



11ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROVIÁRIA – FÓRUM TÉCNICO

AVALIAÇÃO DO AHP PARA PRIORIZAÇÃO DE ATUAÇÕES EM SISTEMAS METROFERROVIÁRIOS

Igor Baria
Mateus Araújo e Silva

Resumo

O presente artigo tem o objetivo de apresentar o *Analytic Hierarchy Process – AHP* (Saaty, 1980) e a sua utilização na priorização de atuação em sistemas metroferroviários, mais especificamente na via permanente. O AHP, como ferramenta de priorização em sistemas complexos, permite que cada componente analisado seja pontuado e receba um peso, equivalente a sua importância dentro do contexto avaliado.

A seção 1 do artigo faz uma breve introdução sobre o método. A seção 2 explica o método e a fundamentação matemática, mostrando a base de fórmulas que são utilizadas na determinação dos pesos e validação do método. A seção 3 trata especificamente da aplicação do método em um estudo de caso conduzido na Cia do Metropolitano de São Paulo – METRÔ e a seção 4 apresenta as conclusões sobre a aplicação do método, além de uma sugestão para trabalhos futuros.

Introdução

A priorização de substituição de componentes de via permanente, 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 e o comportamento do componente nesta configuração.

Não obstante, dada a contínua necessidade de tomada de decisão, é necessária uma ferramenta que auxilie esta tarefa e que defina como deve ser priorizada a atuação.

Observando-se o tipo de análise que é feita para a priorização verifica-se que se trata de um sistema de decisão de múltiplos critérios.

Metodologia

O AHP, desenvolvido por Saaty (1980), 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 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.

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 9 pontos:

TABELA DE VALORES

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 .	

Tabela 1 – Valores de atribuição no AHP

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
-----	-----	-----	-----	---	---	---	---	---

Tabela 2 – Escala de comparação de Critérios

Assim, se o critério i for ligeiramente mais importante que o critério j , ao elemento a_{ij} será atribuído o valor 3 na escala. 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, 1990) é feito em três etapas principais, detalhadas a seguir, com base no trabalho de Costa (2003).

Etapa 1: Construção da matriz de comparação par a par.

Para efeito de exemplo prático utilizaremos uma tabela montada para este fim específico, conforme a tabela 3.

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6
Critério 1	1	1/2	2	2	3	1
Critério 2	2	1	4	4	6	2
Critério 3	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 4	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 5	1/3	1/6	1/2	1/2	1	1/3
Critério 6	1	1/2	2	2	3	1

Tabela 3 – Matriz de Exemplo

Etapa 2: Obtenção de pesos para os critérios (eigenvector principal ou w).

Esta etapa consiste em:

- Soma dos valores de cada coluna da matriz de comparação par a par;

- Divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence. A matriz resultante é denominada *Matriz de Comparação Par a Par Normalizada*;
- Obtenção de w_i dividindo-se a soma dos valores de cada linha da matriz pelo número de critérios avaliados.

Utilizando-se das fórmulas apresentadas obtém-se $\lambda_{\max} = 6,01703$

Etapa 3: Cálculo do grau de consistência CR

O grau de consistência fornece uma medida da precisão ou consistência dos julgamentos efetuados.

Desta forma, com todos os elementos apresentados, encontramos que $CR = 0,003405/1,24 = 0,00275$

Na ocorrência de CR maior que 0,1 é necessária uma reavaliação da matriz de comparação par a par. O valor de 0,1 é freqüentemente citado como indicativo de um razoável nível de consistência.

Estudo de Caso: Priorização de Substituição de Componentes da Via Permanente.

Árvore hierárquica

A árvore hierárquica foi estruturada em três níveis, a saber I – Componentes da Via Permanente; II – Local da Instalação; e III – Tipo de Defeito. A estruturação da árvore foi orientada de maneira que fosse consenso entre o grupo de especialistas, que estabeleceu os pesos dos critérios e os níveis da árvore, a ordenação apresentada.

No presente caso, ele é utilizado para a hierarquização de importância de componentes da via permanente, visando à obtenção de pesos diferenciados, que servirão para ponderação de quais componentes tem prioridade na substituição, do ponto de vista de segurança operacional. Esta hierarquização seguirá o seguinte modelo:

TABELA DE NÍVEIS

Nível I	Nível II	Nível III
Componentes	Local de Instalação	Tipos de Defeitos
Junta Isolante – JI	Lastro	Trinca Vertical

Jacaré	Viga Suporte	Trinca Horizontal
Agulha	Viga Suporte em Curva	Trinca Horizontal com Ramos
Trilho < 18m	Lastro em Curva	Solda Defeituosa
18m < trilho < 54m	Viga Suporte em Curva a Céu Aberto	Desgaste Limite
Trilho > 54m		Desgaste Ondulatório
		Solda Rebaixada

Tabela 4 - Níveis de priorização para componentes de Via permanente

A realização das comparações ocorreu em um ambiente de consenso, com vários especialistas em via permanente. O resultado deste consenso é reproduzido abaixo, com a árvore hierárquica com os seus respectivos pesos. Para facilitar a visualização, o modelo das interações entre os três níveis foi alterado para linhas retas, de maneira que fosse permitido colocar os valores dos pesos.

