



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE  
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA-GERAL  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E  
PESQUISA  
INSTITUTO DE PESQUISAS EM  
TRANSPORTES  
Setor de Autarquias Norte  
Quadra 03 Lote A  
Ed. Núcleo dos Transportes  
Brasília – DF – CEP 70040-902  
Tel./fax: (61) 3315-4831

DEZEMBRO 2021

NORMA DNIT 435/2021 – PRO

## Materiais rochosos usados em rodovias – Análise Petrográfica – Procedimento

**Autor:** Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

**Origem:** DNER – IE 006/94

**Processo:** 50600.030774/2019-92

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 13/12/2021.**

*Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.*

### Palavras-chave:

Petrografia, Rocha, Mineralogia, Alteração

### Nº total de páginas

9

### Resumo

Este documento estabelece os procedimentos para a análise petrográfica macro e microscópico de materiais rochosos empregados em rodovias, e prescreve requisitos concernentes à apresentação dos resultados.

### Abstract

This standard specifies the procedures for macroscopic and microscopic petrographic analysis of rock materials for highway constructions, and requirements concerning the presentation of results.

### Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referência Normativa .....	1
3 Definições .....	2
4 Aparelhagem.....	2
5 Amostra.....	3
6 Preparação da lâmina delgada .....	3
7 Descrição macroscópica .....	4
8 Descrição microscópica .....	4
9 Resultados .....	4
Anexo A (Normativo) – Características quanto à alteração e coerência das rochas .....	6
Anexo B (Informativo) – Bibliografia .....	8

Índice Geral.....	9
-------------------	---

### Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer os procedimentos para a realização da análise petrográfica de materiais rochosos. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a Norma DNER – IE 006/94.

### 1 Objetivo

Esta norma estabelece os procedimentos para análise petrográfica de materiais rochosos, que consiste em observar e descrever características macro e microscópicas das rochas e de seus minerais constituintes permitindo sua avaliação para uso em obras de rodovias.

### 2 Referência Normativa

O documento relacionado a seguir é indispensável à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas):

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 198/2021 – TER: Constituintes geológicos de agregados e solos – Terminologia.

### **3 Definições**

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições contidos na norma DNIT 198/2021 – TER e as definições a seguir:

#### **3.1 Fotomicrografia**

Imagem obtida a partir de microscópio petrográfico através de lentes ópticas preparadas para observação de objetos diminutos invisíveis a olho nu.

#### **3.2 Lâmina ou Seção Delgada**

Seção extremamente fina (da ordem de 0,03 mm) de uma rocha, solo ou mineral, na qual todos os cristais e/ou minerais presentes na seção têm uma mesma espessura, conhecida, o que permite determinar uma série de propriedades ópticas em microscópio petrográfico.

#### **3.3 Microscópio Petrográfico**

Microscópio de luz transmitida de dupla polarização, constituído pela associação de duas lentes convergentes, a objetiva e a ocular, sendo suas partes constituintes divididas em sistema óptico e sistema mecânico de suporte.

#### **3.4 Minerais Essenciais**

Minerais primários característicos e necessários para a definição e classificação da rocha constituindo seu grande volume.

#### **3.5 Minerais Acessórios**

Minerais primários que ocorrem em quantidades menores, perfazem menos do que 5 % do volume total da rocha e cuja presença não seja determinante para a classificação da rocha.

#### **3.6 Minerais de Alteração ou Secundários**

Os minerais gerados a partir da transformação dos minerais primários, especialmente pela atuação de processos intempéricos físico-químicos.

#### **3.7 Petrografia**

Estudo e análise macro e microscópica das rochas, habitualmente empregada pela petrologia para descrição

e classificação detalhada e sistemática das rochas com base nas observações de campo, por exame visual em amostras de mão, e em lâminas e seções delgadas em microscópio. São observadas suas estruturas, texturas e componentes mineralógicos.

