



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM E EVOLUÇÃO  
GEOLÓGICA**

**DISSERTAÇÃO**

**O MILONITO ALÉM PARAÍBA COMO PEDRA PATRIMÔNIO DO  
VALE DO PARAÍBA FLUMINENSE**

**STEPHANY DE PAULA MIRANDA**

**SEROPÉDICA  
2026**





**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**O MILONITO ALÉM PARAÍBA COMO PEDRA DO  
PATRIMÔNIO DO VALE DO PARAÍBA FLUMINENSE**

**STEPHANY DE PAULA MIRANDA**

**SOB a Orientação da Professora  
Dra. Patrícia Anselmo Duffles Teixeira**

**e Co-orientação da  
Dra. Nuria Fernández Castro**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **mestre** em geociências, no programa de Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica. Área de concentração: Modelagem de Processos Geológicos e Geodinâmicos.

**SEROPÉDICA  
2026**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M672m      Miranda, Stephany de Paula, 2001-  
              O MILONITO ALÉM PARAÍBA COMO PEDRA PATRIMÔNIO DO  
              VALE DO PARAÍBA FLUMINENSE / Stephany de Paula  
              Miranda. - Três Rios, 2026.  
              94 f.: il.

              Orientadora: Patrícia Anselmo Duffles Teixeira.  
              Coorientadora: Nuria Fernández Castro.  
              Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
              Rural do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
              MODELAGEM E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA , 2026.

              1. Zona de Cisalhamento Além Paraíba. 2. Vale do  
              Paraíba. 3. Geodiversidade. I. Anselmo Duffles  
              Teixeira, Patrícia, 1977-, orient. II. Fernández  
              Castro, Nuria, 1965-, coorient. III Universidade  
              Federal Rural do Rio de Janeiro. PROGRAMA DE PÓS  
              GRADUAÇÃO EM MODELAGEM E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA . IV.  
              Título.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)- Código de Financiamento 001. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 28/2026 - IGEO (11.39.00.34)

N° do Protocolo: 23083.025133/2026-69

Seropédica-RJ, 01 de junho de 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

STEPHANY DE PAULA MIRANDA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Geociências, no Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Evolução Geológica, área de concentração em MODELAGEM DE PROCESSOS GEOLÓGICOS E GEODINÂMICOS.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/05/2026

Patrícia Anselmo Duffles Teixeira. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ

Orientadora, presidente da banca

Núria Fernandez Castro. Dr<sup>a</sup>. CETEM/MCTI

Coorientadora

Amanda Guimarães dos Santos Mozer. Dr<sup>a</sup>. UFRJ

Membro externo

Sergio de Castro Valente. Dr. UFRRJ

Membro interno

*(Assinado digitalmente em 07/06/2026 07:06)*

PATRICIA ANSELMO DUFFLES TEIXEIRA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DepoCMA (12.28.01.00.00.18)  
Matricula: 00097307

*(Assinado digitalmente em 01/06/2026 10:56)*

SERGIO DE CASTRO VALENTE  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DPETRO (11.39.40)  
Matricula: 0007109

*(Assinado digitalmente em 02/06/2026 10:59)*

AMANDA GUIMARÃES DOS SANTOS MOZER  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 000.000.727-00

*(Assinado digitalmente em 01/06/2026 10:35)*

NURIA FERNÁNDEZ CASTRO  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 000.000.206-00

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 28, ano: 2026, tipo: HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, data de emissão: 01/06/2026 e o código de verificação: 61e45ee425

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais, Janaina e Sidnei, pelo apoio constante em toda a minha trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em especial à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patrícia Duffles, pela orientação, carinho, dedicação e por estar ao meu lado nos momentos de aflição e pela constante busca em me inserir em projetos. À Dr<sup>a</sup> Núria Fernández pela coorientação, incentivo, oportunidades proporcionadas ao longo do mestrado, pelo empenho, companhia e apoio para que eu pudesse realizar minha experiência em Dublin, além das valiosas contribuições durante a pesquisa e atividade de campo.

Ao Prof. Dr. Artur Corval, coordenador do curso de pós-graduação em modelagem e evolução geológica, pelo apoio e dedicação. À CAPES, pelo financiamento desta pesquisa.

Ao projeto UNESCO IGCP 637 Herstones, liderado por Dr<sup>a</sup> Paola Marini, cuja contribuição foi fundamental para viabilizar a apresentação deste trabalho em 4<sup>th</sup> Internacional Heritage Stone Workshop, em Dublin. Ao Prof. Dr. Sergio de Castro Valente, pela iniciativa e apoio na mobilização que contribuiu para viabilizar minha participação no referido evento. Expresso minha sincera gratidão à Prof. Dr<sup>a</sup> Monica Heilbron, ao Instituto Geotlântico, à Wagner Travessos Lemos, Otavio August Boni Licht, Guilherme Freitas da Silva, Leonardo Costa de Oliveira, Anderson Moraes, Suze Nei Pereira Guimarães, Marcelo E. Almeida, Saulo Siqueira Martins, André Godim Brandão, Lilian Souza da Silveira, Roberto Carlos Costa Lelis, Vinicius Carneiro Santana, que contribuíram de forma solidária.

Agradeço, a SBG (RJ/ES) por financiar minha ida ao 51º Congresso Brasileiro de Geologia, em Belo Horizonte. Ao geólogo Marcelo Taylor de Lima, pelo apoio nas atividades de campo incluindo auxílio na logística e transporte das amostras.

Às meninas do alojamento de Seropédica, pelo apoio e acolhimento durante minha estadia. Em especial, a Mayara Tavares, por toda a ajuda, companhia e escuta nos momentos mais difíceis, sendo fundamental para que eu atravessasse essa fase com mais tranquilidade.

À Cynthia Pereira Lira, pelo cuidado, acolhimento e apoio fundamentais ao longo dessa jornada, especialmente por me ajudar a lidar com os desafios emocionais do mestrado.

A Reinaldo, pela realização da retirada manual de rochas nos afloramentos e ao proprietário e aos funcionários da marmoraria, pela atenção e pela realização dos cortes das rochas nas dimensões necessárias para análise.

Aos estagiários do Centro de Tecnologia Mineral: Bruno Filgueiras Conde Piacesi, Millena Basílio da Silva e Larissa Soares Silva, pela realização dos ensaios e análises das rochas e aos discentes do curso de gestão ambiental, em especial Matheus dos Santos Pedro da Silva Miranda pela localização das pedreiras situadas na zona de cisalhamento do milonito, e a Breno Magalhães de Almeida da Silva e Renan Lopes da Silva pelo apoio no levantamento de dados em suas cidades.

## RESUMO

MIRANDA, Stephany de Paula. **O Milonito Além Paraíba como Pedra Patrimônio do Vale do Paraíba Fluminense**. 2026. Dissertação de Mestrado em Geociência do Instituto de Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2026.

A geodiversidade corresponde à variedade de ambientes geológicos, processos e elementos naturais, como rochas, minerais, fósseis e solos, aos quais se atribuem valores culturais e intrínsecos, relacionados tanto à história humana quanto à própria importância desses elementos na compreensão da Terra. Nesse contexto, a geoconservação amplia-se para além da proteção física, reconhecendo a geodiversidade como registro fundamental da história natural, preservado nas rochas e paisagens. A definição de Pedra Patrimônio, consolidada pela União Internacional de Geociências (IUGS), reforça a relevância das rochas utilizadas em construções históricas como elementos culturais essenciais. No Vale do Paraíba Fluminense, o Milonito Além Paraíba apresenta significativa importância geológica, histórica e cultural. Formado em condições de intenso metamorfismo e deformação tectônica, esse material foi amplamente utilizado em construções históricas locais, especialmente no século XIX, devido à sua disponibilidade e viabilidade econômica. Sua utilização está diretamente associada ao desenvolvimento regional durante o ciclo do café, período marcado pela expansão econômica sustentada pela mão de obra escravizada. Além de seu valor técnico e estético, o milonito constitui um importante elo entre a geodiversidade e a identidade cultural do Vale, estando presente em edificações, infraestrutura e paisagens históricas. Dessa forma, seu reconhecimento como Pedra Patrimônio contribui para a valorização da memória regional e para o fortalecimento de ações de geoconservação, integrando aspectos geológicos, históricos e culturais.

Palavras-chave: Zona de Cisalhamento Além Paraíba; Vale do Paraíba; geodiversidade.

## ABSTRACT

MIRANDA, Stephany de Paula. **The Além Paraíba Mylonite as a Heritage Stone of the Fluminense Paraíba Valley**. 2026. Dissertation Master's in Geosciences Institute of Seropédica., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2026.

Geodiversity corresponds to the variety of geological environments, processes and natural elements, such as rocks, minerals, fossils and soils, to which cultural and intrinsic values are attributed, relating both to human history and to the importance of these elements in understanding the Earth itself. In this context, geoconservation extends beyond physical protection, recognising geodiversity as a fundamental record of natural history, preserved in rocks and landscapes. The definition of Heritage Stone, consolidated by the International Union of Geological Sciences (IUGS), reinforces the relevance of rocks used in historical constructions as essential cultural elements. In the Paraíba do Sul Valley (Rio de Janeiro State), the Além Paraíba Mylonite presents significant geological, historical and cultural importance. Formed under conditions of intense metamorphism and tectonic deformation, this material was widely used in local historical constructions, especially during the 19th century, due to its availability and economic viability. Its use is directly associated with regional development during the coffee cycle, a period marked by economic expansion sustained by enslaved labour. Beyond its technical and aesthetic value, the mylonite constitutes an important link between geodiversity and the cultural identity of the Valley, being present in buildings, infrastructure and historical landscapes. Thus, its recognition as a Heritage Stone contributes to the appreciation of regional memory and to the strengthening of geoconservation actions, integrating geological, historical and cultural aspects.

Keywords: Além Paraíba Shear Zone; Paraíba do Sul Valley; geodiversity

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 1.</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. LEGENDA: MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS-ALP: ALÉM PARAÍBA; B: BELMIRO BRAGA; C: CHIADOR. MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO- C: CARMO; S: SAPUCAIA; TR: TRÊS RIOS; PS: PARAÍBA DO SUL; VS: VASSOURAS; M: MENDES; BP: BARRA DO PIRAI; VL: VALENÇA; RF: RIO DAS FLORES; LG: COMENDADOR LEVY GASPARIAN. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3  |
| <b>FIGURA 2.</b> MAPA DA ÁREA DE ESTUDO, MOSTRANDO A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES LITOLÓGICAS E DAS PEDREIRAS, NA ESCALA 1:15.000. MODIFICADO A PARTIR DO MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (HEILBRON ET AL 2016) E DE (GIRALDO ET AL 2019). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4  |
| <b>FIGURA 3.</b> EXTRAÇÃO DA ROCHA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (DEBRET, 1926). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6  |
| <b>FIGURA 4.</b> BLOCOS DE PARAGNAISSE E ORTOGNAISSE MILONÍTICO UTILIZADOS NOS ENSAIOS TECNOLÓGICOS ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 9  |
| <b>FIGURA 5.</b> PETROGRAFIA DAS ROCHAS MILONÍTICAS (GIRALDO ET AL 2019). A. ORTOGNAISSE MILONÍTICO EM AFLORAMENTO. B. PARAGNAISSE MILONÍTICO EM AFLORAMENTO. C. FOTOMICROGRAFIA DE ORTOGNAISSE MILONÍTICO MOSTRANDO PORFIROCLASTOS DE FELDSPATO QUE DESVIAM A FOLIAÇÃO, MARCADAS POR FITAS DE QUARTZO E CONTATOS POLIGONAIS ENTRE OS GRÃOS DA MATRIZ. D. FOTOMICROGRAFIA DE PARAGNAISSE GRANADA-SILLIMANITA MOSTRANDO PORFIROCLASTOS DE GRANADA COM ATÉ TRÊS CENTÍMETROS DE DIÂMETRO, APRESENTANDO SOMBRAS DE PRESSÃO. E. AFLORAMENTO DE MILONITO DE GRANULITO MÁFICO. FOTOMICROGRAFIA DE MILONITO DE GRANULITO MÁFICO MOSTRANDO PORFIROCLASTOS ALONGADOS DE ORTOPIROXÊNIO E CLINOPIROXÊNIO, ASSOCIADOS A ANFIBÓLIOS DO GRUPO DA HORNBLENDA. .... | 13 |
| <b>FIGURA 6.</b> IGREJA MATRIZ SÃO PEDRO E SÃO PAULO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 20 |
| <b>FIGURA 7.</b> PALACETE BARÃO RIBEIRO DE SÁ (SEDE DA PREFEITURA) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 21 |
| <b>FIGURA 8.</b> PALÁCIO TIRADENTES (CÂMARA MUNICIPAL) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 22 |
| <b>FIGURA 9.</b> IGREJA DO ROSÁRIO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 22 |
| <b>FIGURA 10.</b> ESCADARIA DA FAZENDA SÃO FIDELIZ .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 22 |
| <b>FIGURA 11.</b> PONTE DA PARAHYBA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 22 |
| <b>FIGURA 12.</b> GRUTA NO PARQUE SALUTARIS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 23 |
| <b>FIGURA 13.</b> JANELA LAR JOSÉ FONSECA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 24 |
| <b>FIGURA 14.</b> PONTE DE JURAPANÃ .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 24 |
| <b>FIGURA 15.</b> JANELA DA CÂMARA MUNICIPAL .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 25 |
| <b>FIGURA 16.</b> PARÓQUIA NOSSA SENHORA DA GLÓRIA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 25 |
| <b>FIGURA 17.</b> PAREDE DO MUSEU LÉA PENTAGNA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 25 |
| <b>FIGURA 18.</b> IGREJA DE SANTO ANTÔNIO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 25 |
| <b>FIGURA 19.</b> CEMITÉRIO DE CONSERVATÓRIA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 26 |
| <b>FIGURA 20.</b> DETALHE DO PORTAL DO CEMITÉRIO DE CONSERVATÓRIA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 26 |
| <b>FIGURA 21.</b> IRMANDADE DA SANTA CASA DE MISERICÓRDIA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 26 |
| <b>FIGURA 22.</b> CASA PRÓXIMA AO COLÉGIO SAGRADO CORAÇÃO DE JESUS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 26 |
| <b>FIGURA 23.</b> IGREJA MATRIZ NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 27 |
| <b>FIGURA 24.</b> PÁTIO CASARIO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 27 |
| <b>FIGURA 25.</b> CHAFARIZ MONUMENTAL .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 29 |
| <b>FIGURA 26.</b> CÂMARA MUNICIPAL DE VASSOURAS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 29 |
| <b>FIGURA 27.</b> PALACETE BARÃO DO RIBEIRÃO .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 29 |
| <b>FIGURA 28.</b> PALACETE BARÃO DE ITAMBÉ .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 29 |
| <b>FIGURA 29.</b> CEMITÉRIO MUNICIPAL .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 29 |
| <b>FIGURA 30.</b> ESTAÇÃO FERROVIÁRIA DE CHIADOR .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 30 |
| <b>FIGURA 31.</b> CASA DA CULTURA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 30 |
| <b>FIGURA 32.</b> ESTAÇÃO DE PENHA LONGA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 31 |
| <b>FIGURA 33.</b> PONTE SANTA FÉ .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 31 |
| <b>FIGURA 34.</b> ESTAÇÃO SAPUCAIA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33 |
| <b>FIGURA 35.</b> JANELA DA PREFEITURA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 33 |
| <b>FIGURA 36.</b> IGREJA NOSSA SENHORA APARECIDA .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 33 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 37.</b> IGREJA DE SANTO ANTÔNIO .....                           | 33 |
| <b>FIGURA 38.</b> PONTE SOBRE O RIO PARAIBUNA.....                        | 35 |
| <b>FIGURA 39.</b> CASARÃO EM RUÍNAS.....                                  | 35 |
| <b>FIGURA 40.</b> CASA DE PEDRA .....                                     | 36 |
| <b>FIGURA 41.</b> ARCO DA RUA DIREITA .....                               | 36 |
| <b>FIGURA 42.</b> IGREJA NOSSA SENHORA DE CARMO .....                     | 38 |
| <b>FIGURA 43.</b> PORTAL DE ENTRADA DA CIDADE DE CARMO .....              | 38 |
| <b>FIGURA 44.</b> MILONITO EM UM ESTABELECIMENTO NO CENTRO DE CARMO ..... | 38 |
| <b>FIGURA 45.</b> PAÇO MUNICIPAL DE ALÉM PARAÍBA.....                     | 40 |
| <b>FIGURA 46.</b> IGREJA MATRIZ DE SÃO JOSÉ.....                          | 40 |
| <b>FIGURA 47.</b> CATEDRAL NOSSA SENHORA DE SANTANA .....                 | 41 |
| <b>FIGURA 48.</b> TÚNEL ANTIGO.....                                       | 41 |
| <b>FIGURA 49.</b> IGREJA MATRIZ DE SANTA THEREZA D'AVILA.....             | 42 |
| <b>FIGURA 50.</b> PONTE NA RJ 151 .....                                   | 42 |
| <b>FIGURA 51.</b> IGREJA MATRIZ DE SÃO JOSÉ.....                          | 43 |
| <b>FIGURA 52.</b> PONTE SÃO JOSÉ DAS TRÊS ILHAS .....                     | 43 |
| <b>FIGURA 53.</b> PONTO DE ÔNIBUS EM MENDES.....                          | 44 |

## **Sumário**

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                           | <b>1</b>  |
| <b>OBJETIVO .....</b>                                                                                                             | <b>7</b>  |
| <b>Objetivos Específicos: .....</b>                                                                                               | <b>7</b>  |
| <b>METODOLOGIA .....</b>                                                                                                          | <b>8</b>  |
| <b>CONTEXTO GEOLÓGICO.....</b>                                                                                                    | <b>10</b> |
| <b>CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS .....</b>                                                                                         | <b>14</b> |
| <b>CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ORTOGNAISSE MILONITICO.....</b>                                                                  | <b>14</b> |
| <b>CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARAGNAISSE MILONITICO .....</b>                                                                 | <b>15</b> |
| <b>LOCALIZAÇÃO DAS PEDREIRAS .....</b>                                                                                            | <b>17</b> |
| <b>USO DO MILONITO NO VALE DO PARAÍBA FLUMINENSE .....</b>                                                                        | <b>19</b> |
| <b>Paraíba do Sul .....</b>                                                                                                       | <b>20</b> |
| <b>Valença .....</b>                                                                                                              | <b>24</b> |
| <b>Vassouras .....</b>                                                                                                            | <b>27</b> |
| <b>Chiador.....</b>                                                                                                               | <b>30</b> |
| <b>Sapucaia .....</b>                                                                                                             | <b>32</b> |
| <b>Comendador Levy Gasparian .....</b>                                                                                            | <b>34</b> |
| <b>Três Rios .....</b>                                                                                                            | <b>36</b> |
| <b>Carmo.....</b>                                                                                                                 | <b>37</b> |
| <b>Além Paraíba .....</b>                                                                                                         | <b>39</b> |
| <b>Barra do Piraí.....</b>                                                                                                        | <b>41</b> |
| <b>Rio das Flores .....</b>                                                                                                       | <b>42</b> |
| <b>Belmiro Braga.....</b>                                                                                                         | <b>43</b> |
| <b>Mendes .....</b>                                                                                                               | <b>44</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                 | <b>45</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                          | <b>47</b> |
| <b>ANEXO:Artigo Artigo submetido :Além Paraíba Mylonite as a Heritage Stone of the Paraíba Valley,Rio de Janeiro,Brazil .....</b> | <b>51</b> |

## INTRODUÇÃO

A geodiversidade pode ser entendida como a riqueza de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que formam as paisagens, minerais, rochas, fósseis, solos e outros depósitos superficiais. Entre os valores a ela atribuídos, destacam-se o valor cultural, associado aos aspectos históricos e arqueológicos, e o valor intrínseco, relacionado à importância da geodiversidade em si mesma (Brilha, 2016).

