

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Eraldo Natalício Ferreira Pinto Júnior

SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE
INTERNET PÚBLICO UTILIZANDO SIG E ANÁLISE DE DECISÃO
MULTICRITÉRIO

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Junho de 2017

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL E
INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL
CURSO DE MESTRADO EM PESQUISA OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA
COMPUTACIONAL

Eraldo Natalício Ferreira Pinto Júnior

SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE
INTERNET PÚBLICO UTILIZANDO SIG E ANÁLISE DE DECISÃO
MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da
Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a
obtenção do GRAU DE MESTRE EM PESQUISA
OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Orientador: Prof. Milton Erthal Junior, D.Sc

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Junho de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca da **UCAM – CAMPOS** 011/2018

Pinto Júnior, Eraldo Natalício Ferreira.

Seleção de áreas para instalação de serviços de internet público utilizando sig e análise de decisão multicritério. / Eraldo Natalício Ferreira Pinto Júnior. – 2017.
110 f.; il.

Orientador: Milton Erthal Junior.

Dissertação de Mestrado em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional – Universidade Candido Mendes – Campos. Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

Referências: f. 73-82

1. Serviços de Internet. 2. Análise Multicritério. I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU – 004.738.5:65.013.123(815.3)

Bibliotecária Responsável: Flávia Mastrogirolamo CRB 7^a-6723

ERALDO NATALÍCIO FERREIRA PINTO JÚNIOR

SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE
INTERNET PÚBLICO UTILIZANDO SIG E ANÁLISE DE DECISÃO
MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional, da
Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a
obtenção do GRAU DE MESTRE EM PESQUISA
OPERACIONAL E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL.

Aprovado em: 24 de junho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Milton Erthal Junior, DSc. - Orientador
Universidade Candido Mendes - UCAM

Ítalo de Oliveira Matias, DSc.
Universidade Candido Mendes - UCAM

Gustavo Henrique Naves Givisiez
Universidade Federal Fluminense - UFF

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2017

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus por todas as bênçãos concedidas em minha vida, a minha esposa Katlen e a meu filho Davi pelo carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar e conceder sabedoria para seguir firme na caminhada da vida.

Ao meu orientador, Professor Milton Erthal Júnior, pela paciência, compreensão, sabedoria e dedicação durante esta caminhada.

A minha esposa Katlen pela paciência e incentivo constante.

Ao meu filho Davi que é a minha maior riqueza.

Aos professores do mestrado pelo constante incentivo à pesquisa.

A Universidade Candido Mendes - UCAM pelo profissionalismo institucional.

Aos funcionários da UCAM, principalmente, Cida pela presteza e dedicação.

A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.

Eduardo Galeano

RESUMO

SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE INTERNET PÚBLICO UTILIZANDO SIG E ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A escolha do local para oferta de serviços públicos que permita um crescimento harmônico entre os aspectos espaciais, sociais e econômicos, é sempre um desafio. A pesquisa objetivou modelar do problema de decisão utilizando SIG, subsidiando através do método AHP o tomador de decisão na escolha do local na cidade de Campos dos Goytacazes para instalação de um ponto público de acesso à internet. Para isso, capturou-se um conjunto de critérios a partir da revisão da literatura e através de especialistas. Para criação dos mapas temáticos que auxiliaram na escolha da região do estudo de caso, utilizou-se o critério densidade demográfica, fórmula de Sturges e algoritmo de Jenks (quebras naturais). A partir dos pontos públicos de acesso à internet em funcionamento criou-se *buffers zone* de 1 km, possibilitando mapear os bairros já atendidos e através de pontos verificação calcular o deslocamento a pé e de bicicleta. Para aplicação do método AHP, os critérios selecionados foram: proximidade aos pontos de internet público existentes, número de habitantes à ser atendido, perfil social da população, proximidade a centros de aglomeração populacional, infraestrutura física e segurança dos equipamentos. A escolha das alternativas utilizou a técnica do centróide a partir do polígono do aglomerado de bairros ainda não atendidos que demonstrou maior atratividade populacional. As matrizes de pesos foram geradas a partir da percepção do tomador de decisão. Para análise espacial utilizou-se o software QGIS e para execução do método AHP o software IPÊ. A alternativa vencedora foi a Praça do IPS e um *buffers zone* de 1,5 km foi utilizado para calcular o deslocamento a pé e de bicicleta. Devido a uma vasta malha de ciclovia verificou-se que o tempo de deslocamento de bicicleta não sofreu tanta variação entre os *buffers zone* de 1 km e 1,5 km, supracitados. O entorno da praça do IPS é composto de ciclovias, pontos de ônibus, igrejas e comércio. A escolha das alternativas a partir do centróide possibilitou a redução do tempo e custo de acesso ao serviço. A sistemática demonstrou sua efetividade ao proporcionar ao tomador de decisão *insights* e compreensão do processo decisório.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Hierárquica de Processos (AHP). Sistema de Informação Geográfica (SIG). Análise Espacial. Apoio Tomada de Decisão.

ABSTRACT

SELECTION OF AREAS FOR THE INSTALLATION OF PUBLIC INTERNET SERVICES USING GIS AND MULTICRITERARY DECISION ANALYSIS

The choice of location for the provision of public services that allow harmonious growth between space, social and economic spaces is always a challenge. A research aimed at modeling the decision problem, using the GIS, subsidizing through the AHP method the decision maker in the choice of the place in the city of Campos dos Goytacazes to install a public access point to the Internet. To do this, a set of criteria should be entered from the literature review and through the specialists. For the creation of the thematic maps that help in the selection of the region of the case study, we used the criterion of population density, Sturges formula and Jenks algorithm (natural breaks). From the public Internet access points in operation, buffers have been created with a 1 km zone buffer, allowing mapping of the neighborhoods already served and through the calculation checkpoints and cycling walking. For the application of the AHP method, the selected criteria were: number of public points, number of inhabitants, social location of the population, proximity to centers of population agglomeration, physical infrastructure and equipment safety. A choice of the alternatives uses a centroid technique from the polygon of the cluster of districts still not served that demonstrate the greater population attractiveness. As matrices of weights were generated from the perception of the decision maker. For spatial analysis, use the QGIS software and to execute the AHP method, the IPÉ software. A winning alternative to an IPS Square area and a 1.5 km buffers for calculating and moving bicycles. Due to a large loop of bicycle lane, it was found that the bicycle travel time did not suffer as much variation between the 1 km and 1.5 km zone buffers mentioned above. The surrounding area of the IPS is composed of cycle paths, bus stops, churches and commerce. The choice of alternatives from the center makes it possible to reduce the time and cost of accessing the service. A systematics has demonstrated its effectiveness to the market to the decision maker, insights and understanding of the decision-making process.

KEYWORDS: Analytic Hierarchy Process (AHP). Geographic Information System (GIS). Spatial Analysis. Decision-making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fluxo de trabalho.	22
Figura 2 -	Fluxo revisão bibliográfica.	23
Figura 3 -	Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias.	28
Figura 4 -	Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.	30
Figura 5 -	Geometrias e atributos descritivos.	31
Figura 6 -	Tipos de armazenamento de dados.	32
Figura 7 -	Representações vetoriais em duas dimensões.	32
Figura 8 -	Estrutura Matricial.	33
Figura 9 -	Modelo da Terra (esfera e elipsóide).	35
Figura 10 -	Sistemas de coordenadas geográficas com linhas de latitude paralelas ao equador e linhas de longitude com o meridiano principal a passar por Greenwich.	36
Figura 11 -	As zonas do sistema Universal Transverso de Mercator.	36
Figura 12 -	Fluxograma do método AHP.	42
Figura 13 -	Cálculo da quantidade de intervalos de classes.	56
Figura 14 -	Cálculo do algoritmo de Jenks (quebras naturais) para definição dos intervalos de classes dos subdistritos.	57
Figura 15 -	Estrutura hierárquica do problema proposto.	61
Figura 16 -	Exemplo questionário para o AHP, comparação par a par das alternativas.	62
Figura 17 -	Exemplo questionário para o AHP, comparação par a par dos critérios.	64
Figura 18 -	Matriz das alternativas à luz de cada critério.	66
Figura 19 -	Desenvolver o levantamento bibliométrico: entradas, ferramentas e técnicas, e saídas	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Tempo de deslocamento entre os pontos de verificação e os pontos de acesso à internet mais próximo.	59
Gráfico 2 -	Análise de aderência dos critérios.	63
Gráfico 3 -	Tempo de deslocamento até Praça do IPS.	68
Gráfico 4 -	Classificação das palavras-chave que mais aparecem.	87
Gráfico 5 -	Distribuição das publicações por ano.	94
Gráfico 6 -	Quantidade de citações por ano.	95
Gráfico 7 -	Razão da soma das citações pela soma das publicações por ano.	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 -	Cálculo da área do polígono.	33
Equação 2 -	Cálculo do centróide do polígono (C_x).	34
Equação 3 -	Cálculo do centróide do polígono (C_y).	34
Equação 4 -	Matriz de decisão (A).	42
Equação 5 -	Cálculo do autovetor (W_i).	42
Equação 6 -	Cálculo da normalização (T).	42
Equação 7 -	Cálculo do autovalor ($\lambda_{m\acute{a}x}$).	42
Equação 8 -	Cálculo do índice de consistência (IC).	42
Equação 9 -	Cálculo razão de consistência (RC).	42
Equação 10 -	Cálculo densidade demográfica.	50
Equação 11 -	Fórmula de Sturges.	50
Equação 12 -	Cálculo da média dos elementos da amostra.	50
Equação 13 -	Somatório dos desvios quadráticos da média da matriz de cada observação x_i (SDAM).	50
Equação 14 -	Soma dos desvios quadráticos entre as classes (SDCM).	51
Equação 15 -	Ajuste de bondade ou ajuste da variância (GVF).	51

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 -	Localização do Município de Campos dos Goytacazes e seus Distritos.	53
Mapa 2 -	Distritos do Município de Campos dos Goytacazes.	54
Mapa 3 -	Subdistritos do Distrito Campos dos Goytacazes.	55
Mapa 4 -	Setores Censitários por Distritos do município de Campos dos Goytacazes.	55
Mapa 5 -	Densidade Demográfica dos Distritos.	57
Mapa 6 -	Densidade Demográfica dos Subdistritos do Distrito Campos dos Goytacazes.	58
Mapa 7 -	Área de influência dos pontos de acesso à internet em funcionamento.	59
Mapa 8 -	Centróide do grupo de bairros e sua área de influência, e alternativas.	61
Mapa 9 -	Área de influência do local vencedor.	67
Mapa 10 -	Localização das praças digitais em Campos dos Goytacazes (pontos em verde) e a localização da praça do IPS, decisão deste estudo (ponto em vermelho).	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Padrão de nomenclatura dos arquivos shapefile do IBGE.	38
Tabela 2 -	Padrão de nomenclatura dos Goecódigos.	38
Tabela 3 -	Escala de preferência entre dois parâmetros em AHP.	42
Tabela 4 -	Índice de Consistência Randômico (IR).	42
Tabela 5 -	Resumo analítico no núcleo de partida.	46
Tabela 6 -	Bairros e população da área escolhida para o estudo de caso.	60
Tabela 7 -	Matriz dos critérios vencedores.	65
Tabela 8 -	Resultado da prioridade global do método AHP.	67
Tabela 9 -	Distribuição das publicações encontradas por tipo de documento nas bases.	86
Tabela 10 -	Distribuição da quantidade de publicação por periódico.	88
Tabela 11 -	Distribuição dos periódicos avaliados na área Engenharia III.	89
Tabela 12 -	Distribuição de periódicos conforme classificação ABC.	89
Tabela 13 -	Autores identificados, quantidade de publicações e periódicos.	91
Tabela 14 -	Publicações do núcleo de partida para a pesquisa bibliográfica.	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	17
1.1	CONEXTO DA PESQUISA.	17
1.2	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA.	18
1.3	OBJETIVOS.	19
1.3.1	Objetivo Geral.	19
1.3.2	Objetivos Específicos.	20
1.4	FLUXO METODOLÓGICO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.	20
2	REVISÃO DA LITERATURA.	24
2.1	CIDADES INTELIGENTES (CI).	24
2.2	GEOPROCESSAMENTO E SIG.	26
2.2.1	Uma visão geral sobre Geoprocessamento.	27
2.2.2	Sistemas de Informação Geográfica (SIG).	28
2.2.2.1	Conceitos e Visão Geral da Arquitetura.	28
2.2.2.2	Dados Geográficos & Análise Espacial.	30
2.2.3	Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC).	34
2.2.4	Shapefile.	37
2.2.5	Arquivos shapefile do IBGE.	37
2.3	MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO À DECISÃO E SIG.	39
2.4	MÉTODO <i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i> (AHP).	40
2.5	RESUMO ANALÍTICO DO NÚCLEO DE PARTIDA.	43
3	METODOLOGIA.	48
3.1	MÉTODO PARA MODELAGEM DOS DADOS NO SIG.	48

3.2	<i>SURVEY.</i>	52
3.3	ESTUDO DE CASO.	53
4	MODELAGEM.	56
4.1	MODELAGEM PARA SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO PELO SIG.	56
4.2	MODELAGEM MULTICRITÉRIO.	60
4.2.1	Objetivo.	60
4.2.2	Alternativas.	61
4.2.3	Crítérios.	62
4.2.4	Pesos dos critérios.	64
5	RESULTADOS.	65
6	DISCUSSÃO.	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	APÊNDICE A LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO.	83
ANEXO A	QUESTIONÁRIO ESTUTURADO 1 APLICADO AO ESPECIALISTA INTERNO.	101
ANEXO B	QUESTIONÁRIO ESTUTURADO 2 APLICADO AO ESPECIALISTA INTERNO.	104

1 INTRODUÇÃO

Na etapa introdutória desta pesquisa é apresentada a contextualização, as motivações, o objetivo geral e os objetivos específicos à serem alcançados. Apresenta-se uma breve introdução sobre a metodologia e seu fluxo de trabalho, a estrutura e as limitações encontradas na pesquisa.

1.1 CONEXTO DA PESQUISA

O Governo Federal a partir do Decreto n ° 8.776 de 11 de maio de 2016 instituiu o Programa Brasil Inteligente (BRASIL, 2016). O projeto Minha Cidade Inteligente, que é uma evolução do Projeto Cidades Digitais, é parte integrante deste programa e objetiva, além da implantação de redes e sistemas de alta capacidade, implantar serviços e infraestrutura de monitoramento e acompanhamento das condições locais, permitindo gerar dados para criação de aplicações inovadoras, bem como permitir o amplo acesso às informações. Além disso, busca prover às localidades alta capacidade de formação e capacitação da população (BRASIL, 2016).

Os municípios que manifestaram interesse em participar do projeto, a partir do Edital de Chamada Nº 214/2016/SEI-MC, formalizarão um acordo de cooperação técnica (BRASIL, 2016). Neste documento cabe ao Ministério das Comunicações contratar a empresa responsável, intitulada empresa integradora, pela implantação dos módulos: infraestrutura, gerenciamento de rede, pontos de acesso governamentais e pontos de acesso à internet público. Os pontos de acesso à

internet público (*hotspot*) são locais que oferecem acesso à internet através de redes sem fio, conhecidos como Wi-Fi.

A disponibilização de uma rede gratuita de internet é essencial para o crescimento econômico e social (SIMPSON, DAWS & PINI, 2004), pois a exclusão digital é fruto das consequências sociais, econômicas e culturais da distribuição desigual dos dispositivos computacionais e da internet (SORJ & GUEDES, 2005). Este tipo de serviço promove a difusão da informação e conhecimento (SIMPSON, DAWS & PINI, 2004), criação de emprego e renda, fomentação da equidade social e cultural e promoção do bem-estar dos cidadãos (BATTY *et al.*, 2012; GRUEN, 2013). A localização geográfica (SIMPSON, DAWS & PINI, 2004) ou o nível de renda da população não podem ser impeditivos para a democratização e o desenvolvimento da trajetória de mobilidade social do cidadão (BRASIL, 2016).

Na proposta a ser apresentada por cada município, caberá ao mesmo a tarefa de informar os locais para instalação dos *hotspots*. Assumirá como premissa, conforme acordo de cooperação técnica, locais públicos de grande circulação de pessoas.

1.2 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

O crescimento desordenado dos centros urbanos impacta diretamente na vida do indivíduo à medida que o restringe dos direitos e oportunidades sociais. O processo de crescimento das cidades deve ser harmônico entre os aspectos espaciais, sociais e econômicos. Esta harmonia deve se fundamentar no crescimento saudável, a partir da confluência das seguintes bases: desenvolvimento econômico, sustentabilidade, equidade social, aumento na eficiência dos serviços públicos, qualidade de vida dos cidadãos, dentre outros (BATTY *et al.*, 2012; GRUEN, 2013). Iniciativas mundiais demonstram o papel crucial na formulação de políticas para integralizar a Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) no processo organizacional das cidades (MAHIZHNAN, 1999) e (BAKICI, ALMIRALL & WAREHAM, 2013).

No Brasil, apenas 51% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet o que corresponde 34,1 milhões de domicílios. Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil – CGI.BR (2016) apenas a classe A é plenamente atendida por este tipo de serviço (97%). As classes C (51%) e DE (84%), representam aproximadamente 30 milhões de domicílios desconectados da internet, o que equivale a aproximadamente metade dos domicílios brasileiros. Os principais motivos sinalizados pela população desconectada é o custo elevado (60%), falta de interesse dos moradores (51%) e falta de computador no domicílio (50%). O celular é o dispositivo mais utilizado para acesso à internet, representando 89% dos usuários da rede. Para 35% da população conectada, o celular é o único dispositivo de acesso à internet. Tais dados demonstram a realidade digital que ocorre no Brasil na atualidade. O custo de acesso à internet é um importante desafio para a difusão desta tecnologia no Brasil, no entanto, aspectos como a educação digital e a disponibilidade da TIC devem ser considerados (MAHIZHNAN, 1999).

Para alcançar os desafios supracitados, o projeto Minha Cidade Inteligente possui como um dos seus intuitos, ofertar serviços de internet público. O processo decisório para determinação do local conveniente para instalação de um determinado serviço deve possuir critérios de decisão claros, bem definidos e devidamente priorizados (ELDEMIR & ONDEN, 2016). Para isso, muitos estudos sinalizam a integração dos métodos Multicritérios à Decisão e Sistemas de Informação Geográfico (SIG) (BARCELOS, PIZZOLATO & LORENA, 2004; OHTA *et al.*, 2007; ELDEMIR & ONDEN, 2016; FRAILE *et al.*, 2016). Este estudo propõe-se no uso simultâneo de ambos os métodos, multicritério e análise espacial aplicados ao problema de localização para instalação de pontos de acesso à internet público.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O estudo proposto objetivou avaliar a efetividade da modelagem do problema de decisão utilizando dados espaciais, suportado por um Sistema de Informação Geográfica, e Apoio Multicritério à Decisão. O método AHP foi empregado para

subsidiar ao tomador de decisão a localização de uma Praça Digital na cidade de Campos dos Goytacazes, onde um estudo de caso foi conduzido.

1.3.2 Objetivos Específicos

1) Identificar critério(s) a partir da bibliografia e *survey* para escolha da região do estudo de caso utilizando análise espacial;

2) Propor uma metodologia de agrupamento das regiões atendidas a partir dos pontos de acesso à internet existentes;

3) Analisar as regiões não contempladas e propor uma metodologia para potencializar o quantitativo populacional a ser atendido;

4) Propor uma metodologia para identificação das alternativas a partir da análise espacial;

5) Empregar o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para classificação das alternativas e dos critérios obtidos através de *survey*;

6) Validar a alternativa vencedora através dos fatores acessibilidade e equidade.

1.4 FLUXO DE TRABALHO E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Na busca de contemplar os objetivos supracitados, este estudo utilizou a análise espacial, através do SIG, *survey* e Apoio Multicritério à Decisão (Figura 1). A fase que envolve o desenho do problema de decisão é constituída pelo entendimento do problema e definição dos objetivos. Posteriormente a revisão da literatura (Figura 2), a partir do núcleo de partida (Apêndice A), possibilitou definir os métodos a serem aplicados e os dados a serem coletados. A dissertação foi estruturada da seguinte forma:

a) Item 2 – Revisão da literatura – visa colher os principais conceitos relacionados com a pesquisa proposta a partir da análise das abordagens utilizadas

por alguns estudos. Tal análise foi possível a partir do levantamento bibliométrico (Apêndice A).

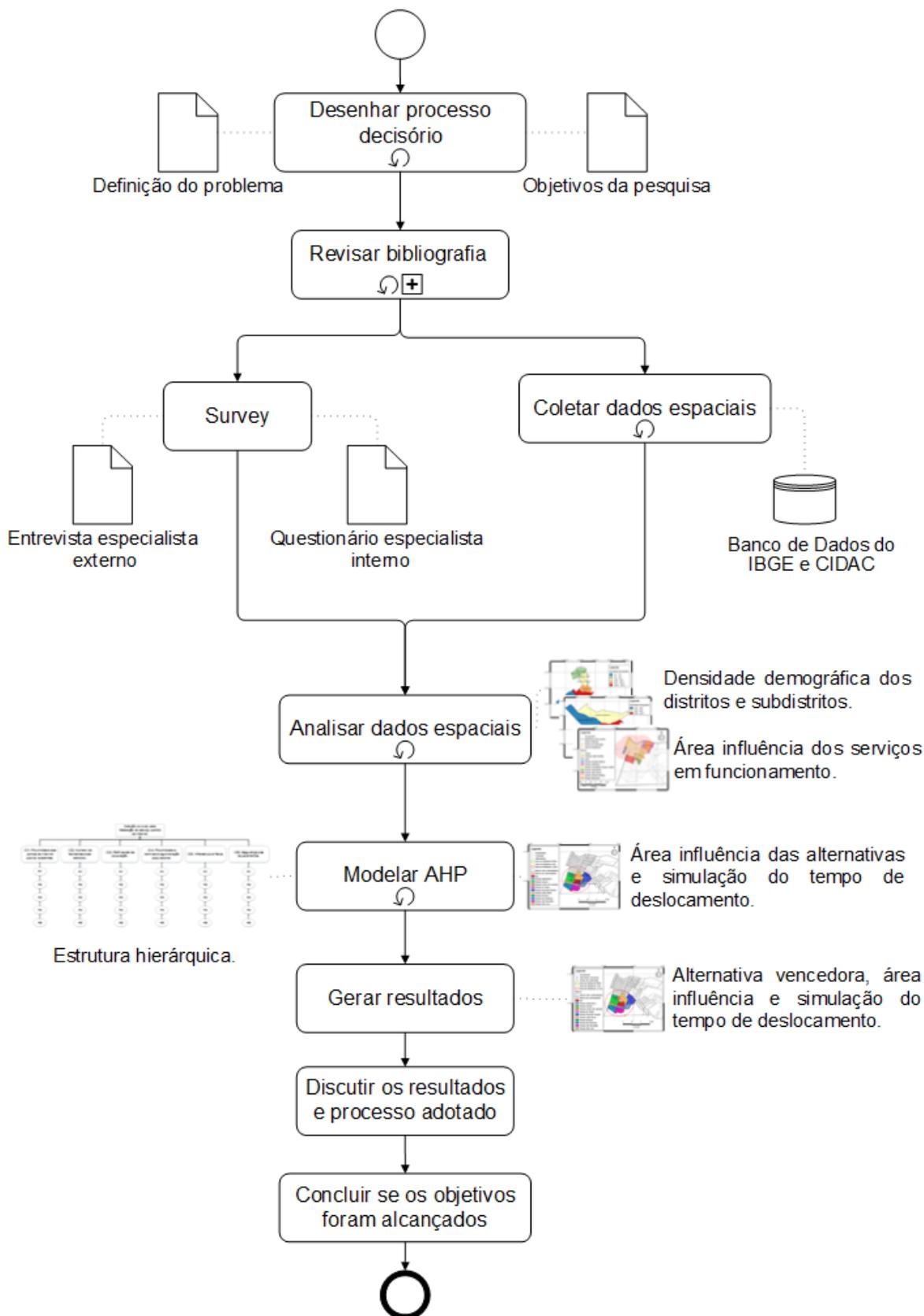
b) Item 3 – Metodologia – demonstra as etapas e os procedimentos metodológicos aplicados para captura do conhecimento necessário para a tomada de decisão por parte das partes envolvidas. Para isso foi demonstrado o processo de análise dos dados no SIG e o processo de aplicação do *survey* para modelagem do AHP.

c) Item 4 – Modelagem – nesta etapa é apresentado os mapas resultantes da análise aplicada para escolha da área de estudo de caso facilitando o desenho do processo decisório. Num segundo momento é descrita a modelagem do método multicritério a partir da aplicação do SIG e *survey*.

d) Item 5 – Resultados – a alternativa vencedora é apresentada neste momento. Uma simulação de acessibilidade, a partir de três pontos próximos ao local, foi calculado para avaliar o tempo de deslocamento.

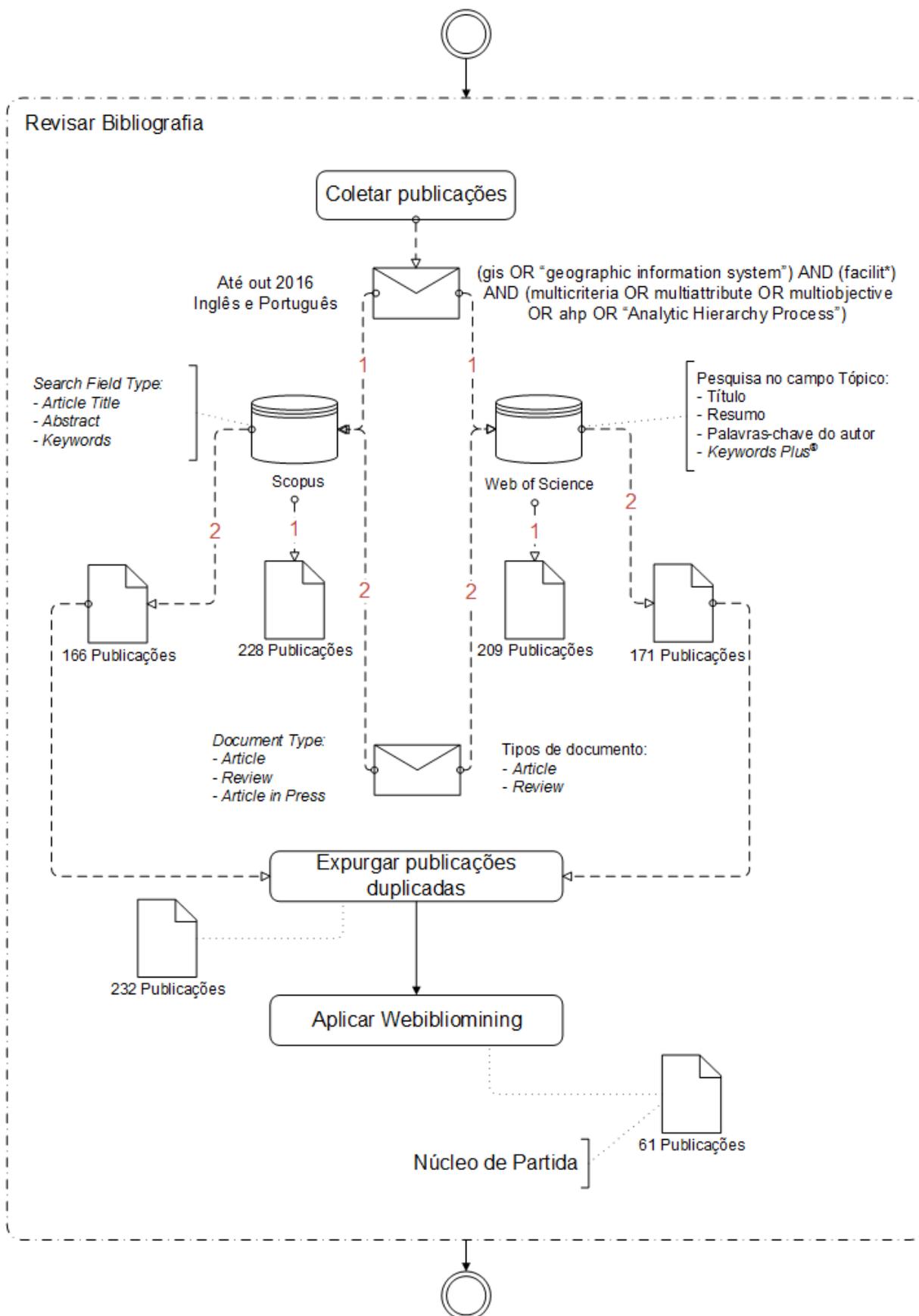
e) Item 6 – Considerações Finais – nesta etapa é discutido a amplitude dos critérios utilizados a partir da abordagem em outros trabalhos, a utilização de técnicas incorporadas no SIG e integração dos métodos propostos. Uma breve conclusão retrata a expectativa de uniformização das oportunidades e acessibilidade.

