

DEFINIÇÃO DE LINHA DIRETRIZ RODOVIÁRIA ENTRE OS MUNICÍPIOS DE CAPÃO ALTO E SÃO JOAQUIM ATRAVÉS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO ESPACIAL

Definition of Highway Guideline between the municipalities of Capão Alto and São Joaquim through Space Multicriterity Analysis

Pedro Henrique Porath, M.Eng.

Porath Engenharia Consultiva

phporath@gmail.com

Francisco Henrique de Oliveira, Prof. Dr.

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Departamento de Geografia

francisco.oliveira@udesc.br

Renan Furlan de Oliveira, Prof. Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Departamento de Engenharia Civil

renan.furlan@ufsc.br

Resumo:

Neste artigo é apresentado uma metodologia para a identificação de linhas diretrizes rodoviárias, tendo em conta dados de critérios técnicos de diferentes ramos/vertentes da engenharia, economia e meio ambiente manipuladas com ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e de Processo Analítico Hierárquico (AHP), entre outras. A metodologia desenvolvida foi aplicada para a identificação de linhas diretrizes alternativas a partir do município de Capão Alto (entroncamento da SC-390 com a BR-116) até São Joaquim (entroncamento com a SC-114). Essas alternativas de linhas diretrizes rodoviárias são subsídios importantes para a elaboração de estudos e projetos de construção dessa proposta de construção de nova ligação rodoviária que, ao final, deverá contribuir para o desenvolvimento socioeconômico local e regional, ao interconectar duas das principais rodovias do Planalto Serrano, a BR-116 (Federal) e a SC-114 (Estadual). Para definir as linhas diretrizes foi desenvolvido um método de Análise Multicritério Espacial, onde são utilizadas as técnicas de AHP e análises booleanas, ambas realizadas sob um cenário de critérios de dados espaciais manipulados em ambiente SIG. Como resultado obteve-se a análise espacial do cruzamento entre mapa de restrições (técnicas e ambientais) e potencialidades (técnicas, ambientais e populacionais) para auxiliar na definição de linhas diretrizes alternativas. A partir dessas análises pode-se realizar a tomada de decisão com respaldos técnicos válidos para a definição das melhores alternativas de linha diretriz rodoviária.

Palavras-chave: Processo Analítico Hierárquico, Sistemas de Informação Geográfica, Análise Multicritério Espacial, Linha Diretriz Rodoviária.

Abstract

This article presents as a methodology for the identification of highway guidelines, taking into account data from technical criteria from different branches/strands of engineering, economics, and the environment manipulated with Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP), among others. The methodology developed was applied to identify alternative guidelines from the municipality of Capão Alto (intersection of SC-390 with BR-116) to São Joaquim (intersection with SC-114). These alternatives to highway guidelines are important subsidies for the preparation of studies and construction projects of this new highway connection, which, in the end, should contribute to the local and regional socio-economic development, by

interconnecting two of the main highways of the Planalto Serrano, BR-116 (Federal) and SC-114 (State). To define the road guidelines, a method of Spatial Multicriteria Analysis was developed, using the techniques of AHP and Boolean analyzes, both performed under a scenario of spatial data criteria manipulated in a GIS environment. As a result, a spatial analysis of the intersection between the map of restrictions (technical and environmental) and potential (technical, environmental, and population) was obtained to assist in the definition of alternative guidelines. Based on these analyzes, decision making can be carried out with valid technical support for the definition of the best alternatives for road guidelines.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Geographic Information Systems, Spatial Multicriteria Analysis, Highway Guideline.

1. INTRODUÇÃO

A busca por uma nova ligação rodoviária entre o Sudoeste e Sudeste do Estado de Santa Catarina é histórica. Lideranças políticas do Planalto Serrano Catarinense anseiam há muito tempo pela integração da região aos principais polos de geração e atração de produtos e insumos da região e do Estado. São muitas as reivindicações expressas pela interligação da malha rodoviária a partir de Capão Alto (Entroncamento com a BR-116) até São Joaquim (Entroncamento com a SC-114), percorrendo a Região da Coxilha Rica ao sul de Lages. Sua implantação não integra apenas essa região isolada dos grandes centros de produção e consumo, mas também carrega em seu bojo uma clara contribuição para o desenvolvimento socioeconômico local e regional, ao interconectar duas das principais rodovias do Planalto Serrano, a BR-116 (Federal) e a SC-114 (Estadual).

Estudos de tráfego na região entre essas duas rodovias, realizados pelo DEINFRA (2010) com a aplicação de um modelo de análise de rede (SAR), indicaram volumes de tráfego em torno de 1.000 veículos por dia para o ano de 2015, caso o referido trecho venha a ser pavimentado, o que comprova a importância desta rodovia para o desenvolvimento regional do estado de SC. Este estudo teve como objetivo contribuir para a definição de técnicas para a identificação de opções de linha diretrizes rodoviárias através de análise multicritério espacial, tendo-se aplicado o Processo Analítico Hierárquico (AHP) associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Segundo Malczewski (1999 apud Zambon et al. 2005), apesar dos SIGs e dos métodos de decisão multicritérios serem duas áreas distintas de pesquisa, os problemas de planejamento e gerenciamento do mundo real podem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos.