A geoconservação, por sua vez, não se restringe à proteção dos elementos geológicos, mas reconhece o valor intrínseco da geodiversidade enquanto registro da história natural da Terra. O planeta conserva a memória do seu passado nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, testemunhos materiais que podem ser lidos e interpretados (Digne, 1991). Conforme destacam Del Lama e Dehira (2022), as rochas que compõem os monumentos históricos representam pequenas janelas da história da Terra, e seu conhecimento é fundamental para a conservação desse patrimônio. Esse entendimento levou à criação do termo Pedra do Patrimônio.

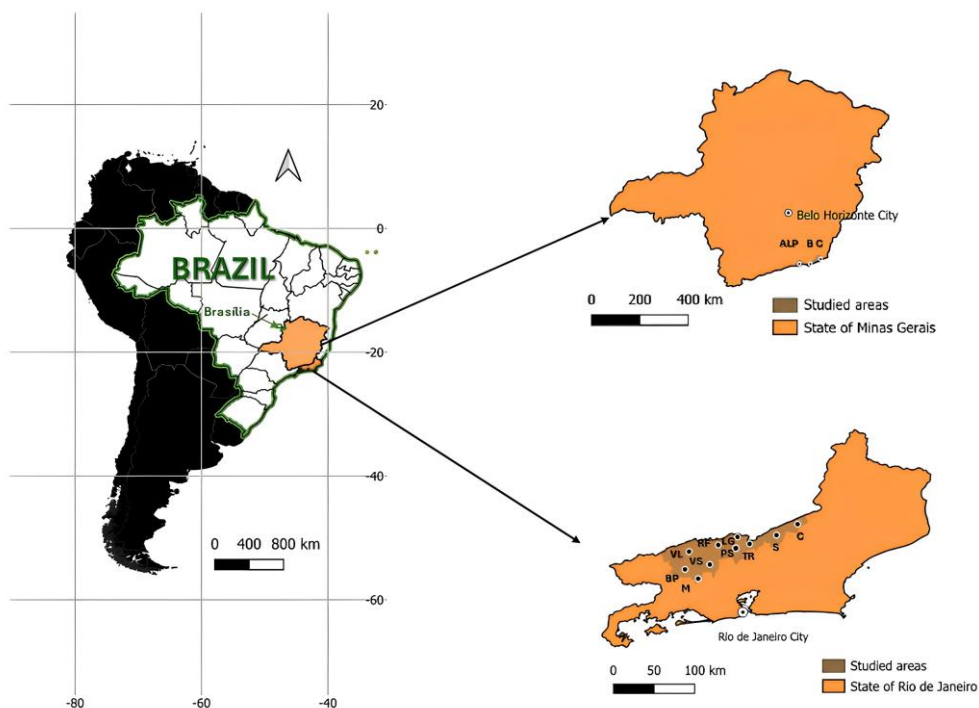
A *International Union of Geological Sciences* (IUGS), por meio da Comissão Internacional de Geopatrimônio, define as Pedras do Patrimônio como rochas naturais empregadas em arquitetura e monumentos de relevância, reconhecidas como elementos essenciais da cultura humana (Castro *et al.*, 2023). O reconhecimento oficial da importância cultural das pedras ocorreu com a criação da Subcomissão de Pedra do Patrimônio, que estabeleceu diretrizes para a identificação e valorização desses materiais. O protocolo inicial, denominado “Recurso de Pedra do Patrimônio Mundial”, foi implementado em 2013 (Cooper *et al.*, 2013; Marker, 2015). A subcomissão de Pedras do Patrimônio (HSS) destaca que as Pedras do Patrimônio contribuem para o entendimento da evolução dos métodos construtivos, da arte e das técnicas desde períodos antigos até os dias atuais. Segundo critérios revisados e aprovados em 2022, até setembro de 2024, a IUGS havia reconhecido oficialmente 55 Pedras do Patrimônio (Ehling *et al.*, 2024). No contexto brasileiro, o Gnaiss Facoidal foi a primeira rocha a receber essa denominação (Castro *et al.*, 2021). Trata-se de uma rocha metamórfica de grande relevância histórica, cuja resistência ao intemperismo foi determinante para a manutenção dos formatos atuais do Pão de Açúcar e do Corcovado (Mansur *et al.* 2008).

Até o momento apenas duas Pedras do Patrimônio foram reconhecidas no Brasil o que evidencia sua sub-representação no Brasil, país de dimensões continentais cuja colonização portuguesa trouxe a tradição da construção com pedras (Brandão & Furtado, 2020). Apenas o estado do

Rio de Janeiro possui uma área equivalente à quase metade do território português, que já conta com três Pedras do Patrimônio reconhecidas, o que ressalta o vasto potencial geológico brasileiro para o reconhecimento internacional de Pedras do Patrimônio, um potencial ainda pouco explorado, ilustrando o quanto o Brasil pode contribuir para o cenário internacional de geodiversidade e patrimônio cultural.

O Vale do Paraíba (Figura 1) destacou-se como primeira região cafeeira do Brasil, desempenhando papel fundamental na consolidação da economia escravista durante o século XIX. Desde o final do século XVIII, o cultivo do café se expandiu rapidamente pelo vale situado entre o Rio de Janeiro e São Paulo, impulsionado pela crescente demanda internacional. Tal prosperidade foi sustentada pelo uso intensivo da mão de obra escravizada, inserindo a região no contexto da chamada “segunda escravidão”, marcada pelo fortalecimento e transformação do regime escravista no Atlântico no século XIX (Marquese, 2010).

Nas primeiras décadas do século XIX, o Vale do Paraíba passou por profundas transformações espaciais, com o surgimento de fazendas e unidades de produção agrícola na Serra Fluminense, voltadas sobretudo ao abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. Esse processo inseriu a região em uma rede de integração econômica no Centro-Sul, conectando as capitanias de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. A expansão foi viabilizada pela aplicação do capital acumulado nos circuitos comerciais, como o tráfico transatlântico de africanos escravizados em empreendimentos agrícolas, além da lavoura cafeeira, que se desenvolveu entre 1820 e 1840 por meio do uso intensivo de mão de obra escravizada e de baixo custo. Entretanto, essa reconfiguração territorial não ocorreu de maneira espontânea; ela se deu em meio a conflitos e resistências, sobretudo com as populações indígenas que há séculos habitavam os sertões fluminenses e que foram os primeiros agentes a impor limites à apropriação das terras pelos luso-brasileiros (Alvarenga, 2019).

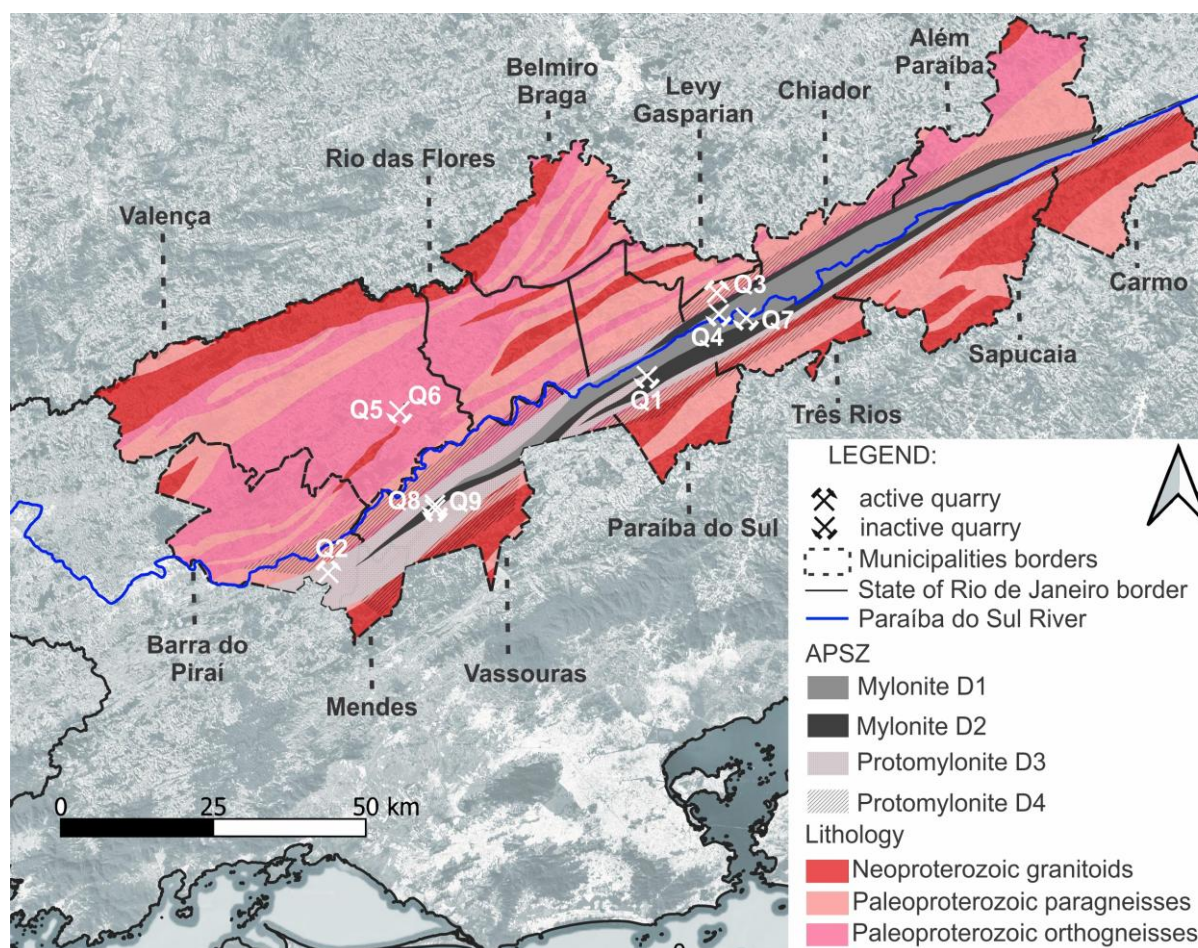


**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. Legenda: municípios do estado de Minas Gerais-ALP: Além Paraíba; B: Belmiro Braga; C: Chiador. Municípios do estado do Rio de Janeiro- C: Carmo; S: Sapucaia; TR: Três Rios; PS: Paraíba do Sul; VS: Vassouras; M: Mendes; BP: Barra do Piraí; VL: Valença; RF: Rio das Flores; LG: Comendador Levy Gasparian.

Geologicamente, a região está inserida na Zona de Cisalhamento Além Paraíba, originada da colisão que deu origem ao Paleocintente Gondwana, responsável pela formação do Milonito Além Paraíba, e compreende o Complexo Paraíba do Sul (Valladares et al., 2009), composto por biotita gnaiss bandado (neste artigo denominado apenas de “ortognaisses”), com intercalações de silimanita-granada-muscovita-biotita xisto associados a lentes de mármore e rochas calcissilicáticas (aqui denominado de “paragnaisse”). A Zona de Cisalhamento Além Paraíba (Figura 2) tem orientação nordeste-sudoeste, apresentando uma largura de cerca de cinco quilômetros. Essa faixa vai ficando cada vez mais estreita para o oeste até que os milonitos deixem de aflorar próximo à cidade de Vassouras (Giraldo *et al.*, 2019). Essa rocha foi amplamente utilizada nas construções históricas locais, uma vez que o transporte de outras regiões era inviável no século XIX. Assim, o milonito tornou-se o principal recurso disponível e economicamente acessível, adquirindo um papel central na materialidade do patrimônio edificado do Vale.

Entre as décadas de 1830 e 1860, o Vale viveu seu auge econômico e social, reunindo algumas

das fazendas mais prósperas do país. Os grandes proprietários tornaram-se uma elite poderosa, com influência econômica e política que ultrapassava os limites regionais e alcançava a Corte imperial. As fazendas, portanto, não eram apenas centros de produção, mas também símbolos materiais do poder dos senhores de terra, formando paisagens sociais construídas para legitimar a ordem escravista (Marquese, 2010).



**Figura 2.** Mapa da área de estudo, mostrando a distribuição das unidades litológicas e das pedreiras, na escala 1:15.000. Modificado a partir do Mapa Geológico do estado do Rio de Janeiro (Heilbron *et al* 2016) e de (Giraldo *et al* 2019).

O ciclo do café entrou em declínio no Vale devido ao esgotamento dos solos e à expansão da cafeicultura para áreas mais férteis, como o oeste paulista, na segunda metade do século XIX. Ainda assim, o Vale do Paraíba manteve-se como um referencial histórico do apogeu da economia cafeeira e da profunda relação entre o café, a escravidão e as estruturas políticas do Império (Marquese, 2010). Embora o Vale do Paraíba tenha perdido seu protagonismo econômico a partir desse período, a região ainda carrega as marcas materiais e simbólicas de seu passado escravista. Essa herança rendeu-lhe, já no século XX, a denominação turística de

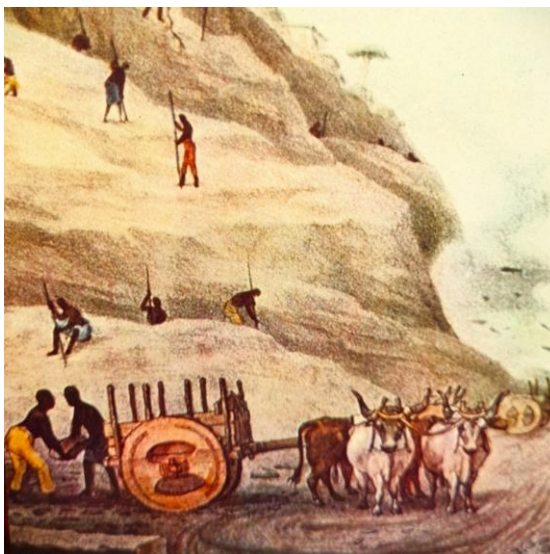
Vale do Café, em alusão a uma época em que chegou a produzir cerca de 75% do café consumido mundialmente.

A predominância do uso do termo Vale do Café em relação ao termo Vale do Paraíba Fluminense revela uma problemática ligada à construção de representações sociais e identitárias da região. A designação Vale do Café foi reconhecida por meio de políticas públicas de turismo articuladas por agentes econômicos e políticos, passando a assumir uma representação idealizada e legitimadora de uma suposta identidade regional. Essa denominação passou a privilegiar o período histórico da economia cafeeira e os símbolos associados à elite senhorial do século XIX, reduzindo a complexidade histórica e geográfica do Vale do Paraíba Fluminense (Muaze, 2010; Barros, 2018).

Em 1871, no mesmo dia da inauguração da Estação de Porto Novo, foi também lançada a primeira pedra de uma ponte de grande importância sobre o rio Paraíba, projetada para facilitar o acesso dos produtos agrícolas provenientes da margem direita até a estação, eliminando a necessidade de pagamento da onerosa taxa cobrada pela barca então existente. A obra, cujas fundações atingiram considerável profundidade, enfrentou dificuldades em razão das frequentes enchentes do Paraíba, embora se previsse sua conclusão em aproximadamente cinco meses (Brasil, 1872).

Embora a Companhia União Indústria fosse legalmente proibida de utilizar ou empregar escravos (Figura 3) na construção da ferrovia, há diversas evidências da participação indireta de mão de obra escravizada, seja pelo sistema de empreitada, seja pelo aluguel de trabalhadores pertencentes a fazendeiros da região (Cristofaro, 2016).

Fatores históricos, disponibilidade do material e as técnicas construtivas adotadas na época influenciaram diretamente o uso do milonito em obras arquitetônicas. Além disso, as condições geológicas locais do Vale, marcadas pela presença de extensos afloramentos de milonito e por uma geologia favorável à extração e ao aproveitamento desse tipo de rocha, facilitaram sua utilização como material de construção, tornando-o abundante e de fácil acesso para os construtores da região.



**Figura 3.**Extração da rocha na cidade do Rio de Janeiro (Debret,1926).

## **OBJETIVO**

Demonstrar a importância do Milonito Além Paraíba elemento do patrimônio geológico e cultural do Vale do Paraíba Fluminense, subsidiando sua proposta como Pedra Patrimônio regional e contribuindo para estratégias de geoconservação e valorização da geodiversidade.

Objetivos Específicos:

- Demonstrar a relevância geológica do milonito Além Paraíba no contexto do Vale do Paraíba Fluminense.
- Avaliar a contribuição do milonito Além Paraíba para o patrimônio arquitetônico e a identidade cultural regional.
- Analisar a importância histórica das atividades de extração e utilização dessa rocha ao longo do desenvolvimento regional.
- Avaliar o potencial tecnológico do milonito Além Paraíba como material de construção.
- Discutir seu enquadramento como Pedra Patrimônio com base em seus valores geológicos, históricos, culturais e sociais

## **METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste estudo consistiu na identificação do uso do milonito Além Paraíba em construções históricas de cidades do Vale Fluminense do Paraíba do Sul, associada a um levantamento histórico e geológico da região. Foram realizadas visitas de campo com o objetivo de reconhecer a presença dessa rocha em elementos arquitetônicos, bem como registrar fotograficamente suas formas de uso, estado de conservação e contexto urbano. As informações obtidas durante os trabalhos de campo foram sistematizadas e compiladas em conjunto com dados provenientes da literatura específica.

O contexto geológico regional foi estabelecido a partir de uma revisão da literatura existente, permitindo a caracterização da Zona de Cisalhamento Além Paraíba e de sua relação com a ocorrência do milonito estudado. Paralelamente, foram identificadas e mapeadas as pedreiras associadas ao milonito Além Paraíba, incluindo áreas ativas e inativas, por meio da consulta a bases de dados oficiais, registros institucionais e interpretação de imagens de satélite. As informações obtidas foram complementadas por registros históricos provenientes do Instituto Estadual do Patrimônio Cultural do Rio de Janeiro (INEPAC) e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

A caracterização tecnológica foi realizada a partir de blocos representativos das variedades ortognaisse e paragnaisse do milonito Além Paraíba (Figura 4), coletados em afloramento de corte de estrada, localizado nas coordenadas 22°19'34.2"S e 43°32'10.0"W (WGS84). Os ensaios laboratoriais foram conduzidos no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI), seguindo as normas técnicas vigentes, incluindo a ABNT NBR 15845, bem como normas internacionais EN e ISO. A densidade aparente, a porosidade aparente e a absorção de água à pressão atmosférica foram determinadas em 10 corpos de prova cúbicos (50 a 70 mm), seguindo a norma (ABNT, 2015a). Os mesmos corpos de prova foram utilizados para medir a absorção de água por capilaridade, conforme a EN 1925 (NP, 2000), a absorção de água pelo método da esponja de contato, conforme a EN 17655 (BSI, 2022), e as propriedades de secagem, de acordo com a EN 16322 (BSI, 2013).



