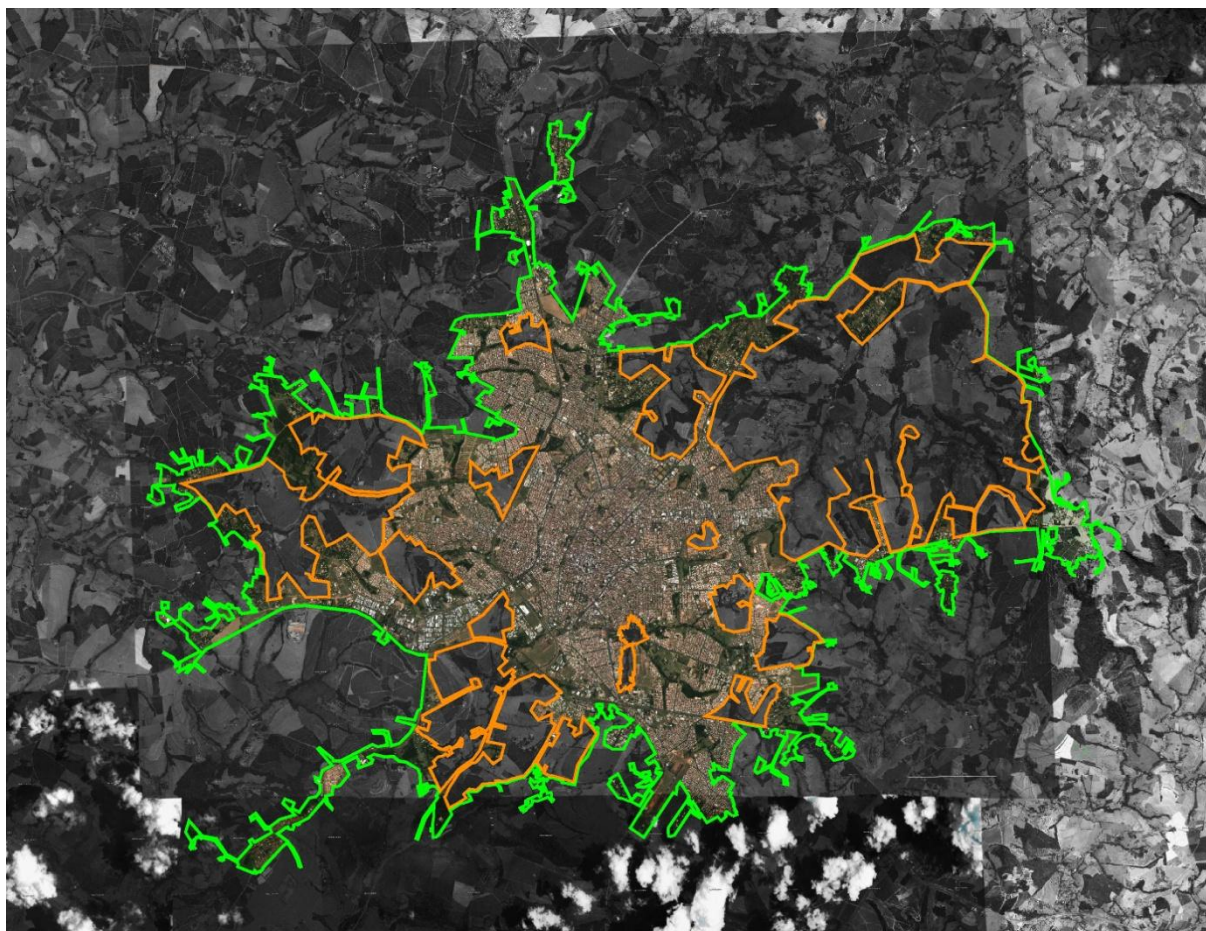


Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 36 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Foz do Iguaçu - PR para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad.

APÊNDICE 37 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE FRANCA - SÃO PAULO

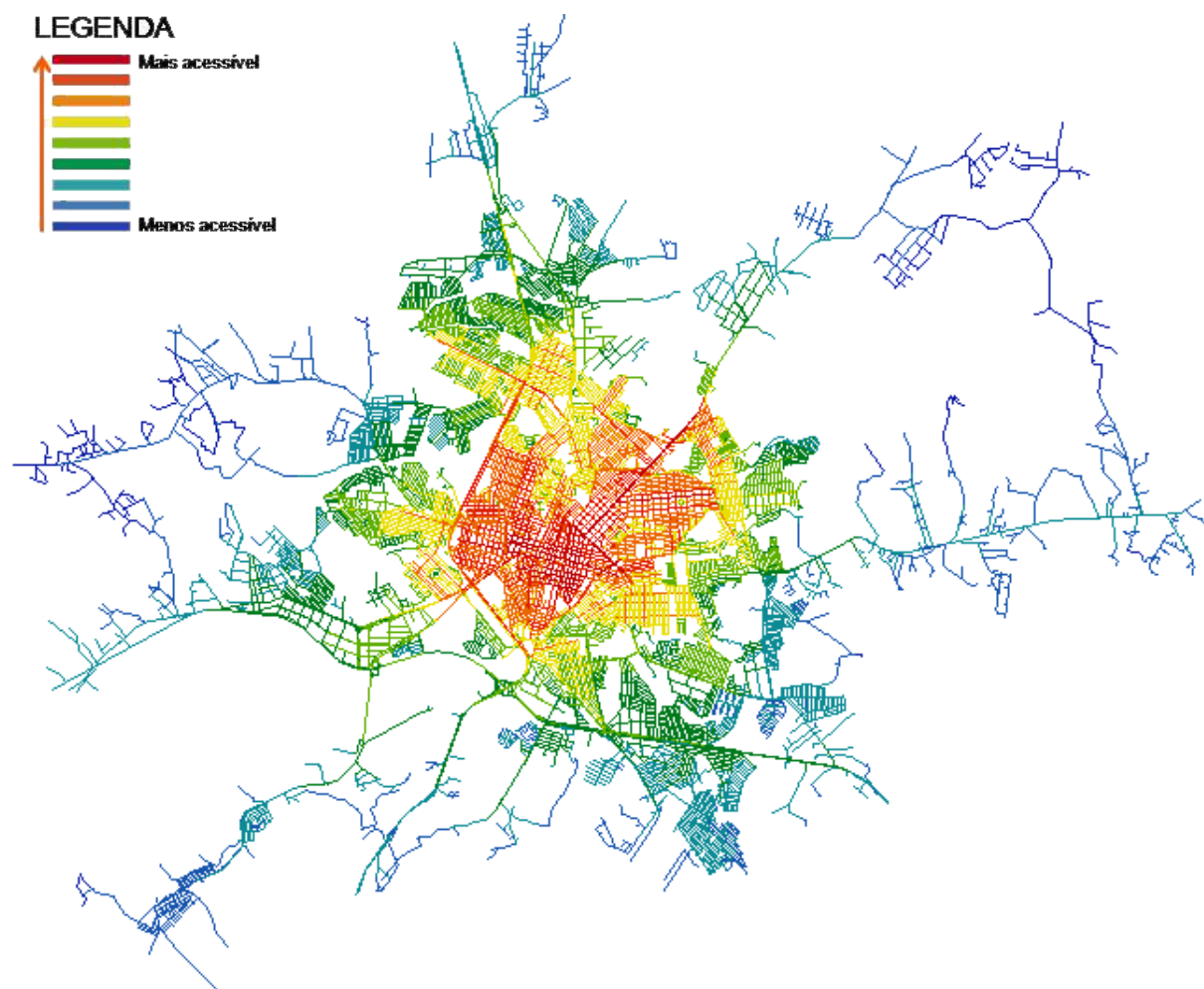
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 38 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FRANCA - SP



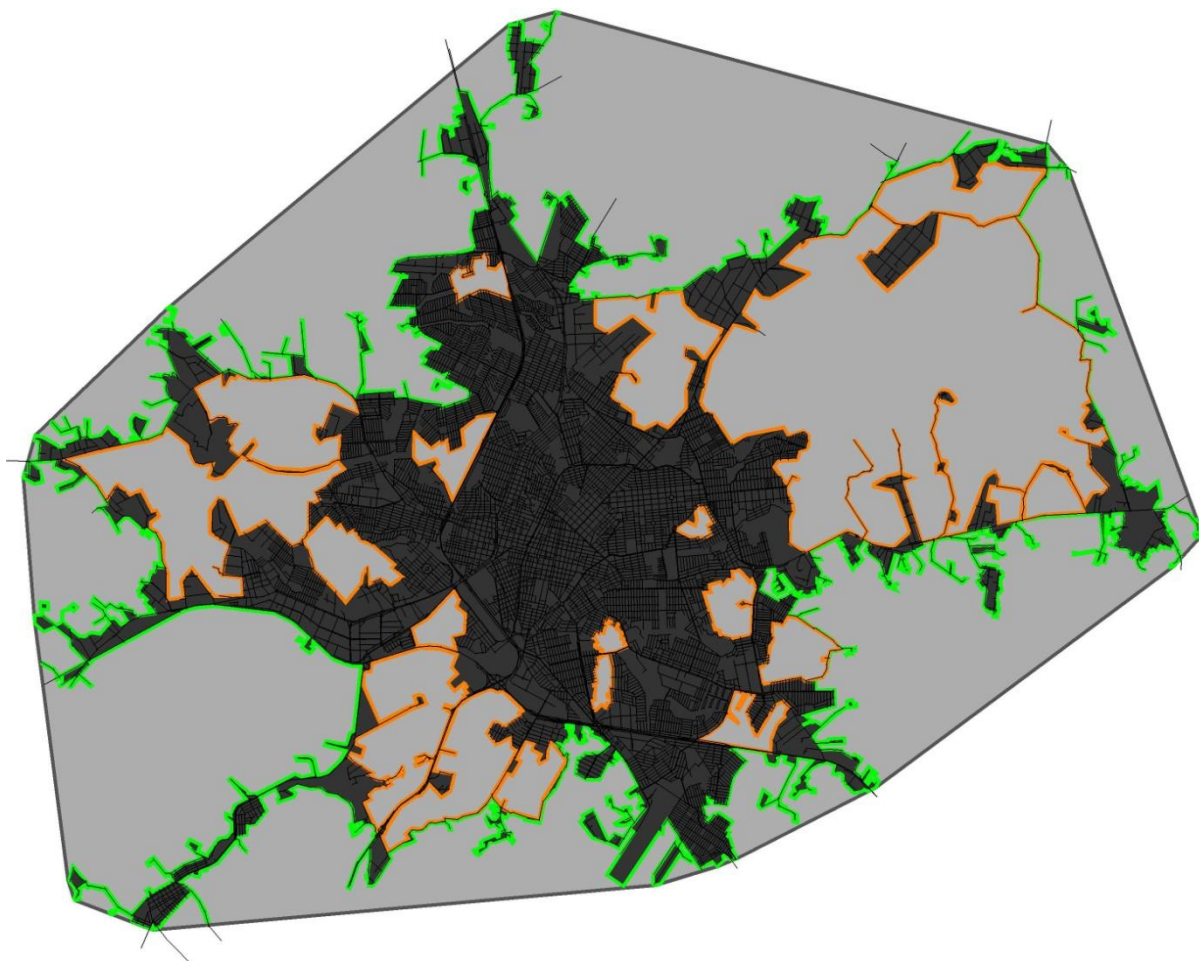
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 39 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE FRANCA - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



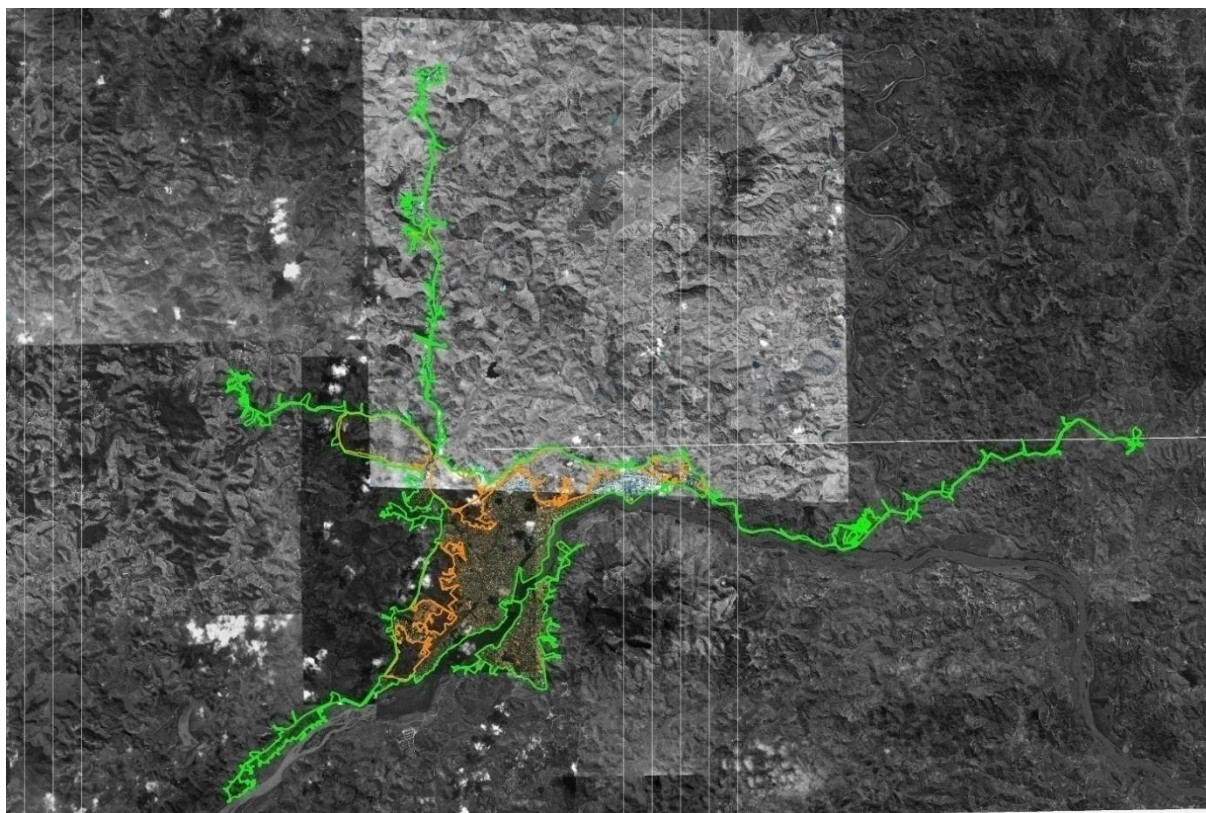
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 40 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE FRANCA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Franca - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 41 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MINAS GERAIS



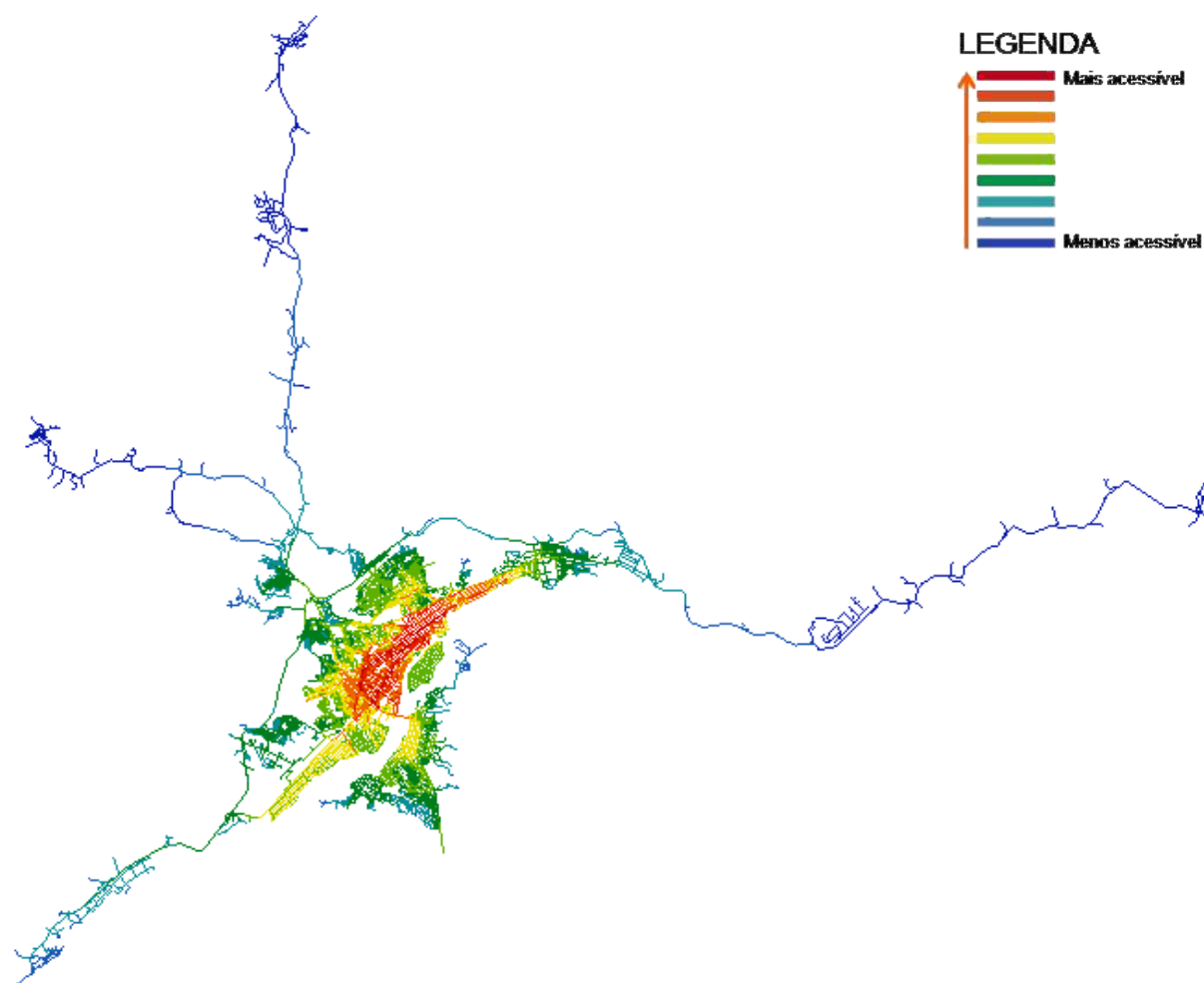
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 42 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MG



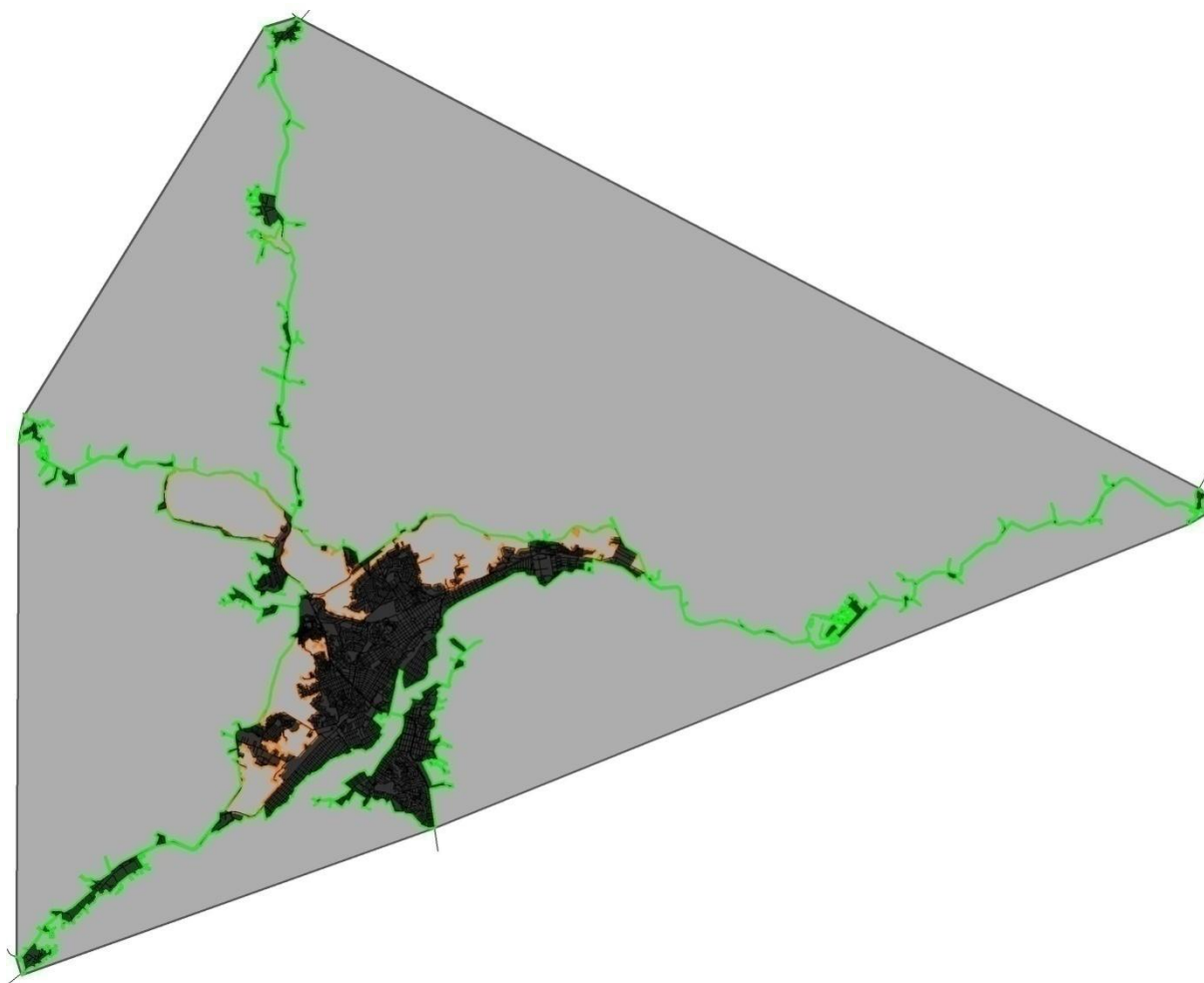
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 43 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



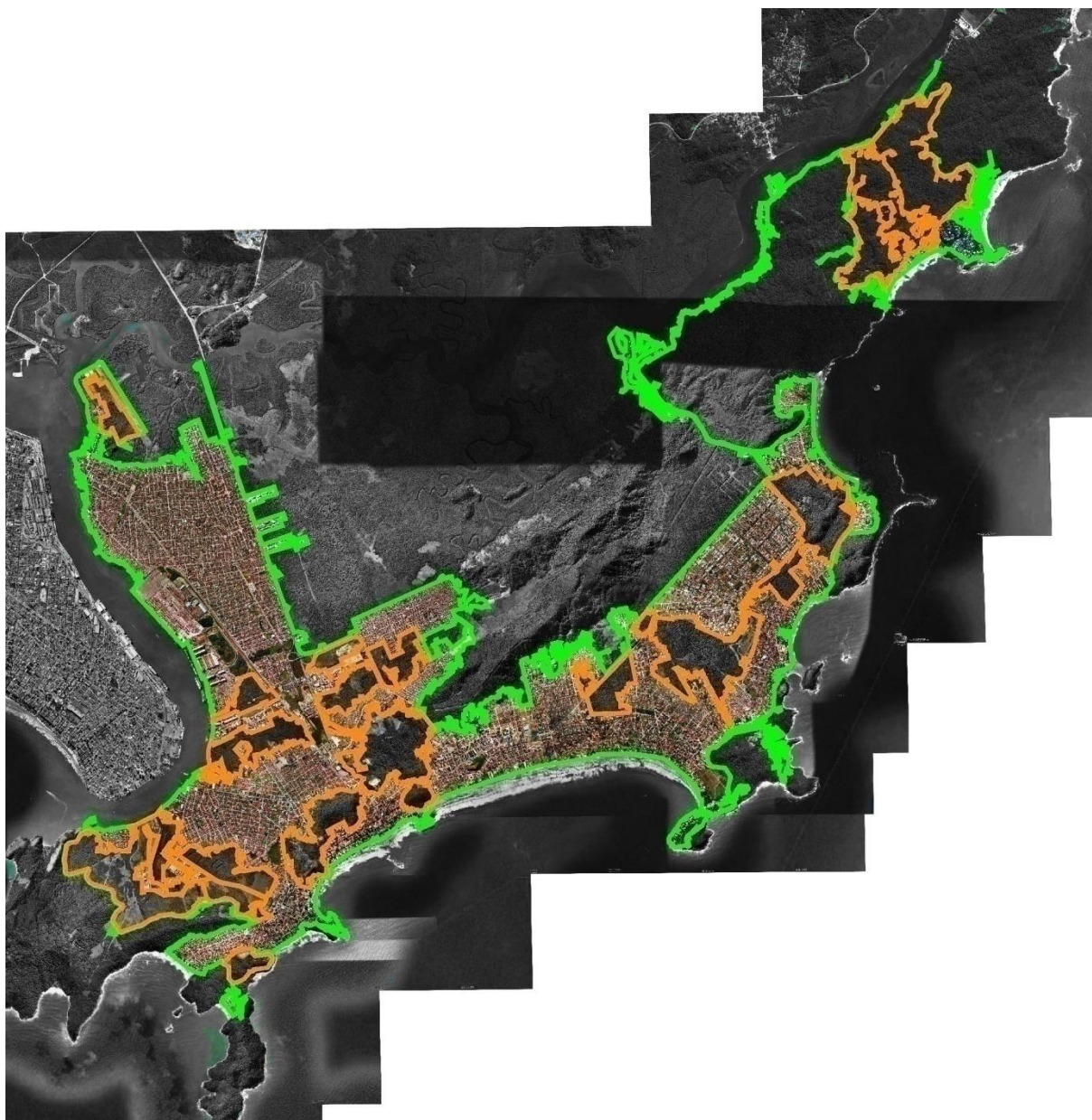
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 44 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES -
MG PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Governador Valadares - MG para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 45 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE GUARUJÁ - SÃO PAULO