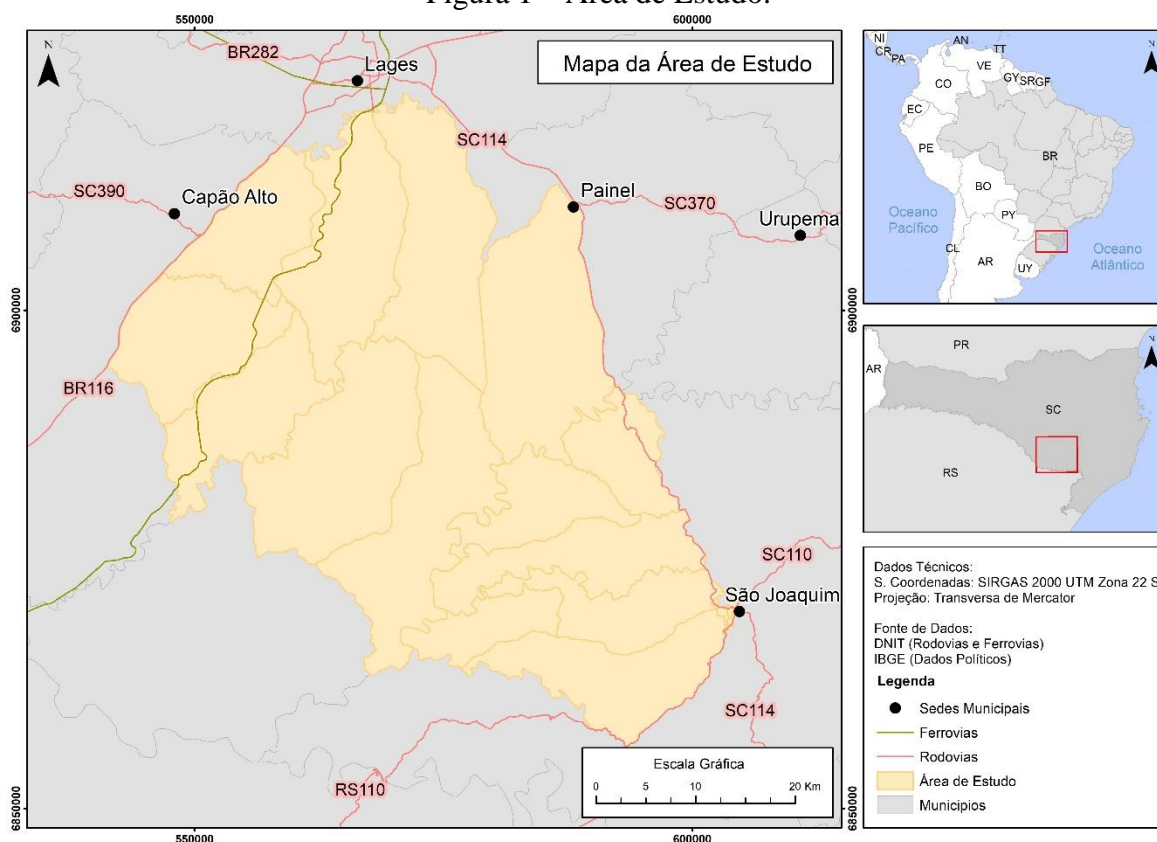
Por outro lado, Star & Estes (1991) definem a importância do uso de SIGs para a estruturação e organização de variáveis espaciais na geração de alternativas para problemas dessa natureza. Seu uso intenso justifica-se pelo fato de constituir-se uma poderosa ferramenta que permite integrar um conjunto de rotinas de programação desenvolvidas para representar e manipular grandes quantidades de dados armazenados em bancos de dados, os quais contêm informações representativas do mundo real, através de coordenadas geográficas, possibilitando análises espaciais.

Como o estudo apresentado nesse artigo é baseado numa grande quantidade de critérios, a utilização de métodos de tomada de decisão pautados em análises hierárquicas é justificável. Nessas análises, mais especificadamente no método AHP, “a abrangência da classificação hierárquica é clara. É o método mais poderoso de classificação usado pela mente humana em coordenar experiências, observações, entidades e informações” (WHYTE 1969 apud SAATY 1991, p. 16).

A definição da área de estudo (Figura 1) partiu inicialmente dos pontos de início e fim

do trecho rodoviário proposto (planejado). Dessa forma, a linha diretriz terá início no entroncamento da SC-390 com a BR-116 ($27^{\circ}57'22,38''S$ / $50^{\circ}29'02,72''W$) e fim em um ponto da SC-114 ($28^{\circ}18'31,19''S$ / $49^{\circ}56'37,22''W$). A partir das coordenadas citadas, as limitações geográficas onde as variáveis ambientais, técnicas e populacionais atuaram, foi determinada a partir de setores censitários definidos pelo IBGE. No total foram utilizados vinte e dois setores que compreendem parte dos municípios catarinenses de Capão Alto, Lages, Paineil e São Joaquim. Ressalta-se que apenas oito dos setores são do tipo Urbano e todos estes pertencentes ao município de São Joaquim.

Figura 1 – Área de Estudo.

