v7.n6.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

CARACTERIZAÇÃO GEOMECÂNICA DO CALCÁRIO CALCÍTICO DA REGIÃO DE MONTES CLAROS–MG PARA USO COMO LASTRO FERROVIÁRIO

GEOMECHANICAL CHARACTERIZATION OF CALCITIC LIMESTONE FROM MONTES CLAROS, MINAS GERAIS, BRAZIL

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE LA CALIZA CALCÍTICA DE MONTES CLAROS, MINAS GERAIS, BRASIL, PARA SU USO COMO BALASTO FERROVIARIO

André Ribeiro da Silveira[1], Fábio José Generoso[2], Kleber Nascimento Ramos[3]

e768387
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i6.8387

PUBLICADO: 06/2026

RESUMO

O calcário calcítico, amplamente explorado no norte de Minas Gerais, é utilizado como lastro em trechos da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA). Contudo, sua viabilidade técnica carece de fundamentação experimental sistematizada frente às normas vigentes. Este trabalho objetivou caracterizar as propriedades geomecânicas do calcário de Montes Claros–MG, avaliando sua conformidade com os requisitos da NBR 5564 (ABNT, 2021) para lastro padrão de via férrea. A metodologia envolveu ensaios de massa específica, porosidade, absorção de água, Abrasão Los Angeles, compressão uniaxial, esclerometria e carga pontual (Point Load Test), além de análise observacional da forma e granulometria das amostras. Como limitação metodológica, a ausência de ensaio formal de granulometria e do índice de lamelaridade restringe a avaliação normativa plena do material, recomendando-se sua realização futura. As amostras foram coletadas de jazida regularizada junto ao DNPM e ensaiadas nos laboratórios da UFV e da Univiçosa. Os resultados demonstraram que o material atende aos requisitos de massa específica (2.675 kg/m³), porosidade (0,56%) e absorção (0,21%), com índice de Abrasão Los Angeles de 23%, situando-se dentro dos limites da NBR 5564 e da norma europeia EN 13450. Em contrapartida, a resistência à compressão uniaxial média de 79,19 MPa ficou 21% abaixo do mínimo normativo de 100 MPa, indicando limitação mecânica do material. Os resultados contribuem para subsidiar decisões técnicas relativas ao uso de rochas sedimentares regionais na infraestrutura ferroviária do norte mineiro.

PALAVRAS-CHAVE: Lastro ferroviário. Calcário calcítico. Ferrovia Centro-Atlântica.

ABSTRACT

Calcitic limestone, widely extracted in northern Minas Gerais, is used as ballast in sections of the Centro-Atlântica Railroad (FCA). However, its technical feasibility lacks systematic experimental evidence in light of current standards. This study aimed to characterize the geomechanical properties of calcitic limestone from Montes Claros, Minas Gerais, Brazil, evaluating its compliance with the requirements of NBR 5564 (ABNT, 2021) for standard railway ballast. The methodology involved laboratory tests for apparent specific mass, apparent porosity, water absorption, Los Angeles Abrasion, uniaxial compressive strength, Schmidt hammer (sclerometry), and Point Load Test, along with an observational analysis of particle shape and grain size distribution. As a methodological limitation, the absence of a formal grain size distribution test and a flakiness index determination restricts a full normative assessment of the material, recommending their execution in future studies. Samples from a DNPM-licensed quarry

[1] Doutorando em Engenharia Civil – Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.
[2] Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, Professor do Instituto Federal de Educação Tecnológica – IFMG, Governador Valadares, Brasil.
[3] Engenheiro Civil – Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG, Pirapora, Minas Gerais, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

were tested at the Federal University of Viçosa and Univiçosa laboratories. The results demonstrated that the material meets requirements for specific mass (2,675 kg/m³), porosity (0.56%), and water absorption (0.21%), with a Los Angeles Abrasion index of 23%, within the limits of NBR 5564 and European standard EN 13450. Conversely, the average uniaxial compressive strength of 79.19 MPa was 21% below the normative minimum of 100 MPa, indicating a mechanical limitation of the material. These results contribute to supporting technical decisions regarding the use of regional sedimentary rocks in the railway infrastructure of northern Minas Gerais.

KEYWORDS: *Railway ballast. Calcitic limestone. Centro-Atlântica Railroad.*

RESUMEN

La caliza calcítica, ampliamente explotada en el norte de Minas Gerais, se utiliza como balasto en tramos de la Ferrovia Centro-Atlântica. Sin embargo, su viabilidad técnica carece de fundamentación experimental sistematizada frente a las normas vigentes. Este trabajo objetivó caracterizar las propiedades geomecánicas de la caliza de Montes Claros–MG, evaluando su conformidad con los requisitos de la NBR 5564 (ABNT, 2021) para balasto estándar de vía férrea. La metodología involucró ensayos de masa específica, porosidad, absorción de agua, abrasión Los Ángeles, compresión uniaxial, esclerometría y carga puntual (Point Load Test), además de análisis observacional de la forma y granulometría de las muestras. Como limitación metodológica, la ausencia de un ensayo formal de granulometría y del índice de lajas restringe la evaluación normativa plena del material, recomendándose su realización futura. Las muestras fueron recolectadas de un yacimiento regularizado ante el DNPM y ensayadas en laboratorios de la UFV y la Univiçosa. Los resultados demostraron que el material cumple los requisitos de masa específica (2.675 kg/m³), porosidad (0,56%) y absorción (0,21%), con un índice de abrasión Los Ángeles de 23%, situándose dentro de los límites de la NBR 5564 y la norma europea EN 13450. En contrapartida, la resistencia a la compresión uniaxial promedio de 79,19 MPa quedó un 21% por debajo del mínimo normativo de 100 MPa, indicando una limitación mecánica del material. Los resultados contribuyen a subsidiar decisiones técnicas relativas al uso de rocas sedimentarias regionales en la infraestructura ferroviaria del norte mineiro.

