



**Rafael Cezar Menezes**

**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**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção do Departamento  
de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Madiagne Diallo

Rio de Janeiro

Abril de 2010



**Rafael Cezar Menezes**

**O uso do SIG – Sistema de Informação Geográfica – para  
o apoio a decisão no planejamento da localização das  
Escolas Municipais em Guaratiba, Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio.  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Nélio Domingues Pizzolato**

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Silvio Hamacher**

Departamento de Engenharia Industrial - PUC-Rio

**Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego**

Departamento de Geografia – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 12 de abril de 2010

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

## Rafael Cezar Menezes

Graduou-se em Engenharia de Produção Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-RJ. Durante a graduação, ingressou no curso de formação em Logística Empresarial pela COPPEAD/UFRJ. Pós-graduado em Engenharia de Planejamento com ênfase em Petróleo e Gás pelo Programa de Mobilização da Indústria do Petróleo – PROMINP. Atualmente, trabalha na empresa Petrobras Distribuidora como Engenheiro de Produção.

### Ficha Catalográfica

Menezes, Rafael Cezar

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 / Rafael Cezar Menezes ; orientador: Madiagne Diallo. – 2010.

117 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial 2010.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Sistema de Informação geográfico. 3. SIG. 4. ArcGis. 5. Localização. 6. Escolas municipais. 7. AIMMS. 8. Guaratiba - Rio de Janeiro. I. Diallo, Madiagne. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

A minha família, com amor e gratidão pela  
compreensão e apoio ao longo do período  
de elaboração deste trabalho, e aos amigos.

## Agradecimentos

Ao meu Orientador Madiagne Diallo e aos professores do DEI, pelo apoio, atenção e conhecimentos transmitidos durante o processo de elaboração desta dissertação.

A minha família, por toda sua compreensão, dedicação e apoio.

Aos funcionários do DEI, Izabel, Cláudia, Ana, Fernanda, Celi e Gilvan pelo apoio e amizade.

Aos funcionários do LabGis pelos ensinamentos do software ArcGis. Em especial a Rafael, Leonardo e o professor Luiz Felipe Guanaes pela grande contribuição no estudo.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e o Departamento de Engenharia Industrial, pela oportunidade de realização do curso do Mestrado.

A todos os meus colegas de turma, especialmente Augusto da Cunha Reis, Mário Neto, Antonio Ricardo, Gustavo Pires pela colaboração durante o Mestrado.

À CAPES, pela ajuda financeira concedida durante o curso.

## Resumo

Menezes, Rafael Cezar; Diallo, Madiagne (Orientador). **O uso do SIG para o apoio a decisão no planejamento da localização das Escolas Municipais Guaratiba**. Rio de Janeiro, 2010. 117p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O objetivo do estudo é analisar a atual situação da distribuição de escolas em Guaratiba - Rio de Janeiro, e otimizar a localização de novas escolas de acordo com os pontos já existentes na região. Para este fim, foi adotada a metodologia proposta no trabalho de localização de escolas públicas em áreas urbanas por Pizzolato *et al.* (2004) durante a etapa inicial de análise da situação corrente. Em seguida, a ferramenta ArcGis *Network Analyst* foi aplicada para avaliar a capacidade de atendimento e cobertura da demanda das atuais escolas municipais para os horizontes de 2015 e 2020 (seguindo as expectativas de crescimento da região fornecidas pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Cumpridas estas duas primeiras etapas, passou-se à detecção de áreas/zonas que seriam carentes de escolas municipais nos horizontes escolhidos. Para tanto, foram propostas localizações de novas instalações usando os modelos matemáticos *p-Mediana-Capacidade* e de *Máxima-Cobertura*, ambos resolvidos com a ferramenta de otimização *AIMMS*. Ao fim do trabalho é apresentada uma comparação da solução ótima obtida com cada modelo.

## Palavras-chave

Sistema de Informação Geográfico, SIG, ArcGis, localização, escolas municipais, AIMMS, Guaratiba, Rio de Janeiro.

