

LOCALIZAÇÃO DE ESCOLAS PÚBLICAS EM GUARATIBA, RIO DE JANEIRO, USANDO CRITÉRIOS DE ACESSIBILIDADE

Nelio Domingues Pizzolato

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
ndp@puc-rio.br

Rafael Menezes

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
rafaelcezar@yahoo.com

Resumo

O objetivo do trabalho consiste em estudar a distribuição espacial das escolas de ensino básico no bairro de Guaratiba - Rio de Janeiro, avaliando a distribuição atual e projetando a localização ideal de novas escolas para os horizontes de 2015 e 2020, em função das previsões de crescimento demográfico na região. Para esses fins, foram adotadas metodologias tradicionais baseadas na p-mediana, conjugadas com a utilização da ferramenta ArcGis *Network Analyst* para identificar as distâncias reais, medidas pelas vias efetivamente disponíveis, entre as residências dos alunos e as escolas existentes ou propostas. Essa ferramenta possibilita a identificação de faixas de acessibilidade ao redor das escolas municipais para distâncias consideradas ideais. A região estudada é aquela que mais cresce na cidade do Rio de Janeiro, prevalecendo a população de baixa renda, fortemente dependente do apoio público, em especial na questão do ensino. Este trabalho busca diagnosticar os problemas que se colocam atualmente, e antecipar os que deverão ocorrer nos citados horizontes de 2015 e 2020.

Palavras-Chaves: ArcGis Network Analyst, Localização de escolas, Guaratiba, modelo da p-mediana.

Abstract

The objective of this work is to analyze the current situation of the school network in the district of Guaratiba - Rio de Janeiro, and to propose the ideal distribution of the new schools that ought to be built up to the horizons of 2015 and 2020, following the expected population growth predicted in the region by IBGE. For these purposes, we adopted the traditional methodologies based on the p-median model, combined with the use of the ArcGIS Network Analyst tool to identify the effective distances, measured by the available routes between the homes of the students and the existing or proposed schools. This tool permits the identification of the accessibility to each school by means of the ideal coverage around each one. The work was influenced by the demography expansion of the region today's the fastest-growing area in the city of Rio de Janeiro. Low income population prevails and tends to heavily depend on public support, especially on education. The paper seeks to diagnose the problems faced today, and to anticipate those that will occur in the forthcoming horizons 2015 and 2020.

Keywords: ArcGis Network Analyst, School location, Guaratiba, p-median model

1. Introdução

A urbanização acelerada nos grandes centros urbanos brasileiros tem provocado a saturação das áreas residenciais, fazendo com que a população marginalizada ocupe favelas e morros, ou migre para a periferia das cidades. Esses movimentos têm mostrado características tipicamente anárquicas em nossas áreas metropolitanas, sem planejamento dos equipamentos de infraestrutura e com deficiência dos serviços públicos essenciais, notadamente os transportes, o ensino e a saúde. O sistema de ensino, tradicionalmente insatisfatório, é vítima contínua da inadequação dos sistemas públicos, em particular nas zonas periféricas, distantes e menos atrativas aos docentes, usualmente vinculados aos segmentos mais afluentes da sociedade. Esses e outros fatores socioeconômicos ampliam barreiras para o acesso da população mais carente à educação e limitam sua qualidade (Bagolin e Porto Junior, 2003).

A área de estudo deste trabalho, a Região Administrativa (RA) de Guaratiba, está situada na periferia do município do Rio de Janeiro e apresentou um crescimento populacional de 5,83% a.a. entre os dois últimos Censos divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1991 e 2000, superando amplamente a taxa de crescimento observado no conjunto do município do Rio de Janeiro, de 0,74% a.a. ao longo do mesmo período. Essa RA é uma das 34 em que se divide o município do Rio de Janeiro, ocupando cerca de 12% da área territorial do município, com uma superfície total de 152,48 km².

Até meados do século passado, Guaratiba apresentava características rurais, contando com baixa ocupação humana, com a presença de extensas áreas preservadas e com dois bairros implantados: Barra de Guaratiba e Pedra de Guaratiba, o primeiro oferecendo uma praia atraente, vários restaurantes e acesso à Restinga da Marambaia, área de proteção ambiental e de propriedade restrita da Marinha de Guerra. Quanto à ocupação humana destacam-se dois bairros: Barra de Guaratiba e Pedra de Guaratiba, este último com território quase totalmente urbano, embora 50% dele esteja situado em área urbana não consolidada, ou seja, sem infraestrutura básica.

A RA de Guaratiba é essencialmente residencial, apresentando somente comércio e serviços auto-suficientes para atendimento das necessidades imediatas dos moradores, e ainda apresenta extensas áreas de mata, áreas pantanosas e áreas com relevos de vários tipos, todas classificadas como “áreas de expansão não consolidada” ou inseridas em unidades de conservação. As Áreas de Expansão Urbana (AEU) são áreas dentro do perímetro urbano sem ocupação ou de ocupação rarefeita, desde que não se caracterizem por Áreas de Preservação Ambiental. As Áreas Urbanas Consolidadas (AUC) são áreas incluídas no perímetro urbano, correspondente aos bairros já existentes, com infraestrutura de abastecimento de água, energia elétrica e arruamento com pavimentação.

A partir da década de 60, a região de Guaratiba foi se desenvolvendo como reflexo do surgimento de distritos industriais em Campo Grande e Santa Cruz. Nas décadas subsequentes surgiu na Barra da Tijuca o *boom* da construção civil e da oferta de espaços e novos empreendimentos empresariais, determinando forte expansão demográfica de Guaratiba, especialmente atrativa para a crescente força de trabalho, cuja renda era insuficiente para habitar a própria Barra da Tijuca. Diante dos fatores acima, a região vem sendo alvo de diversas ocupações de terras pela população de baixa renda, criando, assim, diferentes frentes de ocupação legal ou ilegal da região. Caso o poder público não invista na área, teme-se que a evolução poderá ser no sentido de uma favelização horizontal.