PALABRAS CLAVE*: Balasto ferroviario. Caliza calcítica. Ferrovia Centro-Atlântica.*

INTRODUÇÃO

O transporte ferroviário ocupa posição estratégica na logística de cargas em países com grandes extensões territoriais e elevado volume de produção agrícola e mineral. No Brasil, a participação do modal ferroviário não ultrapassava 21% da matriz de transporte de cargas, segundo dados de 2010 (EUROPEAN COMMISSION, 2010; CNT, 2010). Esse índice é expressivamente inferior ao de países como a Rússia, onde as ferrovias respondem por 60% do transporte, e os Estados Unidos, onde o modal ferroviário representa 35% do transporte de cargas (ITF, 2022). Essa disparidade evidencia um déficit histórico de investimentos em infraestrutura ferroviária nacional, agravado pelo custo elevado de implantação e pela necessidade contínua de manutenção das vias existentes (Dantas e Fraga, 2021).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A via permanente ferroviária é composta por uma superestrutura, trilhos e dormentes, e uma subestrutura formada pelo lastro, sublastro e subleito. Dentre esses elementos, o lastro desempenha função central no desempenho estrutural da via, sendo responsável pela distribuição uniforme das cargas transmitidas pelos dormentes, pela estabilidade geométrica da via e pela drenagem superficial (Selig e Waters, 1994). A degradação do lastro é um dos principais mecanismos de deterioração das ferrovias, com impacto direto nos custos de manutenção e na capacidade de tráfego (Shi *et al.,* 2023; Guo *et al.*, 2022).

A seleção do material de lastro é, portanto, uma decisão técnica e econômica de grande relevância em projetos ferroviários. As normas vigentes, como a NBR 5564 (ABNT, 2021) no Brasil e a EN 13450 (DIN, 2013) na Europa, estabelecem requisitos mínimos de resistência mecânica, durabilidade e características físicas para os agregados destinados a essa finalidade. Em geral, rochas ígneas e metamórficas, como o basalto e o gnaisse, são preferidas por sua elevada resistência à compressão e ao desgaste (Remédio, 2017). No entanto, a utilização de rochas sedimentares disponíveis nas proximidades das obras pode representar redução significativa nos custos de transporte e implantação, desde que suas propriedades geomecânicas sejam devidamente investigadas e compatíveis com as solicitações da via (Merheb, 2014).

Nesse contexto, surge o problema central desta pesquisa: o calcário calcítico amplamente disponível na região de Montes Claros–MG, município atravessado pela Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), com aproximadamente 7.220 km de extensão distribuídos por sete estados brasileiros e operada pela VLI Logística (VLI LOGÍSTICA, 2026), possui propriedades geomecânicas compatíveis com os requisitos normativos para uso como lastro ferroviário? Embora esse material já seja empregado em alguns trechos da FCA, a literatura técnica nacional apresenta escassez de estudos experimentais sistematizados que avaliem sua conformidade frente às normas vigentes, especialmente no contexto das ferrovias do norte mineiro. Estudos anteriores têm investigado materiais alternativos para lastro ferroviário no Brasil com ênfase em diferentes tipos de rocha e faixas granulométricas (Remédio *et al.*, 2018), contudo a caracterização de calcários regionais para essa finalidade permanece pouco explorada, o que reforça a relevância e a justificativa do presente estudo.

Diante desse cenário, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar as propriedades geomecânicas do calcário calcítico proveniente de jazida localizada no município de Montes Claros–MG, avaliando sua conformidade com os requisitos estabelecidos pela NBR 5564 (ABNT, 2021) para lastro padrão de via férrea. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: determinar as propriedades físicas do material, incluindo massa específica

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

aparente, porosidade e absorção de água; avaliar a resistência ao desgaste por meio do ensaio de Abrasão Los Angeles; medir a resistência mecânica à compressão por meio dos ensaios de compressão uniaxial, esclerometria e *Point Load Test*; e analisar observacionalmente a forma e a granulometria das amostras frente às exigências normativas nacionais e internacionais. Os resultados obtidos poderão subsidiar decisões técnicas sobre a viabilidade de uso desse material, contribuindo para a redução de custos em projetos de implantação e revitalização de vias férreas na região norte mineira.

Diante do exposto, espera-se que o calcário calcítico de Montes Claros–MG apresente conformidade com os requisitos físicos da NBR 5564, tendo em vista sua baixa porosidade e densidade compatível com rochas carbonáticas de boa qualidade reportadas na literatura. Contudo, por tratar-se de rocha sedimentar, antecipa-se que a resistência à compressão uniaxial possa constituir o critério mais restritivo, demandando análise criteriosa quanto à viabilidade de seu uso em trechos ferroviários sujeitos a cargas elevadas por eixo.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

A via permanente ferroviária é constituída por uma superestrutura, composta por trilhos e dormentes, e uma subestrutura formada pelo lastro, sublastro e subleito. Segundo Selig e Waters (1994), o lastro corresponde à camada de agregado pétreo britado localizada entre os dormentes e o sublastro, sendo responsável por distribuir uniformemente as cargas provenientes do tráfego, manter a estabilidade geométrica da via, promover a drenagem da água pluvial e fornecer amortecimento às vibrações dinâmicas. Merheb (2014) destaca que as cargas distribuídas pelos dormentes podem atingir profundidades superiores a cinco metros no subleito, reforçando a importância de um lastro com elevada resistência mecânica e boa capacidade de intertravamento entre partículas.