Figura 1 - Fluxo de trabalho.



Fonte: elaborado pelo Autor.

Figura 2 - Fluxo revisão bibliográfica.



Fonte: elaborado pelo Autor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CIDADES INTELIGENTES (CI)

Para Caragliu, Bo & Nijkamp (2011), a definição de CI ultrapassa a barreira ilusória quando sai do debate ideológico e se efetiva operacional. A definição de CI é motivo de muito debate e merecedor de uma crescente atenção. Segundo Hollands (2008), CI é um rótulo ideológico merecedor de uma análise crítica, ausente de uma definição conceitual (ODENDAAL, 2003; VANOLO, 2014; ROCHE, 2014). Essa ausência levou Gruen (2013) e Vanolo (2014), com base numa perspectiva holística, explicar o termo cidade inteligente alicerçado por seis características ou eixos distintos: *smart economy*, *smart mobility*, *smart governance*, *smart environment*, *smart living* e *smart people*. Para Gruen (2013), a sustentabilidade e qualidade de vida só é alcançada desde que haja equilíbrio desses eixos.

Segundo Ching (2013), as teorias e conceitos de CI em podem ser agrupadas em quatro teorias chaves:

- Teoria A - Na era da Máquina Inteligente: Máquinas Inteligentes e Organização – Esta teoria fundamenta-se na automação e aplicações de funções inteligentes a partir da utilização da TIC, permitindo uma reorganização dos processos, organizações e governo/governança;
- Teoria B - Além de "Máquinas Inteligentes": Engajando Comunidades, Organizações & Empresas – O processo colaborativo fundamenta esta teoria.

Impulsionar a inovação e transformação não é papel somente dos governos, mas de uma integração do governo, sociedade e da iniciativa privada;

- Teoria C - Cidades que Aprendem, Reaprendem e Adaptam – Nesta etapa, observa-se que é necessário se reinventar com os erros e acertos. O processo de aprender, reaprender e se adaptar pode ocorrer através de redes colaborativas e que a capacidade de medir e monitorar é fundamental no processo de *feedback*.
- Teoria D - Investir no futuro – A última teoria considera que a implicação humana, social e do capital devem buscar uma evolução econômica, social e ambiental.

A formulação de uma CI só se efetiva pela capacidade de incorporar inteligência às cidades, as quais vão além do processo de automatização das atividades rotineiras, mas buscam atingir alguma finalidade, permitindo analisar, compreender, planejar e monitorar a cidade para aumentar a eficiência, equidade social, sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos (BATTY *et al.*, 2012). Para Caragliu, Bo & Nijkamp (2011), há necessidade de fomentar a criatividade, a qualidade e dedicação ao ambiente urbano, pois o nível educacional e a disponibilidade e utilização da TIC na administração pública são fundamentais para aumento da riqueza urbana.

Independente dos rótulos ou conceitos, o desenvolvimento de estratégias e projetos para constituição de uma cidade mais inteligente são importantes e a confluência do termo inteligência deverá atender a diversidade de eixos que constitui uma cidade. Fato é que a TIC é fundamental para ajudar as cidades e auxiliar na melhor forma de utilização dos recursos, contudo, estudos demonstram que o alicerce da CI não deve fundamentar-se somente na TIC, principalmente numa TIC como instrumento de manipulação e controle do cidadão, mas incentivar a convergência dos sistemas de TIC e o capital humano (NEIROTTI *et al.*, 2014).

A literatura demonstra a singularidade no desenvolvimento de estratégias de inteligência nas cidades. Tal fato ocorre devido a particularidade, seu contexto socioeconômico e cultural, suas características e problemas. A necessidade de apoio para estruturar o conceito de inteligência, capturar suas implicações e

identificar as oportunidades e desafios, são fundamentais na criação de suas próprias estratégias de inteligência (NEIROTTI *et al.*, 2014).

Uma estratégia que ganha espaço nas cidades é a utilização do SIG na constituição da inteligência. Iniciativas demonstram a utilização do SIG e sua integração a diversas vertentes. A literatura demonstra a utilização do SIG integrado as mídias sociais no gerenciamento do risco de desastres (YAMAMOTO, 2015) e no planejamento espacial (CAMPAGNA *et al.*, 2015). O SIG também tem demonstrado seu potencial no processo de tomada de decisão nas cidades.

O processo de tomada de decisão em cenários com vários critérios conflitantes, a partir da perspectiva espacial, despertou o interesse de vários pesquisadores, como por exemplo no planejamento da terra (JOERIN, THÉRIAULT & MUSY, 2001), na escolha do local apropriado para instalação de hospitais (VAHIDNIA, ALESHEIKH & ALIMOHAMMADI, 2009; ABDULLAHI, MAHMUD & PRADHAN, 2014; ELDEMIR & ONDEN, 2016), no planejamento de rotas para sistemas de transportes inteligentes (NIARAKI & KIM, 2009), no processo de participação pública para definição da localização das instalações de resíduos (HIGGS, 2006), na escolha do local para instalação de uma fábrica têxtil (ONDEN & ELDEMIR, 2015), dentre vários outros.

2.2 GEOPROCESSAMENTO E SIG

A necessidade de modelar qualquer porção da superfície terrestre, retratando qualquer situação encontrada na área geográfica em estudo, a partir da identificação das entidades e eventos que a constituem (XAVIER-da-SILVA, GOES & MARINO, 2011) é um reflexo da afirmação de que o geoprocessamento é essencial para o negócio quando o espaço e o tempo são importantes (CÂMARA & DAVIS, 2004).

A representação da realidade a partir dos sistemas informacionais, estrutura de dados e armazenamento de dados é complexo e fruto de estudos constantes na área de Geoprocessamento. A partir da criação de modelos, os sistemas informacionais possibilitam a caracterização dos atributos e o relacionamento dos eventos e entidades relevantes para o entendimento do problema estudado.

O Geoprocessamento pode contribuir no processo da efetivação da cidadania plena a partir de mecanismos capazes de promover a inclusão geográfica, de iniciativas de modificação da realidade, fornecendo conhecimentos e promovendo o prosseguimento natural das inclusões digital e social (XAVIER-DA-SILVA, GOES & MARINO, 2011).

Para uma melhor clareza sobre o assunto, alguns pontos serão abordados a priori para delineamento do conhecimento.

2.2.1 Uma visão geral sobre Geoprocessamento

Há pouco tempo as informações, documentos e mapas, eram representadas em papel, dificultando uma análise mais detalhada que combinasse diversos mapas e dados (CÂMARA & DAVIS, 2004). O processo de documentação dos dados da superfície terrestre requeridas por diversos usuários e o mapeamento das constantes alterações da área geográfica estudada, torna-se dinâmico a partir da utilização de sistemas computadorizados, otimizando a produção e atualização de mapas. Os mapas passam a ser parte integrante de modelos digitais, armazenando dados e informações que permitem a investigação das entidades, eventos e suas relações na área geográfica estudada.

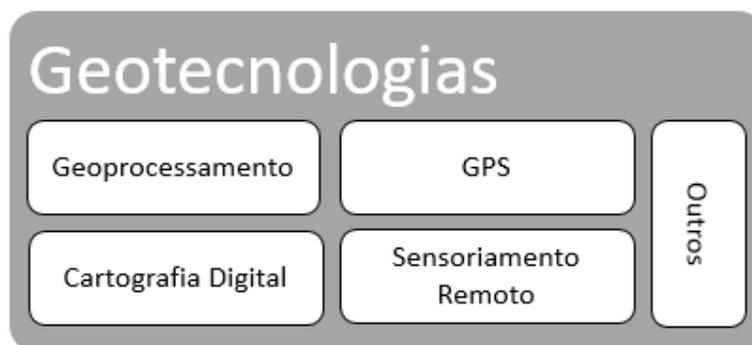
Neste contexto, o termo Geoprocessamento é introduzido como uma tecnologia interdisciplinar, que é denotado por Câmara *et al.* (1996) como uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. A utilização de técnicas de coleta, armazenamento e tratamento das definições espaciais, possibilita sua utilização por sistemas específicos, que de alguma forma necessitam das informações georreferenciadas no espaço físico geográfico (CÂMARA & DAVIS, 2004). Sua influência é crescente nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Geotecnia, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Para Xavier-da-Silva, Goes e Marino (2011), a operacionalização computacional da modelagem do espaço geográfico utiliza o Geoprocessamento a partir do conjunto de conceitos, métodos e técnicas de diversas origens, utilizando-

se de dados georreferenciados e associando-os aos bancos de dados convencionais, possibilitando a transformação dos dados em informação relevantes, constituindo o conhecimento e agregando valor social na capacidade de apoiar decisões.

Na literatura o conceito de Geoprocessamento supracitado se confunde com o conjunto de todas as Geotecnologias. O Geoprocessamento além de trabalhar com enormes volumes de dados a partir de bases de dados georreferenciadas, utiliza dados já identificados e estruturados para gerar conhecimento que apoie à decisão a partir da utilização de técnicas computacionais (XAVIER-DA-SILVA, 2009; XAVIER-DA-SILVA, 2016) (Figura 3).

Figura 3 - Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias.



Fonte: Adaptado de Xavier-da-Silva, 2009.

2.2.2 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

2.2.2.1 Conceitos e Visão Geral da Arquitetura

O SIG é considerado a principal ferramenta computacional do Geoprocessamento (CÂMARA & MONTEIRO, 2004). Esta ferramenta possibilita análises complexas ao integrar dados do mundo real, obtidos a partir de diversas fontes em diversos formatos, criando o banco de dados georreferenciado (MEDEIROS, 1999). Sua principal característica é a capacidade de armazenar várias representações gráficas associadas a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos descritivos, segundo uma projeção cartográfica (MEDEIROS, 1999). Os sistemas de informação controlam os eventos, atividades e “coisas”, mas o SIG se

diferencia pela sua capacidade por controlar também o “onde” acontece ou “existe”. Segundo Scholten & Stillwell (1990), Câmara (1995) e Medeiros (1999), as três tarefas principais que um SIG deve realizar, de acordo com o objetivo pretendido, são:

a) armazenamento, gestão e integração de grandes quantidades de dados espacialmente referenciados aplicados a produção de mapas;

b) fornece meios para realizar análises espaciais especificamente relacionado com os componentes geográfico dos dados;

c) e como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

O conceito de SIG varia de acordo com cada pesquisador, denotando sua característica multidisciplinar, a partir de definições que mais se complementam do que se divergem (CÂMARA, 1995; MEDEIROS, 1999). Diante as tarefas que se propõem alcançar a partir da sua abrangência, o SIG pode ser conceituado como:

a) Um poderoso conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real (BURROUGH, 1986).

b) Um banco de dados indexado espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais (SMITH *et al.*, 1987).

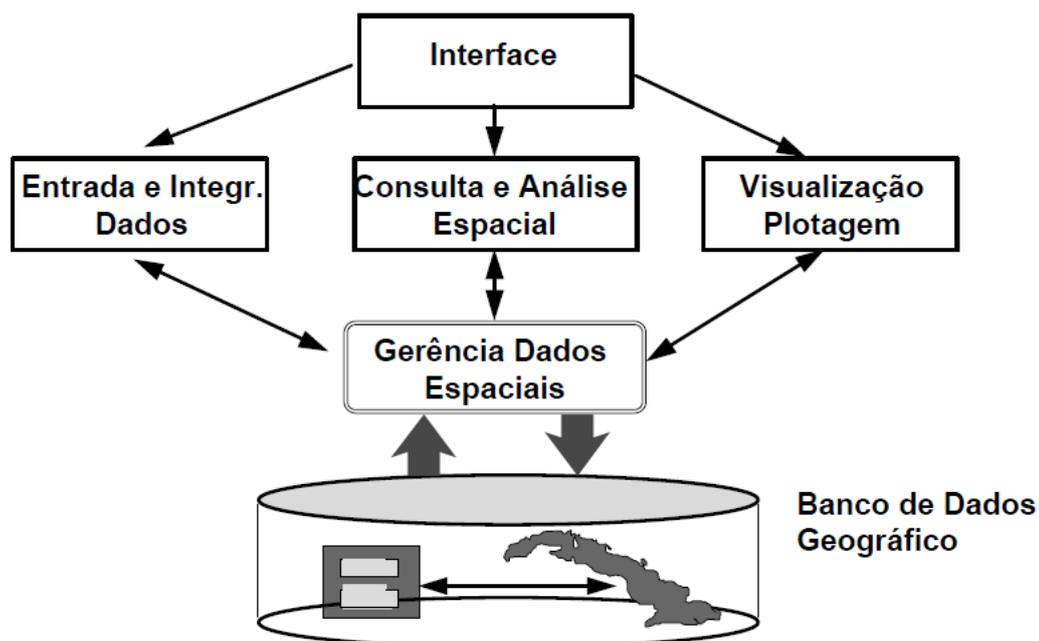
c) Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados (ARONOFF, 1989).

d) Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas (COWEN, 1988).

Diante do arcabouço supracitado, numa perspectiva abrangente, o SIG é composto de componentes que constitui uma relação hierárquica. Esta relação é composta de três níveis, sendo o nível mais próximo ao usuário que é composto pela interface. O nível intermediário possibilita a entrada e integração dos dados, consultas e análises espaciais e a visualização e plotagem. O último nível ou nível

interno ao sistema, possibilita o gerenciamento dos dados espaciais. Os relacionamentos desses componentes são implementados de forma distinta, conforme o objetivo e necessidade do projeto, contudo todos devem estar presentes num SIG (Figura 4) (CÂMARA,1995; MEDEIROS, 1999).

Figura 4 - Estrutura Geral de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: Câmara, 1995; Medeiros, 1999.

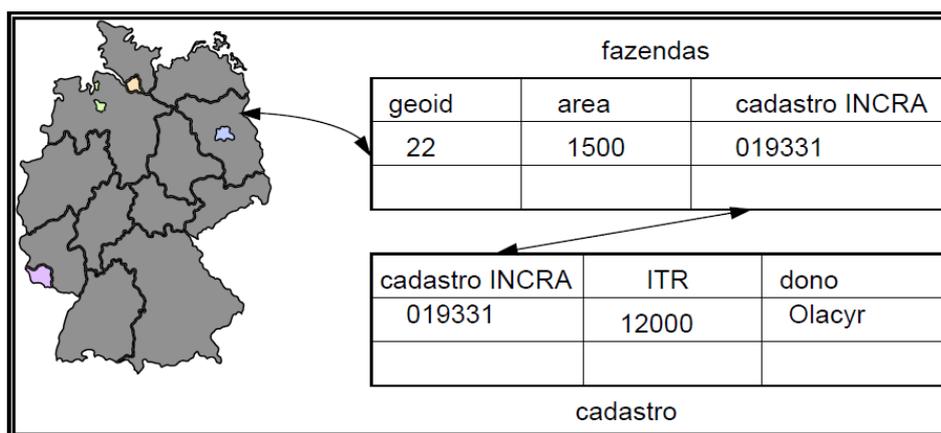
2.2.2.2 Dados Geográficos & Análise Espacial

A disponibilidade de SIG de baixo custo e com interfaces amigáveis possibilita o aumento do seu uso, permitindo a visualização espacial de variáveis através de mapas, auxiliando o processo de tomada de decisão nas diversas áreas de conhecimento (CÂMARA *et al.*, 2004).

A análise espacial de dados geográficos incorpora o espaço, ou melhor, a localização espacial do fenômeno estudado. Uma melhor compreensão da distribuição dos dados oriundos desses fenômenos, é um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas de conhecimento (CÂMARA *et al.*, 2004). Esses fenômenos englobam problemas de análise espacial que lidam com dados ambientais e com dados socioeconômicos.

Para Câmara (1995) dois aspectos são fundamentais para os tratamentos dos dados geográficos a partir de um SIG. A primeira é descobrir e representar as relações entre os diversos dados e a segunda trata-se da natureza dual da informação, a qual o dado geográfico possui uma localização geográfica expressa em coordenadas em um mapa e o seu atributo descritivo (Figura 5).

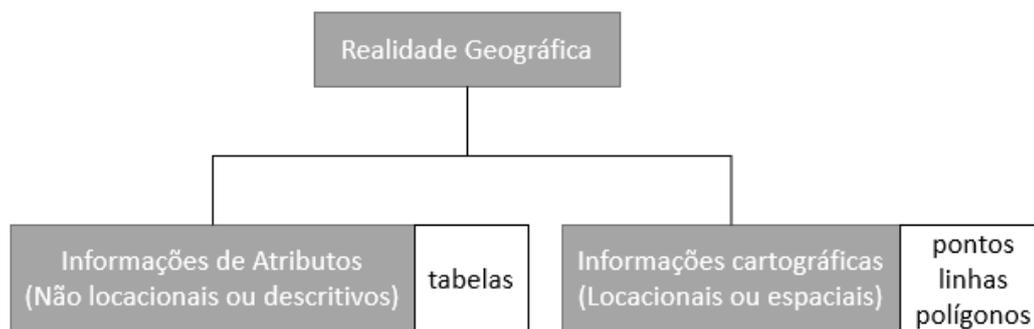
Figura 5 - Geometrias e atributos descritivos.



Fonte: Câmara, 1995.

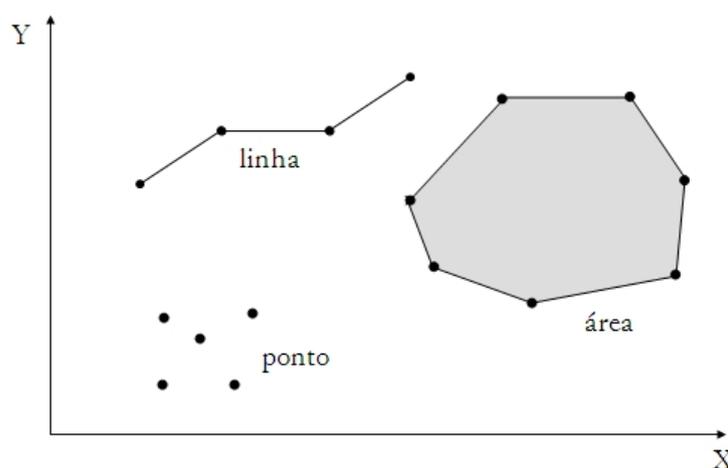
A organização das informações de uma respectiva região é feita através de camadas ou *layer*, cada qual representa um tema (BARCELOS, PIZZOLATO & LORENA, 2004). A sobreposição dessas camadas expressa as informações sobre uma determinada região geográfica. Cada camada pode ser analisada e processada separadamente.

Um banco de dados geográfico utiliza duas classes de representações computacionais de mapas: estruturas vetoriais (*vector*) e estruturas matriciais (*raster*). A estrutura vetorial é concebida a partir da composição de dados locais ou espaciais e de dados não locais ou descritivos (SCHOLTEN & STILLWELL, 1990). Os pontos (nós), linhas (segmentos) ou áreas (polígonos) constituem os chamados dados espaciais e são conhecidas como feições pontuais, lineares ou poligonais, utilizadas para representar elementos do mundo real. Os atributos de pontos, linhas ou áreas (polígonos) são chamados de dados não descritivos (Figura 6).

Figura 6- Tipos de armazenamento de dados.

Fonte: Adaptada de Scholten & Stillwell, 1990.

O ponto pode ser utilizado para identificar localizações ou ocorrências no espaço a partir de um par ordenado (x, y) de coordenadas espaciais. A linha é um conjunto de pontos conectados e utilizados para guardar as feições unidimensionais. Uma área (ou polígono) é a região do plano limitada por uma ou mais linhas poligonais conectadas, onde o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima. A fronteira do polígono divide o plano na região interior e exterior. O polígono é utilizado para representar setores censitários, distritos, municípios, dentre outros (Figura 7) (CÂMARA, 2005).

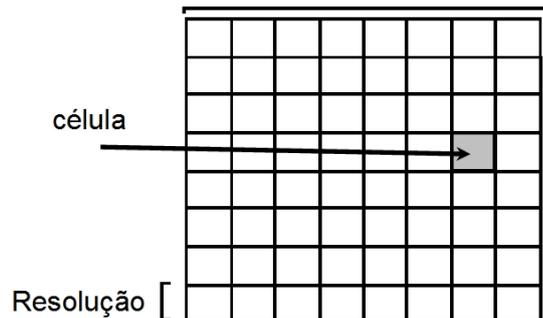
Figura 7 - Representações vetoriais em duas dimensões.

Fonte: Câmara, 2005.

A estrutura de representação matricial supõe que o espaço possa ser tratado como uma superfície plana, representada por uma matriz $P(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula está associada a uma porção do terreno que é acessada pelas suas coordenadas. Cada célula possui um número de linha, um

número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado. A resolução é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno (Figura 8). A cada pixel é possível atribuir uma variável que pode ser a altitude.

Figura 8 - Estrutura Matricial.



Fonte: Câmara, 2005.

A instrumentalização do SIG pelas técnicas difundidas pela geometria computacional possibilita a utilização de várias ferramentas para análise geométrica e de geoprocessamento. Dentre essas análises, o cálculo da área de um polígono formado por segmentos de linha definido por n vértices $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1})$, onde o último vértice (x_n, y_n) seja o mesmo que o primeiro, tratando-se de um polígono fechado e sem interseções (BOURKE, 1998).

O cálculo da área é dado pela Equação 1 (BOURKE, 1998; O'ROURKE, 1998):

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (\text{Equação 1})$$

O centro geométrico ou centróide de um polígono é uma prática utilizada em alguns trabalhos, como por exemplo Barcelos, Pizzolato & Lorena (2004) e Pizzolato *et al.*, (2004). O centróide de um polígono fechado e sem interseções definido por n vértices $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1})$ é um ponto representado pelas coordenadas (c_x, c_y) , expressa pela Equação 2 e Equação 3 (BOURKE, 1998).

$$C_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (\text{Equação 2})$$

$$C_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \quad (\text{Equação 3})$$

A confecção de mapas temáticos é um desafio devido ao grande volume de dados disponíveis. O estabelecimento de critérios, a generalização e a simplificação são fundamentais para a classificação dos dados. A classificação é compreendida como a subdivisão de um conjunto de dados de acordo com um critério pré-estabelecido (RAMOS & SANCHEZ, 2000). Para que os métodos de classificação sejam efetivos, é necessário a definição de intervalos de classes, os quais não sejam sobrepostos e reflitam coerência para retratar o propósito do mapa. Os métodos de classificação utilizados por alguns SIGs são: intervalos iguais, quantil, desvio padrão, algoritmo de Jenks (quebras naturais), dentre outros.

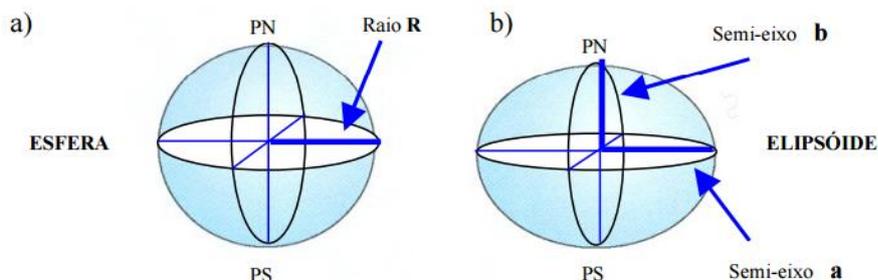
2.2.3 Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC)

Os sistemas de referência terrestres ou geodésicos são utilizados quando é necessário identificar a posição de uma determinada informação na superfície da Terra. Para isso, o datum geodésico especifica um sistema de coordenadas geodésicas. A partir de um modelo matemático teórico, os cartógrafos realizam a representação da superfície da Terra ao nível do mar (VIEIRA *et al.*, 2004).

A maneira mais adequada de representação da terra é através de elipsóides, contudo, a representação através de mapas planos facilita estudos sobre a superfície terrestre. A projeção cartográfica é uma função matemática que permite transformar os elementos que estão sobre uma superfície de referência, uma esfera (Figura 9a) ou elipsóide (Figura 9b), para uma superfície de projeção, que deve ser uma superfície plana. Os cartógrafos desenvolveram um conjunto de técnicas que

possibilitou representar, com precisão razoável, a terra esférica em duas dimensões (QGIS, 2017a).

Figura 9 - Modelo da Terra (esfera e elipsóide).



Fonte: Vieira *et al.*, 2004.

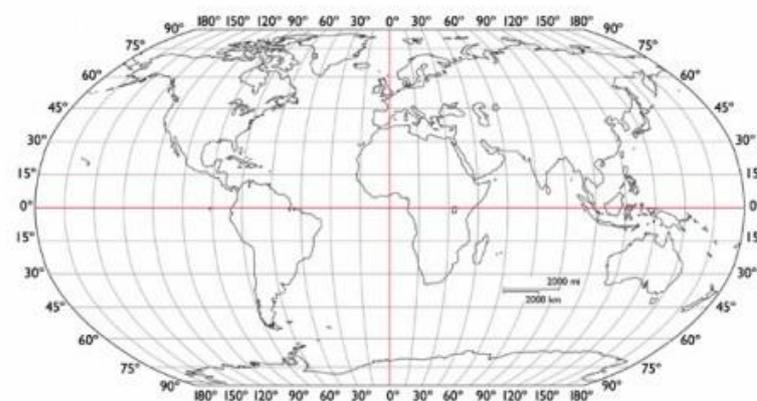
Um datum geodésico contém na sua definição um elipsóide de revolução como modelo da Terra. A forma, dimensões e posição do centro do elipsóide relativamente ao centro de massa da Terra são determinados de forma a que a superfície do elipsóide se adapte o melhor possível à superfície terrestre num determinado país ou região. Em todos os projetos é necessário definir o parâmetro datum para realizar os cálculos matemáticos. No Brasil, o datum oficial definido pelo IBGE chama-se SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Ao trabalhar com um SIG, determinar um sistema de referência de coordenadas nos projetos nem sempre é uma tarefa fácil, pois é necessário em determinadas situações definir um elipsóide, o fuso, o hemisférico e outros dados. O Grupo de Pesquisa Petrolífera Europeia (EPSG – *European Petroleum Survey Group*) sistematizou o SRC do planeta em códigos, chamados códigos EPSG. Isso significa que uma projeção de qualquer lugar do mundo pode ser identificada através de padrão EPSG, como por exemplo: EPSG: 4674 = SIRGAS 2000 Datum.