A RA em estudo apresenta forte potencial para o ecoturismo e como pólo gastronômico, cujos maiores atrativos são os derivados da pesca, incluindo camarões e caranguejos abundantes nos pântanos locais. As citadas frentes de favelização vêm determinando novos núcleos de povoamento intensivo independentes dos bairros principais, mas ligados a esses por estradas únicas que serpenteiam as áreas alagadas. A região constitui o principal vetor de crescimento da região metropolitana do Rio de Janeiro, devido à disponibilidade de áreas livres disponíveis para edificação, baixa densidade demográfica e meio ambiente privilegiado.

No último Censo realizado pelo IBGE no ano 2000, Guaratiba apresentou um dos piores IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) do município, índice obtido pela média aritmética de três índices, referentes às dimensões longevidade, educação e renda, somente à frente de quatro RAs de áreas estritamente favelizadas. Por outro lado, Guaratiba apresentou o pior IDS (Índice de Desenvolvimento Social) do município, que foi de 0,446. A região apresentou aproximadamente 3,6 pessoas por família com média de 1,52 filhos por família, sendo o maior nível do município. Outros indicadores identificados pelo IBGE não são satisfatórios, tais como: população residente apresenta em média 4,7 anos de estudo, abaixo da média municipal de 6,8 anos; razão de dependência, ou relação entre a população potencialmente produtiva, de 15 a 64 anos, com os segmentos economicamente dependentes, de 58,9% contra 54,9% no conjunto do município; baixo número de vagas para o ensino pré-escolar; e assim por diante.

As estimativas de crescimento populacional para Guaratiba, de acordo com Camarano et alii (2004), em estudo publicado pelo IBGE, mostram que a tendência para os anos de 2015 e 2020, sob várias hipóteses, será de manter esse forte crescimento populacional. Cabe acrescentar que, em razão de alguns projetos previstos para atender à Copa do Mundo em 2014 e aos Jogos Olímpicos em 2016, as melhorias de acesso previstas para a região deverão acentuar fortemente as previsões feitas no estudo publicado em 2004. A ocupação da região possui características muito próprias, devido a sua conformação geográfica. Guaratiba revela núcleos populacionais isolados, que se desenvolvem aceleradamente, pelas razões já apontadas. Com as relativas longas distâncias e a escassez de transporte, esses núcleos tornam-se independentes, devendo ser auto-suficientes quanto ao fornecimento de serviços.

O objetivo geral deste estudo é aplicar a metodologia de planejamento da rede escolar, especialmente aquela consolidada em Pizzolato et alii (2004), mas utilizando a ferramenta do ambiente de Sistemas de Informação Geográfico (SIG), ArcGis Network Analyst. Essa ferramenta permite trabalhar com a localização das Escolas Municipais num mapa digitalizado, incorporando na solução as condições reais da malha viária, as restrições geográficas derivadas dos manguezais, a presença de relevo acentuado e a existência de favelas na região.

Duas análises foram feitas. A primeira análise foi favorecida pelo uso da referida ferramenta e considera a área de cobertura das escolas, mostrando faixas de abrangência de 1.000, 2.000 e 3.000 metros em torno de cada uma, segundo a malha viária existente e a aglomeração de população em idade escolar dentro de cada faixa. Como ocorre no modelo da p-mediana, a distância percorrida pelo aluno até a escola é considerada como variável de decisão do problema, embora o processo de escolha dos alunos tenha maior complexidade, pois envolve também diversas questões qualitativas.

Na segunda foi analisado o equilíbrio entre oferta e demanda por ensino público, mostrando quais escolas necessitarão ampliar o número de vagas oferecidas (aumento do número de salas, adoção de mais um turno etc.) e quais deverão reduzir sua capacidade, caso improvável, de modo a atingir o equilíbrio necessário diante da expansão demográfica prevista.

O presente trabalho encontra-se assim composto. A Seção 2 examina a literatura existente sobre localização de escolas e outros equipamentos públicos; a Seção 3 examina a ferramenta ArcGis Network Analyst e os conceitos de Geoprocessamento. A Seção 4 apresenta a aplicação da metodologia, avaliando a atual distribuição das Escolas Municipais e propondo a localização de novas instalações escolares de acordo com várias opções de distância máxima e com as perspectivas de desenvolvimento populacional, enquanto a Seção 5 sintetiza as conclusões.

2. Revisão da Literatura

A utilização de modelos de localização de facilidades, em conjunto com os Sistemas de Informação Geográficos (SIG), tem se tornado uma ferramenta poderosa de apoio à decisão. A interface gráfica do SIG, associada às bases georreferenciadas de dados, permite que o gestor público elabore o planejamento da localização dos equipamentos coletivos por meio da análise

espacial de uma determinada área, levando em consideração a distribuição da população por faixa etária, renda familiar, tamanho das famílias, áreas disponíveis e suas restrições e outros aspectos sócio-econômicos.

O trabalho de Pizzolato et al. (2004) contém uma síntese histórica de diversos estudos de localização de escolas públicas. A proposta metodológica ali reportada consiste em duas fases: a avaliação da atual localização e proposta de realocação, por meio do modelo da p-mediana. O artigo reporta aplicações da metodologia aos municípios de Nova Iguaçu (RJ), Nilópolis (RJ), Niterói (RJ), Ilha do Governador (RJ), Fortaleza (CE) e Vitória (ES). Nos três primeiros estudos, mais antigos, foram utilizados mapas em papel, enquanto os três subsequentes usaram softwares da família SIG. Cabe assinalar que os mapas em papel, com indicação de seus setores censitários, não são mais disponibilizados, devendo o interessado usar dados do IBGE compatíveis com os sistemas SIG.

Os estudos abarcaram escolas do ensino fundamental, abrangendo a população entre 7 e 14 anos de idade. O conjunto de escolas foi identificado no mapa de setores censitários do IBGE e a proporção da população em idade escolar presente em cada setor foi atribuída aos respectivos centroides. Considerou-se que a proximidade da escola é o critério predominante na sua escolha. O desequilíbrio entre a oferta e a demanda pelo ensino público foi obtido comparando-se a capacidade de cada escola com a sua demanda, originada pela proximidade.

