

LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES INDESEJÁVEIS NO CONTEXTO DA GESTÃO DE DESASTRES

Luís Fernando Mota Calazans

Universidade Estadual de Maringá

luis.f09@hotmail.com

Márcia Marcondes Altimari Samed

Universidade Estadual de Maringá

mmasamed@uem.br

RESUMO

Desastre é um evento de causa natural e/ou tecnológica que afeta a normalidade do funcionamento social e, por extensão, provoca danos e prejuízos à sociedade, afetando a economia, ecossistemas, estrutura básica e desenvolvimento humano. Por instalação indesejável entende-se que essa instalação deve-se localizar, de preferência, o mais distante possível das populações, assim, em casos de desastres, deve ocorrer o menor dano possível. Neste artigo, decidiu-se abordar a localização de um aterro sanitário. Deste modo, apresenta-se, de forma resumida, a aplicação de um método de apoio à tomada de decisão com múltiplos critérios (Analytic Hierarch Process – AHP) para definir a melhor localização para um aterro sanitário, no contexto da gestão de desastres, no município de Maringá. A área dada como prioritária teve um destaque muito maior que as outras, recebendo quase metade do peso total, dessa forma deve ser extremamente priorizada para receber a instalação.

Palavras-chave: gestão de desastres; problema de localização; política nacional de resíduos sólidos; analytic hierarchy process.

ABSTRACT

Disaster is a natural and/or technologic cause event that affects the normality of social behavior and, besides of that, causes damages and loses to society, affecting the economy, environment, basic structure and human development. By undesirable facilities, it should be understood that the facilities should be placed, preferably, as far as possible of population, thus, in disaster cases, it should occur the lowest possible damage. In this article, it was decided to approach the localization of a landfill. So, is shown, in a summarized way, the application of a support method to decision making with multiple options (Analytic Hierarch Process – AHP) to define the best location to a landfill on the disaster risk management context, at Maringá. The prioritized zone had a bigger preference than the others, receiving almost half of the total weight, this way it should be extremely prioritized to receive the landfill.

Keywords: Disaster risk management; facilities location; national policy of solid waste; analytic hierarchy process.

Introdução

Tempos atrás se acreditava que a logística era uma ferramenta que mais trazia despesas que benefícios, isso devido aos seus resultados muitas vezes serem comprovados apenas em longo prazo, fazendo com que medir a sua vantagem não fosse uma tarefa simples. Entretanto, cada vez mais a segurança das populações está em risco, devido ao grande número de instalações criadas pelo homem e principalmente o imenso dano causado pelas mesmas quando são vítimas de falhas.

Uma instalação pode assumir diferentes propósitos, caráter e formas, elas podem ser públicas, privadas, militares, de negócios, e mais, cada uma tem um objetivo. Por isso, cada instalação obedece a suas próprias exigências e necessidades. Alguns exemplos são escolas, hospitais, barragens, aeroportos e centros de distribuições. Problemas de localização de instalações visam encontrar o local mais apto a receber uma ou mais

instalações dentro de uma determinada região, levando em consideração leis sociais e ambientais, pertinentes distâncias e acessos ao local, mercado consumidor, tamanho e relevo do local indicado, entre outros fatores que podem ser variáveis de acordo com o perfil da instalação. No caso das instalações indesejáveis o estudo se torna ainda mais importante pelo fato de ninguém desejar estar próximo desses locais, que na maioria do tempo além de oferecerem riscos ao meio ambiente também oferecem riscos à integridade e à saúde dos residentes.

O desastre de Chernobyl em 1986, na então República Socialista Soviética Ucraniana, foi o acidente nuclear mais alarmante da história, custando 31 mortes no momento do acidente e espalhando vestígios como câncer e deformações, os quais levaram mais milhares de pessoas à morte. A necessidade de 500 mil trabalhadores e um custo de 306 milhões de dólares para conter a contaminação radioativa mostrou o despreparo do país para combater desastres.

Tempos após o incidente de Chernobyl, em Fukushima, no ano de 2011, um tsunami atingiu a Usina Nuclear de Fukushima I, causando danos aos reatores e liberando poluição radioativa, para evitar maiores problemas a área foi evacuada, no entanto acredita-se que muitas mortes posteriores foram devidas às más condições de evacuação, como viver em abrigos temporários.