O desempenho do lastro ao longo do tempo está diretamente relacionado às propriedades físicas e mecânicas do material rochoso utilizado. Shi *et al.* (2023) realizaram uma revisão abrangente sobre o comportamento do lastro ferroviário e concluíram que a degradação das partículas por impacto e abrasão é o principal mecanismo de deterioração da camada, resultando na geração de finos que comprometem a drenagem e a estabilidade da via. Rosa *et al.* (2025) demonstraram, por meio de ensaios laboratoriais e modelagem por elementos finitos com quatro materiais rochosos distintos, que reduções de 10 cm na espessura do lastro podem aumentar as tensões no subleito em até 20%, evidenciando a interdependência entre qualidade do material e dimensionamento da via.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os requisitos mínimos para o material de lastro ferroviário são regulamentados no Brasil pela NBR 5564 (ABNT, 2021), que estabelece parâmetros de densidade aparente mínima de 2.500 kg/m³, porosidade máxima de 1,5%, absorção de água máxima de 0,8%, resistência à compressão uniaxial mínima de 100 MPa e índice de Abrasão Los Angeles máximo de 30%. No plano internacional, a norma europeia EN 13450 (DIN, 2013) define faixas granulométricas obrigatórias e limita o índice de abrasão entre 16% e 24%, sendo mais restritiva que a norma brasileira nesse quesito. Guo *et al.* (2022), em revisão sobre critérios de seleção e avaliação de materiais para lastro ferroviário, destacam que os limites normativos variam consideravelmente entre países e que a escolha do método de ensaio influencia diretamente a avaliação de conformidade do material, especialmente para rochas sedimentares.

Cabe destacar, contudo, que os limites normativos estabelecidos pela NBR 5564 constituem critérios gerais para a seleção de materiais de lastro ferroviário e devem ser interpretados em conjunto com outras propriedades de desempenho. Rosa *et al.* (2025) verificaram que a resposta estrutural da via é influenciada simultaneamente pelas características geológicas, físicas e mecânicas dos agregados, bem como pela espessura da camada de lastro. Os autores observaram que materiais que não atendem integralmente a determinados requisitos normativos podem apresentar comportamento satisfatório em alguns aspectos do desempenho ferroviário, embora demandem análises complementares relacionadas à durabilidade, degradação e condições específicas de operação. Dessa forma, a não conformidade em um parâmetro isolado não implica, necessariamente, a inviabilidade técnica absoluta do agregado, mas exige uma avaliação integrada de suas propriedades e dos requisitos de projeto para a aplicação pretendida.

Embora as rochas ígneas e metamórficas, como basalto, granito e quartzito, sejam tradicionalmente preferidas para lastro ferroviário em razão de sua elevada resistência mecânica, a utilização de calcário tem sido investigada com crescente interesse em função de sua ampla disponibilidade regional em diversas regiões do Brasil e do mundo (Remédio *et al.*, 2018). Segundo Selig e Waters (1994), as litologias primárias utilizadas na camada de lastro incluem calcário, gnaisse, basalto, quartzito, granito, riolito e dolomito, e a norma brasileira mais recente para lastro ferroviário (ABNT, 2021) permite o uso de diversos tipos de calcário e outras litologias.

Andrade *et al.* (2024) investigaram agregados de calcário destinados à Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) no nordeste brasileiro, submetendo-os a ensaios de caracterização, esmagamento de partícula individual, triaxiais monotônicos e análise morfológica por sistema de imageamento. Os autores concluíram que as características granulométricas e morfológicas dos agregados calcários influenciam significativamente a resistência ao

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

cisalhamento e a deformação permanente da camada de lastro sob carregamento cíclico de até 40 toneladas por eixo, resultado relevante para operações de carga pesada como as da FCA.

No âmbito das propriedades mecânicas, Corrêa (2022) realizou estudo sistemático sobre rochas brasileiras para uso como lastro ferroviário, com ênfase em correlações geomecânicas e ensaios de alterabilidade, demonstrando que a resistência à compressão uniaxial e o *Point Load Test* apresentam correlações significativas entre si, mas que diferenças de até 30% entre os métodos são recorrentes para rochas sedimentares, o que reforça a necessidade de se utilizar o ensaio uniaxial como referência primária para avaliação normativa.

Lamas-Fernández *et al.* (2021) demonstraram, em estudo com amostras de calcário e travertino, que a resistência à compressão uniaxial está fortemente correlacionada com a densidade e a porosidade do material, sendo que amostras de calcário com baixa porosidade tenderam a apresentar resistência mais elevada e menor variabilidade entre corpos de prova. Esse limiar é relevante para a interpretação dos resultados do presente estudo, considerando a baixa porosidade média de 0,56% verificada nas amostras ensaiadas.

