

MACAÉ 2030

Futuros cenários além do petróleo



Macaé
PREFEITURA
Secretaria Adjunta | ENSINO SUPERIOR



Prefeitura Municipal de Macaé

Welberth Porto de Rezende

Secretaria Municipal de Educação

Leandra Lopes Vieira

Secretaria Municipal Adjunta de Ensino Superior

Flaviá Picon Pereira

Projeto Macaé 2030

Observatório da Cidade de Macaé

Alice Ferreira Tavares

Organização

Alice Ferreira Tavares
Ana Eliza Port Lourenço
Felipe Dias Ramos Loureiro
Gisele Silva Barbosa
Leila Brito Bergold
Lia Hasenclever
Luana Silva Monteiro
Maria Inês Paes Ferreira

Editorial

Ana Eliza Port Lourenço
Cremilda Barreto Couto
Leila Brito Bergold
Lia Hasenclever
Luana Silva Monteiro
Gisele Silva Barbosa

Revisão

Cláudia de Magalhães Bastos Leite

Revisão e Normalização ABNT

Henrique Barreiros Alves

Diagramação

Raphael Bózeo de Sousa

Fotografia

Raphael Bózeo de Sousa
César Fernandes (divulgação BRK)

Colaboração

Renatta Viana Rodrigues

Instituições de Ensino

FeMASS
UFRJ
NUPEM-UFRJ
UERJ
UFF
IFF
CEDERJ
FAETEC-Rj
UENF
CANDIDO MENDES

Grupo de trabalho interinstitucional

Alfredo Manhães
Aurea Yuki Sugai
Carlos Barboza
Cristina Maria de O. Melo
Elaine Antunes
Erick Zickwolff
Gisele Muniz
Giuliano Alves Borges e Silva
Henrique de A. Carvalho
Henrique Rocha Mendonça
Hugo Bomfim
João Wellington de Assis
José Augusto F. da Silva
José Ricardo Siqueira
Larissa Tavares
Marcelina Marri B. C. França
Maria Gertrudes Justi
Moisés Marinho
Paulo de Tarso
Raul Ernesto Lopez Palacio
Thiago Rocha Gomes

PARTE 2

PLANEJAMENTO URBANO E RURAL SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE NO MUNICÍPIO DE MACAÉ





ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA AVALIAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO DE ESCOLA MUNICIPAL: MÉTODOS DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO E COMBINAÇÃO LINEAR PONDERADA UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO

*Gisele Silva Barbosa¹
Quézia Chelque²
Carolina Marchon³
Beatriz Rohden Becker⁴
Bruno Barzellay Ferreira da Costa⁵
Conrado Vidotte Plaza⁶*

Resumo: O planejamento urbano tem como uma das finalidades tornar as cidades mais eficientes tanto para a população que as usufrui quanto para a administração pública. A implantação de novos equipamentos públicos deve priorizar tal eficiência através de critérios técnicos e socioeconômicos. Esta pesquisa teve como finalidade desenvolver uma análise multicritério para a implantação de novas Escolas Públicas Municipais de educação infantil (pré-escola) e de ensino fundamental do primeiro segmento (1° ao 5° ano), no município de Macaé, RJ, a fim de contribuir para a eficiência da gestão pública e para o melhor atendimento à população municipal. Destaca-se que o acesso à educação básica tem importância fundamental na busca por comunidades sustentáveis e cidades mais humanas. Para alcançar tal objetivo foi desenvolvido um estudo considerando ponderações de especialistas de diversas áreas (gestores, planejadores, engenheiros, arquitetos, educadores) e usuários diretos das escolas como pais de alunos, professores e funcionários para a realização de uma análise multicritério baseada na metodologia de Combinação Linear Ponderada e Análise Hierárquica de Processo (AHP) a fim de comparar parâmetros que influenciam a escolha da região mais apta para a implantação de Escolas Públicas Municipais. O estudo considerou dezenas de mapas do Município e entrevistas com especialistas. Os resultados foram apresentados como uma validação metodológica com dados de todo o território do município de Macaé e uma análise com 'recorte' no Distrito de Macaé, onde se encontra o núcleo urbano principal. Foram indicados como resultado da pesquisa as regiões mais aptas a receber novos empreendimentos educacionais municipais.

Palavras-chave: análise multicritério; geoprocessamento; escolas municipais; gestão urbana

1 INTRODUÇÃO

A falta de planejamento urbano é uma realidade para a maioria das cidades brasileiras. A localização de serviços e infraestruturas impacta diretamente na gestão urbana e influi na qualidade de vida dos cidadãos. O crescimento urbano acelerado dificulta o planejamento adequado e eficiente das cidades, porém métodos de dimensionamento e localização de novos empreendimentos podem ser utilizados no intuito de colaborar com novas implantações e readequação de serviços já existentes.

A busca por um desenvolvimento sustentável demanda um esforço coletivo para a construção de um futuro inclusivo, resiliente e sustentável para todos. As ações municipais para alcançar tais objetivos são de grande importância, pois atendem diretamente a população local.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU), visando legitimar e instigar o crescimento econômico, pautado pelo bem-estar social, a inclusão social e a proteção ao meio ambiente, definiu em conjunto com 193 países a Nova Agenda de Desenvolvimento Sustentável, intitulada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, chegando a um Acordo Global sobre a Mudança Climática. As ações tomadas, em 2015, resultaram nos novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se baseiam nos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), estabelecidos em 2000. Os ODS são subdivididos em 17 objetivos e 169 metas para serem alcançadas pelos países-membros. O Brasil é um dos signatários da Agenda 2030 e tem o compromisso de atuar na busca por um desenvolvimento sustentável.

Visto que mais de 80% da população brasileira reside em áreas urbanas, o Objetivo 11 da Agenda 2030, “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, possui uma grande importância para as gestões municipais. Das metas destacadas, nesse objetivo, duas delas se destacam para esta pesquisa: a meta 11.3 “Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países” e a meta 11.7 “Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência” (ONU, 2015).

Ainda, o Objetivo 4, “assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”, também tem destaque neste artigo, pois o acesso à educação está diretamente relacionado à localização e disponibilidade de escolas públicas de qualidade. Destaca-se a meta 4.a “Construir e melhorar instalações físicas para educação, apropriadas para crianças e sensíveis às deficiências e ao gênero, e que proporcionem ambientes de aprendizagem seguros e não violentos, inclusivos e eficazes para todos”.

No Brasil é, em grande parte, responsabilidade da gestão municipal a construção e manutenção de escolas do ensino primário e fundamental. Ações que visem aumentar a eficiência no planejamento urbano, principalmente, no âmbito do acesso aos serviços públicos, incluindo às escolas e áreas de lazer, podem colaborar para alcançar tais objetivos e metas da Agenda 2030.

A definição de áreas apropriadas para implantação de Escolas Públicas Municipais de educação infantil (Pré-escola) e de ensino fundamental do primeiro segmento (1º ao 5º ano) é de grande relevância para o município, pois contribuem para o alcance de metas dos ODS (ONU, 2015). Tais ações interferem diretamente no custo da gestão urbana, principalmente com o deslocamento dos alunos, além de influenciar a qualidade de vida e qualidade urbana ao aproximar o usuário da edificação de ensino, reduzindo tempo de deslocamento, fluxo de veículos na cidade e podendo gerar outras políticas públicas complementares com custos também otimizados como a implantação de ciclovias e praças voltadas para esse público infantil.