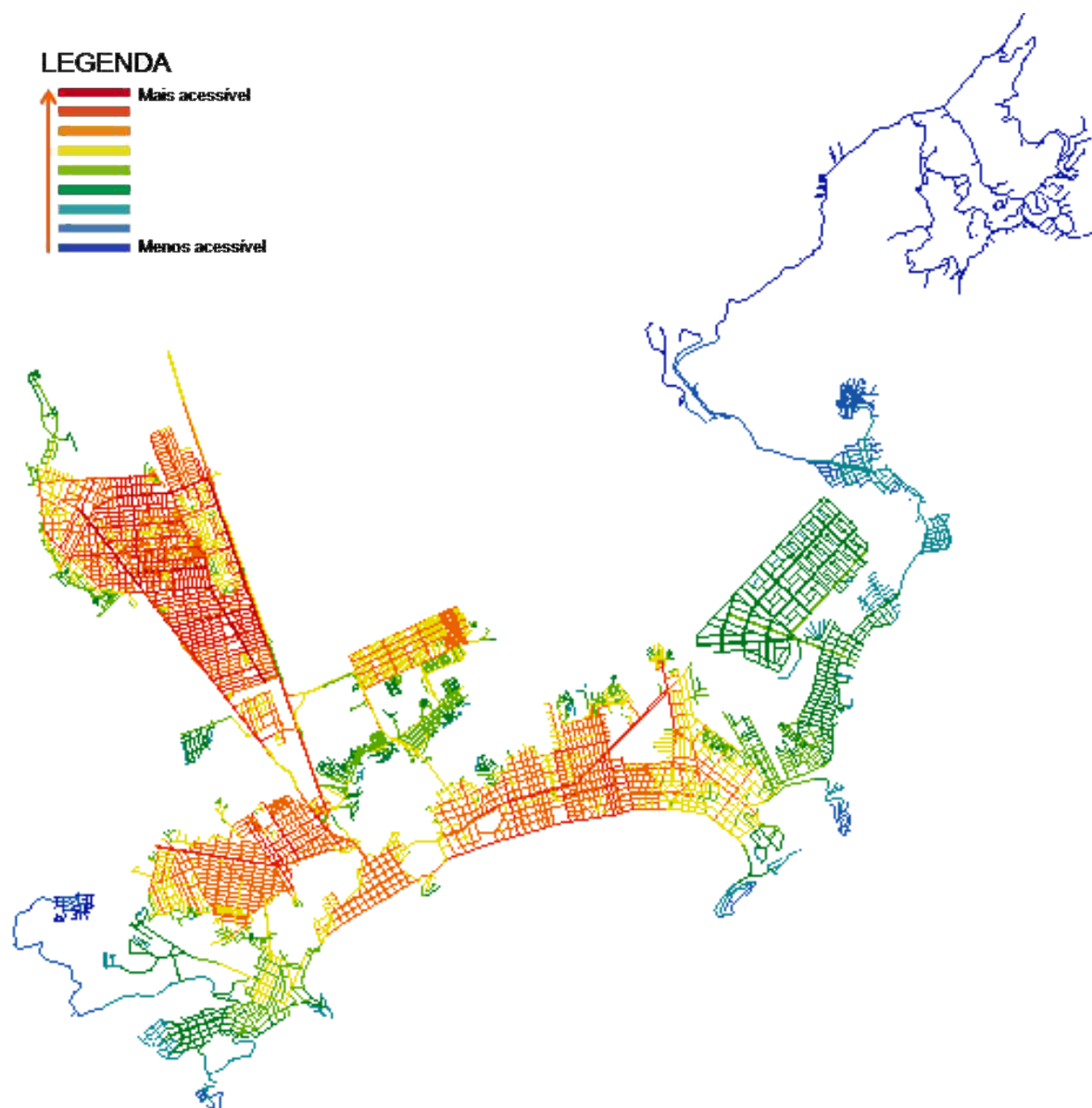
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 46 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP



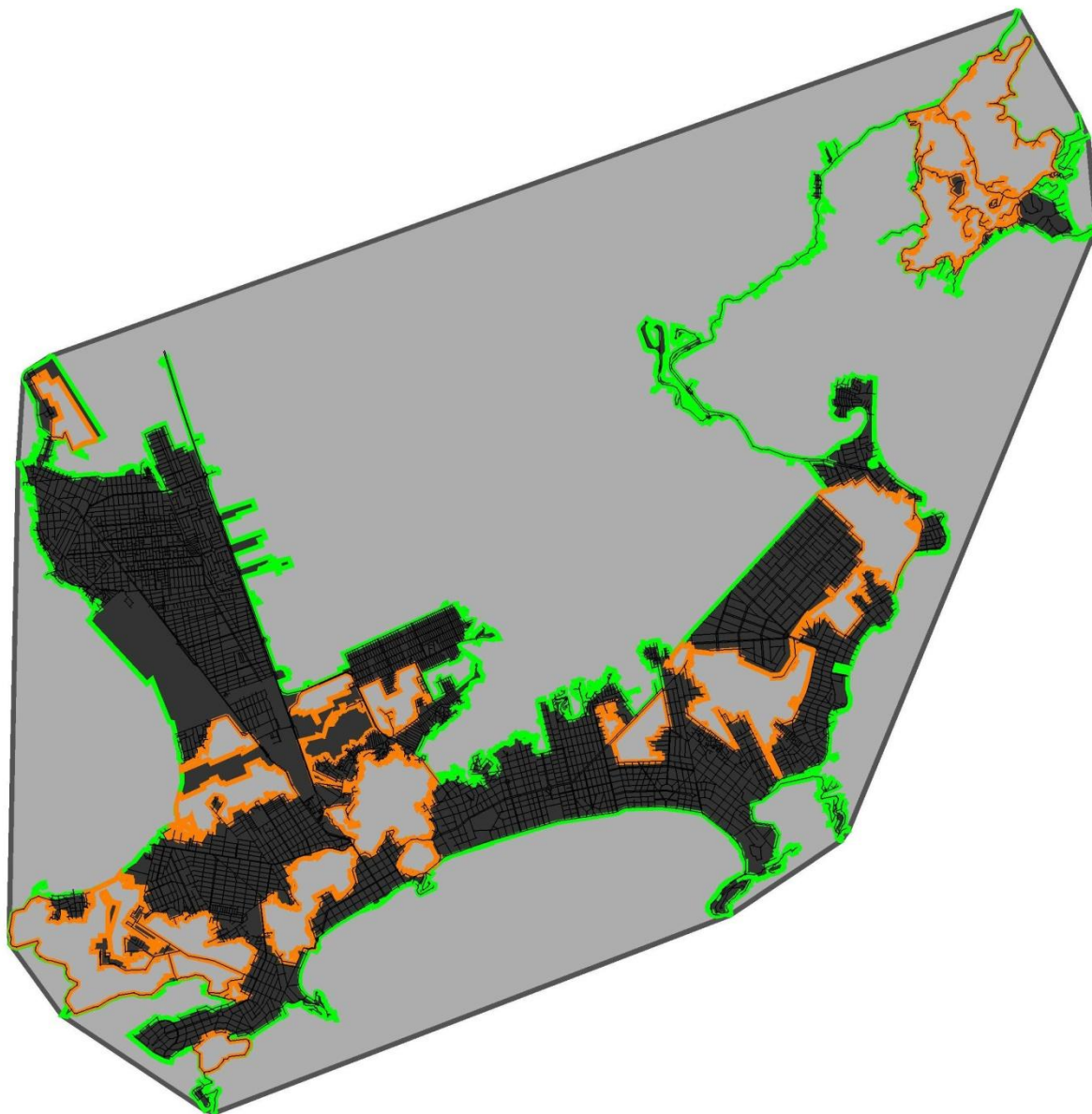
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 47 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



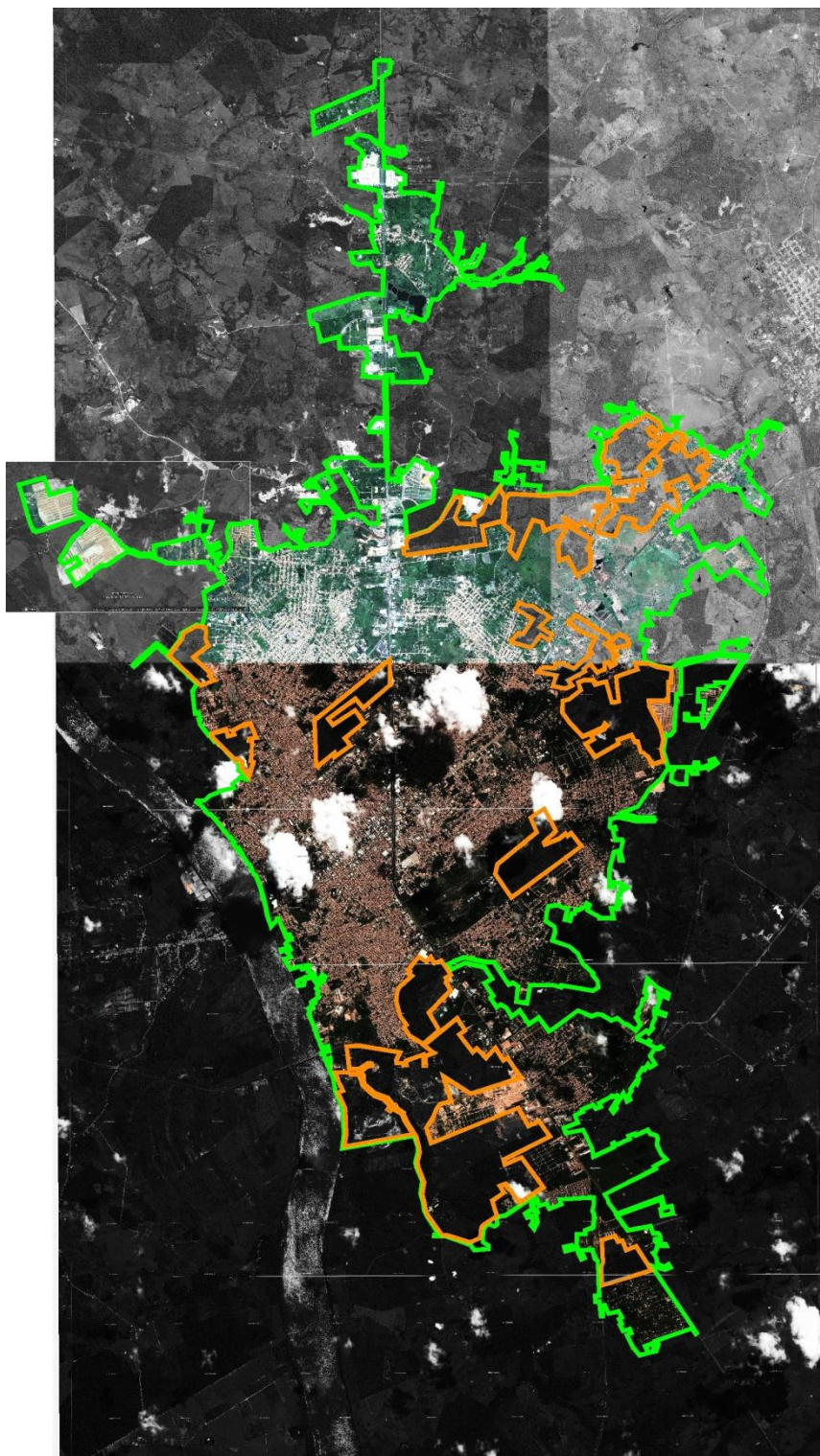
Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 48 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE GUARUJÁ - SP PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Guarujá - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 49 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MARANHÃO



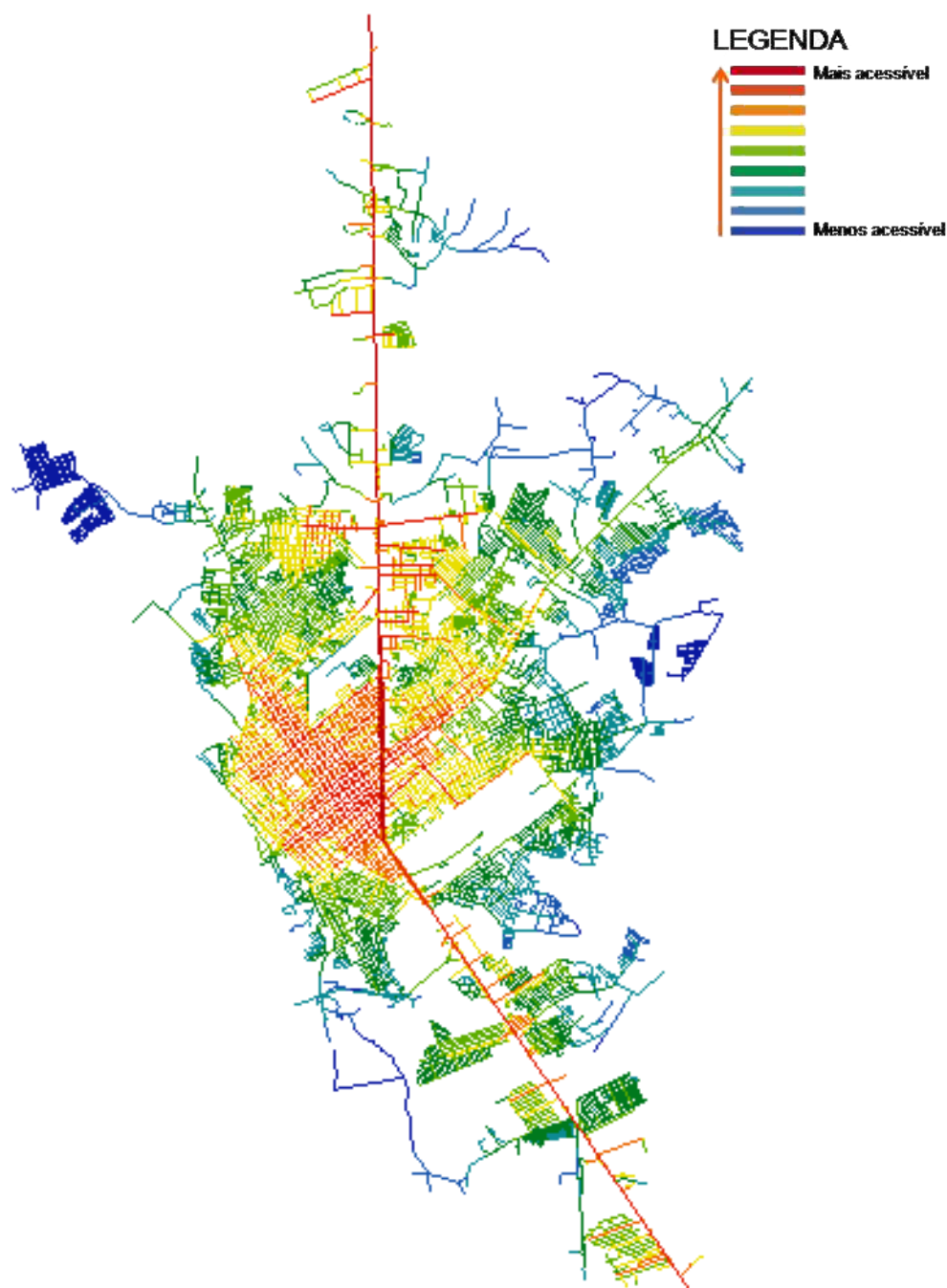
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 50 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA



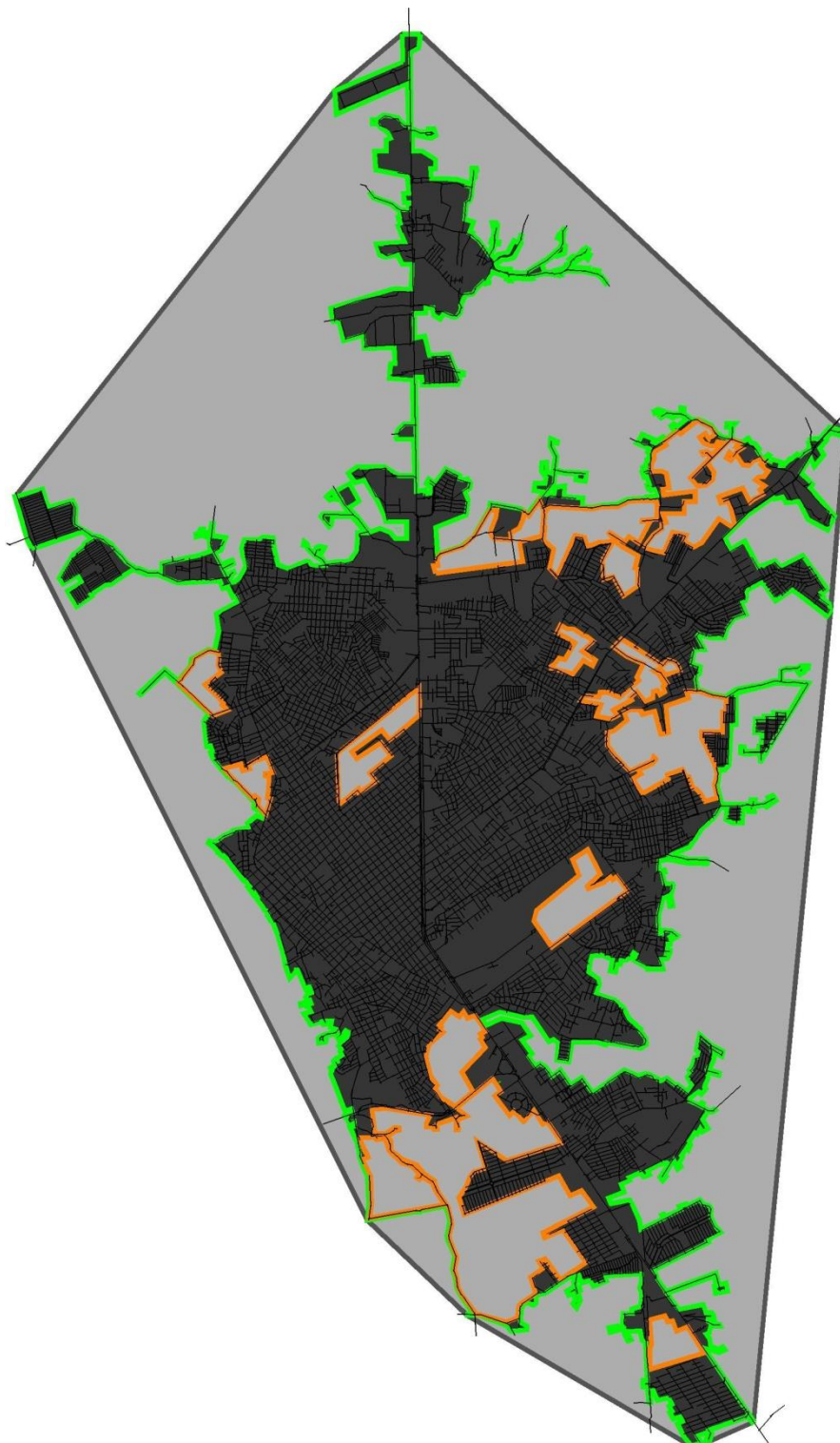
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 51 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



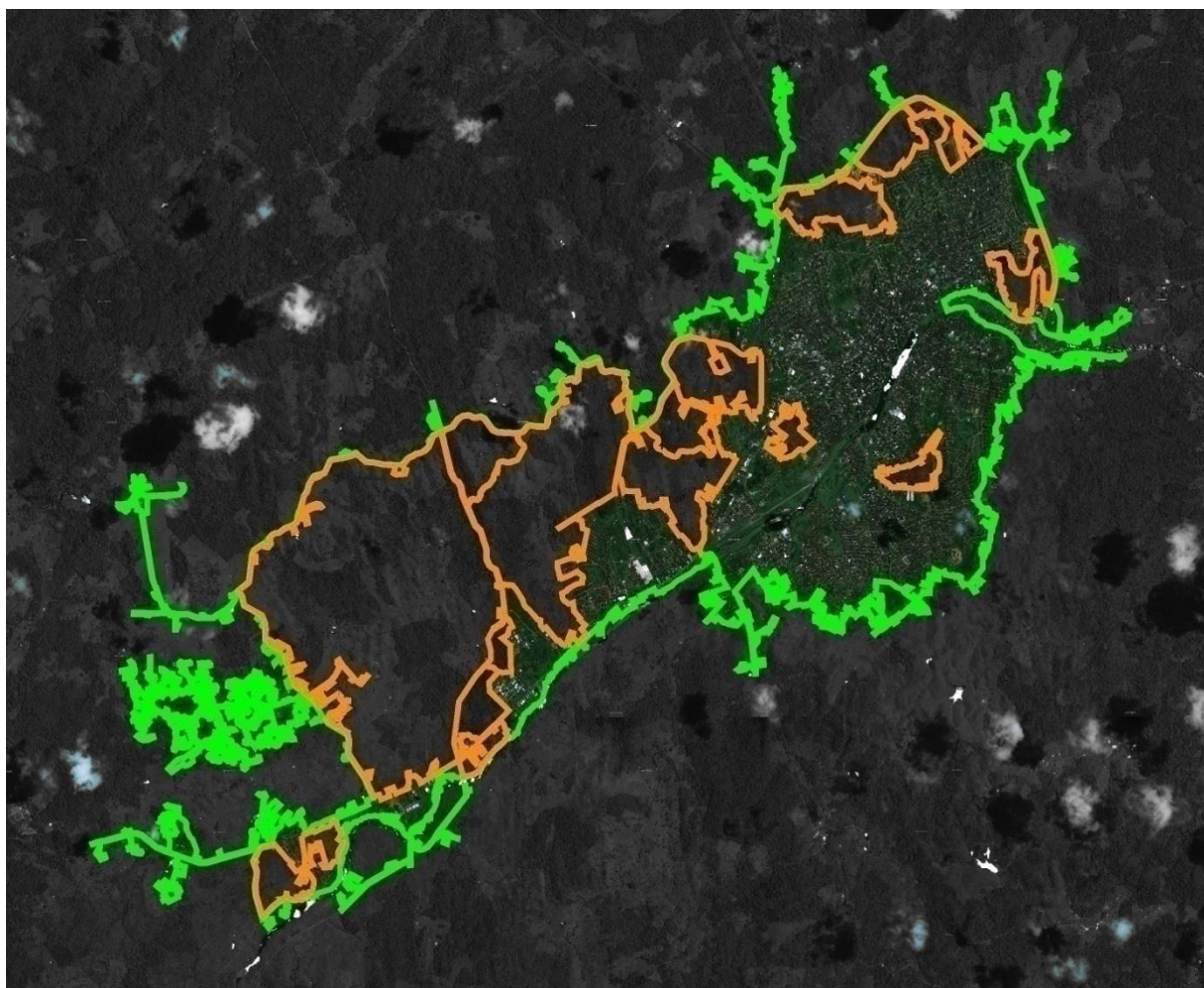
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 52 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Imperatriz - MA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 53 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE ITABUNA - BAHIA



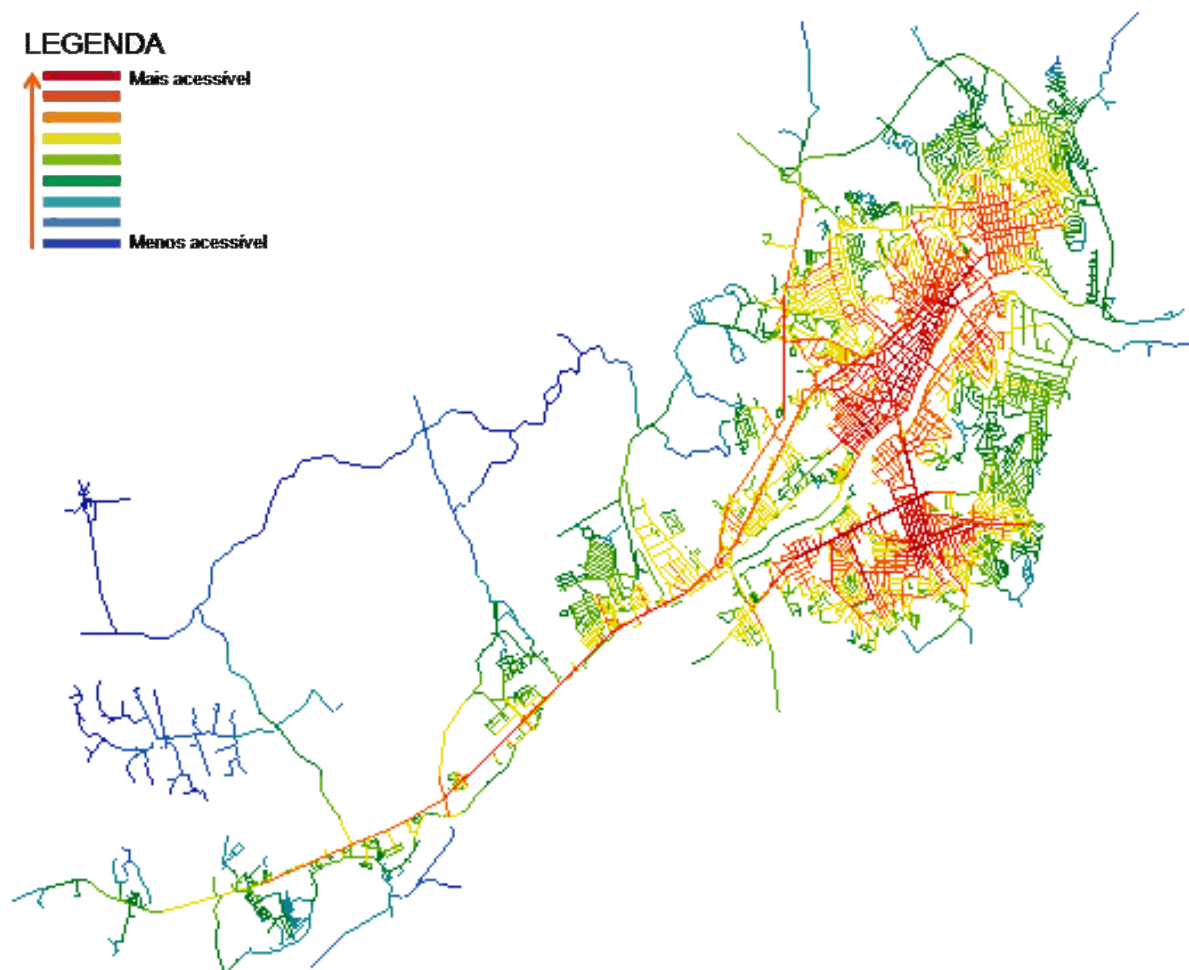
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 54 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ITABUNA - BA



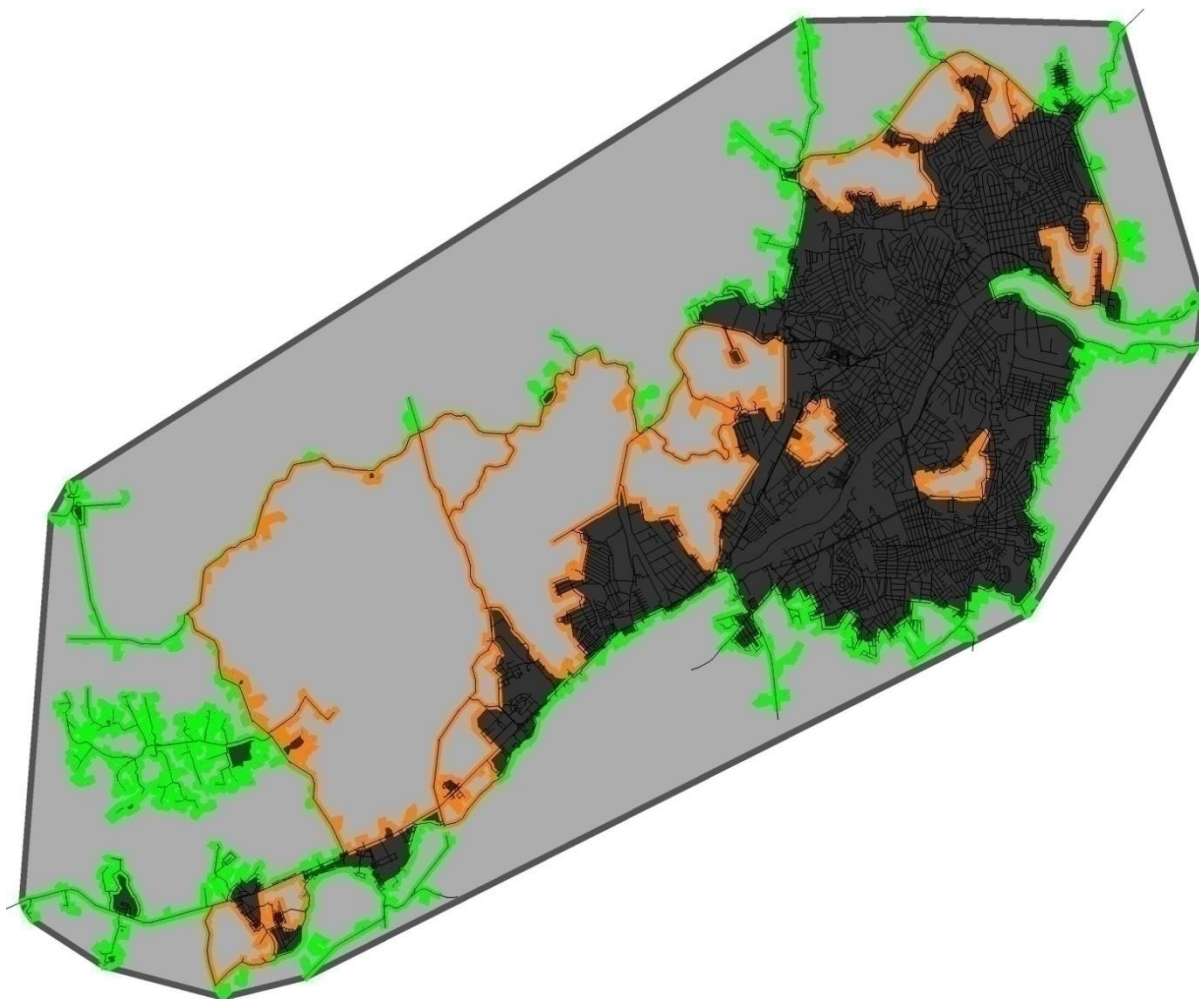
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 55 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE ITABUNA - BA COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