#### **3.8 Petrologia**

Ramo da geologia que estuda as rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas, com vistas a definir a sua caracterização, gênese e evolução.

#### **3.9 Rocha**

Qualquer agregado mineral de ocorrência natural, compreendendo parte apreciável e essencial da crosta terrestre. As rochas dividem-se em três grandes grupos, de acordo com critérios genéticos: ígneas ou magmáticas, metamórficas e sedimentares.

### **4 Aparelhagem**

#### **4.1 Análise petrográfica macroscópica**

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio de análise petrográfica macroscópica compreende:

- a) Caderneta de campo para anotações;
- b) Lupa de mão com ampliação de 10 vezes;
- c) Soluções químicas de bolso como HCL e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;
- d) Máquina fotográfica;
- e) GPS.

#### **4.2 Análise petrográfica microscópica**

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio de análise petrográfica microscópica compreende:

- a) Equipamentos e insumos para a confecção de lâmina ou seção delgada;
- b) Microscópio óptico de luz polarizada (microscópio petrográfico);
- c) Guia visual de carta de cores de interferência.

Os equipamentos adicionais de análise química podem ser utilizados para uma melhor avaliação e descrição da rocha como, por exemplo:

- d) Difractometria de raios X (DRX): avaliação qualitativa das fases minerais presentes nas amostras. Pode ser usada para diferenciação entre argilominerais;
- e) Absorção atômica (FRX): avaliação quantitativa a respeito da concentração de elementos químicos a partir de soluções aquosas. Pode ser utilizado para verificar a proporção de constituintes e avaliar a presença de sais solúveis;
- f) Microscopia eletrônica de varredura (MEV): técnica analítica com uso de feixe de elétrons para obter imagens de alta qualidade e resolução. Pode ser utilizado para avaliar alteração mineral;
- g) Espectrometria de dispersão (EDS): ferramenta que pode acompanhar o MEV e permite a determinação pontual da composição qualitativa e semiquantitativa a partir da emissão de raios-x. Pode ser usado para corroborar dados de DRX e FRX;
- h) Análise termodiferencial (ATD): Análise físico-química onde são medidas as variações de troca de calor de um mineral permitindo definir picos endo e exo térmicos decorrentes de reações como desidratação e oxidação e que podem ser diagnósticos para diferenciar algumas espécies minerais como argilas e zeólitas.

## 5 Amostra

As amostras devem ser representativas de cada lote em exame para a confiabilidade dos resultados da análise petrográfica, devendo ser coletadas, fotografadas, identificadas e marcadas por geólogo.

A amostragem para a análise microscópica deve ser realizada após prévia e criteriosa descrição macroscópica de campo, indicando a localização dos pontos onde foram coletadas, sendo essencial para a validade da análise a exatidão das informações fornecidas ao petrógrafo para a adequada correlação dos dados da análise em relação à fonte e ao uso pretendido do material.

O número de amostras deve ser proporcional ao número de litotipos, bem como aos contatos entre os tipos litológicos e/ou feições estruturais do maciço rochoso consideradas relevantes. Cada litotipo deve ser identificado de acordo com a sua frequência de ocorrência, com a sua área de ocorrência indicada em registros fotográficos.

As amostras para confecção de lâminas delgadas e análise petrográfica podem ter o tamanho de um punho cerrado, e devem ser devidamente etiquetadas e numeradas.

NOTA: Ao amostrar, deve-se tomar cuidado para que o material represente a mineralogia e a textura geral da rocha, principalmente, quando esta for inequigranular (minerais com tamanhos diferentes), p.ex., evitar que o corte da seção delgada seja ocupado por um único fenocristal, tornando a análise inválida

## 6 Preparação da lâmina delgada

A definição dos procedimentos para preparação da lâmina delgada fica a critério do laboratório que realizará o ensaio.