O comportamento de agregados carbonáticos empregados como lastro ferroviário em ferrovias de alta capacidade (*heavy-haul*) é influenciado tanto pelas tensões atuantes quanto pelas características morfológicas dos grãos. Quando as tensões cíclicas excedem o limite associado ao regime de *shakedown*, condição na qual as taxas de deformação permanente tendem a se tornar desprezíveis e a resposta do material se aproxima de um comportamento quase elástico, o lastro pode evoluir para um regime de fluência plástica progressiva, caracterizado pelo acúmulo contínuo de deformações permanentes e pela degradação gradual da estrutura da via (Andrade *et al*., 2024). Nesse contexto, a morfologia das partículas desempenha papel fundamental no desempenho mecânico do material. Partículas não cúbicas, lamelares ou alongadas tendem a se orientar em direções preferenciais, formando planos de fraqueza e tornando-se mais suscetíveis ao desgaste por abrasão e à quebra dos grãos sob carregamento repetido, fatores que contribuem para a deterioração do lastro ferroviário (Andrade *et al.,* 2024). Considerando que o calcário é uma rocha sedimentar cuja resposta mecânica pode ser influenciada por características litológicas específicas, a estimativa de sua resistência por métodos indiretos deve ser realizada com cautela. Embora ensaios como o *Point Load Test* (*PLT*) e o martelo de Schmidt sejam amplamente utilizados e reconhecidos como ferramentas úteis para estimar a resistência à compressão uniaxial (*Uniaxial Compressive Strength – UCS*), as correlações empíricas disponíveis na literatura variam em função do tipo de rocha analisado, sendo recomendável a utilização de relações calibradas para materiais geologicamente semelhantes ao objeto de estudo (Cargill; Shakoor, 1990; Kahraman, 2001).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A malha ferroviária brasileira, historicamente subinvestida em comparação com as principais economias do mundo, tem experimentado crescente demanda por revitalização de vias existentes e implantação de novos trechos (Dantas e Fraga, 2021). A Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), operada pela VLI Logística, possui aproximadamente 7.220 km de extensão e atravessa regiões com jazidas de calcário calcítico de grande porte, especialmente no norte de Minas Gerais, onde os depósitos concentram-se nas proximidades de Montes Claros (RMMG, 2026). A proximidade entre as jazidas e o traçado da ferrovia representa uma vantagem logística e econômica considerável, desde que as propriedades geomecânicas do material sejam compatíveis com as exigências normativas e operacionais da via.

Diógenes *et al.* (2020) verificaram que a granulometria e a forma dos agregados influenciam diretamente a permeabilidade, o intertravamento da matriz granular e a deformação permanente do lastro ferroviário. Esses resultados reforçam a importância dos aspectos granulométricos na avaliação do potencial do calcário calcítico de Montes Claros para aplicação como lastro ferroviário.

2. METODOLOGIA

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram coletadas em jazida de calcário calcítico pertencente à empresa JLX Mineração, localizada na Rodovia BR-135, km 3, município de Montes Claros–MG (latitude: -16°37'16"S; longitude: -43°51'21"O). A jazida possui regularização ativa junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), sob o processo nº 831.170/2016, o que assegura a rastreabilidade e a legalidade do material ensaiado.

A escolha da jazida foi fundamentada em dois critérios principais: a proximidade com o traçado da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) no trecho entre Pirapora e Matozinhos (estação Wilson Lobato), e a representatividade regional do calcário calcítico como material pétreo abundante no norte mineiro. A coleta foi realizada em 02 de julho de 2021, obtendo-se dois sacos de 25 kg de brita 03 (dimensões entre 19 mm e 50,8 mm) e 10 blocos de rocha com dimensões aproximadas de 20 cm, destinados à preparação de corpos de prova para os ensaios mecânicos.

O material coletado foi transportado até a cidade de Pirapora–MG e posteriormente encaminhado para dois laboratórios especializados: o Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Viçosa (UFV), responsável pelo ensaio de Abrasão Los Angeles, e o Laboratório de Engenharia da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Viçosa (Univiçosa), onde foram realizados os demais ensaios. A divisão das amostras seguiu critério de massa: 25 kg foram destinados ao ensaio de abrasão e os 25 kg restantes, juntamente com os blocos de rocha,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

foram encaminhados para os ensaios de compressão uniaxial, esclerometria, *Point Load Test*, massa específica, porosidade e absorção de água.

Programa de ensaios

O programa experimental foi estruturado em dois grupos de ensaios: propriedades físicas e propriedades mecânicas, conforme sintetizado no Quadro 1. Os procedimentos adotados seguiram as normas técnicas vigentes da ABNT e as recomendações da International Society for Rock Mechanics (ISRM, 2007), garantindo a reprodutibilidade e a comparabilidade dos resultados.

Quadro 1. Programa de ensaios laboratoriais realizados

Ensaio	Norma de referência	Laboratório	Nº de amostras
Massa específica aparente	DNER-ME 081/98	Univiçosa	6
Porosidade aparente	DNER-ME 081/98	Univiçosa	6
Absorção de água	DNER-ME 081/98	Univiçosa	6
Abrasão Los Angeles	DNER-ME 035/98	UFV	1(graduação A)
Compressão uniaxial	ISRM (2007)	Univiçosa	8
Esclerometria	NBR 7584 (ABNT, 2012)	Univiçosa	16
Point Load Test	ISRM (2007)	Univiçosa	7

Fonte: Os autores.