ÁRVORE HIERÁRQUICA COM OS PESOS

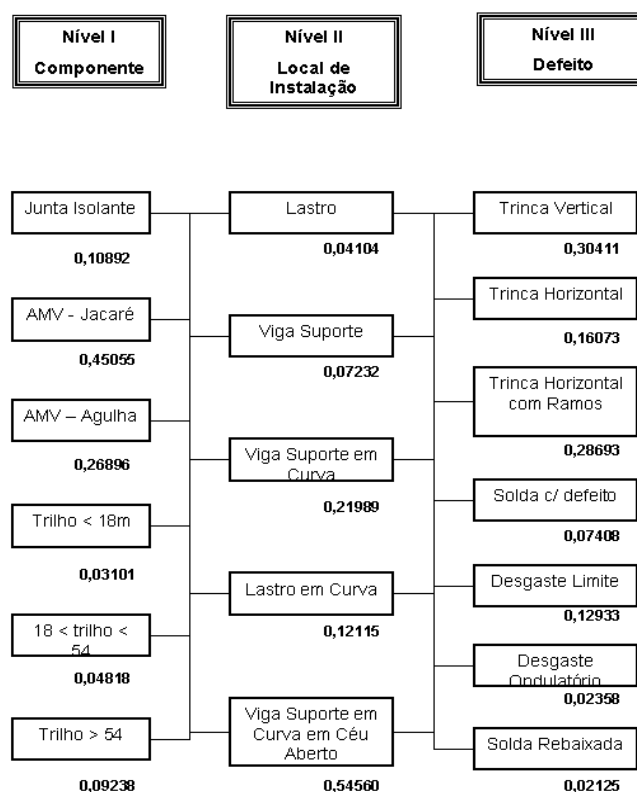


Figura 1 - Árvore hierárquica com pesos calculados para os níveis

A aplicação do sistema de pesos é simples, bastando a multiplicação dos pesos de cada um dos níveis para uma situação encontrada, e a normalização dos valores, de maneira a facilitar a

leitura direta dos dados. Com o auxílio de planilha eletrônica é facilitada a ordenação dos dados, de maneira que os itens fiquem priorizados do primeiro até o último, em função dos resultados.

As tabela 6 exemplifica algumas situações, demonstrando a hierarquização das atuações e a sua respectiva priorização:

PRIORIZAÇÃO DAS ATUAÇÕES DE ACORDO COM NORMALIZAÇÃO DE RESULTADOS

Componente	Peso	Local de Instalação	Peso	Defeito	Peso	Resultado	Priorização
Agulha+Encosto	0.34282	Lastro	0.08988	Trinca Vertical	0.33649	0.01037	1°
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Trinca Horizontal com Ramos	0.29450	0.00567	2°
Agulha+Encosto	0.34282	Viga Suporte em Curva	0.23305	Solda Rebaixada	0.02582	0.00206	3°
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Trinca Horizontal	0.17335	0.00171	4°
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Desgaste Limite	0.08862	0.00171	5°
Trilho > 54m	0.07588	Viga Suporte em Curva	0.23305	Desgaste Limite	0.08862	0.00157	6°
Trilho entre 18 e 54	0.04705	Lastro em Curva	0.17434	Desgaste Limite	0.08862	0.00073	7°
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Solda com Defeito	0.04625	0.00046	8°
Trilho < 18m	0.02982	Viga Suporte em Curva a Céu aberto	0.45394	Solda Rebaixada	0.02582	0.00035	9°
Trilho > 54m	0.07588	Lastro em Curva	0.17434	Solda Rebaixada	0.02582	0.00034	10°
Trilho < 18m	0.02982	Lastro em Curva	0.17434	Solda com defeito	0.04625	0.00024	11°
Trilho entre 18 e 54	0.04705	Viga Suporte	0.04879	Desgaste Ondulatório	0.03497	0.00008	12°

Tabela 5 – Priorização de Atuação com a Utilização dos Pesos

Conclusões

O método apresentado no artigo contribui para o gerenciamento da rotina, de forma direta, permitindo que os gestores tenham uma ferramenta relativamente simples, de utilização quase imediata.

A disponibilidade de um micro computador e uma planilha eletrônica facilitam a utilização do método, tornando, de certa forma, quase impeditiva a sua utilização quando as matrizes apresentarem-se maiores que 4x4 e os níveis superiores a dois.



Outro ponto positivo do método é a 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 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. Mesmo 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 componente dentro de um sistema complexo, permitindo decisões com embasamento científico.

Em contraponto, o estudo de caso mostrou-se, em algumas situações de análise, superficial, indicando a necessidade da reavaliação dos níveis, provavelmente levando a criação de maior número de níveis e reavaliação dos pesos diagnosticados nas matrizes de comparação.

Como sugestão para trabalhos futuros utilizar o método, contudo sem o consenso no diagnóstico dos pesos, e sim com uma avaliação individual de cada especialista para as matrizes de comparação. Após esta avaliação individual trabalhar com as médias conseguidas, observando a dispersão dos valores.

Bibliografia

COSTA, Marcela da Silva. **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, 2003.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process**. Mc Graw Hill. New York, 1980.

SILVA, Antônio N. R.; WAYT, Ray. **Notas de aula do curso de modelos de avaliação multicritério**. Convênio da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo com a Universidade de Melbourne, Austrália. São Carlos, 2004.

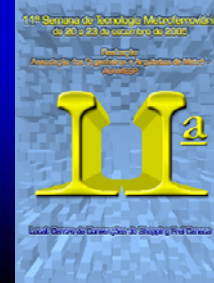
SALOMON, Valério P.; MONTEVECHI, José A.B.; PAMPLONA, Edson O. **Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica**. 19º ENEGEP. Rio de Janeiro, 1999.



Currículo

Igor Baria: Engenheiro Mecânico formado pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie, mestrando em engenharia dos transportes pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP. Atualmente é supervisor de manutenção de via permanente das linhas 3 e 6 do Metrô.

Mateus Araújo e Silva: Engenheiro Civil formado pela Escola Politécnica da Univ Federal da Bahia, mestrando em engenharia dos transportes pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP, onde trabalha com estudo de crescimento das viagens, com apoio do CNPq.