O estado alarmante desses dois desastres pode ser notado devido a serem os únicos na história a atingirem o nível 7 na Escala Internacional de Acidentes Nucleares.

Em âmbito nacional pode-se destacar o Acidente Radiológico de Goiânia, quando um aparelho de radioterapia foi encontrado por catadores de sucata, que o desmontaram e o repassaram para terceiros. Tal feito gerou um rastro de contaminação radioativa por Césio-137, fazendo com que o acidente fosse classificado em nível 5 na Escala Internacional de Acidentes Nucleares, e fosse o maior acidente nuclear do mundo com ocorrência fora de uma usina.

Recentemente, no Brasil, o rompimento da barragem de Fundão da mineradora Samarco, ocasionou milhões de metros cúbicos de lama e rejeitos de mineração que escoaram sobre o vilarejo de Bento Rodrigues, deixando vários mortos e desaparecidos. Além de Bento Rodrigues, outras cidades e vilarejos foram afetados deixando pessoas desabrigadas. A barragem da mineradora Samarco é um exemplo do

que se denomina na literatura de “instalações indesejáveis”, uma vez que se deseja que sua localização se dê o mais distante possível das populações.

Neste contexto, o objetivo deste artigo consistiu em estudar modelos de otimização para a determinação da localização de instalações indesejáveis no contexto da Gestão de Desastres. Para tanto, foram estudados os principais casos de desastres causados por instalações indesejáveis e um modelo de otimização foi desenvolvido visando estabelecer a melhor localização para uma instalação indesejável a partir de dados reais. O modelo proposto está inserido na etapa de Preparação da Gestão de Desastres e, deste modo, espera-se contribuir para a segurança das populações vizinhas desse tipo de instalação e otimizar as ações de resposta para possíveis desastres.

2 Revisão de literatura

2.1 Gestão de desastres

Desastre é um evento de causa natural e/ou tecnológica que afeta a normalidade do funcionamento social e, por extensão, provoca danos e prejuízos à sociedade, afetando a economia, ecossistemas, estrutura básica e desenvolvimento humano. Os estudos e pesquisas sobre desastres compreendem uma área interdisciplinar, a sinistrolgia.

Por sua vez, a Gestão de Riscos de Desastre é um processo complexo cujo fim último é a redução ou previsão e controle permanente de riscos na sociedade (CEPREDENAC–PNUD, 2003).

Infelizmente, quando se trata de informações necessárias para a gestão de desastres o Brasil ainda não possui um banco de dados preciso e objetivo, ainda assim consegue-se levantar quais seriam alguns dos materiais necessários para a realização da gestão de desastres, encaixando-se entre eles mapas temáticos da área ou região em que o bem está localizado, tal como um mapa de vulnerabilidade a riscos. Podem ser úteis também, uma série de mapas gerais que descrevam os principais riscos (ou focos de desastres naturais) que provavelmente afetariam bens do Patrimônio Mundial em determinadas regiões. Essas informações são geralmente disponibilizadas pelas principais agências nacionais, regionais ou locais responsáveis pela gestão de desastres. Para uma melhor utilização das informações, deve-se tanto incluir um

conjunto de mapas que mostrem a localização dos bens do Patrimônio Mundial, juntamente com os focos de desastres naturais conhecidos, como disponibilizar, no plano, endereços digitais para mapas desse tipo. Uma boa fonte de informações sobre focos de desastres naturais é a Série de Gestão de Riscos de Desastres do Banco Mundial (Dilley et al., 2005).

Para Chan (2013), o foco apenas nas equipes de resgate do governo não são suficientes. Ele afirma que para uma efetiva resposta aos desastres é necessária a contribuição da comunidade, tanto das pessoas afetadas quanto ao setor do voluntariado.

Entende-se, portanto, que a responsabilidade da redução do risco de desastre é uma missão que compete a todos e, por ética e princípios de humanismo e solidariedade, deve fazer parte do cotidiano, desde a forma como se educam os mais jovens até a forma como planejamos as nossas cidades (Carvalho et al., 2013).

2.2 Problema de localização

Pizzolato (2000) define o problema de localização de um posto de serviço como a escolha de uma posição geográfica para sua operação de forma que seja maximizada uma medida de utilidade, satisfazendo diversas restrições, em particular restrições de demanda.

