

AValiação DO USO DE AHP EM UM AMBIENTE SIG PARA PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM UM SISTEMA DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

I. Baria e J.L. Fernandes Jr.

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de analisar o uso de AHP – *Analytic Hierarchy Process* – aliado a um Sistema de Informações Geográficas – SIG, na priorização de intervenções em sistemas de transporte, com um estudo de caso aplicado à malha ferroviária do Estado de São Paulo. O AHP permite a análise e pontuação de cada componente, equivalente à sua importância dentro do contexto avaliado. Já um SIG é uma ferramenta que permite a associação entre uma figura geométrica e um banco de dados, possibilitando a demonstração de resultados das análises por meio de mapas temáticos. O método apresentado contribui para o gerenciamento da rotina, de forma direta, permitindo que os gestores tenham uma ferramenta relativamente simples, de utilização quase imediata, e que mostra a situação da malha com visão espacial, privilegiando uma análise abrangente, mas que também pode ser detalhada com o uso das ferramentas utilizadas.

1 INTRODUÇÃO

A priorização de substituição de componentes da via permanente ferroviária, dentro do âmbito da manutenção preventiva, é feita levando-se em consideração o tipo de componente, o local de instalação, quais os desgastes e defeitos envolvidos, o comportamento do componente nesta configuração e a estimativa do tempo de vida.

A avaliação aqui considerada leva em conta os aspectos técnicos da via permanente, prioritariamente a questão da segurança do usuário do sistema. Contudo, uma via permanente é um ativo valioso e sua adequada conservação deve ser realizada por meio de ações preferencialmente preventivas, pois estas ações encontram-se no patamar mínimo de despesas operacionais, ao contrário de intervenções corretivas ou mesmo de reforma de uma via permanente.

Mesmo sendo um fato que ao longo dos anos as ações de reforma em via permanente sejam uma condição inevitável, a aplicação de métodos de priorização para a realização de intervenções levarão a uma sobrevida do ativo e, conseqüentemente, a uma economia na aplicação de recursos financeiros.

A contínua necessidade de tomada de decisão indica que é necessária uma ferramenta que auxilie nesta tarefa e que defina como serão priorizadas as atuações de manutenção. A análise desta priorização mostra que este sistema de decisões é um modelo de decisão de múltiplos critérios.

O Analytic Hierarchy Process – AHP (Saaty, 1980) foi desenvolvido na Warthon School of Business e teve larga aplicação em pesquisas na área de transportes. Costa (2003), apresenta uma lista das vantagens de utilização do método para a solução de problemas complexos relacionados à tomada de decisão. Salomon, Montevechi e Pamplona (1999) apresentam um estudo que justifica a utilização do método aqui apresentado, quando a situação caracteriza-se como tomada de auxílio à decisão por múltiplos critérios. Cafiso et. Al (2002) entendem que o AHP parece ser um método mais aplicável na gerência de pavimentos. A escolha do AHP, neste caso, deve-se, principalmente, a sua adequação para solução de problemas complexos que envolvem julgamentos subjetivos, considerando múltiplos critérios.

O SIG é uma ferramenta que permite associar uma figura geométrica (ponto, linha ou polígono) a um registro em um banco de dados. Esta associação é de extrema utilidade pois é possível atribuir uma série de informações sobre uma figura geométrica a manipular estes dados de maneira que seja possível criar um conjunto de consultas ao banco de dados e as respostas obtidas podem ser observadas em um mapa, facilitando a compreensão destes dados e, também, que permite uma visão global desta consulta, não somente a um registro específico, mas a todo o conjunto estudado.

2 MÉTODO

O AHP procura reproduzir o raciocínio humano na avaliação comparativa dos elementos de um conjunto, com base na percepção de analistas. A aplicação do método produz como resultado a atribuição de pesos numéricos a objetivos e alternativas, através da comparação dos elementos, par a par.

Os objetivos e as alternativas que contribuem para alcançá-los são estruturados hierarquicamente. No nível mais alto da hierarquia deve ser colocado o objetivo geral, logo abaixo objetivos intermediários, e assim sucessivamente até chegar ao nível das atividades através das quais se pretende alcançar o objetivo. A partir dessa estrutura, ou árvore hierárquica, são montadas matrizes para comparação dos elementos de cada nível.