A massa específica aparente, a porosidade e a absorção de água foram determinadas conforme a norma DNER-ME 081/98, com seis corpos de prova pesados em três condições: massa seca em estufa a 105°C por 24 horas, massa saturada com superfície seca e massa submersa em balança hidrostática, com os índices calculados pelas relações entre essas condições, conforme Goodman (1989). O ensaio de Abrasão Los Angeles seguiu a norma DNER-ME 035/98, graduação A, com massa inicial de 5.004 g e carga abrasiva de 5.006 g submetidos a 500 rotações, sendo o índice de desgaste calculado pela porcentagem de material passante na peneira de 1,7 mm, conforme a Equação 1.

$$LA(\%) = \left[\frac{(mi-mf)}{mi}\right] * 100 \qquad \text{Eq. [1]}$$

Em que:

LA = índice de Abrasão Los Angeles (%);

mi = massa inicial (g);

mf = massa retida na peneira 1,7 mm após o ensaio (g)

A resistência à compressão uniaxial foi determinada conforme as recomendações da ISRM (2007), com 8 corpos de prova cilíndricos de diâmetro médio de 24,90 mm e relação h/d

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entre 2,0 e 2,5, ensaiados em prensa hidráulica até a ruptura. A tensão de ruptura foi calculada conforme a Equação 2, sendo os resultados analisados pela média simples e pela média obtida após exclusão dos valores situados fora do intervalo compreendido entre os percentis 2,5% e 97,5% da distribuição amostral, procedimento que elimina resultados extremos e fornece estimativa mais conservadora da resistência do material, conforme recomendação da ISRM (2007).

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \qquad \text{Eq. [2]}$$

Em que:
σc = resistência à compressão uniaxial (MPa);
P = carga de ruptura (kN);
A = área da seção transversal (mm²).

A esclerometria foi realizada conforme a NBR 7584 (ABNT, 2012), com 16 corpos de prova ensaiados em quatro pontos distintos cada, com ângulo de incidência α = 0°, sendo a resistência estimada obtida pelo ábaco do fabricante. O *Point Load Test* seguiu as recomendações da ISRM (2007), com 7 amostras retangulares de relação média h/d igual a 2,0, comprimidas entre ponteiras cônicas na metade do comprimento e da largura de cada amostra. O índice Is(50) foi calculado conforme a Equação 3.

$$I_{s(50)} = \frac{P}{De^2} \qquad \text{Eq. [3]}$$

Em que:
Is(50) = índice de carga pontual corrigido para diâmetro equivalente de 50 mm (MPa);
P = carga de ruptura (kN);
De = diâmetro equivalente (mm).

A análise da forma e granulometria foi conduzida de modo observacional, com duas amostras representativas do lote selecionadas por tamanho extremo, a menor (74 × 43 × 35 mm, forma lamelar) e a maior (91 × 53 × 62 mm, forma aproximadamente cúbica), cujas dimensões foram comparadas com as faixas da NBR 5564 (ABNT, 2021) e da EN 13450 (DIN, 2013). Reconhece-se que a ausência de ensaio formal de peneiramento e de determinação quantitativa do índice de lamelaridade constitui limitação metodológica relevante do presente estudo, uma vez que esses parâmetros são decisivos para a aprovação normativa plena do material como lastro ferroviário, conforme estabelecido pela NBR 5564 (ABNT, 2021) e pela EN 13450 (DIN,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

2013). A análise conduzida tem, portanto, caráter observacional e exploratório, devendo ser complementada por ensaios quantitativos em estudos futuros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios de massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de massa específica, porosidade e absorção de água

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	MÉDIA
Massa saturada superfície seca (g)	1958,1	1803,1	2030,4	1541,8	1626,8	1792,1	
Massa submersa (g)	1228,3	1135	1264	965,1	1024,1	1123,5	
Massa seca (g)	1955,2	1796	2028,2	1539,9	1620,8	1790,1	
Densidade aparente (kg/m³)	2679	2688	2646	2670	2689	2677	**2675**
Porosidade aparente (%)	0,40	1,06	0,29	0,33	1,00	0,30	**0,56**
Absorção de água (%)	0,15	0,40	0,11	0,12	0,37	0,11	**0,21**

Fonte: Laudo Univiçosa, Certificado nº 1924 (2021).

A massa específica aparente média obtida foi de 2.675 kg/m³, valor superior ao mínimo de 2.500 kg/m³ estabelecido pela NBR 5564 (ABNT, 2021), indicando conformidade do material nesse quesito. Esse resultado é coerente com os valores reportados para calcários calcíticos na literatura, que tipicamente variam entre 2.600 kg/m³ e 2.750 kg/m³ (Goodman, 1989). Andrade *et al.* (2024) encontraram valores semelhantes de densidade para agregados calcários destinados ao lastro da FIOL, reforçando a representatividade do resultado obtido.

A porosidade aparente média de 0,56% atendeu ao limite máximo de 1,5% da NBR 5564 (ABNT, 2021), com todas as amostras individualmente conformes. Esse valor indica que o calcário calcítico ensaiado possui estrutura interna pouco porosa, o que favorece tanto a resistência mecânica quanto a durabilidade frente à ação da água. A amostra A2 apresentou o maior valor individual de porosidade (1,06%), ainda dentro do limite normativo, porém próximo do valor máximo permitido, sugerindo alguma heterogeneidade natural do maciço rochoso que deve ser considerada na seleção do material em campo.