No sistema de coordenadas geográficas, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo. O meridiano aceito como origem (0°) das longitudes sobre a superfície terrestre e com base para a contagem dos fusos horários, é referenciado pelo antigo observatório britânico de Greenwich. A leste de Greenwich os meridianos são medidos por valores crescentes

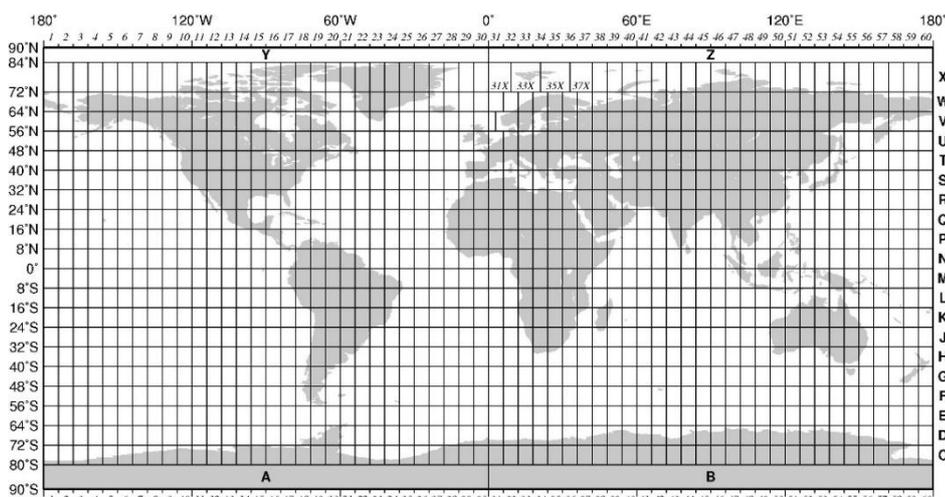
até $+180^\circ$ e a oeste as medidas decresce até o limite de -180° . A terra é dividida em dois hemisféricos (Norte e Sul) a partir do paralelo do Equador que é considerado o paralelo de origem (0°). Em direção ao polo Norte os planos paralelos ao equador vão até $+90^\circ$ e ao Sul -90° (Figura 10). A longitude de um determinado ponto na superfície terrestre é a distância angular entre o ponto e o meridiano de origem. A latitude é a distância angular entre o ponto e o plano do Equador (D'ALGE, 2004).

Figura 10 - Sistemas de coordenadas geográficas com linhas de latitude paralelas ao equador e linhas de longitude com o meridiano principal a passar por Greenwich.



Fonte: QGIS, 2017a

Figura 11 - As zonas do sistema Universal Transverso de Mercator.



Fonte: QGIS, 2017a

No sistema de coordenadas planas (UTM) um ponto é representado por dois números reais, um representando a projeção sobre o eixo x (horizontal/Este (E)) e

outro corresponde a projeção sobre o eixo y (vertical/Norte (N)) (Figura 11). A elaboração de cartas topográficas no Brasil é sistematicamente feita na projeção UTM (1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000) (D'ALGE, 2004). O UTM é a projeção plana adotada no Brasil e deve ser utilizado para cálculo de distâncias e áreas. Para utilizar o UTM no SIG, cabe ao analista informar o datum, fuso e o hemisfério da região.

2.2.4 Shapefile

Um *shapefile* é um formato de base de dados geoespaciais e vetoriais. O *shapefile* pode descrever espacialmente vetores (pontos, linhas e polígonos) e cada item normalmente possui atributos que o descrevem. Desenvolvido e regulado pela Esri ele é considerado um formato aberto, apesar de proprietário. Devido sua especificação aberta para interoperabilidade de dados entre a Esri e outros produtos, se popularizou e atualmente é possível utilizá-lo numa variedade de programas livres ou não, dentre eles o AutoCAD, SPRING, QGIS, dentre outros (ESRI, 2017).

O *shapefile* é constituído por um conjunto de arquivos de mesmo nome e extensões diferentes, armazenados no mesmo diretório. Três são os arquivos obrigatórios para o funcionamento correto de um *shapefile*: .shp, .shx e .dbf. O arquivo *shapefile* possui a extensão .shp, mas se utilizado sozinho não será capaz de exibir os dados armazenados. Ele é responsável por armazenar as características da geometria propriamente dita (formato *shape*). O arquivo .shx é utilizado como um índice de *shape* que possui as características das geometrias para permitir buscas mais rápidas. Por último, o arquivo .dbf armazena em coluna os atributos para cada *shape* (ESRI, 2017). Além dos arquivos citados, o arquivo de extensão .prj contém dados de projeção e datum utilizado no *layer*.

2.2.5 Arquivos *shapefile* do IBGE

O IBGE disponibiliza ao público a malha municipal digital de setores censitários do censo de 2010, assim como os dados do resultado universal dos

setores de 2010. A malha municipal digital é composta por arquivos *shapefile*, os quais representam a divisão política-administrativa municipal do Brasil (IBGE, 2015). Esses arquivos seguem um padrão de nomenclatura (Tabela 1), como segue:

Tabela 1 - Padrão de nomenclatura dos arquivos *shapefile* do IBGE.

Malha	Nomenclatura
Setores Censitários	XXSEE250GC_SIR.shp
Subdistritos	XXSDE250GC_SIR.shp
Distritos	XXDSE250GC_SIR.shp
Municípios	XXMUE250GC_SIR.shp
Microrregiões	XXMIE250GC_SIR.shp
Mesorregiões	XXMEE250GC_SIR.shp
UFs	XXUFE250GC_SIR.shp

Fonte: adaptado de IBGE, 2015.

Onde:

XX - Corresponde ao geocódigo da UF, com dois dígitos. RJ = 33.

SE – Setor censitário.

SD – Subdistrito.

DS – Distrito.

MU – Municípios.

MI – Microrregiões.

ME – Mesorregiões.

UF – UFs.

E250 – Escala operacional 1:250.000.

GC – Projeção geográfica – LAT./LONG.

SIR – Sistema Geodésico de Referência – SGR SIRGAS 2000.

Cada arquivo é constituído por um atributo código que são descritos abaixo:

Tabela 2 - Padrão de nomenclatura dos Geocódigos.

Arquivo	Nome do campo	Descrição
Setores Censitários	CD_GEODI	UFMMMMDDSDSSSS - Geocódigo (15 dígitos numéricos)
Subdistritos	CD_GEODS	UFMMMMDDSD - Geocódigo (11 dígitos numéricos)
Distritos	CD_GEODD	UFMMMMDD - Geocódigo (9 dígitos numéricos)
Municípios	CD_GEOMU	UFMMMM - Geocódigo (7 dígitos numéricos)
Microrregião	CD_GEOMI	UFMIC - Geocódigo (5 dígitos numéricos)
Mesorregião	CD_GEOME	UFME - Geocódigo (4 dígitos numéricos)
Unidade da Federação	CD_GEOUF	UF - Geocódigo (2 dígitos numéricos)

Fonte: adaptado de IBGE, 2015.

O código numérico completo para cada campo “CD_” é constituído da seguinte forma: UF – Unidade da Federação; MMMMM – Município; DD – Distrito; SD – Subdistrito; SSSS – Setor; ME – Mesorregião; MIC – Microrregião.

2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO À DECISÃO E SIG

A capacidade de decidir é fundamentada pela necessidade de solucionar problemas que possuam duas ou mais alternativas para a solução (GOMES & GOMES, 2014, p. 1). Segundo Costa (2006, p.13), a subjetividade e o julgamento de valor são oriundos de cada indivíduo, tornando o processo decisório mais complexo na escolha da melhor alternativa entre as possíveis. Essa complexidade ocorre pela falta de convergência dos interesses dos tomadores de decisão (LAARIBI, CHEVALLIER & MARTEL, 1996).

Para tratar desta complexidade, recomenda-se a utilização de um modelo de decisão como abstração simplificada da realidade, possibilitando análises e conclusões para auxiliar o tomador de decisão (COSTA, 2006, p. 18; ALMEIDA, 2013, p. 18). A construção do modelo permite ao gestor a utilização de técnicas como "*what if*", possibilitando menor custo e tempo na experimentação da realidade. O processo de construção de um modelo de decisão tem como principal elemento a escolha de um método apropriado para o problema de apoio a decisão (ALMEIDA, 2013, p.24). Outros elementos são discutidos na literatura, dentre eles os critérios que buscam representar todos os aspectos do problema, as alternativas viáveis que podem ser adotadas pelo decisor, atributos que representam o desempenho das alternativas à luz dos critérios, tabela de pagamento que contém valores a serem retornados pelas alternativas, dentre outros (ALMEIDA, 2013, p. 24-43; COSTA, 2006, p. 13-14). Portanto, a tomada de decisão multicritério implica no processo de atribuição de valores a alternativas que são avaliadas à luz de múltiplos critérios (PHUA; MINOWA, 2005). Salomon (2010) sinaliza a aplicação dos métodos Multicritérios à Decisão em três etapas, sejam elas:

- a) identifica os critérios e alternativas de decisão (entrada);
- b) atribui valores de importância para os critérios e valores de desempenho para as alternativas (processamento);
- c) e alcança a síntese dos resultados (saída).

Para enfrentar a complexidade dos problemas de decisão espacial muitos estudos buscaram o apoio em SIG. Para Laaribi, Chevallier e Martel (1996) tais

problemas não são triviais e sua resolução não cabe a um único método, mas recomenda a integração dos métodos de Análise Multicritério à Decisão e SIG para apoiar os tomadores de decisão na resolução de problemas que envolva a dimensão espacial. Essa integração permite a modelagem direta das preferências do tomador de decisão, ofertando uma escolha entre as alternativas para um problema de decisão específico.

2.4 MÉTODO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)

O método AHP é um método de Análise Multicritério à Decisão flexível e estruturado. Permite analisar e resolver problemas de decisão complexos, estruturando-os a partir de uma estrutura hierárquica (SAATY, 1980). As principais etapas do método AHP contemplam a sinalização de Salomon (2010) e são resumidas por Boroushaki & Malczewski (2008), como segue:

- a) desenvolvimento da estrutura hierárquica AHP;
- b) comparação par a par dos critérios e alternativas;
- c) e a construção de uma classificação de prioridade global.

O desenvolvimento de uma estrutura hierárquica desempenha um papel importante no estudo do impacto das alternativas sobre as metas e objetivos de um sistema (SAATY, 1978). A estrutura hierárquica é formada pelo objetivo global, o nível mais alto a ser alcançado, possibilitando uma visão ampla do modelo. Em seguida realiza-se a decomposição do modelo em critérios, subcritérios e alternativas, os quais estabelecem uma hierarquia descendente (SAATY, 1987). O procedimento utilizado pelo AHP, para Boroushaki & Malczewski (2008), abrange três estágios:

- a) desenvolver uma matriz de comparação em cada nível da hierarquia, a partir do nível mais alto, numa abordagem *top-down*;
- b) cálculo dos pesos para cada elemento da hierarquia;
- c) e a estimativa da razão de consistência.

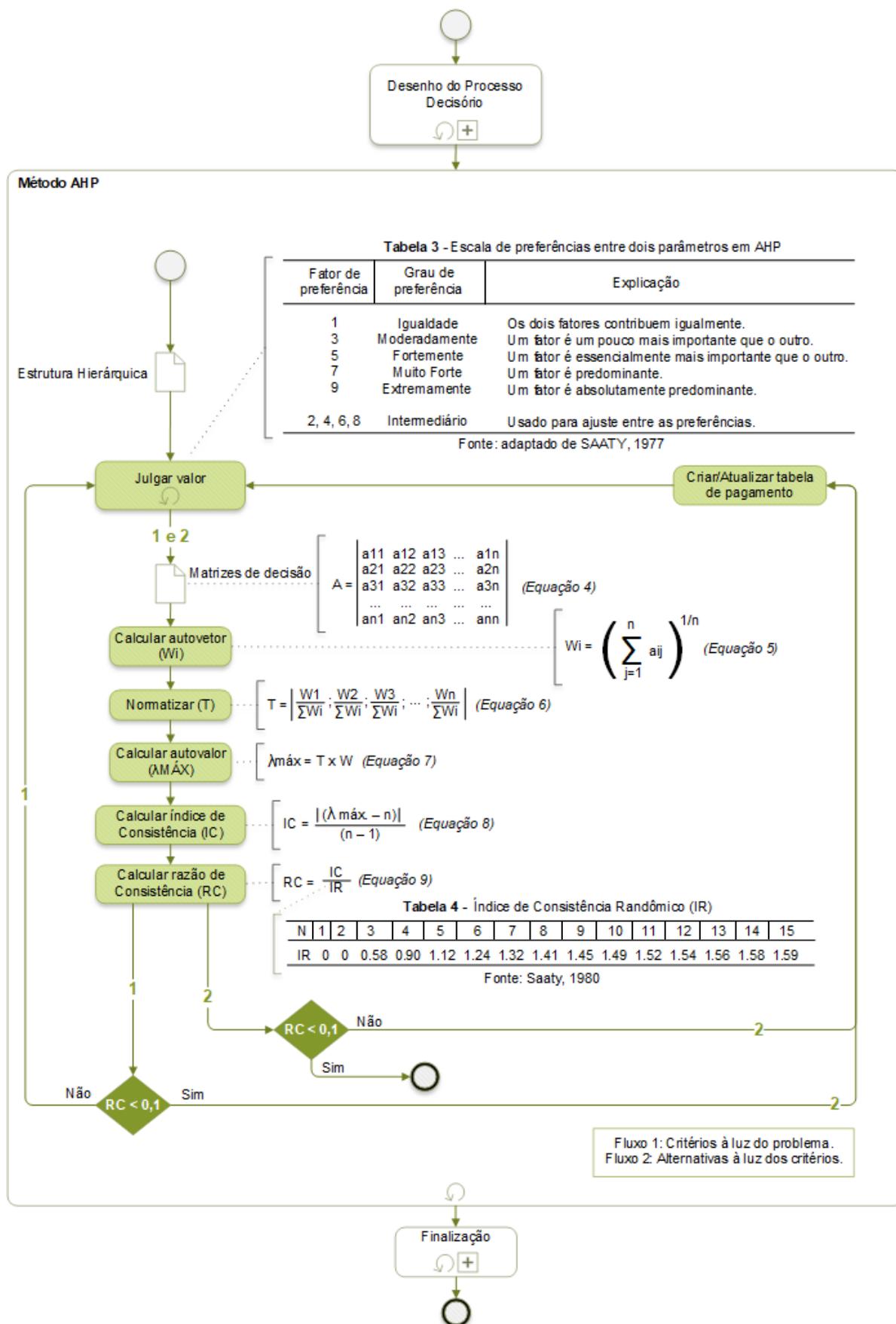
A etapa de comparação par a par ocorre entre os elementos de um nível hierárquico à luz de cada um dos elementos conexos da camada superior (COSTA, 2006, p. 45) reduzindo consideravelmente a complexidade conceitual do problema (BOROUSHAKI & MALCZEWSKI, 2008). Os fatores de preferências relativas utilizadas para comparação par a par dos elementos da estrutura hierárquica faz parte do processo de julgamento de valor pelos envolvidos (Tabela 3 na Figura 12) (SAATY, 1977). O resultado dessas comparações são matrizes de comparação ou decisão que expressam o grau de preferência entre os elementos.

A partir das matrizes comparativas é necessário resumir as preferências de cada nível hierárquico abaixo do topo, atribuindo uma importância relativa. Essa etapa é alcançada a partir do cálculo do autovetor (Equação 5 na Figura 12) de cada matriz (Equação 4 na Figura 12) dos respectivos elementos que compõe um determinado nível hierárquico. O seu resultado possibilita a ordenação das prioridades pela normalização (Equação 6 na Figura 12) do autovetor. Com o vetor resultante da normalização é possível comparar os elementos a partir do seu grau de importância calculado.

A inconsistência no julgamento humano é inerente ao ser humano, influenciado internamente e/ou externamente ao processo decisório, agravando-o quando possui um grande número de julgadores (COSTA, 2006, p. 63-68). Para avaliar o grau de inconsistência, o índice de consistência pode ser calculado (Equação 8 na Figura 12). O $\lambda_{\text{máx}}$ é o maior autovalor que é obtido a partir do autovetor normalizado (Equação 7 na Figura 12) e n representa o número de colunas da matriz A . Por conseguinte, Saaty (1980) propõe o uso da Razão de Consistência (RC) (Equação 9 na Figura 12), onde o IR (Tabela 2 na Figura 12) é um índice de consistência obtido para uma matriz recíproca, com elementos não negativos e gerada de forma randômica (COSTA, 2006, p. 68).

O axioma de Saaty (1980) propõe uma tolerância para aceitação do julgamento, a qual é concebida de tal forma que, se o $RC < 0,10$, há uma relação razoável de consistência na comparação par a par, contudo, se o $RC \geq 0,10$, há uma relação de inconsistência, necessitando uma reavaliação da matriz comparativa dos julgamentos.

Figura 12 - Fluxograma do método AHP.



Fonte: elaborado pelo Autor.

2.5 RESUMO ANALÍTICO DO NÚCLEO DE PARTIDA

Uma análise analítica do núcleo de partida se faz necessária por não encontrar na revisão bibliográfica estudos relacionados ao objetivo proposto neste trabalho. Este resumo limita-se a apresentar um resumo dos artigos que objetivam a seleção de locais para instalação de serviços, desconsiderando os de cunho ambiental.

A escolha de um local para instalação de qualquer tipo de serviço sempre é um desafio devido a atenção das diversas partes interessadas e pelos múltiplos objetivos conflitantes oriundos dos interesses individuais dos decisores (JELOKHANI-NIARAKI; MALCZEWSKI, 2015). Na pesquisa de seleção dos locais mais apropriados para instalação de estacionamentos públicos na cidade de Teerã (Irã), fica evidente as críticas ao processo atual que é centralizador e que atende ao interesse de certos grupos (JELOKHANI-NIARAKI; MALCZEWSKI, 2015). Para isso, propuseram um modelo colaborativo (planejamento participativo) utilizando Web GIS-MCDA/MC-SDSS, que possibilita, segundo os pesquisadores, conciliar os objetivos conflitantes resultantes de opiniões diferentes.

O processo de estruturação do problema de localização a partir de modelos quantitativos favorece a investigação dos problemas de acessibilidade de serviços (MITROPOULOS *et al.*, 2006). O problema de localização da instalação de hospitais e centros de saúde, possui dois aspectos que precisam ser analisados: determinar o número de instalações e o local dessas instalações (MITROPOULOS *et al.*, 2006). Na perspectiva geográfica do problema, é necessário melhorar a acessibilidade aproximando as instalações aos usuários dos serviços. Nos modelos estudados, o acesso geográfico, representando pelo custo de viagem é considerado o fator mais significativo na utilização dos serviços. No desenho da solução de acessibilidade aos serviços, dois fatores são importantes na escolha da localização das instalações: eficiência e equidade. A eficiência é factível quando se superestima o bem-estar social por meio de instalações que reduzem os custos de viagem. O princípio da equidade considera que os custos de acesso para as oportunidades de bem-estar não sejam demasiadamente desiguais. Portanto, reafirma-se que a acessibilidade aos serviços deve ser espacialmente justa e espacialmente eficiente. Para isso,

utilizou-se o GIS como instrumento para demonstrar o cenário atual do tempo de acesso em minutos, o número anual de visitas por habitantes aos hospitais e a população distribuída geograficamente. A aplicação do método demonstra os locais candidatos para instalação dos hospitais e centros de saúde e sua relação a população distribuída geograficamente.

Segundo Ohta *et al.* (2007), a integração do AHP e SIG fornece uma poderosa ferramenta para selecionar locais com base em múltiplos atributos. A pesquisa elaborada buscou selecionar entre os hospitais já existentes, os possíveis locais candidatos para novos hospitais de emergência neurocirúrgico. A acessibilidade geográfica dos hospitais de emergência neurocirúrgica avaliadas através de métodos analíticos permitiu adotar informações numéricas absolutamente precisas a partir dos critérios estabelecidos no SIG. Essas informações foram extraídas do SIG e alimentadas no AHP, que geralmente são alimentados por valores relativos ou subjetivos (OHTA *et al.*, 2007).

Nos projetos relacionados à localização de serviços, muitas são as partes interessadas. O interesse geográfico interfere e afeta as necessidades locais da população e a paisagem ao seu redor. Contudo, nem sempre o processo decisório engloba todas as partes interessadas, mas, em última instância, um agente ou decisor pode determinar onde o serviço será instalado para atender às necessidades específicas da população (FRAILE *et al.*, 2016). Em seu estudo, Fraile *et al.* (2016) propõem um modelo de decisão baseada em sobreposição de camadas no software GIS para priorização ou exclusão de certas áreas a depender do atendimento dos requisitos específicos definidos em cada uma das camadas. Neste modelo é atribuído um grau de decisão a cada área do mapa e então uma classificação para obter a melhor solução de acordo com o método de otimização Jenks. Para aplicação do método, foram utilizados cinco estudos de casos para definição da localização ótima: estacionamento público para veículos, estacionamento subterrâneo de bicicletas, UDCs – Unidades de distribuição centralizadas, pontos para carregamento de veículos elétricos e estações de fornecimento de hidrogênio na cidade de Zaragoza.

O interesse pela busca de soluções que envolve problemas de localização faz parte do interesse de vários pesquisadores. Eldemir e Onden (2016) citam várias

abordagens envolvendo diversas técnicas para alcançar soluções para esse tipo de problema, como por exemplo a soma ponderada, o produto ponderado, o método de ordem de classificação, AHP, TOPSIS, MCE, ANP, Promethee, a utilização do *fuzzy* e algoritmo genético, dentre outros. A utilização de diversas dessas técnicas nas suas respectivas abordagens é integrada aos dados espaciais através do SIG, conhecida também como tomada de decisão espacial multicritérios. A metodologia utilizada por Eldemir e Onden (2016) avalia as alternativas a partir da integração da análise espacial, de rede e o AHP, auxiliando a tomada de decisão de escolha do local para instalação de um hospital. A sobreposição dos mapas através do SIG, integrando diversos critérios geográficos, resulta em uma análise de aptidão que demonstrará os níveis de conveniência da área de estudo. Uma análise de sensibilidade é utilizada para avaliar a atratividade da mudança da área com a análise *what-if*. Todo este processo é dividido em quatro fases, sendo a primeira o AHP que é utilizado para priorizar os critérios de decisão. A segunda etapa utiliza a análise espacial e de rede no GIS através da distribuição dos critérios de decisão geográfico, resultando em um mapa. Na etapa três, o mapa resultante permite determinar os níveis de adequação das grades, ilustrando a atratividade das alternativas de decisão. E por último, a fase quatro realiza uma análise de sensibilidade.

O SIG atualmente é utilizado como um sistema de gestão, manipulação, representação e análise de dados geoespaciais, facilitando e reduzindo custos no processo de seleção de local (VAHIDNIA; ALESHEIKH; ALIMOHAMMADI, 2009). A utilização do SIG para seleção de um local “ótimo” é rodeada de incertezas inerentes a tais decisões. Para minimizar tais incertezas, propõem a quantificação do tempo de deslocamento, possibilitando criar uma área de influência temporal. Uma prioridade mais elevada é dada aos locais que estiverem fora desta área de influência. Portanto, propõe um índice de acessibilidade a partir da razão da densidade populacional e o tempo de deslocamento. Para isso utilizou-se o SIG juntamente com os métodos AHP (*Analytical Hierarchy Process*) e FAHP (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process*) para auxiliar o processo decisório de escolha de um local para instalação de um hospital na cidade de Teerã. O modelo AHP é flexível e quantitativo para seleção de alternativas com base no seu desempenho relativo com respeito a um ou mais critérios de interesse. Contudo, o AHP muitas vezes é

criticado por sua incapacidade de incorporar a incerteza inerente e imprecisão associada a mapear as percepções do tomador de decisão, portanto, o FAHP foi desenvolvido para tentar solucionar este problema (VAHIDNIA; ALESHEIKH; ALIMOHAMMADI, 2009). Os métodos derivados do FAHP utilizados na pesquisa foram o *fuzzy extent analysis*, *center-of-area defuzzification* e *α -cut method* (VAHIDNIA; ALESHEIKH; ALIMOHAMMADI, 2009).

Tabela 5 - Resumo analítico no núcleo de partida.

(continua)

Autor	Objetivo	Método	Sistema	Crítérios
Jelokhani-Niaraki e Malczewski (2015)	Seleção de local para instalação de estacionamento público na cidade de Teerã.	OWA, Borda e GIS	Google Web Toolkit, APIs do Google Maps, MySQL e AJAX	1 – População adjacente ao site candidato; (Max) 2 – Tamanho do terreno; (Max) 3 – Custo da Terra; (Min) 4 – Distância até estradas; (Min) 5 – Distância média para centros de recreação; (Min) 6 – Distância média dos centros administrativos; (Min) 7 – Distância média dos centros comerciais; (Min) 8 – Distância média até estações de transporte. (Min)
Mitropoulos et al. (2006)	Um modelo biobjetivo para o planejamento locacional de hospitais e centros de saúde.	MIP – Programação inteira mista e GIS	Arc-Info da ESRI	1 – Distância de viagem ponderada total dos centros populacionais para os hospitais; (Min) 2 – Distância de viagem ponderada total dos centros populacionais para os centros médicos; (Min) 3 – Número anual de visitas aos estabelecimentos médicos por habitante.
Ohta et al. (2007)	Analisar a acessibilidade geográfica dos hospitais de emergência neurocirúrgica na cidade de Sapporo (Japão).	AHP e GIS	Arc-Info da ESRI e GeoMedia	1 – Distância: 1.1 – A distância média das rotas mais curtas; 1.2 – A distância máxima das rotas mais curtas; 2 – População idosa dentro de um raio de 3 km de cada hospital; 3 – Disponibilidade de leitos.
Fraile et al. (2016)	Propõe um modelo de decisão que a partir de vários problemas, estuda a localização ideal para diferentes instalações de transporte.	GIS e otimização de Jenks	ArcGIS 10 da ESRI	1 – Tráfego de veículo em uma estrada ao longo de um ano; 2 – Acessibilidade; 3 – Densidade Populacional; 4 – Paradas de transporte público; 5 – Áreas comerciais; 6 – Parques Industriais; 7 – Terrenos para construção; 8 – Existência de ciclovia.

Tabela 5 - Resumo analítico no núcleo de partida.