O AHP incorpora conceitos importantes largamente aceitos no contexto da decisão multicritério:

- Estruturação de sistemas complexos em hierarquias: através da psicologia, provou-se que o cérebro humano tem um limite de sete itens quer na sua capacidade de memória de curto período quer na capacidade de discriminação. Para lidar com situações mais complexas, e ultrapassar esta limitação, estrutura as entidades em hierarquias ou agrupamentos lógicos. Como exemplo: quando nos é pedido a memorização de uma sequência de números, como um número de telefone, a atitude mais frequente é fazer agrupamentos de dois ou três algarismos;
- Comparações relativas de pares de critérios: as comparações relativas são muito mais fáceis de fazer que julgamentos absolutos. Por exemplo, é difícil decidir qual, em 14 critérios, será aquele com mais peso na decisão, e depois fazer o mesmo para os restantes. Contudo, as comparações são facilitadas quando a análise é feita “dois a dois” entre todos os critérios;

- O uso de comparações redundantes: no AHP usa-se a redundância entre comparações de critérios para reduzir os erros provenientes de uma comparação menos acertada, e para produzir um índice de consistência dessas comparações que, em última análise, pode validar ou não essas comparações.

Tal como em outros métodos de decisão multicritério, a importância relativa dos critérios é dada na forma de pesos normalizados. Para a determinação dos pesos elabora-se uma matriz quadrada em que os seus elementos refletem comparações entre pares de critérios. Por exemplo, o elemento a_{ij} reflete a comparação entre o critério i e o critério j . Estas comparações apresentam-se na forma de médias que quantificam a importância que um critério tem sobre outro na tomada de decisão. Saaty elaborou uma escala de comparações, contínua, com nove pontos, mostrada nas Tabelas 1 e 2:

Tabela 1 Valores de Comparação

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Importância igual.	Duas ações potenciais Contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de uma sobre a outra.	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte.	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorecendo uma atividade em relação à outra é do mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes.	Quando é necessária uma condição de compromisso.
Valores recíprocos aos anteriores	Se um critério i possui um dos valores inferiores quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .	

Fonte: adaptado de Saaty (1980)

Tabela 2 Escala de Valores

MENOS IMPORTANTE					MAIS IMPORTANTE			
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9

Fonte: adaptado de Saaty (1980)

Assim, se o critério i for ligeiramente mais importante que o critério j , ao elemento a_{ij} será atribuído o valor 3. Como é evidente, o elemento a_{ji} terá o valor 1/3, isto é, o critério j é ligeiramente menos importante que o critério i . A determinação dos pesos para os critérios através do Método de Análise Hierárquica (Saaty, 1980) é feita em três etapas principais. Para mais detalhes sobre a aplicação do método verificar Costa (2003) e Baria (2008).

A obtenção dos pesos para diferentes critérios, utilizando o método proposto, pode ser desenvolvido com o auxílio de programas de computador específicos, como por exemplo o *Expert Choice*. Estes programas estruturam matrizes de comparação par a par de modo a traduzir os julgamentos dos especialistas com relação a cada par analisado. Estes programas já têm embutido um verificador de consistência e módulos para simulação de eventuais julgamentos alternativos. Alternativamente podem ser utilizadas planilhas eletrônicas, com a montagem das matrizes e os cálculos necessários para a verificação da consistência da avaliação. No presente trabalho foram utilizadas planilhas do programa de computador BrOffice 3.2 (versão em português do Brasil do software OpenOffice).

3 ESTUDO DE CASO HIPOTÉTICO: PRIORIZAÇÃO DE ATUAÇÃO NA MALHA FERROVIÁRIA DE SÃO PAULO

Apesar do caso hipotético estudado, e da geração aleatória de defeitos, as prioridades de cada um dos defeitos foram levadas a efeito com a formação de um grupo de especialistas em manutenção de via permanente.

Para entendimento dos termos utilizados nas tabelas de comparação par a par que serão apresentadas é feito um pequeno glossário, na Tabela 3, com os termos utilizados na linguagem ferroviária. Outros termos utilizados são variações dos termos apresentados ou termos universais.

Tabela 3 Glossário de Termos Utilizados no Artigo

Termo	Definição
JI – Junta Isolante	Equipamento constituído de dois trilhos separados por um elemento isolante, na face do trilho
Jacaré	Parte central do Aparelho de Mudança de Vias – AMV. Local aonde é feita a negociação de transição de uma via para outra.
Agulha	Início do Aparelho de Mudança de Via. É o ponto aonde o trem pode iniciar ou encerrar a sua transição de uma via para outra.
Desgaste ondulatório	Desgaste característico em trilhos, que formam “ondas” no trilho, apresentando depressões em ondas curtas e longas, com profundidade variando de 0,1mm a 0,8mm
Solda Rebaixada	Fenômeno que ocorre na solda de trilhos, apresentando uma depressão no centro da região de solda de topo de trilhos.
Viga Suporte	Tipo de local de instalação para via permanente aonde o trilho é apoiado em placas que estão fixadas em uma laje de concreto.
Lastro	Tipo de local de instalação para a via permanente aonde o trilho é apoiado em dormentes que, por sua vez, encontram-se apoiados em um <i>lastro</i> , normalmente de pedra britada.