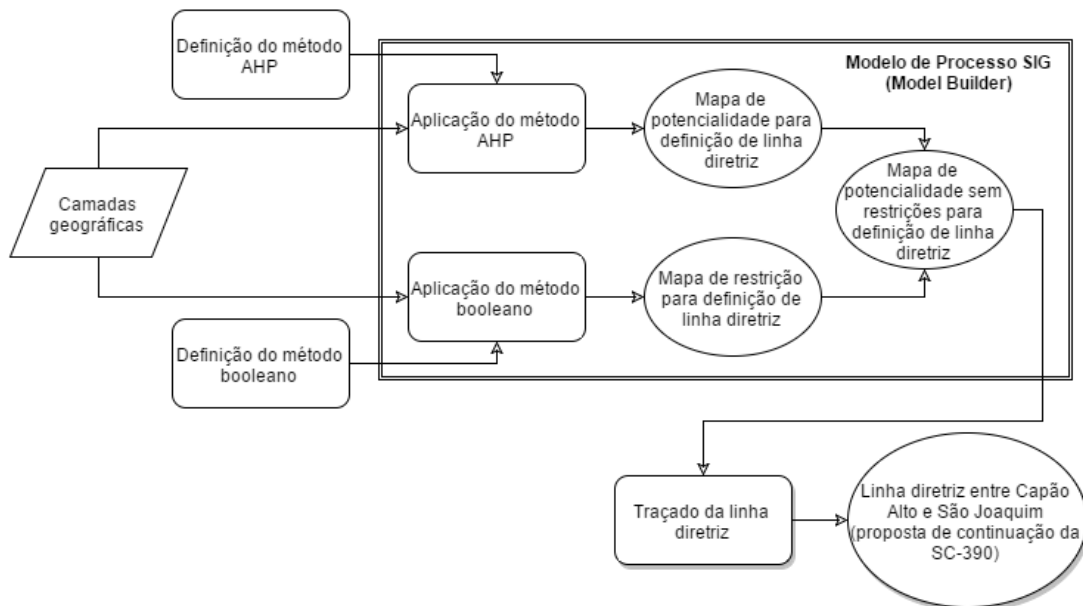


Elaboração: Os autores (2020).

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Após definir os pontos de origem e destino da linha diretriz, bem como a área de estudo, foi iniciada a aplicação do procedimento metodológico, o qual foi conduzido nas seguintes etapas: (i) definição do método AHP: critérios e pesos utilizados; (ii) estruturação do método booleano: definição dos critérios de restrição para construção da linha diretriz; (iii) criação do Modelo de Processo SIG (*Model Builder*): aplicação de pesos dos métodos AHP e booleanos, realização das análises espaciais de restrição e potencialidade para definição de linha diretriz, bem como criação do traçado da linha diretriz entre Capão Alto e São Joaquim. Um fluxograma do processo metodológico adotado é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do procedimento metodológico.

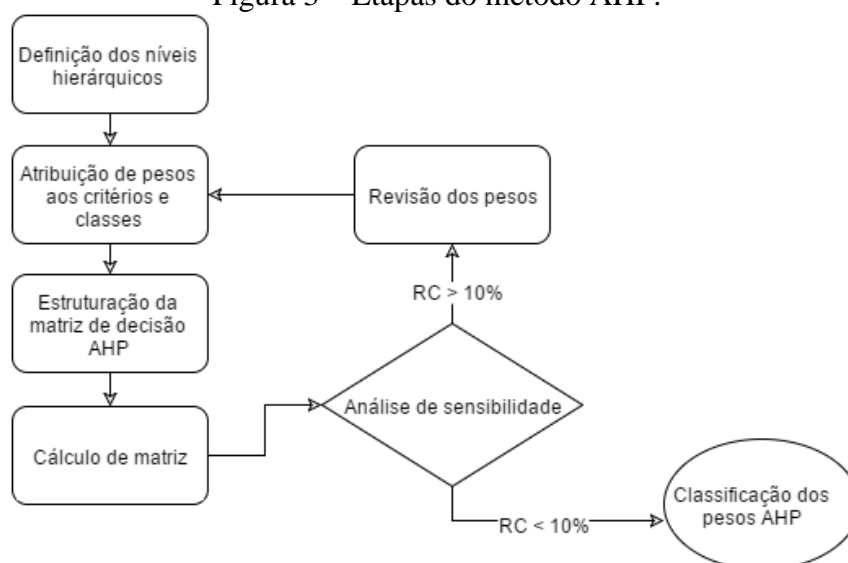


Fonte: Os autores (2020).

2.1. Definição do método AHP

Visando apoiar a tomada de decisão a um nível de confiabilidade indispensável para a definição de um traçado de linha diretriz da rodovia, fez-se uso de análise multicritério através da aplicação do método AHP. Segundo Saaty (2008), para tomar decisões precisa-se conhecer o problema, a necessidade, o propósito e o critério da decisão, o subcritério, os *stakeholders*, grupos afetados e ações alternativas. A partir desses fatores, determina-se a melhor alternativa, ou no caso de alocação de recursos é possível estabelecer as prioridades para alocar sua quota adequada dos recursos. A Figura 3 apresenta as etapas do método AHP.

Figura 3 – Etapas do método AHP.