(conclusão)

Autor	Objetivo	Método	Sistema	Critérios
Eldemir e Onden (2016)	Os autores propõem a integração do AHP e análise espacial e de rede para escolha do local para instalação de um hospital.	AHP-GIS	ArcGIS 10 da ESRI	1 – Concorrência: 1.1 – Clínica; 1.2 – Hospital; 2 – Acessibilidade: 2.1 – Parada de ônibus; 2.2 – Rodovia; 2.3 – Estrada principal; 2.4 – Ferrovia; 2.5 – Porto Marítimo; 2.6 – Metrô; 3 – Ambiente: 3.1 – Áreas de Negócio; 3.2 – Facilidade educacional; 3.3 – Área residencial; 3.4 – Área recreativa.
Vahidnia, Alesheikh e Alimohammadi (2009)	Seleção de local para instalação de hospital na cidade de Teerã.	AHP, FAHP e GIS.	ArcGIS da ESRI	1 – Rotas arteriais transporte; 2 – Tempo de viagem; 3 – Índice de poluição; 4 – Custo da terra; 5 – Densidade populacional.

Fonte: elaborado pelo Autor.

A capacidade do SIG no manejo dos aspectos espaciais (PHUA; MINOWA, 2005), possibilita fornecer informações sobre vários aspectos sociais (idade, renda, urbanização) que caracterizam o perfil dos usuários (MITROPOULOS et al., 2006), possibilitando seu uso na avaliação baseada em critérios (PHUA; MINOWA, 2005) para o desenho da solução de acessibilidade aos serviços.

3 METODOLOGIA

Nesse estudo utilizou-se a análise espacial através do SIG e a análise Multicritério à Decisão para fornecer ao tomador de decisão *insights* e compreensão do processo de escolha para instalação de internet pública na região central do Município de Campos dos Goytacazes. A utilização da densidade demográfica para escolha da região levou em consideração a opinião de especialistas e revisão bibliográfica.

Para elaboração dos mapas, o sistema de referência de coordenadas (SRC) utilizado foi o SIRGAS, em sua realização do ano de 2000 - SIRGAS2000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2005).

O SIG utilizado foi o software Quantum GIS (QGIS) 2.14.9 – Essen, motivada pelos seguintes fatores, como segue: a) trata-se de um software livre; b) gratuidade para desenvolver seus próprios pacotes ou soluções utilizando por exemplo o Python; c) em constante desenvolvimento devido uma rede de desenvolvedores espalhado pelo mundo; d) multiplataforma; e) e uma documentação e ajuda extensa encontra-se disponível (QGIS, 2017b).

3.1 MÉTODO PARA ANÁLISE DOS DADOS NO SIG

Através do SIG, analisou-se várias camadas a partir dos bancos de dados espaciais do IBGE no formato *shapefile* (.shp), dentre elas a divisão política do Estado do Rio de Janeiro (33MUE250GC_SIR.shp) (INSTITUTO BRASILEIRO DE

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010a). Aplicou-se a ferramenta de seleção de feição na tabela de atributos, obtendo através da expressão "NM_MUNICIP" = 'CAMPOS DOS GOYTACAZES' o código do município em estudo: 3301009. A mesma técnica permitiu identificar os distritos (33DSE250GC_SIR.shp), subdistritos (33SDE250GC_SIR.shp) e setores censitários (33SEE250GC_SIR.shp) pelas suas respectivas expressões: "CD_GEOCODD" ILIKE '3301009%'; "CD_GEOCODS" ILIKE '3301009%' e "CD_GEOCODM" = '3301009'. As feições e atributos identificados geraram novas camadas que foram salvas em novos *shapefile* (distritos_cps.shp, subdistritos_cps.shp e setores_censitarios_cps.shp) do município em questão. As novas camadas, distritos_cps e subdistritos_cps, foram editadas e através da ferramenta calculadora de campo um novo campo chamado AREA foi criado e calculado a partir da função \$area.

Nas bases de dados estatísticas do IBGE, a planilha Domicilio02_RJ.xls, na variável V001 - Moradores em domicílios particulares e domicílios coletivos, contém a população por setor censitário do município (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010b). Um arquivo .csv foi gerado, adicionado no SIG como uma camada de texto delimitado. Através da operação de união de tabelas, o campo POPULACAO foi adicionada na camada setores_censitarios_cps. Para migração do campo POPULACAO por distrito e subdistrito para as suas respectivas camadas, distritos_cps e subdistritos_cps, duas camadas virtuais foram criadas a partir da camada setores_censitarios_cps, cada qual com suas respectivas *query* SQL, como segue: distritos (select "CD_GEOCODD", sum("POPULACAO") from setores_censitarios_cps group by "CD_GEOCODD";) e subdistritos (select "CD_GEOCODS", sum("POPULACAO") from setores_censitarios_cps group by "CD_GEOCODS";). A operação de união de tabelas foi novamente aplicada. Com a área calculada e população adicionada, as camadas distritos_cps e subdistritos_cps foram editadas e através da ferramenta calculadora de campo um novo campo chamado DENSIDADE_DEMOGRAFICA foi criado e calculado (Equação 10), o qual representa o quociente da população pelo espaço territorial, aqui expresso em km².

$$\text{Densidade demográfica} = \frac{\text{População (n° hab)}}{\text{Área da unidade territorial (km}^2\text{)}} \quad (\text{Equação 10})$$

Para criação do mapa temático de densidade demográfica dos distritos e subdistritos, o primeiro passo foi a definição do número de classes. Para isso, a partir do Excel[®] calculou-se a fórmula de Sturges (Equação 11), onde k é o número de classes e N é o número de elementos observados na série (RAMOS; SANCHEZ, 2000).

$$k = 1 + 3,33 \log(N) \quad (\text{Equação 11})$$

O método de classificação que demonstrou uma maior coerência na efetivação da análise proposta foi a aplicação do método que utiliza o algoritmo de Jenks (quebras naturais). Esse método permite a classificação dos recursos a partir de quebras naturais dos valores de dados, portanto, busca a melhor maneira para divisão dos intervalos de classes. Para isso, a média \bar{X} do conjunto de dados (Equação 12) e o somatório dos desvios quadráticos da média da matriz de cada observação x_i da série de dados é calculado (Equação 13). N é o número de elementos da amostra. Posteriormente, calcula-se a soma dos desvios quadráticos entre as classes, onde Z_c é a média de cada classe (Equação 14). K é o número de classes. Por fim, é calculado o ajuste de bondade ou ajuste da variância (GVF - *Goodness of Variance Fit*). A otimização é obtida quando o GVF é maximizado (Equação 15) (JENKS, 1963).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (\text{Equação 12})$$

$$\text{SDAM} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \quad (\text{Equação 13})$$

$$SDCM = \sum_{c=1}^K \sum_{i=1}^N (x_i - Z_c)^2 \quad (\text{Equação 14})$$

$$GVF = \frac{(SDAM - SDCM)}{SDAM} \quad (\text{Equação 15})$$

O algoritmo de Jenks (quebras naturais) está incorporado no QGIS, contudo, para validação dos resultados apresentados pelo SIG, calculou-se o intervalo de classe do subdistrito no Excel® com apoio das seguintes funções: “=MÉDIA()” para cálculo da Equação 12; “=DESVQ()” para cálculo da Equação 13 e para o cálculo de cada intervalo contido em cada combinação de intervalo da Equação 14; a função “=SOMA” realizou o somatório dos intervalos contidos em cada combinação de intervalo, resultando no SDCM. A Equação 15 foi calculada para cada combinação de intervalo, tendo como vencedora o GVF mais próximo de 1.

A criação de uma nova camada contendo a área escolhida utilizou a ferramenta de seleção de feição aplicada na tabela de atributos da camada setores_censitarios_cps, através da expressão "CD_GEOCODS" = '33010090507'. A partir desta nova camada, utilizou-se a ferramenta de mesclagem de feições, agrupando os setores censitários por bairros. Devido a existência de pontos de acesso à internet nesta área, uma análise de abrangência dos bairros já contemplados se fez necessário para minimizar a sobreposição das áreas atendidas. Portanto, criou-se uma nova camada de pontos para representar os pontos de acesso à internet em funcionamento. Através do *plugin* MMQGIS do software QGIS, elaborou-se um mapa da área de influência (*buffer zone*) dos pontos. O raio da área de influência de 1km levou em consideração o tempo médio de deslocamento a pé e de bicicleta de seis pontos de verificação (origem), localizados ao extremo das áreas de influência, até o ponto de acesso à internet mais próximo (destino), calculado através do Google Earth®. Posteriormente, os bairros não contemplados ou contemplados parcialmente (<50% do território) pela área de influência foram

subdivididos pela proximidade territorial, gerando novos polígonos através ferramenta de mesclagem de feições. Para cada polígono (aglomerado de bairros) calculou o centróide e em seguida mapeada a área de influência, ou *buffer* do centróide (0.5 km, 1 km e 1,5 km). Tal análise possibilitou avaliar o polígono com maior densidade demográfica, menor interseção com as áreas de influência dos pontos de acesso de internet existentes e menor tempo médio de deslocamento entre os pontos de verificação e o centróide.

A escolha das alternativas no aglomerado de bairros selecionado, levou em consideração as características que predominam nos pontos públicos de internet existentes, dentre os quais: 14 nas praças públicas, um em escola pública, um na rodoviária, uma na fundação e um na sede da prefeitura. Para a tomada de decisão de escolha das alternativas, dois fatores foram importantes: maior área de influência populacional e a proximidade ao centróide da área do estudo de caso. Uma nova camada de ponto foi criada e os pontos das alternativas foram alocados espacialmente.

Para avaliar a uniformização das oportunidades baseado em reduzir o tempo e custo de acesso ao serviço, a simulação do tempo médio de deslocamento ocorrerá a partir de quatro pontos de verificação inseridos no Google Earth Pro® e as rotas traçadas até o ponto alvo. Os tipos de deslocamento considerados são: a pé e de bicicleta.

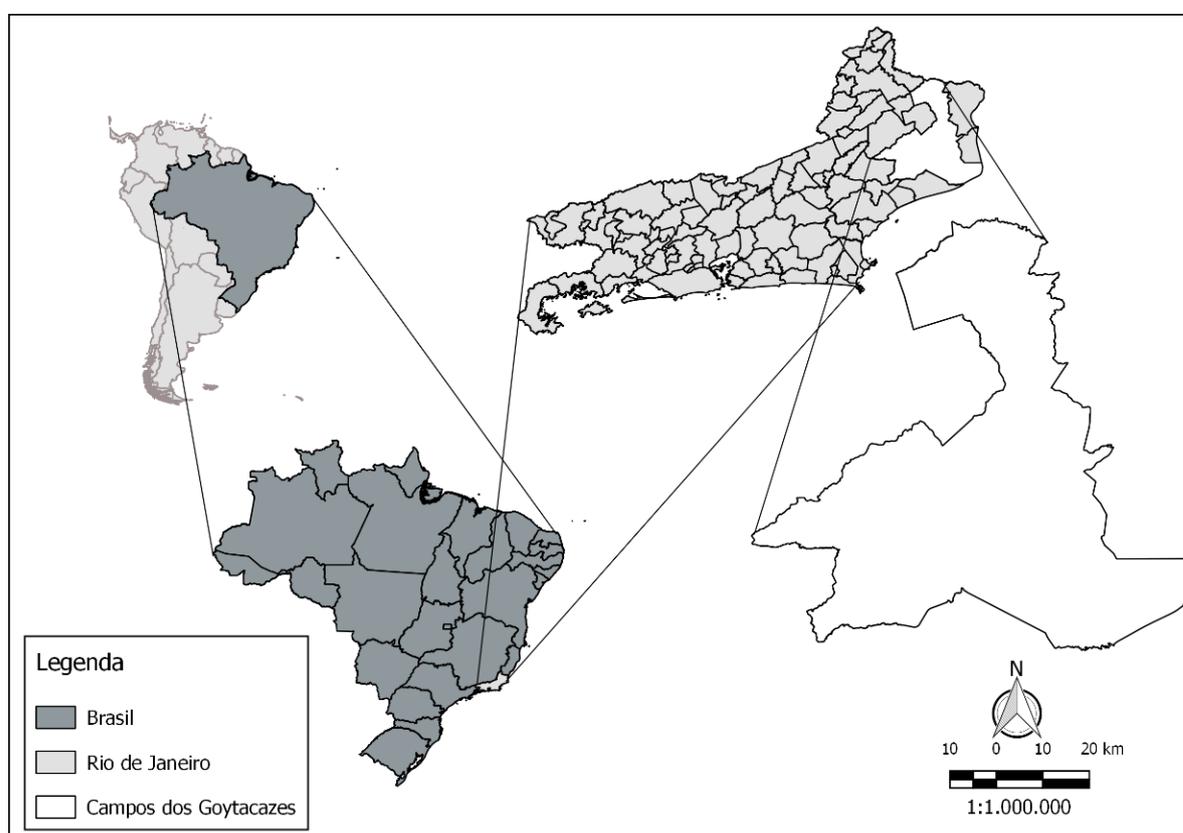
3.2 SURVEY

Nesta etapa do estudo, um *survey* foi aplicado ao especialista externo ao projeto, instrumentalizado através de uma entrevista estruturada. O especialista externo consultado é graduado e mestre em computação. Atua como consultor de TI, professor universitário e gerente de infraestrutura de TI de uma determinada companhia do governo municipal de uma determinada cidade no Estado do Espírito Santo. Um outro *survey* foi aplicado ao especialista interno ao projeto, instrumentalizado através de dois questionários estruturados, aplicados em momentos oportunos. O especialista interno foi o coordenador técnico do CIDAC – Centro de Informações e Dados de Campos.

3.3 ESTUDO DE CASO

O município de Campos dos Goytacazes, situado na mesorregião Norte Fluminense, fica a aproximadamente 277 km da capital do Estado do Rio de Janeiro (Mapa 1). Segundo o Censo 2010, o município possui 463.731 habitantes numa área de 4.026,696 km². A densidade demográfica do município de Campos dos Goytacazes é de 115,16 hab/km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010c).

Mapa 1 - Localização do Município de Campos dos Goytacazes.

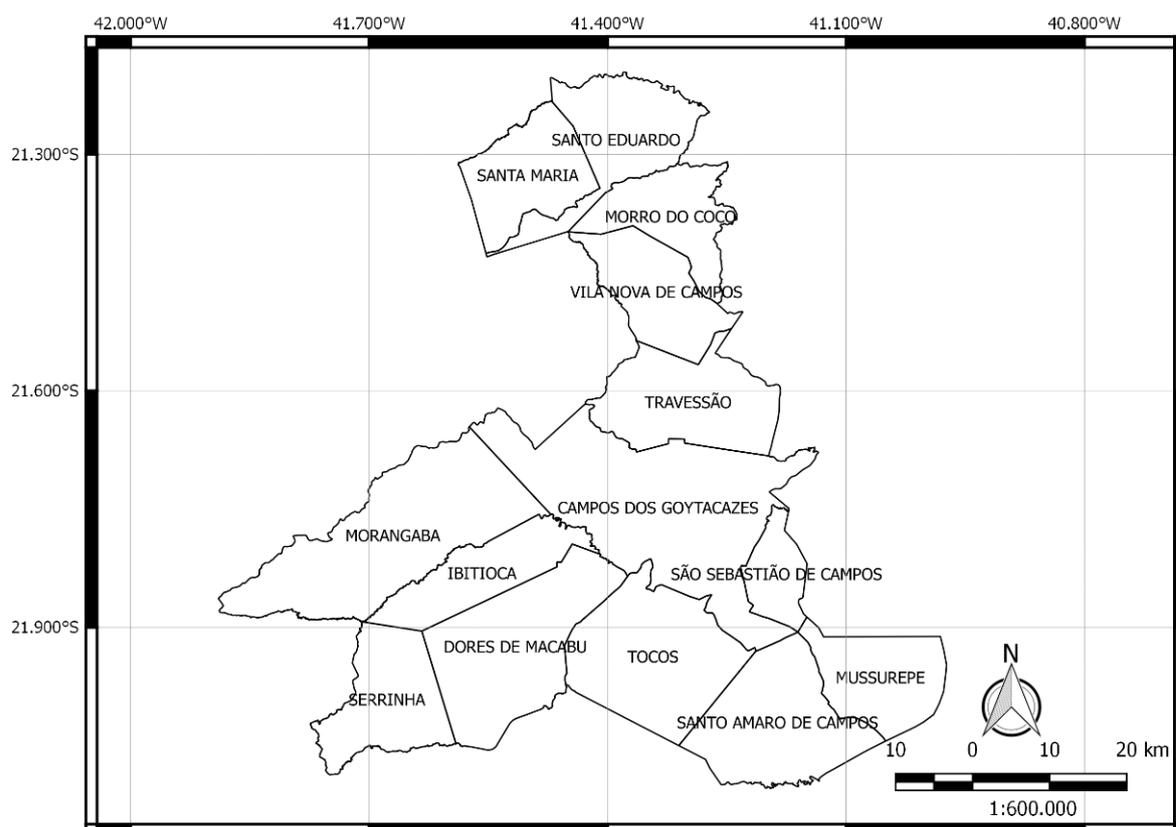


Fonte: adaptado de IBGE, 2010a.

As notas metodológicas do Censo Demográfico conceituam base territorial como sistema integrado de mapas, cadastros e banco de dados (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010d). Os resultados do Censo Demográfico e a sustentação espacial para os tomadores de decisão são organizados segundo este sistema.

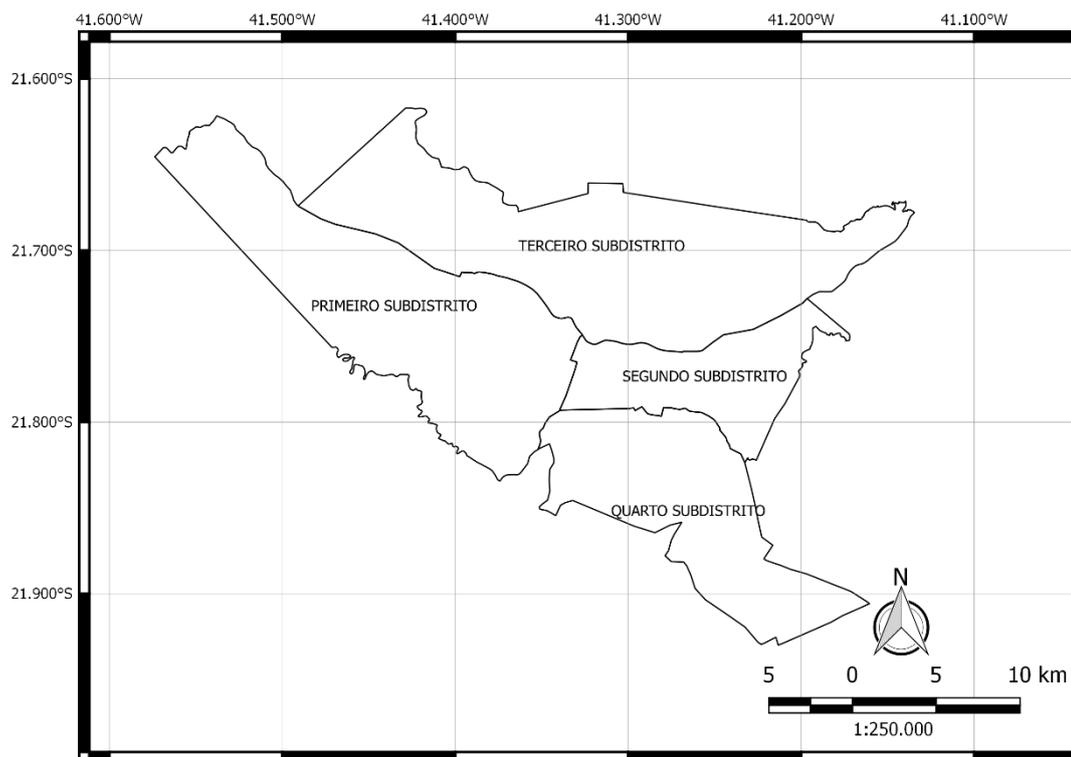
A divisão territorial do município, com foco neste estudo, se dá pela divisão em distritos (Mapa 2) e subdistritos (Mapa 3). As notas metodológicas do Censo Demográfico conceituam distritos e subdistritos como unidades administrativas do município, criadas por meio de leis municipais, sendo os subdistritos uma divisão dos distritos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010d). A menor região do Censo Demográfico do IBGE é o setor censitário (Mapa 4), respeitando os princípios normativos na Lei nº 5.534, de 14/11/1968, que ratifica a confidencialidade das informações e sua exclusividade para fins estatísticos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010d). O único distrito que possui subdistrito é o distrito de Campos dos Goytacazes (Mapa 3). O município de Campos dos Goytacazes é dividido em 665 setores censitários segundo o Censo 2010 (Mapa 4).

Mapa 2 - Distritos do Município de Campos dos Goytacazes.



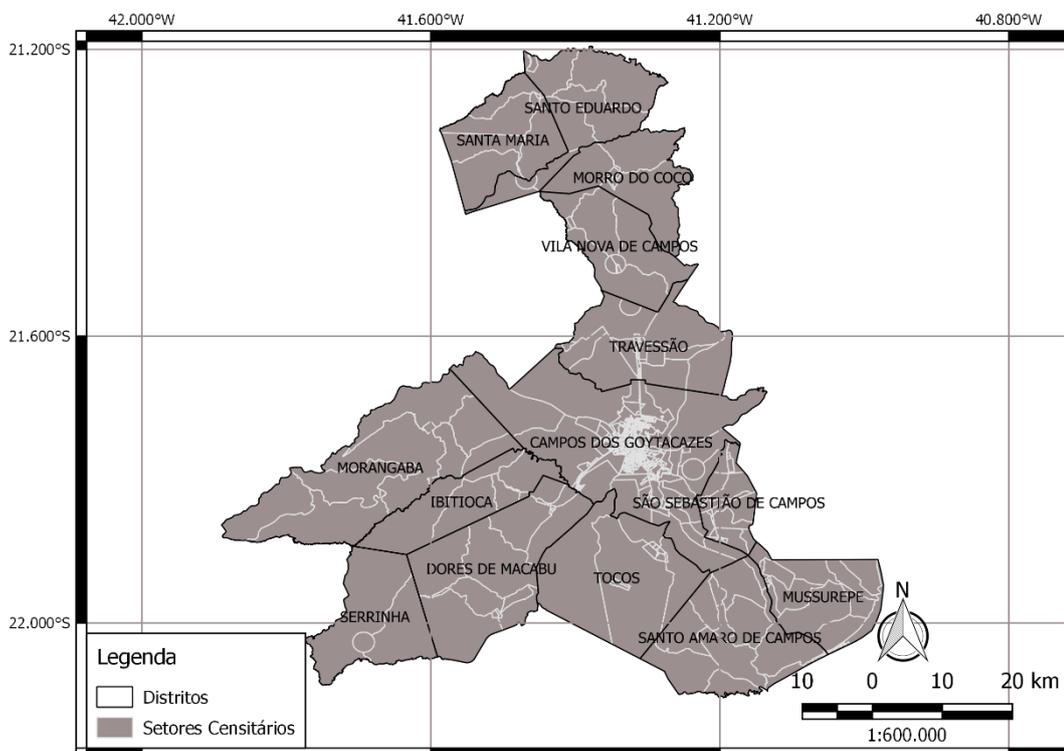
Fonte: adaptado de IBGE, 2010a.

Mapa 3 - Subdistritos do Distrito Campos dos Goytacazes.



Fonte: adaptado de IBGE, 2010a.

Mapa 4 - Setores Censitários por Distritos do município de Campos dos Goytacazes.



Fonte: adaptado de IBGE, 2010a.

4 MODELAGEM

4.1 MODELAGEM PARA SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO PELO SIG

A quantidade de intervalos de classes para os distritos e subdistritos, conforme aplicação da Equação 11, é expressa na Figura 13.

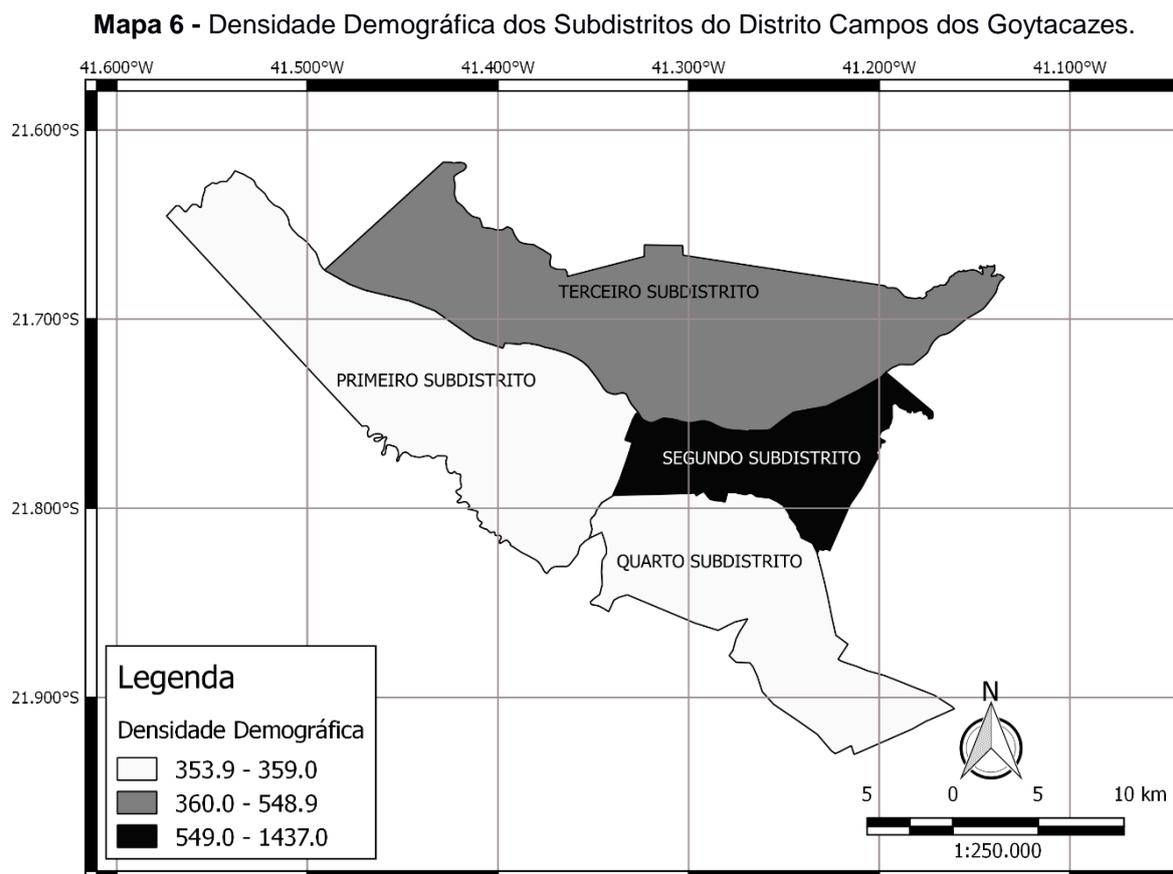
Figura 13 - Cálculo da quantidade de intervalos de classes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Intervalos de classes (Distrito)				Intervalos de classes (Subdistrito)					
3		$k = 1 + 3,33 \log(N)$				$k = 1 + 3,33 \log(N)$					
4		N = 14 Distritos				N = 5 Subdistritos					
5		$k \approx 5$ Intervalos de classes				$k \approx 3$ Intervalos de classes					
6		$\approx 1 + 3,33 * \text{LOG}_{10}(C4)$				$\approx 1 + 3,33 * \text{LOG}_{10}(H4)$					

Fonte: elaborado pelo Autor.

O cálculo do algoritmo de Jenks (quebras naturais) do QGIS demonstrou coerência com o resultado obtido através das etapas 1 até 4 do cálculo executado para definição dos intervalos de classes dos subdistritos (Figura 14).