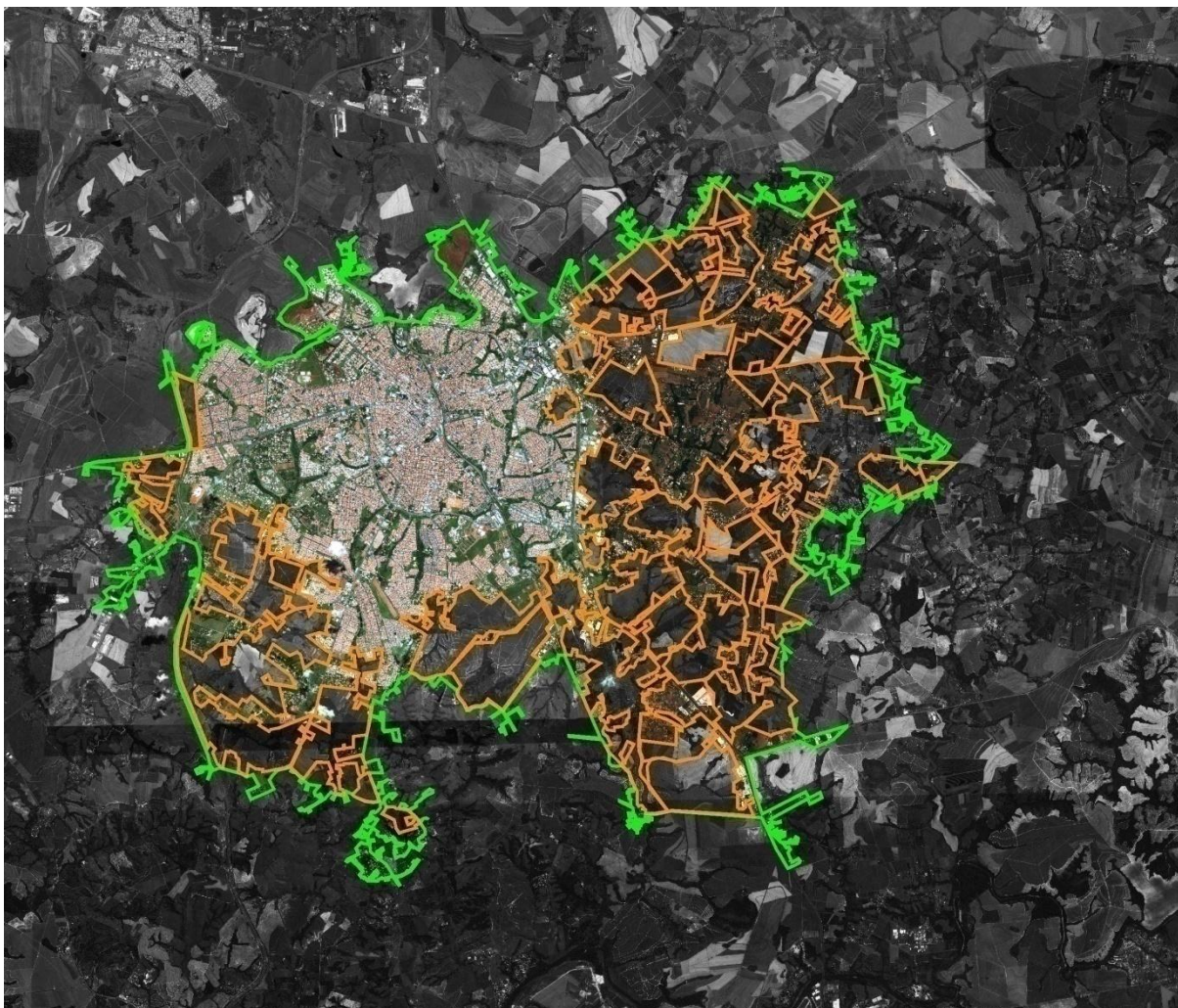
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 56 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE ITABUNA - BA PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Itabuna - BA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 57 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE LIMEIRA - SÃO PAULO



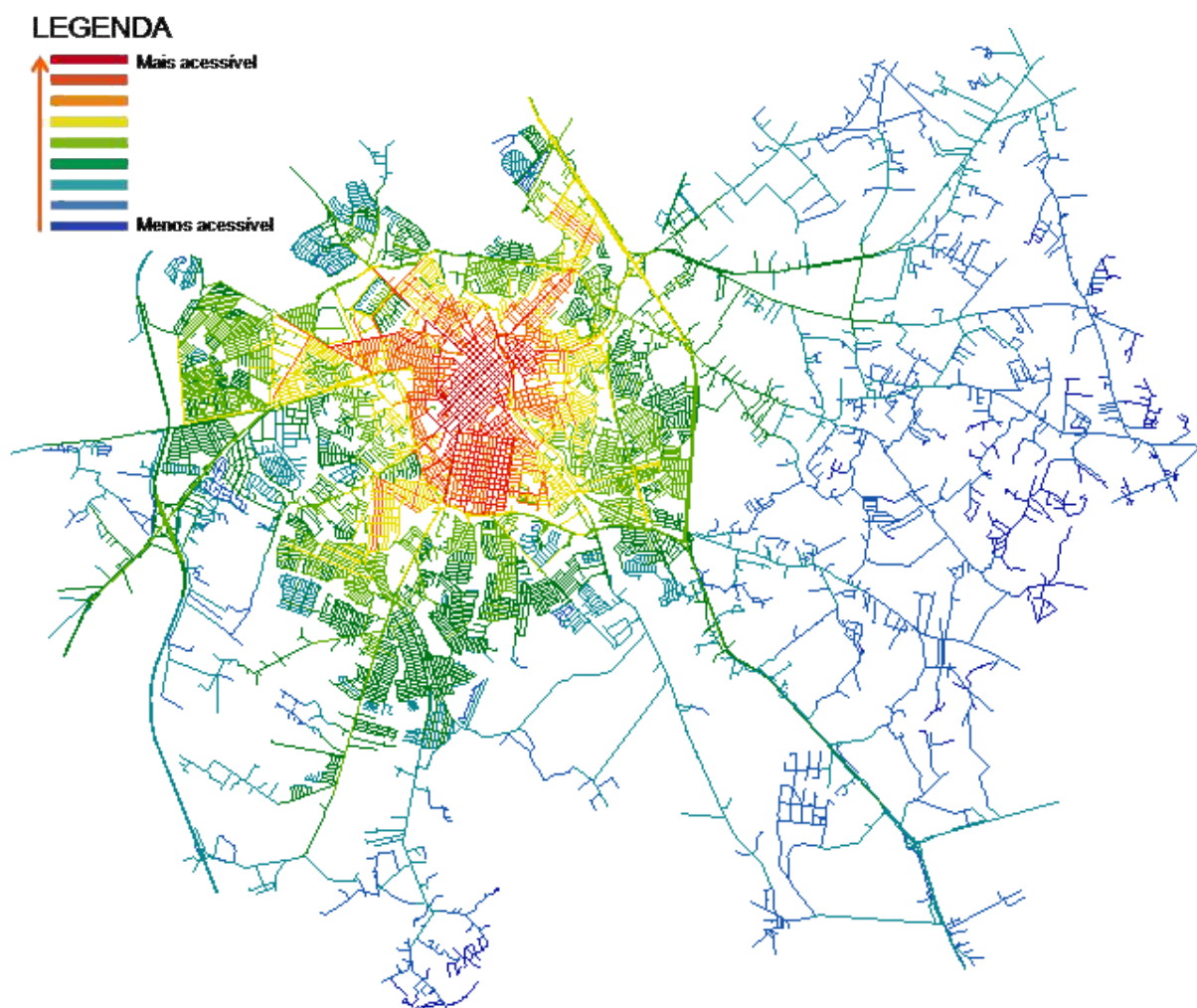
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 58 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE LIMEIRA - SP



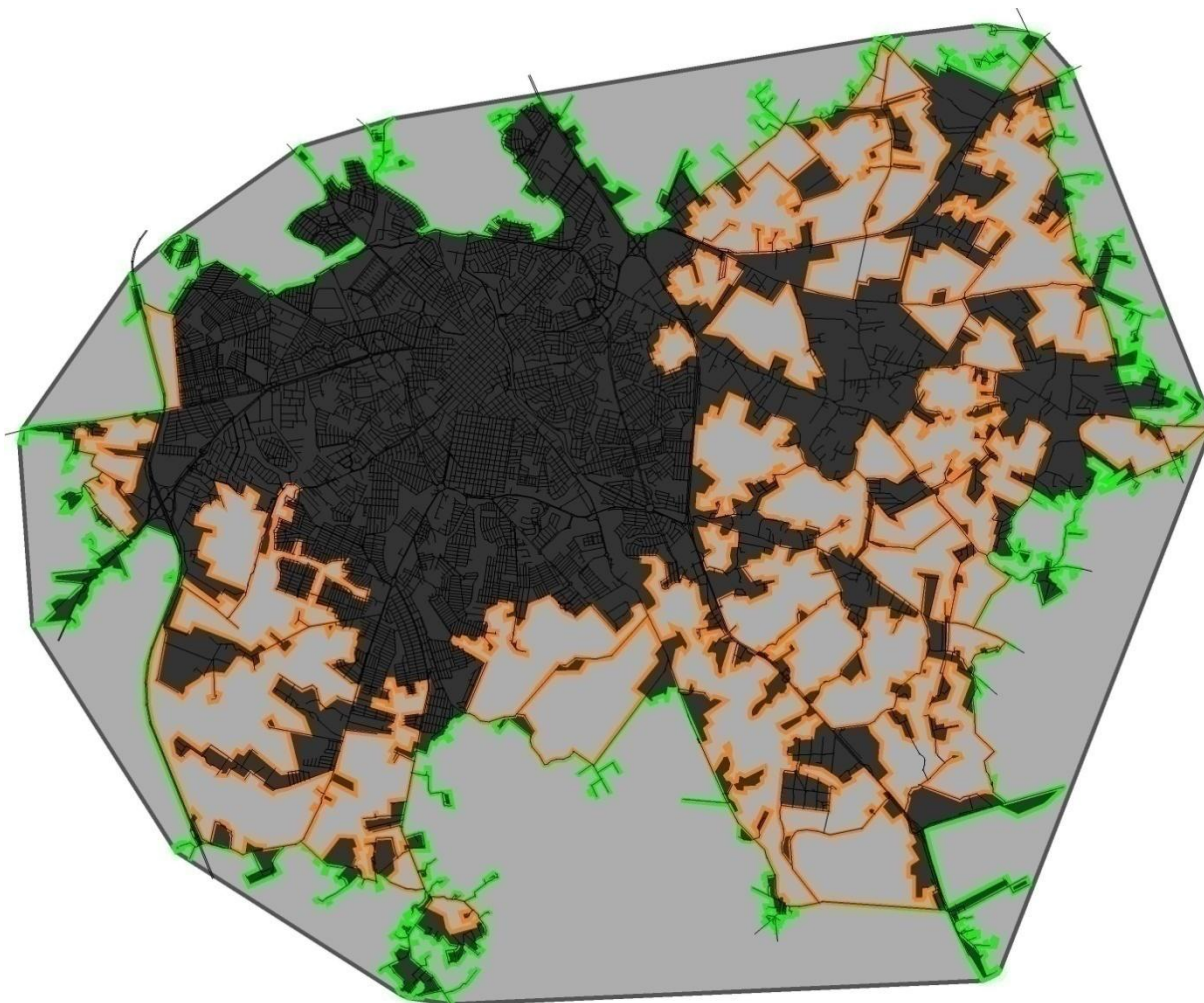
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 59 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE LIMEIRA - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



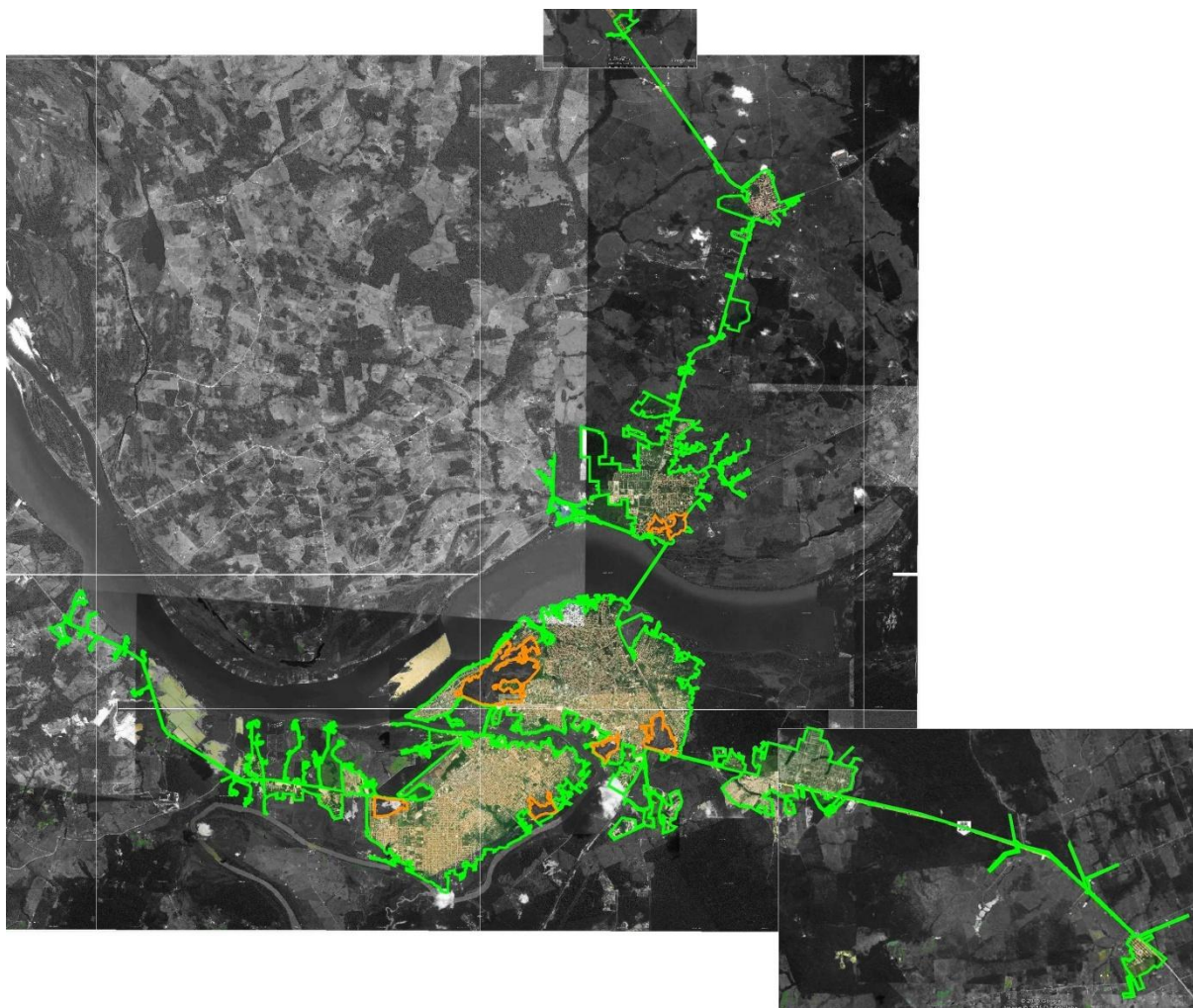
Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 60 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE LIMEIRA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



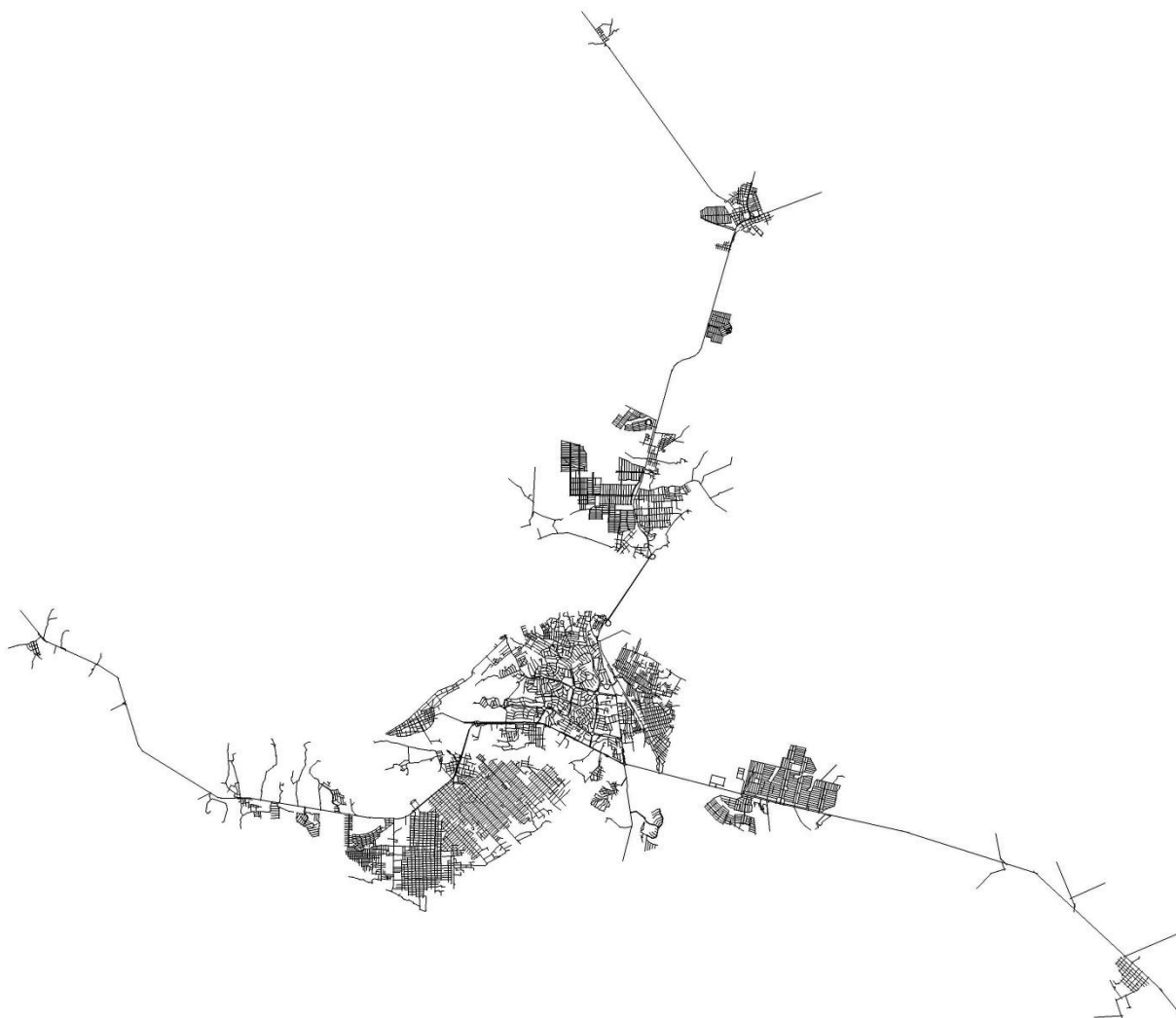
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Limeira - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 61 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MARABÁ - PARÁ



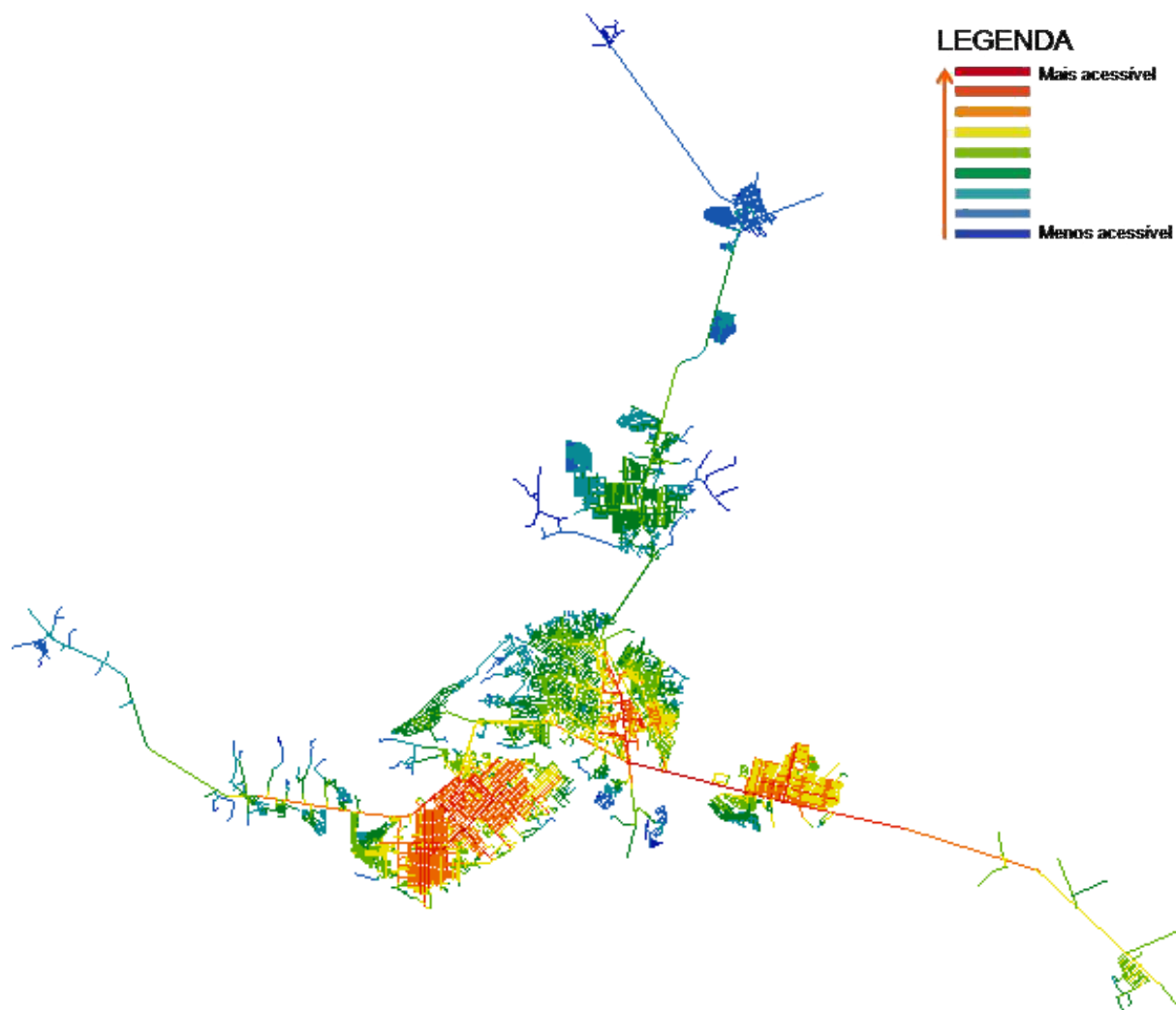
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 62 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARABÁ - PA



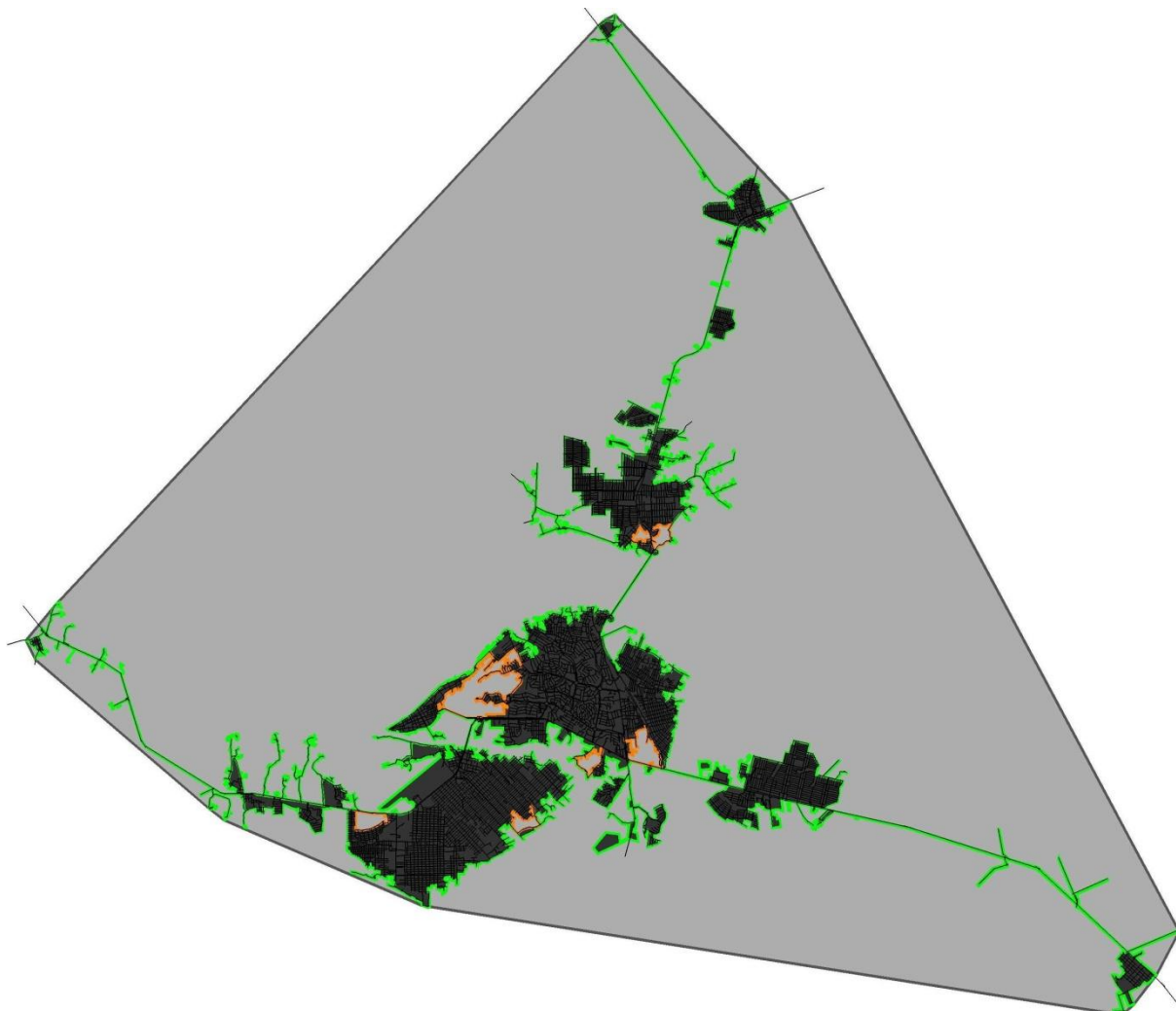
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 63 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARABÁ - PA COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



