

## ESTUDO GEOTÉCNICO PARA ANÁLISE CRÍTICA DE UM TRECHO DA RODOVIA BR-364/RO

Tailson Campos Melo (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [tailsonm27campos@gmail.com](mailto:tailsonm27campos@gmail.com)  
Pablo Henrique Freitas Alves (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [alvesfreitaspablo1@gmail.com](mailto:alvesfreitaspablo1@gmail.com)  
Fernando Wagner Ponte De Aguiar (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [fernandowagnerpp@gmail.com](mailto:fernandowagnerpp@gmail.com)  
Amanda Monteiro Campos (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [ammandacampos@hotmail.com](mailto:ammandacampos@hotmail.com)  
Daniele Noronha da Silva (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [danielensilva031@outlook.com](mailto:danielensilva031@outlook.com)  
Sabrina Zomerfeld Alquieri (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [sabrina.saxteno@gmail.com](mailto:sabrina.saxteno@gmail.com)  
Alex Gomes Pereira (Centro Universitário São Lucas) E-mail: [alexgp885@gmail.com](mailto:alexgp885@gmail.com)

**Resumo:** As manifestações patológicas nos pavimentos das rodovias têm causado problemas em diferentes regiões do país. Assim, mostram a necessidade de sua averiguação para melhor compreensão dos fatores que ocasionam o surgimento das anomalias nas estradas brasileiras. As suas determinações se tornam essenciais pelo fato de afetar cotidianamente a vida das pessoas que trafegam pelas vias, acarretando no aumento de desconforto, insegurança e gastos com manutenções de veículos. O objetivo deste trabalho é identificar as causas e propor soluções para as deficiências encontradas no trecho da rodovia em estudo. Para o cumprimento do objetivo foram realizados os ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, Índice de Suporte Califórnia e equivalente de areia nas amostras coletadas de quatro janelas (janela 01 - estaca 6050, janela 02 - estaca 5686, janela 03 - estaca 5390 e janela 04 - estaca 5355) ao longo do trecho da rodovia. Como resultado, observou-se que os motivos para os surgimentos das patologias se dão pela má qualidade dos materiais constantes na camada de base e deficiência estrutural da estrutura. Em suma, concluiu-se que a escolha de um material adequado para a execução da camada de base é de grande importância para que haja um bom funcionamento da estrutura do pavimento.

**Palavras-chave:** BR-364, Pavimento Rodoviário, Rondônia.

## GEOTECHNICAL STUDY FOR CRITICAL ANALYSIS OF A SECTION OF THE BR-364/RO ROAD

**Abstract:** Pathological manifestations on highway pavements have caused problems in different regions of the country. Thus, they show the need to investigate it for a better understanding of the factors that cause the emergence of anomalies on Brazilian roads. Its determinations become essential because it affects the daily lives of people who travel on the roads, resulting in increased discomfort, insecurity and expenses with vehicle maintenance. The objective of this work is to identify the causes and propose solutions for the deficiencies found in the section of the highway under study. To achieve the objective, the granulometry, liquidity limit, plasticity limit, California Support Index and sand equivalent tests were carried out in the samples collected from four windows (window 01 - pile 6050, window 02 - pile 5686, window 03 - stake 5390 and window 04 - stake 5355) along the stretch of highway. As a result, it was observed that the reasons for the emergence of pathologies are due to the poor quality of the materials contained in the base layer and the structural deficiency of the structure. In short, it was concluded that the choice of a suitable material for the execution of the base layer is of great importance for the good functioning of the pavement structure.

**Keywords:** BR-364, Road Pavement, Rondônia.

### 1. Introdução

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006a), o pavimento rodoviário é uma estrutura composta por camadas de espessuras predeterminadas, com a função de resistir e distribuir no terreno os esforços verticais

gerados pelo tráfego, assegurar melhorias durante o uso do pavimento quanto à comodidade, segurança e conforto para os usuários e resistir aos esforços horizontais. Os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos. Para os pavimentos flexíveis as deformações elásticas são distribuídas aproximadamente igual entre as camadas, geralmente são estruturas formadas por revestimento asfáltico, sub-base, reforço do subleito e regularização do subleito (DNIT, 2006a). Segundo Bernucci et al. (2010) os pavimentos são divididos em dois tipos. Os pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland que são capazes de resistir aos esforços de tração e que apresentam deformações relativamente pequenas; e os pavimentos flexíveis que são usualmente formados por camadas de solo compactadas revestidas com material betuminoso.