A escolha da posição do corte e do número de lâminas, por amostra, deve ficar a cargo do geólogo. Essas variáveis dependem da natureza da amostra e finalidade. Recomenda-se fotografar e identificar as amostras antes do corte. Para amostras foliadas, recomenda-se a preparação de lâminas perpendiculares à foliação. Se houver lineação, deve haver uma paralela e outra perpendicular à lineação, sempre perpendiculares à foliação.

O preparo da lâmina de seção delgada (lâmina de vidro) consiste basicamente em três operações: corte, lixamento e colagem da amostra de rocha na lâmina; corte e desbaste; e por fim, o polimento, a fim de que todos os grãos minerais presentes na amostra apresentem uma mesma espessura (cerca de 30 µm), devendo ficar a cargo de técnicos especializados.

As dimensões da porção da amostra a ser analisada devem ser, no mínimo, de 2,0 cm x 2,5 cm.

## 7 Descrição macroscópica

A descrição macroscópica compreende a indicação de:

- a) Características gerais: classificar quanto ao tipo de amostra (testemunho, fragmento de rocha, etc.) cor, tamanho predominante dos minerais, textura, mineralogia, estruturas, presença de fósseis, fraturas, vesículas, cavidades e poros, indicando se estão abertos ou preenchidos, dissoluções, dobras, foliações, lineações e outras discontinuidades, evidências de alteração, tais como oxidação de minerais opacos, presença de hidróxidos de ferro, entre outros;
- b) Alteração e coerência, com avaliação qualitativa do estado de alteração de rochas (principalmente ígneas e metamórficas) e grau de coerência (para as rochas sedimentares), devendo a descrição ser feita em conformidade com as Tabelas A1 e A2, do Anexo A;
- c) Para rochas sedimentares, deve ser feita a descrição da composição, do cimento, da matriz e do arcabouço, bem como do tamanho, grau de arredondamento, seleção, tipos de contatos entres os grãos e estruturas sedimentares.

## 8 Descrição microscópica

A descrição das lâminas delgadas deve conter as seguintes informações:

- a) Características gerais: cor, tamanho dos minerais, distinguindo matriz de cimento (carbonato de cálcio, óxidos de ferro, sílica), textura, forma e relações de contato entre as superfícies dos minerais, composição mineralógica: minerais primários e secundários, minerais opacos, minerais deletérios e/ou de alteração, natureza química e classificação genética da rocha (ígneas/magmática, sedimentar ou metamórfica);
- b) Características específicas: evidências de alteração dos minerais (oxidação de minerais opacos, cloritização de biotitas, sericitização de feldspatos, etc.), especificado se a alteração se deu por intemperismo ou não, feições microfissurais, se estão preenchidas e qual o tipo do preenchimento, presença de vazios ou poros com sua densidade de

ocorrência e dimensões, identificação do material de preenchimento dos poros (se houver), presença de sílica na forma amorfa ou criptocristalina, alumina livre, zeólitas, sulfetos e argilominerais do tipo expansivo;

- c) A quantidade estimada de micas, opala, calcedônia, pirita, limonita e gipso, em relação a outros minerais, quantidade de vesículas, entre outros, sendo também dados importantes da descrição petrográfica;
- d) Para rochas sedimentares, deve ser feita a descrição da composição, do cimento, da matriz e do arcabouço, bem como do tamanho, grau de arredondamento e esfericidade, seleção, tipos de contatos entres os grãos e estruturas sedimentares.

## 9 Resultados

Dos resultados da análise petrográfica, será identificado o grau de alteração da rocha, principalmente pela quantidade de minerais alterados, minerais secundários, da microfissuração (inter ou intracristalina) e de outras feições texturais e mineralógicas presentes na rocha.

E, conforme a alteração de seus minerais constituintes observáveis por meio da análise petrográfica, as rochas serão classificadas de acordo com o seu grau de alteração, que indica o estágio de alteração mineralógica da rocha, decorrente dos processos intempéricos, e também de acordo com o seu grau de coerência.