Conforme pode ser observado nos trabalhos de ReVelle *et al.* (2008) e Farahani *et al.* (2012), na literatura, problemas de localização e/ou cobertura têm sido abordados com frequência. Contudo, a maior parte dos trabalhos trata da localização de instalações tais como plantas industriais, pontos comerciais, escolas, hospitais, serviços de emergência, etc. De acordo com a pesquisa realizada, poucos artigos abordam o problema de localização de instalações indesejáveis.

De acordo com Colombo *et al.* (2016), um problema de localização de instalações consiste basicamente em definir a localização geográfica de uma série de instalações de forma a atender a um conjunto de centros de demanda cujas posições são conhecidas, e buscando otimizar uma determinada função objetivo.

De maneira geral, estudar os fatores que influenciam a decisão da localização de uma organização permite compreender os custos e as receitas que um determinado empreendimento pode estar sujeito, o que por tabela determina a capacidade de sobrevivência e o grau de competitividade desta organização. Conforme destaca Passos *et al.* (2007), a questão da localização industrial sempre foi muito complexa, e, portanto, criar uma teoria geral que explique os fatores determinantes de tal decisão é muito difícil de ser desenvolvida.

Por último, e para explicitar devidamente a diferença, é importante enunciar que para as instalações desejáveis procura-se que sua localização esteja a mais próxima possível da demanda, já nas instalações indesejadas procura-se situá-la o mais distante possível da demanda.

3 Metodologia

Para que se concretize o objetivo de encontrar uma localização ideal para a instalação de um aterro sanitário, o emprego do método AHP foi a ferramenta selecionada de acordo com as pesquisas realizadas e pela facilidade de modelagem e implementação. O AHP, proposto por Saaty (1980), é uma ferramenta de tomada de decisões, que pode auxiliar no ajuste de prioridades e torna a decisão racional e não intuitiva e subjetiva. A presente seção tem o propósito de esclarecer o caráter e funcionamento do método em questão.

Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo reduz-se a uma seqüência de comparação por pares, com relações de feedback, ou não, entre os níveis. Essa foi a forma racional encontrada para lidar com os julgamentos. Através dessas comparações por pares, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro ou de uma alternativa sobre a outra.

A partir da média das avaliações, uma matriz de julgamento é formada, nessa matriz o elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da

escala, e o menos importante, como o inverso dessa unidade, fato que pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo da matriz de julgamento do método AHP

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Fonte: adaptado do Saaty (1980).

Para garantir que o modelo desenvolvido esteja dentro dos padrões, o próximo passo é calcular a consistência do modelo, para isso deve-se iniciar calculando o Índice de Consistência (IC), dado pela equação: $IC = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$.

Onde “ λ_{max} ” representa o maior auto valor da matriz de julgamentos paritários e “n” sendo a quantidade de elementos que estão sendo comparados.

Para determinar a Razão de Consistência (RC), e assim se o modelo é viável, basta dividir o Índice de Consistência (IC) pelo Índice Randômico (IR), dado de acordo com a quantidade de elementos em questão, como observado na Figura 2.

Figura 2 - Índice randômico

Matrix Dimension	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random Index	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Correa (2013).

O último passo da análise é conferir o valor de RC, o qual deve ser menor que 0,10, garantindo assim a viabilidade do modelo em questão.

3.1 Critérios

3.1.1 Critério logística e subcritérios

No critério logística, o objetivo é pesquisar sobre as facilidades e eventuais dificuldades que possam ser encontradas para o acesso a determinada zona, nesse aspecto avaliam-se as condições das estradas rurais existentes em cada zona, as distâncias encontradas para os caminhões se locomoverem das áreas de coleta até a zona desejada e qual a acessibilidade oferecida pelo local candidato. Assim determinam-se os subcritérios Estradas Rurais, Acessibilidade e Distâncias.

3.1.2 Critério população e subcritérios

No critério população é avaliada, principalmente, a distância em que as residências estão do local escolhido para a instalação do aterro sanitário. De modo mais generalizado, é feita uma diferenciação para grandes densidades populacionais, zonas industriais e residências isoladas. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), deve-se adotar no mínimo uma distância de 1500m para núcleos populacionais e 300m para residências isoladas. Portanto, determinam-se os subcritérios Conjunto Populacional, Zonas Industriais e Residências Isoladas.