**Figura 4.** Blocos de paragnaisse e ortognaisse milonítico utilizados nos ensaios tecnológicos

A resistência à compressão foi determinada apenas em oito cubos (70 mm), sendo quatro em condição seca e quatro em condição saturada, para a variedade ortognáissica, com carregamento perpendicular à foliação, seguindo os procedimentos da norma NBR 15845-5 (ABNT, 2015b). Para o módulo de ruptura, foram ensaiados quatro corpos de prova secos (20 cm × 10 cm × 5 cm) e quatro saturados do ortognaisse, além de cinco corpos de prova secos e quatro saturados do paragnaisse, todos submetidos a carregamento perpendicular à foliação, conforme a NBR 15845-6 (ABNT, 2015c).

A resistência à flexão foi medida com carregamento perpendicular à foliação em cinco corpos de prova secos (40 cm × 10 cm × 4 cm) e quatro saturados de ambas as variedades de milonito, seguindo a norma NBR 15845-7 (ABNT, 2015d).

O ensaio de impacto de corpo duro foi realizado apenas em três corpos de prova de 20 cm × 20 cm × 3 cm do milonito ortognáissico, de acordo com a NBR 15845-8 (ABNT, 2015e).

Adicionalmente, foram realizadas 40 leituras de dureza Leeb em cada uma de 10 superfícies serradas e 10 superfícies fraturadas, utilizando um equipamento **Proceq Equotip 3** com sonda tipo D. Os parâmetros de cor **CIELab\*** foram medidos em 15 pontos selecionados aleatoriamente nessas mesmas superfícies, utilizando um espectrofotômetro **BYK-Gardner Spectroguide**, com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A Zona de Cisalhamento da Porção Sul do Alto Paraíba (ZCAP) tem orientação de nordeste-sudoeste (NNE-SSW) e, na região de Três Rios, apresenta uma largura de cerca de cinco quilômetros. Essa faixa vai ficando cada vez mais estreita para o oeste até que os milonitos deixem de aflorar próximo à cidade de Vassouras (Giraldo *et al.*, 2019). Os milonitos são rochas formadas por intensa deformação, que ocorre devido ao movimento das placas tectônicas, tornando seus minerais alongados e bem alinhados. Essas rochas são originadas de diferentes tipos de rocha-mãe (protólitos), como ortognaisses e paragnaisses (rochas metamórficas com composição variada), granulitos máficos (rochas de alta temperatura e baixo teor de sílica) e anfibolitos (rochas metamórficas ricas em anfibólio).

A estrutura interna dos milonitos apresenta uma foliação milonítica subvertical, ou seja, camadas formadas pela deformação ficam quase perpendiculares ao solo. Além disso, existe uma marcante lineação de estiramento sub-horizontal, que significa que os minerais se alinham horizontalmente, indicando a direção do movimento das rochas durante a deformação. Estudos termobarométricos, que analisam temperatura e pressão durante o processo de formação das rochas, mostram que elas se formaram em temperaturas entre  $562\pm 38^{\circ}\text{C}$  e  $714\pm 23^{\circ}\text{C}$ , sob pressões de  $4,3\pm 1,1$  kbar a  $7,1\pm 0,8$  kbar. Esses valores indicam que os milonitos pertencem à chamada fácies de anfibolito, que é um conjunto de condições de metamorfismo intermediário. Análises de idade feitas pelo método U-Pb em zircão (um mineral comum em rochas metamórficas) mostram que os ortognaisses se cristalizaram há cerca de  $2.134\pm 27$  milhões de anos. Houve um evento de metamorfismo, responsável pela formação dos milonitos, entre 595 e 590 milhões de anos atrás (Giraldo *et al.*, 2019), reforçando a importância científica dessas rochas para entender a história geológica da região.

O milonito de Além Paraíba constitui uma rocha singular e representativa do patrimônio geológico e cultural do Vale do Paraíba Fluminense. Presente em municípios dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, o milonito ultrapassa limites administrativos ao expressar vínculos históricos, geográficos e culturais com o Vale do Paraíba Fluminense.

Sua denominação como “Pedra do Patrimônio Vale do Paraíba Fluminense” busca reconhecer essa continuidade territorial e valorizar a geodiversidade como parte integrante da memória coletiva e da identidade regional.

A rocha chama atenção por sua estética singular, marcada por uma textura foliada evidente e contrastes de cor que variam do cinza-claro ao cinza-escuro. A presença de porfiroclastos de

feldspato e quartzo, geralmente em tons esbranquiçados ou amarelados, se destaca sobre a matriz mais clara, enquanto minerais máficos conferem nuances mais escuras, que vão do marrom ao verde-escuro. Em alguns casos, pode-se observar uma leve coloração avermelhada na superfície devido à oxidação, que adiciona ainda mais riqueza visual à rocha. O resultado é uma aparência heterogênea, repleta de detalhes, o que contribui para o valor histórico e cultural do milonito nas construções da região.

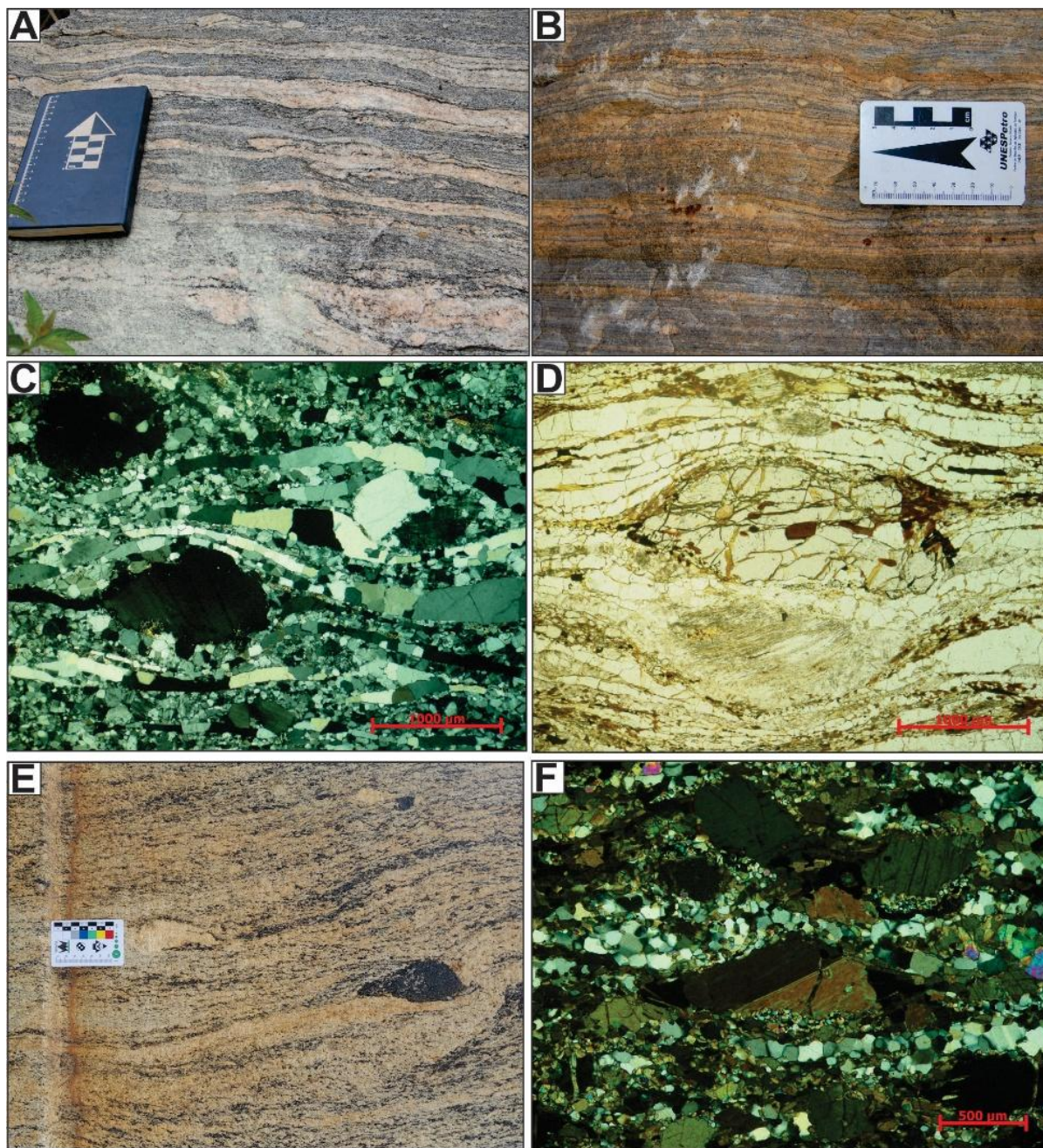
A variabilidade natural dos milonitos da ZCAP reflete a diversidade de protólitos envolvidos no cisalhamento e as distintas condições metamórficas durante sua evolução. Três tipos principais de milonitos foram identificados: (Figura 5.A) milonitos ortognaissicos, derivados de ortognaisses graníticos e migmatitos, compostos essencialmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e granada; (Figura 5.B) milonitos paragnaissicos, originados de paragnaisses granada-sillimanita, contendo quartzo, feldspatos, biotita, granada e sillimanita, com textura bandada e recristalização intensa de quartzo e feldspato; e (Figura 5.C) milonitos de granulitos máficos, caracterizados por plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênio, anfibólio e granada, com feições de reequilíbrio em fácies anfibolito. Essa variabilidade demonstra que a formação dos milonitos na ZCAP não está associada a uma composição mineral única, mas sim ao reprocessamento de diferentes litologias de médio a alto grau metamórfico, submetidas a deformação dúctil sob temperaturas entre ~600 e 700 °C (Giraldo *et al.*, 2019).

Além disso, fatores como o grau de foliação, a abundância e o tamanho dos minerais, bem como alterações superficiais como a oxidação, também influenciam a estética e o potencial de uso do milonito. Essas variações naturais são fundamentais na escolha do material para fins ornamentais, restauro de patrimônio histórico ou uso em novas construções, pois determinam tanto a beleza quanto a adequação técnica da rocha.

Portanto, o milonito de melhor desempenho e valor estético resulta de combinações particulares de protólito, intensidade de deformação e grau de metamorfismo. Essa diversidade é parte central da identidade do milonito como “Pedra Patrimônio do Vale do Paraíba Fluminense”, agregando valor histórico, cultural e científico à rocha e reforçando sua ligação com o território e a memória regional.

A petrografia dos milonitos da ZCAP evidencia feições típicas de deformação dúctil em condições de médio a alto grau metamórfico. Os ortognaisses (Figura 5.D) e paragnaisses (Figura 5.E) miloníticos apresentam textura bandada, com intercalações de bandas félsicas e máficas, compostas por quartzo, feldspatos (K-feldspato e plagioclásio), biotita e granada, além da presença de sillimanita. O quartzo encontra-se totalmente recristalizado por migração de contornos de grão, formando fitas alongadas, enquanto o plagioclásio exibe geminação

polissintética curvada e recristalização nas bordas. O K-feldspato ocorre em porfiroclastos alongados, frequentemente com extinção ondulante e recristalização poligonal. Nos milonitos de granulitos máficos (Figura 5.E e F), observam-se porfiroclastos alongados de ortopiroxênio e clinopiroxênio, além de anfibólios do grupo da hornblenda, todos com evidências de extinção ondulante e recristalização marginal. A matriz fina é composta por quartzo e feldspatos recristalizados, que sustentam a foliação milonítica penetrativa. Essas microestruturas, aliadas à presença de fitas de quartzo e clastos assimétricos de feldspato, indicam condições de deformação dúctil em fácies anfibolito, com temperaturas em torno de 600–700 °C (Giraldo *et al.*, 2019).



**Figura 5.** Petrografia das rochas miloníticas (Giraldo et al 2019). A. Ortognaaisse milonítico em afloramento. B. Paragnaaisse milonítico em afloramento. C. Fotomicrografia de ortognaaisse milonítico mostrando porfiroclastos de feldspato que desviam a foliação, marcadas por fitas de quartzo e contatos poligonais entre os grãos da matriz. D. Fotomicrografia de paragnaaisse granada-sillimanita mostrando porfiroclastos de granada com até três centímetros de diâmetro, apresentando sombras de pressão. E. Afloramento de milonito de granulito máfico. Fotomicrografia de milonito de granulito máfico mostrando porfiroclastos alongados de ortopiroxênio e clinopiroxênio, associados a anfibólios do grupo da hornblenda.

## CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

A tabela 1 apresenta as características do Milonito Além Paraíba que não é mais explorado nem comercializado. Assim, blocos de ortognaisse e paragnaisse miloníticos foram extraídos manualmente de afloramentos e cortados em corpos de prova. A foliação milonítica levemente redobrada em dobras suaves limitaram a obtenção de amostras através da técnica manual. Foram realizados ensaios de densidade aparente, porosidade e absorção de água (10 cubos), além de testes de capilaridade, absorção por esponja de contato e secagem. A resistência à compressão foi medida em oito cubos do ortognaisse (secos e saturados), e o módulo de ruptura e a resistência à flexão foram avaliados em amostras de ambas as variedades, sempre com carga perpendicular à foliação. O ensaio de impacto foi feito apenas no ortognaisse. Também foram obtidas leituras de dureza Leeb e parâmetros de cor CIEL  $a^*b^*$  em superfícies serradas e fraturadas. Apesar de algumas limitações no número de amostras, sobretudo no paragnaisse alterado, os resultados demonstram a qualidade da rocha para uso construtivo.

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ORTOGNAISSE MILONITICO

O ortognaisse milonítico é uma rocha de baixa porosidade e absorção de água (**NBR 15845-2:2015**) e alta resistência mecânica. Apresenta resistência à compressão de entre 95 e 140 MPa (**NBR 15845-5:2015**) com os menores valores no sentido paralelo à foliação. O módulo de ruptura (**NBR 15845-6:2015**) e a resistência à flexão (**NBR 15845-7:2015**), com a carga aplicada perpendicularmente à foliação, é de 7 MPa e 10 MPa, respectivamente. Trata-se de uma rocha muito resistente ao impacto de corpo duro (**NBR 15845-8:2015**), com média de altura de ruptura de 0,83 m e ao desgaste abrasivo (**EN 14517:2004**, método Capon) com largura da marca de 16 mm, e apresenta alta dureza superficial Leeb, de em torno de 840 HLD (**ISO 16859 – 1, 2015**). Quanto a propriedades importantes para a conservação das Pedras do Patrimônio, o Milonito Além Paraíba, ortognaisse, tem bom comportamento frente à umidade com 1,20 g.m<sup>2</sup>/√s (paralelo à foliação) e 1,40 g.m<sup>2</sup>/√s (perpendicular à foliação) de absorção de água por capilaridade (**EN 1925:2000**), 1,20 a 4,60 mg/cm<sup>2</sup>.min de absorção de água pelo método da esponja de contato (**EN 17622:2022**) sem haver diferença significativa em função do sentido da foliação, e um índice de secagem (**EN 16322:2013**) de 0,21 perpendicularmente à foliação e de 0,17 paralelamente à foliação. Quanto aos parâmetros colorimétricos CIEL  $a^*b^*$  (**EN 15886: 2010**), a rocha sã é, predominantemente, cinza, com intervalos de L\* [60,51 a 71,48],  $a^*$  [-0,81 a 0,28] e  $b^*$  [-1,69 a 1,14] tornando-se mais clara e amarelada com a exposição

ambiental:  $L^*$  [39,08 a 57,59],  $a^*$  [-0,39 a 2,92] e  $b^*$  [-0,69 a 8,71]. Pode se concluir que a variedade ortognaisse do Milonito Além Paraíba tem excelentes características como material de construção, sendo muito resistente mecanicamente e apresentando muito boas propriedades hidráulicas o que garante sua durabilidade.

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO PARAGNAISSE MILONITICO

O paragnaisse milonítico apresenta porosidade e absorção de água superiores às do ortognaisse (NBR 15845-2:2015), refletindo sua estrutura mais heterogênea e maior presença de minerais micáceos. Sua resistência mecânica é moderada, com módulo de ruptura entre 4 e 7 MPa e resistência à flexão variando de 3,5 a 6,5 MPa (NBR 15845-6 e 15845-7:2015), sempre com desempenho inferior quando saturado e com a carga aplicada perpendicularmente à foliação. Embora menos resistente ao impacto e ao desgaste que o ortognaisse, o paragnaisse apresenta dureza superficial Leeb em torno de 680 HLD (ISO 16859-1:2015), compatível com rochas metamórficas de granulação fina.

Do ponto de vista das propriedades relacionadas à conservação, o paragnaisse mostra capilaridade elevada, com valores entre 11,9 e 13,0  $\text{g}\cdot\text{m}^2/\sqrt{\text{s}}$  (EN 1925:2000), e absorção de água pelo método da esponja de contato entre 3,0 e 7,0  $\text{mg}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$  (EN 17622:2022), indicando maior suscetibilidade à umidade. O índice de secagem (EN 16322:2013) situa-se entre 0,25 e 0,27, revelando secagem mais lenta em comparação ao ortognaisse. Quanto aos parâmetros colorimétricos CIELab\* (EN 15886:2010), a rocha apresenta tonalidades mais quentes e amareladas, com  $L^*$  entre 55 e 70,  $a^*$  entre 0 e 3 e  $b^*$  entre 2 e 9, tornando-se ainda mais amarelada com o intemperismo.