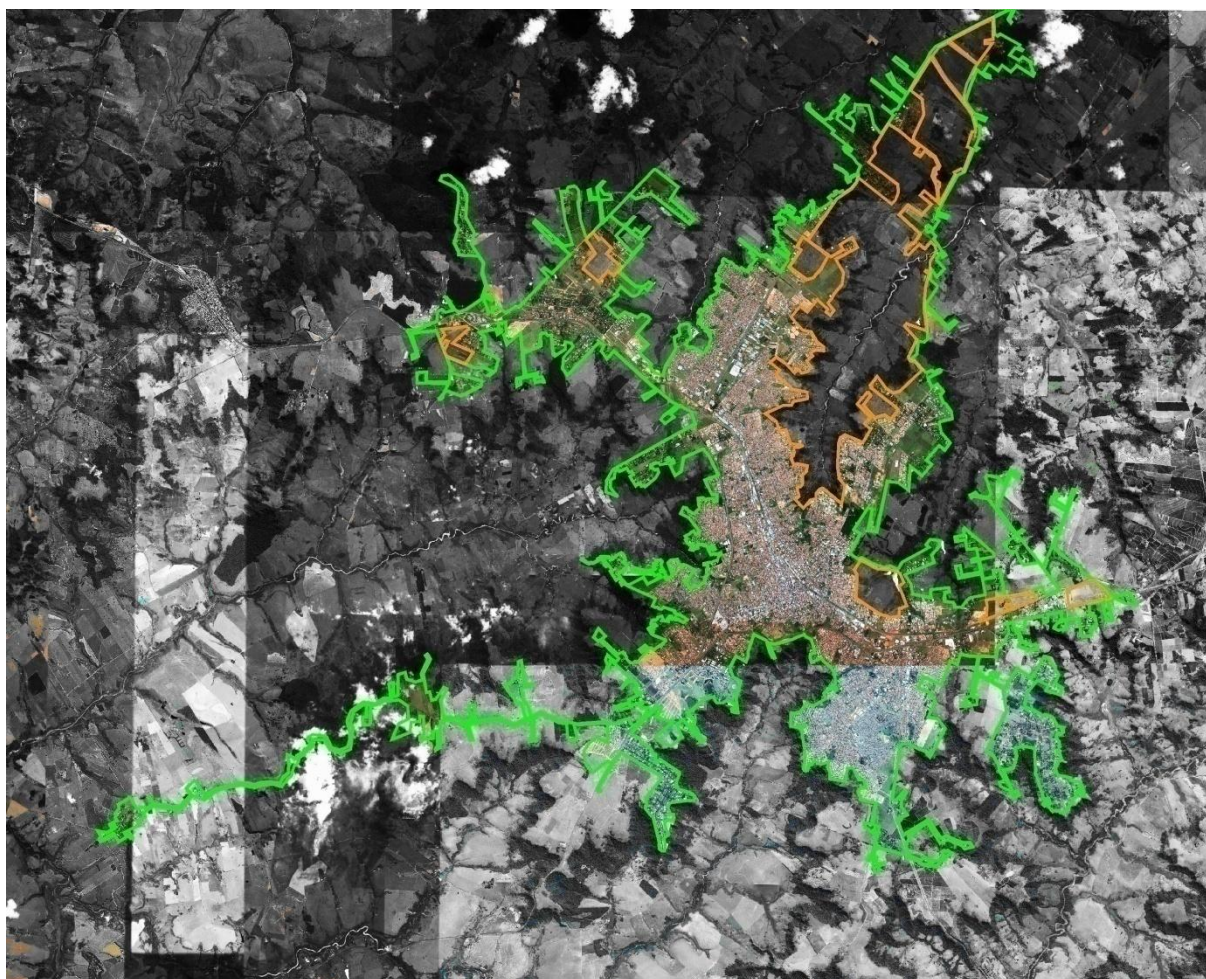
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 64 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MARABÁ - PA PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Marabá - PA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 65 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MARÍLIA - SÃO PAULO



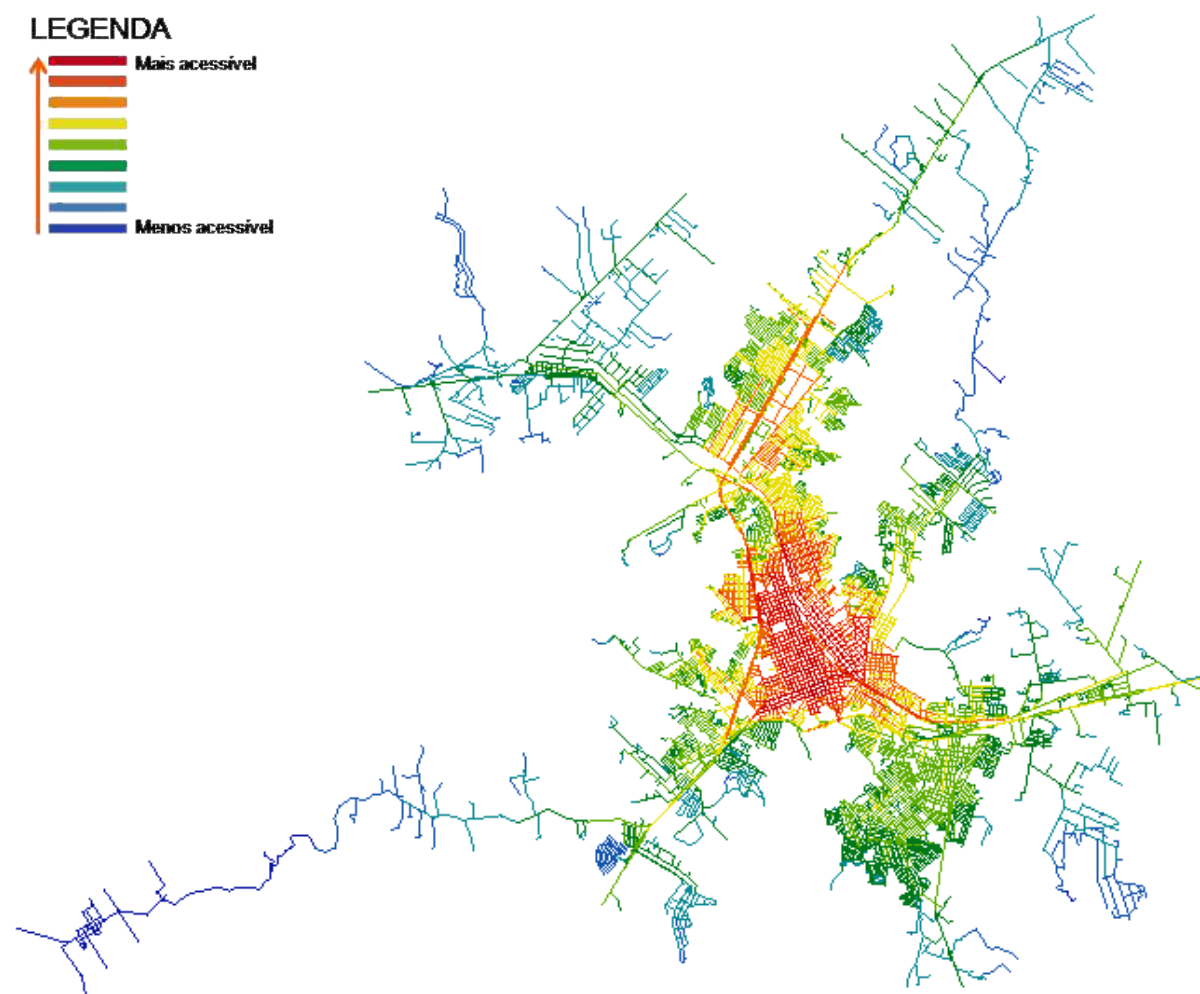
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 66 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARÍLIA - SP



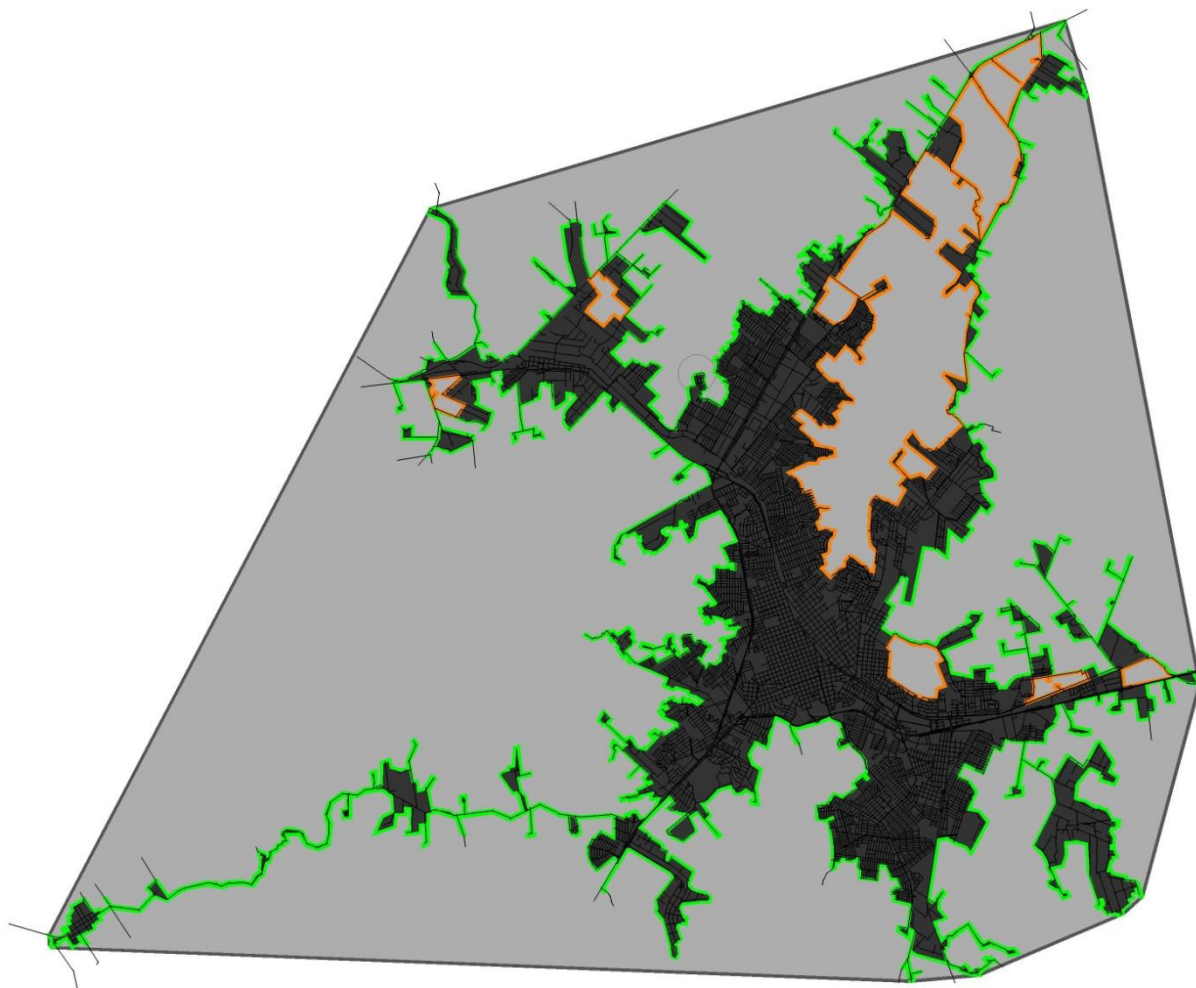
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 67 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MARÍLIA - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 68 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MARÍLIA - SP PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



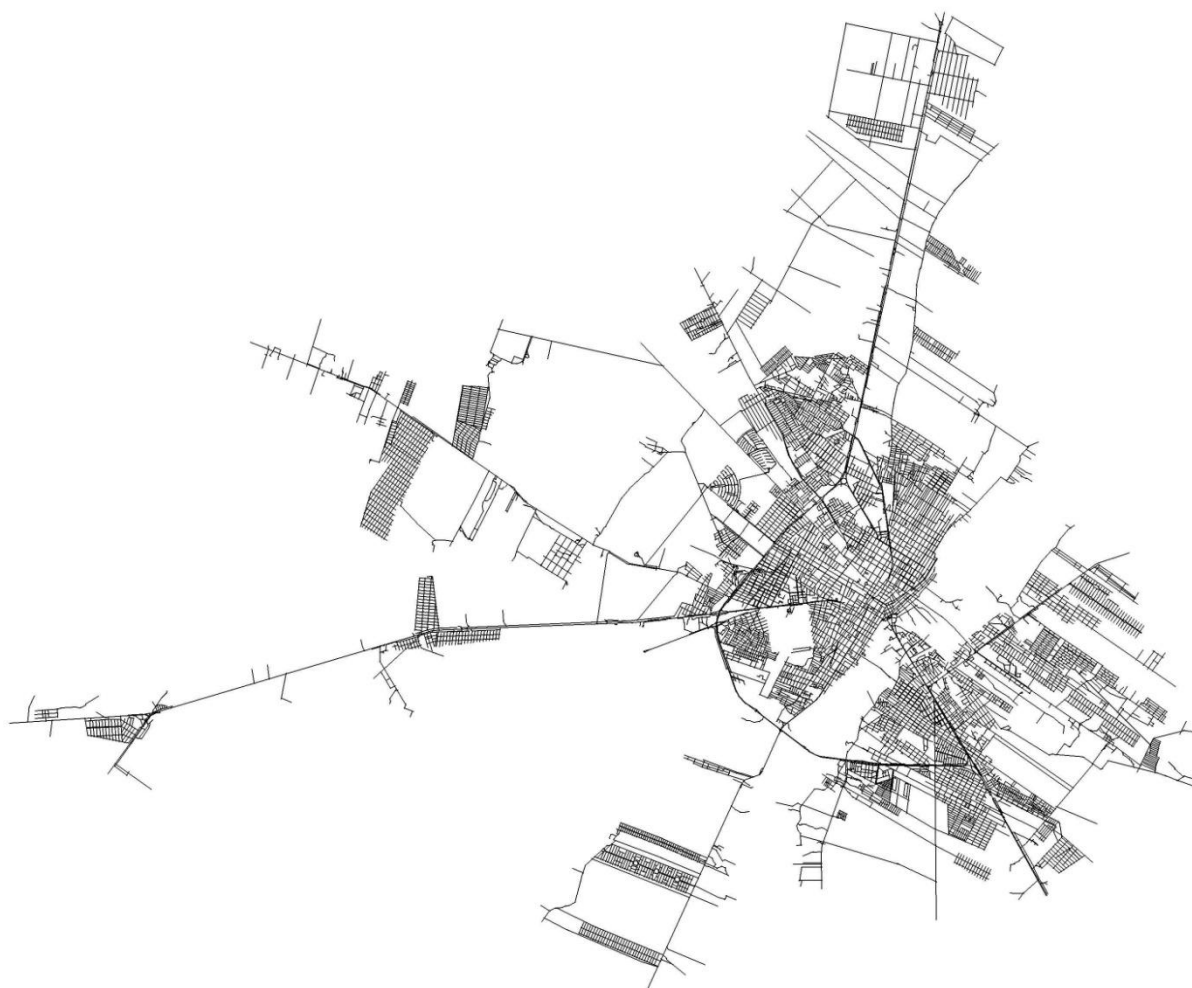
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Marília - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 69 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE MOSSORÓ - RIO GRANDE DO NORTE



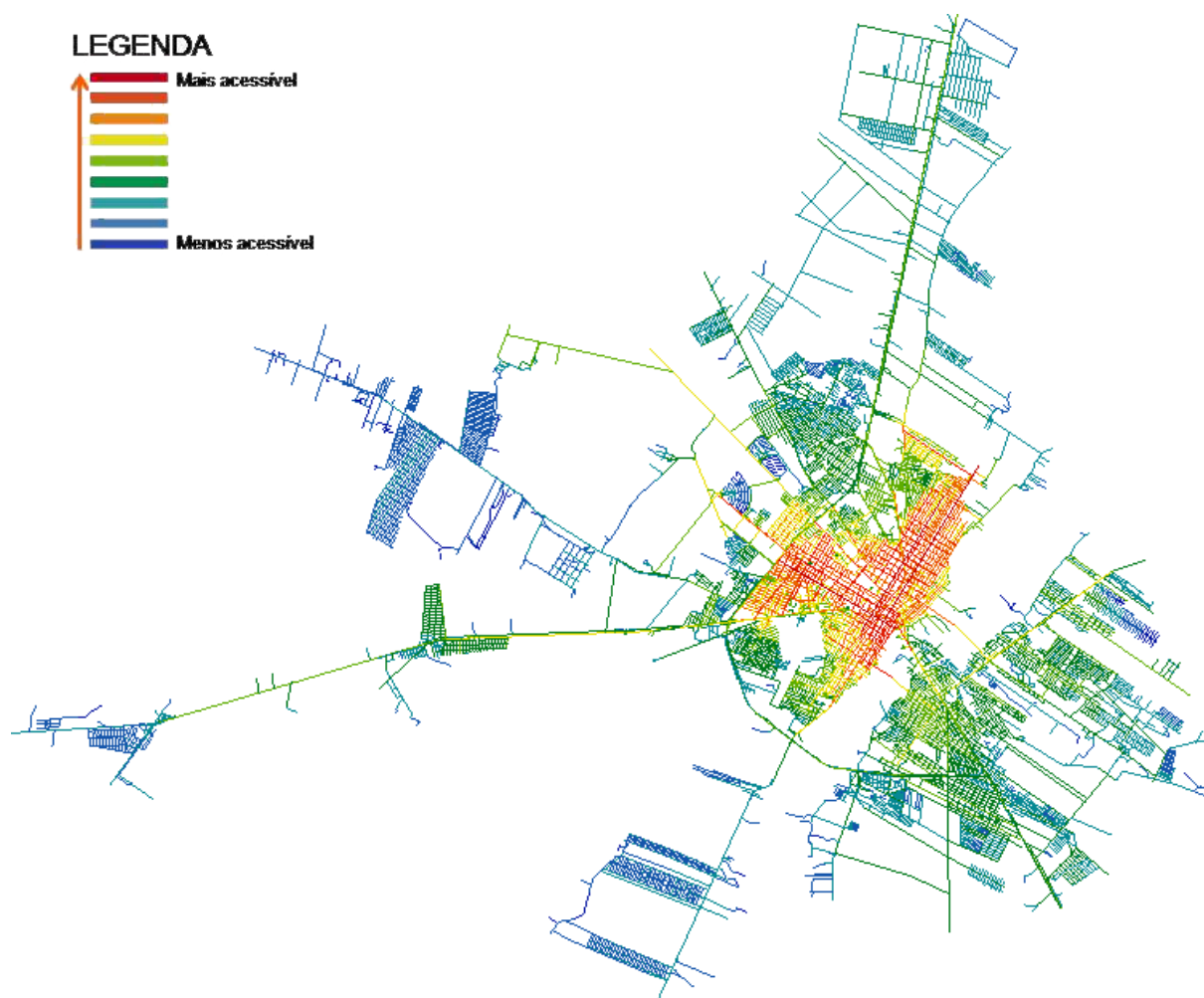
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 70 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN



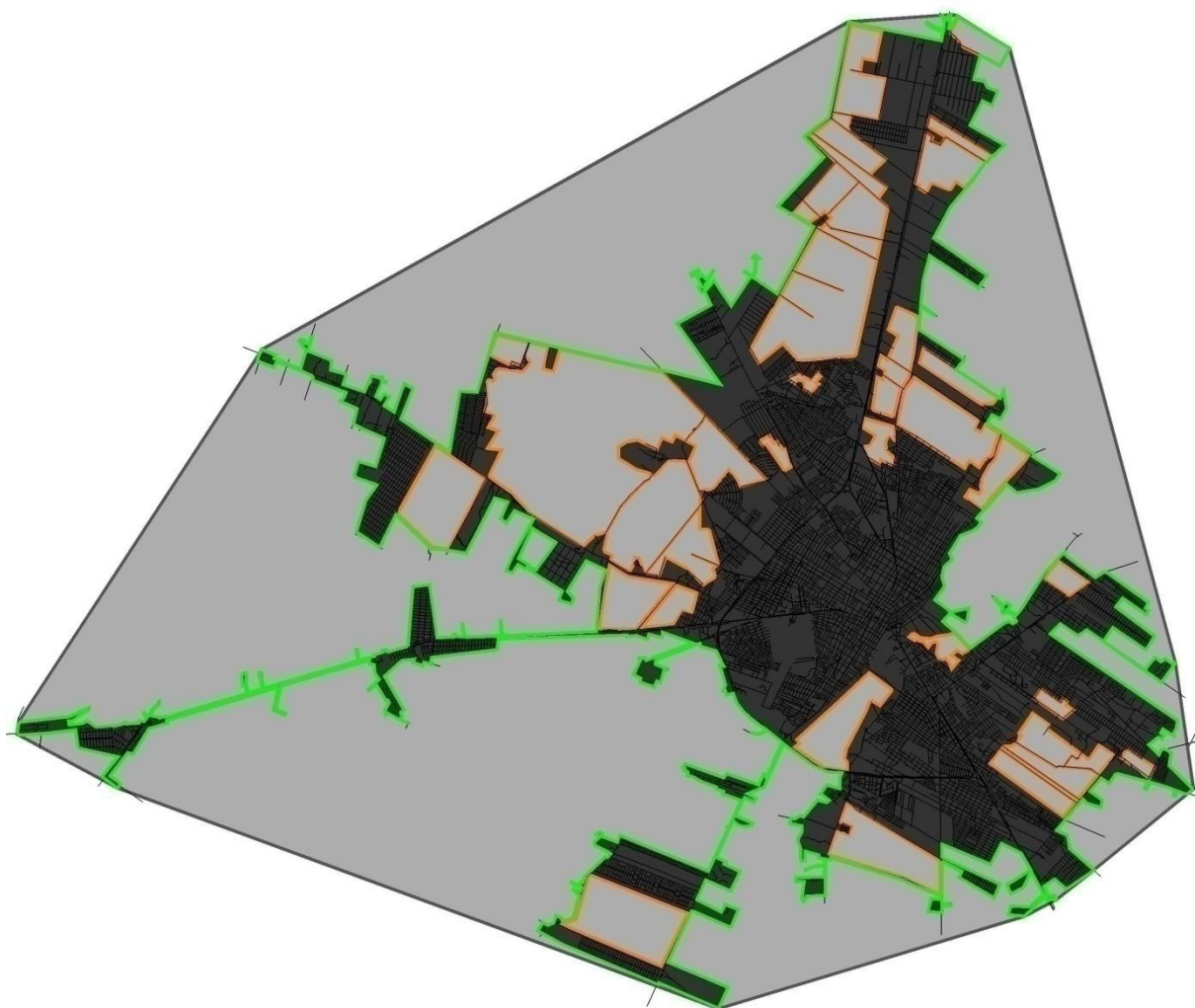
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 71 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



Fonte: imagem gerada através do *software* Morphometrics, visualização por *equal interval*.

APÊNDICE 72 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE MOSSORÓ - RN PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



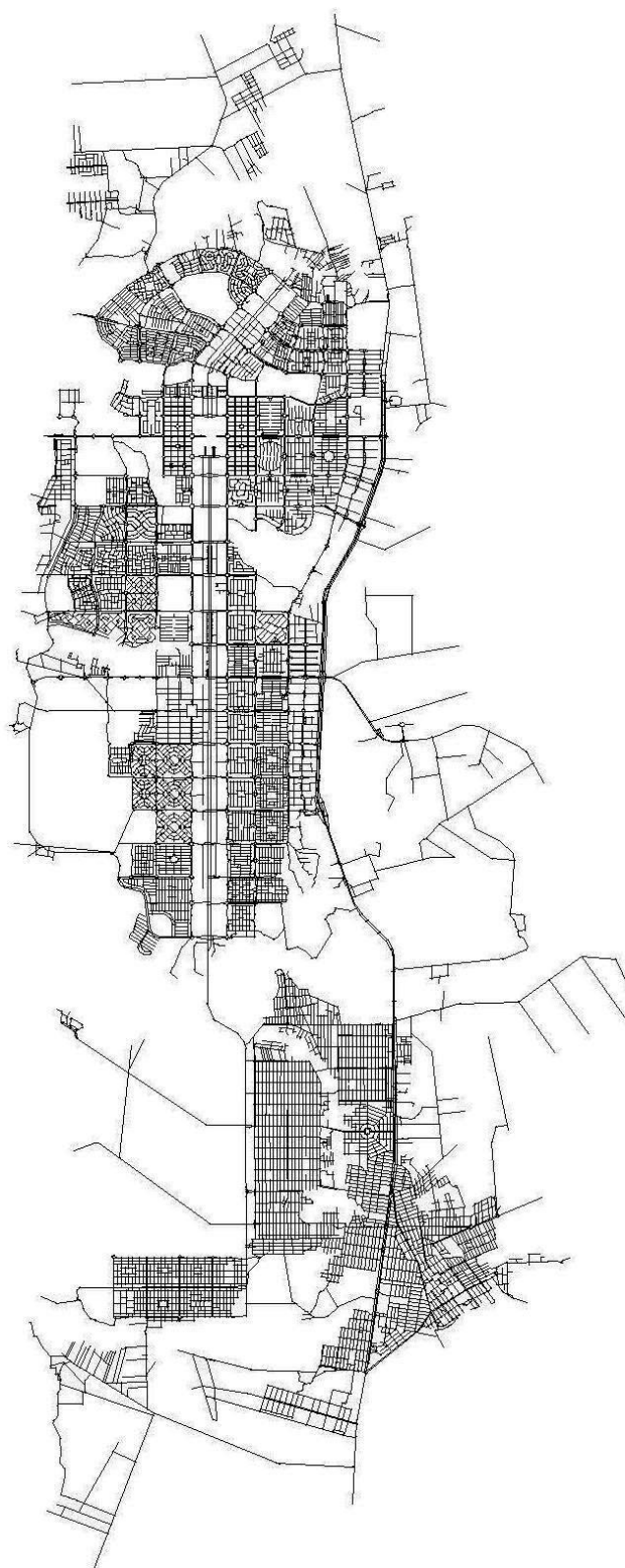
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Mossoró - RN para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 73 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PALMAS - TOCANTINS



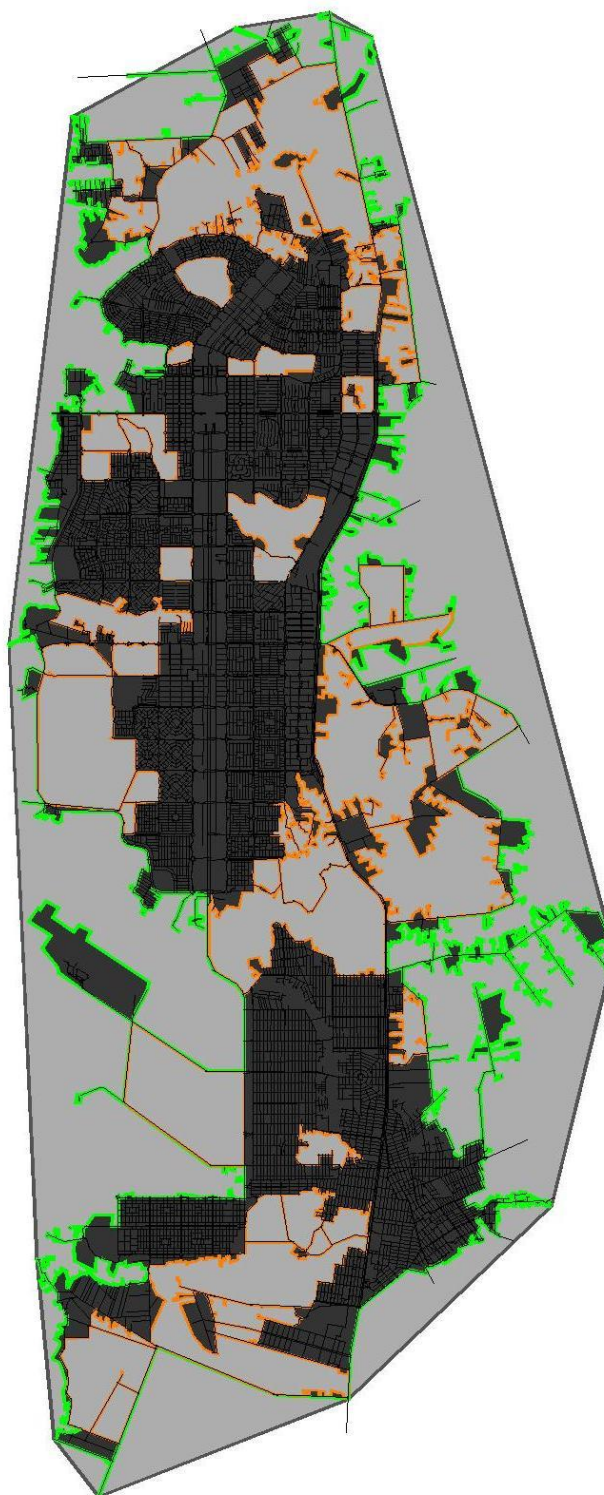
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 74 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PALMAS - TO