Os pavimentos flexíveis são estruturas compostas múltiplas camadas (base, sub-base e reforço do subleito) que trabalham de forma conjunta com objetivo de absorver as solicitações impostas e transmiti-las de forma de atenuada ao subleito.

Todavia, à medida que o pavimento vai sendo solicitado é comum o surgimento de diferentes tipos de anomalias. Esses defeitos ou anomalias estão geralmente associadas a má execução do projeto, procedimentos de recuperação, aos materiais utilizados e ao comportamento mecânico das camadas do pavimento. Nesta temática, faz-se necessário conhecer a dinâmica dos esforços envolvidos no pavimento e conheça as suas influências na manifestação de patologias para saber quais procedimentos e tecnologias devem ser aplicadas nas etapas de manutenção. Deste modo, o presente trabalho busca estudar as camadas inferiores de um trecho da rodovia BR-364/Rondônia (RO), visando desse modo subsidiar e detectar tecnicamente as possíveis causas das manifestações patológicas que surgiram em determinados pontos de trechos.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de Estudo**

O estudo consistiu em uma análise das condições das camadas subjacentes do pavimento flexível do trecho da BR-364/RO, que se caracteriza como uma importante rodovia de escoamento de grãos das regiões Norte e Centro-Oeste do país. O trecho faz parte da BR-364 uma importante rodovia para o estado de RO, pois a maioria dos produtos produzidos pelo agronegócio são transportados por esta via, além disso a rodovia liga o estado de RO ao estado do Acre. A ilustração do local do estudo pode ser visualizada na Figura 1.

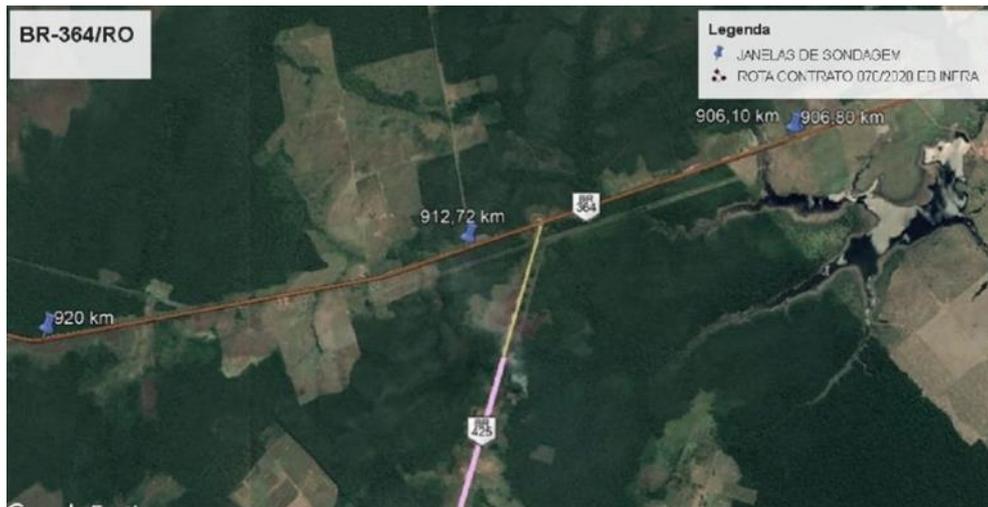


Figura 1 - Trecho analisado da BR-364 (Google Maps)

### 2.1.1 Caracterização do trecho onde foi realizado o estudo

O trecho em estudo apresenta nos seus 138,60km de extensão alguns pontos críticos com diferentes tipos de anomalias causando risco aos motoristas, igualmente aumentando o tempo do tempo de viagem, devido aos motoristas precisarem reduzir a velocidade operacional na via para diminuir os riscos de acidentes e desgastes nos veículos devido aos impactos das anomalias presente no respectivo trecho (Figura 2).



Figura 2 - Manifestações patológicas no trecho estudado

O trecho possui 5 obras de Artes Especiais são elas: Ponte sobre o Rio Jaci-Paraná; Ponte sobre o Rio Mutum-Paraná; Ponte sobre o Rio Jirau; Ponte sobre o Rio Igarapé 154; e Ponte sobre o Rio Igarapé 162.

A estrutura examinada do pavimento é formada por um revestimento asfáltico do tipo concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) com 5,00cm de espessura, base reciclada granular estabilizada natural com 20,00cm de espessura e sub-base granular estabilizada natural com 20,00cm de espessura e subleito de solo silte-argiloso com 60,00cm de espessura.