Em Nova Iguaçu o estudo foi objeto de detalhada validação, em que o modelo da p-mediana mostrou bem descrever o problema, assim como o fator proximidade residência/escola na decisão foi confirmado. Em Nilópolis, o estudo apontou regiões com forte excesso ou escassez de vagas, identificando-se áreas prioritárias para novas instalações escolares. O estudo mostrou a importância do gerenciamento da capacidade, tanto no curto prazo, onde regiões com excesso de vagas deveriam transferir recursos humanos e materiais para regiões com escassez de vagas, como no longo prazo, mediante novas instalações. Em Niterói, encontrou-se uma população escolar bastante superior à população da região, sendo identificada a migração de alunos de municípios vizinhos. Foram destacadas áreas com pequenos desequilíbrios de vagas e áreas com grande escassez de vagas, estas últimas, porém, em regiões ocupadas por população de renda mais elevada e não demandante do sistema público.

A localização de escolas públicas em Fortaleza (CE), em Niterói (RJ) e Vitória (ES) encontra-se detalhada nos trabalhos de Barros (2000), Pizzolato, Silva e Mizubuti (1999) e Barcelos (2002), respectivamente. Em Barcelos et alii (2004) foram aplicadas metodologias propostas por Lorena et al. (2001), para o modelo da p-mediana com restrição de capacidade. Barros (2000) estuda a cidade de Fortaleza, usando um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE), denominado GeoRedes, descrito em Barros Neto (2002), enquanto que para a obtenção de mapas temáticos da população de 7 a 14 anos foi utilizado o MAPINFO 3.0.

Lobo (2003) desenvolveu uma metodologia baseada na p-mediana para dimensionar e localizar unidades de educação infantil na cidade de Cascavel – PR. A cidade possui 126 setores censitários, e o estudo leva em conta o crescimento demográfico e propõe 46 medianas, de modo a limitar os deslocamentos e equalizar a distribuição das unidades pela cidade sem deixar áreas desprovidas e outras com um número alto de unidades. Para simplificar a medição das distâncias, o trabalho pressupõe um ambiente euclidiano, o qual ignora barreiras aos trajetos lineares, deficiência que pode ser superada com o uso da ferramenta usada no presente artigo.

Em estudo de caso aplicado à cidade de São Carlos/SP, Lima (2003) desenvolveu uma ferramenta de análise espacial para o apoio da tomada de decisão dos gestores públicos no planejamento dos serviços ligados à educação e saúde. O estudo buscou reduzir os custos de deslocamento (distâncias) dos usuários às unidades de atendimento, como creches, escolas e postos de saúde. Nos vários níveis de educação, foi possível avaliar a distribuição real dos alunos por meio do endereço da residência de cada um, tanto nas creches (0 a 3 anos) como nos EMEI -Escola Municipal de Educação Infantil (4 a 6 anos) em que estudam. Os endereços de cada aluno e escola foram georeferenciados no mapa digital do sistema viário da cidade no SADE. O estudo considerou apenas os alunos matriculados, desprezando a demanda real, ou a

demanda reprimida pelo ensino público. Para gerar os cenários de locação/alocação separadamente para creches e EMEIs, foi utilizado um modelo com restrição de capacidade e outro que não inclui restrição, de tal modo a minimizar os custos de deslocamentos médios e máximos, em ambientes SIG. Com isso, foram simulados cenários tanto de alocação dos alunos como de localização de novas instalações.

No município de Canoas (RS), Oliveira e Bastos (2007), com o auxílio do software ArcGis® 9.1, diagnosticaram a falta de infra-estrutura educacional no bairro Harmonia, escolhido para análise por conta de sua diversidade socioeconômica, sendo constatado que a distribuição dos equipamentos educacionais na área é desigual. Na periferia do bairro constatou-se que a merenda recebida na escola é um fator motivador para os pais matricularem seus filhos em determinadas escolas.

Segundo Oliveira e Bastos (2007), para o Ensino Infantil e Fundamental a distância de 500 metros entre a casa e a escola indica uma acessibilidade excelente; entre 500 e 1.000 metros acessibilidade ótima; entre 1.000 e 1.500 metros regular; entre 1.500 a 2.000 metros acessibilidade baixa; e distâncias acima destes últimos valores foram classificadas como acessibilidade péssima. De uma maneira geral, avaliação da literatura aponta dois fatores complementares: em áreas urbanas, a distância de acessibilidade aumenta à medida em que a idade dos educandos aumenta; enquanto que nas áreas rurais as distâncias limites são sensivelmente superiores.

Na área de saúde, Santos et alii (2000) realizaram um estudo de avaliação da localização dos postos de saúde em São Carlos/SP e a alocação ótima de pacientes nos postos, e propuseram a localização de novos postos, de modo que os custos de deslocamentos envolvidos fossem mínimos. O trabalho contou com o apoio de SIG-T (Sistemas de Informação Geográfico para Transportes – software Transcad) para determinar espacialmente a localização dos postos de saúde e dos usuários nas áreas urbanas.

3. O Geoprocessamento e o Sistema de Informação Geográfico

ArcGIS é o nome de um grupo de programas informáticos e que constitui um Sistema de Informação Geográfica. É produzido pela empresa ESRI. No ArcGIS estão incluídos: o ArcReader, que permite visualizar os mapas criados com os outros produtos Arc.; o ArcView, para visualização de dados espaciais, criação de mapas e performance básica de análise espacial e o ArcEditor, que inclui toda a funcionalidade do ArcView e ainda ferramentas mais avançadas para manipulação de *shapefiles* e *geodatabases*. O *ArcInfo*, a versão mais avançada do ArcGIS, inclui potencialidades adicionadas para a manipulação de dados, edição e análise.

O ArcGIS Network Analyst é uma extensão do ArcGIS que permite realizar uma análise espacial da rede incluindo roteamento entre nós, localização e alocação de facilidades, roteirização de veículos, definição da área de serviço, entre outros. Um dos principais avanços da ferramenta é a possibilidade de utilizar as condições reais da rede de trabalho como direção da via e limites de velocidade. Dois recursos do sistema, de especial relevância para o presente estudo são o *Service Area* e o *Closest Facility*.

Por meio da ferramenta *Service Area* é possível estabelecer áreas de abrangência no entorno da utilidade pública, através da malha viária, como forma de avaliar a concentração de usuários nas áreas pré-estabelecidas. A ferramenta permite avaliar se uma determinada utilidade está dentro de níveis aceitáveis de distância da população a ser atendida.