A absorção de água média de 0,21% ficou bem abaixo do limite máximo de 0,8% estabelecido pela NBR 5564 (ABNT, 2021), com nenhuma amostra superando esse limiar individualmente. A baixa absorção é diretamente relacionada à baixa porosidade do material, confirmando que os poros presentes são predominantemente fechados e de difícil acesso à água. Esse comportamento é favorável à durabilidade do lastro em condições de exposição à precipitação pluviométrica, reduzindo o risco de degradação por ciclos de molhagem e secagem (Selig e Waters, 1994). Khandelwal e Singh

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(2009) demonstraram que calcários com porosidade inferior a 1% tendem a apresentar baixa absorção e maior resistência à compressão, resultado consistente com os dados obtidos no presente estudo.

Resistência ao desgaste

O resultado do ensaio de Abrasão Los Angeles está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado do ensaio de Abrasão Los Angeles

Graduação								Resultados
Fração (mm)	A	B	C	D	E	F	G	Carga abrasiva (g)
76 a 63								5006
63 a 50								Rotações
50 a 38								500
38 a 25	1254							Massa inicial (g)
25 a 19	1250							5004
19 a 12,5	1250							Massa final (g)
12,5 a 9,5	1250							3852
9,5 a 6,3								Abrasão (%)
6,3 a 4,8								23
4,8 a 2,4								Graduação A

Fonte: Laudo UFV, Certificado nº 6067 (2021).

O índice de Abrasão Los Angeles obtido foi de 23%, valor inferior ao limite máximo de 30% estabelecido pela NBR 5564 (ABNT, 2021), indicando aprovação do material nesse ensaio. Adicionalmente, o resultado enquadra-se dentro da faixa de 16% a 24% preconizada pela norma europeia EN 13450 (DIN, 2013), demonstrando conformidade simultânea com os parâmetros nacionais e internacionais.

Esse desempenho é notável considerando que o calcário é uma rocha sedimentar, litologia tradicionalmente associada a maior susceptibilidade ao desgaste em relação às rochas ígneas e metamórficas. Guo *et al*. (2022), em revisão sobre critérios de seleção de materiais para lastro, destacam que calcários com índice de Abrasão Los Angeles inferior a 25% podem ser considerados adequados para aplicações ferroviárias de carga moderada, o que situa o material estudado em posição favorável dentre os calcários avaliados na literatura. Remédio *et al.* (2018), em estudo sobre rochas para lastro de trem de alta velocidade no trecho Campinas–São Paulo, verificaram que o índice de abrasão constitui o critério de maior peso nas normas internacionais de durabilidade, sendo o Micro-Deval o ensaio complementar mais recomendado, cuja realização é sugerida como continuidade desta pesquisa.

Resistência mecânica à compressão

Os resultados do ensaio de compressão uniaxial estão apresentados na Tabela 3.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 3. Resultados do ensaio de compressão uniaxial

CP	ALTURA (mm)	DIÂMETRO (mm)	CARGA (KN)	TENSÃO (MPa)
1	66,50	24,90	36,491	74,937
2	60,50	24,90	40,770	83,724
3	65,20	24,80	35,701	73,907
4	63,50	24,90	31,920	65,550
5	69,90	24,95	35,999	73,631
6	64,50	24,70	39,987	83,452
7	49,90	24,90	52,457	107,725
8	65,10	24,90	42,836	87,967
		Média (MPa)		81,36
		Média 95% de exclusão (MPa)		79,19

Fonte: Laudo Univiçosa, Certificado nº 1924 (2021).

A resistência à compressão uniaxial média obtida foi de 81,36 MPa pela média simples e de 79,19 MPa pela média com 95% de exclusão. Ambos os valores ficaram abaixo do mínimo de 100 MPa estabelecido pela NBR 5564 (ABNT, 2021), representando um déficit de aproximadamente 21% em relação ao limite normativo, configurando reprovação do material nesse critério.

Destaca-se, contudo, que houve variabilidade considerável entre os corpos de prova, com tensões de ruptura individuais variando de 65,55 MPa (CP4) a 107,73 MPa (CP7). O CP7 foi o único a superar o limite normativo de forma isolada, sugerindo que a heterogeneidade mineralógica e estrutural do maciço rochoso, característica intrínseca de rochas sedimentares, exerce influência significativa sobre os resultados. Corrêa (2022) observou comportamento similar em rochas sedimentares brasileiras ensaiadas para lastro ferroviário, atribuindo essa variabilidade à presença de planos de estratificação, microfissuras e variações na composição mineralógica entre amostras de uma mesma jazida.

A não conformidade com o requisito de resistência à compressão não implica necessariamente a inviabilidade total do uso do calcário calcítico como lastro na FCA. Deve-se considerar que a NBR 5564 (ABNT, 2021) foi estabelecida com base em parâmetros conservadores voltados para ferrovias de carga pesada e alta velocidade. Para trechos da FCA com cargas de eixo de 80 toneladas, a redução da carga transportada ou a adoção de espessura de lastro superior ao mínimo normativo poderiam constituir alternativas técnicas viáveis para compensar a menor resistência do material. Embora Rosa *et al.* (2025) não tenham avaliado diretamente diferentes cargas por eixo, os resultados obtidos indicam que a resposta estrutural da via depende da interação entre carregamento, espessura do lastro e propriedades dos agregados.

Os resultados dos ensaios de esclerometria e *Point Load Test* estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Tabela 4. Resultados do ensaio de esclerometria.