Este capítulo argumenta que a gestão para o processo de tomada de decisões, principalmente para a definição da localização de serviços essenciais, pode ser auxiliada por metodologias de análise multicritério com utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). De acordo com Câmara e Davis (2001), por meio do geoprocessamento, é possível a aplicação e análise de dados georreferenciados tratados por meio de técnicas matemáticas e computacionais no âmbito das mais diversas áreas de conhecimento, entre elas, o planejamento urbano.

Duas metodologias de análise multicritério foram adotadas com o intuito de ponderar as informações obtidas e, posteriormente, os resultados foram sobrepostos aos dados. A primeira metodologia utilizada foi a Análise Hierárquica de Processo (AHP) (Saaty, 2008), em cujo processo especialistas de áreas como engenharia, arquitetura e urbanismo, geógrafos, educadores, pedagogos e gestores urbanos fizeram a primeira ponderação de pesos pareados. Para a ponderação dos pesos fornecidos pelos especialistas foram utilizadas duas técnicas: a Técnica Participatória (Eastman, 2001; Malczewski, 1999; Valente; 2005), cujos decisores definiram os pesos de forma conjunta, e a técnica de Agregação Individual de Prioridades (AIP) (Forman; Peniwati, 1998) quando o especialista respondia, individualmente, e as respostas calculadas a partir da média geométrica das componentes dos vetores de prioridades que definiram os pesos para cada fator.

A segunda metodologia de análise multicritério utilizada foi a Combinação Linear Ponderada (CLP) (Sartori, 2012). Essa, também foi realizada com especialistas de áreas variadas como engenharia civil e ambiental, arquitetura e urbanismo, geografia, gestores públicos, gestores educacionais e educadores que foram entrevistados, separadamente, por meio de formulários on-line e com usuários de escolas. Para a definição dos pesos finais de cada fator e subfator também foi utilizada a Agregação Individual de Prioridades (AIP) (Forman; Peniwati, 1998).

Destaca-se que a participação dos usuários, dentre eles pais de alunos, professores e funcionários das escolas, é de grande importância para a efetividade dos resultados. Porém, essa primeira análise tinha como um dos objetivos secundários validar a metodologia, então foi dada mais ênfase à descrição metodológica e somente na continuidade da pesquisa serão considerados os usuários nas entrevistas. Dessa forma, foi realizada a ponderação dos pesos considerando as duas metodologias com as respostas dos especialistas. Também se destaca que, nesta análise, o município de Macaé foi considerado inicialmente com todo o seu território e nos resultados subsequentes, foi dada ênfase à área do núcleo urbano do município.

Salienta-se que as metodologias utilizadas são antigas e bastante utilizadas e validadas em diversos estudos nacionais e internacionais voltados ao planejamento urbano (Sui, 1998; Javadian *et al.*, 2011; Mosadeghia *et al.*, 2015, Foroozesh *et al.*, 2022, Ekeanyanwu *et al.*, 2022). Porém, a notoriedade da pesquisa está em utilizar duas metodologias concomitantes, considerando a avaliação tanto paritária quanto a ponderação direta para a otimização da localização de serviços públicos urbanos, como é o caso das escolas. Ainda, salienta-se o fato de que mais de oitenta mapas com dados sociais, econômicos, ambientais e urbanos do município foram utilizados para o geoprocessamento dos resultados.

A escolha do objeto de estudo, a cidade de Macaé, deu-se pelo fato do município ser o foco de estudos desta pesquisa e apresentar uma necessidade de implantação de novos empreendimentos educacionais públicos, além de possuir uma considerável quantidade de dados georreferenciados monitorados por órgãos governamentais e desenvolvidos pelos coautores deste artigo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente texto buscou apresentar como referencial teórico os temas do direito à educação, a importância do geoprocessamento para auxiliar na tomada de decisões no planejamento urbano e a definição de uma análise multicritério. A discussão permeia a importância do acesso adequado à educação de qualidade e como uma análise multicriterial com auxílio de tecnologias SIG pode contribuir para tornar o planejamento urbano mais adequado aos critérios técnicos e as primordiais necessidades urbanas e sociais.

2.1 DIREITO À EDUCAÇÃO

A cidade possui uma função social que significa dar prioridade ao interesse coletivo visando ao uso socialmente justo e ambientalmente sustentável do espaço urbano (Santos; Muller, 2010). Tal função social é um direito comum que confere legitimidade às ações políticas que buscam qualidade de vida e desenvolvimento humano nas cidades.

O direito à educação de qualidade desde a primeira infância é essencial para a qualidade de vida humana, pois vai além da simples aprendizagem de conteúdos, já que possibilita a formação cidadã e reconhecimento dos seus direitos sociais, econômicos e políticos.

A localização dos equipamentos de educação, muitas vezes, é definida por questões políticas sem a consideração de critérios técnicos. Um exemplo disso é a implantação de escolas em grandes avenidas de fluxo intenso em que o deslocamento de pedestres é prejudicado, porém a visualização de tal equipamento é privilegiada.

Principalmente as escolas voltadas para a primeira infância precisam estar próximas às populações que as usufruem. De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, “É dever do Estado garantir a oferta de Educação Infantil pública, gratuita e de qualidade, sem requisito de seleção” e “as vagas em creches e pré-escolas devem ser oferecidas próximas às residências das crianças.” (BRASIL, 2013).

Para Denise Carreira (2013) três legislações devem estar sintonizadas: Plano Diretor, Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e Código de Obras e Edificações. Sem essa interpolação é inviabilizada a ação efetiva do poder público na promoção da função social da cidade. As políticas públicas devem inibir a especulação imobiliária, fortalecer o transporte público, ampliar o acesso aos serviços públicos para a população de baixa renda, além de multiplicar áreas verdes e espaços públicos da cidade que avancem na garantia de direitos urbanos em uma perspectiva ambientalmente sustentável (Carreira, 2013).

2.2 GEOPROCESSAMENTO NO AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO

De acordo com Câmara e Davis (2001) por meio do geoprocessamento é possível a aplicação e análise de dados georreferenciados tratados por técnicas matemáticas e computacionais no âmbito das mais diversas áreas de conhecimento, entre elas o planejamento urbano. São técnicas computacionais que operam por meio de uma base de dados para transformá-los em informação georreferenciada. Tem por finalidade fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes especialistas possam avaliar a informação de forma espacial e temporal, bem como as inter-relações entre os diferentes fenômenos geográficos. Dentre as ferramentas estão os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar um banco de dados referenciado.

A constante transformação dos territórios e o dinamismo urbano exigem cada vez mais capacidade para lidar com sua complexidade na resolução dos problemas. Dessa forma, o geoprocessamento é uma área de conhecimento que pode contribuir tanto na obtenção de informações quanto sobre sua análise, com o intuito de auxiliar na tomada de decisões. Assim, é uma ferramenta que pode integrar vários fatores em uma única análise, possibilitando uma visão sistêmica do território.

Sendo assim, a área de Gestão Municipal cada vez mais utiliza essa tecnologia para ajudar na integração de sistemas de informação geográficos, sensoriamento remoto, aerofotogrametria e outras formas de mapeamento para conseguir uma solução para a gestão de grandes massas de dados dos municípios. A atualização das informações cadastrais e socioeconômicas é de fundamental importância para uma gestão municipal que busca o desenvolvimento sustentável.