Uma aplicação bastante importante na área pública disponibilizada pela ferramenta *Closest Facility* é a possibilidade de encontrar o equipamento público mais próximo para atender uma determinada situação de emergência e determinar o trajeto mais rápido (menor tempo possível estabelecido) para atendimento da demanda. Além disso, disponibiliza uma janela mostrando o trajeto que deve ser realizado rua por rua, assim como a distância e o tempo estimado em cada trecho. Pode ser adicionada uma barreira no trajeto, simulando algum impedimento de passagem por determinada rua, e desta forma será gerada uma rota alternativa que não passe pela rua bloqueada. É essencial que todos os pontos estejam situados na rede,

caso contrário, seria necessário deslocá-lo até um local mais próximo situado na mesma.

Essa ferramenta foi usada para determinar a população atraída, de acordo com o critério da distância mais curta, e comparar com a capacidade desta.

Portanto, mediante o uso ArcGIS Network Analyst é possível entender e interpretar a distribuição espacial das escolas, gerando uma série de polígonos indicativos da abrangência que pode ser alcançada por uma facilidade, dada uma distância ou tempo determinados, utilizando a malha viária da região de estudo. Esses polígonos representam áreas de abrangência. Dessa forma, é possível conhecer a quantidade de possíveis usuários que estão dentro da área de abrangência pré-estabelecida, e as facilidades que deveriam ser realocados para melhor servi-los.

A ferramenta permite de forma automática gerar uma tabela contendo a distância por meio da malha viária entre um vértice de origem e diversos vértices de destino, permitindo a obtenção de uma matriz de distâncias OD (Origem – Destino).

4. Metodologia

Devido à indisponibilidade do endereço dos alunos, foram utilizadas as informações sobre a população em idade escolar do Censo do IBGE, ano 2000, supondo esta população localizada no centroide de seu respectivo setor censitário. A população escolar considerada corresponde à faixa etária de 4 a 14 anos, ou seja, os alunos demandantes do sistema de educação infantil (4-6 anos) e da educação fundamental (7-14 anos).

Em todos os casos houve um deslocamento da população escolar do centroide à rua mais próxima por meio da função *Spacial Join* no ArcGis. Com isso, cada estudante recebeu um endereço. Esse procedimento permite a realização do processo de roteamento da população escolar à Escola Municipal mais próxima de sua residência, como será mostrado posteriormente.

Uma outra fase do estudo incorporou as previsões de crescimento demográfico da região. Conforme estudos realizados pelo IBGE, espera-se que, em 2015, a Região Administrativa de Guaratiba possua 47.763 habitantes em idade escolar e, em 2020, o total aumente para 55.245. Certamente, essas projeções consideraram um crescimento da população uniformemente distribuído pelas regiões habitadas da RA.

Uma consideração subjacente a este estudo, assim como a qualquer outro estudo normativo, é que as Escolas Municipais localizadas na região apresentem as mesmas condições de atratividade, o que não é fato observado na prática, mas que deve ser perseguido pelo poder administrador. Dessa forma, o critério de proximidade faz com que os alunos decidam se matricular na escola mais próxima de sua residência, devendo alcançá-la, normalmente, a pé.

As distâncias foram obtidas através do caminho mais curto pela malha viária traçado pela ferramenta ArcGis Network Analyst entre o centroide, onde se concentra a população escolar, e a Escola Municipal mais próxima. Portanto, supõe-se que o aluno acompanhe a rota estabelecida pelo software.

4.1. Atual Distribuição das Escolas Municipais e População Escolar

Atualmente, existem na RA Guaratiba 22 Escolas Municipais atendendo à educação infantil e à educação fundamental, sendo 4 no bairro de Pedra de Guaratiba, 4 em Barra de Guaratiba e 14 no restante da RA. Segue-se na Tabela 1 o endereço das Escolas Municipais e respectiva capacidade atual de matrícula, enquanto que a Figura 1 mostra a geocodificação das escolas no mapa digitalizado no software ArcGis.

A coluna das capacidades das escolas mostradas na Tabela 1 sugere que elas podem ser classificadas em pequenas, inferiores a 500 alunos, médias, entre 500 e 1500, e em escolas grandes, acima de 1.500 alunos. A Figura 1, por outro lado, mostra também as restrições geográficas impostas pelo relevo e manguezais em Guaratiba, que tornam difícil o deslocamento da população na região.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 1: Escolas Municipais na RA Guaratiba

Escola (Número)	Nome	Endereço	Capacidade
Esc. 1	Nestor Victor	Estr. da Pedra...	1.005
Esc. 2	Deborah Mendes de Moraes	R. Belchior...	1.506
Esc. 3	Ciep Hildebrando de Araujo Goes	Estr. da Pedra...	1.638
Esc. 4	Euclides da Cunha e Giuseppe Melchior	Estr. do Magar...	2.408
Esc. 5	Profa Leocadia Torres	Estr. do Magar...	963
Esc. 6	Engo Gastao Rangel	Estr. do Magar...	1.382
Esc. 7	Padre Jose Mauricio	R. da Orques...	951
Esc. 8	Jonatas Serrano	Estr. do Mato...	1.741
Esc. 9	Monteiro Lobato	R. Ibema...	1.353
Esc. 10	Professor Castilho	Estr. da Matr...	1.368
Esc. 11	Leoncio Correia	Av. Gaspar Le...	237
Esc. 12	Narcisa Amalia	Estr. Theodur...	858
Esc. 13	Emma D'Ávila de Camillis	R. Várzea De...	1.007
Esc. 14	Profa Elisa Joaquina Daltro Peixoto	R. Soldado C...	550
Esc. 15	Profa Myrthes Wenzel	R. Soldado A...	1.004
Esc. 16	Profa Maria Helena Sampaio Marques	Estr. do Magar...	720
Esc. 17	Bertha Lutz	R. Gabriel M...	1.501
Esc. 18	Ciep Posseiro Mário Vaz	R. Silvônia	3.087
Esc. 19	Euclides Roxo	Estr. da Barra...	291
Esc. 20	Floripes Angladas Lucas	Estr. da Barra...	171
Esc. 21	Professor Vieira Fazenda	Estr. da Barra...	533
Esc. 22	Ana Neri	Estr. da Barra...	155