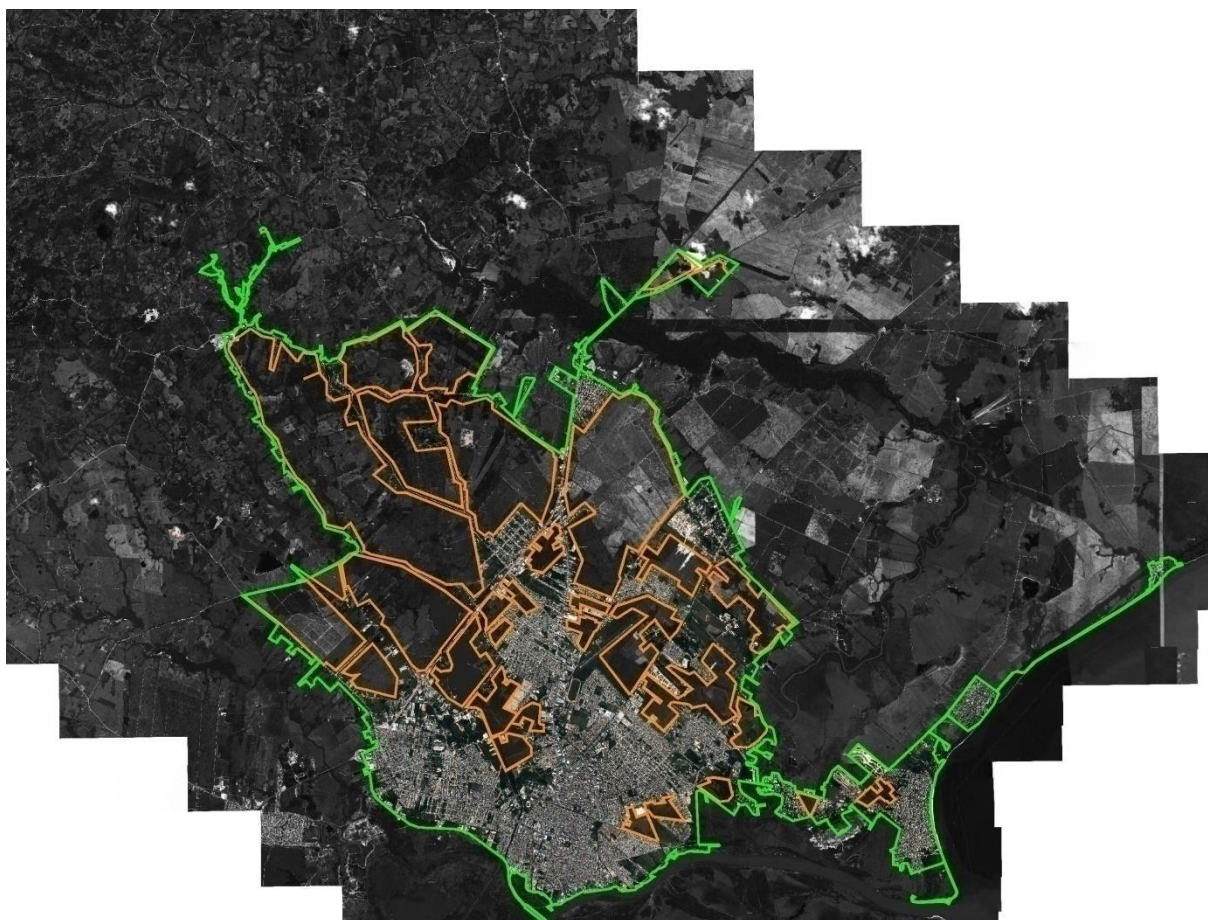
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 75 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PALMAS - TO PARA CALCULAR
O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Palmas - TO para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 76 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PELOTAS - RIO GRANDE DO SUL



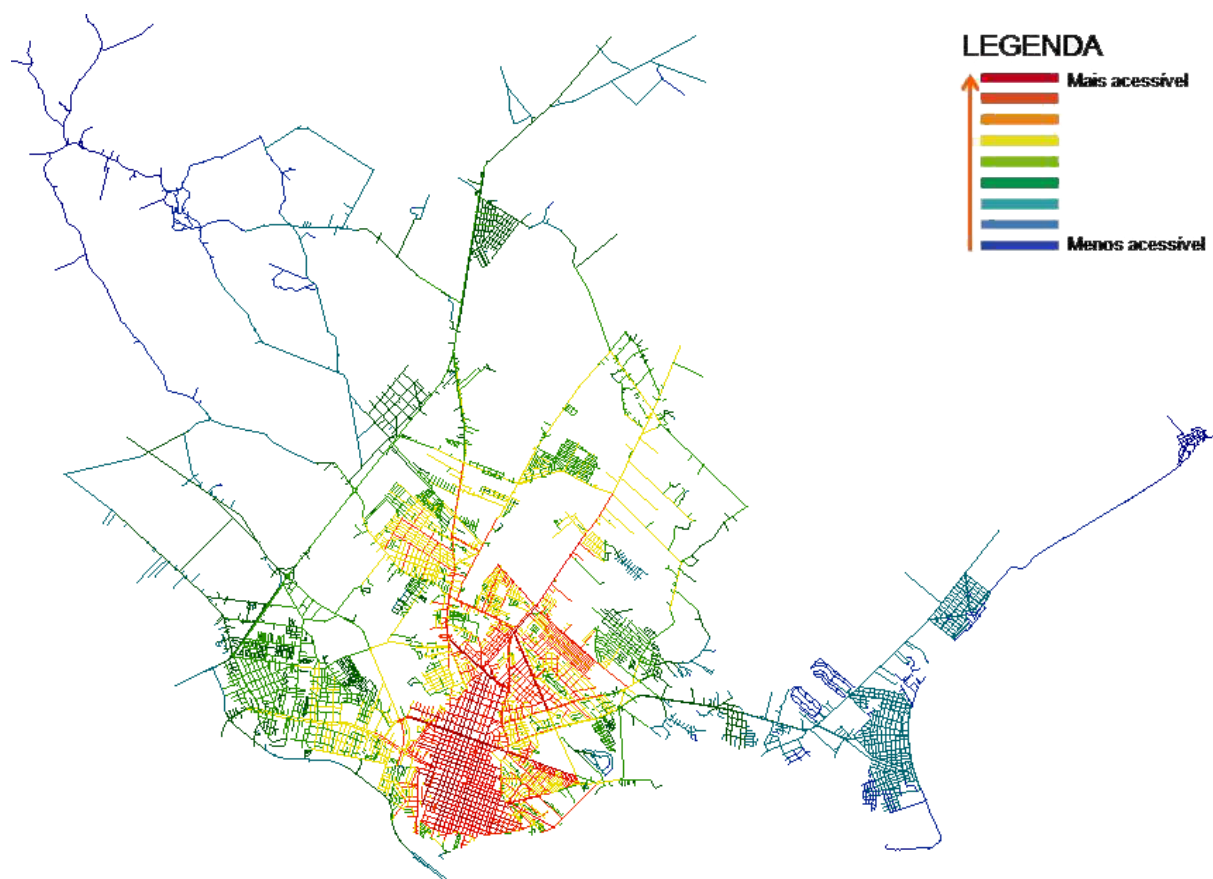
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 77 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PELOTAS - RS



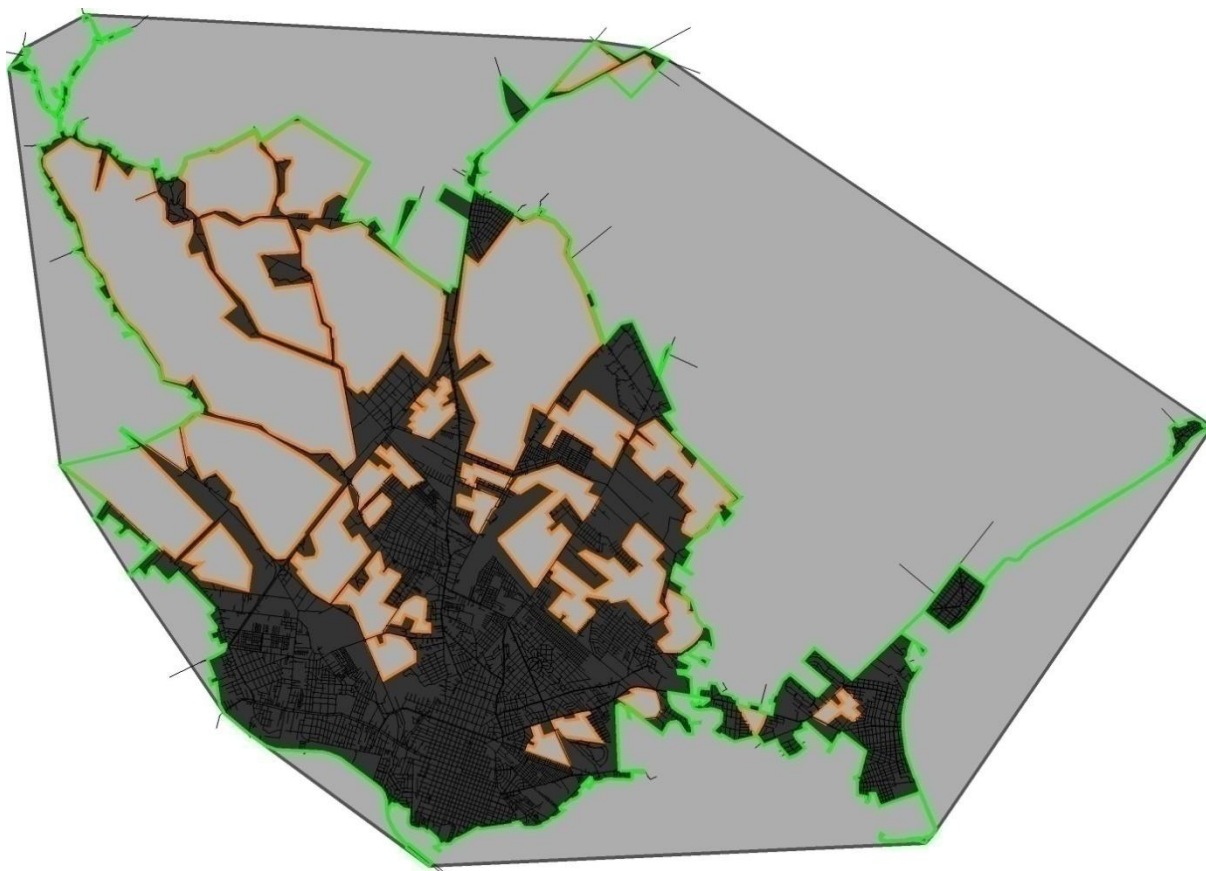
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 78 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PELOTAS - RS COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE

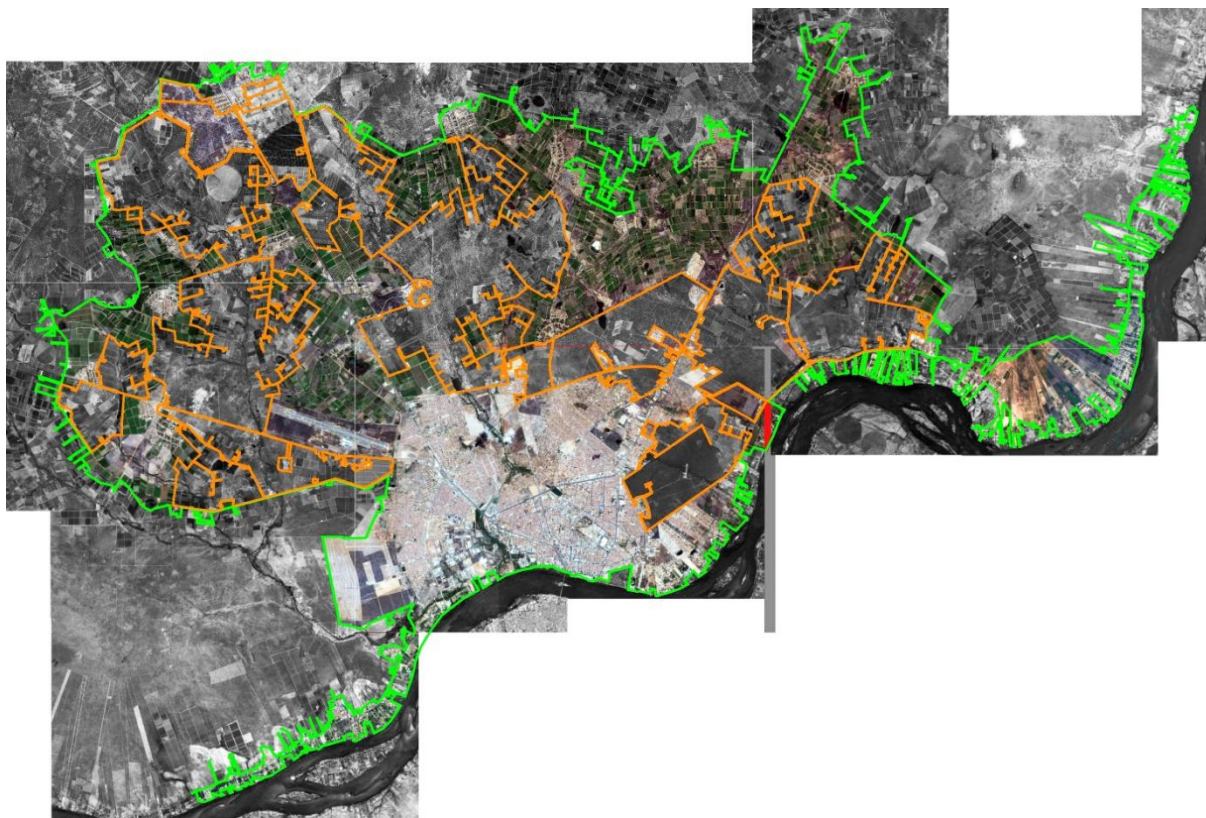


Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 79 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PELOTAS - RS PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Pelotas - RS para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que contém o acréscimo dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição no *software* AutoCad.

APÊNDICE 80 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PETROLINA - PERNAMBUCO

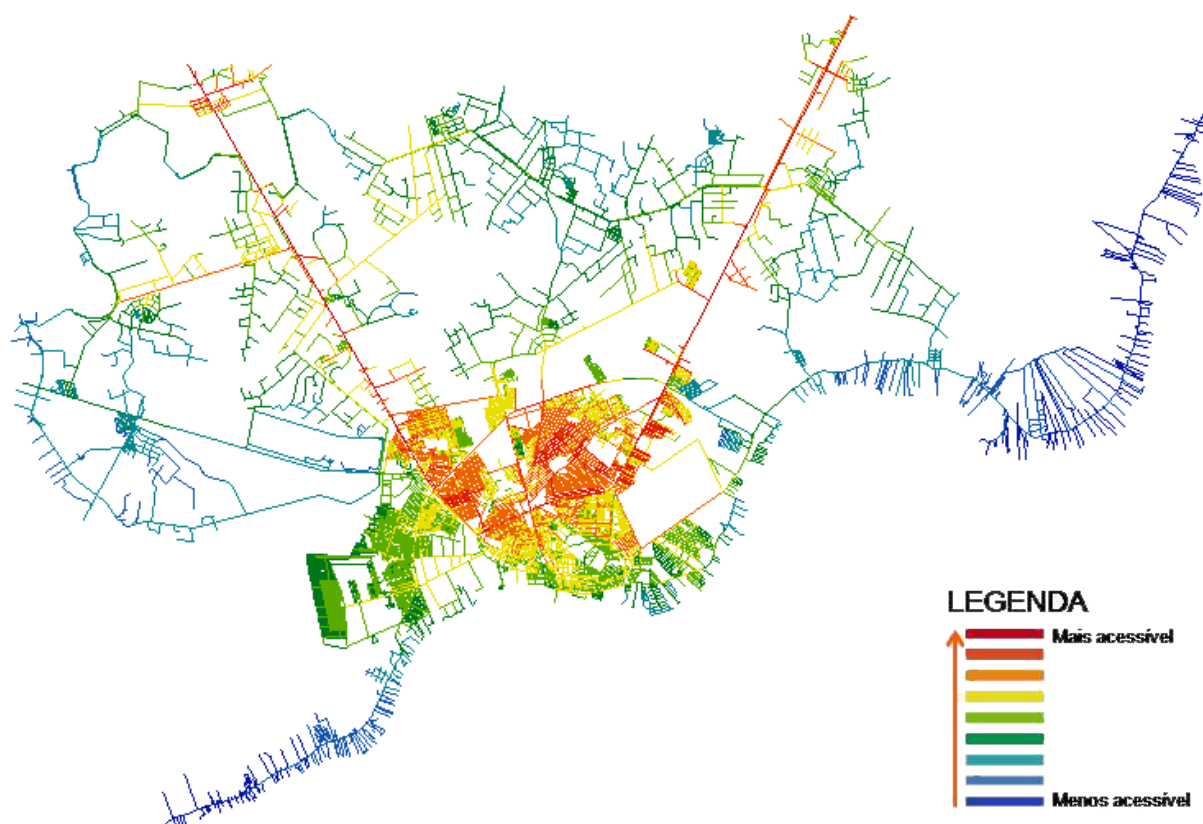
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 81 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PETROLINA - PE



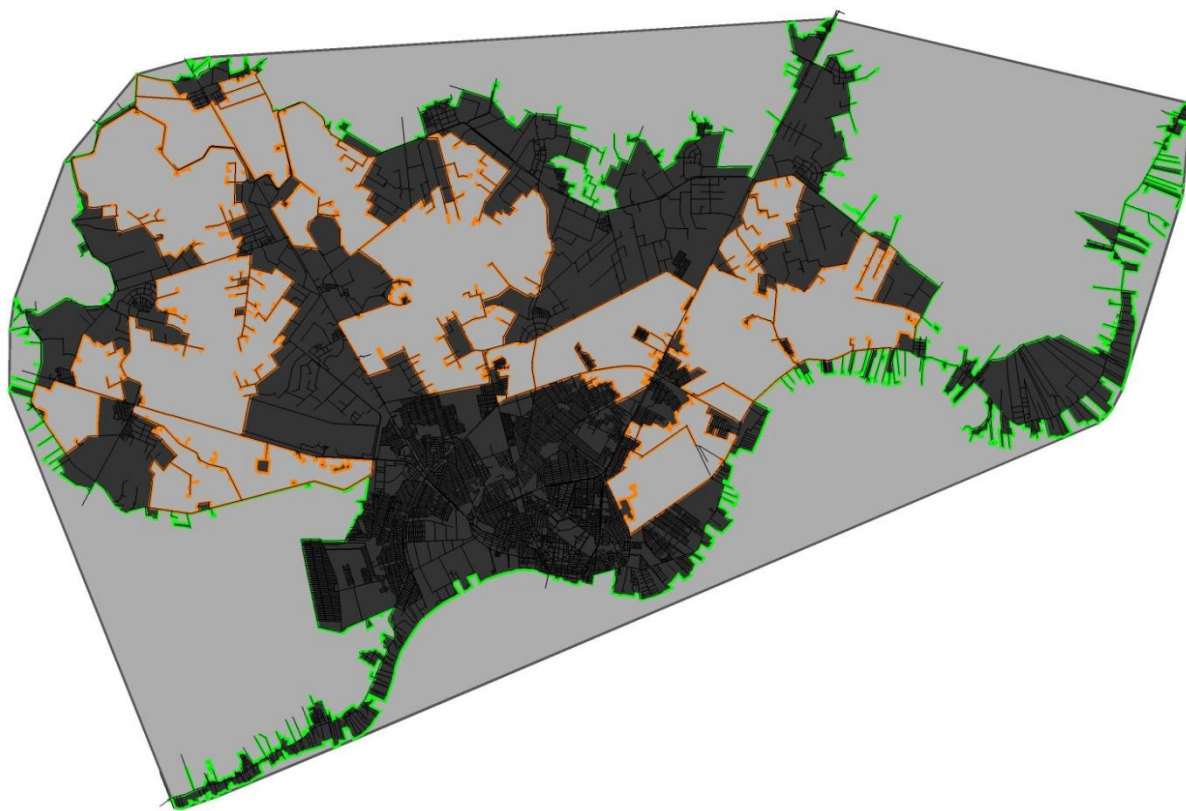
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 82 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PETROLINA - PE COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



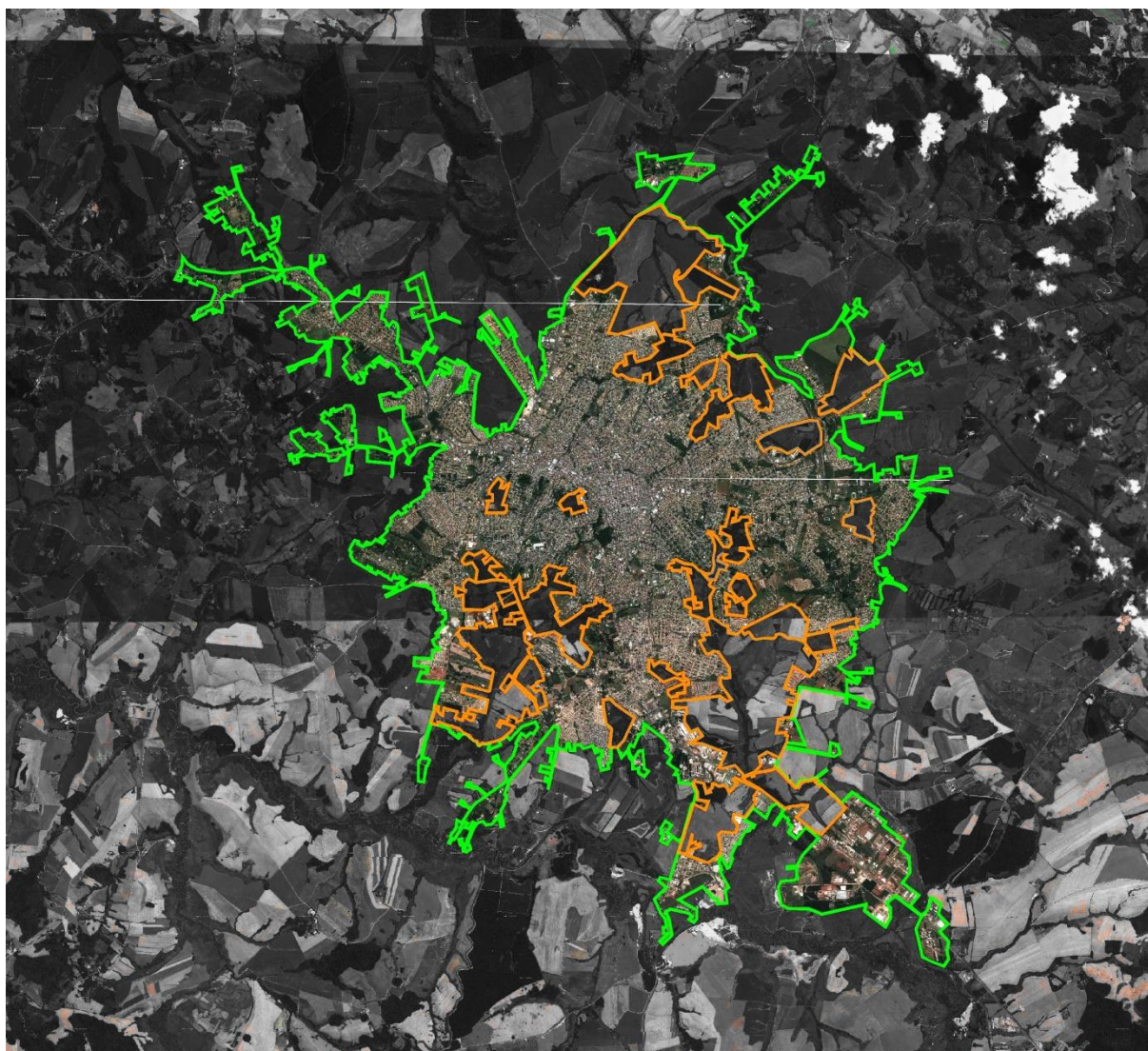
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 83 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PETROLINA - PE PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Petrolina - PE para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 84 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PARANÁ



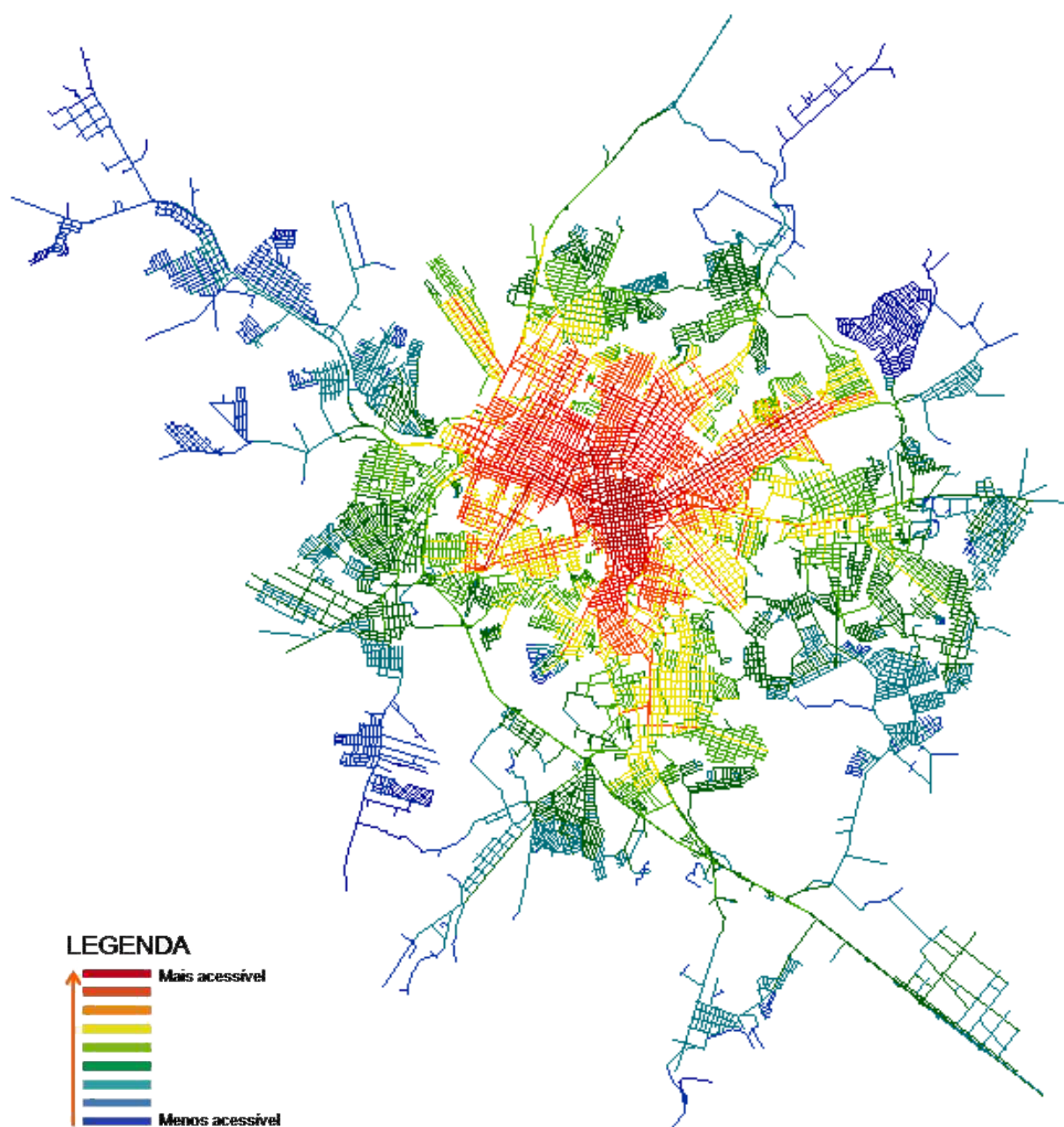
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 85 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR



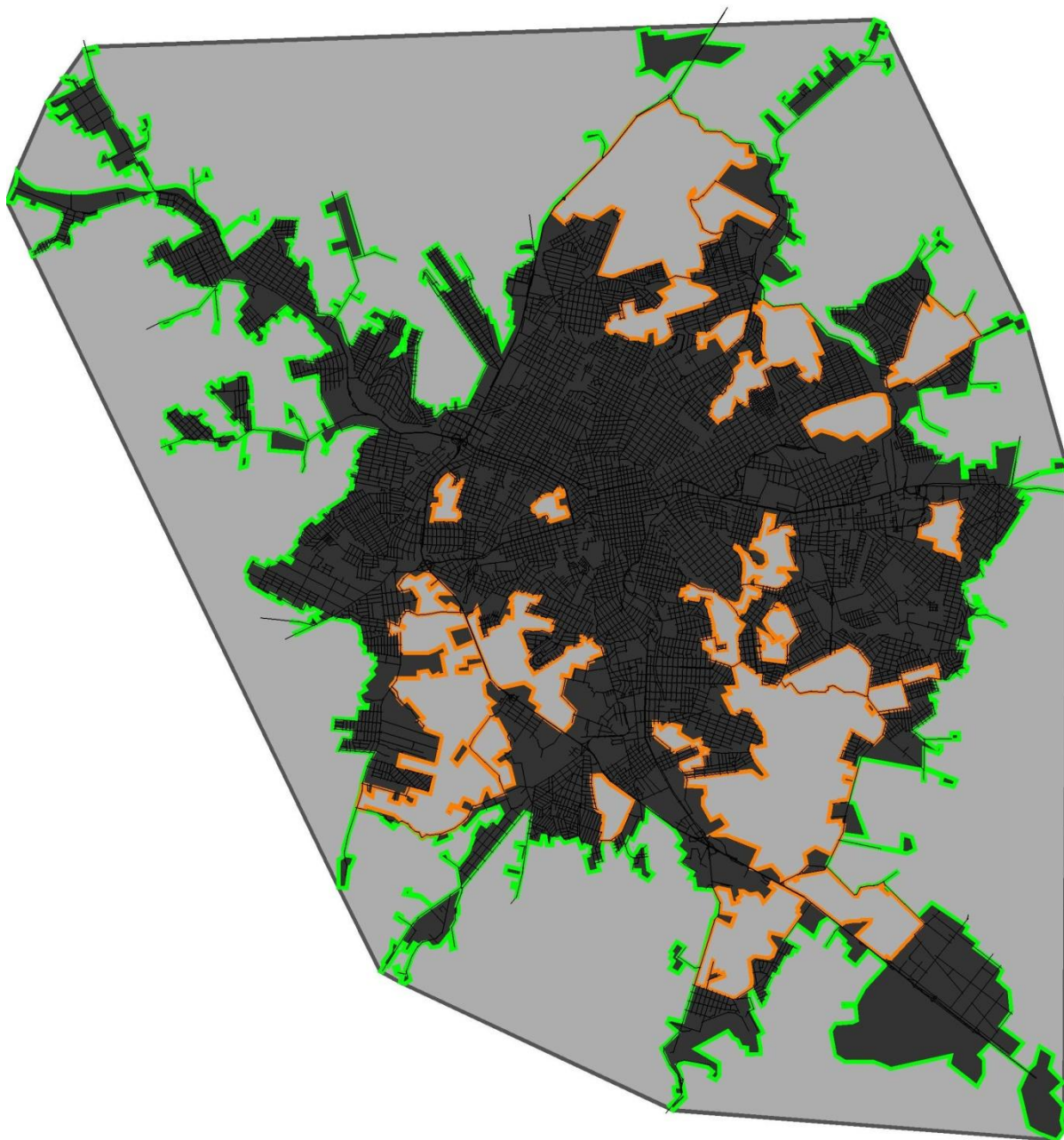
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 86 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



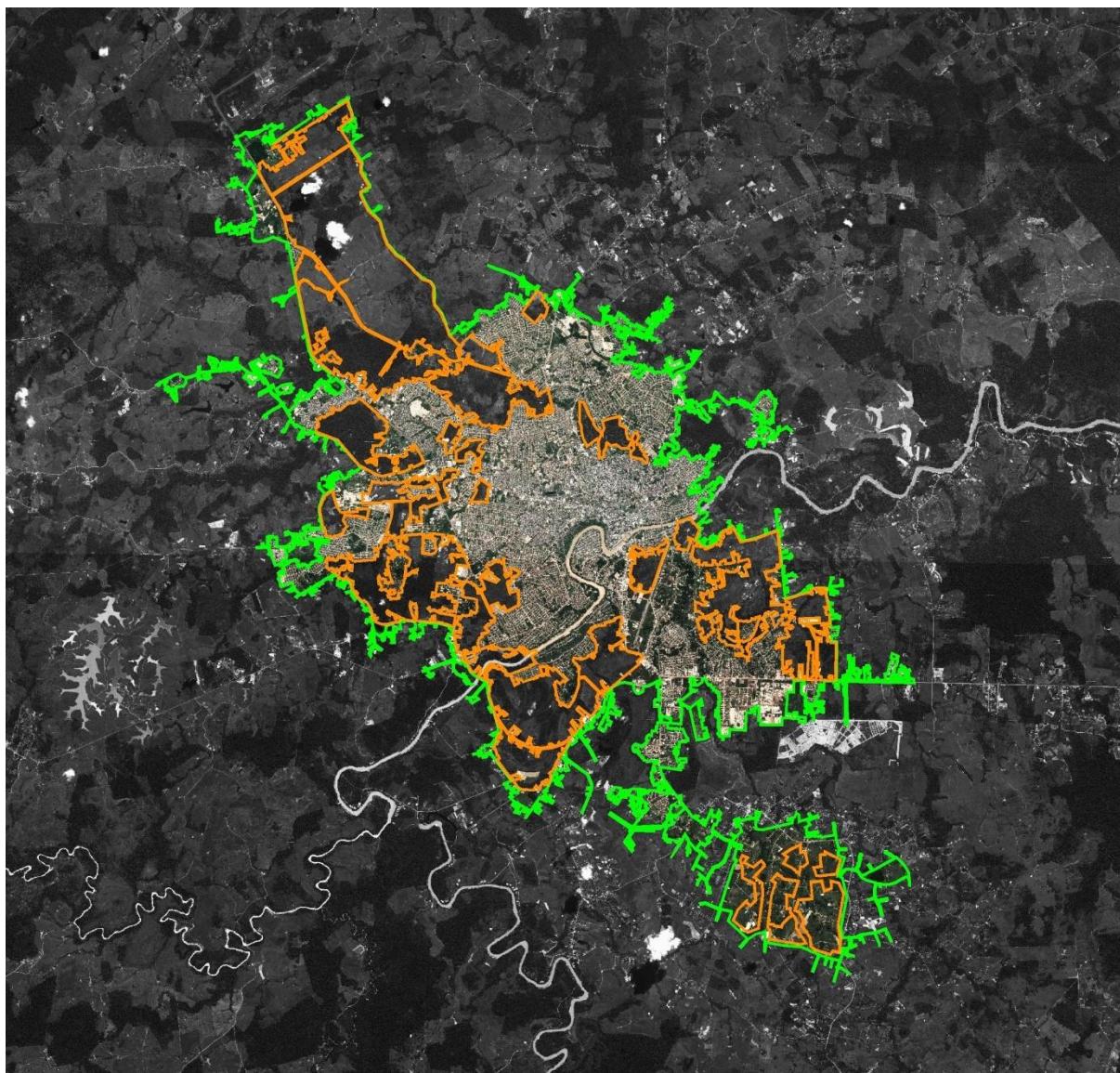
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 87 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE PONTA GROSSA - PR PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Ponta Grossa - PR para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad.

APÊNDICE 88 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE RIO BRANCO - ACRE



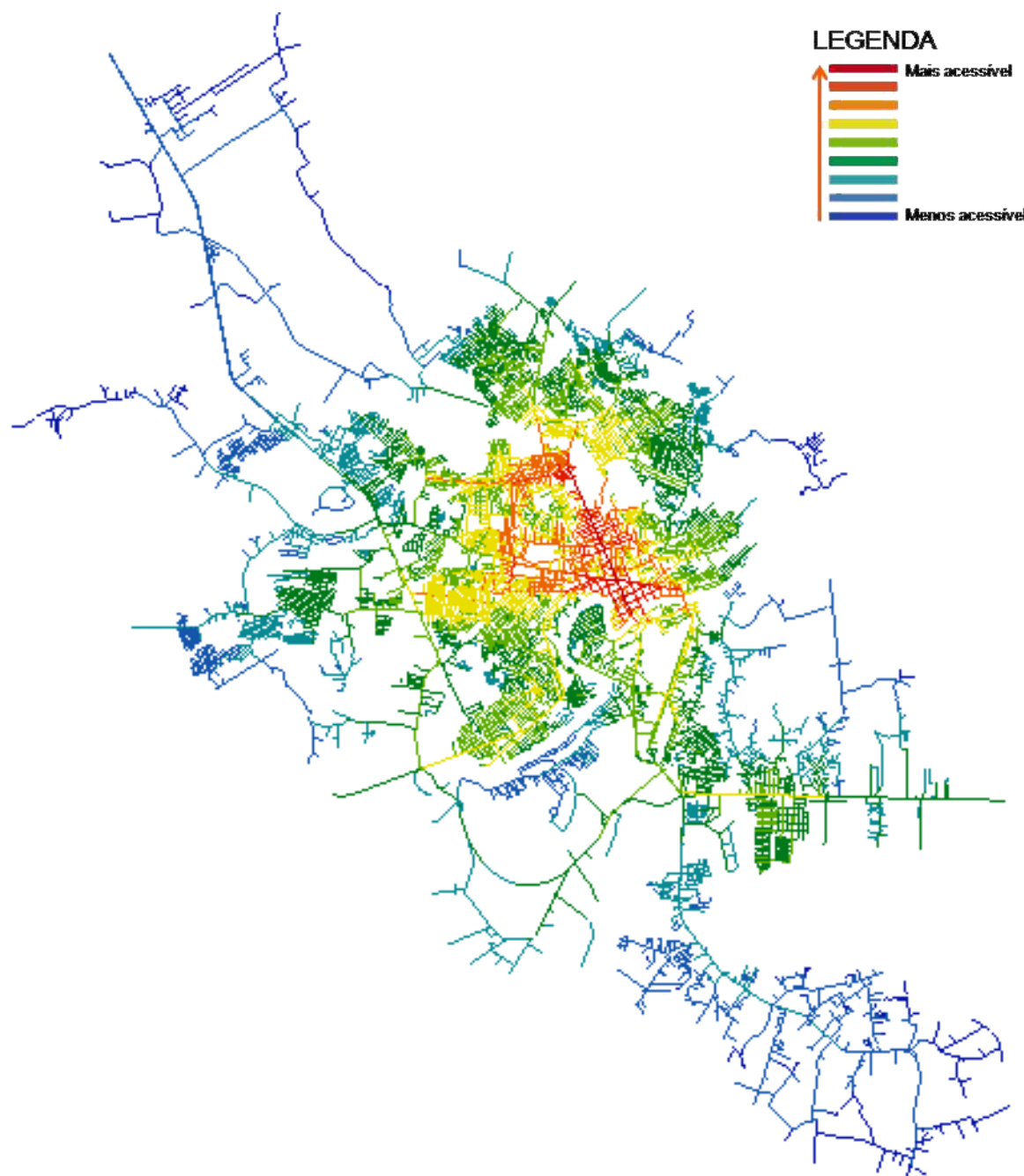
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 89 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC



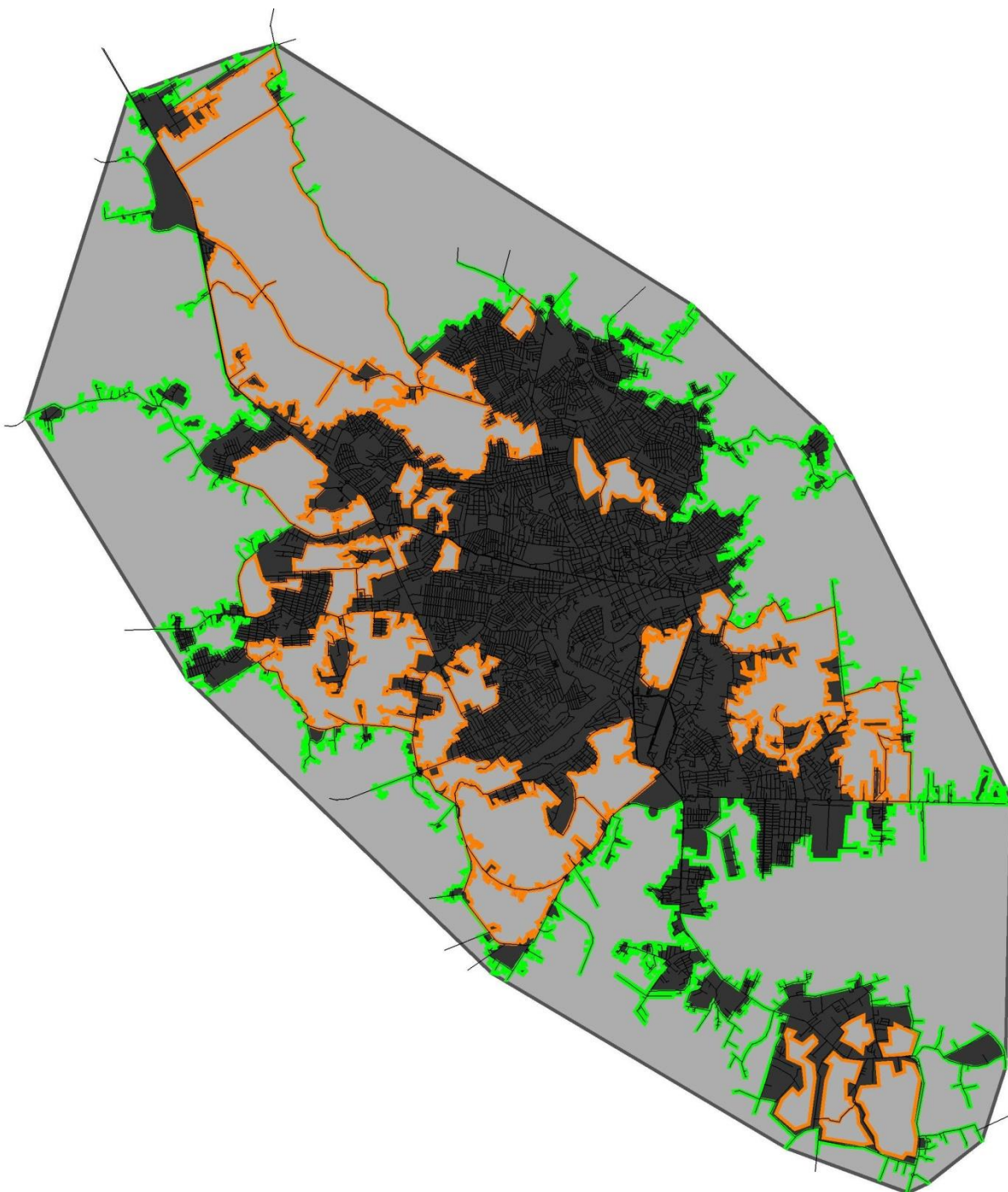
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 90 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



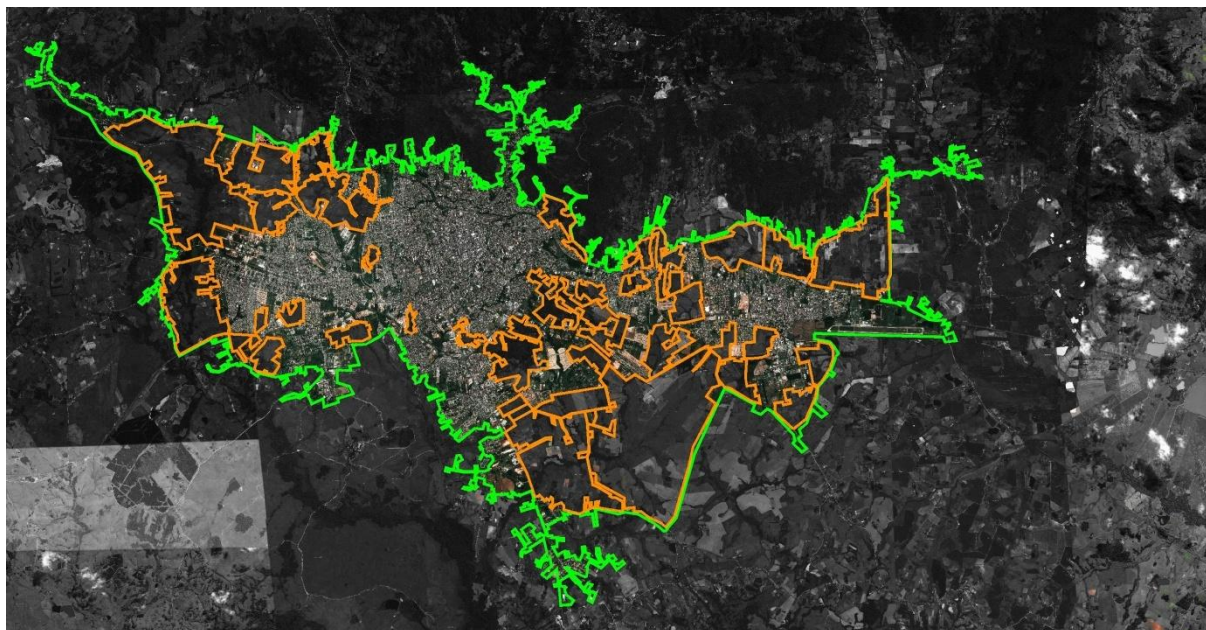
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 91 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE RIO BRANCO - AC PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Rio Branco - AC para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 92 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SANTA MARIA - RIO GRANDE DO SUL



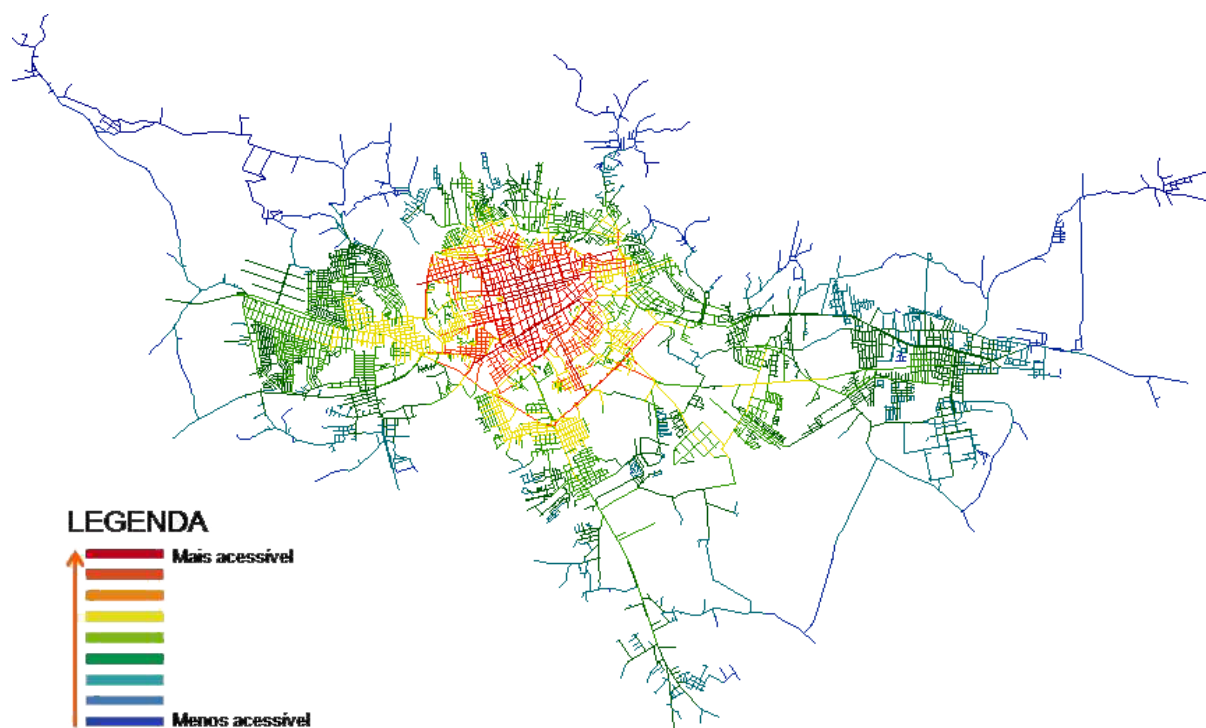
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 93 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS



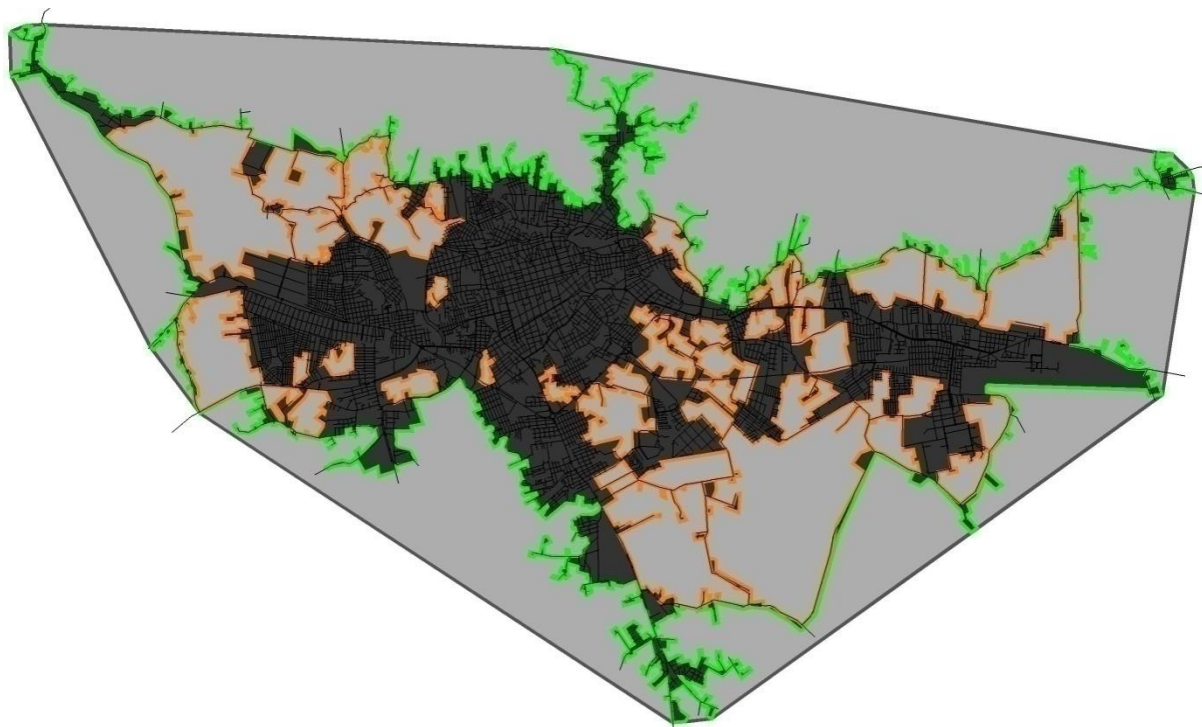
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 94 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



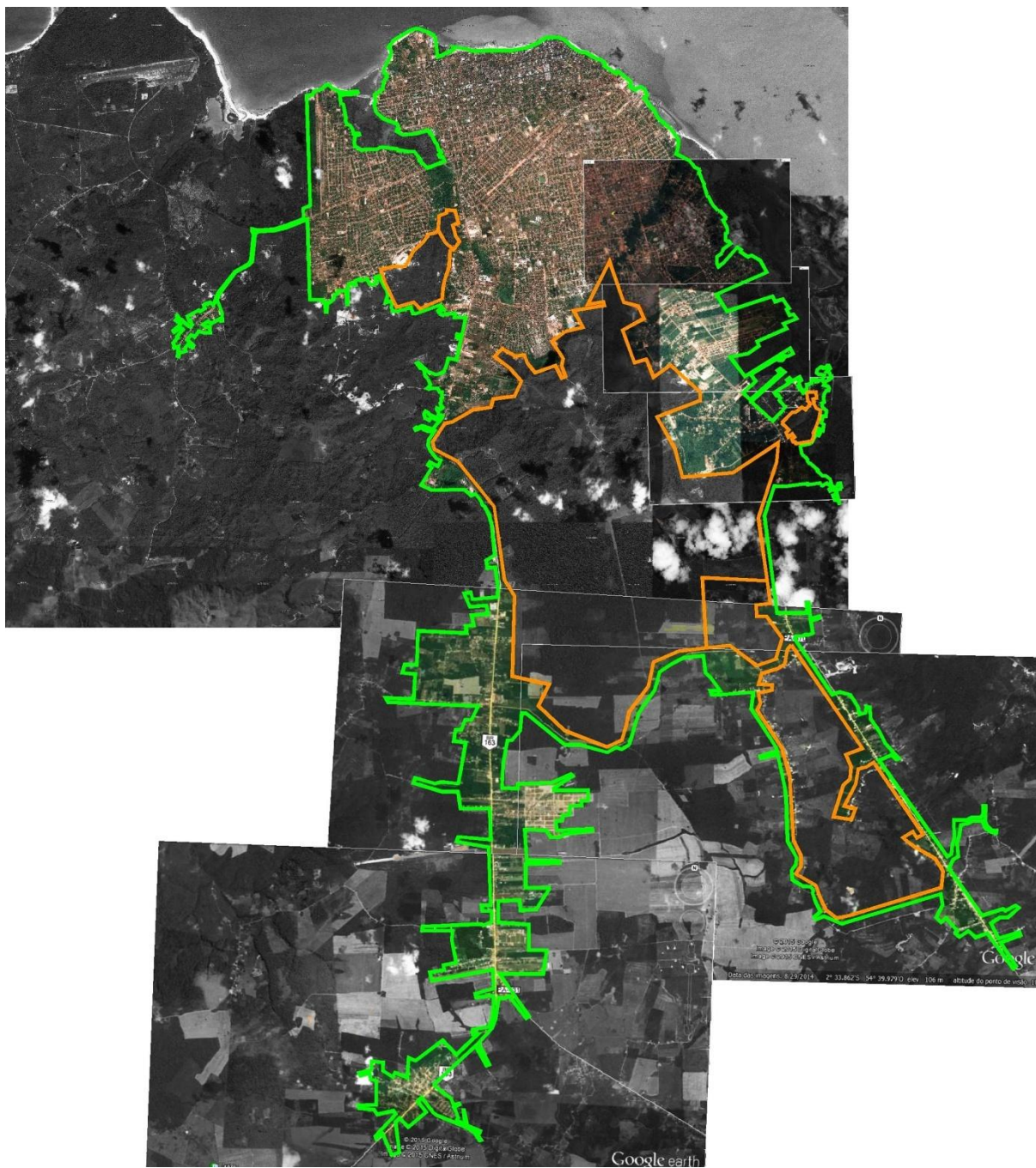
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 95 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SANTA MARIA - RS PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