2.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

A análise multicritério, cujos dados necessários são obtidos e manipulados em SIG, é realizada por diferentes metodologias que podem ser utilizadas nas mais diversas áreas, dentre elas o uso e ocupação do solo. Sartori e Zimback (2011), por exemplo, empregaram a Avaliação Multicritério em ambiente SIG para geração de um mapa de áreas prioritárias à recomposição florestal, visando à conservação de recursos hídricos. Joerin *et al.* (2001) aplicaram essa metodologia para definição de áreas mais favoráveis à moradia na Suíça, Wang e Medley (2004) identificaram áreas propícias à restauração florestal com foco no balanço de carbono nos EUA, Feizizadeh e Blaschke (2012) analisaram diversos fatores necessários para áreas agricultáveis no Irã e Zhou *et al.* (2020) analisaram a cidade de Beijing em busca de locais mais adequados para a implantação de uma estação de carga fotovoltaica urbana.

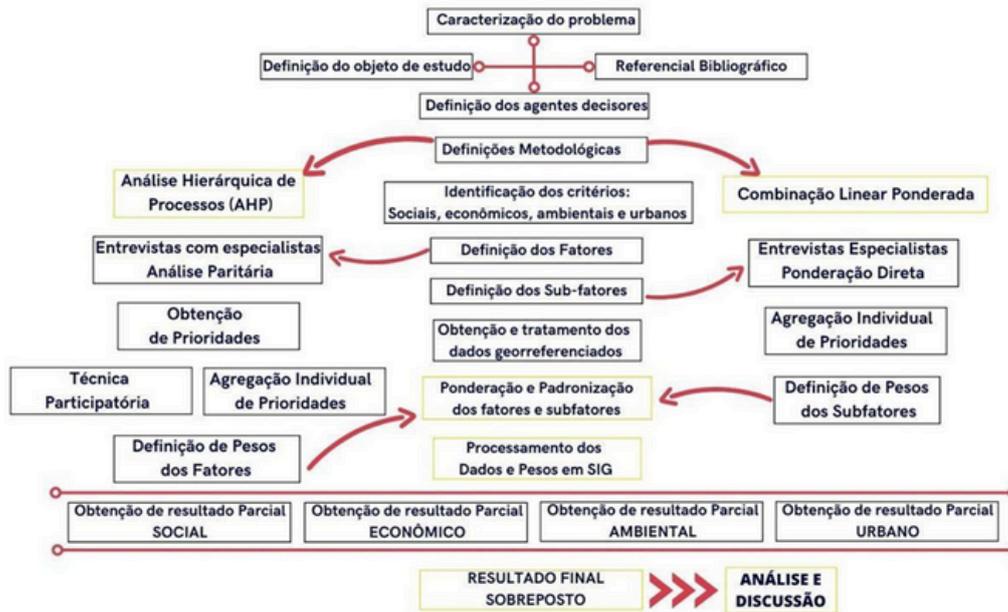
A análise multicritério consiste em abordar problemas complexos sob a visão de múltiplos critérios de menor complexidade e mais fáceis de serem trabalhados, sendo uma metodologia de caráter intuitivo, porém pautada por uma lógica hierárquica. Alguns estudos já realizaram a análise multicritério com resultados espaciais demonstrados em SIG (Valente; Vettorazzi, 2005; Feizizadeh; Blaschke, 2013; Javadian, M.; Shamskooshki; Momeni, 2011).

Há diversos métodos de análise multicritério que podem auxiliar na tomada de decisão. Alguns deles podem ser utilizados separadamente ou correlacionados um com outro (Foroozesh *et al.*, 2022; Mosadeghia, 2015). Nesta pesquisa foram escolhidos dois desses métodos: Análise Hierárquica de Processos (AHP - Analytical Hierarchy Process) e a Combinação Linear Ponderada para a definição dos pesos dos fatores.

3 METODOLOGIA

A primeira etapa da metodologia da pesquisa consistiu na revisão bibliográfica e estudo dos métodos de análise multicritério que foram utilizados e como foram implementados na pesquisa. Dessa forma, os principais critérios, fatores e subfatores a serem avaliados foram definidos pela pesquisa. A análise multicritério foi realizada com dois métodos: Análise Hierárquica Ponderada (AHP) e Combinação Linear Ponderada (CLP) (Figura 1).

Figura 1 – Esquema gráfico da metodologia realizada



Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Especialistas de áreas variadas como engenheiros civis, ambientais e arquitetos, educadores e gestores municipais foram convidados a realizar a primeira etapa de ponderação no método de Análise Hierárquica de Processos (AHP). Foi utilizada a Técnica Participatória que consiste na discussão em grupo sobre o objeto da pesquisa e definição de pesos de forma coletiva com os membros da pesquisa e também o método de Agregação Linear Prioritária com os especialistas que foram entrevistados individualmente. Nesse último método, as respostas dos entrevistados em separado foram ponderadas por meio de médias geométricas.

Para a entrevista da AHP somente foram pareados os critérios (social, econômico, ambiental e urbano) e todos os fatores (considerados 33 fatores). Já para o método CLP foram ponderados os subfatores (considerados 123 subfatores) (Quadro 1).

Quadro 1 - Exemplo do critério Econômico e seus Fatores e Subfatores

PROBLEMÁTICA	CRITÉRIOS	FATORES	SUBFATORES	DESCRIÇÕES
ESCOLHA DE LOCALIZAÇÃO DE ESCOLAS MUNICIPAIS INFANTIS	ECONÔMICO	Renda per capita	De 0 - 1,5 SM	Rendimento familiar dividido pelo número de membros da família. (IBGE)
			De 1,5 - 2,5 SM	
			De 2,5 - 3,5 SM	
			Acima de 3,4	
		Famílias chefiadas por mulheres	0 a 30%	Presença de responsáveis financeiros do gênero feminino (IBGE)
			31% a 45%	
			46% a 60%	
		Potencial de oferta de emprego	>60%	Estimativa da oferta de emprego na região (IBGE, Google, dados originais da pesquisa).
			Proximidade com Áreas de Comércio, Serviço e Institucionais	
Área de Indústrias				

Fonte: elaborado pelos autores (2022).

Para a ponderação no método CLP os especialistas foram novamente

entrevistados, porém a ponderação era feita não mais pareada, mas agora de forma direta classificando os subfatores como 1 (restritiva), 2 (muito baixa aptidão), 3 (baixa aptidão), 4 (média aptidão), 5 (boa aptidão) e 6 (muito boa aptidão). Os pesos de cada entrevistado foram, posteriormente, ponderados a partir de uma média aritmética entre as duas metodologias por meio da metodologia de Agregação Linear Prioritária. O valor de entrada do CLP foi considerado em pixel que será explicado no tópico 3.1.2 deste artigo.

Foi efetuado o levantamento de dados em órgãos governamentais, bancos de dados acadêmicos, obtenção de imagens de satélite e construção de um banco de dados próprio. Todos os dados foram geoprocessados, utilizando o programa ArcGIS (ESRI) em escala 1:2000, no Sistema de Referência Geográfico SIRGAS 2020 e, posteriormente, tratados no mesmo programa para serem utilizados como dados de entrada.

Os dados gerados foram classificados, de acordo com as informações, em sociais, ambientais, econômicos e urbanos, para que pudessem ser ponderados separadamente e posteriormente sobrepostos em um único resultado, agregando todas as áreas.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa foi baseado em dois métodos correlatos: Análise Hierárquica de Processos (AHP) (Saaty, 1977, 1980) e Combinação Linear Ponderada (Eastman, 2001). Apesar de serem métodos antigos, ainda é bastante restrito o uso dessas técnicas no ambiente urbano. Além disso, a correlação com tecnologias de geoprocessamento permitiu a análise espacial dos dados, o que corroborou com os resultados.