Localização	A1	
1	54%	
2	52%	
3	58%	
4	54%	
5	54%	
6	58%	
7	57%	
8	56%	
9	54%	
10	56%	
11	54%	
12	58%	
13	57%	
14	55%	
15	56%	
16	54%	
IE, médio	55%	
Interv. variação	50%	61%
Novo IE, médio	55%	
Interv. variação	50%	61%
Num.determ.úteis	16	
IE, efetivo - α =	55%	
IE, efetivo - α = 0°	55%	
Resistência Estimada (MPa)	**58,5**	

Fonte: Laudo Univiçosa, Certificado nº 1924 (2021).

Tabela 5. Resultados do ensaio de *Point Load Test*

Nº	**Amostra**	**[1]*h/d**	**[*2]Tipo**	**W (mm)**	**D (mm)**	**P (kN)**	**Is(50) (MPa)**
1	R CALC	3,56	a	15,30	54,50	49,82	38,70
2	R CALC	2,91	a	18,80	54,70	50,12	33,09
3	R CALC	2,50	a	21,80	54,40	56,60	33,46
4	R CALC	2,50	a	21,80	54,60	73,46	43,31
5	R CALC	2,15	a	25,30	54,30	69,96	36,91
6	R CALC	2,10	a	26,00	54,70	81,20	41,70
7	R CALC	2,11	a	25,90	54,60	79,86	41,20
						Is(50) médio (MPa) =	**38,34**
						Média 95% de exclusão (MPa) =	**38,7**

Fonte: Laudo Univiçosa, Certificado nº 1924 (2021).

A resistência estimada pela esclerometria foi de 58,5 MPa, valor 26% inferior à média obtida no ensaio uniaxial (79,19 MPa). O *Point Load Test* resultou em Is(50) médio de 38,34 MPa, diferença

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de 48,9% em relação ao ensaio uniaxial. Ambos os métodos indiretos subestimaram substancialmente a resistência medida pelo ensaio uniaxial, adotado como referência normativa para avaliação de conformidade do material.

Essa discrepância tem relevância prática importante: caso a avaliação de conformidade do lastro fosse baseada exclusivamente nos ensaios de campo, esclerometria ou Point Load, o material seria classificado como de resistência ainda mais insatisfatória do que o ensaio uniaxial já indica, introduzindo um viés conservador que poderia levar à rejeição prematura de um material que, sob determinadas condições operacionais, poderia ser tecnicamente viável. Corrêa (2022) e Remédio (2017) alertam que ensaios indiretos de resistência, embora práticos para avaliações in loco, apresentam limitações significativas para rochas sedimentares, devendo ser utilizados apenas como triagem preliminar, sendo o ensaio uniaxial em laboratório o método definitivo para avaliação normativa.

Análise da forma e granulometria

A análise observacional das amostras indicou que a brita 03 da jazida JLX apresenta partículas com dimensões compatíveis com as faixas granulométricas da NBR 5564 (ABNT, 2021), situando-se predominantemente entre as peneiras de 63,5 mm e 25,4 mm. Contudo, a amostra de menores dimensões (74 × 43 × 35 mm) (Figura 01) apresentou forma lamelar — com espessura significativamente inferior às demais dimensões — o que contraria a exigência de forma cúbica estabelecida tanto pela NBR 5564 quanto pela EN 13450 (DIN, 2013), que limita o teor de partículas lamelares a no máximo 4%.

Figura 1. Dimensões e formas do calcário



Fonte: Os autores.

A presença de partículas lamelares em volume elevado é prejudicial ao desempenho do lastro por reduzir o intertravamento entre os grãos e aumentar a susceptibilidade à quebra sob carregamento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

cíclico, comprometendo a estabilidade geométrica da via (Shi *et al.*, 2023). Recomenda-se que estudos futuros realizem o ensaio formal de granulometria com peneiras específicas e a determinação do índice de lamelaridade, permitindo avaliação quantitativa desse parâmetro frente às exigências normativas.

Síntese dos resultados frente às Normas

O Quadro 2 apresenta uma síntese comparativa dos resultados obtidos frente aos requisitos da NBR 5564 (ABNT, 2021).

Quadro 2. Síntese dos resultados frente aos requisitos da NBR 5564 (ABNT, 2021).

Ensaio	Resultado obtido	Limite NBR 5564	Situação
Massa específica aparente	2.675 kg/m³	Mín. 2.500 kg/m³	✓ Aprovado
Porosidade aparente	0,56%	Máx. 1,5%	✓ Aprovado
Absorção de água	0,21%	Máx. 0,8%	✓ Aprovado
Abrasão Los Angeles	23%	Máx. 30%	✓ Aprovado
Compressão uniaxial	79,19 MPa	Mín. 100 MPa	✗ Reprovado
Esclerometria*	58,5 MPa	Mín. 100 MPa*	✗ Abaixo do referencial
*Point Load Test**	38,34 MPa	Não previsto	— Complementar
Forma e granulometria**	Análise observacional	Forma cúbica; lamelar < 4% (EN 13450)	⚠ Inconclusivo

Fonte: Autoria própria.

*A NBR 5564 não prevê explicitamente esclerometria e Point Load; valores comparados ao limite uniaxial como referência complementar.