Fonte: autor

3.1 Determinação das Variáveis

As variáveis para priorização estão agrupadas em quatro famílias, mostradas na Tabela 4:

- V1 – Componentes da Via Permanente;
- V2 – Local da Instalação;
- V3 – Tipo de Defeito;
- V4 – Tempo de Vida.

A estruturação do problema de priorização foi orientada de tal maneira que houvesse consenso entre o grupo de especialistas, que estabeleceu os pesos dos critérios. No presente caso, a hierarquização de importância de componentes da via permanente, visando à obtenção de pesos diferenciados, servirão para ponderação de quais componentes tem prioridade na substituição, do ponto de vista de segurança operacional.

Tabela 4 Variáveis para Priorização

V1 Componentes	V2 Local de Instalação	V3 Tipos de Defeitos	V4 Tempo de Vida
Junta Isolante – JI	Lastro	Trinca Vertical	Menor que 1 mês
Jacaré	Viga Suporte	Trinca Horizontal	Até 2 meses
Agulha	Viga Suporte em Curva	Trinca Horizontal com Ramos	Até 3 meses
Trilho < 18m	Lastro em Curva	Solda Defeituosa	Até 6 meses
18m < trilho < 54m	Viga Suporte em Curva a Céu Aberto	Desgaste Limite	Até 1 ano
Trilho > 54m		Desgaste Ondulatório	
		Solda Rebaixada	

Fonte: autor

A realização das comparações ocorreu em um ambiente de consenso, com vários especialistas em via permanente. O resultado deste consenso é reproduzido na Tabela 5.

Tabela 5 Variáveis e os Pesos Apurados

Código	Variáveis	Pesos
V1	Componentes	0,11995
V1.1	Junta Isolante	0,10961
V1.2	Jacaré	0,39482
V1.3	Agulha	0,34282
V1.4	Trilho < 18m	0,02982
V1.5	Trilho entre 18m e 54m	0,04705
V1.6	Trilho > 54m	0,07588
V2	Local de Instalação	0,19246
V2.1	Lastro	0,08988
V2.2	Viga Suporte	0,04879
V2.3	Viga Suporte em Curva	0,23305
V2.4	Lastro em Curva	0,17434
V2.5	Viga Suporte em Curva a Céu Aberto	0,45394
V3	Defeitos	0,28146
V3.1	Trinca Vertical	0,33649
V3.2	Trinca Horizontal	0,17335
V3.3	Trinca Horizontal com Ramos	0,29450
V3.4	Solda com Defeito (trinca ou defeito interno)	0,04625
V3.5	Desgaste Limite	0,08862
V3.6	Desgaste Ondulatório	0,03497
V3.7	Solda Rebaixada	0,02582

V4	Tempo de Vida	0,20613
V4.1	Menor que 1 mês	0,46332
V4.2	Até 2 meses	0,21453
V4.3	Até 3 meses	0,19687
V4.4	Até 6 meses	0,08177
V4.5	Até 1 ano	0,04351

Fonte: adaptado de Lima (2007)

A aplicação do sistema de pesos é simples, bastando a multiplicação dos pesos de cada um dos níveis para uma situação encontrada. Após a multiplicação é procedida a normalização dos valores. Com o auxílio de planilha eletrônica a ordenação dos dados é facilitada, de maneira que os itens fiquem priorizados do primeiro até o último, em função dos valores normalizados. A normalização dos valores é feita seguindo a Equação 1:

$$V_n = \frac{V - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (1)$$

V_n = valor normalizado entre 0 e 1;

V = valor do resultado obtido na multiplicação dos pesos;

V_{max} = resultado máximo na multiplicação dos pesos, e

V_{min} = resultado mínimo na multiplicação dos pesos.

3.2 Aplicação do Modelo em uma Situação Hipotética

A base de dados utilizada para a aplicação do modelo foi obtida do repositório de bases cartográficas do IBGE (ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/base_continua_ao_milionesimo/2-BCIMv3.0.1_dados/SAD69/shapefile/), com atualização da malha ferroviária brasileira em 2005.