3.1.3 Critério área e subcritérios

No critério área são avaliadas diversas condições que podem ser encontradas nas proximidades do local, também se deve considerar a existência de diversas leis ambientais que, obrigatoriamente, devem ser obedecidas para que se possa continuar com o caráter do projeto. Pensando nisso tem-se por objetivo pesquisar um local onde o relevo seja capaz de comportar a instalação do aterro sanitário e que existam jazidas acessíveis de material para cobertura do lixo, onde o solo seja de baixa permeabilidade e que tenha tamanho suficiente para a instalação. Dessa forma, foram definidos os subcritérios Relevo, Jazidas, Permeabilidade e Tamanho.

3.1.4 Critério hidrogeologia e subcritérios

No critério hidrogeologia são analisados todos os tipos hidrogeológicos presentes no município de Maringá e todas as leis previstas pelos órgãos responsáveis pela instalação de aterros sanitários. Tendo esse conhecimento deve-se analisar por onde corre o manancial de abastecimento público, assim mantendo a instalação totalmente fora de seu curso, também manter a distância segura de rios, nascentes e demais corpos hídricos, como previsto por lei, além de possuir um monitoramento das eventuais águas subterrâneas. Assim determinam-se os subcritérios Manancial Público, Corpos Hídricos e Águas Subterrâneas.

3.1.5 Critério recursos e subcritérios

Por se tratar de uma instalação fora da área urbana e também distante dos centros populacionais, deve-se estabelecer um local onde possa ser obtida com facilidade a mão de obra necessária para o seu funcionamento. De forma a eliminar gastos extras, seria altamente considerável a escolha de um local para instalação no qual o terreno já pertença a quem deseja construí-lo, ou que possua facilidade de aquisição. Por último, de uma maneira mais generalizada, deve-se pesquisar um local onde os custos, principalmente de construção e manutenção sejam os mais baixos possíveis. Dessa maneira determinam-se os subcritérios Recursos Humanos, Recursos Físicos e Recursos Financeiros.

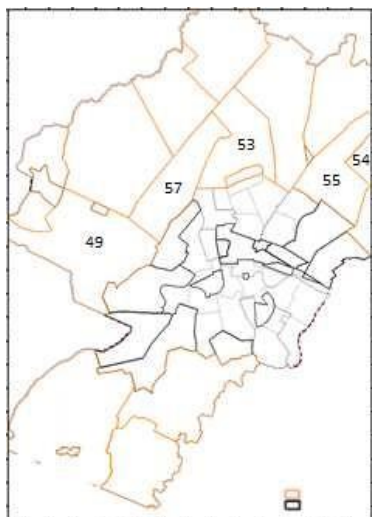
3.2 Definição das localidades candidatas

A definição das zonas candidatas se deu a partir de pesquisa realizada no site da Prefeitura de Maringá, utilizando as ferramentas disponibilizadas no Portal GEOMARINGÁ, esse que possui dados do IBGE 2010 e gera visualizações de diversos mapas da cidade. O município encontra-se dividido em 61 zonas fiscais, sendo 46 zonas urbanas, 10 zonas rurais e 5 zonas mistas.

Uma análise foi realizada utilizando-se os critérios e subcritérios anteriormente definidos, onde foram gerados mapas da cidade de acordo com o censo de 2010, o uso e ocupação do solo, bacias hidrográficas e sistema de abastecimento de água.

Realizando o cruzamento desses dados foi possível eliminar zonas que não possuem condições mínimas para a instalação do aterro sanitário. Deste modo, foram selecionadas cinco zonas candidatas, as quais estão enumeradas em destaque na Figura 3.

Figura 3 - Mapa de Maringá dividido em 61 zonas fiscais



Fonte: Prefeitura Municipal de Maringá (2017).

3.2.1 Zona mista 49

O destaque dessa zona, como as demais selecionadas, foi possuir um território que se enquadra em todas as leis ambientais pré-definidas pela PNRS. Essa zona possui um grande território, mas não existem nela grandes conjuntos populacionais e o sistema de abastecimento de água está completamente fora de sua área.