Conclui-se que o paragnaisse milonítico do Além Paraíba, embora menos resistente e mais poroso que a variedade ortognaissica, possui boa estabilidade para usos não estruturais e apresenta características estéticas marcantes, podendo ser empregado com sucesso em aplicações decorativas e em elementos de menor solicitação mecânica.

| PROPERTY                                   | MYLONITIC<br>ORTHOGNEISS                    | MYLONITIC PARAGNEISS                          |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Apparent density                           | 2639 ± 37 kg/m <sup>3</sup>                 | 2573 ± 24 kg/m <sup>3</sup>                   |
| Apparent porosity                          | 0, 61 ± 0, 11%                              | 2, 60 ± 0, 79%                                |
| Water absorption                           | 0, 23 ± 0, 04%                              | 1, 01 ± 0, 31%                                |
| Uniaxial compression strenght<br>(⊥)       | 124, 42 ± 24, 04 MPa (Dry)                  | -                                             |
|                                            | 113, 31 ± 22, 14 MPa                        | -                                             |
|                                            | (Saturated)                                 | -                                             |
| Modulus of rupture (⊥)                     | 9, 61 ± 2, 62 MPa (Dry)                     | 6, 90 ± 2, 27 MPa (Dry)                       |
|                                            | 8, 81 ± 2, 36 MPa (Saturated)               | 4, 65 ± 2, 05 MPa (Saturated)                 |
| Flexural strenght (⊥)                      | 6, 76 ± 0, 81 MPa (Dry)                     | 6, 67 ± 1, 42 MPa (Dry)                       |
|                                            | 5, 13 ± 0, 83 MPa (Saturated)               | 3, 62 ± 0, 81 MPa (Saturated)                 |
| Hard body impact                           | 0, 83 ± 0, 08 m / 8 ± 0, 7 J                | -                                             |
| Water absorption by capillarity            | ( C1; ⊥) 1, 22 ± 0, 99 g.m <sup>2</sup> /√s | ( C1; ⊥) 11, 91 ± 5, 20 g.m <sup>2</sup> /√s  |
|                                            | (C2: II) 1, 40 ± 0, 30 g.m <sup>2</sup> /√s | (C2: II) 12, 98 ± 17, 70 g.m <sup>2</sup> /√s |
|                                            | ( ⊥) 1, 93 ± 0, 90                          | ( ⊥) 6, 45 ± 4, 19                            |
| Water absorption by the contact<br>spounge | (mg/cm <sup>2</sup> .min)                   | (mg/cm <sup>2</sup> .min)                     |
|                                            | (II) 1, 69 ± 0, 45                          | (II) 10, 15 ± 7, 03                           |
|                                            | (mg/cm <sup>2</sup> .min)                   | (mg/cm <sup>2</sup> .min)                     |
| Drying Index                               | ( DI; ⊥) 0, 21 ± 0, 03                      | ( DI; ⊥) 0, 25 ± 0, 03                        |
|                                            | (DI: II) 0, 17 ± 0, 02                      | (DI: II) 0, 27 ± 0, 02                        |
| Leeb hardness                              | 838 ± 48 HLD (sawn)                         | 680 ± 79 HLD (sawn)                           |
|                                            | 436 ± 143 HLD (split)                       | 540 ± 42 HLD (split)                          |
| Colour measurement                         | L* [60, 51 a 71, 48]                        | L* [64, 09 a 67, 39]                          |
|                                            | (sawn)                                      | (sawn)                                        |
|                                            | L* [39, 08 a 57, 59]                        | L* [42, 16 a 58, 67]                          |
|                                            | (split)                                     | (split)                                       |
|                                            | a* [-0, 81 a 0, 28]                         | a* 0, 29 a 2, 81] (sawn)                      |
|                                            | (sawn)                                      |                                               |
|                                            | a* [-0, 39 a 2, 92] (split)                 | a* [1, 80 a 5, 31] (split)                    |
|                                            | b* [-1, 69 a 1, 14] (sawn)                  | b* [7, 96 a 14, 88]                           |
|                                            |                                             | (sawn)                                        |
|                                            | b* [-0, 69 a 8, 71] (split)                 | b* [12, 54 a 20, 73]                          |
|                                            |                                             | (split)                                       |

**Tabela 1** – Resultado dos testes de caracterização tecnológica do Miloito Além Paraíba

## LOCALIZAÇÃO DAS PEDREIRAS

Nove pedreiras (Q1–Q9) foram identificadas na área de estudo, distribuídas nos municípios de Paraíba do Sul (Q1), Barra do Pirai (Q2), Três Rios (Q3, Q4 e Q7), Valença (Q5 e Q6) e Vassouras (Q8 e Q9). Atualmente, apenas as pedreiras Maracanã (Q2) e Argamil (Q3) estão ativas, produzindo agregados (Tabela 2; Figura.2- Mapa geológico).

| Pedreira                  | ID | COORDENADAS    |                |
|---------------------------|----|----------------|----------------|
| Pedreira Inema            | Q1 | 22°12'0.90" S  | 43°18'45.79" W |
| Maracanã                  | Q2 | 22°29'41.14" S | 43°48'36.44" W |
| Pedreira Argamil          | Q3 | 22°4'37.60" S  | 43°12'11.58" W |
| Pedreira São Sebastião    | Q4 | 22°6'21.81" S  | 43°12'2.79" W  |
| Pedreira Velha de Valença | Q5 | 22°15'24.63" S | 43°42'19.58" W |
| Valença 1980's            | Q6 | 22°14'23.85" S | 43°41'6.19" W  |
| Pedreira do Alemão        | Q7 | 22°6'48.77" S  | 43°9'23.59" W  |
| Vassouras (1)             | Q8 | 22°24'35.70" S | 43°39'40.80" W |
| Vassouras (2)             | Q9 | 22°24'42.10" S | 43°39'35.70" W |

**Tabela 2.** Inventário e distribuição geográfica das nove pedreiras identificadas (Q1-Q9) na área de estudo

As pedreiras inativas Q1 (INEMA), Q4 (São Sebastião) e Q7 (Alemão) possuem elevada relevância para a conservação do patrimônio geológico. Esses locais situam-se próximos ao limite entre os domínios estruturais D1 e D2 da Zona de Cisalhamento Além Paraíba e expõem litotipos que variam de milonitos intensamente deformados a moderadamente deformados.

A Pedreira São Sebastião (Q4) foi aberta em 1979 e encerrou suas atividades em 2013. A cava da pedreira foi inundada, formando um lago; além de seu valor geológico, o local foi declarado área de interesse paisagístico (Três Rios, 2013).

A Pedreira Alemão (Q7) também inclui litologias associadas ao Complexo Juiz de Fora e vem

sendo utilizada regularmente em atividades de campo de cursos de graduação em Geologia desde a década de 1990, reforçando sua importância científica e educacional.

No município de Vassouras reconhecido como Paisagem Cultural e Patrimônio Urbanístico Nacional e situado no domínio estrutural D2, caracterizado por rochas miloníticas intensamente deformadas, documentos históricos indicam a existência de uma pedreira específica (Q8). Esse sítio, localizado em frente à Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, na praça principal da cidade, foi “explorado por um longo período para obras públicas e das irmandades religiosas” e atualmente encontra-se encoberto por aterro.

Uma outra pedreira (Q9) foi identificada dentro do perímetro urbano, no antigo Bairro da Pedreira, próximo ao local anteriormente conhecido como Largo da Forca, onde se localizava o pelourinho destinado à aplicação de punições corporais. Atualmente, o local abriga o Memorial Manoel Congo, erguido em homenagem ao africano enforcado ali em 1839, por ter sido um dos principais líderes de uma importante revolta de trabalhadores escravizados das fazendas cafeeiras da região.

As pedreiras ativas Maracanã (Q2) e Argamil (Q3) representam diferentes domínios estruturais da zona de cisalhamento. A Pedreira Maracanã está situada no domínio estrutural D3, enquanto a Pedreira Argamil localiza-se no domínio estrutural D4, ambas expondo rochas protomiloníticas que variam de fácies moderadamente deformadas a fracamente deformadas.

As pedreiras Q5 e Q6, localizadas no município de Valença, encontram-se fora do eixo principal da zona de cisalhamento, mas são representativas dos ortognaisses hornblenda-biotita do Complexo Quirino, que apresentam fraca deformação relacionada à Zona de Cisalhamento Além Paraíba (ZCAP). Esses sítios possuem expressivo valor histórico, uma vez que a pedra utilizada na construção de monumentos do século XIX em Valença foi extraída da Pedreira Q5. A Pedreira Q5 foi desativada durante a década de 1920, quando a extração passou a ser realizada na Pedreira Q6, que permaneceu em atividade até a década de 1980. Atualmente, não há registro de pedreiras ativas no município.

## **USO DO MILONITO NO VALE DO PARAÍBA FLUMINENSE**

No Vale, o milonito foi utilizado em diversas obras históricas. Sua abundância na região facilitou o acesso e o uso por construtores locais, estando presente em infraestruturas, calçamentos e edificações históricas reconhecidas como patrimônio cultural a nível nacional e estadual, como o centro histórico de Vassouras. A patrimonização da arquitetura do Vale do Café tem estimulado o turismo cultural, a pesquisa e a educação, fortalecendo o sentimento de pertencimento dos habitantes e incentivando a conservação das raízes culturais e naturais da região.

Além do aspecto prático, o milonito representa um importante elo entre o contexto geológico local e o desenvolvimento urbano.

Portanto, o impacto social e cultural do milonito vai além de sua função prática na construção civil, tornando-se elemento fundamental para a compreensão e valorização da história, cultura e geodiversidade da região.

A seguir, apresentam-se alguns dos exemplos de utilização do Milonito Além Paraíba, encontrados durante esta pesquisa, na região do Vale do Paraíba fluminense e arredores, incluindo cidades hoje pertencentes ao estado de Minas Gerais.

## Paraíba do Sul

As edificações históricas de Paraíba do Sul ilustram não apenas a riqueza arquitetônica do município, mas também a versatilidade do milonito como material construtivo, evidenciando sua relevância no contexto patrimonial local. O milonito foi utilizado em diversos monumentos emblemáticos.

A Igreja Matriz São Pedro e São Paulo (Figura 6), fundada em 1860, exibe pilares com texturas de fusão parcial.



**Figura 6.** Igreja Matriz São Pedro e São Paulo

O Palacete Barão Ribeiro de Sá (Figura 7), atual sede da Prefeitura Municipal, construído em 1886, apresenta a utilização de milonito como material litológico nas colunas e na escadaria. As janelas no Palácio de Tiradentes (1868) atual sede da Câmara de Vereadores, exibem foliação milonítica. (Figura 8).



**Figura 7.**Palacete Barão Ribeiro de Sá (sede da prefeitura)

A Igreja do Rosário (Figura 9), construída entre 1854 e 1860 apresenta portais feitos de milonito com evidências de fusão parcial, o que indica que a rocha foi escolhida por seu aspecto estético. A Fazenda São Fideliz, datada de 1847, apresenta o milonito na escadaria (Figura 10) e no canteiro.

A Ponte da Parahyba, também conhecida como Ponte Velha (Figura 11), idealizada pelo Barão de Mauá, teve a cobrança do primeiro pedágio do Brasil entre os anos de 1857 e 1889. Sua estrutura tem a presença do milonito na base. Atualmente tombada pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC), a estrutura foi construída com enormes blocos de dimensões métricas cuidadosamente encaixados conferindo-lhe solidez.

O Parque Salutaris (Figura 12) abriga importantes afloramentos rochosos que, em geral, passam despercebidos pelos visitantes, frequentemente atraídos pelas fontes de águas minerais alcalinas, ferruginosas e magnesianas. Contudo, a diversidade dessas águas está diretamente relacionada à heterogeneidade litológica do milonito presente na área, cuja estrutura e composição influenciam a circulação e a mineralização dos fluidos subterrâneos.



**Figura 8.**Palácio Tiradentes (câmara municipal)



**Figura 9.**Igreja do Rosário



**Figura 10.**Escadaria da Fazenda São Fideliz



**Figura 11.**Ponte da Parahyba



**Figura 12.**Gruta no Parque Salutaris

No Teatro Municipal Mariano Aranha, inaugurado em 1892, apresenta o uso de milonito na técnica canjicada, caracterizada pela disposição de blocos maiores circundados por fragmentos menores, ajustados manualmente e sem o emprego de argamassa, o que confere à edificação um aspecto rústico e de elevada durabilidade. Outros exemplos de edifícios que empregam o ortognaisse milonítico, tanto em janelas quanto nas fundações, são o casarão próximo ao Jardim Velho, o casarão da Rua da Estação, o antigo Bar da Rua da Estação. Na estação ferroviária, inaugurada em 1867, onde atualmente funciona o Centro Municipal de Cultura, as feições litológicas originais encontram-se recobertas por pintura branca, o que dificulta a visualização da rocha e reflete a ainda limitada valorização da geodiversidade local. Assim como no Fórum de Paraíba do Sul, construído em 1898, apresenta o milonito em sua escada.

## Valença

O município de Valença com área de 1.300,767 km<sup>2</sup> e população em 68 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 52,34 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 99,26%, IDHM em 0,738 e renda per capita de 40.447,29 (IBGE<sub>a</sub>, 2022).

No início do século XIX, Valença era habitada pelos Coroados, indígenas que ocupavam regiões entre os rios Paraíba do Sul e Preto. A fundação da Aldeia de Nossa Senhora da Glória de Valença em 1803 marcou o começo da colonização luso-brasileira, com objetivo de catequese e ocupação das terras.

Em Valença, o milonito desempenhou um papel fundamental na constituição do patrimônio arquitetônico local, sendo amplamente empregado em edificações históricas. No Lar José Fonseca (Figura 13) construído em 1901, destaca-se na execução do embasamento, colunas e guarnições das esquadrias, conferindo resistência estrutural e longevidade à edificação. Na Ponte de Barão de Jurapanã (Figura 14) erguida em 1866, o milonito foi utilizado nos elementos de suporte da estrutura, garantindo estabilidade e durabilidade. Já na Câmara Municipal (Figura 15), inaugurada em 1849, o material foi aplicado tanto no embasamento quanto nas vergas e peitoris das janelas, ressaltando sua importância estética e funcional.



**Figura 13.**Janela Lar José Fonseca



**Figura 14.**Ponte de Jurapanã

O milonito também está presente no portal principal da Paróquia Nossa Senhora da Glória (Figura 16), valorizando o visual da fachada, assim como na base, portal e em um dos pilares do Museu Casa Léa Pentagna (Figura 17), compondo a identidade arquitetônica do edifício. Outros exemplos, incluem a Igreja de Santo Antônio, em Conservatória (Figura 18), erguida em 1850, onde o milonito foi empregado no embasamento, no portal principal e na escadaria, evidenciando sua versatilidade construtiva; o portal de entrada do Cemitério de Conservatória (Figura 19 e 20), totalmente executado com esse material, reforçando o caráter simbólico do espaço; além da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia (Figura 21), que apresenta o milonito tanto no portal quanto nas guarnições das aberturas, e das esquadrias de uma residência próxima ao Colégio Sagrado Coração de Jesus (Figura 22).



**Figura 15.**Janela da Câmara Municipal



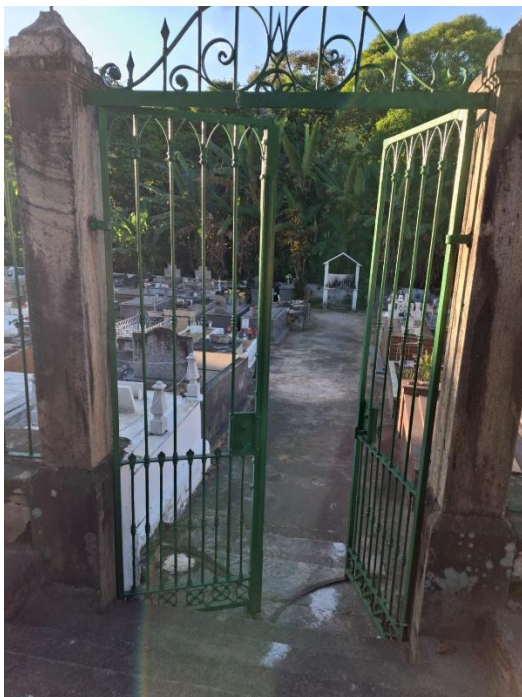
**Figura 16.**Paróquia Nossa Senhora da Glória



**Figura 17.**Parede do Museu Léa Pentagna



**Figura 18.**Igreja de Santo Antônio



**Figura 19.** Cemitério de Conservatória



**Figura 20.** Detalhe do portal do Cemitério de Conservatória



**Figura 21.** Irmandade da Santa Casa de Misericórdia



**Figura 22.** Casa próxima ao Colégio Sagrado Coração de Jesus

## Vassouras

O município de Vassouras com área de 536,073 km<sup>2</sup> e população em 33 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 63,38 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 98,97%, IDHM em 0,714 e renda per capita de 35.458,96 (IBGE<sub>b</sub>, 2022).

Vassouras originou-se a partir de uma sesmaria concedida em 1782 e desenvolveu-se devido à circulação de tropeiros e ao avanço agrícola. No século XIX, tornou-se um importante polo cafeeiro, ganhando destaque político e cultural na província do Rio de Janeiro. Elevada à cidade em 1857, foi cogitada como capital provincial e, cem anos depois, passou por reformas urbanísticas para modernização e incentivo ao turismo, enfrentando certa resistência da população (Monteiro 2012). Seu centro histórico é tombado desde 1958 (IPHAN, 2024), devido a importância do conjunto histórico, urbanístico e paisagístico da cidade.

Entre os principais exemplos do uso do milonito nas construções, destaca-se a Igreja Matriz Nossa Senhora da Conceição (Figura 23), onde o milonito foi empregado em elementos estruturais e ornamentais, contribuindo para a solidez e a estética da edificação. No conjunto denominado Pátio Casario (Figura 24), centro comercial reconstruído a partir de antigos casarões, o material encontra-se presente na escadaria, na base, em pilares e nas molduras das janelas, demonstrando sua versatilidade e resistência.



**Figura 23.** Igreja Matriz Nossa Senhora da Conceição



**Figura 24.** Pátio Casario

O Chafariz Monumental II (Figura 25) também apresenta o uso do milonito em sua estrutura, conferindo durabilidade e destaque visual ao monumento. Na Câmara Municipal (Figura 26), construída em 1849, o material é identificado na base e nas esquadrias das janelas, reafirmando seu papel funcional e ornamental em edificações públicas.

O Palacete Barão do Ribeirão (Figura 27), erguido na segunda metade do século XIX, apresenta aplicação do milonito no pórtico de entrada, nas janelas e na base, evidenciando o padrão construtivo da época. De forma semelhante, o Palacete Barão de Itambé (Figura 28) e o Cemitério Municipal (Figura 29) também utilizam esse litotipo em seus elementos arquitetônicos.



**Figura 25.**Chafariz Monumental



**Figura 26.**Câmara Municipal de Vassouras



**Figura 27.**Palacete Barão do Ribeirão



**Figura 28.**Palacete Barão de Itambé



**Figura 29.**Cemitério Municipal

## Chiador

O município de Chiador com área de 252,852 km<sup>2</sup> e população em 2 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 11,07 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 97,44%, IDHM em 0,711 e renda per capita de 14.020,88 (IBGE<sub>c</sub>, 2022).

A ocupação de Chiador teve início, logo após a alforria de diversas pessoas escravizadas, que receberam terras para cultivo e desmatamento, estimulando o crescimento local com a chegada de novos pioneiros e o fortalecimento da pecuária, subsequente a 1842. Posteriormente, a implantação da Estrada de Ferro Central do Brasil favoreceu o escoamento da produção local e a chegada de mercadorias, impulsionam o surgimento de indústrias de laticínios e cerâmica, além de um comércio dinâmico com o Rio de Janeiro, o que contribuiu para o desenvolvimento do povoado até se tornar a cidade atual (IBGE<sub>c</sub>, 2022).