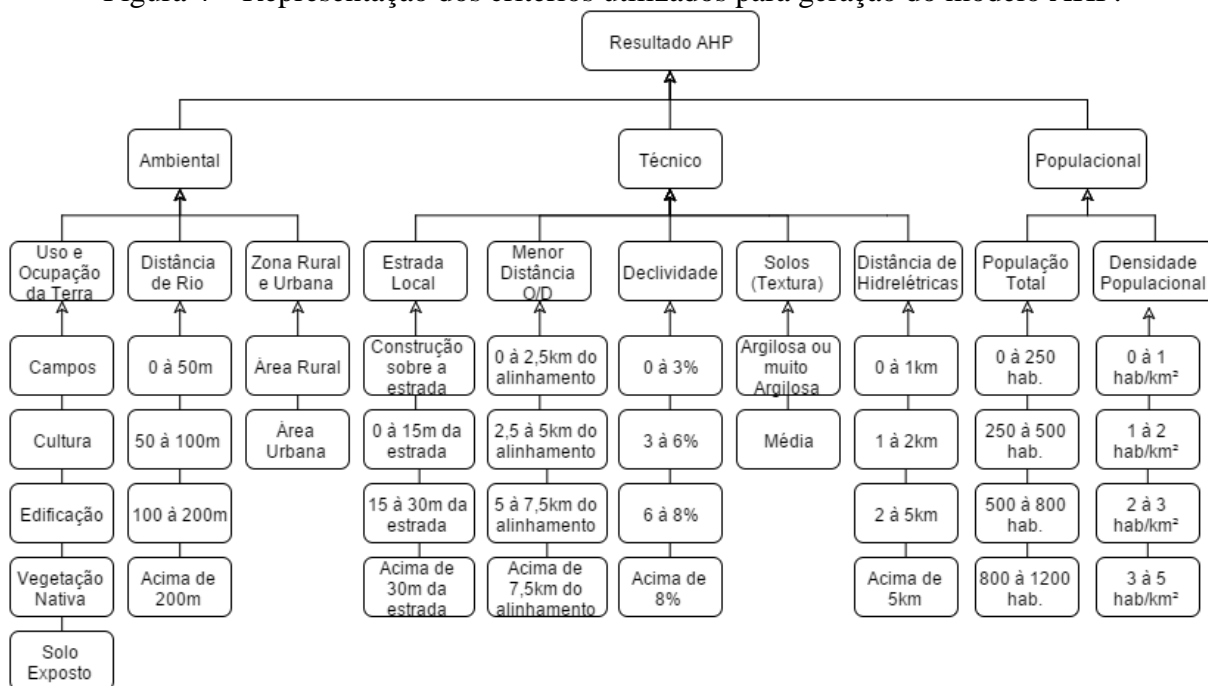
Fonte: Adaptado de Faria & Augusto Filho (2013).

Como apresentado na Figura 3, as principais etapas do método AHP, conforme as abordagens de Faria & Augusto Filho (2013), são: estruturação dos níveis hierárquicos, atribuição de pesos pelos especialistas, estruturação da matriz de decisão AHP, cálculo da matriz por meio de procedimentos matemáticos, verificação da coerência dos pesos - análise de sensibilidade, priorização das alternativas e, por fim, classificação final.

2.1.1 Definição dos níveis hierárquicos

A primeira etapa do método AHP é a definição dos critérios a serem utilizados e por consequência a estruturação em níveis hierárquicos. Deve ser ressaltado que por se tratar de um estudo acadêmico, fez-se apenas uso de dados públicos e de livre acesso. Ao analisar os dados e definir os critérios a serem utilizados, foi decidido estruturá-lo em três níveis hierárquicos. No primeiro nível estão os grupos: Ambiental, Técnico e Populacional; no segundo nível, os critérios ou indicadores pertencentes a cada grupo; e no terceiro nível, as classes de cada critério, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Representação dos critérios utilizados para geração do modelo AHP.



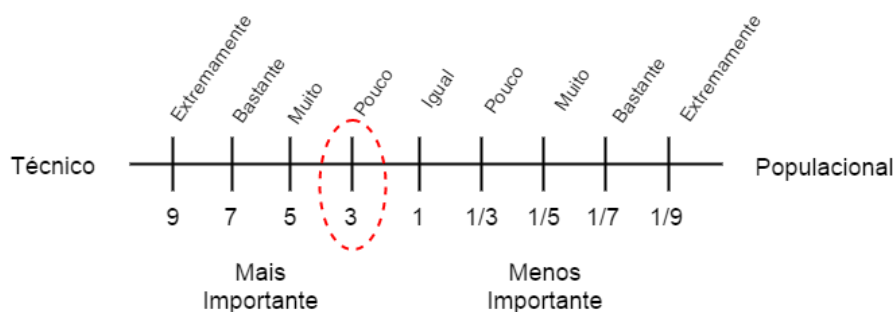
Fonte: Os autores (2020).

É importante ressaltar que para a constituição deste modelo foi realizado um estudo, bem como testes e utilização de outros critérios de análise, como Unidade de Conservação de Proteção Integral e Sustentável, Cavernas, Terra Indígena, Terra Quilombola, Assentamentos Rurais, Área Militar e Aeródromos. Entretanto, esses critérios não atuavam sobre a área de estudo.