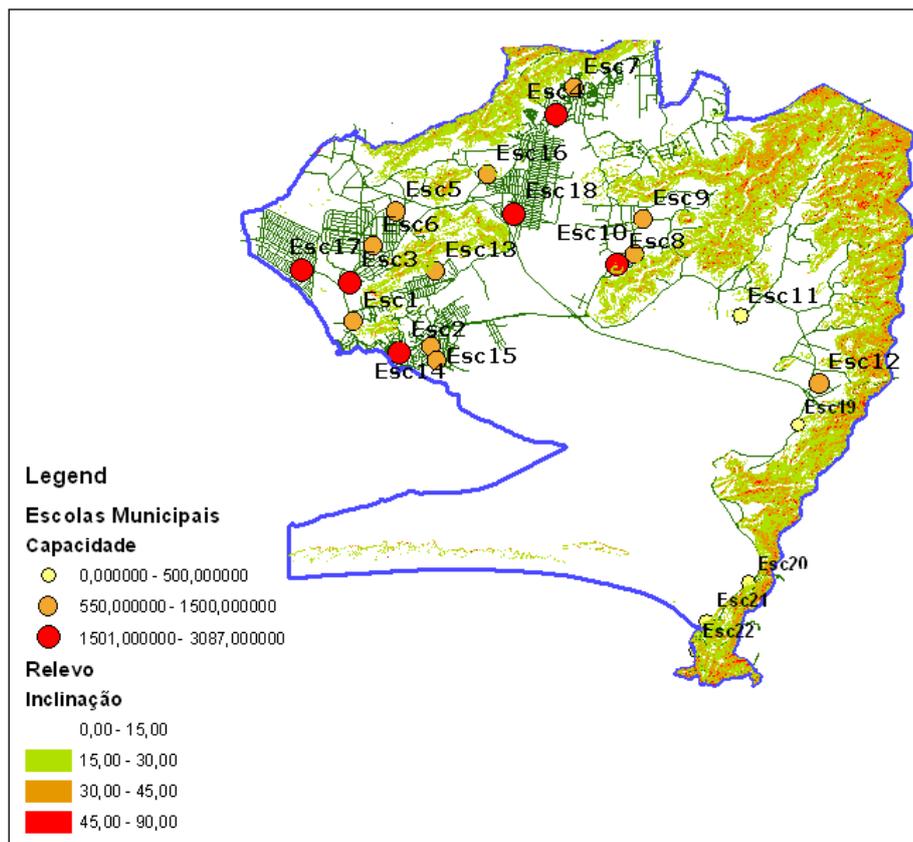


Figura 1: Geocodificação dos Endereços das Escolas Municipais

Uma restrição geográfica a ser considerada no problema é que a conjugação de matas, mangues, áreas alagadas e relevo formam pontos de concentração populacional, ou “ilhas” de ocupação, em uma região significativamente grande. Isso, obviamente, dificulta a movimentação interna e restringe grandes deslocamentos dos alunos. Outra característica relacionada seria a distribuição da malha viária, onde, via de regra, somente uma via faz a conexão entre duas “ilhas”. Dessa forma, considera-se que a população escolar é forçada a ter preferência pelo deslocamento mais curto e de melhor acessibilidade, buscando as Escolas Municipais localizadas nas próprias “ilhas”. Na sequência do estudo, essas “ilhas” foram denominadas de Regiões de Avaliação, em um total de seis, como destacadas na Figura 2.

De acordo com as considerações acima, o estudo dividiu a RA de Guaratiba em seis Regiões, onde se encontram a população escolar, juntamente com a Projeção da População Escolar para os anos 2015 e 2020, e as atuais Escolas Municipais, cada uma caracterizada por sua Capacidade de Atendimento. Essas seis regiões encontram-se virtualmente isoladas entre si, impondo-se, na prática, seis estudos independentes. Com isso, pode-se dizer que o presente estudo consiste em seis estudos separados, conforme mostrado em Menezes (2010). A citada Figura 2 ilustra essa divisão, acompanhada de diversos dados representativos, como escolas da região, capacidade delas e projeção da população escolar para 2015.

Outra possível restrição de acesso às Escolas Municipais são as ruas onde se encontram favelas. No estudo foi considerada a possibilidade do aluno escolher escolas cuja rota até as mesmas não cruze regiões favelizadas. Para isto, foram criados impedimentos de passagem por esses locais através das ruas. Por razões de espaço, este artigo vai focar especialmente a Região de Avaliação 5, por ser aquela que apresenta maior crescimento relativo e, portanto, maiores problemas.

Para avaliar a atual localização das Escolas Municipais na Região Administrativa Guaratiba foi utilizado o *ArcGis Network Analyst*. Em contraste com outros estudos, a avaliação foi feita com base em dois parâmetros: a acessibilidade das Escolas Municipais e a capacidade de atendimento oferecido à população escolar mais próxima de cada escola.

A Figura 2 mostra ainda o recorte geográfico da região separando-a nas seis Regiões de Avaliação, mostrando a atual capacidade escolar e a expectativa de crescimento em cada uma delas para o ano 2015. Pode-se ver que em todas as regiões a capacidade total de atendimento encontra-se abaixo das projeções de crescimento da população escolar. Como assinalado acima, o caso mais urgente encontra-se na Região de Avaliação 5 que possui uma expectativa de forte crescimento demográfico, muito além da atual capacidade instalada.