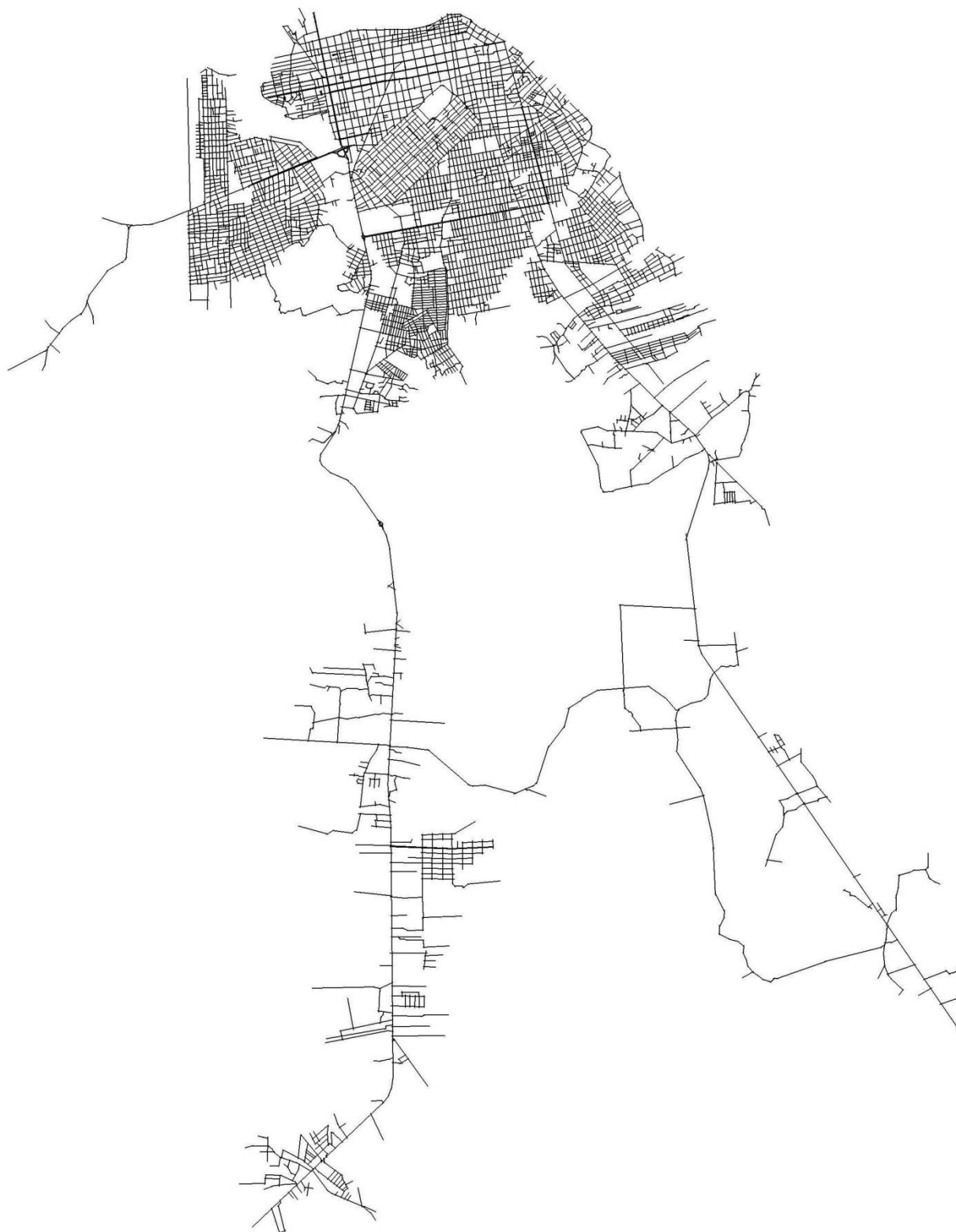
Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Santa Maria - RS para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 96 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ



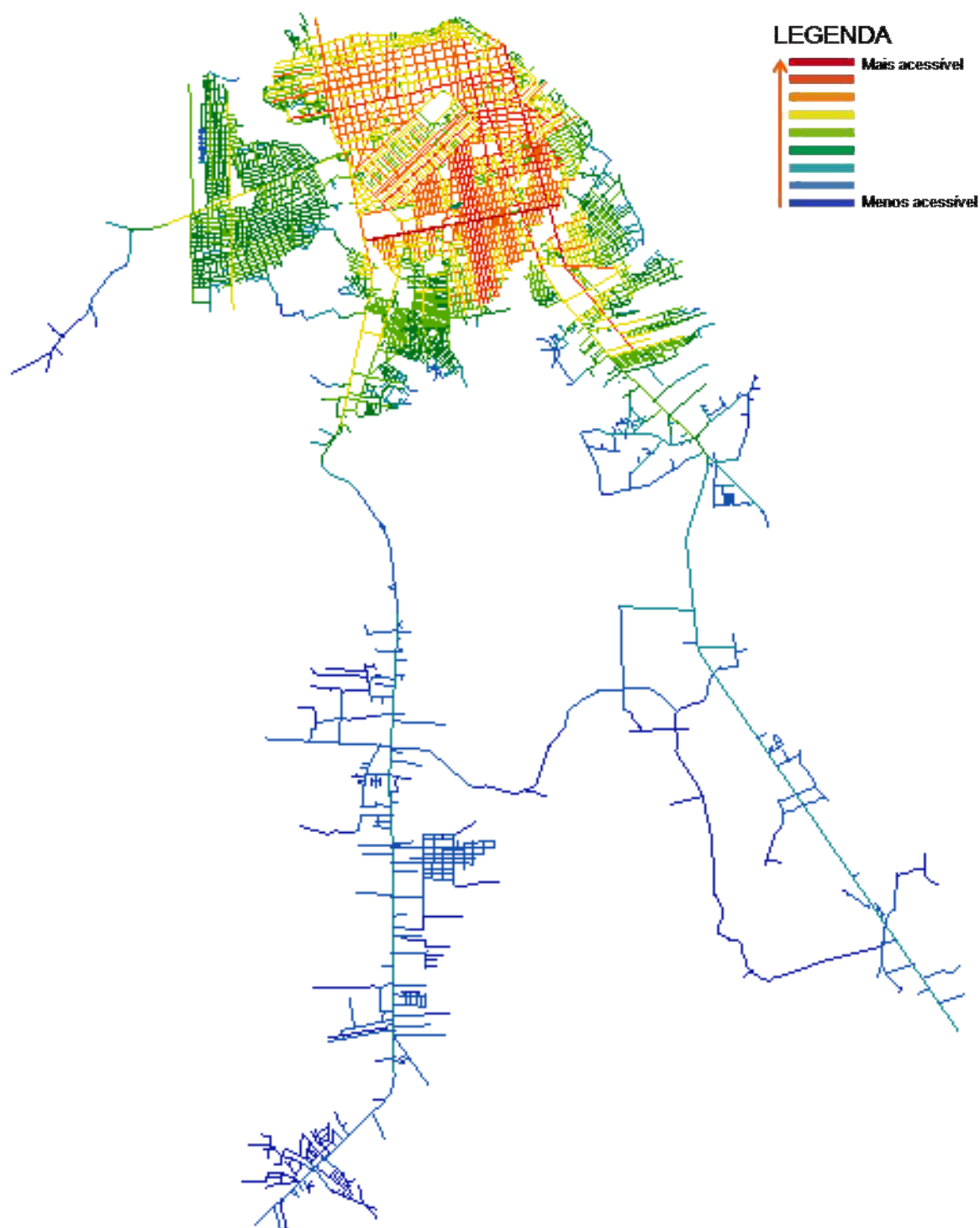
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 97 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ



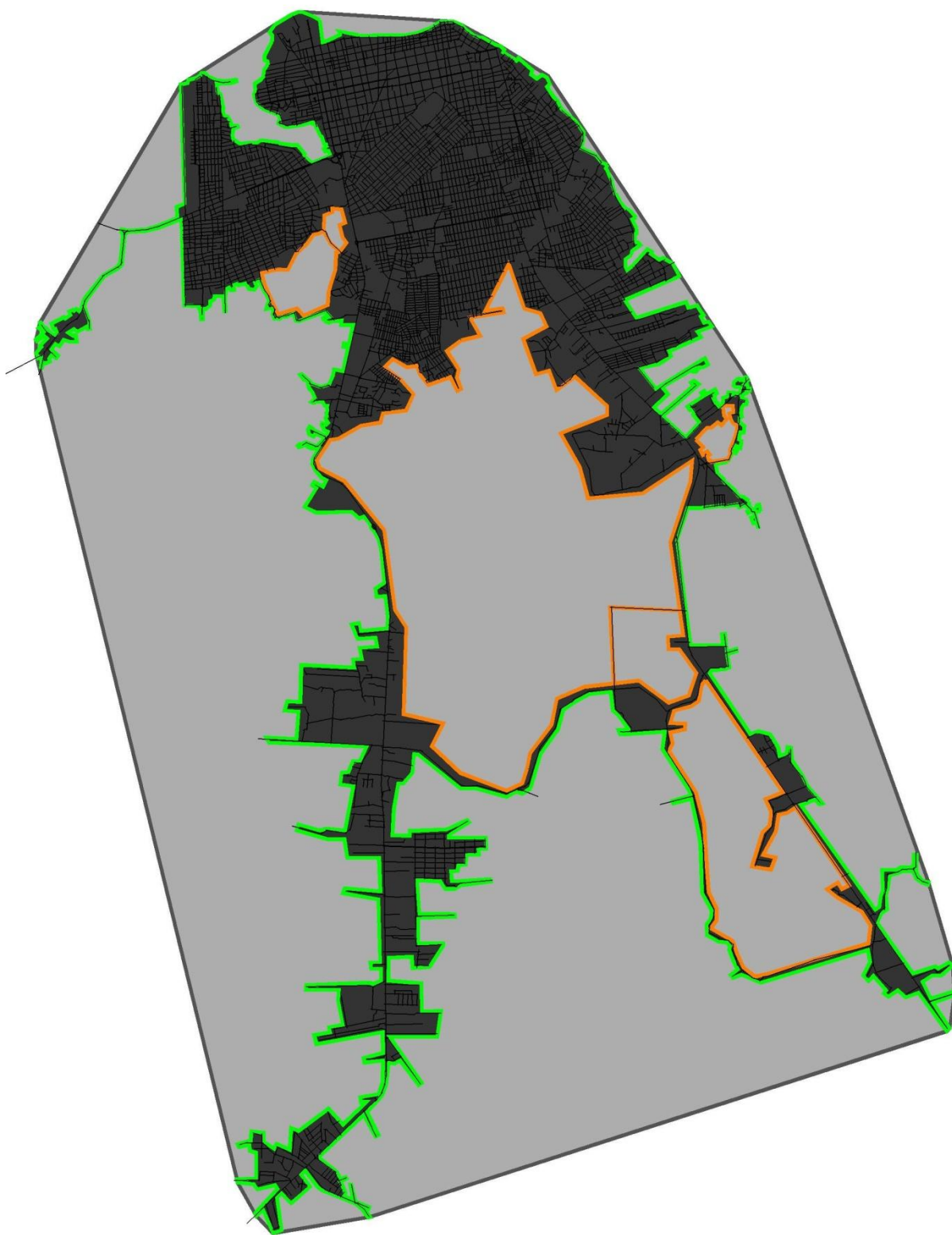
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 98 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



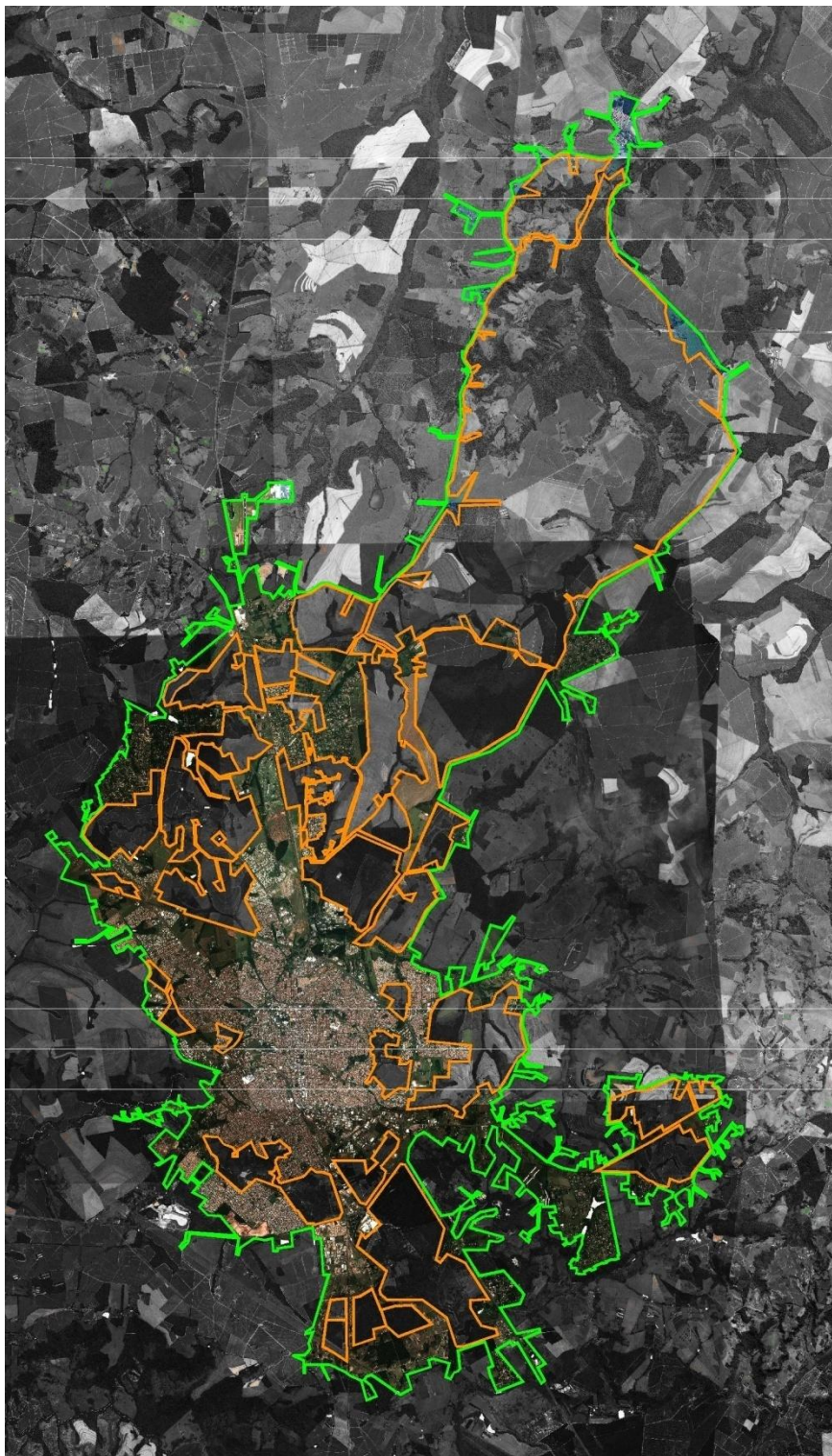
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 99 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Santarém - PA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 100 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SÃO PAULO



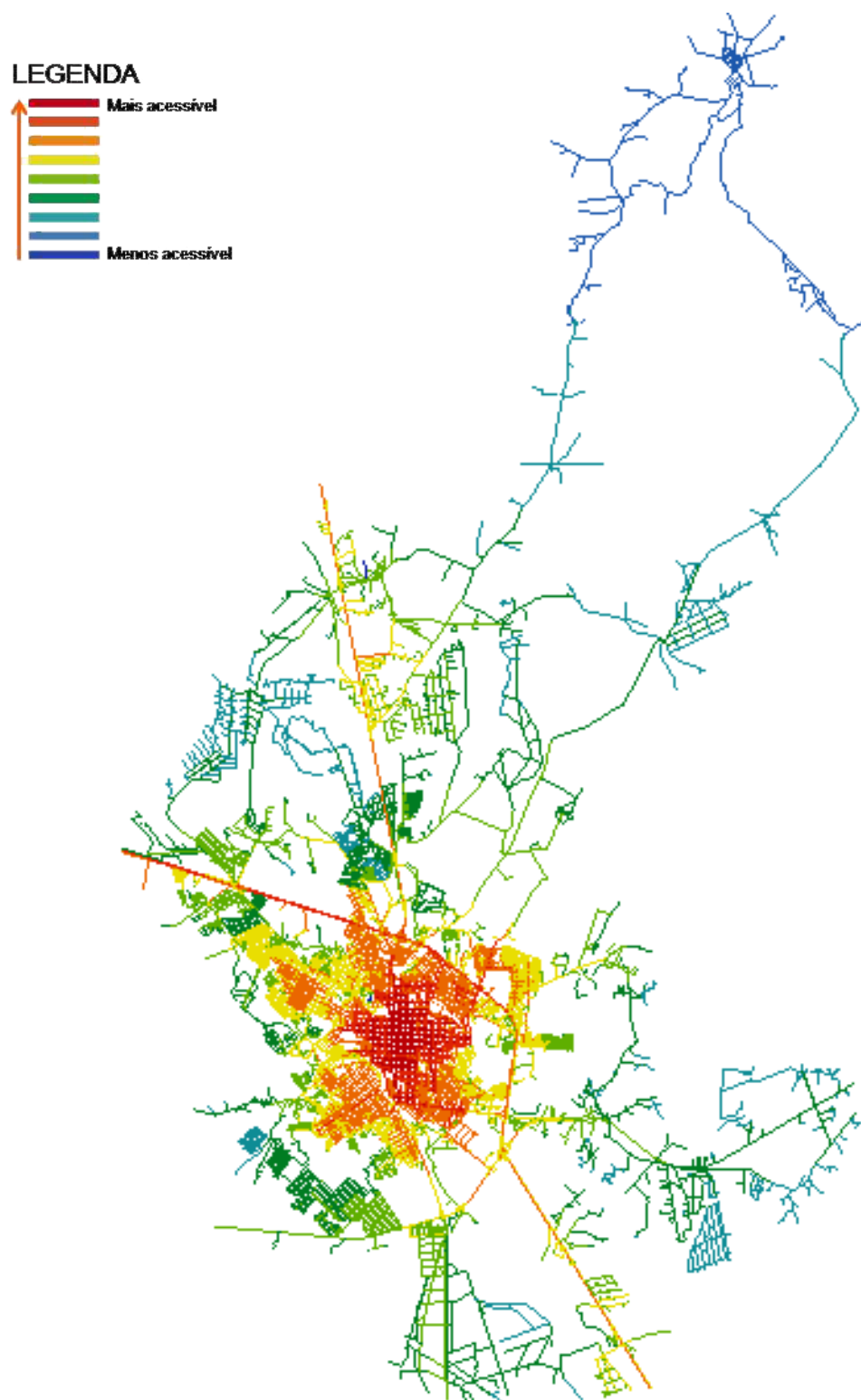
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 101 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP



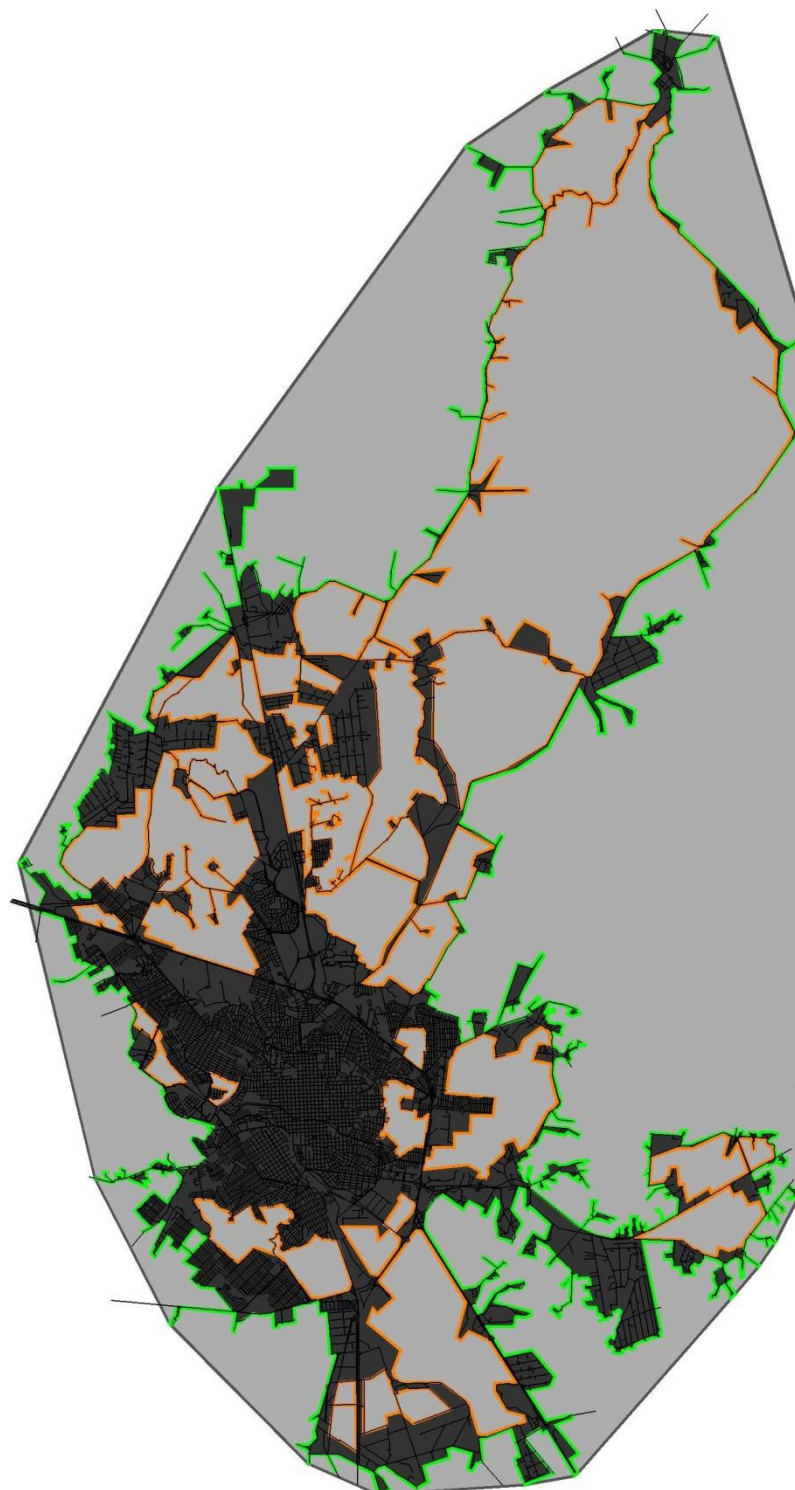
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 102 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



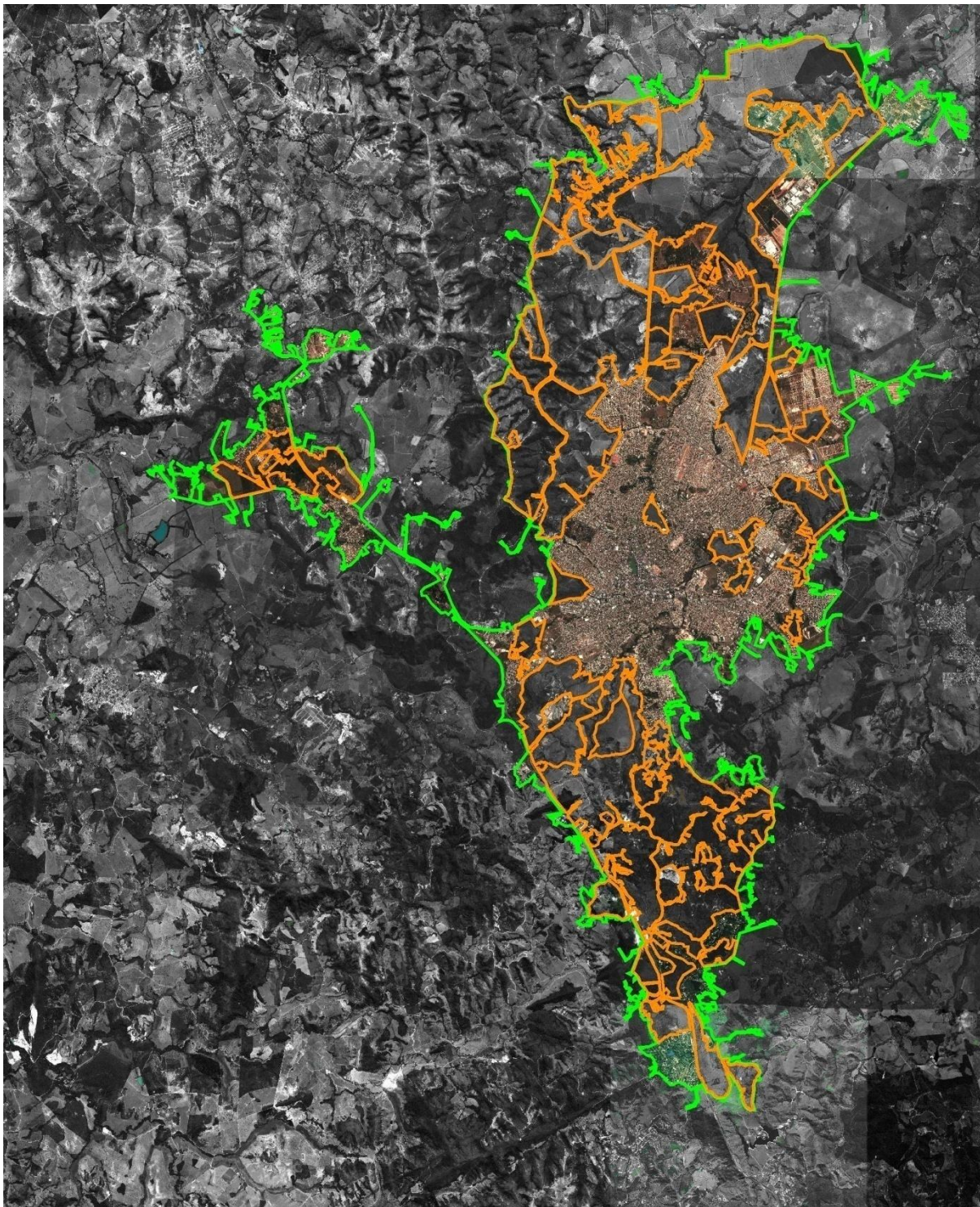
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 103 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de São Carlos - SP para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 104 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MINAS
GERAIS