2.1.2 Atribuição de pesos aos critérios e classes

A atribuição de pesos aos critérios e classes, bem como a estruturação da matriz de decisão AHP, o cálculo da matriz, a análise de sensibilidade, a priorização das alternativas e a classificação dos pesos AHP foram geradas para todos os níveis hierárquicos do modelo. Objetivando a melhor compreensão do método utilizado, foram adotados no presente trabalho apenas os resultados dos cálculos do método AHP realizados para os critérios do primeiro nível hierárquico. Ou seja, a determinação dos pesos para os seguintes critérios: Ambiental, Técnico e Populacional. A atribuição de pesos, a cada item do modelo foi feito através de uma escala de julgamento (Escala Fundamental de Saaty). Essa escala possui valores de 1 a 9, onde a análise é realizada par a par, como exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – Escala fundamental de Saaty e comparação par a par do critério Técnico com o Populacional.



Fonte: Os autores (2020).

2.1.3 Estruturação da matriz de decisão AHP

Após a aplicação da escala fundamental de Saaty para os três níveis hierárquicos do modelo, foi realizada a estruturação da matriz de decisão (Tabela 1). Cabe ressaltar que como o julgamento é feito par a par, todas as matrizes em um método AHP são quadradas.

Tabela 1 – Estruturação da matriz do primeiro nível hierárquico.

FATOR	AMBIENTAL	TÉCNICO	POPULACIONAL
AMBIENTAL	1	0,5	2
TÉCNICO	2	1	3
POPULACIONAL	0,5	0,33	1
TOTAL (SOMA)	3,5	1,83	6

Fonte: Os autores (2020).

2.1.4 Cálculo da matriz

Com a realização da estruturação de matrizes, foi iniciado o processo de normalização dos pesos relativos. Para realizar este cálculo, primeiramente foi necessário dividir cada célula da matriz com o valor da soma de cada coluna. Por exemplo, na Tabela 1 como a soma das células a^{11} , a^{12} e a^{13} é 3,5 deve ser feito a operação de divisão entre os valores a^{11} , a^{12} e a^{13} por 3,5, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Representação da normalização dos pesos relativos.

FATOR	AMBIENTAL	TÉCNICO	POPULACIONAL
AMBIENTAL	$1/3,5 = 0,29$	$0,50/1,83 = 0,27$	$2/6 = 0,33$
TÉCNICO	$2/3,5 = 0,57$	$1/1,83 = 0,55$	$3/6 = 0,50$
POPULACIONAL	$0,50/3,5 = 0,14$	$0,33/1,83 = 0,18$	$1/6 = 0,17$

Fonte: Os autores (2020).

Após realizar a normalização dos pesos relativos, foi feita a somatória de cada linha da matriz e em seguida a divisão deste resultado pelo número da ordem da matriz, ou seja número de critérios avaliados ($(a^{11}+a^{21}+a^{31})/3$). Com isso, obtém-se o “Vetor Eigen” ou “Vetor de Prioridade”, cuja função é definir o resultado da avaliação AHP, conforme apresentado na Tabela 3. A soma do resultado para cada critério será sempre igual a 1 (ou 100%).

Tabela 3 – Cálculo do Vetor Eigen.

FATOR	VETOR EIGEN (CÁLCULO)	VETOR EIGEN (RESULTADO)
AMBIENTAL	$(0,29+0,27+0,33)/3$	0,30 (30%)
TÉCNICO	$(0,57+0,55+0,5)/3$	0,54 (54%)
POPULACIONAL	$(0,14+0,18+0,17)/3$	0,16 (16%)

Fonte: Os autores (2020).

2.1.5 Análise de sensibilidade

O teste de coerência dos pesos, também conhecida como Análise de Sensibilidade, foi realizada em três etapas: Cálculo do Valor Principal de Eigen (λ Max), Índice de Inconsistência (CI), Razão de Consistência (RI). Segundo Vargas (2010), o Valor Principal de Eigen é calculado através do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen (Tabela 3) pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original (Tabela 1). A Tabela 4 apresenta o cálculo do número principal de Eigen (λ Max).

Tabela 4 – Cálculo do número Principal de Eigen (λ Max).

Vetor Eigen	0,30	0,54	0,16
Total (Soma)	3,50	1,83	6,00
λ Max	$[(0,30 \times 3,50) + (0,54 \times 1,83) + (0,16 \times 6,00)] = 3,01$		

Fonte: Os autores (2020).

Segundo Teknomo (2006), Saaty mostrou que para a matriz recíproca consistente, o maior valor de Eigen é igual ao tamanho da matriz de comparação, ou seja, λ Max = N. Por isso foi proposta uma medida de consistência, chamada de Índice de Consistência como pode

ser observado na Equação (1). Para este caso o valor do λ Max é 3,01 e é uma matriz de ordem 3.

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} = \frac{3,01 - 3}{3 - 1} = 0,005. \quad (1)$$

Com a obtenção do Índice de Consistência, o método AHP ainda propõe a comparação deste valor com um índice de consistência aleatória (RI), apresentado na Tabela 5. Este índice foi gerado aleatoriamente a partir de 500 matrizes de comparações de ordem “N”, com elementos aleatoriamente tomados no intervalo de 1 à 10.