11ª Semana de Tecnologia Metroviária

Avaliação do AHP para Priorização de Atuações em Sistemas Metroferroviários

Igor Baria – Metrô SP

Mateus Araújo e Silva – EESC/USP

Analytic Hierarchy Process - AHP



Características

- O AHP é um método desenvolvido por Thomas L. Saaty para lidar com sistemas de decisão de múltiplos critérios;
- Ajuda a identificar e a pesar múltiplos critérios de seleção relativos a alternativas existentes;
- Incorpora medidas de avaliação objetivas e subjetivas, com teste de sua consistência;

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Características

- Reproduz o raciocínio humano na avaliação comparativa de elementos de um conjunto;
- Atribuição de pesos numéricos a alternativas e objetivos através da comparação de elementos par a par, e
- Avaliações operacionais tendem a ser parecidas.

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



- Conceitos do AHP
 - Estruturação de sistemas complexos em hierarquias;
 - Comparação relativa de pares de critérios;
 - Redundância de comparações, e
 - Utilização de matrizes para tabulação de dados.

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Escala de Valores

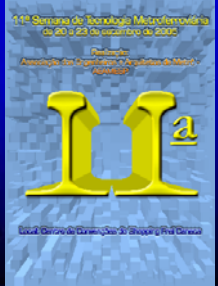
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



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.

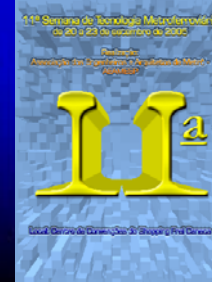
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
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 .	

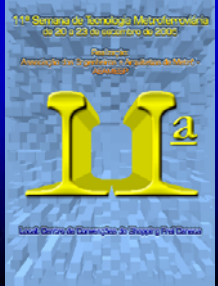
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Escala de Valores		
Mais Importante	Extremamente	9
	Bastante	7
	Muito	5
	Pouco	3
	Igual	1
Menos Importante	Pouco	1 / 3
	Muito	1 / 5
	Bastante	1 / 7
	Extremamente	1 / 9

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Método de Análise

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6
Critério 1	1					
Critério 2		1				
Critério 3			1			
Critério 4				1		
Critério 5					1	
Critério 6						1

Matriz de Comparação Par a Par

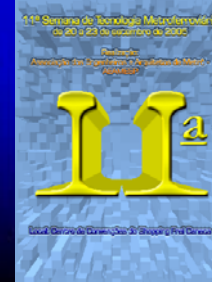
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6
Critério 1	1	1/2	2	2	3	1
Critério 2	2	1	4			
Critério 3	1/2	1/4	1			
Critério 4	1/2			1		
Critério 5	1/3				1	
Critério 6	1					1

Matriz de Comparação Par a Par

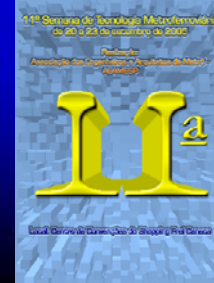
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6
Critério 1	1	1/2	2	2	3	1
Critério 2	2	1	4	4	6	2
Critério 3	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 4	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 5	1/3	1/6	1/2	1/2	1	1/3
Critério 6	1	1/2	2	2	3	1

Matriz de Comparação Par a Par

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



- Soma dos valores de cada coluna da matriz de comparação par a par;
- Divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence. A matriz resultante é denominada Matriz de Comparação Par a Par Normalizada;
- Obtenção de w_i dividindo-se a soma dos valores de cada linha da matriz pelo número de critérios avaliados.

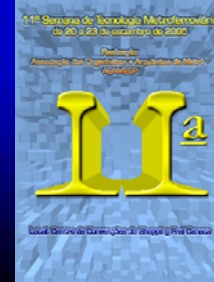
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6
Critério 1	1	1/2	2	2	3	1
Critério 2	2	1	4	4	6	2
Critério 3	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 4	1/2	1/4	1	1	2	1/2
Critério 5	1/3	1/6	1/2	1/2	1	1/3
Critério 6	1	1/2	2	2	3	1
Soma	5,333333	2,666667	10,5	10,5	17	5,333333

Matriz de Comparação Par a Par

Introdução

Método

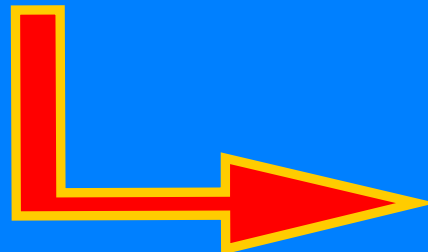
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP

	Critério 1	Critério 2
Critério 1	1	1/2
Critério 2	2	1
Critério 3	1/2	1/4
Critério 4	1/2	1/4
Critério 5	1/3	1/6
Critério 6	1	1/2
Soma	5,333333	2,666667

Divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da coluna a que pertence. A matriz resultante é denominada Matriz de Comparação Par a Par Normalizada.



Matriz de
Comparação Par a
Par Normalizada

Critério 1	= $1 / 5,333$	
Critério 2	= $2 / 5,333$	
Critério 3	= $(1/2) / 5,333$	
Critério 4	= $(1/2) / 5,333$	
Critério 5	= $(1/3) / 5,333$	
Critério 6	= $1 / 5,333$	

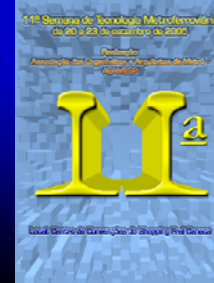
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Matriz de Comparação Par a Par Normalizada					
Critério 1	0,1875	0,1875	0,1905	0,1905	0,1765	0,1875
Critério 2	0,3750	0,3750	0,3810	0,3810	0,3529	0,3750
Critério 3	0,0938	0,0938	0,0952	0,0952	0,1176	0,0938
Critério 4	0,0938	0,0938	0,0952	0,0952	0,1176	0,0938
Critério 5	0,0625	0,0625	0,0476	0,0476	0,0588	0,0625
Critério 6	0,1875	0,1875	0,1905	0,1905	0,1765	0,1875