Os materiais utilizados foram entrevistas com especialistas e diversos dados espaciais, sociais e econômicos do município de Macaé obtidos in loco e com instituições públicas como o IBGE, o CPRM, a Prefeitura, entre outros.

3.1.1 Análise Hierárquica de Processos

A Análise Hierárquica de Processos (AHP) foi desenvolvida por Thomas Saaty (Saaty, 1977, 1980), e é um método de análise multicritério amplamente utilizado no apoio à tomada de decisão para resolução de conflitos negociados e em problemas com múltiplos critérios, e pode ajudar os decisores a estabelecer prioridades e tomar a melhor decisão frente a um problema. O método auxilia a tomada de decisão, baseando-se em critérios qualitativos e quantitativos, tendo como objetivo a análise do julgamento de especialista no processo de decisão, transformando os problemas complexos em problemas mais simples por hierarquia.

De acordo com Saaty (1980), para tomar uma decisão de forma organizada e

produzir prioridades necessárias para a decomposição da decisão, é preciso seguir as seguintes etapas: definição do problema de decisão; decomposição do problema; estabelecimento de prioridades; síntese; análise de sensibilidade e interação (Saaty, 1980).

A integração do SIG com a AHP faz-se quando se utilizam os pesos dos critérios determinados pelo método multicritério que, nesse caso, são representados como planos de dados geográficos ou planos de informações. Para a integração dos critérios como base na abordagem multicritério, vários métodos vêm sendo utilizados e, dentre esses, estão os métodos da Combinação Linear Ponderada e da Média Ponderada Ordenada (Maczewski, 2000).

Os critérios analisados são comparados dois a dois e atribui-se um valor da relação entre eles a partir de uma escala pré-definida, sendo essa relação de maior, igual ou menor importância. Essa escala é chamada de Escala Fundamental de Saaty (Tabela 2) (Saaty, 1980).

A integração do SIG com a AHP faz-se quando se utilizam os pesos dos critérios determinados pelo método multicritério que, nesse caso, são representados como planos de dados geográficos ou planos de informações. Para a integração dos critérios como base na abordagem multicritério, vários métodos vêm sendo utilizados e, dentre esses, estão os métodos da Combinação Linear Ponderada e da Média Ponderada Ordenada (Maczewski, 2000).

Os critérios analisados são comparados dois a dois e atribui-se um valor da relação entre eles a partir de uma escala pré-definida, sendo essa relação de maior, igual ou menor importância. Essa escala é chamada de Escala Fundamental de Saaty (Quadro 2) (Saaty, 1980).

Quadro 2 – Escala Fundamental de Saaty

Grau de importância	
1	Igual importância
3	Importância pequena de uma em relação a outra
5	Importância grande de uma em relação a outra
7	Importância muito grande de uma em relação a outra
9	Importância absoluta de uma em relação a outra
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Saaty (1980)

Inicialmente, a equipe de pesquisadores, a partir das referências bibliográficas estudadas, definiu quais critérios e fatores foram pareados. A partir daí, foram elaborados questionários, os quais foram respondidos pelos próprios pesquisadores envolvidos nesta pesquisa e por mais três gestores da secretaria de educação convidados para a pesquisa. O questionário inicial foi dividido em quatro critérios principais: social, econômico, ambiental e urbano, posteriormente, foram subdivididos em fatores. A ponderação é realizada pareando os mesmos com relação à importância de cada um para o tema em questão (educação), como apresentado como exemplo na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de organização das informações relativas aos critérios Social, Ambiental, Econômico e Urbano.

Exemplo: Qual deve ser a prioridade?		Resultado:			
Social	9 7 5 <u>3</u> 1 3 5 7 9	Econômico	1º	Social	52,00%
Social	9 7 <u>5</u> 3 1 3 5 7 9	Urbano	2º	Econômico	20,06%
Social	9 7 5 <u>3</u> 1 3 5 7 9	Ambiental	3º	Ambiental	18,28%
Econômico	9 7 5 3 <u>1</u> 3 5 7 9	Urbano	4º	Urbano	9,66%
Econômico	9 7 5 <u>3</u> 1 3 5 7 9	Ambiental			
Ambiental	9 7 5 <u>3</u> 1 3 5 7 9	Urbano			

Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Para realizar a ponderação das respostas foi necessário realizar uma Matriz de Comparações Paritárias ou Matriz de Prioridades. Primeiramente, esse tipo de matriz é sempre quadrada, pois o número total de linhas (i) é igual ao número total de colunas (j), que correspondem ao número de critérios (n), determinado pela ordem da matriz. Outra característica da matriz de comparações paritárias é a simetria em relação à sua diagonal principal.

Assim, cada elemento a_{ij} do vetor linha da matriz representa a dominância do critério A_i sobre o critério A_j . Enquanto que, na diagonal principal, aplica-se o valor um, pois representa a comparação de um critério em relação a ele mesmo (Saaty, 1980).

Os julgadores deverão realizar um total de $\frac{n(n-1)}{2}$ comparações paritárias, em que n é o número de linhas da matriz ou número de alternativas do critério analisado. A matriz de decisão " \vec{A} " é recíproca e positiva, ou seja, apresenta $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ e $a_{ij} > 0$.

$$\vec{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} & \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} & \dots & \dots & \dots & \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

(Eq. 1)

O grau de inconsistência de uma matriz de julgamentos paritários é medido por meio do autovalor. Deve ser avaliado quanto o maior autovalor da matriz (λ_{\max}) se afasta da ordem (n) da mesma. A Equação 2 foi proposta por Saaty para que seja medido o Índice de Consistência (IC) e, nela λ_{\max} é o Autovalor Máximo da Matriz.

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\text{Eq. 2})$$

Para calcular o Autovalor Máximo (λ_{\max}) da matriz, Saaty (1980) desenvolveu uma metodologia alternativa para o caso particular de matrizes de julgamento de valores, apresentada pelas Equações 3 e 4.

$$\vec{m} \times \vec{v} = \lambda_{\max} \cdot \vec{v} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:
 IC = Índice de Consistência
 m = Matriz de Julgamentos;
 v = Autovetor da matriz.

Logo,

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \times \sum \frac{(\vec{m} \times \vec{v})}{v} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para avaliar inconsistências em função da ordem da matriz de julgamentos, Saaty (1980) propôs realizar o cálculo da Razão de Consistência (RC). A RC permite avaliar inconsistências em função da ordem da matriz, sendo essa válida se o valor de RC for inferior a 0,10 para a matriz de ordem igual ou superior a 5 (Eq. 5) (Corseuil, 2006). Caso o valor seja maior que o definido, deve-se rever o modelo e/ou julgamentos.

$$RC = \frac{IC}{IR} \text{ (Eq. 5)}$$

Destaca-se que IR é um índice de consistência obtido para uma matriz recíproca, com elementos não-negativos e gerada de forma randômica e IC, o índice de consistência calculado por meio do maior autovalor da matriz e sua ordem (Figura 3) (Saaty, 1980).

Após a definição dos pesos pelo método AHP, os fatores foram novamente subdivididos em fatores mais específicos e foram realizadas as entrevistas com os especialistas externos para o método referente à Combinação Linear Ponderada.