Tabela 5 – Tabela de índices de consistência aleatória (RI) (SAATY, 2005).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Os autores (2020).

Por fim, a análise de sensibilidade foi concluída com a determinação da Razão da Consistência (CR) de Saaty. Essa razão foi obtida pela divisão do Índice de Consistência (CI) pelo Índice de Consistência Aleatória (RI), exemplificada na Equação (2).

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,01 \sim 10\%. \quad (2)$$

Para Saaty, se o valor da Razão da Consistência for igual ou menor que 10%, a inconsistência é aceitável. Para os outros casos é necessário revisar o julgamento da matriz. Para este caso, o valor da razão foi de 1% ou 0,001 como pode ser visto na Equação (3).

$$CR = \frac{0,005}{0,58} = 0,001. \quad (3)$$

2.1.6 Apresentação dos resultados AHP

Após obtenção do Vetor Eigen resultante e posterior validação da análise de sensibilidade, obteve-se os resultados da análise AHP, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados AHP.

Nível 1		Nível 2		Nível 3	
Critério	Peso	Critério	Peso	Critério	Peso
Ambiental	0,30	Uso e Ocupação da Terra	0,14	Campos	0,46
				Solo Exposto	0,27
				Cultura	0,14
				Vegetação Nativa	0,07
				Edificação	0,05
		Zona Rural e Urbana	0,24	Rural	0,90
				Urbano	0,10
		Distância de Rio	0,62	0 - 50 m	0,05
50 -100 m	0,11				

				100 - 200 m	0,26
				Acima de 200 m	0,59
Técnico	0,54	Aproximação de Estrada Rural	0,10	Sobre Estrada Rural	0,47
				0 - 15 m	0,28
				15 - 30 m	0,16
				Acima de 30 m	0,10
		Distância O/D	0,15	Diâmetro 0 - 5 km	0,51
				Diâmetro 5 - 10 km	0,28
				Diâmetro 10 - 15 km	0,14
				Maior que 15 km	0,07
		Declividade	0,50	0 - 3%	0,59
				3 - 6%	0,26
				6 - 8%	0,11
				Acima de 8 %	0,05
		Solos	0,20	Argiloso ou Muito Argiloso	0,75
				Médio	0,25
		Distância de Empreendimento Hidrelétrico	0,05	0 - 1 km	0,47
				1 - 2 km	0,28
2 - 5 km	0,16				
Acima de 5 km	0,10				
Populacional	0,16	População Total	0,33	0 - 250 hab.	0,10
				250 - 500 hab.	0,16
				500 - 800 hab.	0,28
				800 - 1200 hab.	0,47
		Densidade Populacional	0,67	0 - 1 hab/km ²	0,10
				1 - 2 hab/km ²	0,16
				2 - 3 hab/km ²	0,28
				3 - 5 hab/km ²	0,47

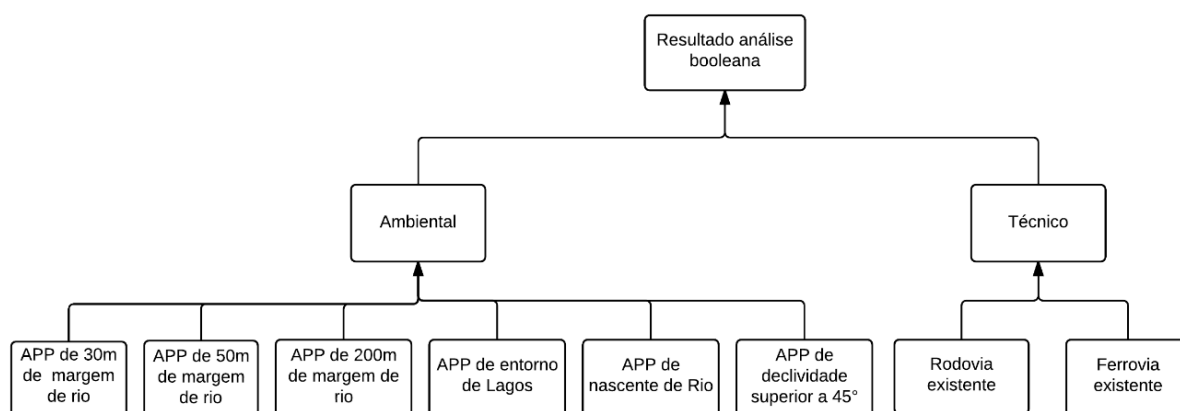
Fonte: Os autores (2020).

2.2 Definição das etapas da análise booleana

Após a realização do método AHP, foi utilizada a análise Booleana, que possui como característica a resposta binária (verdadeiro ou falso). Dessa forma, para este estudo, a análise Booleana foi aplicada para representar os critérios de restrições técnicas e ambientais, que foram definidos a partir do Código Florestal amparado pela Lei nº12.651 de 2012.

Já os dados de restrições técnicas foram inseridos apenas para indicar a localização da existência de rodovias (federais e estaduais) e ferrovias sobre o local a ser analisado. Dessa forma, os locais com restrição para a linha de diretriz receberão o valor zero (0) e locais sem restrição o valor um (1). Um fluxograma dos critérios considerados na análise booleana é apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma dos critérios booleanos utilizados.