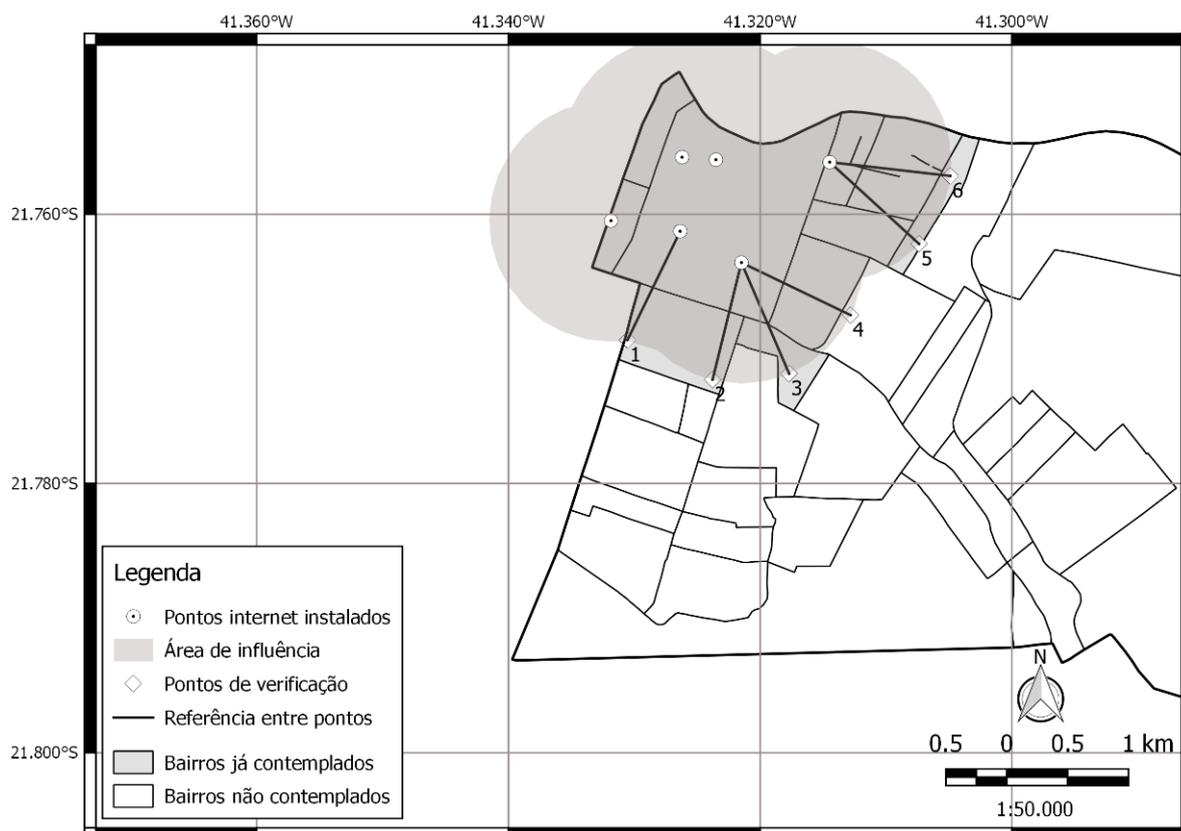
Em seguida foi realizada a seleção de um subdistrito, utilizando, para isso, o parâmetro de análise da densidade demográfica (Mapa 6). A análise apontou que o terceiro e o segundo subdistritos são os mais povoados, com 36,2% e 30,6% da população total, respectivamente. Com a aplicação da técnica “*what if*”, o segundo subdistrito foi escolhido para a condução do estudo de caso.



Os locais atualmente contemplados com pontos de acesso à internet no segundo subdistrito foram avaliados (Mapa 7). O tempo médio de deslocamento a pé é de 17,3 minutos e de bicicleta é de 6 minutos, segundo dado obtido através do Google Earth®, a partir dos 6 pontos de verificação (Gráfico 1). O bairro Centro possui o maior número de pontos de acesso à internet instalados, um total de quatro dos seis contemplados no segundo subdistrito. Aproximadamente 29.007 habitantes, que representa que 26,3% da população, são atendidas pelos pontos de acesso em funcionamento dentro do raio de 1 km. Dentre os conjuntos de bairros analisados, expurgando os bairros contidos nas áreas de influência dos pontos de acesso à

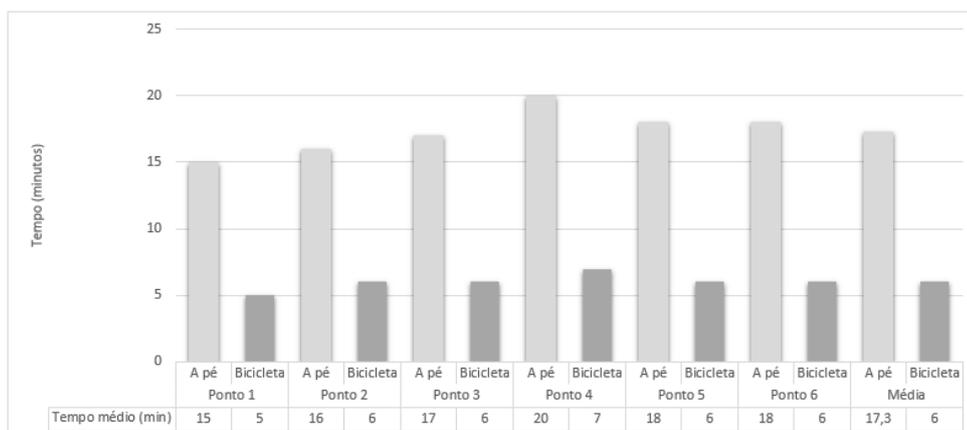
internet em funcionamento, uma área de bairros se destacou pela sua atratividade populacional (Mapa 6). A população futura a ser atendida na área de influência de 1,5 km do seu centróide é de aproximadamente 33.922 habitantes, representando 41,8% da população dos bairros não contemplados (Tabela 6).

Mapa 7 - Área de influência dos pontos de acesso à internet em funcionamento.



Fonte: Elaborado pelo Autor (adaptado de IBGE, 2010a; CIDAC, 2017).

Gráfico 1 - Tempo de deslocamento entre os pontos de verificação e os pontos de acesso à internet mais próximo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 6 - Bairros e população da área escolhida para o estudo de caso.

Subdistrito e Bairros	População (n° hab)	População atendida* (n° hab)	População estudo de caso** (n° hab)
2° subdistrito	110.202	29.007	33.922
Centro	10.071	10.071	
Parque Fazenda Grande	6.302		6.302
Parque João Maria	5.517		5.517
Parque Rui Barbosa	5.369		5.369
Parque Aurora	3.928		3.928
Parque João Seixas	3.806	3.806	
Parque São Benedito	3.684		3.684
Chácara João Ferreira	2.990	2.990	
Parque Riachuelo	2.852	2.852	
Ips	2.370		2.370
Parque Oliveira Botelho	1.989	1.989	
Parque Fazendinha	1.908	1.908	
Parque Dr. Beda	1.796		1.796
Parque Rosário	1.765		1.765
Parque São Lino	1.485		1.485
Parque Avenida Pelinca	1.425	1.425	
Parque Califórnia	1.411	1.411	
Lapa	1.350	1.350	
Parque Conselheiro Tomaz Coelho	1.205	1.205	
Parque Carlos de Lacerda	908		908
Parque Alphaville I	798		798

* População atendida no raio de 1km.

** População à ser contemplada.

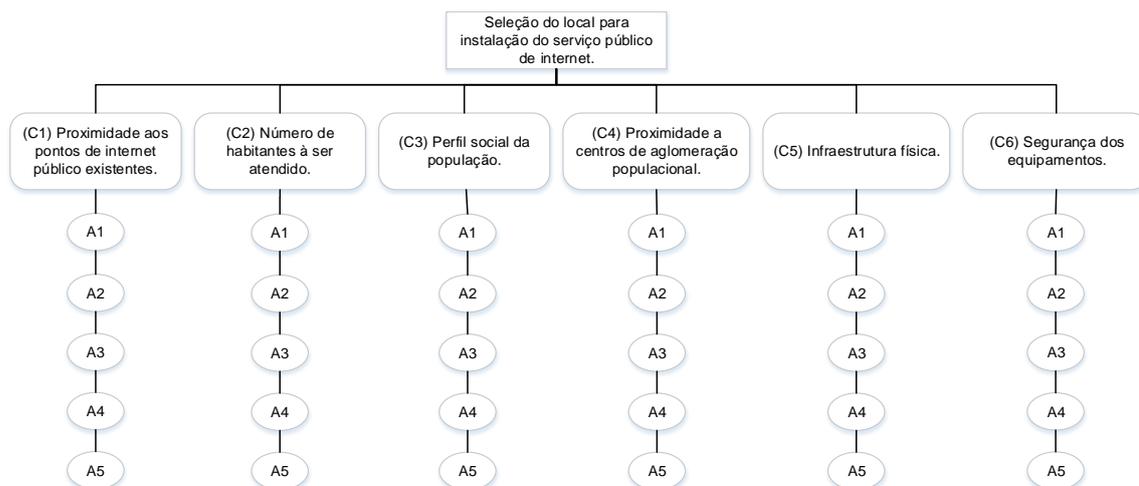
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2 MODELAGEM MULTICRITÉRIO

4.2.1 Objetivo

Diante os dados obtidos através da aplicação do *survey* e da análise utilizada para escolha das alternativas, elaborou-se a estrutura hierárquica da problemática aqui proposta (Figura 15). Essa estrutura representa uma relação entre objetivos e atributos, que segundo Malczewski (2000) às vezes é referida como estrutura de valor.

Figura 15 - Estrutura hierárquica do problema proposto.

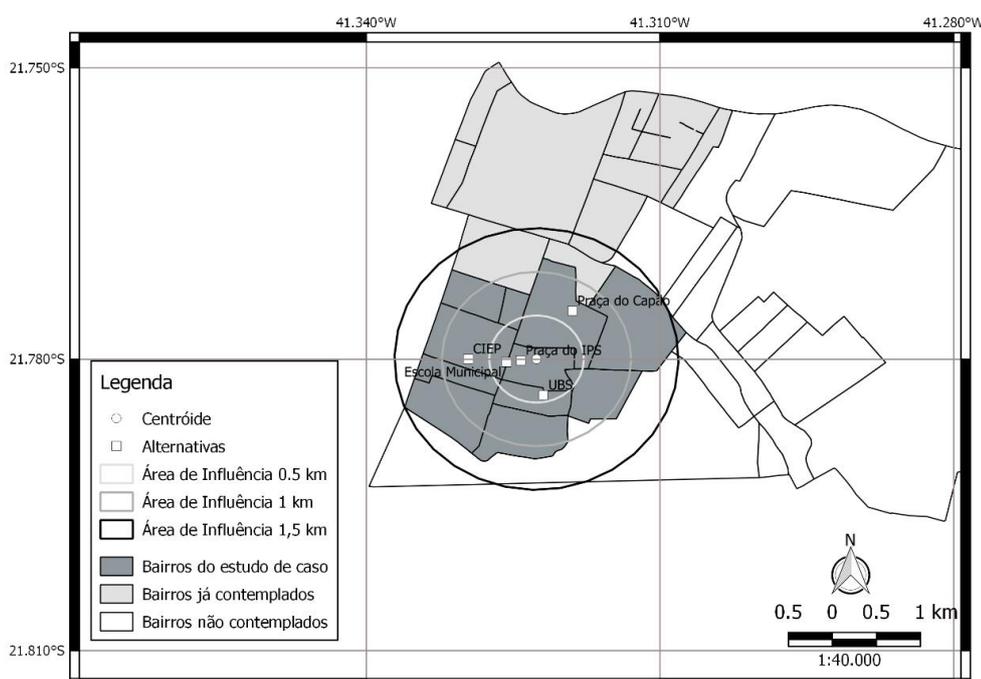


Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2.2 Alternativas

O método utilizado e as alternativas selecionadas (Mapa 8) foram consideradas adequadas pelo especialista interno através da análise de aderência aplicada através do segundo questionário. Nenhuma sugestão de novos locais foi proposta.

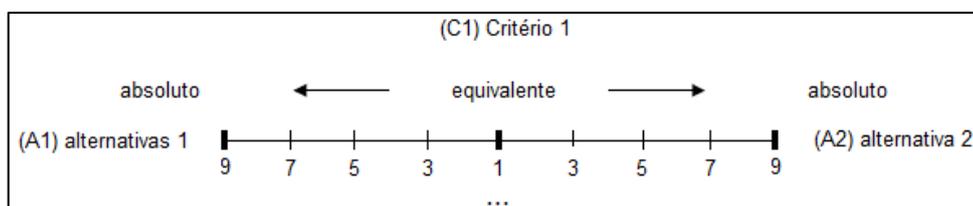
Mapa 8 - Centróide do grupo de bairros e sua área de influência, e alternativas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (adaptado de IBGE, 2010a).

Nesse mesmo questionário, o especialista interno, através da aplicação do modelo ofertado por Sato (2005), realizou uma comparação par a par das alternativas à luz de cada critério (Figura 16). Para auxiliar o especialista, explanou-se no questionário que o (C1) critério proximidade aos pontos de internet público existentes busca potencializar as alternativas mais distantes e depreciar as alternativas mais próximas. Para o (C2) número de habitantes a ser atendido, as alternativas mais próximas ao centróide foram potencializadas e as alternativas mais distantes depreciadas. No (C3) critério perfil social da população, as alternativas com a classe social E foi potencializada e a classe social A foi depreciada. Na (C4) proximidade a centros de aglomeração populacional, potencializou-se as alternativas com maior circulação de pessoas e depreciou-se as alternativas com menor circulação. A (C5) infraestrutura física considerou as alternativas com melhor infraestrutura com maior potencial e de pior infraestrutura foi depreciada. Para finalizar, (C6) na segurança dos equipamentos, as alternativas com alta segurança foram potencializadas e as alternativas com menor segurança foram depreciadas.

Figura 16 - Exemplo questionário para o AHP, comparação par a par das alternativas.



Fonte: adaptado de SATO, 2005

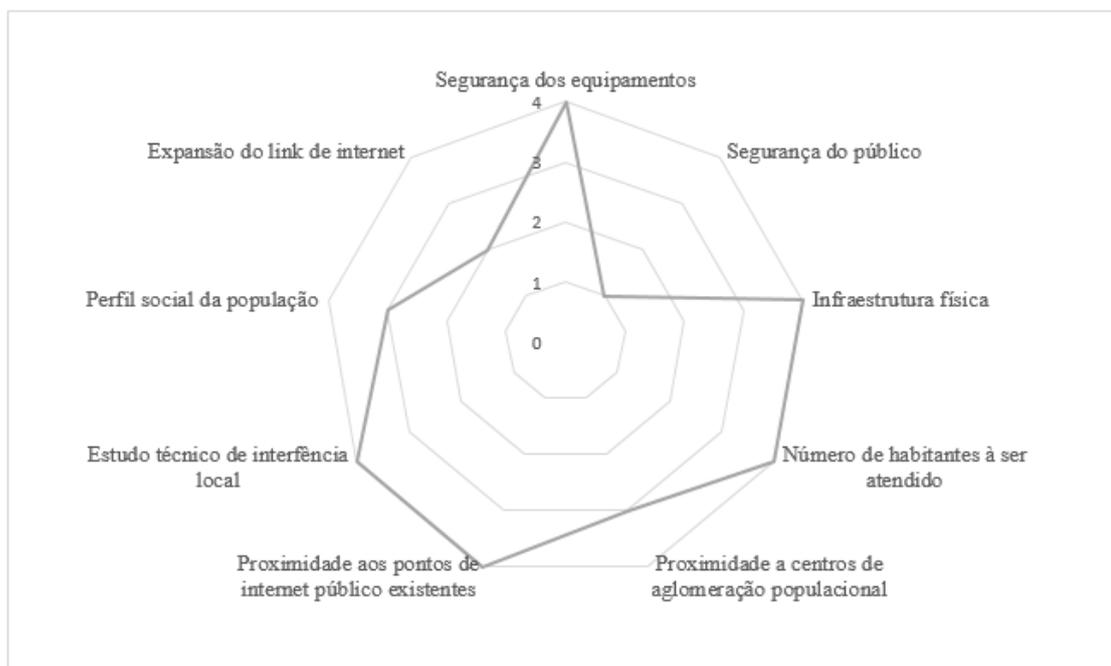
4.2.3 Critérios

O especialista externo sinalizou em sua entrevista que a definição da infraestrutura tecnológica é insuficiente para escolha do local. Critérios como infraestrutura física, número de pessoas atendidas, segurança dos equipamentos, segurança do público e a localização são fatores importantes.

Para consolidação dos critérios, através do primeiro questionário, o especialista interno realizou uma análise de aderência. Nessa análise coube validar os critérios sugeridos pelo especialista interno, sugerir novos critérios e atribuir o grau de importância para cada critério (Gráfico 2). O grau de importância foi

atribuído a partir dos seguintes valores: (1) Baixa Importância, (2) Média Importância, (3) Importante, (4) Muito Importante e (NA) Não aplicável ao tema.

Gráfico 2 - Análise de aderência dos critérios.



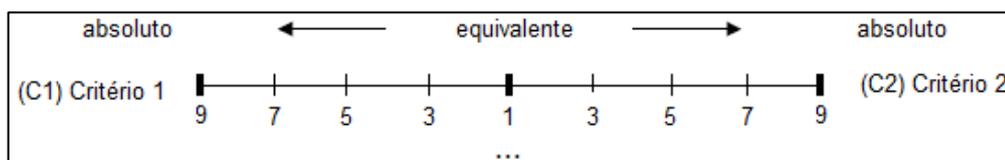
Fonte: Elaborado pelo Autor

O critério segurança do público e expansão do link de internet receberam grau baixo por não possuir foco com o projeto. Os critérios selecionados para o estudo em questão foram: (C1) proximidade aos pontos de internet público existentes, (C2) número de habitantes a ser atendido, (C3) perfil social da população, (C4) proximidade a centros de aglomeração populacional, (C5) infraestrutura física e (C6) segurança dos equipamentos. O critério proximidade aos pontos de internet público existentes considera a área de influência de outros pontos de internet instalados. O número de habitantes a ser atendido leva em consideração a cobertura máxima dos bairros na área do estudo de caso. O perfil social da população considera o perfil de classes sociais dos bairros. A proximidade a centros de aglomeração populacional considera a proximidade a estabelecimentos de grande massa, como restaurantes, escolas e igrejas, estabelecendo uma grande circulação de pessoas. A infraestrutura física leva em consideração se o espaço físico é apropriado e a segurança dos equipamentos considera se esse espaço físico oferece garantia de integridade dos equipamentos.

4.2.4 Pesos dos critérios

Foi aplicado, através do primeiro questionário, um modelo ofertado por Sato (2005) (Figura 17), o qual permite ao tomador de decisão visualizar de forma clara a comparação par a par dos critérios, estabelecendo assim a matriz de pesos dos critérios (Tabela 7).

Figura 17 - Exemplo questionário para o AHP, comparação par a para dos critérios.



Fonte: adaptado de SATO, 2005

5 RESULTADOS

O resultado é fruto da modelagem do problema e representa as matrizes de decisão, o RC e o elemento vencedor para cada matriz de decisão após aplicação dos dados no software IPÊ (COSTA, 2004).

Na Tabela 7 é apresentada a matriz de critérios e o resultado da análise par a par dos pesos dos critérios atribuído pelo especialista interno. O critério proximidade aos pontos de internet público existentes já instalados foi o vencedor, seguido do número de habitantes a ser atendido e perfil social da população. A Proximidade a centros de aglomeração populacional ficou em quarto lugar, infraestrutura física em quinto e no último lugar segurança dos equipamentos.

Tabela 7 - Matriz dos critérios vencedores.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	%
C1	1	2	3	5	7	8	39,7
C2	1/2	1	2	4	6	7	27,0
C3	1/3	1/2	1	2	4	6	16,0
C4	1/5	1/4	1/2	1	2	4	9,0
C5	1/7	1/6	1/4	1/2	1	2	5,0
C6	1/8	1/7	1/6	1/4	1/2	1	3,0

Razão de consistência 0,022

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao julgar as alternativas à luz de cada um dos critérios, observou-se que apenas a alternativa A4 é próxima aos pontos de acesso existentes. As alternativas

A1 e A2 seriam as mais indicadas quanto ao critério “quantidade de pessoas atendidas” (C2). O critério “perfil da população atendida” (C3) não foi útil para discriminar as alternativas deste estudo de caso, indicando que todas as localidades são semelhantes, no entanto, é um critério importante a ser considerado em outros estudos cujas alternativas sejam divergentes quanto a esta característica. Quanto ao critério “localização” (C4) apenas a alternativa A2 foi desfavorecida. As alternativas A1 e A4 se destacaram na avaliação do critério (C5) “infraestrutura”. À luz do critério (C6) “segurança”, as alternativas A2 e A3 deveriam ser priorizadas (Figura 18). A alternativa escolhida venceu nos quatro critérios mais importantes a luz do problema. As razões de consistência das seis matrizes da Figura 18 atendem ao axioma da comparação recíproca proposto por Saaty (1980), pois ficaram abaixo de 0,1, indicando boa consistência nos julgamentos realizados.

Figura 18 - Matriz das alternativas à luz de cada critério.

C1 - Proximidade dos pontos existentes							C2 - Quantidade de pessoas atendidas						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1	1	5	1	23,8	A1	1	3	3	1	5	33,8
A2	1	1	1	5	1	23,8	A2	1/3	1	1	1/3	4	13,7
A3	1	1	1	5	1	23,8	A3	1/3	1	1	1/3	4	13,7
A4	1/5	1/5	1/5	1	1/5	4,8	A4	1	3	3	1	5	33,8
A5	1	1	1	5	1	23,8	A5	1/5	1/4	1/4	1/5	1	5,0
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,028						
C3 - Perfil social da população							C4 - Proximidades a centro de aglomeração						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1	1	1	1	20,0	A1	1	5	1	1	1	23,8
A2	1	1	1	1	1	20,0	A2	1/5	1	1/5	1/5	1/5	4,8
A3	1	1	1	1	1	20,0	A3	1	5	1	1	1	23,8
A4	1	1	1	1	1	20,0	A4	1	5	1	1	1	23,8
A5	1	1	1	1	1	20,0	A5	1	5	1	1	1	23,8
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,000						
C5 - Infraestrutura física							C6 - Segurança dos equipamentos						
	A1	A2	A3	A4	A5	%		A1	A2	A3	A4	A5	%
A1	1	1/6	1/6	6	1/6	5,0	A1	1	1/7	1/7	1	1/5	4,6
A2	6	1	1	6	1	30,0	A2	7	1	1	7	3	36,7
A3	6	1	1	6	1	30,0	A3	7	1	1	7	3	36,7
A4	1/6	1/6	1/6	1	1/6	5,0	A4	1	1/7	1/7	1	1/5	4,6
A5	6	1	1	6	1	30,0	A5	5	1/3	1/3	5	1	17,4
Razão de consistência 0,000							Razão de consistência 0,021						

Fonte: Elaborado pelo Autor.

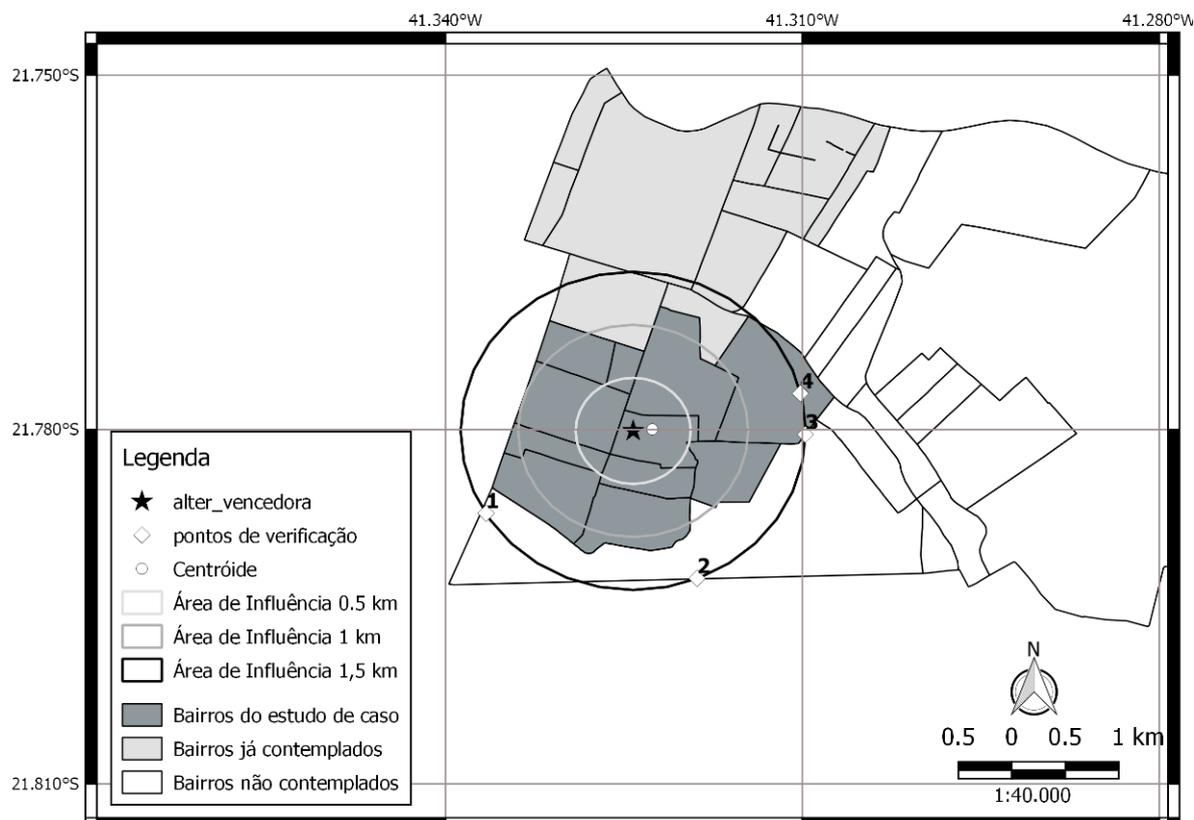
O resultado final obtido contemplou a Praça do IPS como vencedora para receber o serviço de internet público na região proposta no estudo de caso (Tabela 8).

Tabela 8 - Resultado da prioridade global do método AHP.