Figura 3 - Exemplo de pareamento realizado por um dos entrevistados e valores de pesos e verificação de consistência (AHP)

FATORES SOCIAIS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	PESOS	%				
Saúde S1	1	5,0	3,0	0,1	0,2	1,0	5,0		0,068	0,2	0,2113	0,0588	0,0215	0,0667	0,2632	0,127064	12,71%	0,94	7,36		
Educação S2	0,2	1	0,2	0,1	0,2	1,0	1,0		0,0136	0,04	0,0141	0,0588	0,0215	0,0667	0,0526	0,038188	3,82%	0,27	6,97		
Área de Lazer S3	0,3	5	1	0,2	0,3	1,0	1,0		0,0204	0,2	0,0704	0,1176	0,0323	0,0667	0,0526	0,080005	8,00%	0,56	7,01		
Segurança Social (-) S4	7	7	5	1	7,0	7,0	7,0		0,4762	0,28	0,3521	0,5882	0,7527	0,4667	0,3684	0,469188	46,92%	4,02	8,58		
Segurança Social (+) S5	5	5	3	0,1	1	3,0	3,0		0,3401	0,2	0,2113	0,0588	0,1075	0,2	0,1579	0,182236	18,22%	1,61	8,81		
Escolaridade S6	1	1	1	0,1	0,3	1	1,0		0,068	0,04	0,0704	0,0588	0,0323	0,0667	0,0526	0,055547	5,55%	0,45	8,10		
Faixa Etária S7	0,2	1	1	0,1	0,3	1,0	1		0,0136	0,04	0,0704	0,0588	0,0323	0,0667	0,0526	0,047773	4,78%	0,35	7,30		
	14,7	25,0	14,2	1,7	9,3	15,0	19,0									100,00%					
																		7,73	0,12	0,09	OK!
																		Lamb máx:	IC	IC	IC

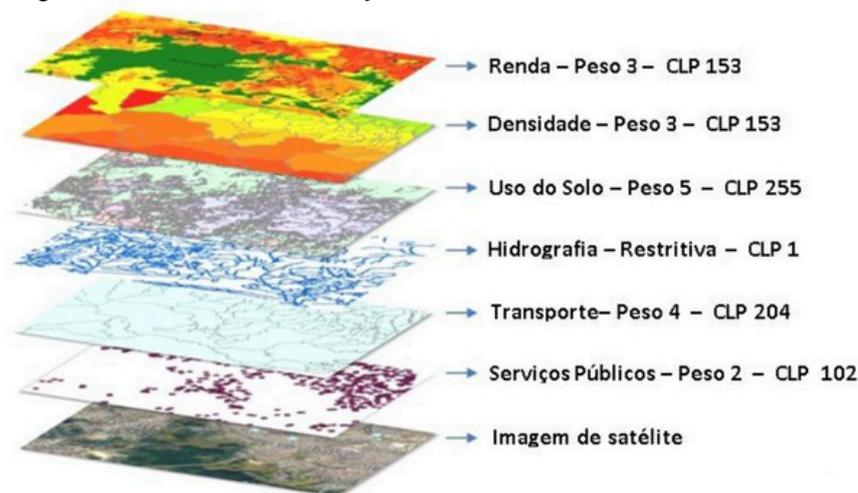
Fonte: Autores (2022)

3.1.2 Combinação Linear Ponderada

Na Combinação Linear Ponderada, os critérios são padronizados em uma escala numérica comum, recebem pesos pelos entrevistados e são combinados por meio de uma média ponderada (Voogd, 1983). O resultado é um mapa de prioridades que pode ser limitado espacialmente por uma ou mais restrições booleanas (Eastman, 2001). A Figura 3 é apresentada como exemplo de uma operação de Combinação Linear Ponderada, com fatores de entrada em formato raster, padronizados por meio da reclassificação das células para uma escala numérica comum, em que cada pixel possui um peso definido (influência).

Utilizado na integração de SIG com o método AHP, no método de Combinação Linear Ponderada, multiplica-se a média dos pesos dados pelos especialistas com a importância definida para cada fator ponderado pelo método AHP. Os critérios são padronizados em uma escala numérica comum, recebem pesos e são combinados por meio de uma média ponderada (Equação 6). O resultado da Combinação Linear Ponderada é uma superfície contínua que representa o grau de aptidão de um determinado local (Corseuil, 2006).

Figura 4 - Imagem ilustrativa de Combinação Linear Ponderada com fatores de entrada variados.



Fonte: elaborada pelos autores (2022)

Tais avaliações foram transformadas em:

$$CLP = \sum_{i=1}^n (C \cdot w) i \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que,

CLP: Quadrante resultante da combinação linear ponderada.

C: Critério ou fator.

w: Peso do critério ou fator.

A escala mais comum de padronização é a e 0 a 255 pixels, pois refere-se à escala de cores (Valente; Vettorazzi, 2005). No intuito de subdividir em seis classificações, os pesos utilizados foram 0 (restritivos), 51 (muito baixa aptidão), 102 (baixa aptidão), 153 (média aptidão), 204 (boa aptidão) e 255 (muito boa aptidão). Para facilitar a compreensão dos especialistas entrevistados a escala foi transformada em 1 (restritiva), 2 (muito baixa aptidão), 3 (baixa aptidão), 4 (média aptidão), 5 (boa aptidão) e 6 (muito boa aptidão), porém foi aplicada em pixel na ponderação final (dados de entrada). A ponderação somente foi realizada pelos entrevistados para os rasters finais (subfatores). A forma de ponderação final foi definida pelo peso dado pelo método AHP (fatores pareados), multiplicado pelo peso dado pelo método CLP (subfatores ponderados). Foi considerado um total de trinta e três (33) fatores e cento e vinte três (123) subfatores.

A obtenção do mapa final foi realizada por meio do *software* ArcGIS, após a reclassificação de cada *raster* com seu peso definido (já ponderado), na caixa de ferramenta *Spatial Analyst Tool*, ferramenta *Weighted Overlay* e posteriormente o cálculo final é feito com *Map Algebra*. É importante salientar que os fatores restritivos são multiplicados e não somados, além disso, o resultado restritivo foi alterado para 1 para que a fórmula final não tenha inconsistência.

3.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

Os dados utilizados referem-se a arquivos de formato Shapefile ou Raster, tratados no software ArcGIS, programa em que foram geoprocessados e realizada, matematicamente, a análise multicritério. Os dados foram obtidos para cada um dos fatores e subfatores como definidos no tópico anterior. Para os dados primários (brutos) foram utilizadas fontes confiáveis como órgãos governamentais e imagens de satélite (IBGE, CPRM, EMBRAPA, PREFEITURA, dentre outros). Alguns dados foram obtidos com auxílio do Google Earth e verificação in loco. Após adquiridos, os dados foram conferidos por amostragem e tratados, principalmente separados em categorias e projetados em UTM (Universal Transversa de Mercator) com Datum SIRGAS 2000 e Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 UTM ZONA 23S.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os critérios Urbano (34,9%) e Social (32,0%) foram os que foram ponderados com maior importância. O critério Ambiental (16,1%) apresentou a menor importância de acordo com os especialistas no método AHP. Muito provavelmente o fato de Macaé não ter muitos históricos de problemas ambientais com exceção de alagamentos, esse critério ganhou pouca notoriedade. Os fatores que receberam os maiores pesos pelo método AHP foram 'Área de Lazer' com 11,3% de importância e 'Infraestrutura'. Percebe-se que para a maioria dos especialistas as questões ligadas ao acesso ao lazer e infraestrutura são de grande notoriedade na localização de escolas infantis visto que a atividade física e o bem-estar estão diretamente relacionados à qualidade de vida. Além disso, o acesso mínimo à água, esgotamento sanitário e coleta de lixo também garantem a saúde e o bem-estar infantil. Os fatores com menor importância foram 'Linha Férrea' e 'Vias expressas' com 0,1% e 0,9%, respectivamente. Acredita-se que o alto fluxo de veículos nas vias expressas e a presença da linha férrea podem ser um risco para as crianças. Ainda, o fato de não haver trem de passageiros no município não torna esse modal um elemento importante de deslocamento (Figura 5).