**Análise de caráter observacional, sem ensaio formal de peneiramento. Identificada amostra de forma lamelar. Recomenda-se ensaio quantitativo em estudos futuros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O calcário calcítico de Montes Claros–MG atendeu aos requisitos físicos da NBR 5564 (ABNT, 2021) em quatro dos cinco critérios avaliados, massa específica, porosidade, absorção de água e Abrasão Los Angeles, sendo este último também conforme à norma europeia EN 13450, resultado expressivo para uma rocha sedimentar. A principal limitação identificada foi a resistência à compressão uniaxial de 79,19 MPa, aproximadamente 21% abaixo do mínimo normativo de 100 MPa, configurando reprovação em critério essencial da NBR 5564. Esse resultado indica que o material apresenta potencial parcial para uso como lastro ferroviário,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

condicionado a avaliações complementares e a cenários operacionais específicos, não sendo possível afirmar sua viabilidade técnica plena com base nos dados disponíveis.

A comparação entre os métodos de avaliação da resistência evidenciou que a esclerometria e o *Point Load Test* subestimaram significativamente os valores do ensaio uniaxial, reforçando que esses métodos indiretos não devem substituir o ensaio laboratorial como critério normativo para rochas sedimentares.

Para estudos futuros, recomenda-se a realização do ensaio Micro-Deval, a determinação formal do índice de lamelaridade e a investigação de calcários dolomíticos da região, ampliando o panorama de viabilidade de rochas sedimentares para a infraestrutura ferroviária do norte mineiro.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. F. S. M. et al. Evaluation of limestone aggregates for railway ballast: particle characteristics and shear strength analysis. **Soils and Rocks**, v. 47, n. 4, e2024011223, 2024. https://doi.org/10.28927/SR.2024.011223

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5564: Via férrea — lastro-padrão — requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto endurecido — avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

CARGILL, J. S.; SHAKOOR, A. Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock. **Bulletin of the Association of Engineering Geologists**, v. 27, n. 4, p. 495-503, 1990. https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)91001-N

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Boletim estatístico da CNT 2010**. Brasília: CNT, 2010.

CORRÊA, F. A. **Contribution to studies on Brazilian rocks for use as railway ballast aggregate: emphasis on geomechanical correlations and alterability tests**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

DANTAS, A. A. N.; FRAGA, Y. S. B. Ferrovias no Brasil: projetos futuros e em andamento. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e25010514917, 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14917

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 035/98: agregados — determinação da abrasão Los Angeles**. Rio de Janeiro: DNER, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 081/98: agregados — determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo**. Rio de Janeiro: DNER, 1998.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

DIN. **EN 13450: aggregates for railway ballast**. Berlin: DIN, 2013.

DIÓGENES, D. F. et al. Avaliação da relação entre comportamentos mecânico e hidráulico para lastro ferroviário. **Transportes**, v. 28, n. 3, p. 63-76, 2020. https://doi.org/10.14295/transportes.v28i3.1829

EUROPEAN COMMISSION. **EU transport in figures: statistical pocketbook 2010**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

GOODMAN, R. E. **Introduction to rock mechanics**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1989.

GUO, Y. et al. Railway ballast material selection and evaluation: a review. **Construction and Building Materials**, v. 344, 128218, 2022. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128218

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS – ISRM. **The complete ISRM suggested methods for characterization, testing and monitoring: 1974–2006**. Ankara: ISRM, 2007.
ITF – INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM. **Mode choice in freight transport**. ITF Research Reports. Paris: OECD Publishing, 2022.

KAHRAMAN, S. Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, v. 38, n. 7, p. 981-994, 2001. https://doi.org/10.1016/S1365-1609(01)00039-9

KHANDELWAL, M.; SINGH, T. N. Correlating index properties of rocks with P-wave measurements. **Journal of Applied Geophysics**, v. 68, n. 4, p. 502-510, 2009. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2010.01.007

LAMAS-FERNÁNDEZ, F. et al. Scale effect and correlation between uniaxial compressive strength and point load index for limestone and travertine. **Applied Sciences**, v. 11, n. 8, 3672, 2021. https://doi.org/10.3390/app11083672

MERHEB, A. H. M. **Análise mecânica do lastro ferroviário por meio de ensaios triaxiais cíclicos**. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RECURSOS MINERAIS DE MINAS GERAIS – RMMG. **Distribuição de jazidas e minas**. Disponível em: http://recursomineralmg.codemge.com.br. Acesso em: 14 jun. 2026.

REMÉDIO, M. J. **Caracterização tecnológica de agregados para uso como lastro de trem de alta velocidade: trecho Campinas/São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

REMÉDIO, M. J.; RIBEIRO, R. P.; CURTIS NETO, J. A. Correlations between petrography and technological properties of rocks: application as railway ballast. **Geociências**, v. 37, n. 3, p. 669-681, 2018.

ROSA, A. F. et al. Uma análise laboratorial e numérica do desempenho de materiais de lastro: em direção à sustentabilidade no projeto de pavimentos ferroviários. **Transportes**, v. 33, e3028, 2025. https://doi.org/10.58922/transportes.v33.e3028

SELIG, E. T.; WATERS, J. M. **Track geotechnology and substructure management**. London: Thomas Telford Services, 1994.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SHI, C. et al. Railway ballast performance: recent advances in the understanding of geometry, distribution and degradation. **Transportation Geotechnics**, v. 41, 101042, 2023. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101042

VLI LOGÍSTICA. **Ferrovia Centro-Atlântica – FCA**. Disponível em: https://www.vli-logistica.com.br/conheca-a-vli/ferrovias/ferrovia-centro-atlantica-fca. Acesso em: abr. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.