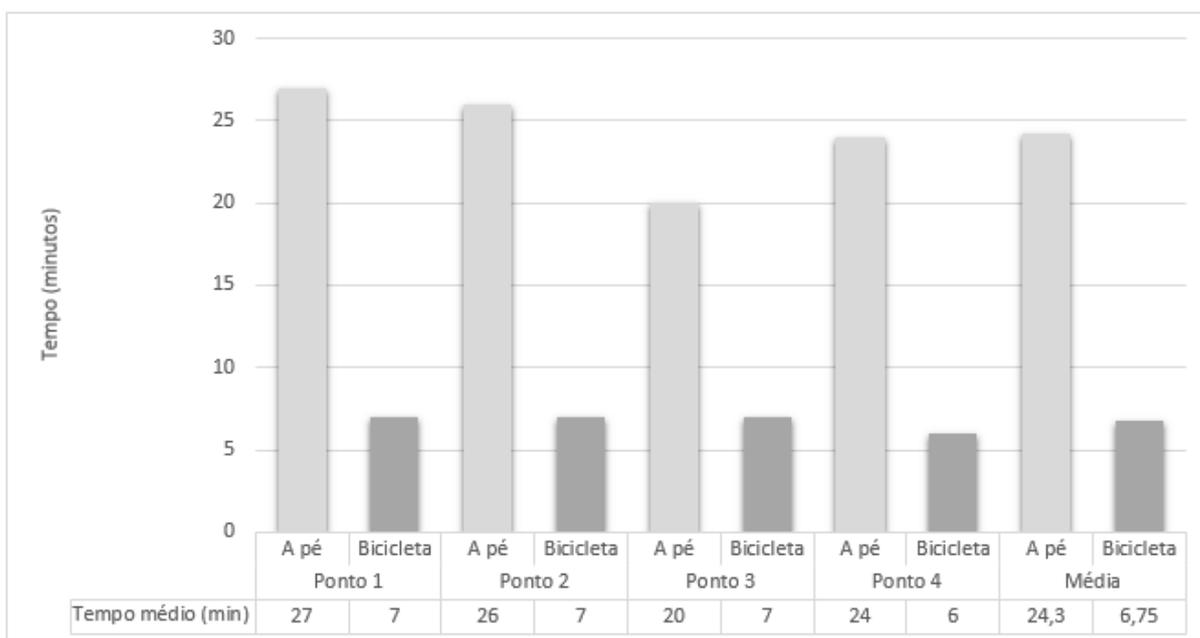
Id	Locais	%
A1	Praça do IPS	24,3
A2	Escola Municipal	19,5
A3	CIEP	21,2
A4	Praça do Capão	16,8
A5	Unidade básica de atendimento	18,3

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para avaliar a funcionalidade da solução apontada pelo método AHP (Tabela 8) - Praça do IPS – foi realizada uma simulação de acessibilidade a partir de quatro pontos próximos ao local com distância máxima de 1,5 km (Mapa 9). Este levantamento analisou o tempo de deslocamento a pé e de bicicleta até o local escolhido (latitude 21°46'48.45"S e longitude 41°19'27.18"O). O tempo médio de deslocamento a pé e de bicicleta foram de 24,3 minutos e 6,8 minutos, respectivamente (Gráfico 3).

Mapa 9 - Área de influência do local vencedor.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 3 - Tempo de deslocamento até Praça do IPS.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou modelar o problema a partir integração de três métodos: *survey*, SIG e multicritério. A aplicação de questionários aos especialistas (interno e externo ao projeto) foi essencial para o levantamento de critérios e seus respectivos pesos. O SIG foi utilizado para realizar a análise espacial do município de Campos dos Goytacazes, RJ, definir as alternativas de ação e a efetividade da escolha (acessibilidade ao local). Por fim, o método AHP convergiu os dados obtidos pelas ferramentas anteriores para definir o local para receber o serviço de internet público. O uso destas metodologias conjugadas foi útil para subsidiar de forma contundente o processo decisório.

A densidade demográfica é amplamente utilizada como critério em diversos trabalhos com variadas abordagens. Essas abordagens vão da seleção de locais para instalação de sistemas híbridos de energia eólica e ondas (VASILEIOU; LOUKOGEORGAKI; VAGIONA, 2017), avaliação da capacidade ambiental para escolha do local de instalação de usinas nucleares (BARZEHKAR, DINAN & SALEMI, 2016), mapeamento das áreas de risco de incêndio (CHAUDHARY et al., 2016; HABIBI, LOTFI & KOOHSARI, 2008), seleção do local para instalação de hospital (VAHIDNIA, ALESHEIKH & ALIMOHAMMADI, 2009), avaliar a área adequada para instalação de parques públicos (CHANDIO et al., 2011), seleção de locais para instalação de aterros (AYDI, ZAIRI & DHIA, 2013; DONEVSKA et al., 2012), dentre outros.

As ferramentas de análise espacial SIG foram fundamentais para esse estudo. A análise da área de influência, tanto dos pontos de acesso à internet instalados como na alternativa vencedora, permitiu uma visualização espacial facilitando a tomada de decisão. O uso da ferramenta de cálculo das áreas dos polígonos e manipulação de tabelas, possibilitou o cálculo da densidade demográfica. A análise do tempo de deslocamento a partir dos pontos de verificação possibilitou avaliar a efetividade dos pontos de acesso já instalados e da alternativa vencedora. O uso da densidade demográfica, área de influência (*buffer zone*) e o tempo de deslocamento podem ser vistos em outros trabalhos, como por exemplo a escolha do local para instalação de um hospital (VAHIDNIA, ALESHEIKH & ALIMOHAMMADI, 2009). A acessibilidade mensurada a partir do tempo de deslocamento também é abordada em outros estudos (MITROPOULOS et al., 2006).

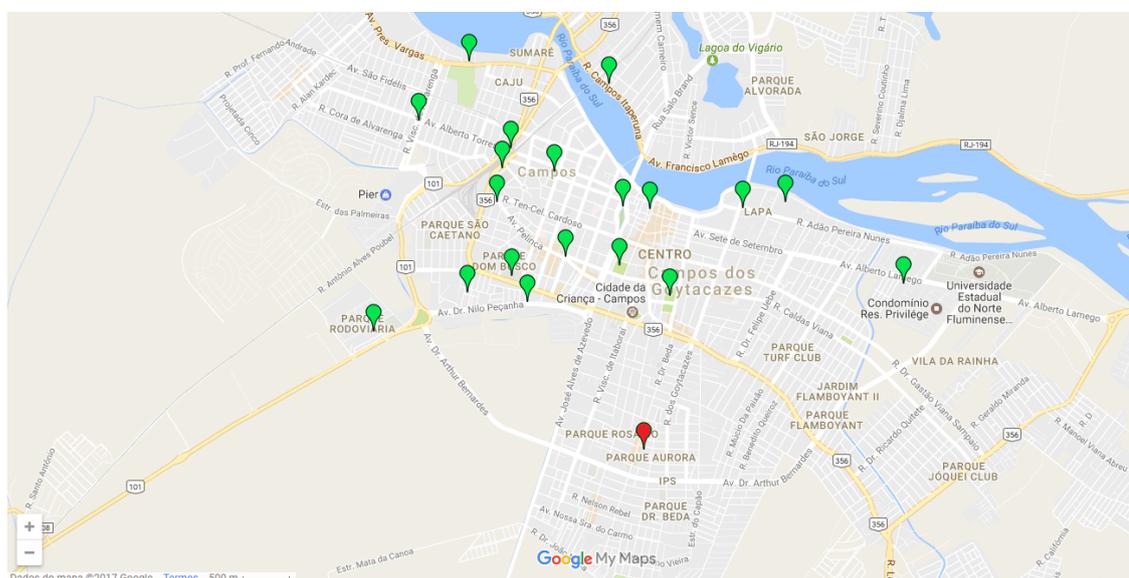
Os critérios, proximidade aos pontos de internet público existentes (C1), número de habitantes a ser atendido (C2), perfil social da população (C3) e proximidade a centros de aglomeração populacional (C4), podem ser representados espacialmente. A distância para os serviços existentes pode ser vista na literatura nos trabalhos para seleção de locais para instalação de um novo hospital (VAHIDNIA, ALESHEIKH & ALIMOHAMMADI, 2009; ELDEMIR & ONDEN, 2016). O número de habitantes a ser atendido varia da maximização a minimização, conforme o objeto da pesquisa (LI et al., 2017; VASILEIOU, LOUKOGEORGAKI & VAGIONA, 2017). Alguns outros trabalhos utilizam o perfil social da população como critérios socioeconômico (CHANDIO et al., 2011). Para instalação de alguns serviços avaliar a proximidade a centros de aglomeração populacional é importante no processo decisório (KÜHMAIER, KANZIAN & STAMPFER, 2014; CHABUK et al., 2017). A utilização de técnicas implementadas no SIG possibilitaria a criação de mapas temáticos para cada critério, os quais poderiam ser avaliados pelos especialistas, sinalizando se deve maximizar ou minimizar cada qual.

A proximidade dos bairros evidencia que o critério perfil social da população, na percepção do especialista interno, demonstrou não ser tão adequado ao processo aqui proposto. Tal critério poderia ser melhor aproveitado em estudos voltados para a seleção de um novo estudo de caso, não sendo foco deste estudo, porém a aplicação é viável para futuras pesquisas, conforme sugestão do

especialista interno. Tal observação evidencia a capacidade do SIG na utilização da técnica “*what if*”, possibilitando diversas modelagens para o mesmo problema.

A utilização de dados espaciais no processo decisório demonstra sua viabilidade e o estudo demonstrou um fluxo de trabalho eficiente na modelagem do problema a partir da premissa densidade demográfica. O resultado é operacional para atender ao problema aqui proposto e também útil para os gestores e planejadores que trabalham em governos locais (Mapa 10).

Mapa 10 - Localização das praças digitais em Campos dos Goytacazes (pontos em verde/cinza claro) e a localização da praça do IPS, decisão deste estudo (ponto em vermelho/cinza escuro).



Fonte: adaptado de CIDAC, 2017.

A sistemática adotada neste trabalho, a partir da integração dos métodos multicritérios e sistemas de informação geográfica na escolha do local público para receber o serviço de internet, possibilitou ao tomador de decisão *insights* e compreensão do processo decisório, proporcionando uma reflexão das decisões a partir das seguintes conclusões:

a) O software QGIS demonstrou ser um SIG adequado para as análises propostas, o *survey* mostrou sua efetividade na coleta dos dados e o AHP provou ser um método útil e importante na seleção otimizada de alternativas;

b) A utilização do critério densidade demográfica para escolha da área de

estudo de caso é amplamente utilizado na literatura e aplicável a proposta aqui apresentada. A utilização do SIG foi fundamental para seleção da área de estudo de caso e escolha das alternativas candidatas.

c) Os critérios fornecidos pelos especialistas para escolha da alternativa vencedora expressaram uma convergência com outros trabalhos da literatura. Portanto, conclui-se que a utilização do *survey* demonstrou incontestabilidade a partir de uma sistemática clara e efetiva de coleta dos dados;

d) A modelagem do problema a partir da integração dos métodos *survey*, SIG e AHP demonstrou sua efetividade na escolha do local. O entorno da praça do IPS é composto de ciclovias, pontos de ônibus, igrejas e comércio. O uso do centróide é uma alternativa para redução do tempo e custo de acesso ao serviço. A equidade fundamentada na uniformização das oportunidades, a partir da disponibilidade de um serviço espacialmente justo, reduzindo as desigualdades no tempo e custo de acesso ao serviço à população atendida.

Sugere-se para futuros trabalhos que a escolha da área de estudo de caso não se limite a um único critério. Uma outra abordagem é a utilização de mapas de critérios para auxiliar o tomador de decisão no julgamento de valor durante a comparação par a par dos critérios e alternativas. Um ponto de abordagem também sugerido é a aplicabilidade de métodos para criação do mapa de adequação ou prioritários, a partir de mapas de critérios e mapas de restrições, aplicando diversas técnicas como Fuzzy, Booleana, AHP, WLC, OWA, dentre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, S.; MAHMUD, A. R. BIN; PRADHAN, B. Spatial modelling of site suitability assessment for hospitals using geographical information system-based multicriteria approach at Qazvin city, Iran. **Geocarto International**, v. 29, n. 2, p. 164–184, abr. 2014.

ALMEIDA, A. T. de. **Processo de Decisão Nas Organizações - Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2013.

ARONOFF, S. Geographic information systems: A management perspective. **Geocarto International**, v. 4, n. 4, p. 58–58, dez. 1989.

AYDI, A.; ZAIRI, M.; DHIA, H. B. Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment. **Environmental Earth Sciences**, v. 68, n. 5, p. 1375–1389, mar. 2013.

BAKICI, T.; ALMIRALL, E.; WAREHAM, J. A Smart City Initiative: the Case of Barcelona. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 4, n. 2, p. 135–148, jun. 2013.

BANAI, R. Fuzziness in Geographical Information Systems: contributions from the analytic hierarchy process. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 7, n. 4, p. 315–329, 1 jul. 1993.

BARCELOS, F. B.; PIZZOLATO, N. D.; LORENA, L. A. N. Localização de escolas do ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória/ES. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, abr. 2004.

BARROS, M. D. de et al. Mapping of the Scientific Production on the ITIL Application Published in the National and International Literature. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 102–111, 1 jan. 2015.

BARZEHKAR, M.; DINAN, N. M.; SALEMI, A. Environmental capability evaluation for nuclear power plant site selection: a case study of Sahar Khiz Region in Gilan Province, Iran. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 12, jun. 2016.

BATTY, M. et al. Smart cities of the future. **The European Physical Journal Special Topics**, v. 214, n. 1, p. 481–518, nov. 2012.

BOROUSHAKI, S.; MALCZEWSKI, J. Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. **Computers & Geosciences**, v. 34, n. 4, p. 399–410, abr. 2008.

BOURKE, P. **Calculating the area and centroid of a polygon**. Philadelphia: **University of Pennsylvania, 1998**. Disponível em: <http://www.seas.upenn.edu/~sys502/extra_materials/Polygon%20Area%20and%20Centroid.pdf, <http://paulbourke.net/geometry/polygonmesh/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Minha Cidade Inteligente**. Disponível em: <<http://www2.mcti.gov.br/index.php/2016-11-29-22-24-23/cidade-inteligente>>. Acesso em: 5 out. 2016.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. **Geocarto International**, v. 1, n. 3, p. 54–54, 1 jan. 1986.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. São José dos Campos, SP: INPE, 1995. Tese de Doutorado em Computação Aplicada.

CÂMARA, G. et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. 10. ed. Campinas, UNICAMP: Escola de Computação, 1996.

CÂMARA, G. et al. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 1-26. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em 20 mai. 2017.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M. A. et al. (Eds.). **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 1-44. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap1.pdf>>. Acesso em 18 mai. 2017.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. p. 1-5. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos da Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. p. 1-35. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

CAMPAGNA, M. et al. The Role of Social Media Geographic Information (SMGI) in Spatial Planning. In: GEERTMAN, S. et al. (Eds.). **Planning Support Systems and Smart Cities**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 41–60.

CARAGLIU, A.; BO, C. D.; NIJKAMP, P. Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

CHABUK, A. J. et al. GIS-based assessment of combined AHP and SAW methods for selecting suitable sites for landfill in Al-Musayiab Qadhaa, Babylon, Iraq. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 5, mar. 2017.

CHANDIO, I. A. et al. GIS- based Land Suitability Analysis Using AHP for Public Parks Planning in Larkana City. **Modern Applied Science**, v. 5, n. 4, 3 ago. 2011.

CHAUDHARY, P. et al. Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 53, p. 60–71, mar. 2016.

CHING, T. Y. **Smart cities: concepts, perceptions and lessons for planners**. 2013. Thesis - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 2013. Disponível em: <<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/81146>>. Acesso em 23 fev. 2017.

COSTA, H. G. **IPÊ 1.0**: guia do usuário. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 2004. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/11571375-lpe-1-0-guia-do->

usuario-helder-gomes-costa-universidade-federal-fluminense-departamento-de-engenharia-de-producao-hgc-vm-uff-br.html>. Acesso em: 15 mar. 2016.

COSTA, H. G. **Auxílio Multicritério à Decisão**: método AHP. Rio de Janeiro: Abepro, 2006.

COSTA, H. G. Modelo de webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Revista FAE**, v. 13, n. 1, p. 115–126, jun. 2010.

COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences?. **Photogramm. Eng. Remote Sens.**, v. 54, n. 11, p. 1551–1555, 1988.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para Geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. p. 1-32. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap6-cartografia.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

DONEVSKA, K. R. et al. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. **Environmental Earth Sciences**, v. 67, n. 1, p. 121–131, set. 2012.

ELDEMIR, F.; ONDEN, I. Geographical Information Systems and Multicriteria Decisions Integration Approach for Hospital Location Selection. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 15, n. 05, p. 975–997, Maio 2016.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Shapefiles**. Disponível em: <<http://doc.arcgis.com/pt-br/arcgis-online/reference/shapefiles.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

FRAILE, A. et al. Decision model for siting transport and logistic facilities in urban environments: A methodological approach. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 291, p. 478–487, jan. 2016.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **TOMADA DE DECISÃO GERENCIAL**: Enfoque Multicritério. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GRUEN, A. SMART Cities: The need for spatial intelligence. **Geo-spatial Information Science**, v. 16, n. 1, p. 3–6, 1 mar. 2013.

HABIBI, K.; LOTFI, S.; KOOHSARI, M. J. Spatial Analysis of Urban Fire Station Locations by Integrating AHP Model and IO Logic Using GIS (A Case Study of Zone 6 of Tehran). **Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 19, p. 3302–3315, 1 dez. 2008

HIGGS, G. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation. **Waste Management & Research**, v. 24, n. 2, p. 105–117, 4 jan. 2006.

HOLLANDS, R. G. Will the real smart city please stand up? **City**, v. 12, n. 3, p. 303–320, Dezembro 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha Municipal 2015**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Leia-me_Malha_2015_final.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Projeto Mudança do Referencial Geodésico – PMRG. 2005**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/leg.shtm>>. Acesso em: 8 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha de Setores Censitários 2010 – Divisões Intramunicipais. 2010**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais/censo_2010/setores_censitarios_shp/rj>. Acesso em: 4 abr. 2017a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Resultados do Universo – Agregados por Setores Censitários. 2010**. Disponível em: <http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/RJ_20150527.zip>. Acesso em: 4 abr. 2017b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Canal Cidades@. 2010**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3301009>>. Acesso em: 12 jun. 2015c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Notas Metodológicas. 2010**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/apps/snig/v1/notas_metodologicas.html>. Acesso em: 5 abr. 2017d.

JANSSEN, R.; RIETVELD, P. (1990) Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the netherlands. In: SCHOLTEN H.J., STILLWELL J.C.H. (eds) **Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning**. Kluwer Academic Publishers, 1990. p. 129–139, 1990.

JELOKHANI-NIARAKI, M.; MALCZEWSKI, J. A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. **Land Use Policy**, v. 42, p. 492–508, jan. 2015.

JENKS, G. F. GENERALIZATION IN STATISTICAL MAPPING. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 53, n. 1, p. 15–26, mar. 1963.

JOERIN, F.; THÉRIAULT, M.; MUSY, A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 15, n. 2, p. 153–174, 1 mar. 2001.

KÜHMAIER, M.; KANZIAN, C.; STAMPFER, K. Identification of potential energy wood terminal locations using a spatial multicriteria decision analysis. **Biomass and Bioenergy**, v. 66, p. 337–347, jul. 2014.

LAARIBI, A.; CHEVALLIER, J. J.; MARTEL, J. M. A spatial decision aid: A multicriterion evaluation approach. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 20, n. 6, p. 351–366, 1 nov. 1996.

LI, W. et al. Siting of Carsharing Stations Based on Spatial Multi-Criteria Evaluation: A Case Study of Shanghai EVCARD. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 152, 20 jan. 2017.

MAHIZHNAN, A. Smart cities: The Singapore case. **Cities**, v. 16, n. 1, p. 13–18, fev. 1999.

MALCZEWSKI, J. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. **Transactions in GIS**, v. 4, n. 1, p. 5–22, jan. 2000.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703–726, Agosto 2006.

MEDEIROS, J. S. DE. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território**. São Paulo, 1999. Tese de Doutorado em Geografia Física, Universidade de São Paulo, 1999.

MITROPOULOS, P. et al. A biobjective model for the locational planning of hospitals and health centers. **Health Care Management Science**, v. 9, n. 2, p. 171–179, maio 2006.

NEIROTTI, P. et al. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities**, v. 38, p. 25–36, jun. 2014.

NIARAKI, A. S.; KIM, K. Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2, p. 2250–2259, mar. 2009.

NÚCLEO de Informação e Coordenação do Ponto (Ed.). **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2015**. São Paulo: CGI, 2016. Disponível em: <http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_Dom_2015_LIVRO_ELETRONICO.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017.

ODENDAAL, N. Information and communication technology and local governance: understanding the difference between cities in developed and emerging economies. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, n. 6, p. 585–607, nov. 2003.

OHTA, K. et al. Analysis of the geographical accessibility of neurosurgical emergency hospitals in Sapporo city using GIS and AHP. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 6, p. 687–698, jul. 2007.

ONDEN, I.; ELDEMIR, F. GIS and f-AHP Integration for Locating a New Textile Manufacturing Facility. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, v. 23, n. 5(113), p. 18–22, 31 ago. 2015.

O'ROURKE, J. **Computational Geometry in C**. 2. ed. Nova York: Cambridge University Press, 1998.

PEREIRA, A. G.; MUNDA, G.; PARUCCINI, M. Generating alternatives for siting retail and service facilities using genetic algorithms and multiple criteria decision techniques. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 1, n. 1, p. 40–47, 1 jul. 1994.

PHUA, M. H.; MINOWA, M. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, n. 2–4, p. 207–222, mar. 2005.

PIZZOLATO, N. D. et al. Localização de escolas públicas: síntese de algumas linhas de experiências no Brasil. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 1, abr. 2004.

QGIS. **Sistemas de Referencia das Coordenadas**. Disponível em: <https://docs.qgis.org/2.2/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html>. Acesso em: 11 jun. 2017a.

QGIS. **Documentação do QGIS2.8**. Disponível em: <https://docs.qgis.org/2.8/pt_BR/docs/training_manual/introduction/intro.html>. Acesso em: 24 abr. 2017b.

RAMOS, C. DA S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática= Methodological study of classification of data for thematic cartography. **Geografia, Rio Claro**, v. 25, n. 2, p. 23–52, ago 2000.

ROCHE, S. Geographic Information Science I Why does a smart city need to be spatially enabled? **Progress in Human Geography**, v. 38, n. 5, p. 703–711, 1 out. 2014.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, jun. 1977.

SAATY, T. L. Modeling unstructured decision problems — the theory of analytical hierarchies. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 20, n. 3, p. 147–158, set. 1978.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SALOMON, V. A. P. Analytic Hierarchy Process. In: MARINS, F. A. S. et al. (Eds.). **Métodos de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios: Aplicações na indústria aeroespacial**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2010. p. 21–39.

SATO, Y. Questionnaire design for survey research: employing weighting method. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS, 8, 2005, Honolulu, Hawaii.

SCHOLTEN, H. J.; STILLWELL, J. C. H. Geographical information systems: the emerging requirements. In: SCHOLTEN, H. J.; STILLWELL, J. C. H. (Eds.). **Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990. p. 3–14.

SILVA, G. B. DA; COSTA, H. G. Mapping a core starting of references in Data Mining from journals published in Brazil. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 1, p. 107–118, mar. 2015.

SIMPSON, L.; DAWS, L.; PINI, B. Public internet access revisited. **Telecommunications Policy**, v. 28, n. 3–4, p. 323–337, abr. 2004.

SMITH, T. et al. KBGIS-II A knowledge-based geographical information system. **International journal of geographical information systems**, v. 1, n. 2, p. 149–172, jan. 1987.

SORJ, B.; GUEDES, L. E. Exclusão digital: problemas conceituais, evidências empíricas e políticas públicas. **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 72, p. 101–117, jul. 2005.

VAHIDNIA, M. H.; ALESHEIKH, A. A.; ALIMOHAMMADI, A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 10, p. 3048–3056, jul. 2009.

VANOLO, A. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. **Urban Studies**, v. 51, n. 5, p. 883–898, 1 abr. 2014.

VASILEIOU, M.; LOUKOGEORGAKI, E.; VAGIONA, D. G. GIS-based multi-criteria decision analysis for site selection of hybrid offshore wind and wave energy systems

in Greece. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 745–757, jun. 2017.

VIEIRA, A. J. B. et al. **Apostila de Cartografia**. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~aberutti/recursos_didaticos/textos/cartografia_apostila.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2017.

XAVIER-DA-SILVA, J. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA-RJ**, n. 79, p. 42–44, 2009.

XAVIER-DA-SILVA, J. GEOPROCESSAMENTO NO APOIO À DECISÃO. **Revista Continentes**, v. 1, n. 9, p. 105–115, 13 jul. 2016.

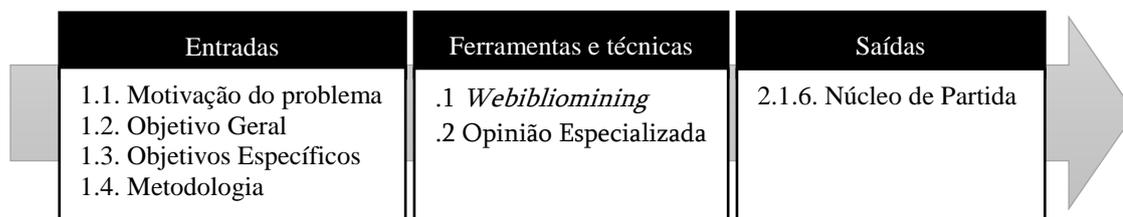
XAVIER-DA-SILVA, J.; GOES, M. H. DE B.; MARINO, T. B. GEOINCLUSÃO: UM CAMINHO DO DADO À INFORMAÇÃO. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 1, n. 1, 2011.

YAMAMOTO, K. Development and Operation of Social Media GIS for Disaster Risk Management in Japan. In: GEERTMAN, S. et al. (Eds.). **Planning Support Systems and Smart Cities**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 21–39.

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO

Este capítulo mapeia um conjunto de documentos como núcleo de partida da referência bibliográfica a partir do *Webibliomining*. Demonstra-se o processo de coleta, tratamento e seleção do núcleo de partida. Apresenta-se os tópicos relevantes para o entendimento do arcabouço da pesquisa. O processo de levantamento bibliométrico é apresentada na Figura 19.

Figura 19 - Desenvolver o levantamento bibliométrico: entradas, ferramentas e técnicas, e saídas.



Fonte: Adaptado pelo Autor de PMI/PMBOK®.

1 WEBIBLIOMINING

O processo de descoberta do conhecimento torna-se muitas vezes árduo diante tantas publicações disponíveis nas bases científicas. O modelo *Webibliomining* objetiva auxiliar na seleção de um núcleo de partida de publicações para pesquisa bibliográfica (COSTA, 2010). O modelo ainda não é tão difundido, contudo, sua escolha fundamenta-se na sua aplicabilidade (BARROS et al., 2015; SILVA & COSTA, 2015). Segundo Costa (2010) este modelo inclui-se na interseção entre a Bibliometria, *Bibliomining* e Webmetria.

O processo de seleção de um núcleo de partida divide-se nas seguintes etapas:

- Definição da amostra da pesquisa;
- Pesquisa na amostra, com as palavras-chave;
- Identificação dos periódicos com maior número de publicações sobre o tema;
- Identificação dos autores com maior número de publicações;
- Levantamento da cronologia da produção, identificando “ciclos de maior produção”;
- Seleção das publicações para a composição do “núcleo de partida” para a pesquisa bibliográfica, que considerará:
 - As publicações mais relevantes;
 - Identificação dos primeiros autores e escreverem sobre o tema;
 - Identificação dos últimos autores a escreverem sobre o tema;
 - Identificação dos textos mais relevantes em cada “ciclo de maior produção”.

As etapas aqui descritas são aplicadas durante a busca por um referencial de partida para a pesquisa em questão, conforme seções seguintes.