O SIG adotado neste estudo foi o GvSig 1.9. Este é um SIG desenvolvido pela Secretaria de Infra-Estrutura e Transportes da prefeitura de Valência, Espanha, daí o nome GvSig (Generalitat Valenciana). Este SIG, da mesma forma que o BrOffice, é uma distribuição livre e aberta, ou seja, o código fonte do SIG está disponível para qualquer um que queira realizar modificações no programa de maneira a torna-lo customizado para uma aplicação qualquer. Esta, inclusive, é uma característica deste trabalho, a de utilizar, sempre que possível e disponível, programas de computador que sejam de distribuição livre e gratuita.

Outra característica do GvSig e do BrOffice é que eles também estão disponíveis para a plataforma de trabalho Linux, um reconhecido sistema operacional de distribuição gratuita e com muitos usuários distribuídos no planeta.

A base de dados utilizada prevê a existência de 856 trechos de ferrovia no estado de São Paulo, perfazendo um total aproximado de 5600 km. Para estes 856 trechos foram gerados 10121 defeitos, de maneira aleatória, utilizando uma função randômica contida na planilha eletrônica, ou seja, os defeitos gerados são hipotéticos, porém com uma base de conhecimento desenvolvida pelos especialistas. Os defeitos não existem de fato, porém são totalmente possíveis de ocorrer em qualquer um dos 856 trechos.

O método para a geração dos defeitos consistiu na construção de uma tabela com um campo de identificação do trecho (ID), e quatro campos relativos as variáveis V1 a V4. Para o campo ID foram gerados aleatoriamente os registros, variando de 1 a 856, com função específica da planilha eletrônica, em 10121 linhas. Os campos V1 a V4 receberam também valores aleatórios, variando conforme a dimensão de cada uma das variáveis, assim o campo V1 variou de 1 a 6, o campo V2 de 1 a 5, o campo V3 de 1 a 7 e o campo V4 de 1 a 5, utilizando a função da planilha que executa esta aleatoriedade.

Preenchidas as 10121 linhas com a ID do trecho e os defeitos aleatórios de V1 a V4 para cada linha promoveu-se o preenchimento dos pesos mostrados na tabela 5 conforme a aleatoriedade colocada na linha para cada uma das variáveis V1 a V4, utilizando uma função SE(). O algoritmo desta operação é mostrado abaixo e o preenchimento é exemplificado na Tabela 6.

Início

linha = 1

Laço

Para linha = 1 até linha = 10121

linha.defeito = randômico entre 1 e 856;

linha.V1 = randômico entre 1 e 6;

linha.V2 = randômico ente 1 e 5;

linha.V3 = randômico entre 1 e 7;

linha.V4 = randômico entre 1 e 5;

linha = linha + 1

Se linha > 10121

Saida

Senão

Retorna

Fim do Laço Para

linha = 1

Para linha = 1 até linha = 10121

se linha.V1 = 1 então linha.Peso V1 = 0,10961

se linha.V1 = 2 então linha.Peso V1 = 0,39482

se linha.V1 = 3 então linha.Peso V1 = 0,34282

se linha.V1 = 4 então linha.Peso V1 = 0,02982

se linha.V1 = 5 então linha.Peso V1 = 0,04705

se linha.V1 = 6 então linha.Peso V1 = 0,07588

se linha.V2 = 1 então linha.Peso V2 = 0,08988

se linha.V2 = 2 então linha.Peso V2 = 0,04879

se linha.V2 = 3 então linha.Peso V2 = 0,23305

se linha.V2 = 4 então linha.Peso V2 = 0,17434

se linha.V2 = 5 então linha.Peso V2 = 0,45394

se linha.V3 = 1 então linha.Peso V3 = 0,33649

se linha.V3 = 2 então linha.Peso V3 = 0,17335

se linha.V3 = 3 então linha.Peso V3 = 0,29450

se linha.V3 = 4 então linha.Peso V3 = 0,04625

se linha.V3 = 5 então linha.Peso V3 = 0,08862

se linha.V3 = 6 então linha.Peso V3 = 0,03497

se linha.V3 = 7 então linha.Peso V3 = 0,02582

se linha.V4 = 1 então linha.Peso V4 = 0,46332

se linha.V4 = 2 então linha.Peso V4 = 0,21453

se linha.V4 = 3 então linha.Peso V4 = 0,19687

se linha.V4 = 4 então linha.Peso V4 = 0,08177

se linha.V4 = 5 então linha.Peso V4 = 0,04351

linha = linha + 1
Se linha > 10121
Saida

Senão

Retorna

Fim do Laço Para

Fim

Concluída a fase de distribuição aleatória de defeitos é realizado o cálculo do escore geral de cada um dos trechos por meio da ordenação da tabela de defeitos por trecho. Os defeitos são, linha a linha, calculados por meio da multiplicação dos pesos V1, V2, V3 e V4. Após calculados os pesos individuais de cada defeito é realizada a somatória dos defeitos por trecho, de maneira que seja possível identificar quais são os trechos prioritários para atuação da manutenção. As operações seguintes são realizadas com uso de um Sistema de Informações Geográficas – SIG.