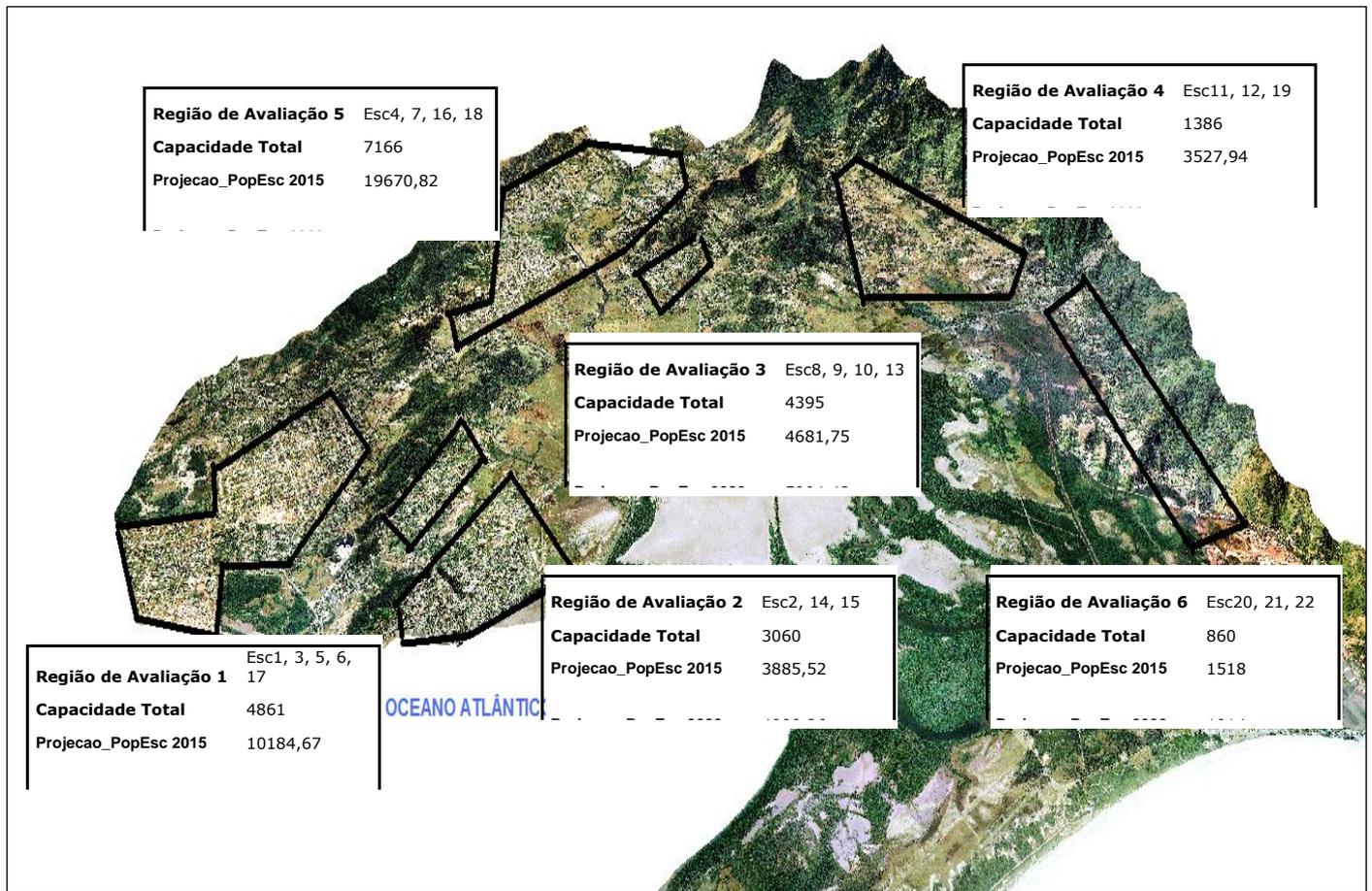


Figura 2: Guaratiba, Regiões de Avaliação do Planejamento da Rede Escolar

Com a ferramenta *Service Area* do *ArcGis Network Analyst* foi possível construir faixas de acessibilidade ao redor das Escolas Municipais, segmentadas nos valores: 1.000, 2.000 e 3.000 metros, com base na malha viária, como mostra a Figura 3. A faixa verde aponta uma faixa de abrangência de 1.000 metros no entorno das escolas. Portanto, trata-se de uma região em situação ótima, onde a maioria da população escolar deveria se encontrar. A faixa amarela mostra a abrangência da escola a 2.000 metros da população escolar, apresentando uma acessibilidade considerada baixa. A faixa vermelha mostra uma condição péssima, onde deveriam se encaixar o menor número possível de alunos. Acima desta faixa, a situação torna-se indesejada.

De modo geral, as Escolas Municipais estão localizadas muito próximas uma as outras, fazendo com que a abrangência total seja reduzida. De acordo com as previsões realizadas pelo IBGE para o ano 2015 e 2020, uma grande concentração de crianças em idade escolar se encontrará nas faixas verde e amarela.

O resultado dessa avaliação de abrangência, correspondente à situação atual, supondo-se a distância máxima de 1.500 metros, encontra-se resumido na Tabela 2, que registra as Regiões de Avaliação, identifica as escolas que ali existem e mede o porcentual de alunos atendidos segundo esta cobertura oferecida. A melhor cobertura encontra-se hoje na Região de Avaliação 1, onde 91% da população escolar se situa dentro do raio especificado de 1.500 metros das escolas. Nas demais regiões, a cobertura abrange hoje basicamente 60% da população, sendo o pior caso a Região de Avaliação 6, onde somente 27,12% da população encontra-se dentro do raio proposto.

Tabela 2: Escolas Municipais na RA Guaratiba e respectivas coberturas atuais

Região de Avaliação	Identificação das Escolas Atuais	Cobertura porcentual (raio de 1500m)
1	Esc. 1, 3, 5, 6, 17	91%
2	Esc. 2, 14, 15	61%
3	Esc. 8, 9, 10, 13	60%
4	Esc. 11, 12, 19	57,93%
5	Esc. 4, 7, 16, 18	55,18%
6	Esc. 20, 21, 22	27,12%

No entanto, em 2015, as projeções indicam que uma quantidade significativa de crianças se encontrará numa faixa superior a 3.000 metros (situação indesejável), onde, inclusive, o mapa mostra a concentração de alguns círculos vermelhos que representam população de 500 a 1.600 crianças; a situação torna-se ainda mais grave em 2020.

O caso mais crítico mostra uma distância de 6.000 metros entre a população escolar e a escola mais próxima. Esta região apresenta urgência na construção de novas Escolas Municipais que atendam à população numa faixa de acessibilidade considerada ótima ou regular.