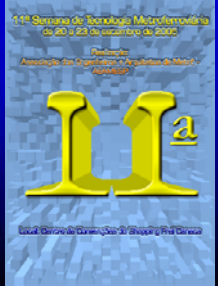
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



	Matriz de Comparação Par a Par Normalizada						Wi
Critério 1	0,1875	0,1875	0,1905	0,1905	0,1765	0,1875	0,1867
Critério 2	0,3750	0,3750	0,3810	0,3810	0,3529	0,3750	0,3733
Critério 3	0,0938	0,0938	0,0952	0,0952	0,1176	0,0938	0,0982
Critério 4	0,0938	0,0938	0,0952	0,0952	0,1176	0,0938	0,0982
Critério 5	0,0625	0,0625	0,0476	0,0476	0,0588	0,0625	0,0569
Critério 6	0,1875	0,1875	0,1905	0,1905	0,1765	0,1875	0,1867
						Soma	1

Obtenção de w_i dividindo-se a soma dos valores de cada linha da matriz pelo número de critérios avaliados.

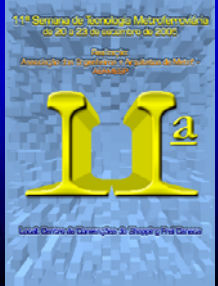
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Estudo de Caso – Metrô SP Via Permanente

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Componentes e Instalações na Via Permanente

Introdução

Método

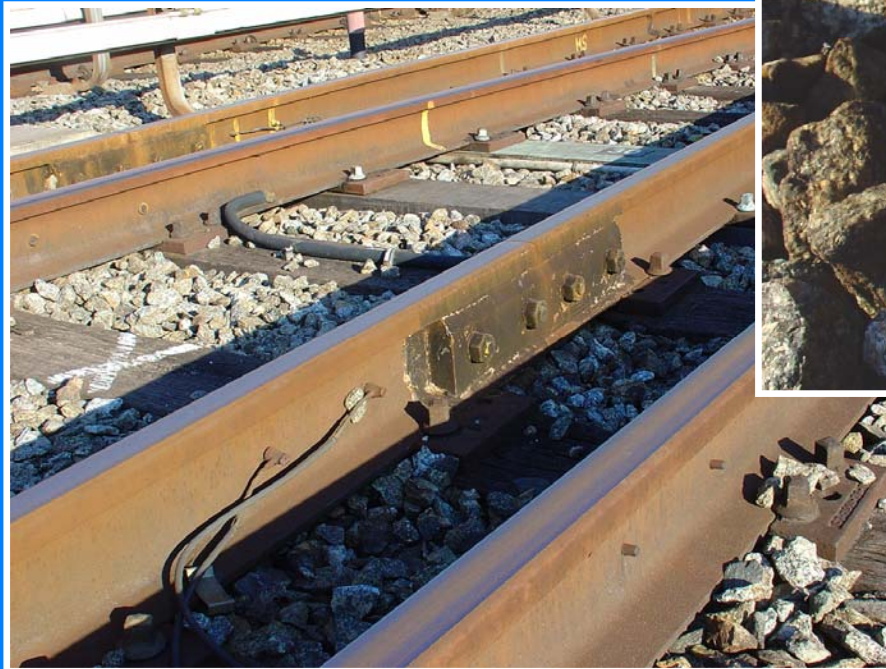
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Junta Isolante



Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

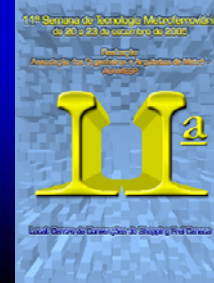
Introdução

Método

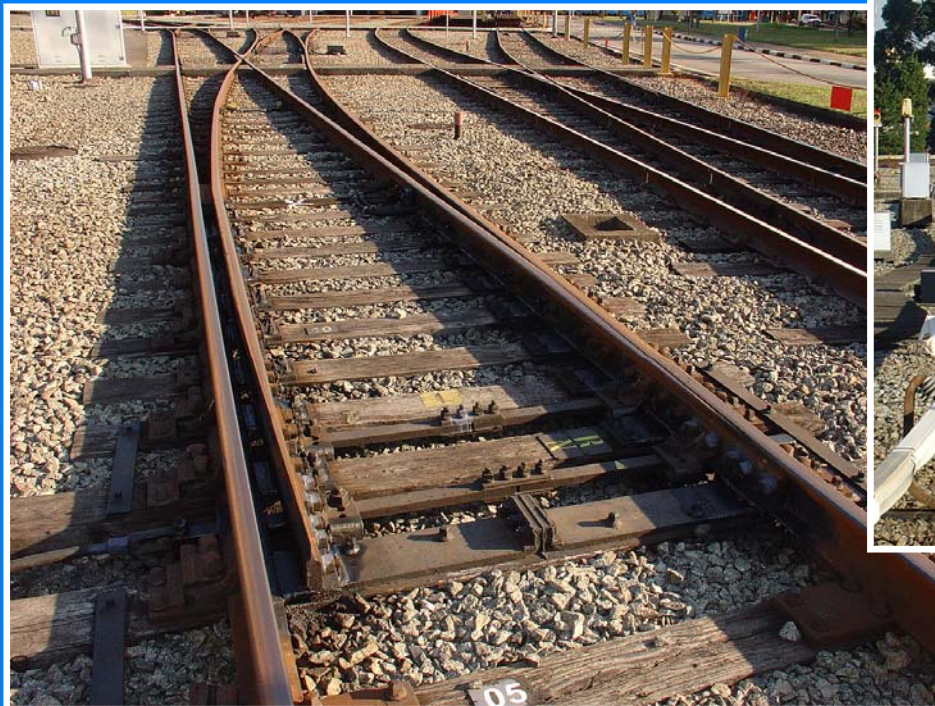
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Aparelho de Mudança de Via - AMV



Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP

Jacaré



Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

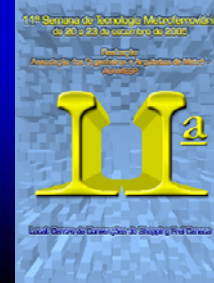
Introdução

Método

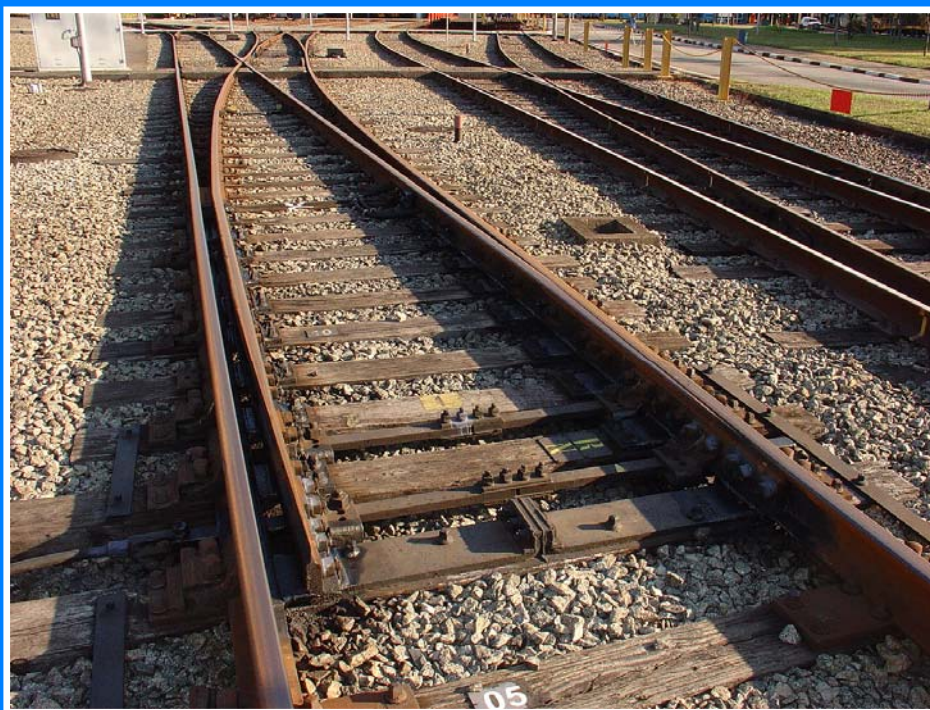
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Trilho de Encosto e Agulha



Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

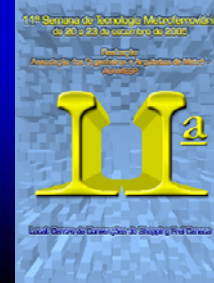
Introdução

Método

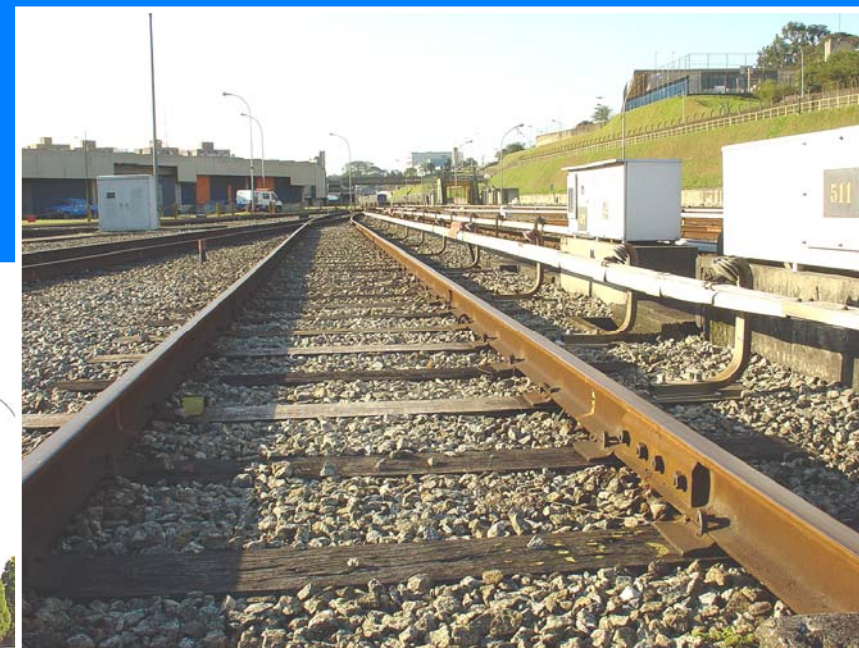
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Via Corrida em Curva