Tabela 6 Operação de Aleatoriedade na Distribuição de Defeitos nos Trechos

Defeito	Trecho	V1	V2	V3	V4	Peso V1	Peso V2	Peso V3	Peso V4
1	270	3	2	6	1	0,34	0,00	0,03	0,46
2	32	2	2	1	3	0,39	0,05	0,34	0,20
3	548	2	4	7	3	0,39	0,17	0,03	0,20
4	355	6	2	6	2	0,08	0,05	0,03	0,21
5	733	5	5	1	3	0,05	0,45	0,34	0,20
6	155	4	5	2	4	0,03	0,45	0,17	0,08
7	321	3	4	1	5	0,34	0,17	0,34	0,04
8	374	5	2	4	2	0,05	0,05	0,05	0,21
9	321	1	3	2	1	0,11	0,23	0,17	0,46
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10115	262	6	3	1	4	0,08	0,23	0,34	0,08
10116	16	2	3	2	2	0,39	0,23	0,17	0,21
10117	287	6	4	2	3	0,08	0,17	0,17	0,20
10118	54	4	4	2	3	0,03	0,17	0,17	0,20
10119	188	2	2	6	5	0,39	0,05	0,03	0,04
10120	111	1	4	6	5	0,11	0,17	0,03	0,46
10121	474	6	2	7	1	0,08	0,05	0,03	0,46

Conforme Silva (2004) os SIGs são ferramentas que possuem a capacidade de manipular feições geométricas (pontos, linhas e polígonos) e também conjunto de dados. No SIG utilizado neste trabalho a manipulação dos dados, contidos em tabelas, é simples de ser realizada e, assim, é possível unir duas tabelas que contenham um campo em comum (neste estudo o campo ID do trecho).

Esta operação de união é particularmente útil no estudo em questão pois os defeitos foram gerados em uma tabela separada da tabela de dados das ferrovias que passam pelo estado de São Paulo, inclusive por uma questão de segurança dos dados originais.

Por meio do campo de identificação do trecho, presente tanto na tabela de defeitos como na tabela das ferrovias, foi possível gerar uma tabela de união com todos os dados das ferrovias e também o peso do defeito gerado em cada um dos trechos. Com o recurso de operações entre os campos das tabelas foi gerado um campo com a densidade de defeitos por quilômetro de linha e implementado na tabela, também servindo como base para a geração de um mapa temático.

O mapa temático é a representação de informações sob uma perspectiva geográfica, que leva a um elemento de análise espacial de dados, mostrados nas Figuras 1, 2 e 3. A Figura 1 indica que existem poucos trechos com uma necessidade de atuação imediata, com dois trechos na região norte do estado, quatro trechos na região sul e um trecho na região sudeste. Os trechos que apresentam alta priorização, logo com necessidade de atuação rápida, também não apresentam-se em número elevado.