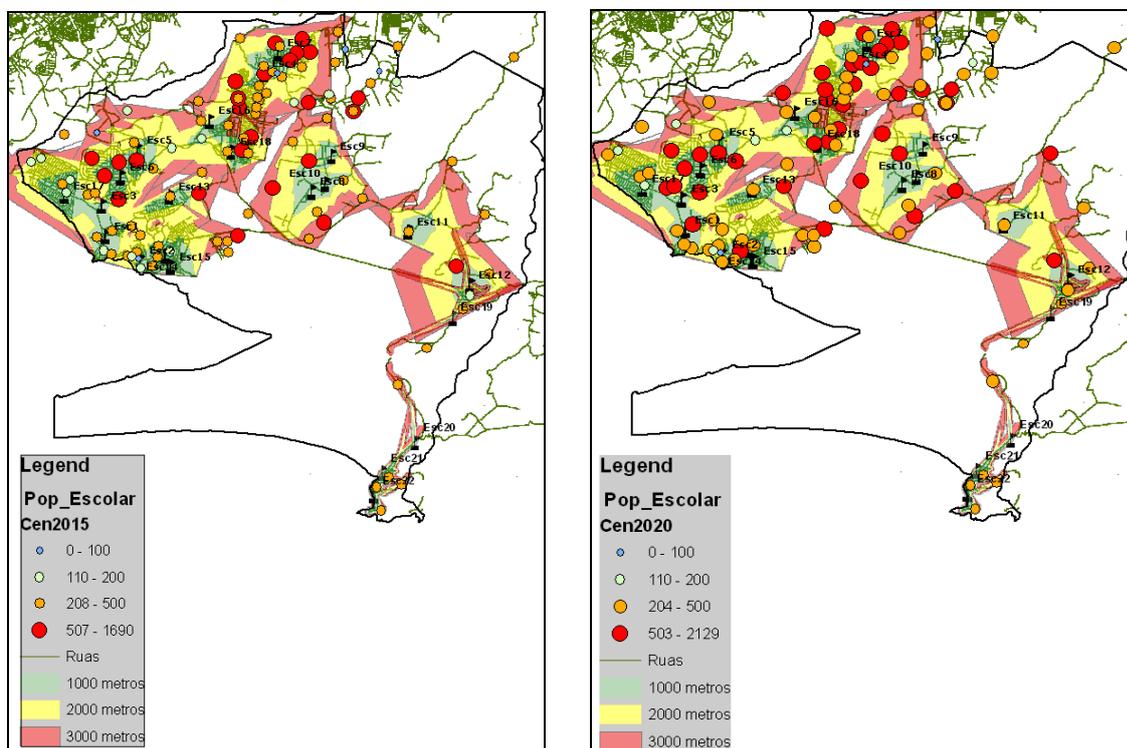


Figura 3: Guaratiba, Avaliação da Abrangência das Escolas Municipais

4.2. Análise da Capacidade de Atendimento

Uma das preocupações do planejamento da rede escolar é a capacidade da mesma atender à população escolar. Por meio da ferramenta *Closest Facility* do *Network Analyst* foi possível traçar a rota mais curta pela malha viária entre a população escolar e a Escola Municipal mais próxima. Com isso, pode-se fazer um balanço do somatório da população mais próxima de determinada escola e capacidade da instalação em recebê-la.

A Tabela 3 sintetiza os resultados observados para a Região de Avaliação 5, enquanto que os resultados para as demais regiões encontram-se em tabelas, conforme (Menezes, 2010). Como se pode constatar na referida Tabela 3, a situação da Região 5 poderá se tornar muito ruim nos anos 2015 e 2020, caso as expectativas de crescimento para a região se confirmem.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Assim, recomenda-se investimentos imediatos ou enfrentar-se uma escassez de vagas bastante elevada.

A Esc4 e a Esc7 encontram-se bem localizadas na Região, pois atraem um grande número de centroides. Pelo critério de menor distância, elas se tornam atrativas para 6.141 e 8.257 alunos em idade escolar, respectivamente, em 2015. Em 2020, o número tende a aumentar para 7.744 e 10.414 potenciais alunos.

Entretanto, como podemos observar, a capacidade de ambas será bastante insuficiente diante do crescimento populacional previsto, gerando uma enorme escassez de vagas. Uma solução racional seria o incremento de capacidade nas escolas atuais, conjugado com a imediata construção de novas unidades.

Há outras escolas, como as Esc16 e Esc18, que, por estarem distantes do centro populacional, apresentam uma situação de excesso de vagas, ressaltando-se que a Esc18 apresenta a maior capacidade de matrícula da Região 5. Porém, tal análise deverá ser constatada na prática, pois, em muitos casos, a população escolar que não for atendida por uma escola devido à falta de vagas, buscará a segunda escola mais próxima e assim sucessivamente, fazendo com que a situação de excesso de vagas nestas escolas se transforme em carência. Uma medida paliativa no presente caso, seria a transferência de capacidade da Esc18, como materiais e recursos humanos, para as escolas que apresentam problemas de vagas, como as Esc4 e Esc7.

Existem diversas Escolas Municipais com capacidades bastante reduzidas. Historicamente, tais escolas foram planejadas para atender somente à Educação Infantil e períodos iniciais da Educação Fundamental. Essa falta de continuidade de ensino na mesma escola é um problema pertinente ao planejamento da rede escolar, pois pode causar um desbalanceamento da capacidade de atendimento em outras escolas.

Tabela 3: Análise da capacidade – Região de Atendimento 5

Escola Região 5	Capacidade	Centroides Atraídos	População Projetada Ano 2015	População Projetada Ano 2020	Excesso/ Escassez Ano 2015	Excesso/ Escassez Ano 2020
Esc 4	1.155	44/46/52/56//57/60/61/62/63/64/65/66/67/68/45/58/59/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/84/86/87/88/89.	6.141,15	7.744,98	(4.986,15)	(6.589,98)
Esc 7	816	90/91/92	8.257,50	10.414,03	(7.441,50)	(9.598,03)
Esc 16	720	69	343	433	376,98	287,39
Esc 18	3087	26/48/49/54	1.927,17	2.430,47	1.159,83	656,53

5. Conclusões

Uma das motivações para a realização deste estudo foi a constatação de que a região de Guaratiba possui grande necessidade de planejamento e investimentos para a instalação de infraestrutura de ensino público nos próximos dez anos. Estudos realizados pelo IBGE apontam para um forte crescimento na RA Guaratiba. A região teve o maior crescimento populacional do município no último Censo Demográfico e a expectativa se mantém para o horizonte próximo, crescimento este estimulado pelas melhorias no transporte público recentemente introduzidas.