## 2.2 Métodos

A metodologia utilizada na realização dos ensaios seguiu todas as normativas preconizadas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Os procedimentos de

execução dos estudos de campo e laboratório abrangeu os seguintes serviços:

- Coleta de amostras em todas as janelas e em todas as camadas do pavimento (base, sub-base e subleito);
- Medição das espessuras das camadas onde foi feito a coleta das amostras;
- Preparação das amostras para os ensaios de caracterização e de resistência das camadas em todas as janelas;
- Realização de ensaios de granulometria, limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) em todas as amostras das camadas coletadas;
- Determinação do Índice de Suporte Califórnia (ISC), umidade ótima, densidade máxima e expansão dos materiais coletados; e
- Determinação do equivalente de areia (EA) dos materiais da camada de base, classificação dos tipos de solos e enquadramento na faixa granulométrica do DNIT.

A prospecção de campo consistiu na abertura de 4 (quatro) janelas de sondagem, nas seguintes estacas:

- Janela 01: Estaca 6050 (curva-alteamento);
- Janela 02: Estaca 5686 (reciclagem entre o castelinho e a curva);
- Janela 03: Estaca 5390 (em frente ao estabelecimento Castelinho); e
- Janela 04: Estaca 5355 (Em trecho reciclado).

A localização das janelas para coleta de amostras e medidas das espessuras das camadas do pavimento ocorreu da seguinte forma:

- Janela 01, localizada na trilha da roda externa (TRE) da faixa de rolamento, sobre pavimento rompido (borrachudo);
- Janela 02, localizada no bordo da pista de rolamento, sobre o acostamento reciclado, com o revestimento em bom estado de conservação;
- Janela 03, localizada no bordo da pista de rolamento, sobre o acostamento reciclado, com o revestimento em bom estado de conservação e ocorrência de patologia na TRE próximo ao local da sondagem e do mesmo lado da pista; e
- Janela 04, localizada no bordo da pista de rolamento, sobre o acostamento reciclado, com o revestimento em bom estado de conservação e ocorrência de patologia na TRE do lado oposto da pista de rolamento.

A Tabela 1 mostra os ensaios que foram contemplados no programa experimental desta pesquisa, bem como suas respectivas normas.

Tabela 1: Ensaios geotécnicos executados com os materiais investigados e suas respectivas normas

Ensaio	Norma
Análise granulométrica	DNER ME 080/1994
Limite de liquidez	DNER ME 122/1994
Limite de plasticidade	DNER ME 082/1994
Índice de Suporte Califórnia	DNIT ME 172/2016
Equivalente de areia	DNER-ME 054/97

Para a realização dos ensaios foram utilizadas foram coletados 200 quilos de solo de cada uma das quatro janelas jazidas existentes no entorno do aterro que compunham a camada de cobertura. A Figura 3 apresenta o processo de coleta do material na janela 01 - Estaca 6050 (curva-alteamento).



Figura 3 - Coleta do material na janela 01

### **3. Resultados e discussão**

Os resultados dos ensaios realizados em todas as amostras coletadas nas camadas de base, sub-base e subleito de todas as quatro janelas prospectadas estão descritos nas Tabela 2 e Figura 4.