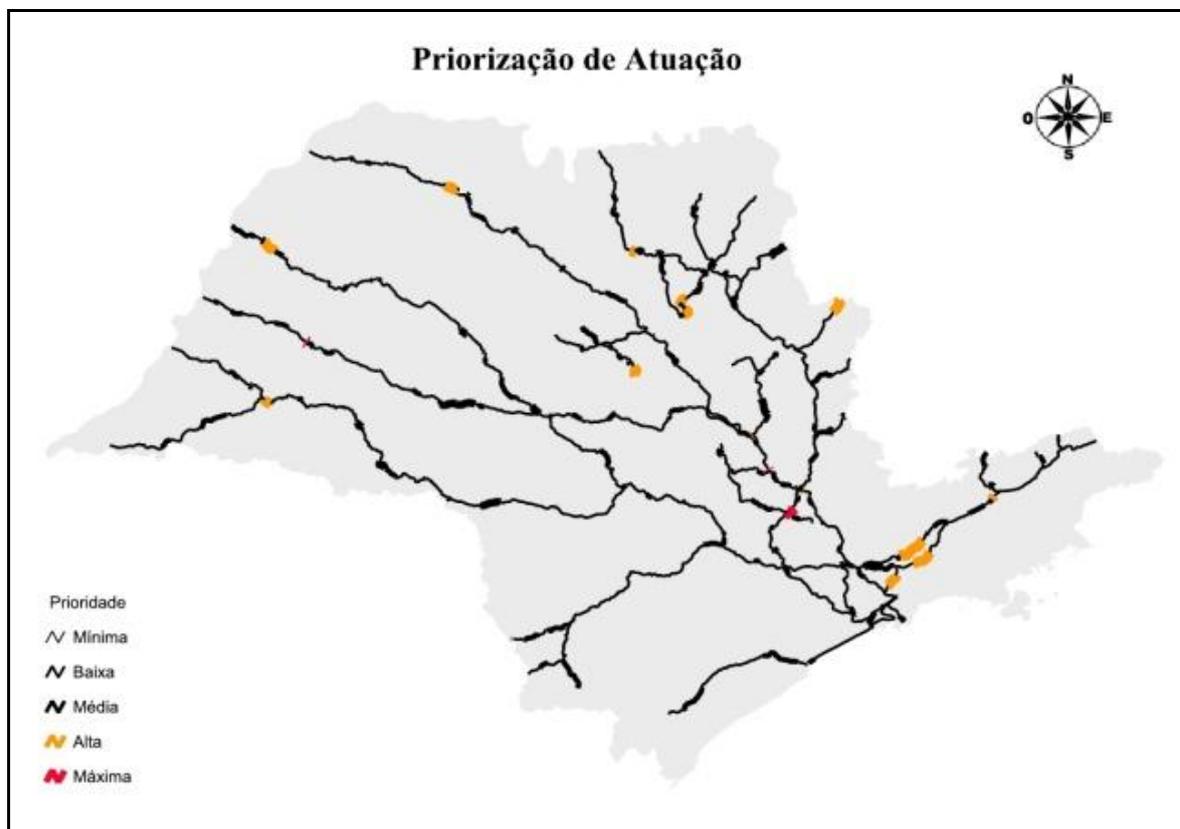


Figura 1 Priorização de Atuação com Base na Análise Hierárquica

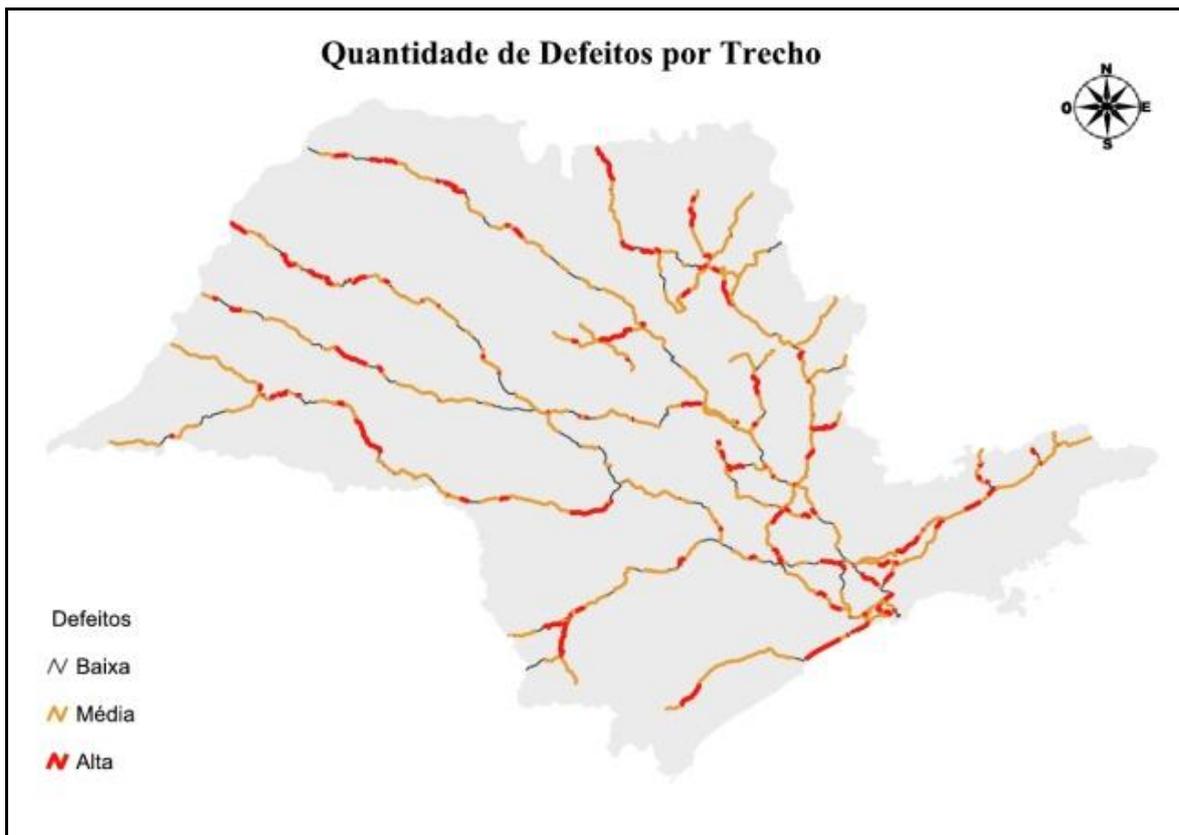


Figura 2 Quantidade de Defeitos em cada Trecho da Malha

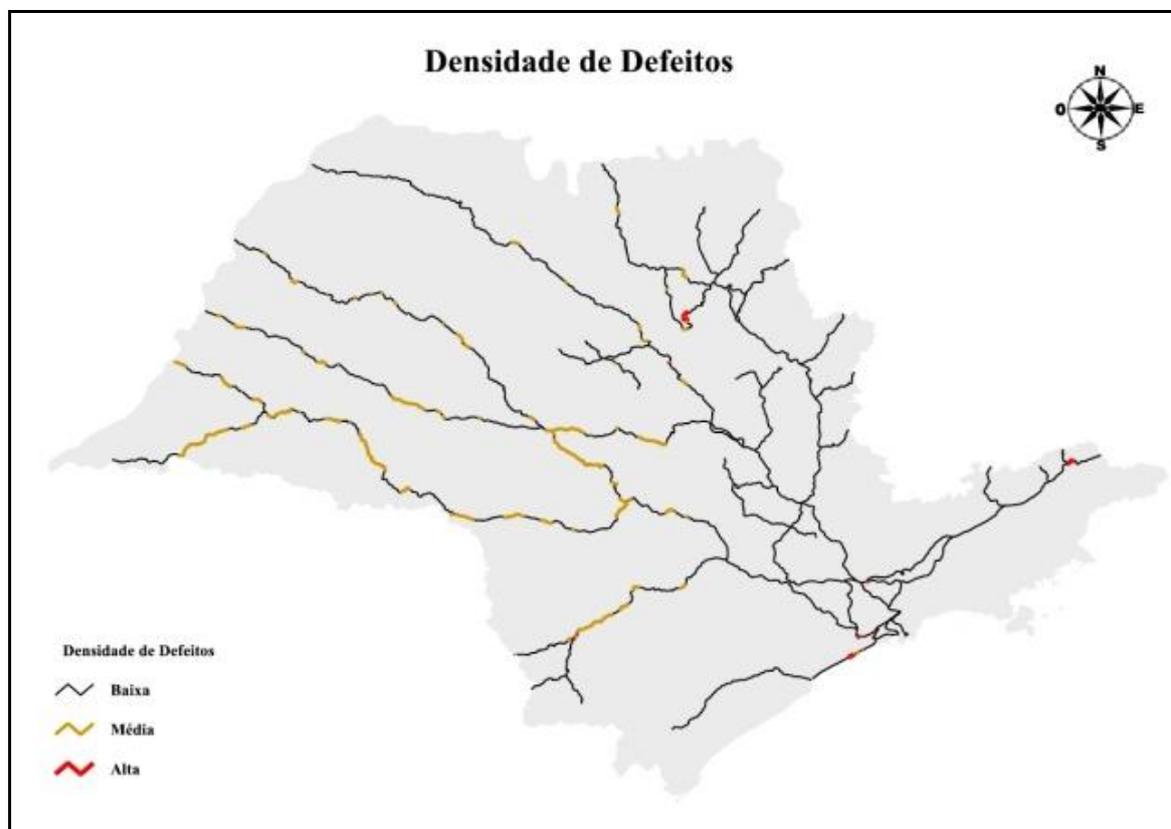


Figura 3 Densidade de Defeitos na Malha Ferroviária

A Figura 2 mostra que a quantidade de defeitos por trecho é predominantemente alta e média, existindo poucos trechos com uma incidência baixa de defeitos. Este indicador é importante para mostrar, no objeto de estudo, que é necessária uma manutenção com uma periodicidade de atuação menor que a adotada, visto que o número de defeitos, apesar de não apresentarem uma indicação máxima na priorização (Figura 1), estão em número elevado, contribuindo para a diminuição do nível de serviço da malha.