Tabela 3 - Resultado de ponderação do critério, fatores e subcritérios Sociais no método CLP, AHP e o valor final de entrada dos pesos no mapa.

CRITÉRIO	FATOR	SUBFATOR	CLP (exemplo 1)	CLP Pixel (exemplo 1)	CLP (Média Geométrica)*	AHP *	PESOS FINAIS **
SOCIAL	Saúde	100m a 500m	2	51	67,2	1,9	127
		500m a 1km	4	153	137,7	1,9	261
		1km a 3km	3	102	110,6	1,9	210
		Mais de 3km	2	51	58,5	1,9	111
	Educação	(Primária e Fundamental 1) 500m	2	51	58,5	2,8	164
		(Primária e Fundamental 1) 1km	3	102	97,2	2,8	272
		(Primária e Fundamental 1) 3km	4	153	149,4	2,8	418
		(Primária e Fundamental 1) >3km	5	204	201,3	2,8	563
		(Fundamental 2 e Médio) 500m	5	204	210,5	2,8	589
		(Fundamental 2 e Médio) 1km	4	153	141,0	2,8	395
		(Fundamental 2 e Médio) 3km	3	102	96,2	2,8	269
		(Fundamental 2 e Médio) >3km	2	51	63,5	2,8	177
	Área de Lazer	100m a 500m	5	204	201,3	11,3	2274
		500m a 1km	4	153	141,0	11,3	1593
		1km a 3km	2	51	56,3	11,3	636
		Mais de 3km	2	51	62,1	11,3	702
	(+) Segurança Social	Proximidade do serviço (delegacia, bombeiro, etc): 500m	2	51	51	3,6	183
		Proximidade do serviço (delegacia, bombeiro, etc): 1km	3	102	88,6	3,6	319
		Proximidade do serviço (delegacia, bombeiro, etc): 3km	5	204	208,6	3,6	751

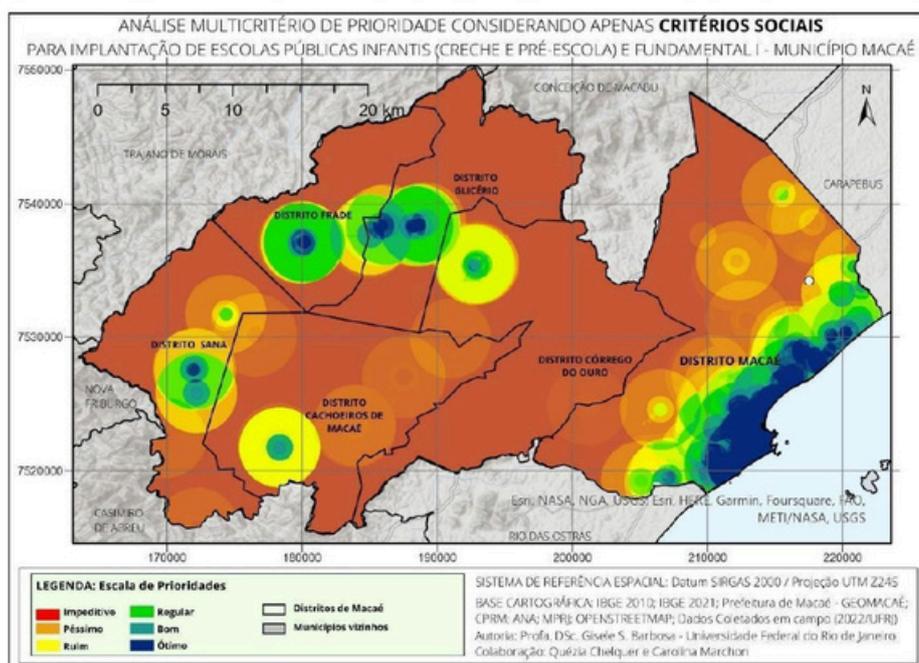
Nota: * Uma casa decimal e valor em porcentagem; ** nenhuma casa decimal.

Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Inicialmente, os resultados foram gerados de forma a verificar os potenciais de implantação separadamente por cada critério. Com relação ao critério social, os subfatores que foram mais considerados pelos especialistas foram a proximidade de áreas de lazer e a faixa etária das crianças atendidas. Verificar onde está a maioria das crianças, que são o foco principal do serviço oferecido (pré-escolas e fundamental 1) realmente é um fator importante para a eficiência das implantações de novas escolas. Oferecer acesso às áreas de lazer também melhora a qualidade de vida, porém, destaca-se, nesta pesquisa, que a cidade possui poucas áreas de lazer públicas e o aumento da oferta dessas áreas, principalmente em regiões com uma população com renda mais baixa, poderia melhorar bastante a distribuição de escolas, considerando esse fator (área de lazer). Ao considerar apenas o critério social e seus fatores e subfatores, as regiões que mais se adequariam à implantação de escolas seriam o núcleo urbano do município e os aglomerados urbanos dos demais subdistritos (Figura 6).

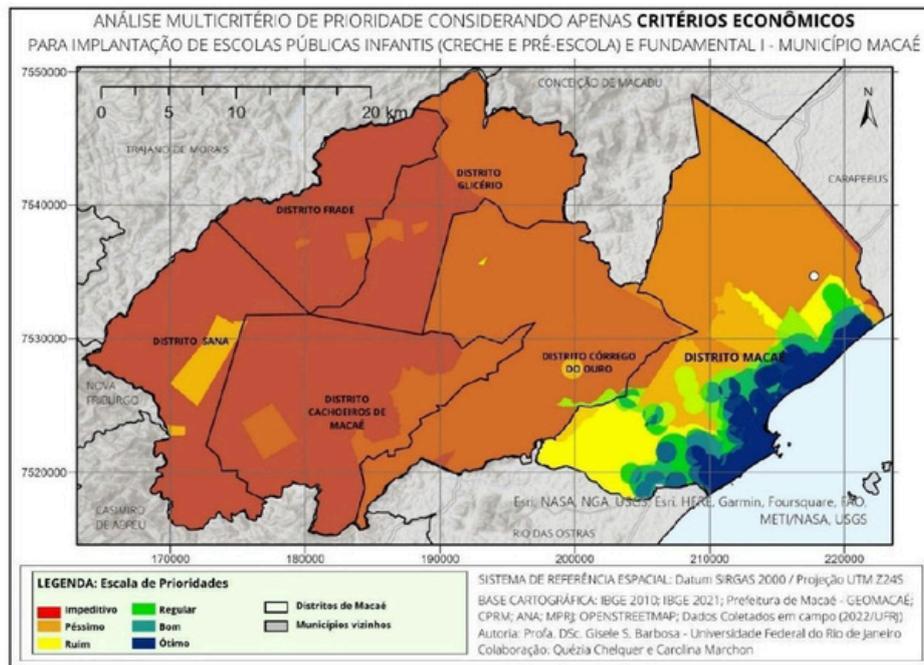
Ao considerar apenas o critério ambiental com todos os seus fatores e subfatores ponderados pelos especialistas, verificou-se que as áreas de maior aptidão estão no distrito de Macaé onde se encontra a área urbana do município. Destaca-se que as áreas a oeste são regiões de serra com mais ocorrências à suscetibilidade de deslizamento, com alta declividade e muitas áreas de preservação ambiental. Já no distrito de Macaé, o que se destaca é a menor aptidão para áreas de suscetibilidade a alagamento que torna algumas regiões mais inapropriadas devido à proximidade de áreas de rio e baixadas (Figura 7).