3.2.2 Zona rural 53

Além de respeitar as leis ambientais, essa zona possui proximidade com a região norte do perímetro urbano de Maringá. Apesar de, em sua área existir um local de amostragem para fiscalização da qualidade da água, a sua região norte está completamente fora do sistema de abastecimento, além de possuir um baixo nível populacional e estar longe de qualquer centro urbano.

3.2.3 Zona rural 54

O grande destaque dessa zona se dá pelo fato de ser uma zona rural, com proximidade da cidade e que quase toda a sua área está livre de população, mesmo de residências isoladas. No quesito da hidrogeologia a zona está completamente fora do manancial de abastecimento público.

3.2.4 Zona rural 55

Apesar de o sistema de abastecimento público chegar aos centros urbanos cruzando seu território, essa zona possui uma grande área, o que permite que uma grande extensão na sua região sudeste esteja apta a receber a instalação do aterro sanitário. Em geral, essa região apta está livre de centros populacionais e possui uma proximidade com a região nordeste do perímetro urbano.

3.2.5 Zona rural 57

O formato do território dessa zona permite que muitos pontos estejam aptos a receber a instalação, ela possui proximidade de vários pontos da região noroeste e norte do perímetro urbano de Maringá. Essa zona também está totalmente livre dos cursos de água do abastecimento público, e sua região norte está vasta de qualquer centro populacional.

3.3 Avaliação dos especialistas

Primeiramente, quatro especialistas foram definidos de acordo com suas áreas de pesquisa, saber: áreas ambiental, ambiental estratégica, tratamento de resíduos e engenharia urbana. O contato se deu de forma integralmente presencial, através dos departamentos da Universidade Estadual de Maringá.

Os critérios foram comparados e avaliados, tornando possível a coleta de informações referentes à importância de cada critério relacionado ao outro, ou seja, possibilitando a atribuição dos pesos. A mesma forma de avaliação foi utilizada para encontrar os pesos dos subcritérios e zonas candidatas. Através de planilhas os elementos foram comparados par a par, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação par a par para avaliação dos critérios

Avaliador:										
Critérios	Avaliação dos Critérios									Critérios
	EI	MFI	FI	MI	I	MI	FI	MFI	EI	
Logística										População
Logística										Área
Logística										Recursos
Logística										Hidrogeologia
População										Área
População										Recursos
População										Hidrogeologia
Área										Recursos
Área										Hidrogeologia
Recursos										Hidrogeologia

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 1, o conceito EI considera que o elemento do lado elegido é extremamente mais importante que o do lado oposto, MFI considera que o elemento escolhido é muito fortemente mais importante que seu oposto, FI o elemento é fortemente mais importante que o outro, MI considera que o elemento elegido é muito mais importante que o elemento contrário e o conceito I considera os elementos opostos igualmente importantes.

A distribuição dos pesos é realizada de acordo com a escala de Saaty (1990), na qual para o elemento considerado mais importante são atribuídos três pontos para a avaliação MI, cinco para a avaliação FI, sete para a avaliação MFI e nove para a avaliação EI, enquanto que para o lado oposto é atribuído 1/3 para MI, 1/5 para FI, 1/7 para MFI e 1/9 para EI. No caso da avaliação I é atribuído um ponto para cada lado.

Para a avaliação das zonas candidatas o mesmo modelo foi adotado, e em relação a cada critério, foram par a par comparadas, como pode ser observado o exemplo na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação par a par para avaliação das zonas candidatas em relação a determinado critério

Critério X										
Zonas candidatas	Avaliação das zonas candidatas									Zonas candidatas
	EI	MFI	FI	MI	I	MI	FI	MFI	EI	
Zona 49										Zona 53
Zona 49										Zona 54
Zona 49										Zona 55
Zona 49										Zona 57
Zona 53										Zona 54
Zona 53										Zona 55
Zona 53										Zona 57
Zona 54										Zona 55
Zona 54										Zona 57
Zona 55										Zona 57

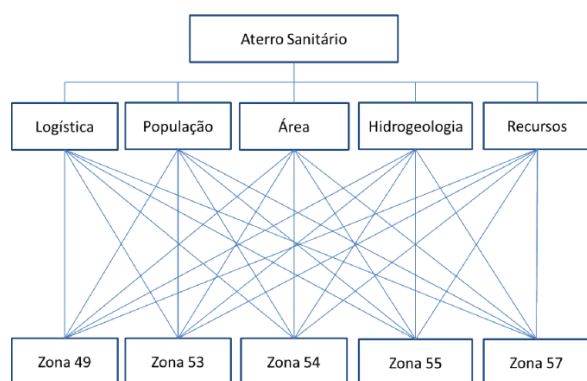
Fonte: Autoria própria.