Via Corrida em Reta

Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

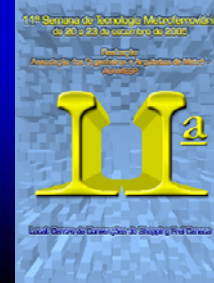
Introdução

Método

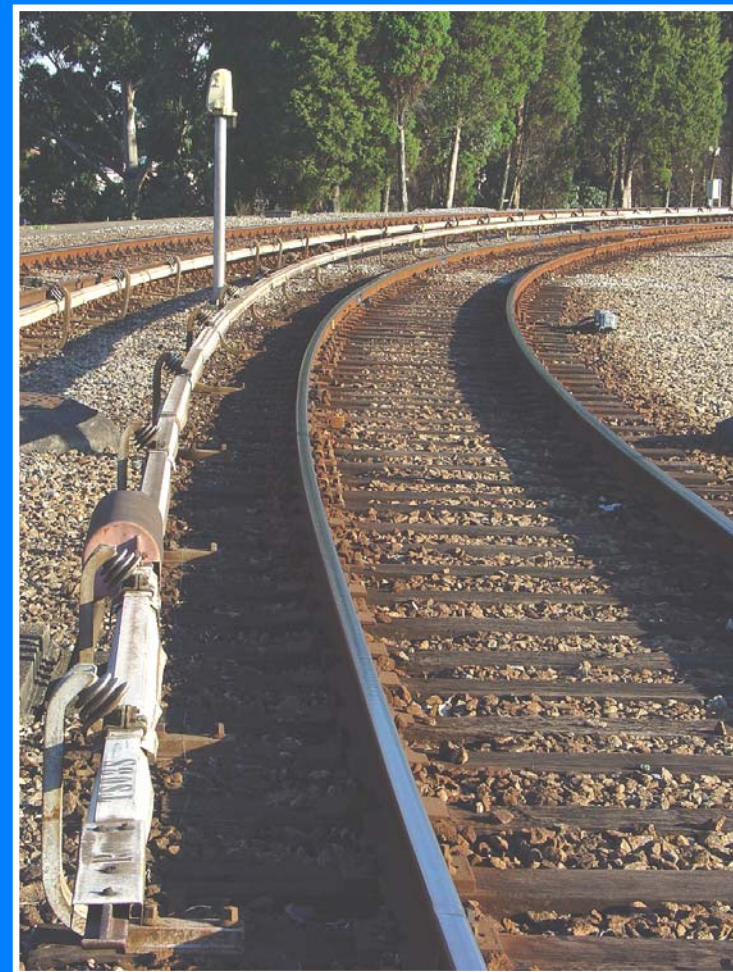
Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Via Corrida em Reta e Curva



Fotos: Carlos Frederico "Fred" G. Pereira

Introdução

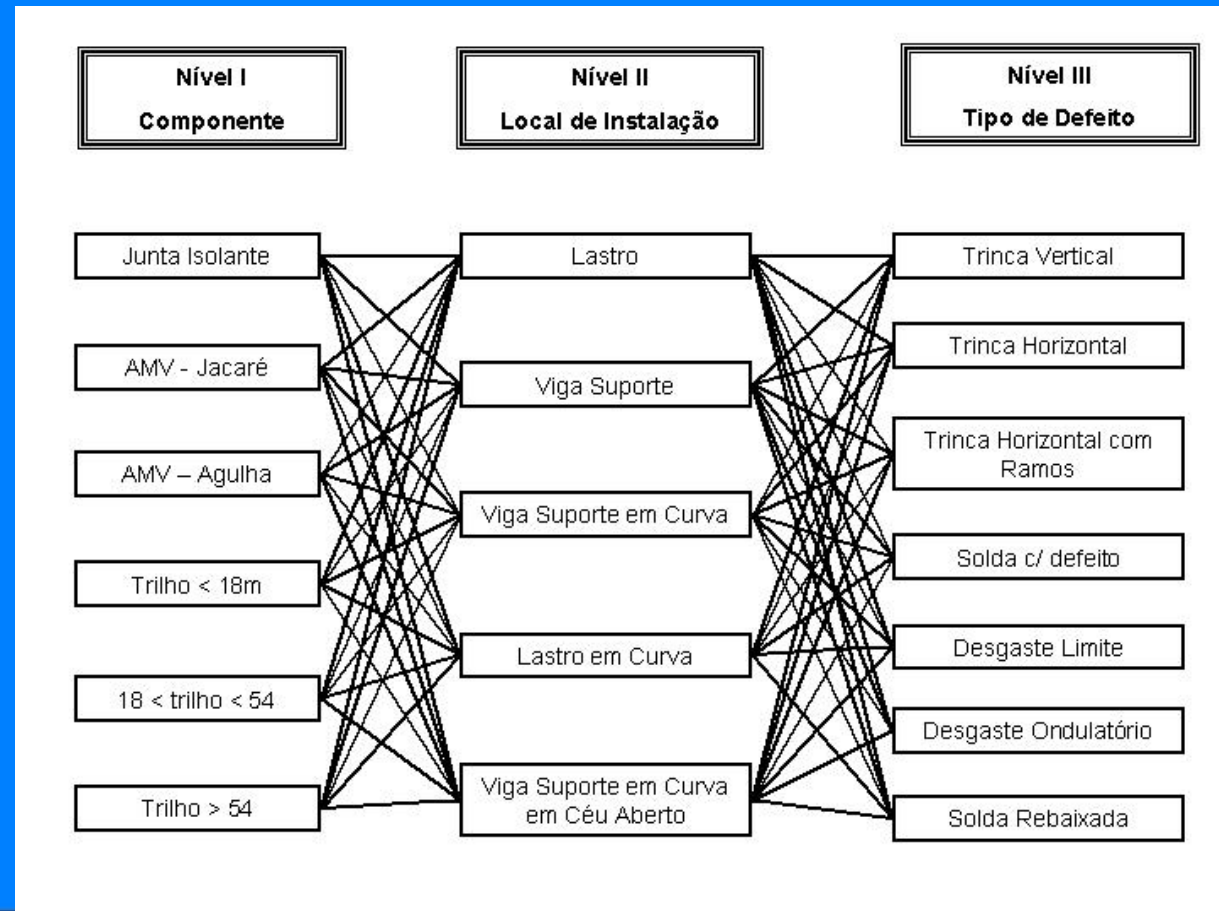
Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP

Hierarquia das Instalações



Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP

Matriz de Comparação Par a Par - Componente

	Junta Isolante	Jacaré	Agulha+Encosto	Trilho < 18m	Trilho entre 18 e 54	Trilho > 54m
Junta Isolante	1	1/5	1/8	5	3	2
Jacaré	5	1	2	9	7	5
Agulha+Encosto	8	1/2	1	9	7	5
Trilho < 18m	1/5	1/9	1/9	1	1/2	1/3
Trilho entre 18 e 54	1/3	1/7	1/7	2	1	1/2
Trilho > 54m	1/2	1/5	1/5	3	2	1
Soma	15,03333	2,15397	3,57897	29,00000	20,50000	13,83333

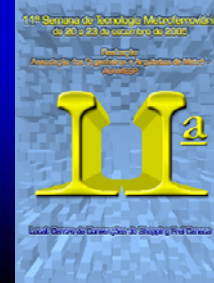
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Matriz de Comparação Par a Par Normalizada - Componente

	Matriz Par a Par Normalizada						Fatores
Junta Isolante	0,067	0,093	0,035	0,172	0,146	0,145	0,110
Jacaré	0,333	0,464	0,559	0,310	0,341	0,361	0,395
Agulha+Encosto	0,532	0,232	0,279	0,310	0,341	0,361	0,343
Trilho < 18m	0,013	0,052	0,031	0,034	0,024	0,024	0,030
Trilho entre 18	0,022	0,066	0,040	0,069	0,049	0,036	0,047
Trilho > 54m	0,033	0,093	0,056	0,103	0,098	0,072	0,076

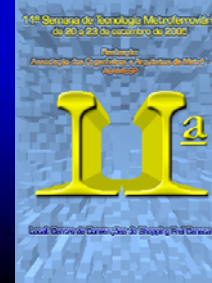
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Matriz de Comparação Par a Par – Local

	Lastro	Viga Suporte	Viga Sup Curva	Lastro Curva	Viga Sup Curva Céu Aberto
Lastro	1	3	1/3	1/3	1/5
Viga Suporte	1/3	1	1/3	1/5	1/7
Viga Sup Curva	3	3	1	3	1/3
Lastro Curva	3	5	1/3	1	1/3
Viga Sup Curva Céu	5	7	3	3	1
Soma	12,33333	19,00000	5,00000	7,53333	2,00952

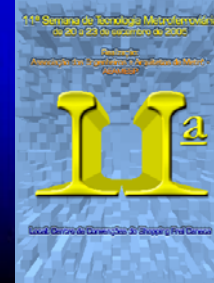
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Matriz de Comparação Par a Par Normalizada - Local

	Matriz Par a Par Normalizada					Fatores
Lastro	0,08108	0,15789	0,06667	0,04425	0,09953	0,08988
Viga Suporte	0,02703	0,05263	0,06667	0,02655	0,07109	0,04879
Viga Sup Curva	0,24324	0,15789	0,20000	0,39823	0,16588	0,23305
Lastro Curva	0,24324	0,26316	0,06667	0,13274	0,16588	0,17434
Viga Sup Curva Céu	0,40541	0,36842	0,60000	0,39823	0,49763	0,45394

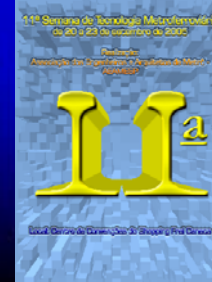
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Matriz de Comparação Par a Par - Defeito

	Trinca Vertical	Trinca Horizontal	Trinca Hor	Solda Defeito	Desgaste Limite	Desgaste Ondulatóri	Solda Rebaixad
Trinca Vert	1	5	1	7	5	7	9
Trinca Horiz	1/5	1	1/3	5	3	7	9
Trinca Hor Ramos	1	3	1	5	5	7	9
Solda Defeito	1/7	1/5	1/5	1	1/3	1	3
Desgaste Limite	1/5	1/3	1/5	3	1	3	5
Desg Ondulatório	1/7	1/7	1/7	1	1/3	1	1
Solda Reb	1/9	1/9	1/9	1/3	1/5	1	1
Soma	2,79683	9,78730	2,98730	22,33333	14,86667	27,00000	37,00000

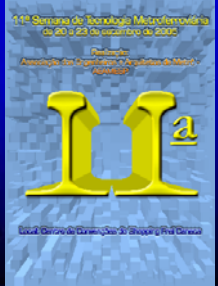
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Matriz de Comparação Par a Par Normalizada - Defeito

	Matriz Par a Par Normalizada							Fatores
Trinca Vert	0,35755	0,51087	0,33475	0,31343	0,33632	0,25926	0,24324	0,33649
Trinca Horiz	0,07151	0,10217	0,11158	0,22388	0,20179	0,25926	0,24324	0,17335
Trinca Hor Ramos	0,35755	0,30652	0,33475	0,22388	0,33632	0,25926	0,24324	0,29450
Solda Defeito	0,05108	0,02043	0,06695	0,04478	0,02242	0,03704	0,08108	0,04625
Desgaste Limite	0,07151	0,03406	0,06695	0,13433	0,06726	0,11111	0,13514	0,08862
Desg Ondulatório	0,05108	0,01460	0,04782	0,04478	0,02242	0,03704	0,02703	0,03497
Solda Reb	0,03973	0,01135	0,03719	0,01493	0,01345	0,03704	0,02703	0,02582