Figura 6 - Resultado da análise multicritério (AHP e CPL) considerando apenas os Critérios Sociais e seus fatores e subfatores



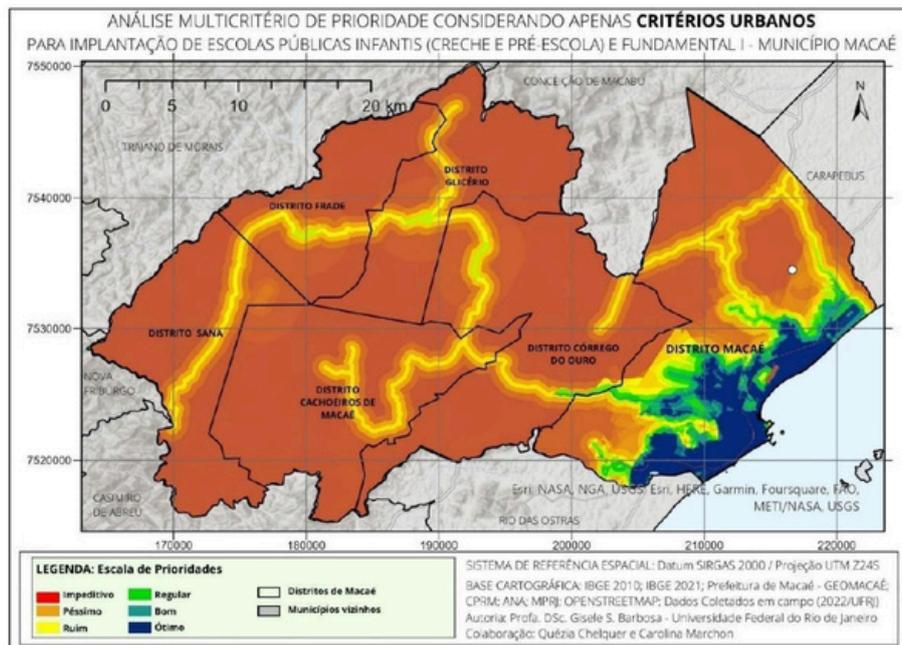
Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 8 - Resultado da análise multicritério (AHP e CPL) considerando apenas os Critérios Econômicos e seus fatores e subfatores



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 8 - Resultado da análise multicritério (AHP e CPL) considerando apenas os Critérios Econômicos e seus fatores e subfatores



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

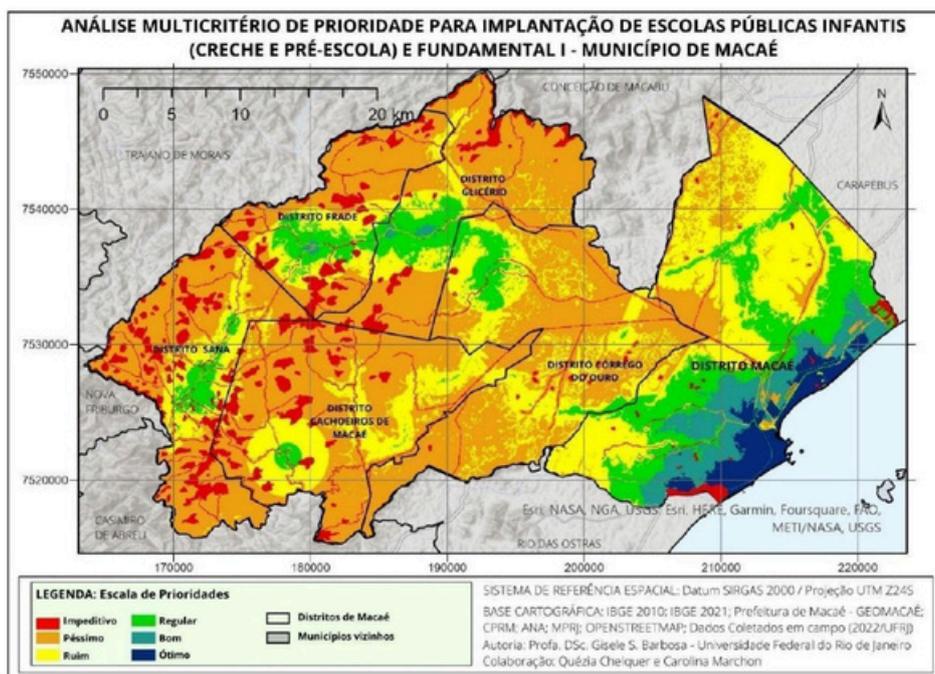
Ao considerar apenas o critério urbano e seus fatores e subfatores, a presença de vias urbanas e estradas teve grande influência nos resultados, principalmente, as vias que possuem maior número de rotas de ônibus além da densidade urbana e a presença de infraestruturas como saneamento básico e energia. Os dados de uso do solo também contribuíram bastante para o maior número de áreas aptas à construção de escolas ser no núcleo urbano e mais próximas da área central e bairros residenciais e mistos (Figura 9).

Após a análise por critério, foi realizada a análise com a sobreposição de todos os critérios e seus respectivos fatores e subfatores (Figura 10). Foi um total de quatro (4) critérios, vinte e nove (29) fatores e cento e cinquenta e seis (156) subfatores.

A sobreposição dos dados resultou no mapa final de aptidão para a implantação de Escolas Públicas Infantis (creche e pré-escola) e Fundamental I. As áreas que se destacaram foram a região central do núcleo urbano, as áreas centro sul e os bairros próximos ao aeroporto da cidade. Algumas áreas foram consideradas restritas, principalmente áreas de grande declividade e áreas de lago e rios principais. Uma área de reserva e alagamento que, atualmente, vem sendo ocupada por aglomerado subnormal deve ser destacada nos resultados, pois é uma área de risco para a população e está se fixando no local. O resultado do mapa final também sugere as direções próximas de expansão urbana.

Outra questão importante a se considerar é que os critérios, fatores e subfatores avaliados sugerem locais com maior densidade, infraestruturas e serviços urbanos, o que demonstra que áreas que hoje são pouco estruturadas podem vir a ser espaços aptos à implantação de escolas, caso sejam feitas as devidas estruturas e implantação de serviços e áreas de lazer.