4 Análise dos resultados e discussão

4.1 Árvore hierárquica

Através da definição do problema foi possível a construção da árvore hierárquica empregada pelo método AHP, na qual encontra-se a meta no topo, os critérios na parte intermediária e as zonas candidatas na base. Os subcritérios foram ocultados para simplificar a análise e apresentação.

Figura 4 - Árvore hierárquica



Fonte: Autoria própria.

4.2 Resultados dos critérios

O método AHP foi desenvolvido em planilha eletrônica, facilitando os cálculos e gerando os resultados em tabelas, que simplificam a visualização. Ainda obteve-se o ranqueamento dos critérios, subcritérios e zonas candidatas.

Por meio do julgamento dos especialistas, foi possível a utilização do método AHP para definir a matriz de julgamento dos critérios, apresentada na Tabela 3, nessa o item C1 representa o Critério 1, e assim sucessivamente.

Tabela 3 - Matriz de julgamento dos critérios

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	1,8	2,665	2,8	1,06325
C2	0,55556	1	5,5	4	1,165
C3	0,37524	0,18182	1	2,3325	0,6325
C4	0,35714	0,25	0,42872	1	0,61
C5	0,94051	0,85837	1,58103	1,63934	1
Soma	3,22845	4,09019	11,17475	11,77184	4,47075

Fonte: Autoria própria.

Após realizar os cálculos, deve-se conferir a consistência dos resultados, para isso verifica-se a razão de consistência encontrada, que está expressa na Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação da consistência dos critérios

Critérios	λ_{\max}	IC	IR	RC
Geral	5,413013948	0,10325348	1,12	0,09219061

Fonte: Autoria própria.

Dentre os processos, os valores encontrados pela matriz de julgamento passam pela normalização dos pesos, dessa forma é possível a visualização e o ranqueamento dos critérios, o que pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação dos critérios

Rank	Critério	P.Normalizado	P Acumulado
1	Logística	0,301825292	0,301825292
2	População	0,292797517	0,59462281
3	Área	0,201119832	0,795742641
4	Recursos	0,117956953	0,913699594
5	Hidrogeologia	0,086300406	1

Fonte: Autoria própria.

4.3 Resultados dos subcritérios

Cada critério tem, por sua vez, um grupo de subcritérios e, nesta etapa, é realizada uma avaliação desses subcritérios correspondentes a cada critério, um exemplo desse processo pode ser analisado na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de julgamento dos subcritérios referentes ao critério população

	C1	C2	C3
C1	1	2,5	1
C2	0,4	1	1
C3	1	1	1
Soma	2,4	4,5	3

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que acontece com os critérios, cada grupo de subcritério passa pela avaliação de consistência, a qual pode ser verificada na Tabela 7.

Tabela 7 - Avaliação de consistência dos subcritérios

Critérios	Lambdamax	IC	IR	RC
Logística	3,029263099	0,01463155	0,58	0,02522681
População	3,1	0,05	0,58	0,086206897
Área	4,17287426	0,057624753	0,9	0,064027504
Hidrogeologia	3,001307752	0,000653876	0,58	0,001127372
Recursos	3,033325872	0,016662936	0,58	0,0287292

Fonte: Autoria própria.

Após cada subcritério ser avaliado, ele recebe um valor de prioridade média global de acordo com os valores previamente calculados para o seu respectivo critério, assim possibilitando uma classificação geral para os subcritérios, a Tabela 8 apresenta a classificação dos itens mais bem avaliados.

Tabela 8 - Classificação dos subcritérios

Classificação	SubCritério	Peso Normalizado	Peso Acumulado
1	Acessibilidade	0,1857	0,1857
2	Conjunto Populacional	0,1313	0,3171
3	Zona Industrial	0,0978	0,4149
4	Recursos Físicos	0,0759	0,4908
5	Recursos Humanos	0,0756	0,5664
6	Residências Isoladas	0,0727	0,6421
7	Permeabilidade	0,0591	0,7011
8	Estradas Rurais	0,0590	0,7601
9	Recursos Financeiros	0,0496	0,8097

Fonte: Autoria própria.