1.1 Definição da amostra

A amostra definida corresponde as publicações indexados na base de dados Scopus e Web of Science, com acesso pelo Portal de Periódicos CAPES em outubro de 2016. Na base Web of Science foram consideradas todas as bases de dados, inclusive a indexação à base SciELO. A escolha dessas bases levou-se em consideração a possibilidade de acesso via portal de periódico da CAPES e sua relevância para outras pesquisas (MALCZEWSKI, 2006; COSTA, 2010; BARROS *et al.*, 2015; SILVA & COSTA, 2015). Outro fator é a representatividade e abrangência. São bases de dados de resumos e citações de artigos para jornais/revistas acadêmicos. Quanto ao recorte temporal, a pesquisa foi realizada em outubro de 2016, contemplando todos os anos disponíveis nas bases.

1.2 Pesquisa na amostra com palavras-chave

Na base de dados Scopus a pesquisa das palavras chaves ocorreu sobre título, palavras-chave e resumo. A pesquisa na base de dados Web of Science as palavras-chave foram pesquisadas no título, resumo, palavras-chave do autor e no *Keywords Plus*[®]. Em ambas as bases a pesquisa considerou todos os anos das bases. Na base de dados Web of Science[™] a pesquisa foi realizada em todas as bases de dados que engloba a principal coleção (1945 – presente), Derwent Innovations IndexSM (1963-presente), KCI - Base de dados de periódicos coreanos (1980-presente), Russian Science Citation Index (2005-presente) e SciELO Citation Index (1997-presente).

Após um levantamento das principais expressões utilizadas em outros estudos (MALCZEWSKI, 2006), optou-se inicialmente pela utilização das palavras-chave através de uma pesquisa booleana.

A primeira pesquisa utilizou-se a expressão *gis AND (multicriteria OR multiattribute OR multiobjective)*. Obteve-se 994 publicações na base Scopus e 960 publicações na base Web of Science[™]. Nesta etapa, a palavra-chave "geographic information system" foi inclusa, gerando a expressão *(gis OR "geographic information system") AND (multicriteria OR multiattribute OR multiobjective)*. Obteve-se 1021 publicações na base Scopus e 977 publicações na base Web of Science[™].

Posteriormente na pesquisa ocorreu a inclusão da palavra-chave *facilit** devido as palavras *facility* e *facilities*. Utilizou a expressão *(gis OR "geographic information system") AND facilit* AND (multicriteria OR multiattribute OR multiobjective)*. Nesta nova pesquisa a base Scopus apresentou 145 publicações e a base Web of Science[™] 138 publicações.

Diante do resultado, e complementando a pesquisa, buscou publicações com as palavras-chave *ahp* e "Analytic Hierarchy Process" que estão relacionadas ao objeto dessa dissertação. Na busca pela convergência das palavras-chave supracitadas, utilizou-se uma nova pesquisa booleana com a seguinte expressão: *(gis OR "geographic information system") AND (facilit*) AND (multicriteria OR multiattribute OR multiobjective OR ahp OR "Analytic Hierarchy Process")*. Como

resultado desta nova pesquisa, obteve-se 228 publicações na base Scopus e 209 publicações na base Web of Science™.

A partir dos resultados obtidos, o próximo passo canalizou-se as publicações no idioma inglês e português apresentadas por tipo de documento (Tabela 9).

Tabela 9 - Distribuição das publicações encontradas por tipo de documento nas bases

Tipo de documentos	Quantidade de publicações	Tipo de documentos	Quantidade de publicações
Article	158	Article	169
Conference Paper	41	Meeting	33
Review	6	Other	9
Conference Review	4	Review	9
Book Chapter	3	Patent	1
Article in Press	2	Book	1

Fonte: Scopus

Fonte: Web of Science

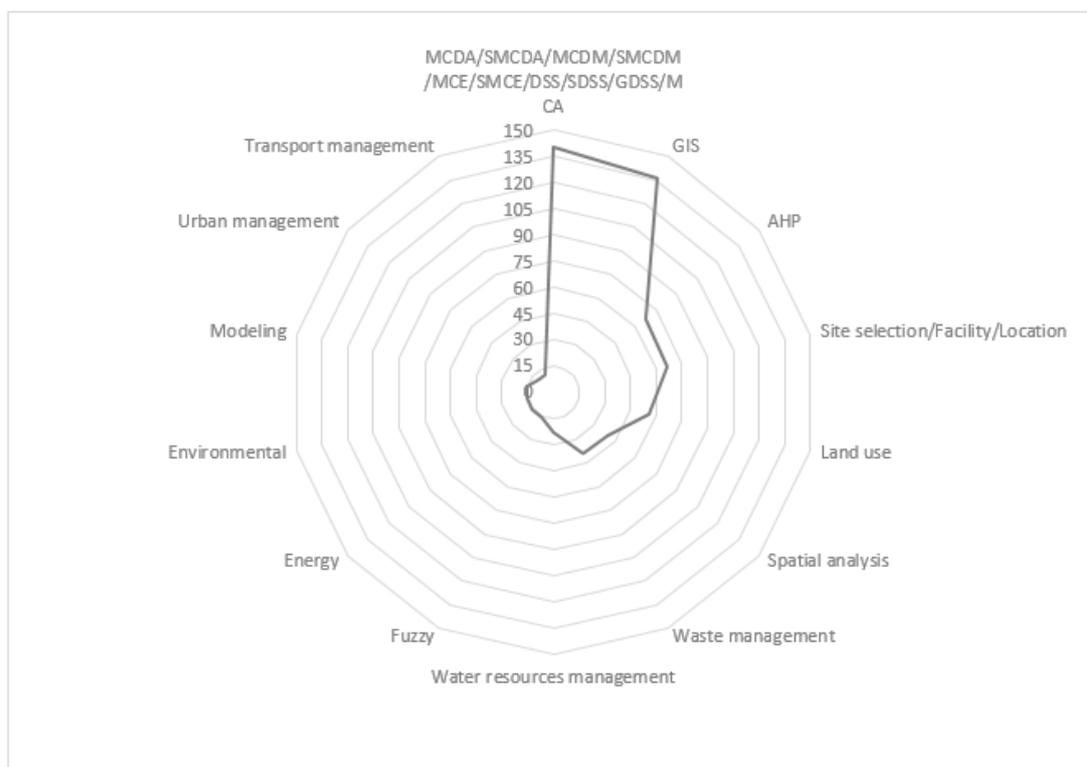
Diante dos resultados iniciais, optou-se por restringir a pesquisa a *Article*, *Article in Press* e *Review* na base de dados Scopus. Para a base de dados Web of Science™ a restrição foi por *Article* e *Review*. A aplicação das restrições nas bases de dados Scopus e Web of Science resultou, respectivamente, em 166 e 171 publicações.

A pesquisa precisou ser refinada para identificação das publicações duplicadas. Adotou-se a análise dos campos ano de publicação, periódico, título e autores, realizando assim um processo comparativo.

Após o refinamento da amostra, obteve-se 232 publicações. Diante dessas publicações, as palavras-chave foram coletadas, totalizando 1119, processadas e classificadas. A classificação considerou as palavras-chave utilizadas nas expressões da pesquisa e uma aglutinação dos termos correlacionados. Os termos *multiple-criteria decision analysis* (MCDA), *spatial multiple-criteria decision analysis* (SMCDA), *multi-criteria decision making* (MCDM), *spatial Multi-criteria decision making* (SMCDM), *multi-criteria evaluation* (MCE), *spatial multi-criteria evaluation* (SMCE), *Decision Support Systems* (DSS), *Spatial Decision Support Systems* (SDSS), *Geographical Decision Support Systems* (GDSS) e *Multiple-criteria analysis* (MCA), foram aglutinados por possuir o termo multi-criteri. Outro ponto importante é que a maioria dos artigos se relaciona a questões ambientais, uso da terra e

gerenciamento da água, portanto, demonstra assim a maior aplicação do GIS. Outras aglutinações chamam a atenção: AHP (67), *Site selection/Facility/Location* (66), *Spatial analysis* (40), *Fuzzy* (16), *Modeling* (15), *Urban management* (11) e *Transport management* (11), conforme Gráfico 4.

Gráfico 4 - Classificação das palavras-chave que mais aparecem.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1.3 Identificação dos periódicos

As 232 publicações estão divididas em 144 periódicos indexados as bases de dados. A Tabela 10 apresenta os periódicos com maior quantidade de publicações, até 2 publicações. Esses periódicos representam 55,6% das publicações. Uma análise mais aprofundada criou a Tabela 11 com a classificação dos periódicos avaliados na área de Engenharia III e sua classificação na *WebQualis* até 2 publicações.

Tabela 10 - Distribuição da quantidade de publicação por periódico.

Título dos periódicos	Publicações
Environment and Planning B: Planning and Design	8
International Journal of Geographical Information Science	7
Environmental Management	6
Land Use Policy	6
Landscape and Urban Planning	6
Computers and Electronics in Agriculture	5
Environmental Earth Sciences	5
Journal of Environmental Management	5
Waste Management and Research	5
Waste Management	5
Applied Geography	4
Applied Energy	3
Geocarto International	3
Journal of Geographical Systems	3
Journal of the Air & Waste Management Association	3
Journal of Urban Planning and Development	3
KSCE Journal of Civil Engineering	3
Natural Hazards	3
Arabian Journal of Geosciences	2
Biomass and Bioenergy	2
Cities	2
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	2
Computers, Environment and Urban Systems	2
Decision Support Systems	2
Desalination	2
Ecological Modelling	2
Energy (OXFORD)	2
Environmental Modelling and Software	2
Environmental Monitoring and Assessment	2
European Journal of Operational Research	2
Expert Systems With Applications	2
Fresenius Environmental Bulletin	2
International Journal of Sustainable Engineering	2
Journal of Applied Sciences	2
Journal of Cleaner Production	2
Journal of Industrial Ecology	2
Journal of Transport Geography	2
Modern Applied Science	2
Renewable and Sustainable Energy Reviews	2
Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology	2
Socio-Economic Planning Sciences	2
Water Resources Management	2

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Tabela 11 - Distribuição dos periódicos avaliados na área Engenharia III.

Título dos periódicos	Publicações	WebQualis
International Journal of Geographical Information Science	7	B1
Computers and Electronics in Agriculture	5	A2
Waste Management and Research	5	B1
Waste Management	5	A2
Applied Energy	3	A1
Journal of the Air & Waste Management Association	3	B1
Biomass and Bioenergy	2	A1
Desalination	2	A1
Ecological Modelling	2	B1
Energy (OXFORD)	2	A1
Expert Systems With Applications	2	A2
Journal of Cleaner Production	2	A1
Water Resources Management	2	A1

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

O mapeamento da quantidade de publicações por periódicos (Tabela 10), permiti através da classificação do tipo PARETO mapear os periódicos merecedores de maior atenção (Tabela 12).

Tabela 12 - Distribuição de periódicos conforme classificação ABC.

(continua)

Classe A
Environment and Planning B: Planning and Design
International Journal of Geographical Information Science
Environmental Management
Land Use Policy
Classe B
Landscape and Urban Planning
Computers and Electronics in Agriculture
Environmental Earth Sciences
Journal of Environmental Management
Waste Management and Research
Waste Management
Applied Geography
Applied Energy
Geocarto International
Classe C
Journal of Geographical Systems
Journal of the Air & Waste Management Association

Tabela 12. Distribuição de periódicos conforme classificação ABC.

(conclusão)

Classe C
Journal of Urban Planning and Development
KSCE Journal of Civil Engineering
Natural Hazards
Arabian Journal of Geosciences
Biomass and Bioenergy
Cities
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering
Computers, Environment and Urban Systems
Decision Support Systems
Desalination
Ecological Modelling
Energy (OXFORD)
Environmental Modelling and Software
Environmental Monitoring and Assessment
European Journal of Operational Research
Expert Systems With Applications
Fresenius Environmental Bulletin
International Journal of Sustainable Engineering
Journal of Applied Sciences
Journal of Cleaner Production
Journal of Industrial Ecology
Journal of Transport Geography
Modern Applied Science
Renewable and Sustainable Energy Reviews
Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology
Socio-Economic Planning Sciences
Water Resources Management

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1.4 Identificação dos autores

Nesta parte da revisão bibliográfica, buscar-se-á mapear os autores que mais se destacam. Para isso, não se fez distinção entre autoria e coautoria. Diante do exposto, na pesquisa identificou-se 674 autores. A Tabela 13 apresenta os autores que possuem até duas publicações, totalizando 49 autores.

Tabela 13 - Autores identificados, quantidade de publicações e periódicos.

(continua)

Autor	Qtd	(Qtd)/Periódicos
Malczewski, J.	5	(1) Land Use Policy (1) Cities (1) Journal of Geographical Systems (1) Computers and Geosciences (1) Socio-Economic Planning Sciences
Alçada-Almeida, L.	4	(1) Geographical Analysis (1) Waste Management
Coutinho-Rodrigues, J.		(1) Socio-Economic Planning Sciences (1) Journal of Transport Geography
Alesheikh, Ali Asghar	3	(1) Environmental Engineering and Management Journal (1) Journal of Environmental Management (1) American Journal of Applied Sciences
Korucu, M. Kemal Karademir, Aykan	3	(1) Waste Management & Research (2) Journal of The Air & Waste Management Association
Lawal, D.U.	3	(2) Modern Applied Science
Matori, Abd Nasir B		(1) Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology
Onden, I.	3	(1) International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice (1) International Journal of Information Technology and Decision Making (1) Fibres and Textiles in Eastern Europe
Taleai, M.	3	(1) Journal of Spatial Science (1) Cities (1) Journal of Geographical Systems
Tralhão, L.	3	(1) Geographical Analysis (1) Waste Management (1) Journal of Transport Geography
Li, Xia	3	(1) Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (1) International Journal of Geographical Information Science (1) Environment and Planning B: Planning and Design
Abdullahi, Saleh Pradhan, Biswajeet	2	(2) Geocarto International
Ahamad, Mohd S. S.	2	(1) Waste Management and Research (1) Journal of Civil Engineering and Management
Alimoahmmadi, A.	2	(1) International Transactions in Operational Research (1) Journal of Environmental Management
Alvarado, A.	2	(1) Water Resources Management (1) Computers and Electronics in Agriculture

Tabela 13 - Autores identificados, quantidade de publicações e periódicos.

(continuação)

Autor	Qtd	(Qtd)/Periódicos
Banai, R.	2	(1) Environmental Management (1) International Journal of Geographical Information Systems
Bastin, L.	2	(1) Computers, Environment and Urban Systems
Longden, D.M.		(1) Energy Policy
Bojesen, M.	2	(1) Land Use Policy (1) Applied Energy
Chakhar, Salem Mousseau, Vincent	2	(1) Environment and Planning B: Planning and Design (1) International Journal of Geographical Information Science
Chandio, I.A.	2	(1) Modern Applied Science (1) Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology
Chang, Ni-Bin	2	(1) Journal of Environmental Management (1) Environmental Management
Chen, J.	2	(1) Cold Regions Science and Technology (1) Environment and Planning B: Planning and Design
Chen, Yimin	2	(1) International Journal of Geographical Information Science (1) Environmental Modelling and Software
Choi, Yeol	2	(2) KSCE Journal of Civil Engineering
Oh, Seung Hwoon		
Kim, Hwan Yong		
Kim, Hyun		
Delali, A.	2	(1) Arabian Journal of Geosciences
Mendas, A.		(1) Computers and Electronics in Agriculture
Eldemir, F.	2	(1) International Journal of Information Technology and Decision Making (1) Fibres and Textiles in Eastern Europe
Sánchez-Lozano, J.M.	2	(1) Journal of Cleaner Production
Lamata, M.T.		(1) Energy
García-Cascales, M.S.		
Gorsevski, P.V.	2	(1) Environmental Monitoring and Assessment (1) Waste Management
Higgs, G.	2	(1) Land Use Policy (1) Waste Management and Research

Tabela 13 - Autores identificados, quantidade de publicações e periódicos.

(conclusão)

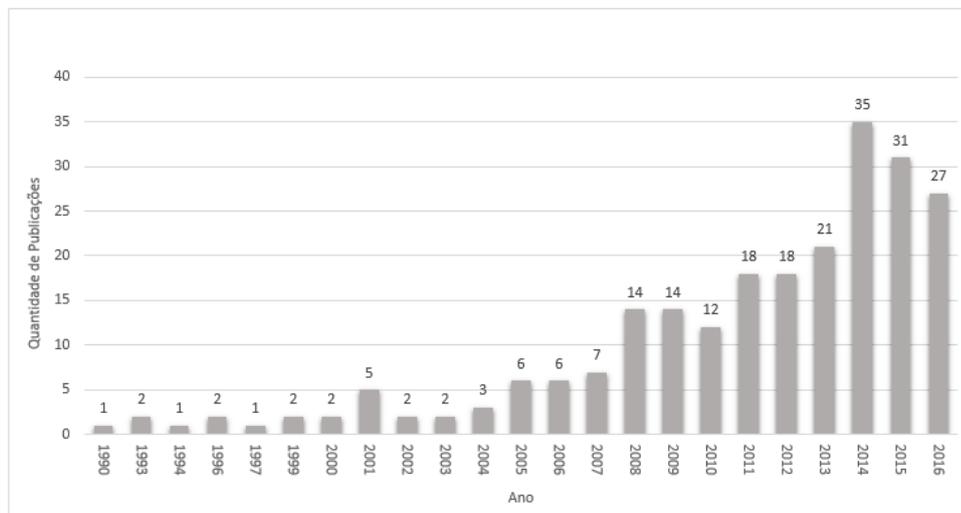
Autor	Qtd	(Qtd)/Periódicos
Jelokhani-Niaraki, M.	2	(1) Cities (1) Land Use Policy
Joerin, F.	2	(1) International Journal of Geographical Information Science (1) Journal of Hydroinformatics
Mansourian, A.	2	(1) Journal of Spatial Science (1) Journal of Geographical Systems
Pomarico, S.	2	(1) Land Use Policy (1) Ecological Indicators
Riazi, Borhan	2	(1) Environmental Engineering and Management Journal (1) Boletim de Ciencias Geodesicas
Santos-Peñate, D.R.	2	(1) International Journal of Geographical Information Science
Suárez-Vega, R.		(1) Applied Geography
Sharifi, A.M.	2	(1) Journal of Geographical Systems (1) Journal of Environmental Management
Liu, X.	2	(1) Environmental Monitoring and Assessment (1) International Journal of Geographical Information Science
Wu, J.	2	(1) Computers and Electronics in Agriculture (1) Cold Regions Science and Technology

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1.5 Levantamento cronológico e ciclos de produção

A partir de uma distribuição cronológica das publicações indexadas nas bases, é possível demonstrar a evolução da produção científica proposta na pesquisa. No Gráfico 5 observa-se que no ano de 1990 ocorreu a primeira publicação e que a partir do ano de 2008 ocorreu um aumento considerável nas publicações, atingido o pico em 2014. É observado alguns ciclos de publicação nos seguintes intervalos:

- 1997 – 2001
- 2002 – 2004
- 2005 – 2007
- 2008 – 2010
- 2011 – 2013
- 2014 - 2016

Gráfico 5 - Distribuição das publicações por ano.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

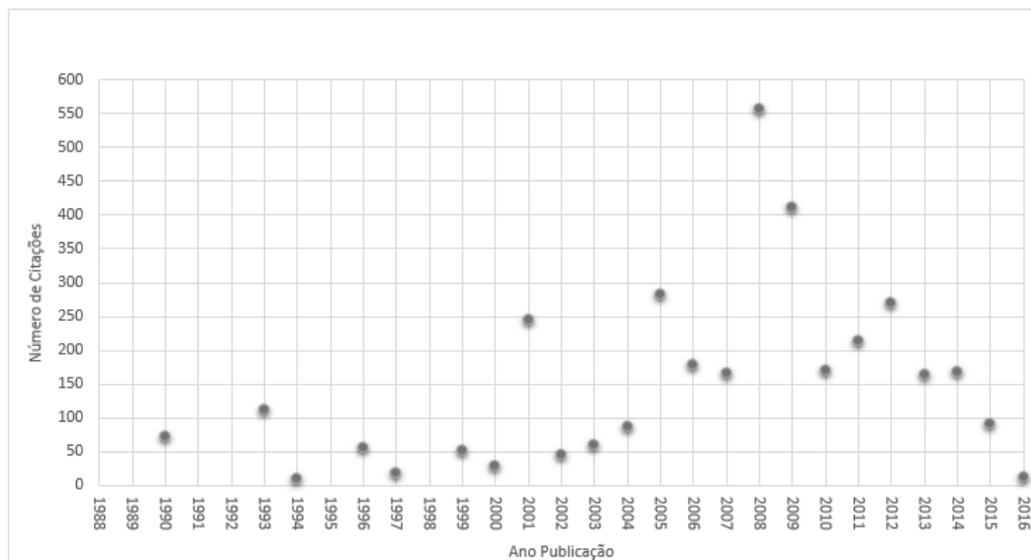
No Gráfico 6 é apresentado a dispersão por ano da quantidade de citações. Busca através deste gráfico sinalizar as publicações por ano que possuem uma maior relevância. Os anos de 2001, 2005, 2008, 2009 e 2012, representam os anos com maior número de citações. As publicações do ano de 2008, demonstram uma maior relevância, pois possuem o maior número de citações.

A publicação de Joerin *et al.* (2001) representa 68,2% das citações em 2001. No ano de 2005 as publicações que se destacaram foram de Phua & Minowa (2005) com 33,6% e Malczewski & Rinner (2005) com 23,7 das citações de 2005. Para o ano de 2008 as publicações que representam 52,2% das citações são de: Boroushaki & Malczewski (2008), Geneletti & van Duren (2008) e LaRue e Nielsen (2008). Em 2009 as publicações de Vahidnia *et al.* (2009) e Niaraki e Kim (2009) representam 51,8 % das citações. Finalizando, o ano de 2012 as publicações de Gorsevski *et al.* (2012) e Mendas e Delali (2012) representam 43,1% das citações.

Na busca de demonstrar a dispersão a partir de uma nova perspectiva, o Gráfico 7 proposto demonstra razão da soma das citações pela quantidade das publicações por ano. O ano de 1990 possui a média das publicações de maior relevância, seguido por 1993, 2001, 2005 e 2008. Na comparação com o Gráfico 6, os anos de 2001, 2005 e 2008 se repetem. A publicação mais citada de foi de Joerin *et al.* (2001), seguida a publicação de Boroushaki e Malczewski (2008). Na terceira

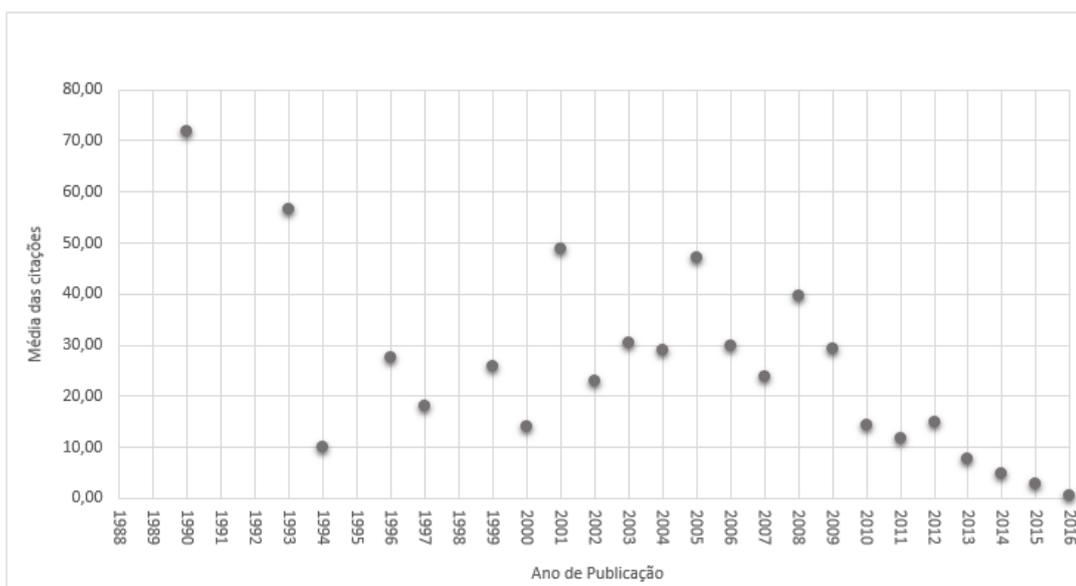
posição, a publicação de Vahidnia *et al.* (2009) e na quinta posição a publicação de Niaraki e Kim (2009). A quarta posição é ocupada pelo artigo de Banai (1993).

Gráfico 6 - Quantidade de citações por ano.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Gráfico 7 - Razão da soma das citações pela soma das publicações por ano.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1.6 Composição do núcleo de partida

Para composição do núcleo de partida a partir do método *Webibliomining* proposto por Costa (2010), algumas regras para seleção inicial das publicações são aplicadas com ajustes nos percentuais e na medição da relevância, tendo-se:

- Seleção das cinco publicações mais antigas e relevantes, de diferentes autores, que represente cerca de 2,2% da amostra. Esta regra objetiva identificar possíveis diferenças nas linhas de pensamento nas discussões iniciais. O resultado da aplicação desta regra obteve-se as seguintes publicações: Janssen & Rietveld (1990), Banai (1993), Xiang (1993), Pereira, Munda & Paruccini (1994) e Laaribi, Chevallier & Martel (1996).
- Seleção de quinze publicações mais recentes e relevantes, de diferentes autores, representando cerca de 6,5% da amostra. Essa regra objetiva identificar possíveis diferenças nas linhas de pensamento nas discussões mais recentes. O resultado da aplicação desta regra obteve-se as seguintes publicações: Laschi *et al.* (2016), Cuirong *et al.* (2016), Sánchez-Lozano *et al.* (2016), Fraile *et al.* (2016), Mirhadi Fard *et al.* (2016), Panyuwa *et al.* (2016), Eldemir *et al.* (2016), Binta Samad *et al.* (2016), Ottomano Palmisano *et al.* (2016), Kim *et al.* (2016), Osman *et al.* (2016), Oswald Beiler *et al.* (2016), Ratick *et al.* (2016), Cradden *et al.* (2016) e Taheri *et al.* (2015).
- Seleção de quinze publicações, representando cerca de 6,5% da amostra, com maior grau de relevância. A ordenação pelo grau de relevância considerou-se o número de vezes que a publicação foi citada conforme informado na base de dados. As publicações já citadas nas regras anteriores foram desconsideradas. O resultado da aplicação desta regra obteve-se as seguintes publicações: Joerin *et al.* (2001), Boroushaki e Malczewski (2008), Vahidnia *et al.* (2009), Niaraki e Kim (2009), Phua e Minowa (2005), Gorsevski *et al.* (2012), Geneletti e Duren (2008), LaRue e Nielsen (2008), Malczewski e Rinner (2005), Higgs (2006), Wood e Dragicevic (2007), Zucca *et al.* (2008), Gilliams *et al.* (2005), Higgs *et al.* (2008), e Delgado e Sendra (2004).