No município de Chiador, o milonito, particularmente em sua variedade de ortognaisse milonítico, foi amplamente empregado em edificações históricas de relevância arquitetônica e cultural, refletindo o aproveitamento dos recursos litológicos locais e a sua adequação às exigências estruturais e estéticas das construções do século XIX. Na antiga Estação Ferroviária de Chiador (Figura 30), construída em 1869, cuja implantação foi determinante para o desenvolvimento econômico regional, ao integrar o trecho da Estrada de Ferro D. Pedro II que conectava o Rio de Janeiro a Minas Gerais. Durante o processo de restauração, observou-se a substituição parcial do material original por outro litotipo nas janelas, alterando a composição pétrea inicial do edifício.



**Figura 30.** Estação Ferroviária de Chiador



**Figura 31.** Casa da Cultura

O milonito também se faz presente na Casa da Cultura (Figura 31) e na Estação de Penha Longa (Figura 32), onde foi utilizado no calçamento e nas fundações, demonstrando sua resistência e aplicabilidade em elementos de suporte estrutural.

A Ponte de Santa Fé (Figura 33) constitui outro exemplo relevante, tendo sido edificada perpendicularmente à foliação do milonito, o qual aflora no leito do rio Paraibuna e marca a divisa natural entre os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Essa característica evidencia a interação entre os condicionantes geológicos locais e as soluções de engenharia adotadas na época. Por fim, a Paróquia de Santo Antônio, construída em 1864, incorporou o milonito em diversos elementos estruturais, reafirmando a importância desse material na configuração da paisagem arquitetônica e histórica de Chiador.



**Figura 32.** Estação de Penha Longa



**Figura 33.** Ponte Santa Fé

## Sapucaia

O município de Sapucaia com área de 540,673 km<sup>2</sup> e população em 17 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 32,79 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 100%, IDHM em 0,675 e renda per capita de 54.765,99 (IBGE<sub>d</sub>, 2022).

Segundo informações do acervo cedido por Fernando Mazza, um colecionador de jornais e morador da cidade, Sapucaia teve início com populações indígenas, mas seu desenvolvimento acelerou após a chegada de colonos e o cultivo do café, além da sua localização estratégica nas rotas de transporte de gado entre Minas Gerais e o Rio de Janeiro. O município foi oficialmente fundado em 1875 e elevado a cidade em 1888, atingindo grande progresso econômico e social no final do século XIX, impulsionado pelo café e pela instalação da ferrovia. Apesar de perdas territoriais e mudanças nas rotas de transporte ao longo do tempo, a cidade manteve sua relevância regional, culminando na reforma e reinauguração da Estação Sapucaia em 1999.

O milonito foi amplamente usado nas construções do município de Sapucaia. Destaca-se a Estação Sapucaia (Figura 34), edificada em 1871, na qual o milonito foi aplicado na base e nas molduras das janelas, conferindo robustez e durabilidade ao conjunto. Na edificação da Prefeitura Municipal (Figura 35), construída em 1882, o material foi utilizado na base, no entorno das janelas e no pórtico de entrada, evidenciando sua dupla função estética e estrutural. Na Igreja Nossa Senhora Aparecida (Figura 36), observa-se o uso do milonito na forma de ortognaisse milonítico, aplicado no pórtico de entrada e nas janelas, o que contribui para o realce visual da fachada. No Horto Municipal, o mesmo material é empregado no pórtico de acesso, reforçando a monumentalidade da entrada. Já na Igreja de Santo Antônio (Figura 37), inaugurada em 1938, o milonito ocorre na forma de paragnaisse, empregado na escadaria principal, demonstrando a diversidade litológica e a versatilidade de uso desse material na região.



**Figura 34.**Estação Sapucaia



**Figura 35.**Janela da prefeitura



**Figura 36.**Igreja Nossa Senhora Aparecida



**Figura 37.**Igreja de Santo Antônio

## Comendador Levy Gasparian

O território de Comendador Levy Gasparian começou a ser desbravado no fim do século XVII, durante a abertura do Caminho Novo entre o Rio de Janeiro e Minas Gerais. As terras situadas entre os rios Paraíba do Sul e Paraibuna foram ocupadas pela Fazenda Parahybuna, onde, em 1805, iniciou-se o cultivo de cana-de-açúcar. Posteriormente, houve a doação de terras para a passagem da Estrada União e Indústria, via reconhecida como a primeira rodovia brasileira a empregar revestimento constituído por camadas de pedras britadas, usualmente aglutinadas por asfalto ou piche, sendo essa técnica conhecida como macadamizada, representando um marco tecnológico que impulsionou o desenvolvimento socioeconômico regional, além da área destinada à Estação de Mudas, que deu origem ao atual centro urbano do município.

Em Comendador Levy Gasparian, nota-se um considerável número de construções históricas que utilizam os recursos geológicos disponíveis na região, com ênfase no paragnaisse, o principal tipo de rocha que aflora na região.

O milonito é aplicado como cantaria na base de sustentação da varanda da antiga Estação de Paraibuna construída em 1856 para muda dos animais das diligências e que constitui uma das doze estações da Estrada União Indústria. O prédio, tombado pelo Instituto Patrimônio Histórico Nacional (IPHAN), passou a abrigar o único Museu Ferroviário da América Latina. O Museu aberto desde a década de 70, sob a administração do Departamento Nacional de Estrada de Rodagem (DNER, atual DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte), foi fechado em 2011 e seu acervo retirado em 2016 para reformas, no entanto permanece fechado em função da troca de responsabilidade sob sua administração (G1, 2015; 2016).

No edifício do Museu Ferroviário, observa-se a aplicação do milonito como elemento de cantaria na base de sustentação da varanda, evidenciando a combinação de diferentes litotipos regionais no mesmo conjunto construtivo. Atualmente, o edifício abriga o único museu ferroviário daquela época ainda de pé na América Latina, configurando-se como importante testemunho material da expansão da malha ferroviária e do desenvolvimento socioeconômico regional no século XIX.

O paragnaisse também é identificado em outras construções de valor histórico, como a Ponte sobre o Rio Paraibuna (Figura 38), construída em 1709.

Em um Casarão em ruínas (Figura 39), onde funcionou a antiga Alfandega do Caminho Novo no século de XVIII, o milonito foi utilizado nas paredes e na estrutura de sustentação de varanda conhecida como cachorro.



**Figura 38.**Ponte sobre o rio Paraibuna



**Figura 39.**Casarão em ruínas

## Três Rios

O município de Três Rios com área de 322,843 km<sup>2</sup> e população em 78 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 242,68 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 99,01%, IDHM em 0,725 e renda per capita de 76.977,41 (IBGE, 2022).

O desenvolvimento de Três Rios iniciou-se no século XIX com a cultura do café, seguida pela agricultura de subsistência e pela pecuária leiteira após a decadência cafeeira. A construção da Rodovia União e Indústria (1858) e da Estrada de Ferro D. Pedro II (1867) transformou o povoado então denominado Entre Rios em importante entroncamento comercial e de transportes. Sua posição estratégica entre rodovias e ferrovias impulsionou a industrialização e o crescimento do setor de serviços, com destaque para as indústrias de material ferroviário e alimentício (INEPAC).

Entre os bens patrimoniais, destaca-se a Casa de Pedra (Figura 40), único monumento tombado pelo IPHAN (2025) como Patrimônio Cultural Ferroviário, cujos blocos de milonito apresentam encaixe preciso. Registros adicionais evidenciam a utilização do milonito em outros marcos urbanos: o obelisco da Praça São Sebastião, cuja restauração manteve o milonito na base enquanto no topo foi empregado outro tipo de rocha; e o Arco da Rua Direita (Figura 41), construído integralmente em milonito, apresentando face de paragnaisse.



**Figura 40.** Casa de Pedra



**Figura 41.** Arco da Rua Direita

## Carmo

O município de Carmo com área de 305,749 km<sup>2</sup> e população em 17 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 56,25 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 99,42%, IDHM em 0,696 e renda per capita de 29.286,22 (IBGE<sub>f</sub>, 2022).

A colonização das terras que hoje compõem o Município de Carmo teve início com a construção de uma capela em meados do século XIX, quando proprietários da região, então parte do Município de Cantagalo, promoveram uma derrubada no local destinado à formação do Arraial de Samambaia, posteriormente chamado Arraial do Carmo de Cantagalo. Após a conclusão da capela em 1842, dedicada a Nossa Senhora do Carmo, o povoado passou a ser conhecido como “Arraial de Nossa Senhora do Carmo”, nome que foi reduzido para Carmo e permanece até os dias atuais (IBGE<sub>f</sub>, 2022).

O centro da cidade de Carmo, encontra-se a mais de 10 km do eixo principal da zona de cisalhamento Além Paraíba, o que pode explicar a ausência do uso do milonito na maioria das construções locais, possivelmente em razão da dificuldade de transporte das rochas à época. Ainda assim, observa-se seu uso na Igreja Nossa Senhora de Carmo (Figura 42) construída em 1887, onde o milonito onde litotipo paragnaisse foi empregado no portal, janelas e em sua escada, além de ter sido utilizado portal de entrada da cidade (Figura 43) e em um estabelecimento do centro da cidade (Figura 44). Essa escolha pode indicar que as rochas possuíam um certo valor simbólico ou estético, embora não haja registros que comprovem essa intenção.



**Figura 42.** Igreja Nossa Senhora de Carmo



**Figura 43.** Portal de entrada da cidade de Carmo



**Figura 44.** Milonito em um estabelecimento no centro de Carmo

## Além Paraíba

O município de Além Paraíba, no estado de Minas Gerais, com área de 510,250 km<sup>2</sup> e população em 30 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 60,20 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 98,92%, IDHM em 0,726 e renda per capita de 27.422,83 (IBGE<sub>g</sub>, 2022).

O território de Além Paraíba era originalmente habitado pelos índios puris, cropós e croatos. A partir de 1784, com o envio de um regimento para inventariar a região e a construção dos registros de Porto do Cunha, às margens do Rio Paraíba do Sul, onde iniciou-se a formação dos núcleos urbanos que deram origem à cidade. O desenvolvimento acelerou com a chegada das Estradas de Ferro Central do Brasil e Leopoldina, além da implantação da linha de bondes em 1890, colocando a cidade entre as pioneiras no uso desse transporte. No início do século XX, a economia local passou a se apoiar fortemente na indústria, impulsionando o comércio regional (IBGE<sub>g</sub>, 2022)

O Paço Municipal (Figura 45), um dos edifícios mais antigos e históricos de Além Paraíba, construído em 1860 já abrigou tanto a prefeitura quanto a Câmara Municipal. Sua entrada é marcada pela presença do milonito em destaque no portal principal. Já a Igreja Matriz de São José (Figura 46), construída em 1883, utiliza o milonito não apenas em sua base, mas também nas janelas, portais e na torre, evidenciando a importância desse material na arquitetura local. Além dessas construções, observou-se a presença de milonito em pilares e bases de casas no entorno da igreja da matriz, bem como em edificações mais recentes, onde o uso das rochas sugere possível reaproveitamento de material de construções anteriores



**Figura 45.**Paço Municipal de Além Paraíba



**Figura 46.**Igreja Matriz de São José

## Barra do Pirai

O município de Barra do Pirai com área de 584,610 km<sup>2</sup> e população em 92 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 158,88 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 99,03%, IDHM em 0,733 e renda per capita de 26.883,48 (IBGE<sub>h</sub>, 2022).

O nome Barra do Pirai tem origem na confluência dos rios Pirai e Paraíba do Sul, que cortam a cidade e formam sua foz. Durante o período colonial, a região, então coberta por densas florestas habitadas por indígenas das tribos Xumetos, Pitas e Araris, cuja presença permanece em topônimos locais como Ipiabas e Ipiranga. As antigas trilhas conhecidas como estradas do ouro passavam próximas ao atual território de Barra do Pirai, ligando o Rio de Janeiro às Minas Gerais. Após a decadência do ciclo do ouro, a área atraiu mineiros e portugueses que se fixaram às margens do rio Paraíba, dando início ao cultivo do café, responsável pela formação de grandes fazendas e pelo surgimento de cidades como Barra do Pirai, que prosperaram com a economia cafeeira (IBGE<sub>h</sub>, 2022).

A Catedral Nossa Senhora de Santana (Figura 47), construída no ano de 1881 utiliza-se do paragnaisse milonítico em suas janelas, portal e escada e no Túnel Antigo (Figura 48), o milonito foi utilizado no Arco da construção do século XIX no distrito de Ipiabas, que foi construído para ajudar no escoamento da produção de café.



**Figura 47.** Catedral Nossa Senhora de Santana



**Figura 48.** Túnel Antigo

## Rio das Flores

O município de Rio das Flores com área de 478,783 km<sup>2</sup> e população em 8 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 18,7 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 97,54%, IDHM em 0,680 e renda per capita de 31.314,82 (IBGE<sub>i</sub>, 2022).

Na primeira metade do século XIX, os primeiros colonizadores chegaram à região que hoje corresponde ao município de Rio das Flores e se dedicaram à cultura do café, cujas plantações rapidamente ocuparam grandes áreas antes cobertas por mata nativa. Atualmente, o município, sob o nome de Rio das Flores, tem suas terras voltadas para a policultura e a pecuária (IBGE<sub>i</sub>, 2022).

Assim como a cidade de Carmo, Rio das Flores também está distante do eixo principal de deformação, mesmo assim o milonito se faz presente em uma igreja e em uma ponte que faz uma divisão entre estados.

O milonito destaca-se como elemento marcante na Igreja Matriz de Santa Thereza D'Avila, cuja construção data de 1871. Essa rocha, em seu litotipo ortognaisses, foi utilizada de forma expressiva na base, no portal e nas janelas do edifício (Figura 49), evidenciando a relevância do material não apenas na sustentação estrutural, mas também na valorização estética e histórica da arquitetura local, sendo o utilizando também em uma Ponte na RJ 151 (Figura 50).



**Figura 49.** Igreja Matriz de Santa Thereza D'Avila



**Figura 50.** Ponte na RJ 151

## Belmiro Braga

A cidade de Belmiro Braga com área de 393,086 km<sup>2</sup> e população em 3 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 8,25 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 98,32%, IDHM em 0,660 e renda per capita de 17.992,57 (IBGEj, 2022).

O município de Belmiro Braga, situado na Zona da Mata Mineira, originou-se no antigo povoado de Vargem Grande, formado por volta da metade do século XIX, durante um período de intensa expansão da cafeicultura.

O distrito de São José das Três Ilhas, atualmente parte de Belmiro Braga, desempenhou um papel fundamental na história local. Conforme o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA-MG (1997), a localidade surgiu a partir da doação de terras para a construção de uma capela dedicada a São José, em 1828, servindo como núcleo inicial de urbanização. O povoado prosperou às margens do rio Paraíba do Sul, destacando-se na produção agrícola e sob influência dos barões do café.

De acordo com o IEPHA-MG, a construção da Igreja Matriz de São José (Figura 51), iniciada entre 1877 e 1880, representa o auge econômico e cultural da comunidade (IEPHA-MG, 1997). Em 1997, tanto o Centro Histórico de São José das Três Ilhas quanto a Igreja Matriz foram tombados pelo IEPHA-MG, sendo reconhecidos como exemplares significativos do patrimônio arquitetônico e cultural de Minas Gerais (IPATRIMÔNIO, 2024). Na Igreja Matriz, o milonito foi empregado no portal de entrada e na escadaria. Além disso, o distrito possui uma ponte que também utiliza milonito em sua estrutura (Figura 52), evidenciando a aplicação consistente destas rochas em construções históricas locais.



**Figura 51.** Igreja Matriz de São José



**Figura 52.** Ponte São José das Três Ilhas

## Mendes

O município de Mendes com área de 95,324 km<sup>2</sup> e população em 17 mil habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 183,61 hab/km<sup>2</sup>. A taxa de escolarização entre crianças de 6 a 14 anos em 94,53%, IDHM em 0,736 e renda per capita de 19.147,47 (IBGE<sub>k</sub>, 2022).

Mendes, município do Rio de Janeiro, originou-se como povoado às margens do Caminho Novo do Tinguá, importante rota cafeeira. Inicialmente pertencente a Piraí, tornou-se distrito em 1838 e freguesia em 1855, sendo incorporado a Vassouras em 1856. O desenvolvimento local foi impulsionado pela chegada da Estrada de Ferro Dom Pedro II em 1860, favorecendo o escoamento do café. Emancipou-se oficialmente em 1953 e, atualmente, destaca-se por sua origem vinculada à economia cafeeira e ferroviária, além do crescimento industrial e turístico (IBGE<sub>k</sub>, 2022).

No município, o milonito foi identificado em uma parede de um ponto de ônibus (Figura 53)



**Figura 53.** Ponto de ônibus em Mendes

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal documentar e analisar o uso do Milonito Além Paraíba como material construtivo em edificações e infraestruturas históricas do Vale do Paraíba Fluminense e áreas adjacentes, integrando aspectos geológicos, tecnológicos, históricos e culturais. A partir do levantamento sistemático de ocorrências, da caracterização geológica da Zona de Cisalhamento Além Paraíba e da análise das propriedades tecnológicas da rocha, foi possível evidenciar a relevância do milonito como elemento constitutivo do patrimônio geológico e cultural regional.

Os resultados demonstram que o Milonito Além Paraíba foi amplamente empregado entre os séculos XIX e XX em diversos municípios do Vale do Paraíba Fluminense e também em localidades atualmente pertencentes ao estado de Minas Gerais, estando presente em igrejas, pontes, estações ferroviárias, edificações administrativas, residências e obras de infraestrutura. Essa ampla distribuição espacial e funcional reflete, por um lado, a elevada disponibilidade do material na região e, por outro, sua adequação técnica às necessidades construtivas da época, especialmente em um contexto histórico marcado por limitações logísticas e pela utilização intensiva dos recursos locais.

A caracterização tecnológica realizada indicou que o milonito apresenta propriedades físicas e mecânicas compatíveis com seu uso como rocha de construção, sobretudo em elementos estruturais e de cantaria. Apesar das variações litológicas associadas aos diferentes protólitos e graus de deformação, a rocha revela desempenho satisfatório, o que ajuda a explicar sua longevidade nas construções históricas analisadas. Esses dados reforçam que a escolha do milonito ultrapassava critérios meramente circunstanciais, envolvendo também atributos técnicos e estéticos.

Do ponto de vista histórico-cultural, o estudo evidenciou que o milonito constitui um elo material entre a geodiversidade regional e os processos de ocupação, urbanização e desenvolvimento econômico do Vale do Paraíba Fluminense, especialmente durante o ciclo do café. As construções que incorporam essa rocha são testemunhos materiais de um período marcado pela economia escravista, pela consolidação das elites agrárias e pela formação das paisagens urbanas que hoje compõem o patrimônio histórico da região. Assim, o milonito assume um papel simbólico que transcende sua função construtiva, integrando a memória coletiva e a identidade territorial do Vale.