É necessário realizar um bom planejamento para a construção de novas escolas e o aumento no número de vagas oferecidas, de forma a acompanhar o processo de crescimento demográfico acelerado previsto na região. Caso contrário, conforme os resultados deste estudo apontaram, acompanhando projeções do IBGE, ocorrerá uma enorme escassez de vagas nas escolas no ano de 2015, girando em torno de 20.100 vagas; quantidade esta que aumenta ainda mais, chegando a um déficit de 34.500 vagas em 2020.

Uma vez identificada esta demanda, o presente estudo buscou demonstrar a relevância da utilização do Sistema de Informação Geográfica no apoio à decisão na avaliação do atendimento das escolas, em termos de distância e capacidade de atendimento das instalações. A adoção de Sistemas de Informação Geográficos para esta finalidade apresentou diversas vantagens em comparação a outros sistemas, amplamente divulgadas na literatura, tais como: análise espacial dos dados (uma das principais características diferenciadoras), sobreposição de camadas, agrupando diferentes características por temas; geocodificação dos endereços das Escolas Municipais e trabalhar com as condições reais da região, como relevo, presença de favelas e a distribuição da malha viária.

Ao contrário de estudos similares anteriores citados antes, como Lobo (2003) e Oliveira e Bastos (2007), que não dispuseram de tal ferramenta, o Network Analyst, presente no software ArcGis, permitiu trabalhar com as condições reais da distribuição da malha viária na RA de Guaratiba no processo de roteamento pelo caminho mais curto da população escolar às Escolas Municipais mais próximas.

Dessa forma, foi possível diagnosticar a capacidade de atendimento das escolas nos próximos anos, mostrando os locais onde deve ser expandida, seja ativando salas não utilizadas, seja contratando mais professores; identificou-se ainda onde a capacidade deve ser totalmente transferida devido à má localização das instalações, podendo o espaço destas escolas ser direcionado para outros fins públicos.

A avaliação da atual localização das Escolas Municipais na RA Guaratiba demonstrou que, em determinadas áreas, grande parte da população encontra-se fora do raio de abrangência máxima de 3.000 metros de distância da escola, problema este em vias de ser agravado. Estes locais tornam-se prioritários na construção de novas unidades escolares. Porém, em outras Regiões de Avaliação, como na Região 1, as escolas cobrem cerca de 90% da população escolar em um raio de 1.500 metros, mostrando uma condição ótima de acessibilidade e cobertura.

Referências bibliográficas

BAGOLIN, I.P. & PORTO JÚNIOR, S.S. (2003). A desigualdade da distribuição da educação e crescimento no Brasil: índice de Gini e anos de escolaridade. Estudos do Cepe, Santa Cruz do Sul - RS, v. 18, pp. 7-31.

BARCELOS, F.B. (2002). Avaliação da localização de escolas com modelo capacitado e não capacitado e uso de uma ferramenta GIS: Estudo de caso da cidade de Vitória/ES. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

BARCELOS, F.B., PIZZOLATO, N.D. & LORENA, L.A.N. (2004). Localização de escolas do Ensino Fundamental com modelos capacitados e não-capacitado: Caso de Vitória/ES. Pesquisa Operacional, Vol.24, nº.1, pp. 133-149.

BARROS, A.G.P.O. (2000). Avaliação da capacidade e da localização de escolas públicas em Fortaleza. Tese M.Sc., Engenharia de Produção COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

BARROS NETO, J.F. (2002); Georedes e Georedes WEB: Sistemas de apoio à decisão espacial para modelos em redes georeferenciadas. Tese D.Sc., Engenharia de Produção COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

CAMARANO, A.A., KANSO, S., BELTRÃO, K.I. & SUGAHARA, S. (2004). Tendências demográficas do município do Rio de Janeiro. Coleção Estudos da Cidade. Secretaria Municipal de Urbanismo.

IBGE. (2000) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, – IBGE, Censo 2000.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- LIMA, R.S. (2003). Base para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, Brasil.
- LOBO, D. S. (2003). Dimensionamento e Otimização Locacional de Unidades de Educação Infantil. *Tese de Doutorado*, UFSC.
- LORENA, L.A.N., SENNE, E.L.F., PAIVA, J.A.C. & PEREIRA, M.A. (2001). Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. *Gestão e Produção*, Vol. 8, n^o.2, pp. 180-195.
- MENEZES, R.C. (2010). O uso do SIG- Sistema de Informação Geográfico – para o Apoio à Decisão no Planejamento da Localização das Escolas Municipais em Guaratiba, Rio de Janeiro, *Dissertação de Mestrado*, PUC-Rio, RJ.
- OLIVEIRA, C.L. & BASTOS, L.C. (2007). O uso do geoprocessamento no auxílio à tomada de decisão na alocação de serviços públicos. Estudo de caso: rede educacional de ensino do bairro Harmonia - Canoas, RS. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, pp. 5443-5450.
- PIZZOLATO, N., BARROS, A.G., BARCELOS, F.B., & CANEN, A.G. (2004). Localização de Escolas Públicas: Síntese de Algumas Linhas de Experiência. *Pesquisa Operacional*, Vol. 24, pp. 111-131.
- PIZZOLATO, N.D., G. G SILVA, E S. MIZUBUTI (1999) Avaliação da Oferta de Ensino Fundamental pela Rede Pública e sua Distribuição Espacial: Aplicação ao Município de Niterói. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, RBEP, 80 (195), maio/agosto 1999, pp. 327-341.
- PIZZOLATO, N.D., F.M.P. RAUPP E ALZAMORA, G.S., (2012). Revisão de Desafios Aplicados em Localização com Base em Modelos da p-mediana e suas Variantes. *Podes, Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 4(1), pp.13-42.
- SANTOS, C.M., SILVA, A.L.M. & SILVA, A.N.R. (2000). Avaliando a localização de posto de saúde em uma cidade média brasileira com auxílio de um SIG-T. *Engenharia Civil*, UM, n^o.7.