- Seleção das publicações mais relevantes em cada ciclo mapeado na seção anterior. As publicações já citadas nas regras anteriores foram desconsideradas. A aplicação desta regra resultou:
 - 1997 – 2001: (4/10) - Li *et al.* (2001), Basnet *et al.* (2001), Chang e Wei (1999) e Kammeier (1999).
 - 2002 – 2004: (2/7) - Vaillancourt e Waaub (2002), e Chen *et al.* (2003)
 - 2005 – 2007: (4/19) - Mitropoulos *et al.* (2006), Ohta *et al.* (2007), Banai (2005) e Sikder *et al.* (2007)
 - 2008 – 2010: (5/40) - Alçada-Almeida *et al.* (2009), Rybarczyk e Wu (2010), Valente e Vettorazzi (2008), Chakhar e Mousseau (2008) e Chang *et al.* (2009)
 - 2011 – 2013 (4/57) - Zhang e Huang (2011), Uyan (2013), Mendas e Delali (2012) e Tavares *et al.* (2011).
 - 2014 – 2016: (7/93) - Shahabi *et al.* (2014), Garcia *et al.* (2014), Comino *et al.* (2014), Feo e Gisi (2014), Jelokhani e Malczewski (2015), Zhang *et al.* (2015) e Delivand *et al.* (2015).

Após consolidação dos resultados a partir das regras adotadas, obtém-se as publicações selecionadas para compor o núcleo de partida (Tabela 13).

Tabela 14 - Publicações do núcleo de partida para a pesquisa bibliográfica.

(continua)

Título	Autor (Ano)
Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the Netherlands	Janssen; Rietveld (1990)
Fuzziness in geographical information systems: Contributions from the analytic hierarchy process	Banai (1993)
A GIS MMP-Based coordination model and its application to distributed environmental-planning	Xiang (1993)
Generating alternatives for siting retail and service facilities using genetic algorithms and multiple criteria decision techniques	Pereira; Munda; Paruccini (1994)
A spatial decision aid: A multicriterion evaluation approach	Laaribi, Chevallier, Martel (1996)
A methodological approach exploiting modern techniques for forest road network planning	Laschi <i>et al.</i> (2016)
Campgrounds Suitability Evaluation Using GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis: A Case Study of Kuerdening, China	Cuirong <i>et al.</i> (2016)

Tabela 14 - Publicações do núcleo de partida para a pesquisa bibliográfica.

(continuação)

Título	Autor (Ano)
Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms. Case study in Spain	Sánchez-Lozano et al. (2016)
Decision model for siting transport and logistic facilities in urban environments: A methodological approach	Fraille et al. (2016)
Decision-making for sustainable location of a cement plant in the state of Florida	Mirhadi Fard et al. (2016)
Forecasting the case of traffic accidents through the geographic information system (GIS) application method with double exponential smoothing and analytical hierarchy process (AHP) in city of Jayapura-Papua	Panyuwa et al. (2016)
Geographical Information Systems and Multicriteria Decisions Integration Approach for Hospital Location Selection	Eldemir et al. (2016)
GIS based analysis for developing residential land suitability	Binta Samad et al. (2016)
Greenways for rural sustainable development: An integration between geographic information systems and group analytic hierarchy process	Ottomano Palmisano et al. (2016)
Planning for the suitable? Land use suitability and social and ecological factors for locating a new hazardous facility	Kim et al. (2016)
Quantifying the Driving Forces of Informal Urbanization in the Western Part of the Greater Cairo Metropolitan Region	Osman et al. (2016)
Prioritizing pedestrian corridors using walkability performance metrics and decision analysis	Oswald Beiler et al. (2016)
The Maximal Cover Location Model with Hedging: Siting Facilities under Uncertainty, a Lead Poisoning Screening Network for the Dominican Republic	Ratick et al (2016)
Multi-criteria site selection for offshore renewable energy platforms	Cradden et al (2016)
Sinkhole susceptibility mapping using the analytical hierarchy process (AHP) and magnitude-frequency relationships: A case study in Hamadan province, Iran	Taheri et al (2015)
Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment	Joerin et al. (2001)
Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS	Borouhaki e Malczewski (2008)
Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives	Vahidnia et al. (2009)
Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach	Niaraki e Kim (2009)
A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: A case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia	Phua e Minowa (2005)
Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average	Gorsevski et al. (2012)

Tabela 14 - Publicações do núcleo de partida para a pesquisa bibliográfica.

(continuação)

Título	Autor (Ano)
Protected area zoning for conservation and use: A combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation	Geneletti e Duren (2008)
Modelling potential dispersal corridors for cougars in midwestern North America using least-cost path methods	LaRue e Nielsen (2008)
Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: A case study of residential quality evaluation	Malczewski e Rinner (2005)
Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation	Higgs (2006)
GIS-based multicriteria evaluation and fuzzy sets to identify priority sites for marine protection	Wood e Dragicevic (2007)
Application of spatial multi-criteria analysis to site selection for a local park: A case study in the Bergamo Province, Italy	Zucca et al. (2008)
Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation	Gilliams et al. (2005)
Using IT approaches to promote public participation in renewable energy planning: Prospects and challenges	Higgs et al. (2008)
Sensitivity analysis in multicriteria spatial decision-making: A review	Delgado e Sendra (2004)
Zoning land for agricultural protection by the integration of remote sensing, GIS, and cellular automata	Li et al. (2001)
Selecting suitable sites for animal waste application using a raster GIS	Basnet et al. (2001)
Strategic planning of recycling drop-off stations and collection network by multiobjective programming	Chang e Wei (1999)
New tools for spatial analysis and planning as components of an incremental planning-support system	Kammeier (1999)
Environmental site evaluation of waste management facilities embedded into EUGÈNE model: A multicriteria approach	Vaillancourt e Waaub (2002)
Towards an integrated approach to natural hazards risk assessment using GIS: With reference to bushfires	Chen et al. (2003)
A biobjective model for the locational planning of hospitals and health centers	Mitropoulos et al. (2006)
Analysis of the geographical accessibility of neurosurgical emergency hospitals in Sapporo City using GIS and AHP	Ohta et al. (2007)
Land resource sustainability for urban development: Spatial decision support system prototype	Banai (2005)
Managing uncertainty in location services using rough set and evidence theory	Sikder et al. (2007)
A multiobjective approach to locate emergency shelters and identify evacuation routes in urban areas	Alçada-Almeida et al. (2009)
Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis	Rybarczyk e Wu (2010)

Tabela 14 - Publicações do núcleo de partida para a pesquisa bibliográfica.

(conclusão)

Título	Autor (Ano)
Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method	Valente e Vettorazzi (2008)
GIS-based multicriteria spatial modeling generic framework	Chakhar e Mousseau (2008)
Fair fund distribution for a municipal incinerator using GIS-based fuzzy analytic hierarchy process	Chang et al. (2009)
Assessment of non-point source pollution using a spatial multicriteria analysis approach	Zhang e Huang (2011)
GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region Konya/Turkey	Uyan (2013)
Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria	Mendas e Delali (2012)
Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste	Tavares et al. (2011)
Landslide susceptibility mapping at central Zab basin, Iran: A comparison between analytical hierarchy process, frequency ratio and logistic regression models	Shahabi et al. (2014)
Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic Hierarchy Process	Garcia et al. (2014)
Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis	Comino et al. (2014)
Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal	Feo e Gisi (2014)
A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study	Jelokhani e Malczewski (2015)
GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China	Zhang et al. (2015)
Optimal locations of bioenergy facilities, biomass spatial availability, logistics costs and GHG (greenhouse gas) emissions: A case study on electricity productions in South Italy	Delivand et al. (2015)

Fonte: elaborado pelo Autor.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO ESTUTURADO 1 APLICADO AO ESPECIALISTA I

CONTEXTUALIZAÇÃO

O estudo de caso proposto busca auxiliar o tomador de decisão na escolha do local apropriado para expansão do projeto praças digitais através da implantação de *hotspot* públicos de acesso à internet. Para isso, foi escolhida uma região da cidade de Campos dos Goytacazes que não foi contemplada pelo projeto, conforme sinalizada na Figura.

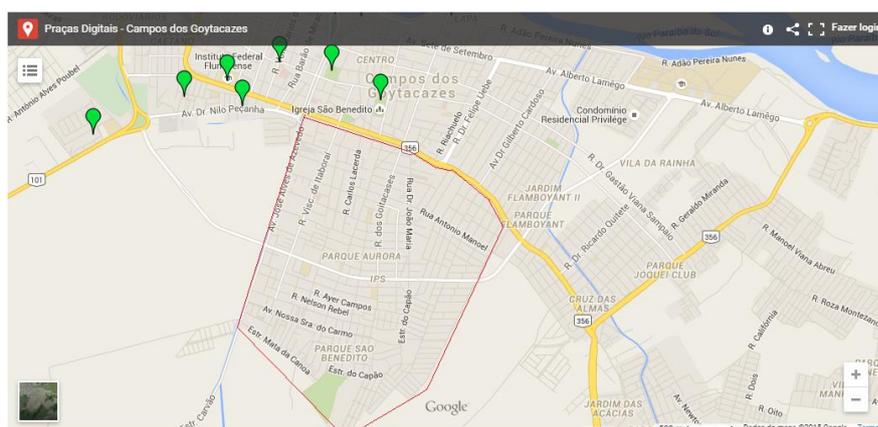


Figura - Localização das Praças Digitais próxima a região escolhida.

Fonte: <http://www.cidac.campos.rj.gov.br/pracadigital/mapa.php>

A infraestrutura tecnológica proposta pelo especialista externo realiza-se pela instalação de um kit setorial ponto multiponto, baseado em dispersão de sinal omnidirecional, composto de 03 (três) Access Points, e 3 (três) antenas direcionais,

com ângulo de abertura de 120°, fechando a cobertura total de 360°, com raio de alcance aproximado de 150m, e suporte a até 120 conexões concorrentes (clientes simultâneos), representado na figura 7. Destaca-se ainda, a necessidade de uso da frequência pública 2.4 GHz, compatível com os padrões IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11n, tornando possível o acesso à internet através qualquer dispositivo (celulares, notebooks, etc).

Análise de aderência dos critérios propostos.

1. Sinalize o grau de importância dos critérios sinalizados abaixo para o estudo de caso proposto. Graus de importância: (1) Baixa Importância, (2) Média Importância, (3) Importante, (4) Muito Importante e (NA) Não aplicável ao tema.

() Infraestrutura física.

() Segurança dos equipamentos.

() Número de habitantes a ser atendido.

() Segurança do público.

() Proximidade a centros de aglomeração populacional.

2. Diante do exposto nas questões 1, consolide abaixo os 6 critérios que considera mais importante.

Critério 1: _____

Critério 2: _____

Critério 3: _____

Critério 4: _____

Critério 5: _____

Critério 6: _____

Questionário

O questionário abaixo refere-se a uma análise dos critérios sinalizados na questão 2. Sinalize na reta abaixo, numa escala de 1 a 9, o critério que você considera mais importante na comparação para a parar para o processo decisório deste estudo de caso. Realize a comparação par a par dos critérios com foco no problema.

Intensidade de Importância	Definição
1	Mesma importância
3	Fraca importância de uma sobre a outra
5	Essencial ou forte importância
7	Importância demonstrada – muito forte
9	Absoluta importância
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos sucessivos

absoluto ← equivalente → absoluto

(C1) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C2)

(C1) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C3)

(C1) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C4)

(C1) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C5)

(C1) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C6)

(C2) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C3)

(C2) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C4)

(C2) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C5)

(C2) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C6)

(C3) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C4)

(C3) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C5)

(C3) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C6)

(C4) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C5)

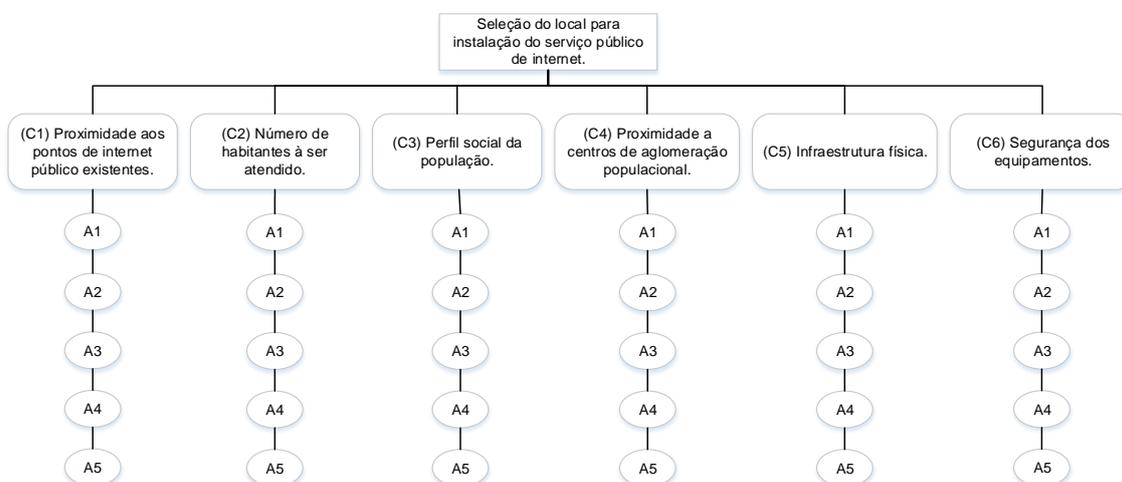
(C4) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C6)

(C5) | 9 7 5 3 1 3 5 7 9 | (C6)

ANEXO B – QUESTIONÁRIO ESTUTURADO 2 APLICADO AO ESPECIALISTA I

CONTEXTUALIZAÇÃO

Diante dos critérios escolhidos através do primeiro questionário, foi gerada a seguinte estrutura hierárquica.



Dando continuidade ao método, a próxima etapa buscará mapear os locais (alternativas) que atenda a um ou mais critérios de seleção. Para isso foram mapeados locais públicos possíveis de instalação do *hotspot*, conforme figura abaixo.

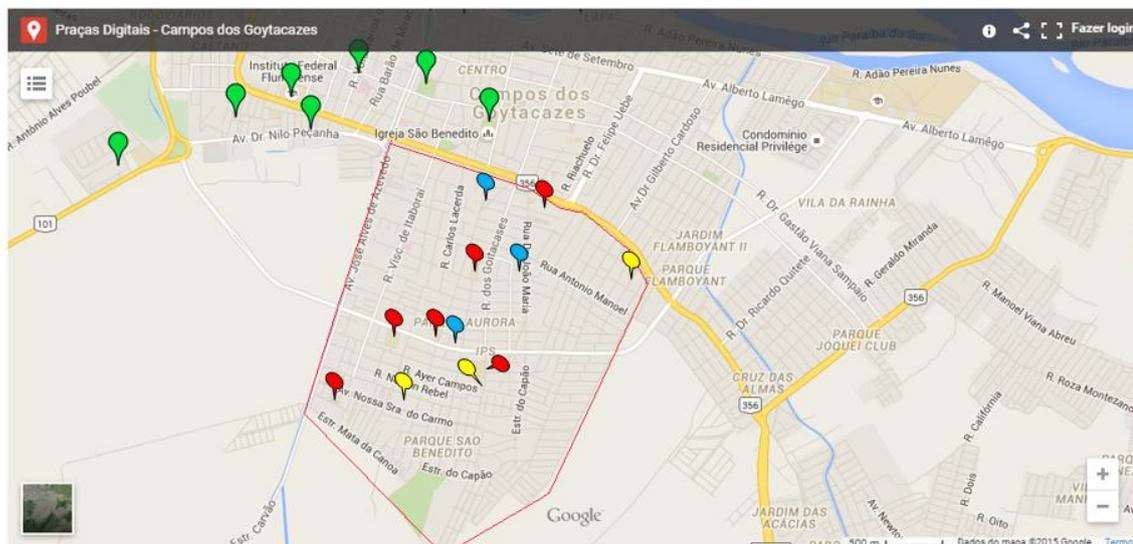


Figura - Localização das possíveis alternativas
Fonte: Google Maps

Os seguintes locais que serão utilizados como alternativas: praça do IPS (A1), escola municipal (A2), CIEP (A3), praça do Capão (A4) e a unidade básica de atendimento (A5).

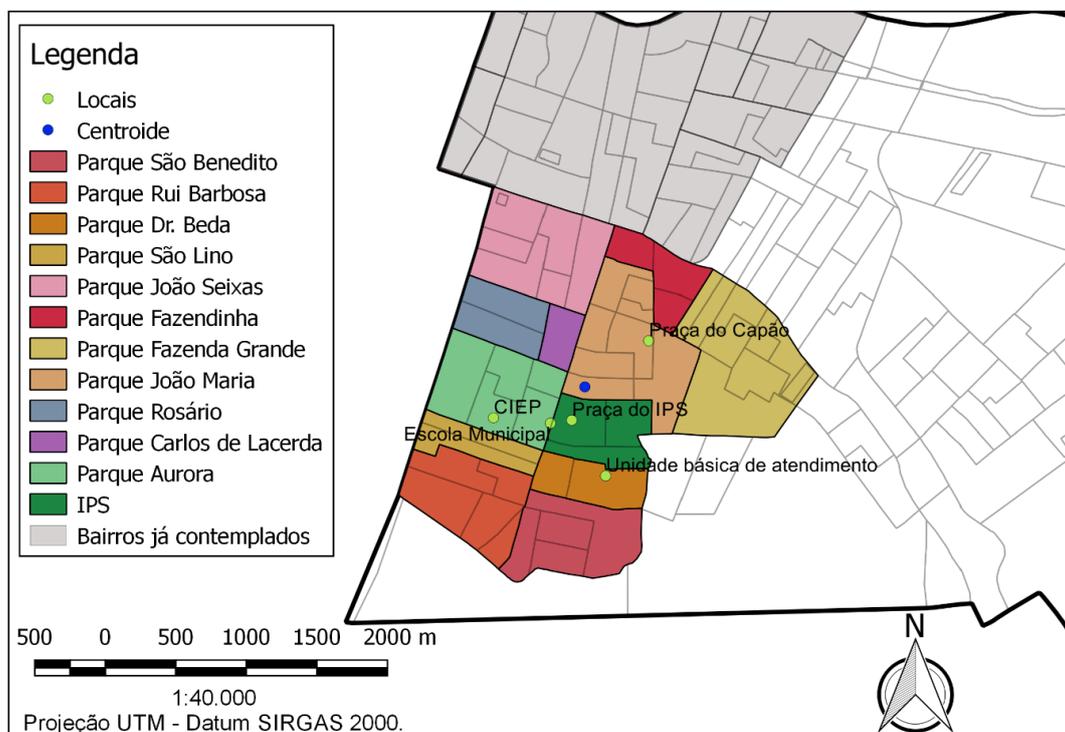


Figura - Locais selecionados como alternativas.
Fonte: elaborado pelo Autor.

Diante do exposto o segundo questionário busca aprofundar a análise com o objetivo de atender os requisitos de entrada do método AHP de Análise Multicritério a Decisão.

Análise de aderência das alternativas escolhidas.

1. Metodologia para escolha dos locais (alternativas):

Pode ser pontuada como: () Ótima () Boa () Ruim.

Caso considere inadequada, qual sua sugestão:

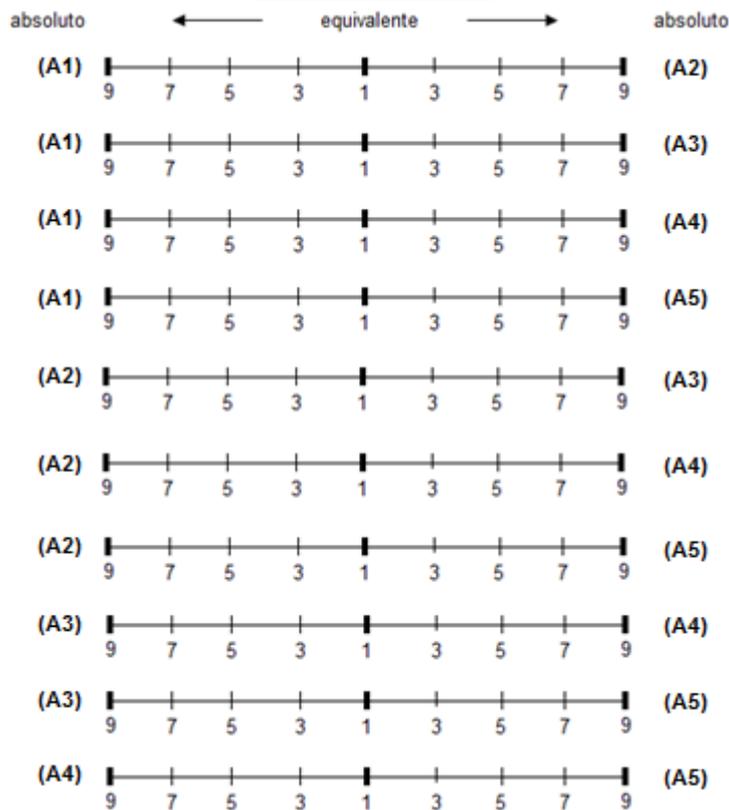
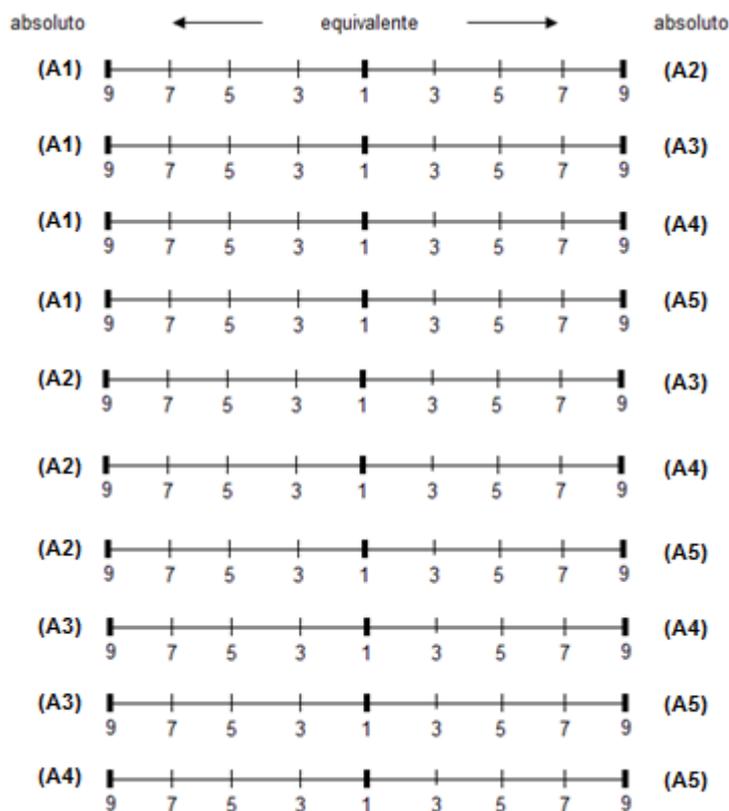
2. Dentre os locais propostos, existe algum que considera importante e que não foi sinalizado? () Sim () Não

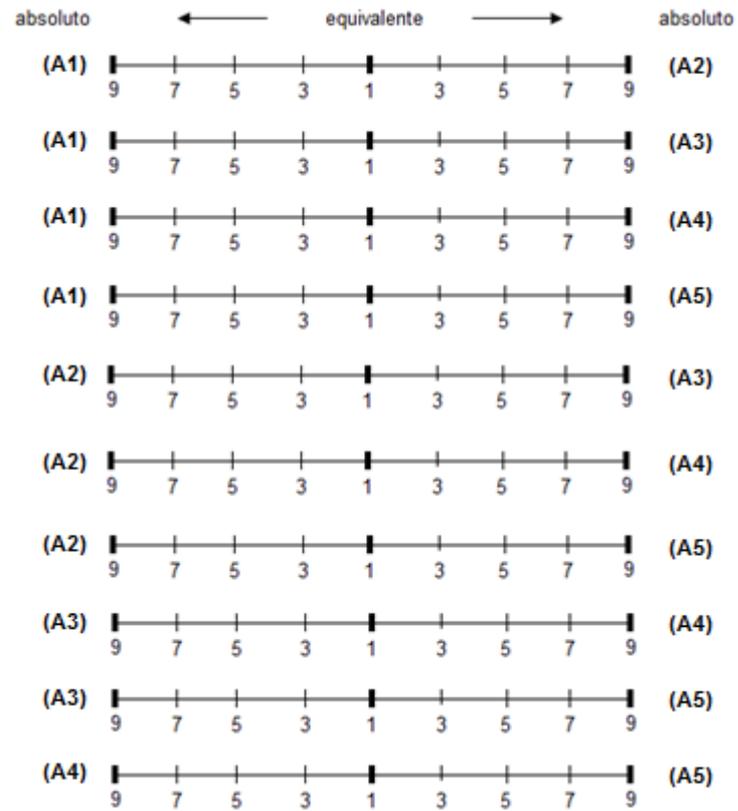
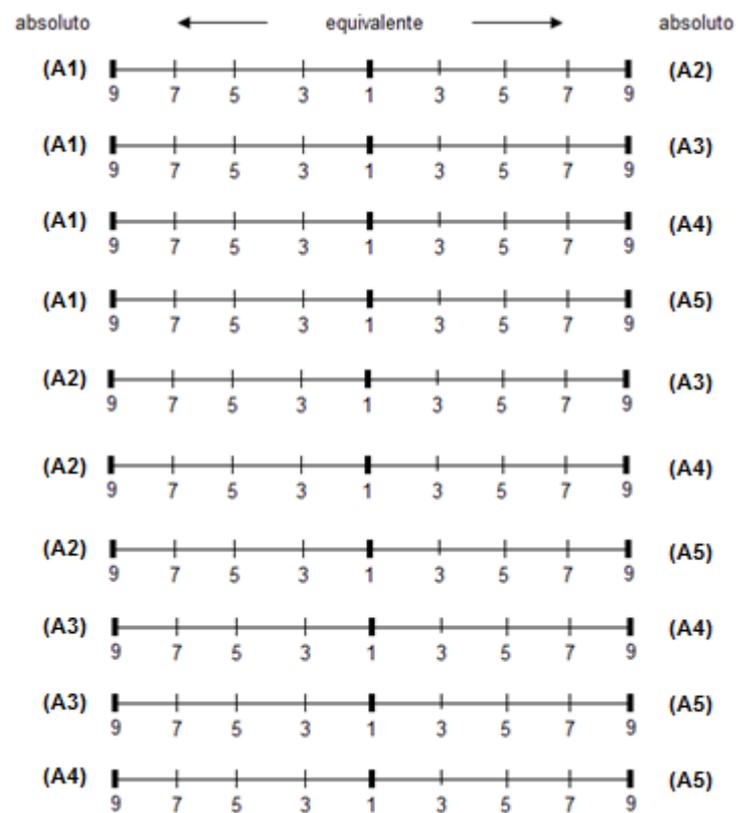
Quais:

Atribuição dos pesos aos critérios escolhidos.

3. Sinalize um peso para cada critério, focando-se na importância/contribuição do critério para atender o foco do problema (Seleção do melhor local para instalação hotspot público). O valor dos pesos deverão ser de 1 até 10, onde 1 menor importância/contribuição e 10 maior importância/contribuição.

- () Proximidade aos pontos de internet público existentes.
- () Números de habitantes à ser atendido.
- () Infraestrutura física.
- () Perfil social da população.
- () Proximidade aos centros de aglomeração populacional.
- () Segurança dos equipamentos .

(C2) Critério 2**(C3) Critério 3**

(C4) Critério 4**(C5) Critério 5**

(C6) Critério 6