Tabela 2 - Resumo dos ensaios

Camada	Base	Sub-base	Subleito	Base	Sub-base	Subleito	Base	Sub-base	Subleito	Base	Sub-base	Subleito
Registro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	10
Janela	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Profundidade (m)	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,60	0,20	0,20	0,40
	0,00	0,20	0,40	0,00	0,20	0,40	0,00	0,20	0,40	0,00	0,40	0,60
Granulometria	2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1 <sup>1/2</sup>	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	3/4	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
% em peso	3/8	84,2	90,8	84,5	89,3	89,3	93,5	91,7	89,6	100,0	88,3	83,2
	4	66,2	73,7	64,6	73,8	69,7	85,9	72,0	59,7	100,0	67,2	65,7
	10	51,1	57,9	52,7	60,3	57,2	79,6	59,1	33,3	100,0	50,1	49,1
Passando	40	25,7	42,1	43,5	36,1	42,6	71,5	30,5	23,4	95,5	28,0	36,0
	200	14,7	33,2	38,6	22,0	33,1	56,7	18,4	18,4	72,1	14,9	25,9
Índices Físicos	LL	27,3	39,5	49,3	29,3	38,1	38,7	26,5	39,7	34,7	22,7	30,2
	IP	14,6	12,0	21,4	14,9	8,4	19,0	11,9	20,0	11,7	8,1	14,8
EA	41,0	26,9	4,7	31,6	0,2	11,0	41,3	25,0	2,5	42,9	24,8	3,1
Índice de Grupo	0	0	3	0	0	7	0	0	7	0	0	8
Classificação TRB	A-2-6	A-2-6	A-7-6	A-2-6	A-2-4	A-6	A-2-6	A-2-6	A-6	A-2-4	A-2-6	A-6
Energia / nº de golpes	55	26	12	55	26	12	55	26	12	55	26	12
Compactação laboratório	Umid.(%)	6,0	12,6	13,7	10,3	13,7	13,6	7,7	12,1	13,9	9,0	13,0
	D.(Kg/m³)	2.084	2.031	1.774	2.017	1.932	1.852	2.159	1.979	1.782	2.150	2.065
CP nº 1	Umid.(%)	3,7	10,5	11,4	8,0	11,6	11,4	5,5	9,7	11,4	7,0	11,3
	D.(Kg/m³)	1.914	1.806	1.676	1.922	1.852	1.673	2.073	1.839	1.681	2.033	1.981
CP nº 2	Umid.(%)	4,7	11,5	12,4	9,0	12,6	12,4	6,5	10,7	12,6	8,0	12,3
	D.(Kg/m³)	1.981	1.864	1.722	1.959	1.886	1.747	2.096	1.873	1.737	2.094	2.043
	ISC (%)	27,4	11,7	8,1	59,5	20,2	7,3	73,7	5,8	4,5	29,7	40,9
	Exp.(%)	0,49	1,58	11,00	0,11	0,14	0,93	0,14	0,54	1,36	0,82	0,11
CP nº 3	Umid.(%)	5,7	12,5	13,4	10,0	13,6	13,4	7,5	11,7	13,8	9,0	13,3
	D.(Kg/m³)	2.078	2.028	1.770	2.013	1.932	1.848	2.156	1.967	1.782	2.150	2.059
	ISC (%)	67,8	50,0	22,2	59,5	25,7	13,2	67,9	13,5	8,1	16,1	43,5
	Exp.(%)	0,06	0,18	5,00	0,04	0,06	0,52	0,02	0,43	0,74	0,83	-0,20
CP nº 4	Umid.(%)	6,7	13,5	14,4	11,0	14,6	14,4	8,5	12,7	15,0	10,0	14,3
	D.(Kg/m³)	2.048	1.938	1.757	1.999	1.904	1.809	2.134	1.958	1.753	2.065	1.980
	ISC (%)	34,8	11,8	24,2	33,9	17,7	9,2	27,8	31,8	9,2	7,4	15,0
	Exp.(%)	0,11	0,11	7,00	0,04	0,03	0,46	0,06	0,17	1,32	0,77	0,07
CP nº 5	Umid.(%)	7,7	14,5	15,4	12,0	15,6	15,4	9,5	13,7	16,2	11,0	15,3
	D.(Kg/m³)	1.919	1.824	1.680	1.935	1.860	1.733	2.063	1.851	1.726	1.987	1.921
ISC Final (%)	65,6	49,2	10,0	54,4	25,3	13,2	61,6	20,1	8,2	16,4	46,1	10,5
Expansão (%)	0,02	0,08	4,77	0,04	0,05	0,49	0,01	0,33	0,74	0,83	0,16	0,02

\*IP: índice de plasticidade; e

\*TRB: Transportation Research Board.