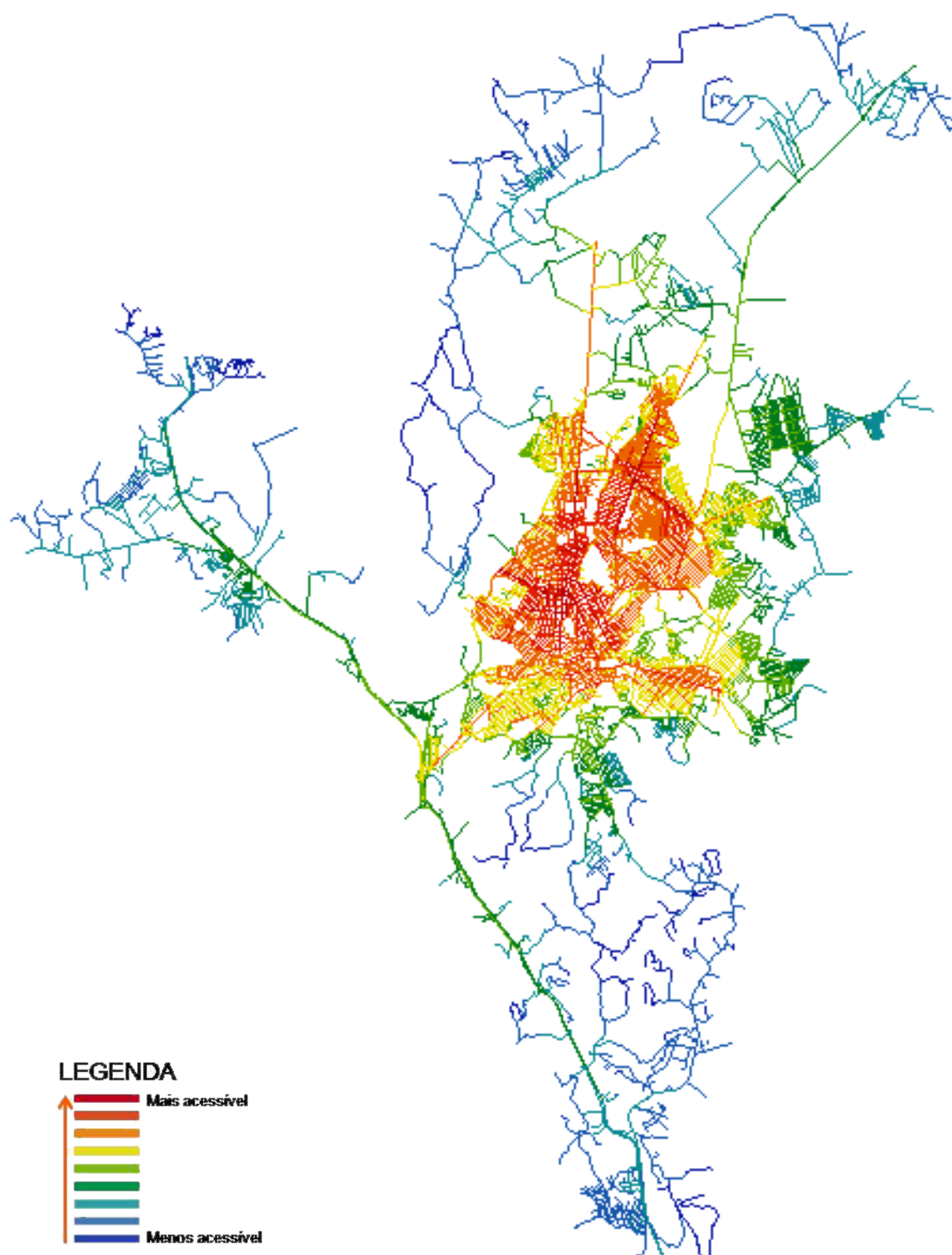
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 105 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG



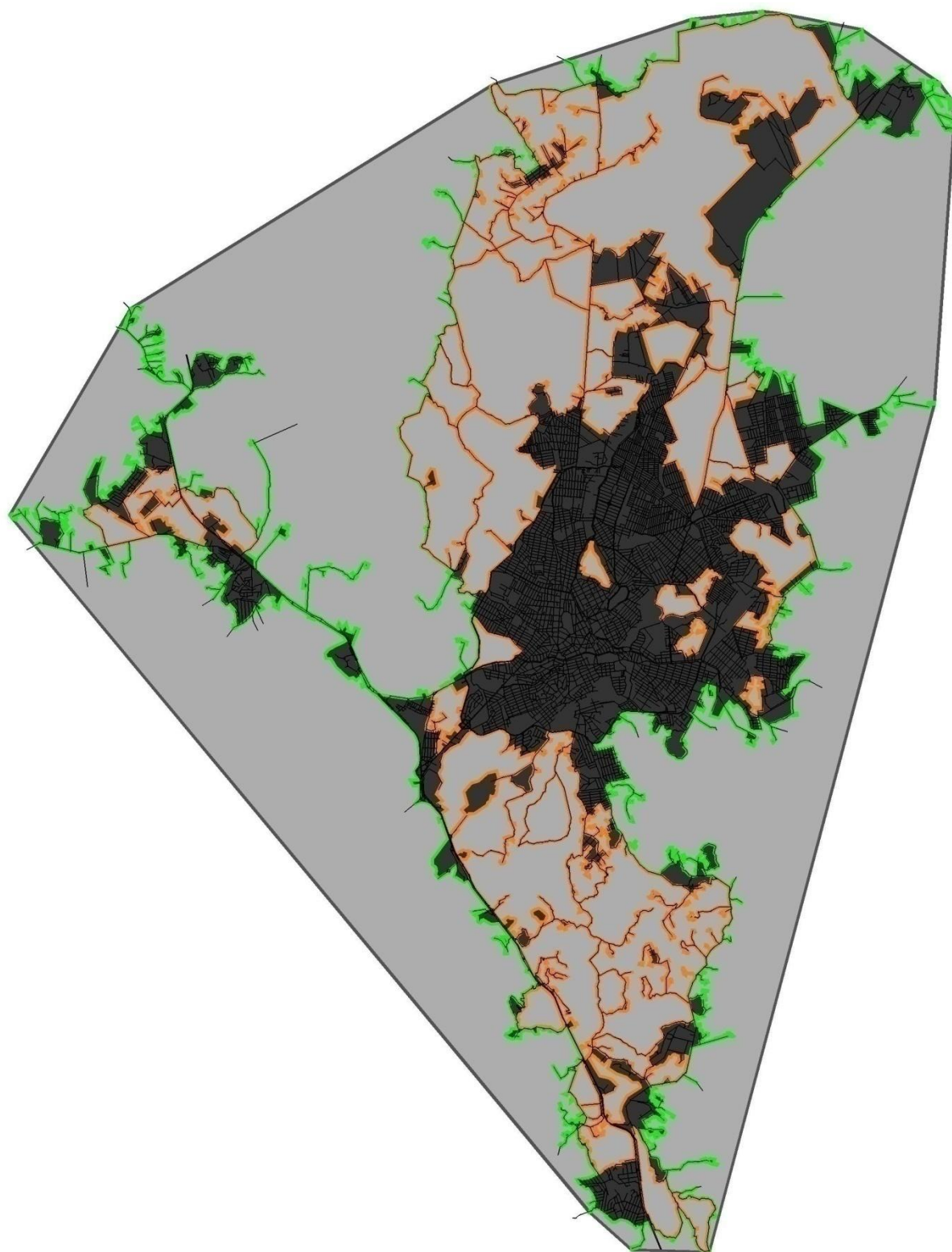
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 106 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 107 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE SETE LAGOAS - MG PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Sete Lagoas - MG para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do software Google Earth Pro e edição nos software AutoCad.

APÊNDICE 108 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE UBERABA - MINAS GERAIS



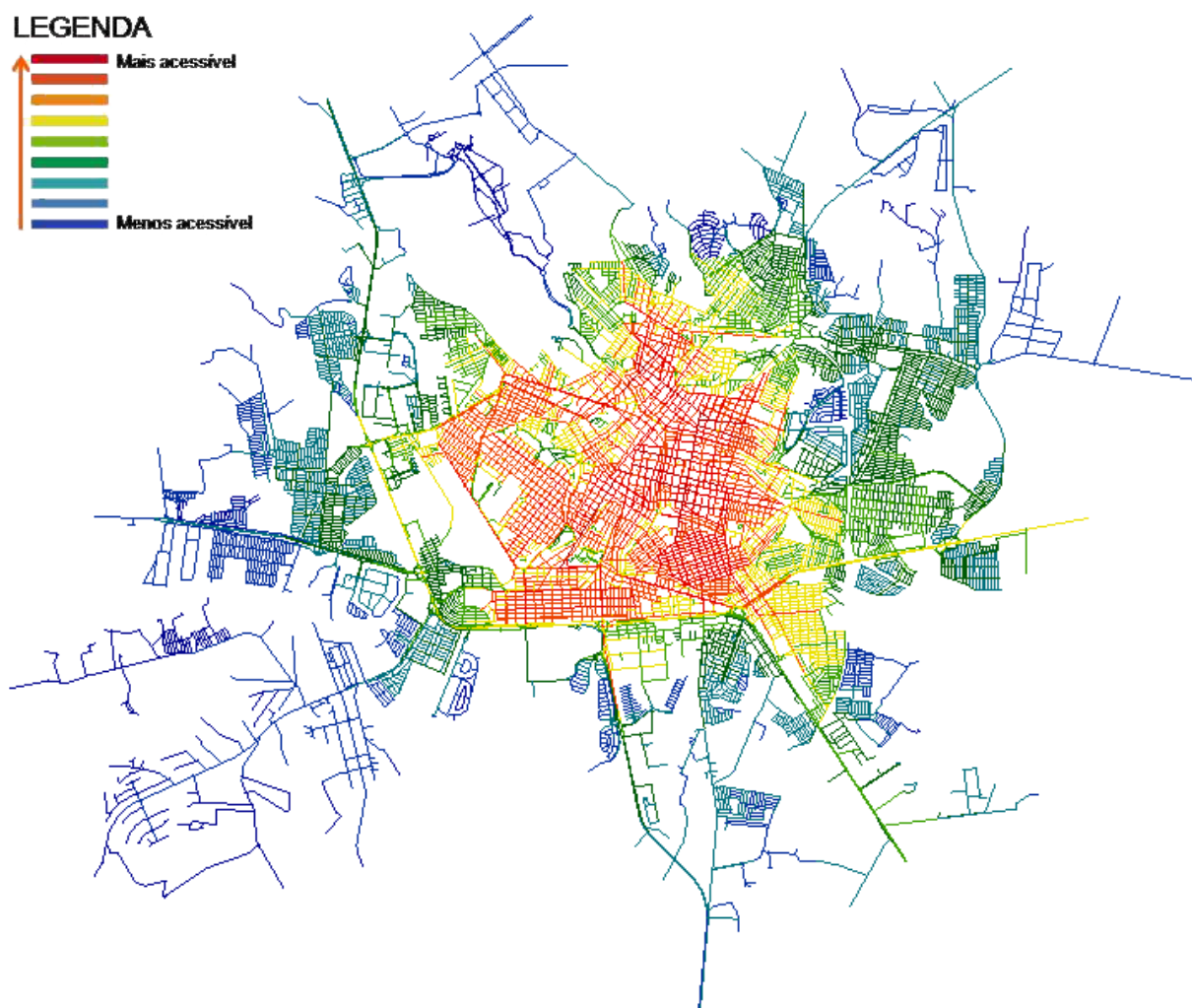
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 109 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE UBERABA - MG



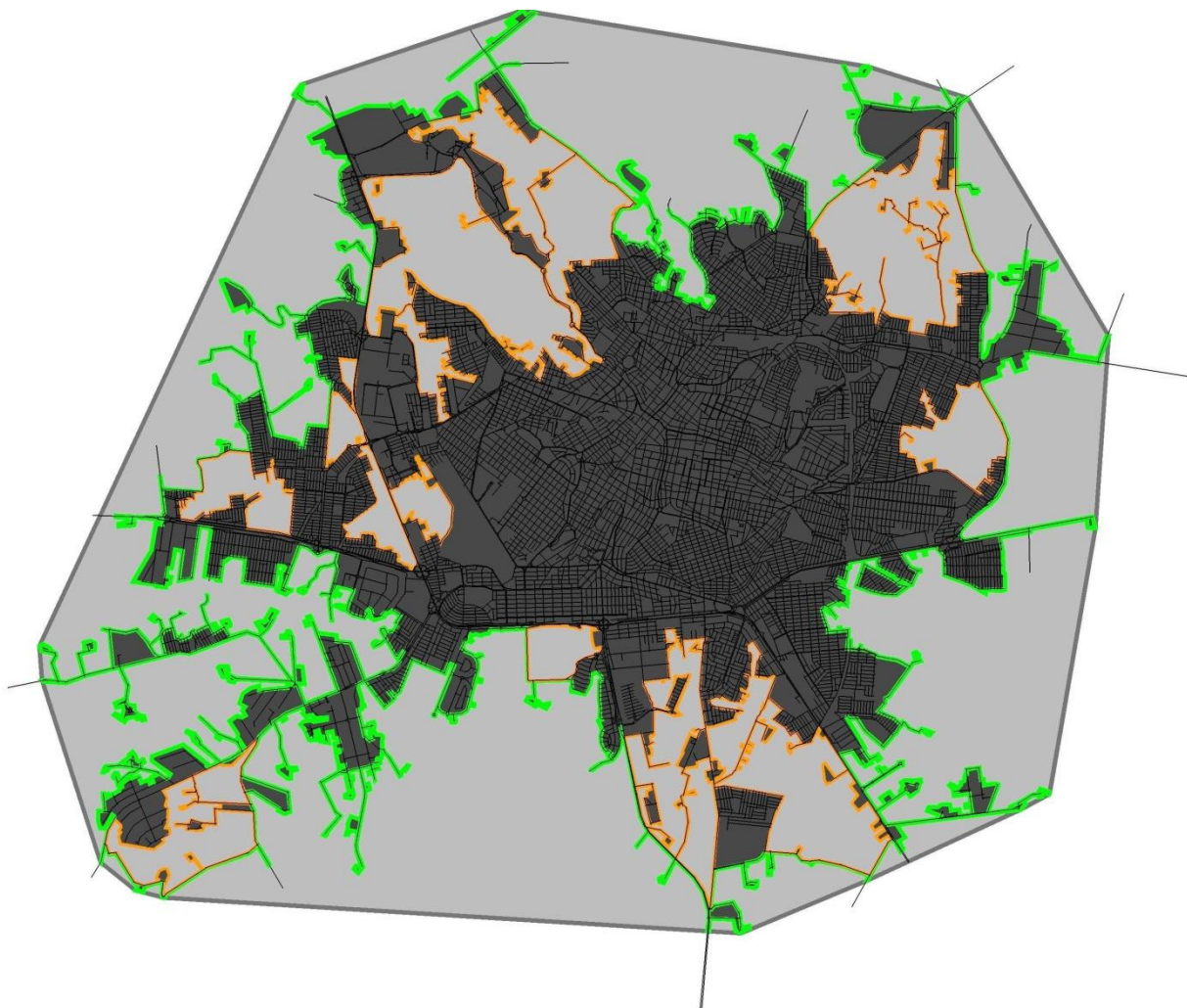
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 110 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE UBERABA - MG COM A REPRESENTAÇÃO
ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



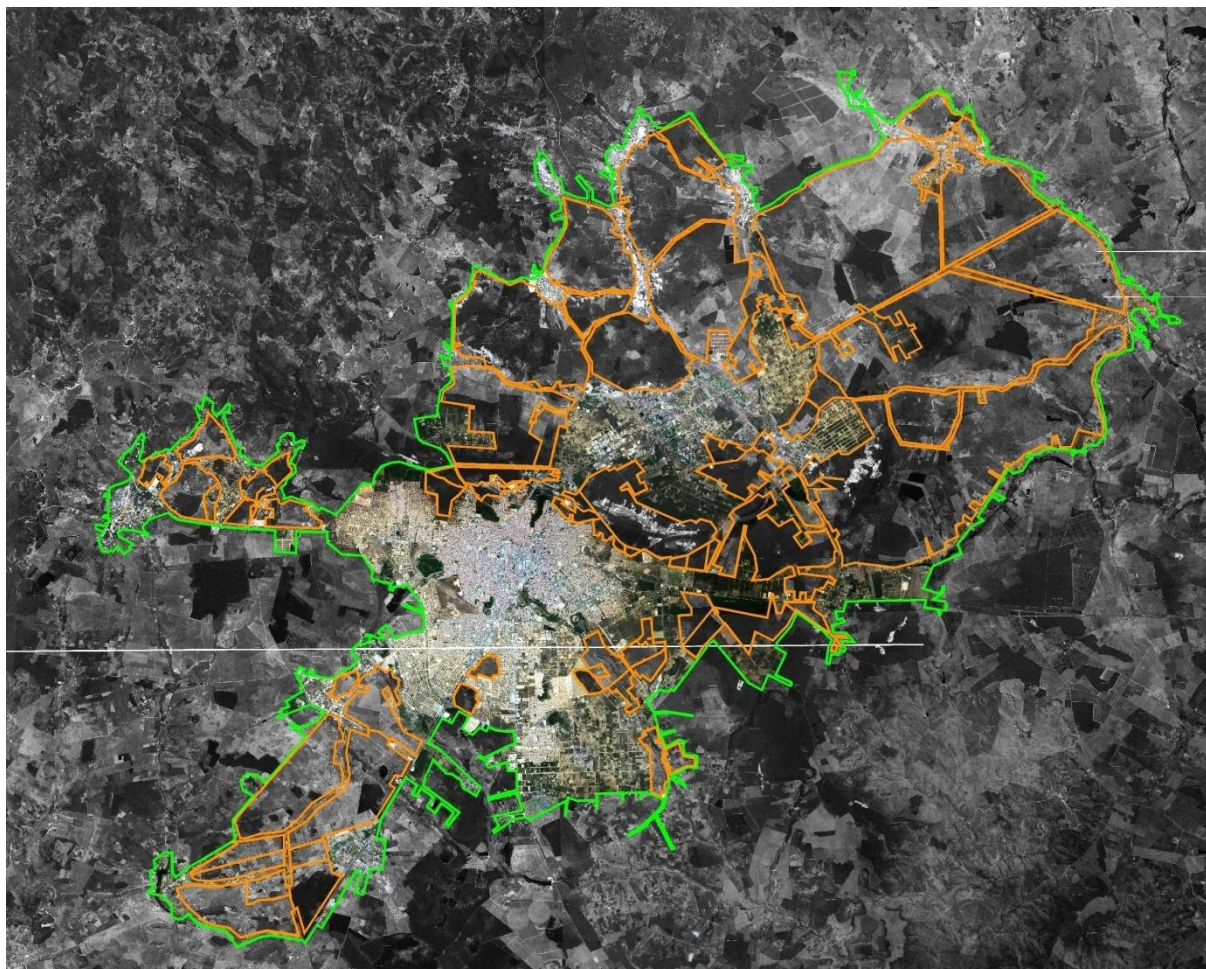
Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 111 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE UBERABA - MG PARA
CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Uberaba - MG para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.

APÊNDICE 112 - IMAGEM DE SATÉLITE DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA -
BAHIA



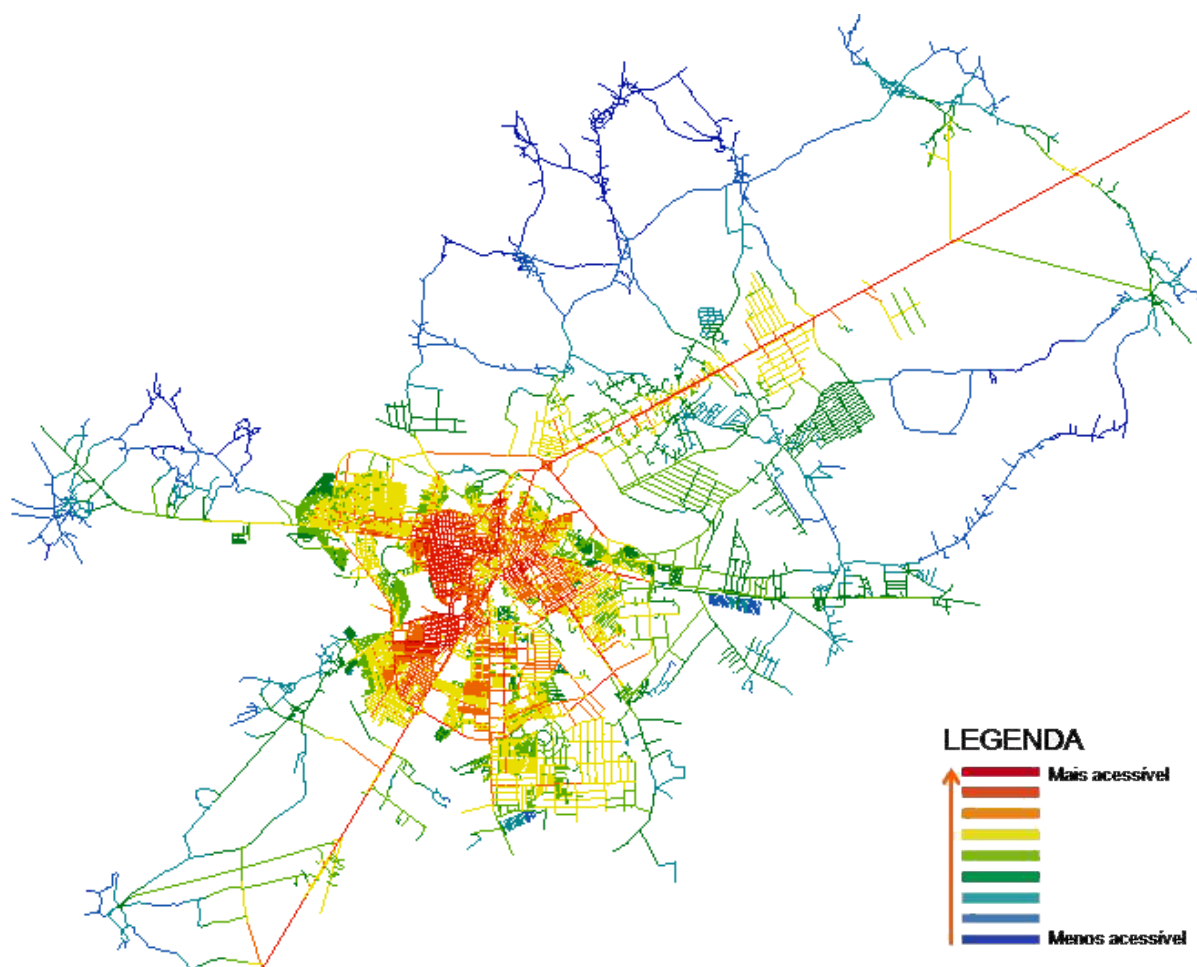
Legenda: delimitação do perímetro urbano em verde e marcação dos vazios urbanos em laranja.
Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *softwares* AutoCad e no Adobe Photoshop.

APÊNDICE 113 - MAPA AXIAL DA VITÓRIA DA CONQUISTA - BA



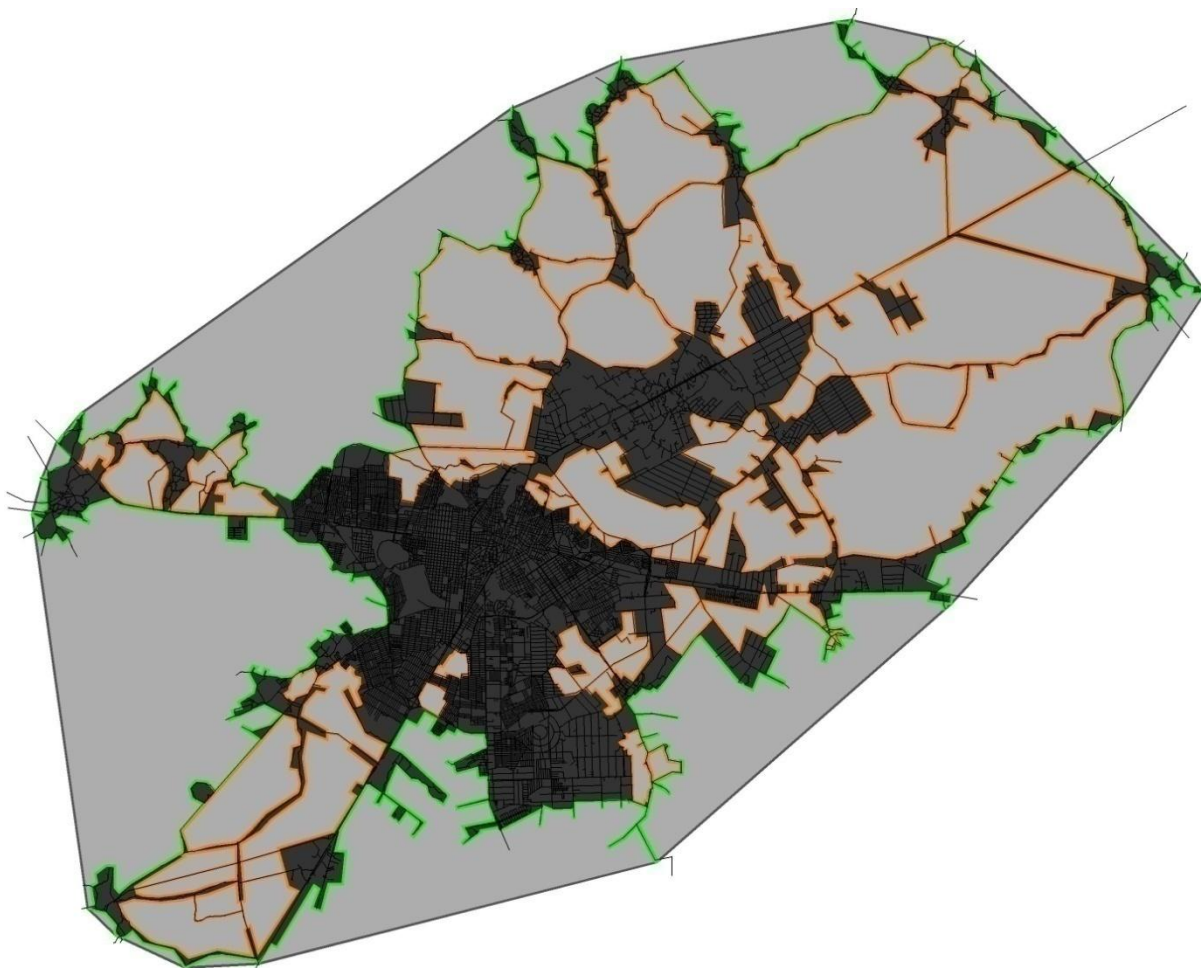
Fonte: imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad. Mapas axiais elaborados em parceria com Renato T. Saboya e Timóteo Schroeder, do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PósARQ), integrantes do Grupo de Pesquisa da Informática na Arquitetura (InfoArq) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

APÊNDICE 114 - MAPA AXIAL DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BA COM A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DA MEDIDA DE ACESSIBILIDADE



Fonte: imagem gerada através do software Morphometrics, visualização por equal interval.

APÊNDICE 115 - ESQUEMA DEMONSTRATIVO DA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BA
PARA CALCULAR O ÍNDICE DE CONTINUIDADE



Legenda: esquema demonstrativo do polígono convexo da cidade de Vitória da Conquista - BA para calcular o Indicador de Continuidade. Na cor cinza escuro está o assentamento urbano e, na cor cinza claro, o polígono convexo que o contém acrescido dos vazios urbanos. Fonte: Imagem de satélite do *software* Google Earth Pro e edição nos *software* AutoCad.