Fonte: Os autores (2020).

2.3 Criação do Modelo de Processos SIG

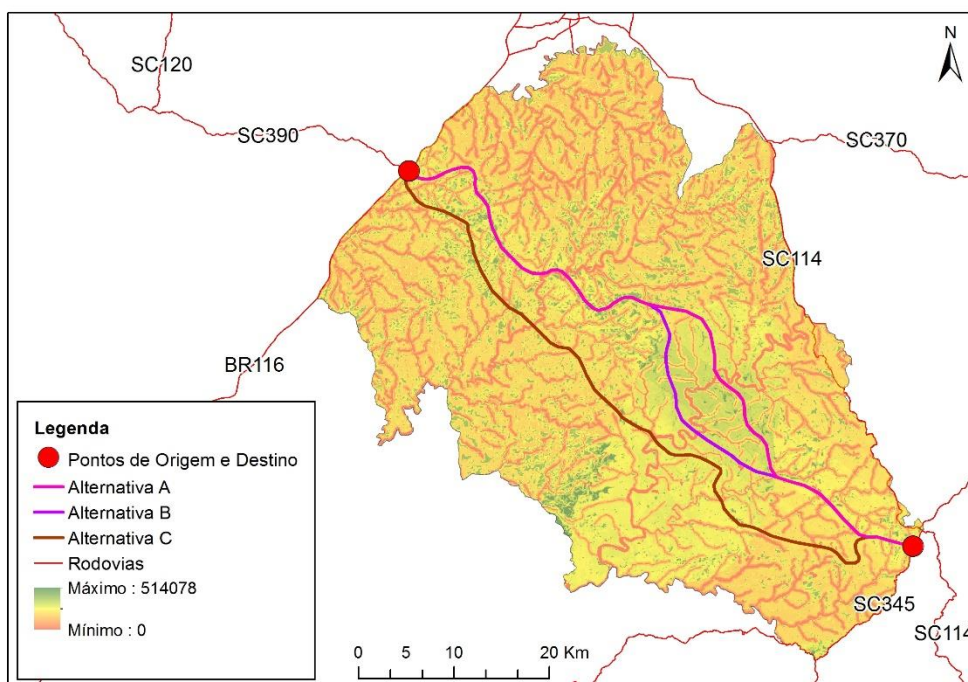
No presente trabalho de pesquisa foi criado um modelo de processos SIG, através do ESRI's *Model Builder*, uma aplicação do software ArcGIS cuja função é criar, editar e gerenciar modelos. Através desse modelo foi facilitado o processo de geração de resultados do método AHP e análise Booleana, dentre as suas funcionalidades se destacam:

- Criação da base de dados geográficos;
- Importação dos dados geográficos utilizados no modelo;
- Manipulação e edição dos dados geográficos;
- Inserção dos pesos das análises multicritério (AHP) e análises Booleanas;
- Transformação dos dados Vetoriais para Raster;
- Análise espacial de potencialidade técnica, ambiental e populacional para auxílio da definição de linha diretriz;
- Análise espacial de restrição ambiental e técnica para auxílio da definição de linha diretriz;
- Análise espacial a partir dos mapas de restrições e potencialidades para auxílio da definição da linha diretriz.

2.4 Criação de alternativas de linha diretriz

Após a realização da análise espacial que definiu áreas com diferentes potencialidades para receber a linha diretriz, foi iniciado o processo de criação de alternativas dessa linha. Para este estudo foram criadas três alternativas de linha de diretriz, visto que apesar do método descartar possibilidades que no início do projeto poderiam parecer viáveis, ainda mesmo que num número reduzido são sugeridas alternativas a serem escolhidas pelos especialistas. As alternativa traçadas foram nomeadas como "A", "B" e "C". Todas as alternativas possuem iguais origens e destinos, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 – Representação das três alternativas de Linha Diretriz.



Fonte: Os autores (2020).

3. RESULTADOS

Com a execução do método desenvolvido e a criação de alternativas de traçado de linha diretriz, alguns dados puderam ser levantados, tais como: o comprimento de cada alternativa, a quantidade de obras especiais a serem criadas e porcentagem de faixas de declividade. Ao analisar as três alternativas, nota-se que elas não possuem grandes diferenças quanto ao critério de comprimento, como mostra a Tabela 7

Tabela 7 – Comprimento de cada alternativa de Linha Diretriz.

Linha Diretriz	Comprimento (km)	Diferença
Alternativa A	77,419569	-
Alternativa B	76,783622	0,82%
Alternativa C	76,822285	0,77%

Fonte: Os autores (2020).

Outra questão verificada foi a quantidade de obras especiais de engenharia necessárias para cada alternativa. Neste caso, foram consideradas obras especiais de engenharia as interseções rododiferroviárias e travessias de obstáculos naturais (rios). As interseções rodoviárias identificadas não foram consideradas relevantes visto que esta região possui apenas pequenas estradas rurais de baixo volume de tráfego para a situação atual.

Para as três alternativas, a quantidade de intervenções de obras especiais é idêntica (Tabela 8). As três alternativas, se implantadas, requerem a construção de uma passagem de nível (interseção rododiferroviária), além de três pontes sobre rios de quinze a trinta metros de largura aproximadamente.