Figura 10 - Resultado da análise multicritério (AHP e CPL) considerando todos os Critérios e seus fatores e subfatores

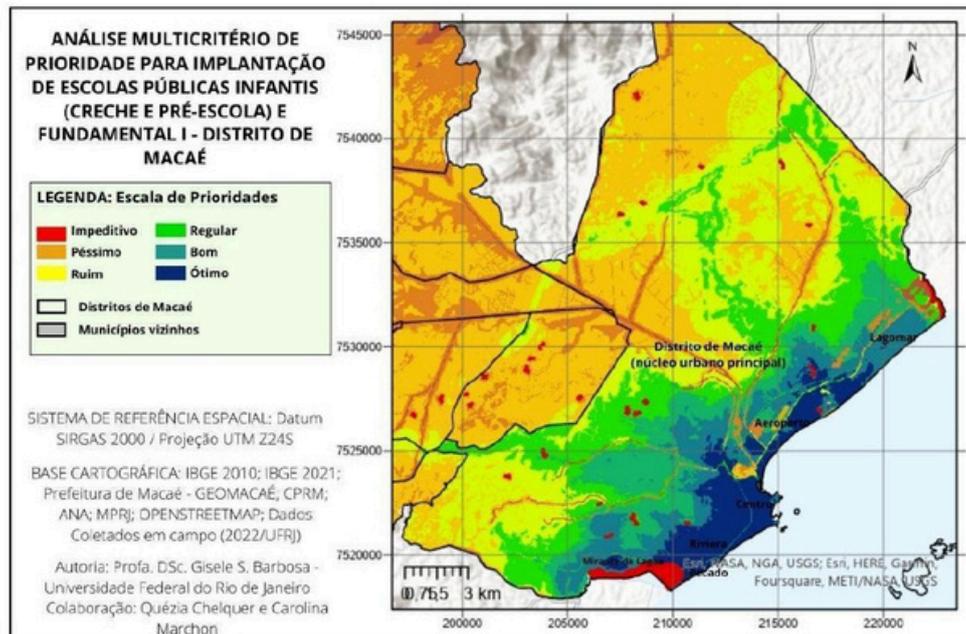


Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Os núcleos urbanos dos demais distritos, apesar de pequenos, também demonstram aptidão de regular à boa para a implantação de escolas infantis e fundamental I. Os resultados foram alcançados, considerando o município completo e se mostraram coerentes. Dessa forma, a pesquisa se reestrutura para a inclusão de entrevistas não somente com especialistas, mas também com usuários e população em geral. Ainda, será priorizado para a análise o Distrito de Macaé onde se encontra o

núcleo urbano principal do Município.

Figura 11 - Resultado da análise multicritério (AHP e CPL) considerando todos os Critérios e seus fatores e subfatores somente no Distrito de Macaé



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

A análise com ênfase no Distrito de Macaé, onde se encontra a sede urbana do município, apresenta como resultado alguns bairros com melhores infraestruturas e com menor risco ambiental. Percebe-se também que são bairros com alta densidade populacional. Porém, alguns bairros como o Lagomar, por exemplo, apesar de apresentar uma densidade que justificaria a implantação de uma escola, não está adequado para recebê-la.

É importante salientar que esses resultados são dinâmicos e a construção de uma praça, por exemplo, ou a alteração de qualquer um dos fatores poderá transformar um ambiente não apto em apto. Dessa forma, este estudo também poderá ser utilizado para verificar quais são os fatores e subfatores que tornam um bairro que possui a demanda de uma escola pública a não ser apto para recebê-la e, assim, a prefeitura poderá realizar as obras necessárias para viabilizar a construção de uma escola em um ambiente mais adequado à qualidade de vida urbana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de escolas públicas tem repetido, muito frequentemente, padrões que dificultam ou até mesmo impedem a frequência dos estudantes nas regiões definidas pelos gestores. Essa questão não é surpreendente, uma vez que os critérios decisórios de localização das escolas envolvem diretamente questões econômicas e políticas, porém nem sempre priorizam questões de facilidade de acesso e presença de infraestruturas, por exemplo. Assim, muitas vezes as escolas são implantadas em áreas

distantes das populações usuárias e o deslocamento se torna dificultoso e caro.

Os resultados obtidos a partir da análise realizada mostraram a indicação de regiões mais aptas à implantação de Escolas Públicas Municipais de educação infantil e de ensino fundamental do primeiro segmento (1º ao 5º ano), no município de Macaé. Dessa forma, apesar de ter sido realizada em uma macro escala (todo o Município e posteriormente no Distrito Urbano de Macaé) e com um grupo restrito de especialistas, a metodologia se mostrou relevante para a gestão pública na escolha de localização de futuros empreendimentos educacionais, podendo ser aplicada em diferentes cidades e a diferentes serviços urbanos. A continuidade desta pesquisa foi dada com a inclusão das ponderações realizadas pelos usuários ampliando os resultados e incluindo a participação comunitária na gestão urbana municipal.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais de Educação Básica**. Brasília, DF: MEC, 2013.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São Paulo: INPE, 2001.
- CARREIRA, Denise . A Educação e o Direito Humano à Cidade. *In*: Denise Carreira. (org.). **Educação e desigualdades na cidade de São Paulo**. 1. ed. São Paulo, SP: Ação Educativa, 2013. v. 1. p. 09-24.(Em questão; 8)
- CORSEUIL, C. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- EASTMAN, J. Idrisi Kilimanjaro. **Guide to GIS and Image Processing**. Worcester: Clark University, 2003. Manual Version 14.00, 2003.
- FEIZIZADEH, B.; BLASCHKE, T. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS. **Journal of Environmental Planning and Management**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 1-23, 2013.
- FOROOZESH, F., MONAVARIA S., SALMANMAHINY, A., ROBATI, M., RAHIMI, R. Assessment of sustainable urban development based on a hybrid decision-making approach: Group fuzzy BWM, AHP, and TOPSIS–GIS. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 76, n. 17, 2022.
- FORMAN, E., PENIWATI, K.. Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 108, p. 165-169, 1998.
- JAVADIAN, M., SHAMSKOOSHI, H., MOMENI M. Application of Sustainable Urban Development in Environmental Suitability Analysis of Educational Land Use by Using Ahp and GIS in Tehran. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 21, p. 72-80, 2011.
- MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1999.

MOSADEGHIA, R.; WARNKENB, J.; TOMLINSONA, R.; MIRFENDERESK, H. Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 49, p. 54-65, 2015.

SAATY, T. **The analytic hierarchy processes**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SANTOS, O.; MULLER, C. **Direito Humano à Cidade**. Curitiba: Plataforma DHESCA, 2010.

SARTORI, A.; SILVA R.; ZIMBACK, C. Combinação Linear Ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente Sig. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1079-1090, 2012.

VALENTE, R. D. O. A., & VETTORAZZI, C. A. Comparação entre métodos de avaliação multicriterial, em ambiente SIG, para a conservação e a preservação florestal. **Scientia Forestalis**, [s. l.], n. 69, p. 51-61. 2005.

VOOGD, H. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. London: Pion, 370p. 1983.

ZHOU, J.; WU, Y.; WU, C.; HE, F.; ZHANG, B.; LIU, F. A geographical information system based multi-criteria decision-making approach for location analysis and evaluation of urban photovoltaic charging station: A case study in Beijing. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 205, 2020.

NOTAS DE RODAPÉ

¹ Doutora em Urbanismo. Professora no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: giselebarbosa@poli.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8535-6289>

² Graduanda em Engenharia Civil - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ.

³ Graduanda em Engenharia Civil - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ.

⁴ Mestre em Engenharia de Reservatório e de Exploração. Professora no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: beatrizrbecker@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6972-5718>

⁵Doutor em Engenharia Civil. Professor em Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: bruno.barzellay@macae.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0242-4205>

⁶ Mestre em Engenharia de Transportes. Professor no Instituto Politécnico - Centro Multidisciplinar de Macaé - Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. E-mail: conradoplaza@macae.ufrj.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0640-5327>



Macaé
P R E F E I T U R A
Secretaria Adjunta | ENSINO SUPERIOR



Observatório
da Cidade de Macaé

ISBN: 978-65-89225-03-4

CD



9 786589 225034