## Abstract

Menezes, Rafael Cezar; Diallo, Madiagne (Advisor). **The use of GIS – Geographic Information System – in the decision-making process of public schools location planning in Guaratiba** Rio de Janeiro, 2010. 117p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work aims to assess the current status of the geographic distribution of public schools in Guaratiba – Rio de Janeiro and then to propose optimal locations of new schools given the pre-existing facilities in the area. In the first stage of the study, an assessment of the current conditions of the region was conducted by adopting the methodology proposed by Pizzolato et al. (2004) in their work on locating public schools in urban areas. Next, the ArcGis Network Analyst tool was applied in order to evaluate the capacity and demand satisfaction of educational services by current schools for 2015 and 2020 scenarios (based on projected growth rates provided by the Brazilian survey and census agency, IBGE). After these two stages, zones lacking public schools on both scenarios were identified. Therefore, the location of new school facilities was proposed by applying two different mathematical models: the capacitated p-median problem and the maximal covering location problem, both implemented by the AIMMS optimization tool. Finally, a comparison of the optimal solutions obtained by each model was conducted.

## Keywords

Geographic Information System, GIS, ArcGis, location, municipal schools, AIMMS, Guaratiba, Rio de Janeiro.

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Apresentação do Problema .....	13
1.2. Objetivos.....	15
1.3. Estrutura da Dissertação .....	16
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3. O GEOPROCESSAMENTO E O SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICO .....</b>	<b>27</b>
3.1. Estrutura de Dados no SIG .....	29
3.2. Arquitetura do SIG .....	32
3.3. Geocodificação de Endereços.....	35
3.4. Arcgis Network Analyst .....	39
<b>4. TEORIA DA LOCALIZAÇÃO .....</b>	<b>44</b>
4.1. Introdução à Localização.....	44
4.2. Formulação Matemática .....	46
4.2.1. Modelo p-Mediana Capacitado (PMC) .....	46
4.2.2. Modelo de Máxima Cobertura.....	49
4.2.3. Software Aimms - Advanced Integrated Multidimensional Modeling Software .....	50
<b>5. ANÁLISE DA ÁREA DE ESTUDO - RA GUARATIBA.....</b>	<b>53</b>
5.1. Indicadores Socioeconômicos .....	57
5.2. Indicadores Demográficos .....	63
5.3. Indicadores Educacionais .....	66
5.4. Previsão de Crescimento da População .....	68
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>76</b>
6.1. Considerações Iniciais .....	76
6.2. Atual Distribuição das Escolas Municipais e População Escolar .....	78
6.3. Avaliação da atual localização das Escolas Municipais.....	81
6.3.1. Análise da Abrangência.....	82
6.3.2. Análise da Capacidade de Atendimento.....	85
6.4. Localização de Novas Instalações Escolares.....	89
6.4.1. Resultados com o Modelo PMC.....	90
6.4.2. Resultados com o Modelo Máxima Cobertura .....	98
6.5. Síntese dos Resultados .....	101
<b>7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>105</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>



<b>APÊNDICE I – ENDEREÇO DA POPULAÇÃO ESCOLAR COM BASE NO BANCO DE DADOS DA CAMADA EIXO_LOGRADOUROS .....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE II – IMPLEMENTAÇÃO DOS MODELOS PMC E MÁXIMA COBERTURA NO AIMMS.....</b>	<b>115</b>