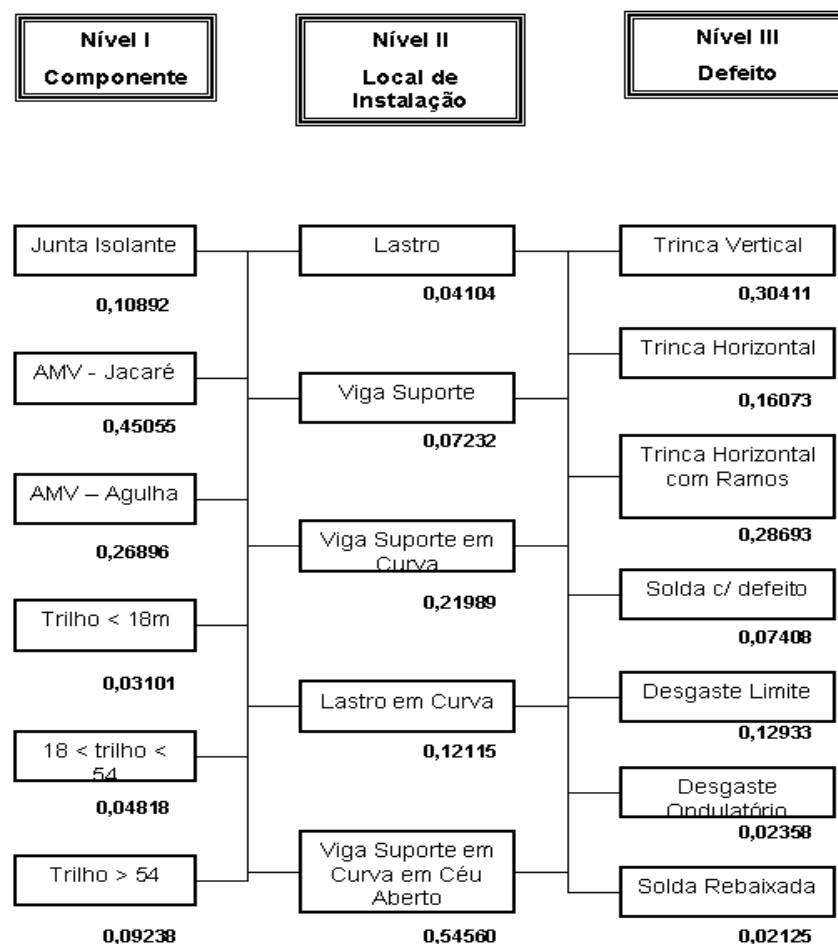
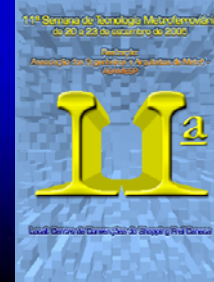
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Árvore de Hierarquias com os pesos estabelecidos na análise

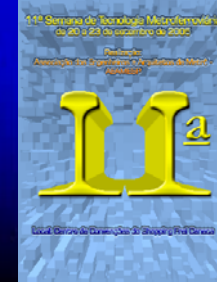
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



**Tabela com
situações
hipotéticas –
Estudo de Caso**

Componente	Peso	Local de Instalação	Peso	Defeito	Peso	Resultado
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Trinca Horizontal	0.17335	0.00171
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Solda com Defeito	0.04625	0.00046
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Desgaste Limite	0.08862	0.00171
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Trinca Horizontal com Ramos	0.29450	0.00567
Agulha+Encosto	0.34282	Lastro	0.08988	Trinca Vertical	0.33649	0.01037
Agulha+Encosto	0.34282	Viga Suporte em Curva	0.23305	Solda Rebaixada	0.02582	0.00206
Trilho < 18m	0.02982	Lastro em Curva	0.17434	Solda com defeito	0.04625	0.00024
Trilho < 18m	0.02982	Viga Suporte em Curva a Céu aberto	0.45394	Solda Rebaixada	0.02582	0.00035
Trilho entre 18 e 54	0.04705	Lastro em Curva	0.17434	Desgaste Limite	0.08862	0.00073
Trilho entre 18 e 54	0.04705	Viga Suporte	0.04879	Desgaste Ondulatório	0.03497	0.00008

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP

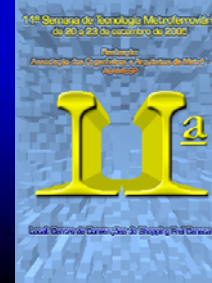


Tabela com
situações
hipotéticas –
Estudo de Caso

Componente	Peso	Local de Instalação	Peso	Defeito	Peso	Resultado	Priorização
Agulha+Encosto	0.34282	Lastro	0.08988	Trinca Vertical	0.33649	0.01037	1º
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Trinca Horizontal com Ramos	0.29450	0.00567	2º
Agulha+Encosto	0.34282	Viga Suporte em Curva	0.23305	Solda Rebaixada	0.02582	0.00206	3º
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Trinca Horizontal	0.17335	0.00171	4º
Jacaré	0.39482	Viga Suporte	0.04879	Desgaste Limite	0.08862	0.00171	5º
Trilho > 54m	0.07588	Viga Suporte em Curva	0.23305	Desgaste Limite	0.08862	0.00157	6º
Trilho entre 18 e 54	0.04705	Lastro em Curva	0.17434	Desgaste Limite	0.08862	0.00073	7º
Junta Isolante	0.10961	Lastro	0.08988	Solda com Defeito	0.04625	0.00046	8º
Trilho < 18m	0.02982	Viga Suporte em Curva a Céu aberto	0.45394	Solda Rebaixada	0.02582	0.00035	9º

Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Conclusões

- Gerenciamento da rotina de forma direta;
- Consenso na aplicação de pesos com a contribuição dos envolvidos no processo;
 - Aumenta a probabilidade de acerto.
- Método científico para comprovação do bom senso;
- Simples de aplicar.

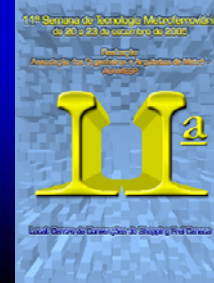
Introdução

Método

Estudo de Caso

Conclusão

Analytic Hierarchy Process - AHP



Avaliação do AHP para Priorização de Atuações em Sistemas Metroferroviários

Igor Baria - igor@metrosp.com.br

Mateus Araújo e Silva – maarsi@terra.com.br