Dessa forma, a proposta de reconhecimento do Milonito Além Paraíba como Pedra Patrimônio do Vale do Paraíba Fluminense mostra-se pertinente e fundamentada, alinhando-se aos critérios

internacionais definidos pela União Internacional de Geociências para a valorização de rochas historicamente empregadas em construções de relevância cultural. O reconhecimento desse litotipo como patrimônio contribui não apenas para ampliar a representatividade brasileira no cenário internacional das Pedras do Patrimônio, mas também para fortalecer estratégias de geoconservação, educação patrimonial e valorização do território.

.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15845-2*: Rochas para revestimento - Parte 2: Determinação da porosidade aparente, absorção de água, densidade aparente seca e saturada. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15845-5*: Rochas para revestimento - Parte 5: Determinação da resistência à flexão por carregamento em três pontos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15845-6*: Rochas para revestimento - Parte 6: Determinação da resistência à flexão por carregamento em quatro pontos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15845-7*: Rochas para revestimento - Parte 7: Determinação da resistência à compressão uniaxial. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15845-8*: Rochas para revestimento - Parte 8: Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALVARENGA, F. M. De terras indígenas à princesa da serra fluminense: o processo de realização da propriedade cafeeira em Valença, província do Rio de Janeiro, século XIX. São Paulo: Paco e Littera, 2019. Disponível em: De terras indígenas à princesa da serra fluminense: O processo de realização ... - Felipe de Melo Alvarenga - Google Livros . Acesso em: 27 set. 2025.

BARROS, Kédma Mayara de Melo. As representações na construção da região econômica-turística-cultural do Vale do Café. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia / Instituto Multidisciplinar de Nova Iguaçu, Seropédica, RJ, 2018.

BRANDÃO, JB; FURTADO, MBG. Casa de Pedra: o “Saber Fazer” no século XX/Stone House: The “Know-How” in the 20<sup>th</sup> century. Brazilian Journal of Development (2020). DOI:10.34117/bjdvn1-207

BRASIL. Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas. Relatório da Estrada de Ferro D. Pedro II referente ao ano de 1871. Rio de Janeiro: Typographia do Diário do Rio de Janeiro, 1872. Disponível em: <https://archive.org/details/relatriodacompa1871estr/page/n1/mode/2up>

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, v. 8, p. 119–134, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>.

CASTRO, *et al.* A heritage stone of Rio de Janeiro (Brazil): the facoidal gneiss. *Episodes*, v. 44, n. 1, p. 59–74, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/0200s13>

CASTRO *et al.* Pedras do patrimônio da IUGS: histórico e requisitos. *Revista do Instituto de Geociências USP* 23(2): 41-52, 2023. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v23-204680>.

COOPER et al. Towards international designation of a heritage dimension stone. In: Rosa L. G., Silva Z. C. G., Lopes L. (eds.). Key Engineering Materials. Zurique: Trans Tech Publications Ltd, 548: 329-335, 2013.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.548.329>

IP

CRISTOFARO, R. Trabalhos em pedra e ofício da cantaria em Juiz de Fora e região. Juiz de Fora: Funalfa, 2016.

DIGNE. DECLARAÇÃO INTERNACIONAL DOS DIREITOS À MEMÓRIA DA TERRA. 1991. Disponível em:

[http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/Declaracao\\_Internacional\\_dos\\_Direitos\\_a\\_Memoria\\_da\\_Terra.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/temp/Declaracao_Internacional_dos_Direitos_a_Memoria_da_Terra.pdf). Acesso em: 26 set. 2025.

DEBRET, J. B. Aquarela sobre papel. Rio de Janeiro: Museus Castro Maya, 1826.

DEL LAMA; DEHIRA. O basalto no patrimônio construído e no patrimônio geológico. *Museologia e Patrimônio*, v. 15, n. 1, p. 83–97, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52192/1984-3917.2022v15n1p83-97>.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *EN 14517*: Dimension stone test methods - Determination of abrasive wear resistance. Brussels: CEN, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *EN 15886*: Conservation of cultural property - Test methods - Colour measurement of surfaces. Brussels: CEN, 2010.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *EN 16322*: Conservation of cultural property - Test methods - Determination of drying properties. Brussels: CEN, 2013.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *EN 17622*: Conservation of cultural property - Test methods - Determination of water absorption by contact sponge method. Brussels: CEN, 2022.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *EN 1925*: Natural stone test methods - Determination of water absorption coefficient by capillarity. Brussels: CEN, 2000.

EHLING *et al.* The first 55 IUGS heritage stones. 2024. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/383788599\\_The\\_First\\_55\\_IUGS\\_Heritage\\_Stones](https://www.researchgate.net/publication/383788599_The_First_55_IUGS_Heritage_Stones). Acesso em: 16 jan. 2026.

GIRALDO, Samuel Jaramillo; TROUW, Rudolph Allard Johannes; DUFFLES, Patrícia; COSTA, Rodrigo Vinagre da; MEJIA, Mauricio Ibañez; MARIMON, Rodrigo Schwantes. Structural analysis combined with new geothermobarometric and geochronological results of the Além Paraíba shear zone, between Três Rios and Bananal, Ribeira Orogen, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 90, p. 118-136, 2019. DOI: 10.1016/j.jsames.2018.11.018.

G1. Museu rodoviário de Levy Gasparian está fechado para visitas desde 2011. 20 maio 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2015/05/museu-rodoviario-de-levy-gasparian-esta-fechado-para-visitas-desde-2011.html>. Acesso em: 10 out.

2025.

G1. Má conservação de patrimônio histórico chama atenção em Levy Gasparian, RJ. 4 jan. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2016/01/museu-comeca-ser-desocupado-para-reforma-em-levy-gasparian-rj.html>. Acesso em: 4 jan. 2026.

HEILBRON, Monica; EIRADO, Luiz Guilherme; ALMEIDA, Julio. Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Escala 1:400.000.

IBGE<sub>a</sub>. Cidades e estados: Valença (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/valenca/panorama>. Acesso em: 19 out. 2025

IBGE<sub>b</sub>. Cidades e estados: Vassouras (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/vassouras/panorama>. Acesso em: 18 out. 2025.

IBGE<sub>c</sub>. Cidades e estados: Chiador (MG). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/chiador/panorama> . Acesso em: 15 out. 2025.

IBGE<sub>d</sub>. Cidades e estados: Sapucaia (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sapucaia/panorama>. Acesso em: 31 out. 2024.

IBGE<sub>e</sub>. Cidades e estados: Três Rios (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/tres-rios/panorama>. Acesso em: 26 set. 2025.

IBGE<sub>f</sub>. Cidades e estados: Carmo (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/carmo/panorama>. Acesso em: 15 out. 2025.

IBGE<sub>g</sub>. Cidades e estados: Além Paraíba (MG). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/alem-paraiba/panorama> . Acesso em 15 out. 2025.

IBGE<sub>h</sub>. Cidades e estados: Barra do Piraí (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-do-pirai/panorama>. Acesso em: 16 out. 2025.

IBGE<sub>i</sub>. Cidades e estados: Rio das Flores (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-das-flores/panorama>. Acesso em: 17 out. 2025.

IBGE<sub>j</sub>. Cidades e estados: Belmiro Braga (MG). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belmiro-braga/panorama>. Acesso em: 15 out. 2025.

IBGE<sub>k</sub>. Histórico do município de Mendes (RJ). 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/mendes/historico>. Acesso em: 15 out. 2025.

IEPHA-MG – Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais. Centro Histórico de São José das Três Ilhas e Igreja Matriz de São José. 1997. Disponível em: <https://www.iepha.mg.gov.br>. Acesso em: 15 de out. de 2025.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). Vassouras (RJ). Brasília, DF, 2024. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/384/> Acesso em: 01 de nov. de 2024.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). Estação ferroviária de Três Rios (RJ) é incluída na Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/iphan/pt-br/assuntos/noticias/estacao-ferroviaria-de-tres-rios-rj-e-incluida-na-lista-do-patrimonio-cultural-ferroviario>. Acesso em: 26 set. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 16859-1: Metallic materials - Leeb hardness test - Part 1: Test method*. Geneva: ISO, 2015.

IPATRIMÔNIO. Centro Histórico de São José das Três Ilhas e Igreja Matriz de São José – Belmiro Braga (MG). 2024. Disponível em: <https://www.ipatrimonio.org/belmiro-braga-centro-historico-de-sao-jose-das-tres-ilhas-e-igreja-matriz-de-sao-jose/>. Acesso em: 15 de out. de 2025.

MANSUR, Kátia Leite; CARVALHO, Ismar Souza; DELPHIM, Carlos Fernando Moura; BARROSO, Emilio Velloso. O gnaïsse facoidal: a mais carioca das rochas. *Anuário do Instituto de Geociências*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 9-22, 2008. DOI: 10.11137/2008\_2\_9-22.

MARQUESE. O Vale do Paraíba cafeeiro e o regime visual da segunda escravidão: o caso da fazenda Resgate. *Anais do Museu Paulista*, v. 18, n. ja/jul. 2010, p. 83-128, 2010Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-47142010000100004>. Acesso em: 30 de set. de 2025.

MARKER. Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. *Episodes* 38(2):118-123,2015. DOI:10.18814/epiugs/2015/v38i2/008

MONTEIRO. Vassouras – Origens do Povoado até o Centenário de Elevação a Cidade,2012. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/RM/article/view/176/104>. Acesso em :02 de out. de 2025.

MUAZE, M:O Vale do Paraíba Fluminense e a dinâmica imperial 2010. Disponível em: [https://institutocidadeviva.org.br/inventarios/sistema/wp-content/uploads/2010/12/15\\_mariana\\_muaze.pdf](https://institutocidadeviva.org.br/inventarios/sistema/wp-content/uploads/2010/12/15_mariana_muaze.pdf) . Acesso em:26 de nov. de 2026.

TRÊS RIOS (RJ). Prefeitura. 2015.<https://tresrios.rj.gov.br/nossa-cidade/> Acesso em: 31 de out. de 2024.

VALLADARES *et al.*; Mapa Geológico Escala 1:100.000: Folha Três Rios. MME/CPRM.2009

**ANEXO:Artigo Artigo submetido :Além Paraíba Mylonite as a Heritage Stone of the  
Paraiba Valley,Rio de Janeiro,Brazil**

# Geoheritage

## ALÉM PARAÍBA MYLONITE AS A HERITAGE STONE OF THE PARAIBA VALLEY, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

--Manuscript Draft--

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Manuscript Number:                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| Full Title:                                   | ALÉM PARAÍBA MYLONITE AS A HERITAGE STONE OF THE PARAIBA VALLEY,<br>RIO DE JANEIRO, BRAZIL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                            |
| Article Type:                                 | Original Article                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |
| Corresponding Author:                         | Stephany De Paula Miranda<br>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro<br>Seropédica, RJ BRAZIL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                            |
| Corresponding Author Secondary Information:   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| Corresponding Author's Institution:           | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                            |
| Corresponding Author's Secondary Institution: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| First Author:                                 | Stephany De Paula Miranda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                            |
| First Author Secondary Information:           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| Order of Authors:                             | Stephany De Paula Miranda<br>Patricia Anselmo Duffles Teixeira<br>Nuria Castro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                            |
| Order of Authors Secondary Information:       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                            |
| Funding Information:                          | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (88887.983568/2024-00)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Master's student Stephany De Paula Miranda |
| Abstract:                                     | <p>The Além Paraíba Mylonite, occurring within the NE–SW-trending Além Paraíba Shear Zone in southeastern Brazil, represents a unique geological and cultural heritage of the Paraíba Valley, spanning municipalities in the states of Rio de Janeiro and Minas Gerais. This ductilely deformed rock, associated with Neoproterozoic tectonic processes of the Brasiliano–Pan-African orogeny, has been widely used in historic constructions in the region, during the 19th and 20th centuries. This study documents the geological, technological, and heritage aspects of the Além Paraíba Mylonite through field surveys, bibliographic research, and laboratory analyses. Quarry sites across the region, were mapped, highlighting their scientific, educational, and geoheritage relevance. Blocks from orthogneissic and paragneissic mylonite were characterised for density, porosity, water absorption, mechanical strength, hardness, and colour, revealing properties suitable for civil construction and ornamental uses. That mylonite was extensively employed in religious, civic, and elite residential architecture, as well as in infrastructure, engineering works, paving, and commemorative monuments, demonstrating its versatility and durability. Its presence in urban furniture, bridges, railway stations, fountains, and cemeteries further illustrates its cultural and symbolic significance. The integration of geological and historical data emphasises mylonite as both a building material and an element of regional identity. This comprehensive documentation supports the conservation, dissemination, and appreciation of local geodiversity, reinforcing the link between geological heritage and cultural identity in the Paraíba Valley in the state of Rio de Janeiro. The study contributes to strategies for safeguarding historical constructions while promoting awareness of the region's geological richness.</p> |                                            |
| Suggested Reviewers:                          | Rosana Bellopede<br>rossana.bellopede@polito.it<br><br>Eliane Del Lama<br>edellama@usp.br                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                            |

**ALÉM PARAÍBA MYLONITE AS A HERITAGE STONE OF THE PARAIBA VALLEY, RIO DE  
JANEIRO, BRAZIL**

**Author Information**

Stephany de Paula Miranda<sup>1</sup>

Patricia Anselmo Duffles Teixeira<sup>1</sup>

Nuria Castro<sup>2</sup>

Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), Post-graduation program in Modelling and  
Geological Evolution, Brazil<sup>1</sup>

Centre for Mineral Tecnology - CETEM/MCTI, Brazil<sup>2</sup>

**Corresponding Author:**

Stephany de Paula Miranda

Email: [stephanydepaulamiranda@gmail.com](mailto:stephanydepaulamiranda@gmail.com)

**ORCID:**

Stephany de Paula Miranda: 0009-0009-5194-4945

Patricia Anselmo Duffles Teixeira: 0000-0002-4404-3892

Nuria Castro: 0000-0003-3073-5529

## ABSTRACT

The Além Paraíba Mylonite, occurring within the NE–SW-trending Além Paraíba Shear Zone in southeastern Brazil, represents a unique geological and cultural heritage of the Paraíba Valley, spanning municipalities in the states of Rio de Janeiro and Minas Gerais. This ductilely deformed rock, associated with Neoproterozoic tectonic processes of the Brasiliano–Pan-African orogeny, has been widely used in historic constructions in the region, during the 19th and 20th centuries. This study documents the geological, technological, and heritage aspects of the Além Paraíba Mylonite through field surveys, bibliographic research, and laboratory analyses. Quarry sites across the region, were mapped, highlighting their scientific, educational, and geoheritage relevance. Blocks from orthogneissic and paragneissic mylonite were characterised for density, porosity, water absorption, mechanical strength, hardness, and colour, revealing properties suitable for civil construction and ornamental uses. That mylonite was extensively employed in religious, civic, and elite residential architecture, as well as in infrastructure, engineering works, paving, and commemorative monuments, demonstrating its versatility and durability. Its presence in urban furniture, bridges, railway stations, fountains, and cemeteries further illustrates its cultural and symbolic significance. The integration of geological and historical data emphasises mylonite as both a building material and an element of regional identity. This comprehensive documentation supports the conservation, dissemination, and appreciation of local geodiversity, reinforcing the link between geological heritage and cultural identity in the Paraíba Valley in the state of Rio de Janeiro. The study contributes to strategies for safeguarding historical constructions while promoting awareness of the region's geological richness.

**Keywords:** Geoconservation; Geodiversity; Geoheritage; Além Paraíba Shear Zone; Mylonitic rocks

## INTRODUCTION

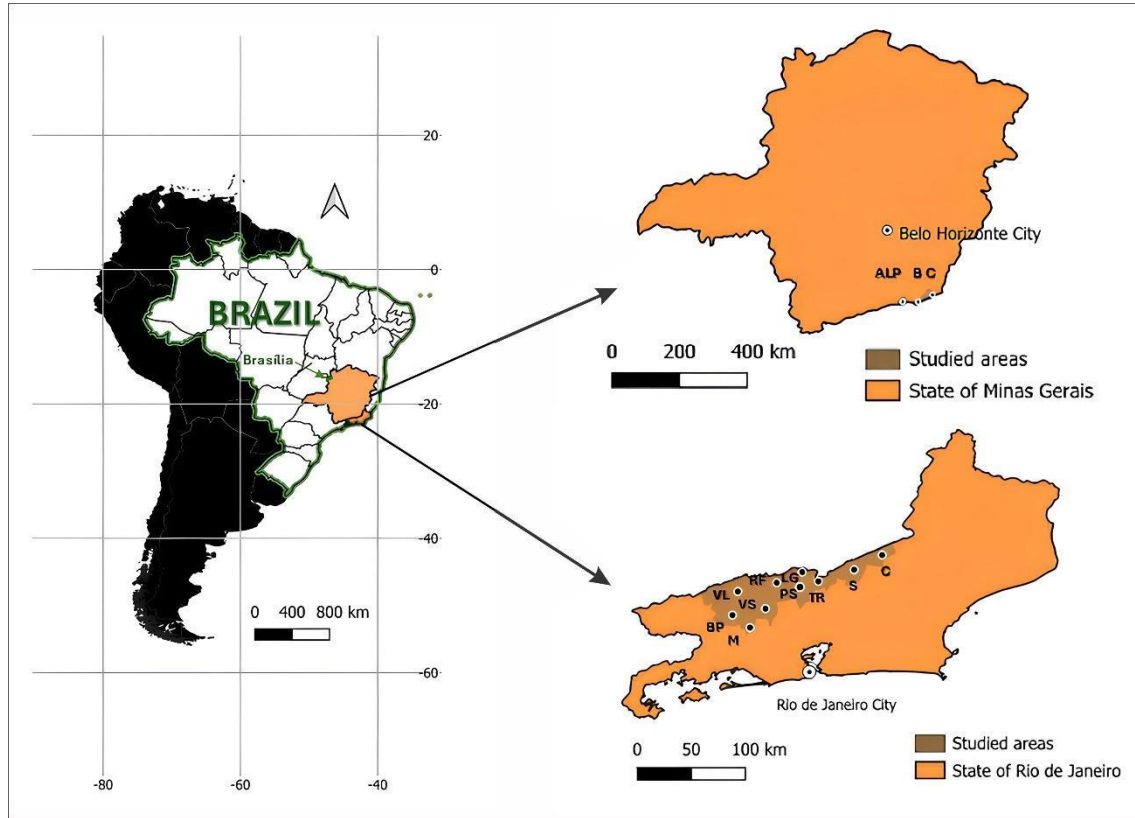
Geodiversity can be understood as the diversity of geological environments, phenomena, and active processes that give rise to landscapes, minerals, rocks, fossils, soils, and other surface deposits. Among the values attributed to geodiversity are cultural, aesthetic, scientific and educational values, in addition to its intrinsic value, which relates to its significance as a natural component of the Earth system regardless of human use or interpretation (Brilha 2005). In this perspective, geodiversity represents a fundamental record of Earth's history, preserved in rocks, fossils, and landscapes that can be read and interpreted as material witnesses of geological time (Digne 1991).