Na apresentação dos resultados devem constar as informações macro e microscópicas:

- a) Denominação da rocha;
- b) Fotos de campo;
- c) Descrição do afloramento ou local de coleta;
- d) Fotomicrografias com escala;
- e) Descrição macroscópica formal das amostras coletadas;
- f) Descrição formal das lâminas petrográficas;
- g) Informações relevantes que possam influenciar comportamento da rocha quanto à sua aplicação;

- h) Indicação para a realização de ensaios e análises adicionais e seus sistemas de preparação, tais como a análise por difração de raios X (DRX), a microscopia eletrônica de varredura (MEV), análises térmicas, entre outras técnicas, quando se fizer necessário.

\_\_\_\_\_/Anexo A

**Anexo A (Normativo) – Características quanto à alteração e coerência das rochas****Tabela A1 – Alteração da rocha**

<b>Símbolo</b>	<b>Grau de Alteração</b>	<b>Características</b>
IA	Rocha sã	O material rochoso não apresenta sinais de alteração. Não está descolorido e preserva seu aspecto original. Difícil arranhar a superfície. A rocha é difícil de ser quebrada produzindo fragmentos e bordas cortantes. As propriedades de agregados não sofrem influência de intemperismo. Os minerais são frescos e sãos.
IB	Rocha levemente alterada	Há descoloração maior nas superfícies de juntas e descontinuidades. A estrutura original ainda é perfeitamente preservada. Difícil arranhar a superfície. As propriedades de agregados não sofrem influência significativa de intemperismo.
II	Rocha pouco alterada	Há descoloração da rocha, porém sua cor original está presente de forma descontínua. O material pode estar mais fraco do que seu estado original. É possível arranhar a superfície. As propriedades de agregados sofrem influência significativa de intemperismo. Características como resistência e abrasão se tornam mais fracas. Os minerais podem apresentar microfraturas.
III	Rocha moderadamente alterada	Menos da metade do material está decomposto formando solo. A cor original aparece de forma descontínua e a rocha fresca ou descolorida ocorre em forma de blocos ou relativamente contínua. As propriedades dos agregados são significativamente influenciadas pelo intemperismo e os minerais apresentam microfraturas.
IV	Rocha muito alterada	Todo material rochoso está descolorido e mais da metade está decomposto em solo. Rocha fresca ou descolorida ocorre de forma descontínua. A estrutura original ainda se mostra presente. Geralmente inadequada para agregados, porém pode ser adequada para porções mais inferiores de pavimentos de estradas.
V	Rocha completamente alterada	Todo material está decomposto, porém ainda preserva sua estrutura original visível. Material não é adequado para agregado ou pavimentação, porém pode ser adequado para aterros.

<b>Símbolo</b>	<b>Grau de Alteração</b>	<b>Características</b>
VI	Solo residual	Toda rocha está convertida em solo. Estrutura e textura originais destruídas. Superfície facilmente penetrável. Há mudança no volume, porém sem transporte significativo. Material pode ser adequado para aterros.

Tabela A2 – Coerência

<b>Símbolo</b>	<b>Grau de Alteração</b>	<b>Características</b>
C1	Muito Coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Os fragmentos apresentam bordas cortantes, que resistem ao corte por lâmina de aço. A superfície é dificilmente riscável por lâmina de aço.
C2	Coerente	Quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo. Os fragmentos apresentam bordas cortantes, que podem ser abrandadas pelo corte por lâminas de aço. A superfície é riscável por lâmina de aço.
C3	Pouco Coerente	Quebra com facilidade ao golpe do martelo. As bordas dos fragmentos podem ser quebradas pela pressão dos dedos. É possível provocar sulcos acentuados na superfície do fragmento com a lâmina de aço.
C4	Friável	Esfarela ao golpe do martelo. Desagrega sob pressão dos dedos.