## Lista de figuras

Figura 1: Mapa de Setores Censitários e Localização de Escolas Públicas no município de Nilópolis/RJ.....	30
Figura 2: Estrutura de dados dispostos em Camadas .....	31
Figura 3: Arquitetura do SIG.....	32
Figura 4: Arquitetura Dual .....	34
Figura 5: Address Locator BR File .....	37
Figura 6: Address Locator – Estilo Simples.....	38
Figura 7: Ilustração da Geocodificação de Endereços.....	39
Figura 8: Roteamento de Ambulâncias .....	40
Figura 9: Aplicativo Closest Facilities .....	41
Figura 10: Aplicativo Área de Abrangência.....	42
Figura 11: Obtenção das Distâncias .....	43
Figura 12: Composição da RA Guaratiba.....	55
Figura 13: Imagem 3D da RA Guaratiba.....	57
Figura 14: Evolução do IDH – RA Guaratiba .....	59
Figura 15: Comparação IDS RA Guaratiba e RA Lagoa .....	62
Figura 16: Comparação da taxa geométrica de crescimento .....	65
Figura 17: População em idade escolar versus Número de estudantes na rede municipal .....	67
Figura 18: Proporção de estudantes de 7-14 anos na rede municipal versus rede particular .....	68
Figura 19: Projeção de crescimento da população no município do Rio de Janeiro.....	71
Figura 20: Projeção de crescimento populacional RA Guaratiba.....	72
Figura 21: Projeção de crescimento populacional RA Guaratiba Versus Município do Rio de Janeiro .....	73
Figura 22: % Crescimento nas Matrículas RA Guaratiba versus Município .....	75
Figura 23: Evolução da turmas disponíveis versus alunos matriculados .....	75
Figura 24: Localização da População Escolar.....	77
Figura 25: Geocodificação dos Endereços das Escolas Municipais.....	80
Figura 26: Regiões de Avaliação do Planejamento da Rede Escolar .....	82
Figura 27: Distância ideal do estabelecimento de ensino.....	83
Figura 28: Avaliação da Abrangência das Escolas Municipais.....	84
Figura 29: Roteamento da população escolar às Escolas Municipais .....	86
Figura 30: Resultado da localização de novas unidades escolares.....	104

## Lista de tabelas

Tabela 1: Aplicações de SIG no planejamento de Utilidades Públicas.....	19
Tabela 2: Aplicações de SIG no planejamento de Utilidades Públicas.....	53
Tabela 3: Componentes do IDH – Índice de Desenvolvimento Humano .....	58
Tabela 4: Componentes do IDS – Índice de Desenvolvimento Social.....	60
Tabela 5: Estrutura da família .....	63
Tabela 6: Crescimento Populacional da RA Guaratiba.....	64
Tabela 7: Razão de Dependência da RA Guaratiba .....	66
Tabela 8: Comparação taxa de crescimento Hipótese 1 e Hipótese 2.....	72
Tabela 9: Escolas Municipais na RA Guaratiba.....	79
Tabela 10: Escolas Municipais na RA Guaratiba.....	84
Tabela 11: Análise da capacidade – Região de Atendimento 1 .....	87
Tabela 12: Análise da capacidade – Região de Atendimento 2 .....	88
Tabela 13: Análise da capacidade – Região de Atendimento 3 .....	88
Tabela 14: Análise da capacidade – Região de Atendimento 4 .....	88
Tabela 15: Análise da capacidade – Região de Atendimento 5 .....	88
Tabela 16: Análise da capacidade – Região de Atendimento 6 .....	88
Tabela 17: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 1 (2015) .....	91
Tabela 18: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 1 (2020) .....	91
Tabela 19: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 2 (2015) .....	92
Tabela 20: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 2 (2020) .....	93
Tabela 21: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 3 (2015) .....	93
Tabela 22: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 3 (2020) .....	94
Tabela 23: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 4 (2015) .....	95
Tabela 24: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 4 (2020) .....	95
Tabela 25: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 5 (2015) .....	96
Tabela 26: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 5 (2020) .....	97
Tabela 27: Localização de Novas Escolas – PMC - Região de Avaliação 6 (2015) .....	97
Tabela 28: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 1 .....	98
Tabela 29: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 2 .....	99
Tabela 30: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 3 .....	99

Tabela 31: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 4.....	100
Tabela 32: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 5.....	100
Tabela 33: Localização de Novas Escolas – Máxima Cobertura – Região de Avaliação 6.....	101