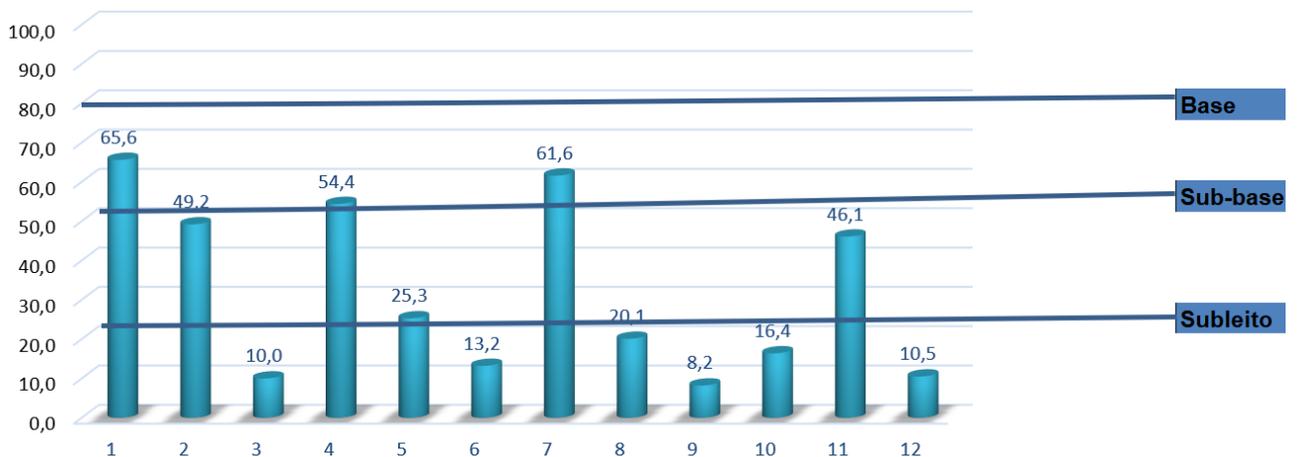


Figura 4 - Valores do ISC

Observando os resultados apresentados na Tabela 2 e Figura 4 é possível verificar que o subleito é constituído de forma geral por solo silte-argilo, tipo A-6 da classificação TRB e valor estatístico do ISC  $\geq 10\%$ , que pode ser representativo como ISC de projeto. Enquanto a camada de sub-base é formada por solo silte-arenoso, tipo A-2-6 da classificação TRB e valor estatístico de ISC de ordem de 35,25% e IG igual a 0. Sendo classificado como material de boa qualidade para emprego em camada de sub-base de pavimento rodoviário com tráfego pesado.

Por outro lado, a camada de base é formada em tese por solo areno-siltoso com pedregulho, tipo A-2-6/A-2-4 da classificação TRB, faixa granulométrica D do DNIT, EA igual 39,2%, IP na ordem de 12,4% e ISC igual 49,5%. Sendo classificado como material de qualidade não aceitável para utilização em camada de base de pavimento de rodovia com tráfego pesado e índice de precipitação pluviométrico anual superior a 2.000mm, visto que não atendeu os limites de ISC e IP referenciados pelo manual de pavimentação (DNIT, 2006), o qual estabelece que o valor mínimo de ISC e IP sejam de  $\geq 80\%$  e  $\leq 6\%$ , respectivamente. Logo, verifica-se que os resultados da referida da camada se mostraram fora destes valores, não atendendo, assim, os limites imposto pelo citado pelo manual.

Deste modo, pode-se apontar para uma deficiência estrutural do pavimento para suportar as solicitações do tráfego pesado da BR-364 no segmento em apreço. Assim, o revestimento asfáltico com espessura de 5,00cm, sobre uma base com ISC abaixo do recomendado e um IP elevado, torna-se totalmente insuficiente e incompatível no atendimento e distribuição das ações solicitantes do tráfego pesado com a capacidade de resistência dos materiais nas camadas do pavimento.

#### **4. Considerações finais**

Nesse trabalho foi analisada um trecho da rodovia BR-364/RO que apresenta diferentes tipos de anomalias que surgiram em determinados pontos do trecho. Com base nos ensaios geotécnico foi possível determinar as causas da referida problemática.

Diante do que pôde ser observado nas patologias presentes no revestimento e os resultados de ensaios, atribuiu-se como causa das rupturas precoces do revestimento asfáltico do caso em estudo, a dois fatores:

- a) Qualidade dos materiais constantes na base, referentes a resistência e rigidez, incompatíveis com as ações solicitantes do tráfego pesado; e
- b) Deficiência estrutural ou subdimensionamento das camadas de revestimento asfáltico e base, para atender às solicitações do tráfego pesado da rodovia;

A solução mais adequada para este caso é corrigir a rigidez da camada de base reciclada e compatibilizar as espessuras e módulos de resiliência das camadas de revestimento mais base, atentando para um dimensionamento que atenda ao tráfego solicitante da rodovia.

**Referências**

- BERNUCCI, L. B. MOTTA, L. M.G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Brasil: Petrobras, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-ME 054/97: Equivalente de areia**. Rio de Janeiro, 1997.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-ME 080/94: Solos – Análise Granulométrica por Peneiramento**. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-ME 082/94: Solos – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-ME 122/94: Solos – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT-ME 172/16: Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006a.