## Anexo B (Informativo) – Bibliografia

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 66:1998 – Agregados – Constituintes Mineralógicos dos Agregados Naturais – Terminologia;
- b) \_\_\_\_\_. ABNT NBR-7389-1:2009 – Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 1: Agregado miúdo;
- c) \_\_\_\_\_. ABNT NBR-7389-2:2009 – Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto. Parte 2: Agregado graúdo;
- d) \_\_\_\_\_. ABNT NBR-15577-3:2018 – Agregados – Reatividade álcali-agregado. Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto;
- e) \_\_\_\_\_. ABNT NBR-6490/16 – Rochas – Caracterização de ocorrência - Reconhecimento e amostragem;
- f) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – IE 006/94: Materiais rochosos usados em rodovias – Análise petrográfica;
- g) FIORI, A. P. Fundamentos de Mecânica do Solos e das Rochas: aplicações na estabilidade de taludes. Oficina de Textos, São Paulo, 2015;
- h) FRAZÃO, E. B. Alteração de Rochas como Critério de Seleção de Agregados. 2ª edição. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2012;
- i) HOLLOCHER, K. A Pictorial Guide to Metamorphic Rocks in the Field. 1ª edição. Londres. Taylor & Francis Group, 2014;
- j) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Glossário Geológico, Rio de Janeiro, 1999;
- k) KLEIN, C.; DUTROW, B. Manual de Ciência dos Minerais. 23ª Edição. Bookman, 2012;
- l) MARQUES, E. A.G, BARROSO, E.V., MENEZES FILHO, A.P., VARGAS Jr., E.A., 2010. Weathering zones on metamorphic rocks from Rio de Janeiro — Physical, mineralogical and geomechanical characterization. Elsevier. Eng. Geol. 111, p. 1-18;
- m) PHILPOTTS, A. R. Petrography of Igneous and Metamorphic Rocks. 2ª edição. Illinois. Waveland Press, 2003;
- n) PORPHÍRO, N. H.; BARBOSA, M.I.M; BERTOLINO, L.C. Caracterização Mineralógica de Minérios – Parte I. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. 5ª Edição, Rio de Janeiro, 2010;
- o) SCHOLLE, P. A.; SCHOLLE, D. S. A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. AAPG Memoire 77, 2003;
- p) SMITH, M.R; COLLINS, L. Aggregates: Sand, gravel and crushed rocks aggregates for construction purposes. Geological Society Engineering Geology Special Publication, n.9. The Geological Society, 2<sup>nd</sup> ed. 1993;
- q) TEIXEIRA, W; TOLEDO, M.C.M; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. org. Decifrando a Terra. Oficina de Textos, São Paulo, 2000;
- r) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO – UNESP. Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert, Departamento de Petrologia e Metalogenia. Rio Claro, São Paulo. <https://museuhe.com.br/>



## Índice Geral

Abstract.....	1	Microscópio Petrográfico.....	3.3.....	2
Amostra.....	5	Minerais Acessórios.....	3.5.....	2
Análise petrográfica macroscópica.....	4.1	Minerais de Alteração ou Secundários.....	3.6.....	2
Análise petrográfica microscópica.....	4.2	Minerais Essenciais.....	3.4.....	2
Anexo A (Normativo) – Características quanto à alteração e coerência das rochas.....	6	Objetivo.....	1	1
Anexo B (Informativo) – Bibliografia.....	8	Petrografia.....	3.7.....	2
Aparelhagem.....	4	Petrologia.....	3.8.....	2
Definições.....	3	Prefácio.....	1	1
Descrição macroscópica.....	7	Preparação da lâmina delgada.....	6	3
Descrição microscópica.....	8	Referência Normativa.....	2	1
Fotomicrografia.....	3.1	Resultados.....	9	4
Índice Geral.....	9	Resumo.....	1	1
Lâmina ou Seção Delgada.....	3.2	Rocha.....	3.9.....	2
		Sumário.....	1	1

---