4.4 Resultados das localidades candidatas

Na presente etapa, os especialistas avaliam par a par cada uma das zonas candidatas em relação a cada um dos critérios. Dessa forma, para cada um deles, é montada uma matriz de julgamento, conforme o exemplo na Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz de julgamento das zonas candidatas referentes ao critério população

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	2,8325	2,1325	2,8325	3,8
C2	0,353045	1	2,665	3,3325	0,9425
C3	0,468933	0,375235	1	1,78575	1,7775
C4	0,353045	0,300075	0,559989	1	1,61
C5	0,263158	1,061008	0,562588	0,621118	1
Soma	2,438181	5,568818	6,920077	9,571868	9,13

Fonte: Autoria própria.

O próximo passo é a análise de consistência para a avaliação de cada zona em relação aos critérios, essa análise pode ser observada na Tabela 10.

Tabela 10 - Avaliação de consistência das localidades candidatas

Critérios	λ _{max}	IC	IR	RC
Logística	5,437540747	0,109385187	1,12	0,097665345
População	5,410370122	0,10259253	1,12	0,091600474
Área	5,378091075	0,094522769	1,12	0,084395329
Hidrogeologia	5,111990229	0,027997557	1,12	0,024997819
Recursos	5,24049799	0,060124497	1,12	0,053682587

Fonte: Autoria própria.

Para determinar-se a classificação das zonas candidatas, realiza-se uma ponderação dos pesos dos critérios com os pesos do julgamento das zonas candidatas, o resultado final encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação das localidades candidatas

Rank	Zona	P.Normalizado	P.Acumulado
1	Zona 49	0,4286	0,4286
2	Zona 57	0,1906	0,6192

3	Zona 53	0,1691	0,7883
4	Zona 54	0,1174	0,9057
5	Zona 55	0,0943	1,0000

Fonte: Aatoria própria.

4.5 Discussões

A zona 49 teve um destaque muito maior que as outras, recebendo quase metade do peso total, dessa forma deve ser extremamente priorizada para receber a instalação do aterro sanitário. Esse grande destaque se dá por essa área ser priorizada pelos especialistas em todos os quesitos, além de receber uma maior priorização nos critérios que foram atribuídos com maiores pesos. Esta zona se enquadra em todas as leis ambientais pré-definidas pela PNRS, ela apresenta um vasto território e uma baixa densidade populacional, o que possibilita o encontro de áreas disponíveis para a instalação do aterro, além do sistema de abastecimento de água estar completamente fora de seu território.

5. Conclusões

Com a crescente densidade populacional os locais aptos a receber instalações estão cada vez mais escassos, por isso é de extrema importância que cada instalação, principalmente as de caráter indesejável, estejam localizadas em um local ótimo. Nesse contexto, o presente projeto explicita um modelo para a resolução desse tipo de questão, contribuindo em âmbito acadêmico, social e ambiental.

No âmbito acadêmico, foi possível desenvolver estudos avançados que reúnem dois temas importantes, como gestão de desastres e problema de localização, os quais ainda não haviam sido explorados em conjunto. Outro aspecto inédito desse trabalho, diz respeito ao método AHP que foi utilizado para implementação do modelo de localização do aterro sanitário.

No âmbito social, os resultados deste projeto contribuem para o processo de tomada de decisão dos gestores municipais com relação a localização estratégica de um aterro sanitário.

Finalmente, no âmbito ambiental, a principal contribuição consiste na identificação dos critérios e subcritérios que devem ser observados para a instalação de um aterro, conforme a legislação vigente, que agrega conceitos da gestão de desastres, tanto do ponto de vista ambiental, quanto do ponto de vista humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. S., FRAGA, T. B. "Modelo Matemático para a Localização de Filtros de Água em uma Instituição Pública". XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance. 2006.

CARVALHO, L. CARRASCO, U. FARINHA, M. BATISTA, S. FERNANDES, J. M. SOUZA, G. LEITÃO, N. "Risco, Desastre e Resiliência – Um Desafio para a Cidade da Amadora". IX Congresso da Geografia Portuguesa. Universidade de Évora. Évora, 2013.

CHAN, E. Y. Y. Bottom-up Disaster Resilience. *Nature Geoscience*, vol 6. 2013.