A Figura 3, por sua vez, mostra a densidade de defeitos. Esta é apresentada com uma densidade basicamente média, concentrada na porção encerrada no quadrante sul-oeste do estado. Os trechos com alta densidade são poucos, cinco trechos, e estão basicamente na mesma porção sul-oeste.

As avaliações devem ter um caráter dinâmico. No ambiente de gerenciamento de via permanente novas situações são encontradas diariamente e devem ser avaliadas e pesadas. As equipes de manutenção devem ter as suas atividades voltadas para as situações que apresentam, de acordo com o estudo conduzido, maior risco operacional.

4 CONCLUSÕES

O método apresentado no artigo, mesmo que aplicado a uma malha ferroviária com dados de defeitos hipotéticos, poderá contribuir para o gerenciamento da rotina de manutenção de ferrovias de forma direta, permitindo que os gestores tenham uma ferramenta relativamente simples, de utilização quase imediata, e que mostrará a situação da malha com visão espacial, privilegiando uma análise abrangente, mas que também poderá ser detalhada com o uso das ferramentas utilizadas.

O estabelecimento das prioridades de atuação em defeitos utilizando o AHP foi realizado de fato, com um grupo de especialistas em manutenção de via permanente, mesmo que as demais condições do trabalho tenham sido hipotéticas. Considera-se este um ponto positivo do método, pela aplicação do conceito de consenso na atribuição dos pesos em cada uma das matrizes de comparação, tornando a tarefa resultado do grupo envolvido com o trabalho de priorização e, desta forma, contribuindo para o desenvolvimento geral. Além disto, a condição de contorno é favorável para a diminuição de diagnósticos equivocados sobre os pesos. Assim, quando o índice de consistência apresenta-se superior a 0,1 a reavaliação da matriz de comparação é feita em consenso. Não menos importante é a possibilidade de, com a utilização do método, enxergar a real importância de cada trecho, dentro de um sistema complexo, permitindo decisões com embasamento científico.

Uma análise detalhada de cada um dos mapas temáticos permite um aprofundamento na decisão sobre qual ação tomar e em qual trecho. A análise integrada dos três mapas temáticos leva a considerar que uma atuação inicialmente nos trechos com indicação de priorização máxima e em seguida nos trechos do quadrante sul-oeste do estado implementarão uma melhora significativa do nível de serviço da malha estudada.

A proposta deste trabalho, de utilizar o *Analytic Hierarchy Process* – AHP (em português Método de Análise Hierárquica – MAH) aliado a um Sistema de Informações Geográficas, mostra-se adequada já que as análises puderam direcionar quais ações deveriam ser tomadas e aonde deveriam ser realizadas, possibilitando um planejamento das ações de

manutenção a serem realizadas contribuindo para melhor aplicação dos recursos disponíveis.

Pretende-se, em trabalhos futuros, incluir a análise financeira para que a alocação dos recursos leve em conta, também, diferentes cenários de disponibilidades orçamentárias, visando a otimização dos recursos destinados à manutenção e reabilitação do sistemas de transportes.

5 REFERÊNCIAS

Baria, Igor (2008) Avaliação do AHP para Priorização de Atuações em Sistemas Metroferroviários. **PLURIS 2008**. Santos.

Costa, M. S. (2003). **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. Dissertação de Mestrado. São Carlos.

Cafiso, S.; Graziano, A; Kerali, H.R.; Odoki, J.B. (2002). Multicriteria Analysis Method for Pavement Maintenance Management. **Transportation Research Record 1816**. TRB. Washington.

Lima, J.P. (2007). **Modelo de Decisão para a Priorização de Vias Candidatas a Atividades de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos** . Tese de Doutorado. São Carlos.

Saaty, T. L.. (1980) **The Analytic Hierarchy Process**. Mc Graw Hill. New York.

Salomon, V. P.; Montevechi, J.A.B.; Pamplona, E. O. (1999) Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica. **19º ENEGEP**. Rio de Janeiro.

Silva, A.N.R.; Wayt, R. (2004) Notas de aula do curso de modelos de avaliação multicritério. **Convênio da Escola de Engenharia de São Carlos-USP com a Universidade de Melbourne, Austrália**. São Carlos.