Geoconservation goes beyond the protection of geological elements, recognising geodiversity as an essential archive of natural history and an integral component of cultural heritage. As emphasised by Del Lama and Dehira (2022), the rocks used in historical monuments represent small windows into Earth's history and understanding them is fundamental for the adequate conservation of that cultural heritage. This relationship between geology and culture underpins the concept of Heritage Stone, which highlights the role of natural stone materials as carriers of both geological and historical significance.

The International Union of Geological Sciences (IUGS), through the International Commission on Geoheritage, defines Heritage Stone as “natural stone used in architecture and monuments globally recognized as integral aspects of human culture” (<https://iugs-geoheritage.org/selection-process-stones/>). The formal framework for their identification and recognition was established with the creation of the Heritage Stone Subcommittee (HSS), and the implementation of the Global Heritage Stone Resource designation protocol in 2013 (Cooper et al. 2013; Marker 2015). According to the most recent criteria approved by HSS (2022), 13 stones received the official IUGS-HS designation in 2024, completing a list of 55 Heritage Stones worldwide (Ehling et al. 2024). Those stones contribute to the understanding of the evolution of construction methods, artistic expression, and technological and cultural practices across different civilizations from ancient times to the present.

Despite Brazil's vast continental dimensions and the long-standing tradition of stone working introduced during the Portuguese colonial period (Brandão and Furtado 2020), the nation's heritage stones remain underrepresented on the IUGS list. Facoidal Gneiss was the first rock in the country to be designated as an IUGS Heritage Stone (Frasca et al. 2025). This durable metamorphic rock played a decisive role in the geomorphological evolution of Rio de Janeiro's iconic coastal massifs, such as the Sugarloaf (Pão de Açúcar) and Corcovado (Mansur 2008). In addition to its natural prominence, this gneiss was extensively utilised in infrastructure, buildings and monuments in the city between the sixteenth and twentieth centuries, with further applications documented in diverse localities throughout Brazil (Castro et al. 2021). Consequently, Facoidal Gneiss exemplifies the strong connection between geology, landscape and cultural history, while also highlighting the significant, yet largely untapped, potential of Brazilian heritage stones. Within this context, another metamorphic rock emerges as a key link between geodiversity and cultural heritage in South-eastern Brazil: The Além Paraíba Mylonite. This study focuses on its occurrence and use in the Fluminense Paraíba Valley (Fig. 1). In the Brazilian context, the descriptor *fluminense* (derived from the Latin *flumen*, meaning river) pertains to the state of Rio de Janeiro, in contradistinction to the city of Rio de Janeiro, for which the designation *carioca* is reserved. Accordingly, the *Fluminense Paraíba Valley*, refers primarily to the segment of the Paraíba do Sul River valley situated within the administrative

borders of the state of Rio de Janeiro, thereby distinguishing it from homonymous regions in the neighbouring states of São Paulo and Minas Gerais. Whilst the study area encompasses certain municipalities in Minas Gerais along the Paraíba do Sul River, that designation is maintained to emphasise the historical and analytical focus of this research on the *fluminense* portion of the valley, while acknowledging the geological and historical continuity that transcends administrative boundaries.

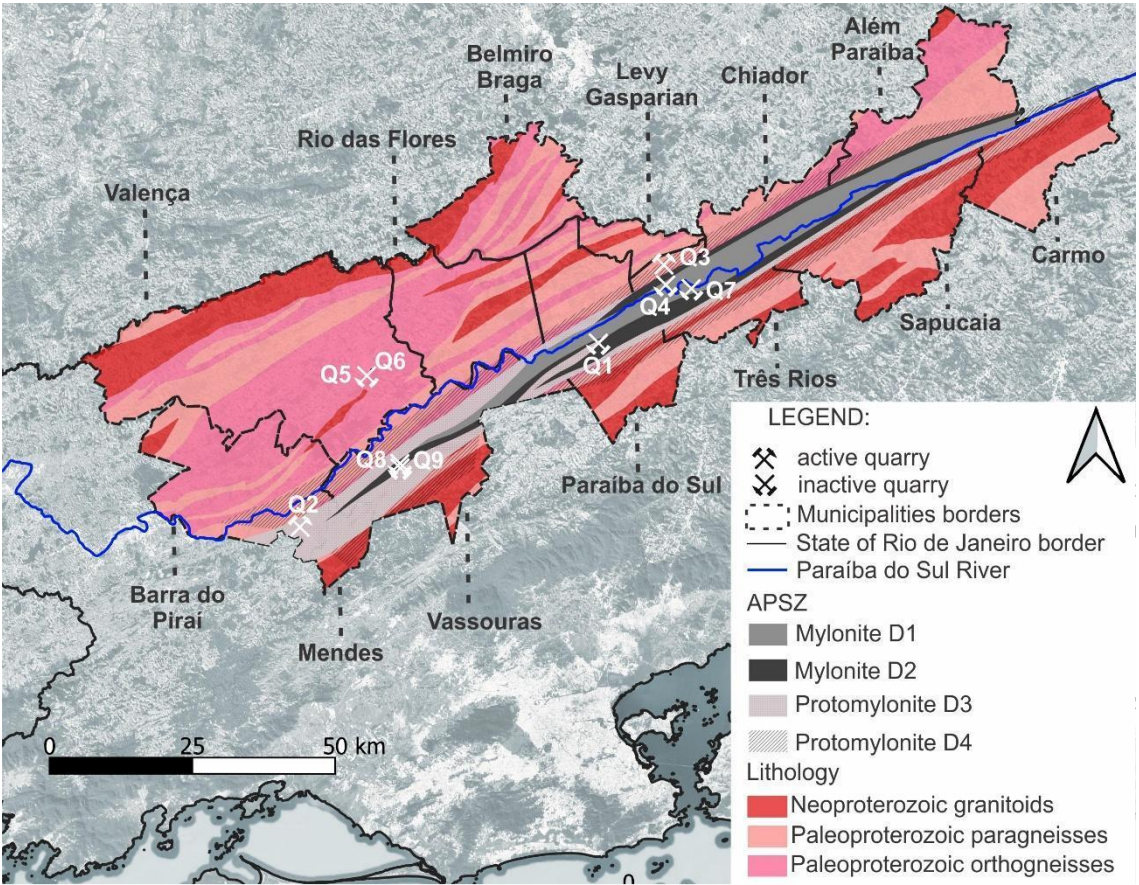


**Fig. 1** Location Map. Legend: Municipalities in the state of Minas Gerais: ALP- Além Paraíba; B- Belmiro Braga; C- Chiador. Municipalities in state of Rio de Janeiro: C- Carmo; S- Sapucaia; TR- Três Rios; PS- Paraíba do Sul; VS- Vassouras; M- Mendes; BP- Barra do Pirai; VL- Valença; RF- Rio das Flores; LG- Levy Gasparian

The Além Paraíba Mylonite occurs within the Além Paraíba Shear Zone (APSZ); a major Neoproterozoic tectonic structure that extends across the states of Rio de Janeiro and Minas Gerais. This shear zone represents an important deformation system associated with the amalgamation of the Gondwana and marks the suture between the São Francisco and Congo cratons (Almeida et al. 1975; Campanha 1981; Dayan and Keller 1990; Almeida 2000; Silva 2002). Beyond its tectonic- significance, this structure exerts strong control over regional geomorphology and drainage, guiding the course of the Paraíba do Sul River, the most important river in the state of Rio de Janeiro. Approximately two-thirds of the river's discharge is diverted to supply the Rio de Janeiro metropolitan region, underscoring its critical socio-economic standing.

The lithological map of the municipalities included in this study on Fig. 2 illustrates the area of mylonitised rocks under the influence of the APSZ and divided, following Giraldo (2019), in four groups depending on the intensity of the deformation in mylonitic (D1 and D2) and protomylonitic (D3 and D4) rocks. Those

mylonites and protomylonites served as building materials in the region, mostly the D1 and D2 types. Therefore, the name Além Paraíba Mylonite, within this research, includes all types of mylonitic rocks from the APSZ.



**Fig. 2** Map of the area of study, illustrating the lithology and quarries, scale:1:15.000. Based on the Geological Map of Rio de Janeiro (Heibron et al. 2016) and Giraldo (2019).

The Fluminense Paraíba Valley holds major historical and economic weight within the Brazilian context. Although indigenous peoples originally inhabited the region, its integration into the colonial territorial and economic framework was driven by the requirement for safe routes to transport the gold and gemstones, extracted in Minas Gerais, to the city of Rio de Janeiro (Lamego 1963). From the eighteenth century onward, the region emerged as a primary producer of sugarcane and, most notably, coffee. The valley experienced its socio-economic zenith between the 1830s and 1860s, becoming the country's foremost centre for coffee production and export, and hosting some of the most prosperous farms in Brazil. This prosperity was underpinned by the intensive exploitation of enslaved labour and the expansion of railroad and road networks (Taunay 1945). Coffee production played a decisive role in intensifying the trafficking of enslaved Africans, both via internal trade - stimulated by the decline of the North-eastern Brazil sugarcane industry, and the illegal transatlantic trade that persisted after the prohibition in 1831 (Marquese 2012). This legislation, through which the independent Brazilian state adhered to international treaties on the matter to appease British diplomatic and naval pressure, was famously ineffective and is historically known as the 'law for the English to see' (Lima 2025). Although the importation of enslaved Africans was definitively prohibited in 1850, the expression *para inglês ver* (for the English to see) remains a common idiom in contemporary Brazilian Portuguese to describe actions or policies intended merely for outward

display. Large landowners formed a powerful elite whose economic and political influence extended beyond regional boundaries and reached the Imperial Court (Muaze 2011) sited in the city of Rio de Janeiro, more than 100 km away. The wealth of this period was reflected in rural architecture and in the urbanization of cities and towns, where ‘coffee barons’ commissioned palatial residences that frequently incorporated the Além Paraíba Mylonite as a primary building material.

The decline of the coffee cycle in the Fluminense Paraíba Valley resulted from soil exhaustion and the expansion of coffee cultivation into more fertile areas, particularly in western São Paulo, during the second half of the nineteenth century. Although the region lost its economic prominence by the end of that century, a process also influenced by the abolition of slavery, it continues to bear the material and symbolic marks of its slaveholding past. This legacy is expressed in the significant architectural heritage of rural estates and urban buildings associated with the coffee economy (Ferraro 2017), which, in the twentieth century, supported the region’s touristic rebranding as the “Coffee Valley”. This designation refers to a period when Rio de Janeiro accounted for approximately 75% of the Brazilian coffee production (Taunay 1945), representing nearly half of the global coffee consumption (Topik 2004).

Historical factors, including the demands of urbanization and the requirement for buildings reflecting the region’s economic status, combined with construction techniques favouring durable local materials, directly influenced the widespread use of mylonite in architecture. The geological setting of the valley, typified by extensive mylonite outcrops and ease of extraction, facilitated the utilisation of the Além Paraíba Mylonite as a readily available construction material. Consequently, a large proportion of the ‘coffee-era’ architecture in the Fluminense Paraíba Valley was fashioned from this rock, highlighting its cultural value and its central role in the materiality of the region’s built heritage. However, historical documentation rarely identifies the stone materials employed or their provenance; it is, therefore, essential to characterise their geological and technological properties to support appropriate conservation strategies. This article presents the results of fieldwork examining the application of the Além Paraíba Mylonite in architectural elements across thirteen municipalities in the Fluminense Paraíba Valley and adjacent areas. It documents the geological and technological characteristics of this lithotype alongside its source quarries to substantiate its role as a fundamental element of local identity. Furthermore, this study seeks to foster geoconservation strategies focused on preserving both the cultural heritage and regional geodiversity.

## METHODOLOGY

The methodology involved the identification of Além Paraíba Mylonite applications within cities of the Fluminense Paraíba Valley, integrated with a historical survey of the region. The geological framework was established through a comprehensive literature review, the findings of which are synthesised in this study. A survey of quarry sources -including active and inactive sites - was conducted using official databases, institutional records and satellite imagery interpretation. This was supplemented by historical records from the State Institute of Cultural Heritage of Rio de Janeiro (INEPAC – *Instituto Estadual do Patrimônio Cultural*) and the National Institute of Historic and Artistic Heritage (IPHAN – *Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*). Technological characterization was executed through the analysis of representative samples of the mylonitic orthogneiss and paragneiss varieties collected from road-cut outcrops (WGS84 coordinates 22°19'34.2"S 43°32'10.0"W and 22°09'12.7"S 43°16'13.2"W,

respectively). Laboratory testing was conducted at the Centre for Mineral Technology (*Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI*) following Brazilian (ABNT), European (CEN) and International (ISO) standards.

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS

The study area is located within the central segment of the Paraíba do Sul River valley and comprises lithological units of the paleoproterozoic Paraíba do Sul, Juiz de Fora, and Quirino complexes, intruded by neoproterozoic granitoids. The Paraíba do Sul Complex consists mainly of banded biotite gneiss with intercalations of sillimanite-garnet-muscovite-biotite schist and lenses of marble and calc-silicate rocks, interpreted as paleoproterozoic paragneisses (Valladares et al. 2009). The Juiz de Fora Complex is composed of orthogranulites of varied composition, including charnockitic, charno-enderbitic, enderbitic, and gabbroic rocks. The Quirino Complex comprises hornblende-biotite orthogneisses and leuco- to mesocratic biotite-orthogneisses with meso- to melanocratic enclaves, calc-silicate rocks, and amphibolites (Valladares et al. 2009). On the regional geological map (Fig. 2), the Paraíba do Sul Complex is represented as “Paleoproterozoic paragneisses”, whilst the Juiz de Fora and Quirino complexes are grouped as “Paleoproterozoic orthogneisses”, for cartographic clarity.

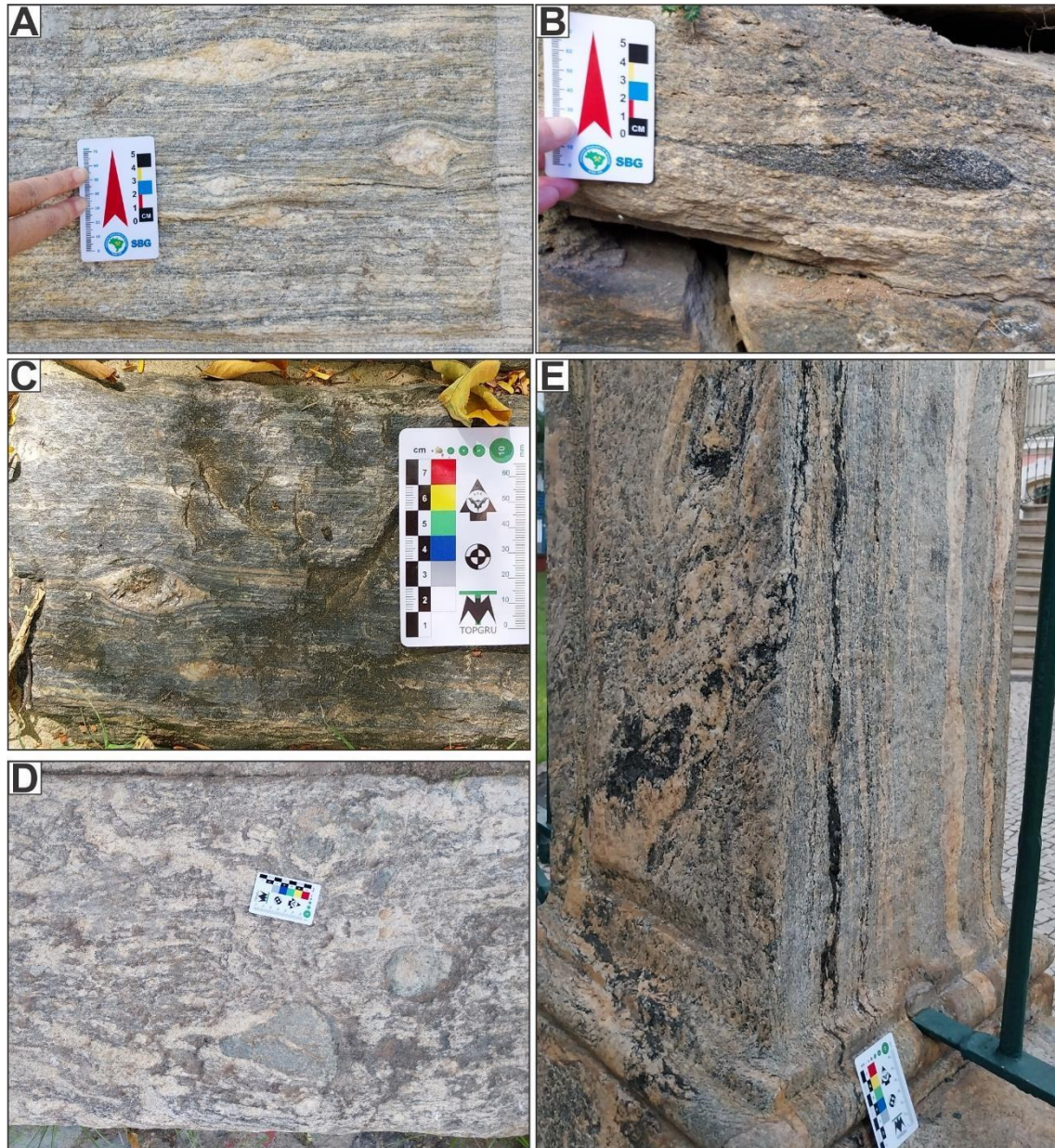
Mylonites are rocks formed by intense ductile strain associated with tectonic plate motion, resulting in the elongation and preferred orientation of mineral grains. They may derive from different precursors, including igneous protoliths (mylonitic orthogneisses) and sedimentary protoliths (mylonitic paragneisses). The Além Paraíba Shear Zone (APSZ) comprises orthogneisses of varied compositions, paragneisses, amphibolites, granulites, and syntectonic granitoids. These lithologies underwent dextral transpressional shearing under high-grade metamorphic conditions, resulting in a pervasive mylonitic foliation. This planar fabric is defined by the preferred orientation of elongated and recrystallised minerals, including biotite, feldspar, quartz, amphibole, and sillimanite.

The internal structure of the APSZ mylonites is characterized by subvertical mylonitic foliation and tight to isoclinal folds with ENE-WSW-trending axes and axial planes. A pronounced subhorizontal stretching lineation, dipping 0–15°, records the direction of tectonic transport. These structural features exert a strong control on the local fluvial morphology, with the channel of the Paraíba do Sul River locally guided by the preferential orientation of the Além Paraíba Shear Zone mylonites, as illustrated in Fig. 3.