Tabela 8 – Levantamento da quantidade de obras de engenharia necessárias para cada alternativa.

Linha Diretriz	Obras Especiais de Engenharia (Quantidade de Interseções)	
	Ferrovia	Hidrografia
Alternativa A	1	3
Alternativa B	1	3
Alternativa C	1	3

Fonte: Os autores (2020).

Por fim, verificou-se a quantidade de quilômetro por faixa de declividade, separada nos intervalos de 0 a 3%, 3 a 6%, 6 a 8% e valores acima de 8% (Tabela 9). Neste caso, percebe-se que a alternativa “B” possui maior quilometragem na primeira faixa e na última faixa.

Tabela 9 – Representação da quantidade de quilômetro por faixa de declividade.

Declividade	Alternativas (km)		
	A	B	C
0 a 3%	10,858772	15,0094261	10,92201
3 a 6%	30,298481	34,2018196	32,07231
6 a 8%	32,067235	22,2997578	30,26178
Acima de 8%	2,724438	4,5788643	3,793553
Total	75,948926	76,0898678	77,04965

Fonte: Os autores (2020).

4. CONCLUSÕES

Após realizar sistematicamente os procedimentos metodológicos propostos no presente trabalho de pesquisa e obter resultados técnicos consistentes, nota-se a importância da análise multicritério espacial (SIG + AHP) como uma ferramenta de suporte para o planejamento dos transportes. Nesta abordagem, o uso desta técnica foi importante para o auxílio na tomada de decisão da avaliação de suas linhas diretrizes alternativas. Sua aplicação também pode ser estendida para o apoio à tomada de decisões nas mais diferentes áreas do conhecimento. Ressalta-se que o método AHP deve ser executado por especialistas, visto que os pesos dos critérios são determinados através da sensibilidade de cada técnico.

Destaca-se que em 2017 foram iniciadas as obras de pavimentação de um novo trecho da SC-390, pelo governo de Santa Catarina. Essa obra rodoviária se estende por 27,7 km, tendo como origem um ponto localizado a 23,8 km do entrocamento da SC-390 com a BR-116 ao do sul de Capão Alto e como destino a localidade de São Jorge (Lages), não fazendo a ligação, até o momento, com a SC-114 no município de São Joaquim. Diante disso, entende-se que a abordagem proposta no presente trabalho de pesquisa é válida, uma vez que a ligação rodoviária aqui representada através da linha diretriz é mais eficiente sob o ponto de vista de transportes de cargas provenientes da região oeste do estado de Santa Catarina para a região litorânea.

Ressalta-se ainda que para esta pesquisa foram utilizados apenas dados públicos e de livre aquisição. Sendo estes dados suficientes para propor alternativas de linha diretriz. Para a realização de projetos de engenharia finais, recomenda-se utilizar dados numa escala de maior

precisão, além de inserção de outras áreas variáveis finais não contempladas nesta abordagem.

Referências

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out 2012.

DEINFRA. **Estudo da Demanda por Transporte visando à Estadualização de Rodovia Coxilha Rica (Rod Municipal Entr BR-116 (vigia/Capão Alto) a UHE de Pai Querê (Div SC/RS).** 2010.

FARIA, D. G. M; AUGUSTO FILHO, O. **Aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas.** Revista do Instituto Geológico, [s.l.], v. 34, n. 1, p.23-44, 2013. GN1 Genesis Network. DOI: 10.5935/0100-929x.20130002. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/download/8945/8210> >. Acesso em: 29 set. 2020.

MALCZEWSKI, J. **GIS and Multicriteria Decision Analysis**, Wiley and Sons INC, pp: 395. 1999.

SAATY, T.L.; VARGAS, L.G. **Prediction, Projection and Forecasting.** Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA. 1991.

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks.** Pittsburgh: RWS Publications. 2005.

SAATY, T. L. **Decision making with the analytic hierarchy process.** Int. J. Services Sciences. Pittsburgh, Pa, p. 83-98. 2008. Disponível em: <<http://rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf> >. Acesso em: 29 set. 2020.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic Information Systems: an Introduction.** Englewoods Cliffs. New Jersey. 1991.

TEKNOMO, K. **Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial.** 2006. Disponível em: <http://www.thecourse.us/5/library/AHP/AHP_Tutorial.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

VARGAS, R. **Analytical Hierarchy Process, earned value and other Project Management Themes: a Compendium of Technical Articles.** 2014. Disponível em: <<http://www.ricardo-vargas.com/pt/books/book-details/24>>. Acesso em: 29 set. 2020.

COBRAC

Florianópolis

09 A 12 DE NOVEMBRO DE 2020

14^º CONGRESSO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL
2^º ENCONTRO DE PROFESSORES DE CADASTRO TERRITORIAL

REALIZAÇÃO:



ATRAVÉS DO:

PPGTG

Programa de Pós-graduação
em Engenharia de Transportes
e Gestão Territorial



GOTT

GRUPO DE OBSERVAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO DO TERRITÓRIO

ZAMBON, K. L. et al. **Análise de decisão multicritério na localização de usinas termelétricas utilizando SIG.** *Pesqui. Oper.*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 183-199, Aug. 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/pope/v25n2/25705.pdf> >. Acesso em: 29 set. 2020.