COLOMBO, F., CORDONE, R., e LULLI, G. (2016). The Multimode Covering Location Problem. *Computers & Operations Research*, 67, p. 25-33. 2016.

DILLEY, M. et al. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. Washington DC: World Bank. 2005.

FARAHANI, R. Z., STEADIESEIFI, M., e ASGARI, N. Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34, p. 1689-1709. 2010.

FURTADO, J. R. *Gestão de Risco de Desastres*. Universidade Federal de Santa Catarina. III Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2012.

FURTADO, J. R., OLIVEIRA, M., DANTAS, M. C., SOUZA, P. P., PANCERI, R. Capacitação Básica em Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. II Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2012.

GORTE, L., DESCHAMPS, F. "Procedimento para a Avaliação da Flexibilidade de Processos de Resposta a Desastres". XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.

GRAEML, A. R., e GRAEML, K. S. "Considerações sobre a Localização Empresarial e sobre sua Relevância na Era da Internet". XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

GRANDZOL, J. R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: a case for the analytic hierarchy process. IR Applications, v. 6, 13 p., 2005.

LEITE, F. C., CICONE, D., GALVÃO, L. C. R., UDAETA, M. E. M. Energy-Efficiency Economics as a Resource for Energy Planning. Energy Group of Electric Energy and Automation Engineering Department, Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, Brazil. 2013.

LUCENA, L.F.L. A Análise Multicriterial na Avaliação de Impactos Ambientais. 1999. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa3/7.pdf> Acesso em: 15/11/2003.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Banco de Dados de Desastres Naturais: Análise de Dados Globais e Regionais. Uberlândia: Caminhos de Geografia. Vol. 6, Nº19. p 130 -149. 2006.

MARTINS, F. G. Aplicação do método de análise hierárquica do processo para o planejamento de ordens de manutenção em dutovias. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2010.

NASCIMENTO, M. C. B. "Metodologia de Identificação de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários". Seminário sobre Licenciamento Ambiental de Sistemas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos e da Construção Civil. 2005.

PASSOS, W. S. et. al. "Localização Industrial: O Determinismo do Financiamento Público - Estudo de Caso do Município de Campos dos Goytacazes". XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2007.

PIZZOLATO, N. D. Introdução à Contabilidade Gerencial. SP: Pearson Makron Books. 2000.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ. Portal Geomaringá. Diretoria de Tecnologia da Informação. Gerência de Geoprocessamento. 2010. Disponível em: <<http://geoproc.maringa.pr.gov.br:8090/SIGMARINGA/Documentos/Ajuda/AjudaPortalCidadao.pdf>>. Acessado em 07/05/2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ. "Lei Complementar Nº 962. Poder Executivo. Delimita os Limites Territoriais das Zonas Fiscais do Município de Maringá". 2013. Disponível em: <[08/05/2017.http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/geo/leis/lc_962_2013_limites_territoriais_zonas_fiscais_lei_original.pdf](http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/geo/leis/lc_962_2013_limites_territoriais_zonas_fiscais_lei_original.pdf)>. Acessado em 08/05/2017.

REVELLE, C.S., EISELT, H.A. e DASKIN, M.S. "A Bibliography for some Fundamental Problem Categories in Discrete Location Science". European Journal of Operational Research, 184,p. 817-848. 2008.

SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1980.

SAATY, T. L. "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process". European Journal of Operational Research, 48, 9 - 26. 1990.

SAATY, T. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SAMED, M. M. A., e SANTOS, M. A. "Desenvolvimento de um Modelo de Localização de uma Unidade de Healthcare Voltada para Serviços Médicos Emergenciais". Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq-FA-UEM. 2015.

SILVA, J. C. S., CARVALHO, R. J. M., CARVALHO, P. V. R. "Engenharia de Resiliência e Ergonomia Comunitária na Gestão de Desastres: As Ações de Solidariedade no Desastre de Mãe Luiza". XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

SOUZA, L. A., MUNIZ, A, L. P. Os Fatores Determinantes da Localização das Indústrias Goianas. CEPPG, 23, pp. 161 – 175. 2010.

TRAJBER, R., OLIVATO, D., MARCHEZINE, V. "Conceitos e Termos para a Gestão de Riscos de Desastres na Educação". Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. 2014.