**Fig. 3** Low-stage fluvial exposure of the Paraíba do Sul River, periodically inundated during high discharge, revealing mylonitic structures of the Além Paraíba Shear Zone

Indicators for dextral kinematics include sigmoidal feldspar porphyroclasts and boudins of mafic bodies that preserve relic structures of the parent rock (Fig. 4A to D). Grain-size reduction may be variable, depending on deformation intensity. The figure 4E reveals the contrast in appearance between adjacent faces with respect to the orientation of the observation plane relative to the foliation: banding is visible where the surface cuts across the foliation, whereas features related to partial melting are best observed where the surface is parallel to it.



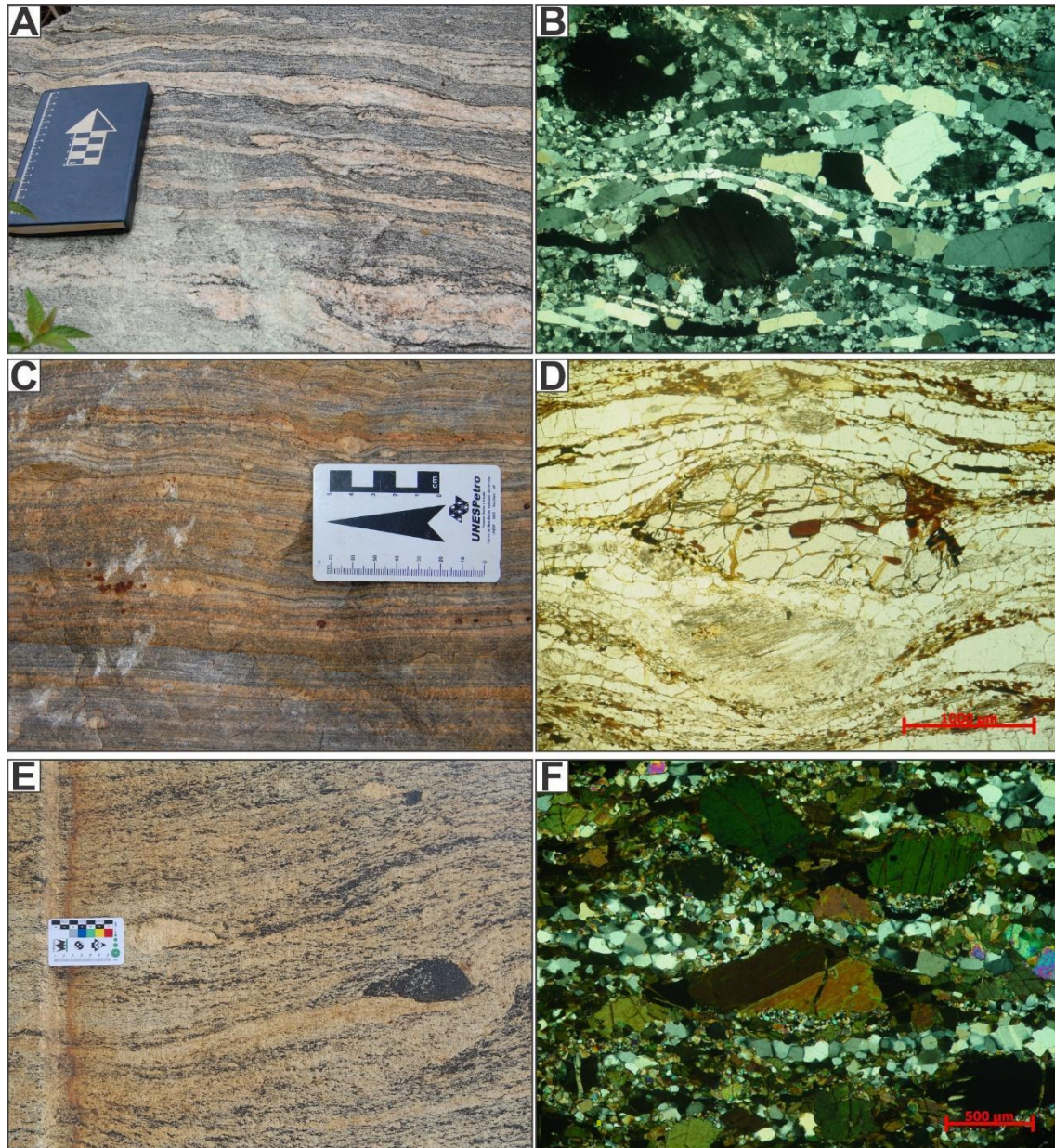
**Fig. 4** Kinematic indicators in mylonites of the Além Paraíba Shear Zone. A – Casa de Pedra, B. Três Rios, C. Salutaris Park, D. Serraria Station, E. Adjacent faces showing structure control on viewing-plane: banding across foliation vs. partial melting features parallel to it, Paraíba do Sul

According to the deformation index classification proposed by Zuquim (2011), Giraldo et al. (2019) defined a spatial division of the APZS in structural zones according the deformation intensity. Mylonites correspond to D1 and D2 (intense and moderate to intense deformation) whereas protomylonites correspond to D3 and D4 (moderate to weak deformation) (Fig. 2). Thermobarometric data indicate deformation under amphibolite facies conditions, with temperatures ranging from  $562\pm38^{\circ}\text{C}$  and  $714\pm23^{\circ}\text{C}$ , and pressures between  $4.3\pm1.1$  kbar to  $7.1\pm0.8$  kbar (Giraldo et al. 2019). U-Pb zircon ages indicate crystallization of the orthogneisses at  $2,134\pm27$  Ma, with mylonitization related to a neoproterozoic metamorphic event between 595 and 590 Ma (Giraldo et al. 2019).

Petrographic analyses reveal features typical of medium to high grade ductile deformation. Both mylonitic orthogneiss and paragneiss display a banded texture, with alternating felsic and mafic bands composed

mainly of quartz, K-feldspar, plagioclase and biotite. Quartz is fully recrystallized by grain boundary migration, forming elongated ribbons, while the plagioclase exhibits curved polysynthetic twinning and marginal recrystallization. K-feldspar occurs as elongated porphyroclasts with undulose extinction and polygonal recrystallization (Giraldo et al 2019).

In the mylonitic orthogneisses (Fig. 4. A, B), feldspars form centimeter scale bands with polygonal grain contacts and locally occur as porphyroclasts up to two centimeters long. Garnet-sillimanite paragneisses contain garnet porphyroclasts up to three centimeters long (Fig. 4. C, D), commonly elongated and surrounded by pressure shadows composed of biotite, quartz, and fine opaques minerals. Mafic granulite mylonites (Fig. 4. E, F) display elongated orthopyroxene and clinopyroxene porphyroclasts associated with hornblende-group amphiboles. All of those mineral assemblages record intense ductile deformation, expressed by undulose extinction and marginal recrystallization. The fine-grained matrix supports a penetrative mylonitic foliation, underscoring the geological processes that confer scientific and heritage value to the Além Paraíba Mylonite.



**Fig. 5** Macroscopic and microscopic aspect of the Além Paraíba Mylonite. A. Mylonitic orthogneiss (outcrop). B. Mylonitic orthogneiss photomicrograph showing feldspars porphyroclasts that deflect the foliation marked by quartz ribbons, and polygonal contacts between grains in the matrix (under crossed nicols). C. Garnet-sillimanite paragneiss (outcrop). D. Garnet-sillimanite paragneiss photomicrograph showing garnet porphyroclasts up to three centimeters with pressure shadows (under parallel nicols). E. Mafic granulite mylonite outcrop. F. Mafic granulite mylonite photomicrograph showing elongated orthopyroxene and clinopyroxene porphyroclasts alongside hornblende-group amphiboles (under crossed nicols).

## TECHNOLOGICAL CHARACTERISATION

The Além Paraíba Mylonite is no longer quarried as a natural stone, and there are no records of its commercialization. Therefore, to study its properties as a building stone, blocks of mylonitic orthogneiss and paragneiss were manually extracted from outcrops with hammer and chisel by a local stone worker. The blocks were later cut with a diamond saw into specimens for characterisation tests, although, due to the mylonite foliation and the manual technique used, it was not possible to obtain all the samples needed

for testing. Apparent density, apparent porosity and water absorption at atmospheric pressure were determined for 10 cubes (50 to 70 mm) following the standard (ABNT 2015a). The same cubes were used to measure the water absorption by capillarity following EN 1925 (NP 2000), the water absorption by the contact sponge - EN 17655 (BSI 2022), and the drying properties according to EN 16322 (BSI 2013). The compressive strength was determined only on eight cubes (70 mm), four in dry and four in saturated conditions, for the orthogneiss variety, with the loading perpendicular to the foliation, following the NBR 15845-5 standard procedures (ABNT 2015b). For the modulus of rupture, four dry specimens (20 cm x 10 cm x 5 cm) and four saturated ones of the orthogneiss and five dry specimens and four saturated ones of the paragneiss were tested, with the loading perpendicular to the foliation, following the NBR 15845-6 (ABNT 2015c). The flexural strength was measured with the load perpendicular to the foliation on five dry specimens (40 cm x 10 cm x 4 cm) and four saturated ones of both mylonite varieties, following the NBR 15845-7 standard (ABNT 2015d). The hard-body impact test was performed only on three 20 cm x 20 cm x 3 cm specimens of the orthogneiss mylonite, following the NBR 17845-8 standard (ABNT 2015e). Additionally, 40 Leeb Hardness readings on each of 10 sawn surfaces and 10 split surfaces were performed with a Proceq Equotip 3 measurement device and type D probe, and the CIEL\*a\*b\* colour parameters were measured on 15 randomly selected points of the same surfaces with a BYK – Gardner Spectroguide spectrophotometer, D65 observer and 10° measurement angle. Table 1 summarizes the obtained results. Even though there were some deviations from the standards' required number of samples, specially for the paragneiss, which was slightly weathered, the data here presented serve to demonstrate the Além Paraíba Mylonite quality for building purposes at the time it was used, as it seems that this rock was quarried mainly by hand, from outcrops around the settlements and cities in the Fluminense Paraíba Valley.

| PROPERTY                             | MYLONITIC<br>ORTHOgneiss                    | MYLONITIC PARAGNEISS                          |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Apparent density                     | 2639 ± 37 kg/m <sup>3</sup>                 | 2573 ± 24 kg/m <sup>3</sup>                   |
| Apparent porosity                    | 0, 61 ± 0, 11%                              | 2, 60 ± 0, 79%                                |
| Water absorption                     | 0, 23 ± 0, 04%                              | 1, 01 ± 0, 31%                                |
| Uniaxial compression strength<br>(⊥) | 124, 42 ± 24, 04 MPa (Dry)                  | -                                             |
|                                      | 113, 31 ± 22, 14 MPa                        | -                                             |
|                                      | (Saturated)                                 | -                                             |
| Modulus of rupture (⊥)               | 9, 61 ± 2, 62 MPa (Dry)                     | 6, 90 ± 2, 27 MPa (Dry)                       |
|                                      | 8, 81 ± 2, 36 MPa (Saturated)               | 4, 65 ± 2, 05 MPa (Saturated)                 |
| Flexural strength (⊥)                | 6, 76 ± 0, 81 MPa (Dry)                     | 6, 67 ± 1, 42 MPa (Dry)                       |
|                                      | 5, 13 ± 0, 83 MPa (Saturated)               | 3, 62 ± 0, 81 MPa (Saturated)                 |
| Hard body impact                     | 0, 83 ± 0, 08 m / 8 ± 0, 7 J                | -                                             |
| Water absorption by capillarity      | ( C1; ⊥) 1, 22 ± 0, 99 g.m <sup>2</sup> /√s | ( C1; ⊥) 11, 91 ± 5, 20 g.m <sup>2</sup> /√s  |
|                                      | (C2: II) 1, 40 ± 0, 30 g.m <sup>2</sup> /√s | (C2: II) 12, 98 ± 17, 70 g.m <sup>2</sup> /√s |

|                                            |                |                                              |                |                                               |
|--------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Water absorption by the contact<br>spounge | ( $\perp$ )    | $1,93 \pm 0,90$<br>(mg/cm <sup>2</sup> .min) | ( $\perp$ )    | $6,45 \pm 4,19$<br>(mg/cm <sup>2</sup> .min)  |
|                                            | (II)           | $1,69 \pm 0,45$<br>(mg/cm <sup>2</sup> .min) | (II)           | $10,15 \pm 7,03$<br>(mg/cm <sup>2</sup> .min) |
| Drying Index                               | (DI; $\perp$ ) | $0,21 \pm 0,03$                              | (DI; $\perp$ ) | $0,25 \pm 0,03$                               |
|                                            | (DI: II)       | $0,17 \pm 0,02$                              | (DI: II)       | $0,27 \pm 0,02$                               |
| Leeb hardness                              |                | $838 \pm 48$ HLD (sawn)                      |                | $680 \pm 79$ HLD (sawn)                       |
|                                            |                | $436 \pm 143$ HLD (split)                    |                | $540 \pm 42$ HLD (split)                      |
| Colour measurement                         |                | L* [60, 51 a 71, 48]<br>(sawn)               |                | L* [64, 09 a 67, 39]<br>(sawn)                |
|                                            |                | L* [39, 08 a 57, 59]<br>(split)              |                | L* [42, 16 a 58, 67]<br>(split)               |
|                                            |                | a* [-0, 81 a 0, 28]<br>(sawn)                |                | a* 0, 29 a 2, 81] (sawn)                      |
|                                            |                | a* [-0, 39 a 2, 92] (split)                  |                | a* [1, 80 a 5, 31] (split)                    |
|                                            |                | b* [-1, 69 a 1, 14] (sawn)                   |                | b* [7, 96 a 14, 88]<br>(sawn)                 |
|                                            |                | b* [-0, 69 a 8, 71] (split)                  |                | b* [12, 54 a 20, 73]<br>(split)               |

**Table 1** – Technological characterisation tests results of Além Paraíba Mylonite

## QUARRIES

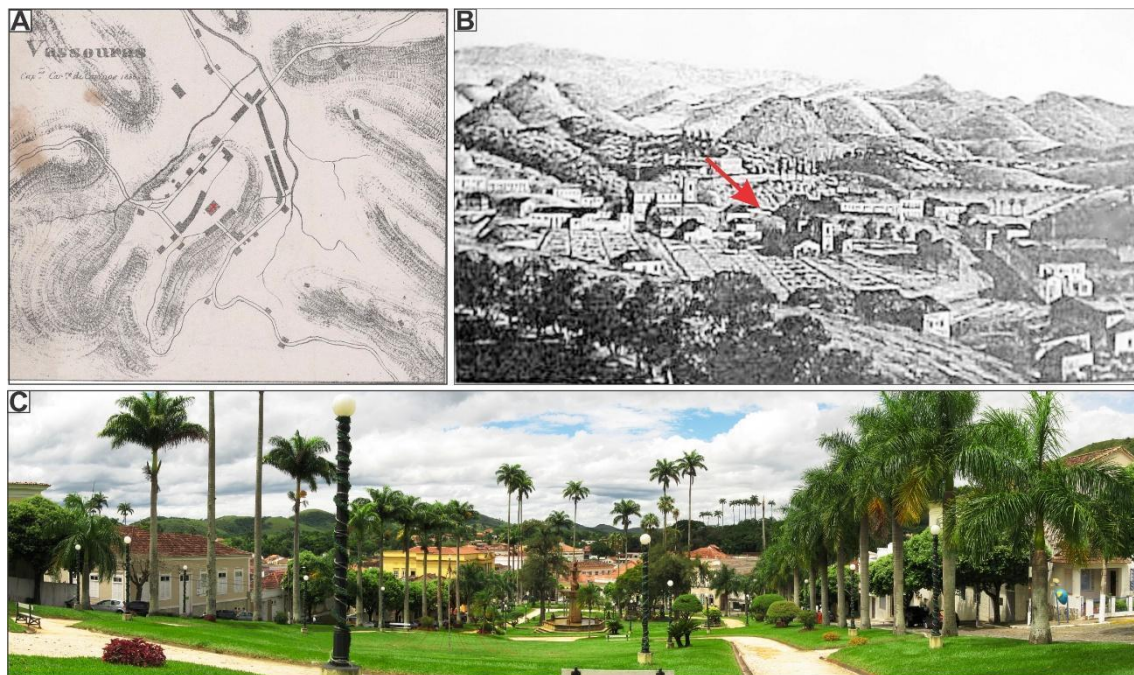
Nine quarries (Q1–Q9; Fig. 2) were identified within the study area (Table 2; Fig. 2). These are located in the municipalities of Paraíba do Sul (INEMA Quarry – Q1), Barra do Piraí (Maracanã Quarry – Q2), Três Rios (Argamil – Q3, São Sebastião – Q4 and Alemão – Q7), Valença (unnamed quarries – Q5 and Q6), and Vassouras (Q8 and Q9). At present, only two quarries remain active: Maracanã Quarry (Q2) and Argamil Quarry (Q3), which produce aggregates for the companies they belong to.

| QUARRIES              | ID | COORDINATES    |                |
|-----------------------|----|----------------|----------------|
| Inema Quarry          | Q1 | 22°12'0.90" S  | 43°18'45.79" W |
| Maracanã Quarry       | Q2 | 22°29'41.14" S | 43°48'36.44" W |
| Argamil Quarry        | Q3 | 22°4'37.60" S  | 43°12'11.58" W |
| São Sebastião Quarry  | Q4 | 22°6'21.81" S  | 43°12'2.79" W  |
| Valença Old Quarry    | Q5 | 22°15'24.63" S | 43°42'19.58" W |
| Valença Quarry 1980's | Q6 | 22°14'23.85" S | 43°41'6.19" W  |
| Alemão Quarry         | Q7 | 22°6'48.77" S  | 43°9'23.59" W  |
| Vassouras Quarry (1)  | Q8 | 22°24'35.70" S | 43°39'40.80" W |
| Vassouras Quarry (2)  | Q9 | 22°24'42.10" S | 43°39'35.70" W |

**Table 2** – Inventory and geographic distribution of the nine identified quarries (Q1–Q9) within the study area

Inactive quarries Q1 (INEMA), Q4 (São Sebastião), and Q7 (Alemão) are of high relevance for geoheritage conservation. These sites are located near the boundary between the D1 and D2 structural domains of the Além Paraíba Shear Zone and expose lithotypes ranging from intensely to moderately deformed mylonites. São Sebastião Quarry (Q4) was opened in 1979 and ceased operations in 2013. The quarry pit flooded and is now a lake; in addition to its geological value, it was declared as a site of landscape interest (Três Rios 2013). Alemão Quarry (Q7) also includes lithologies associated with the Juiz de Fora Complex and has been regularly used for undergraduate geology fieldwork since the 1990s, reinforcing its scientific and educational significance.

Within the city of Vassouras—a designated National Landscape and Urban Heritage site situated in the D2 structural domain of intensely deformed mylonitic rocks—historical documents pinpoint a specific quarry (Q8). This site, located directly opposite the Nossa Senhora da Conceição Parish Church on the main square, was "exploited over an extended period for public and brotherhood works" (Silva Telles 1968) and is today concealed by landfill. The evolution of that main square between 1839 and the present day is illustrated in Fig. 6.

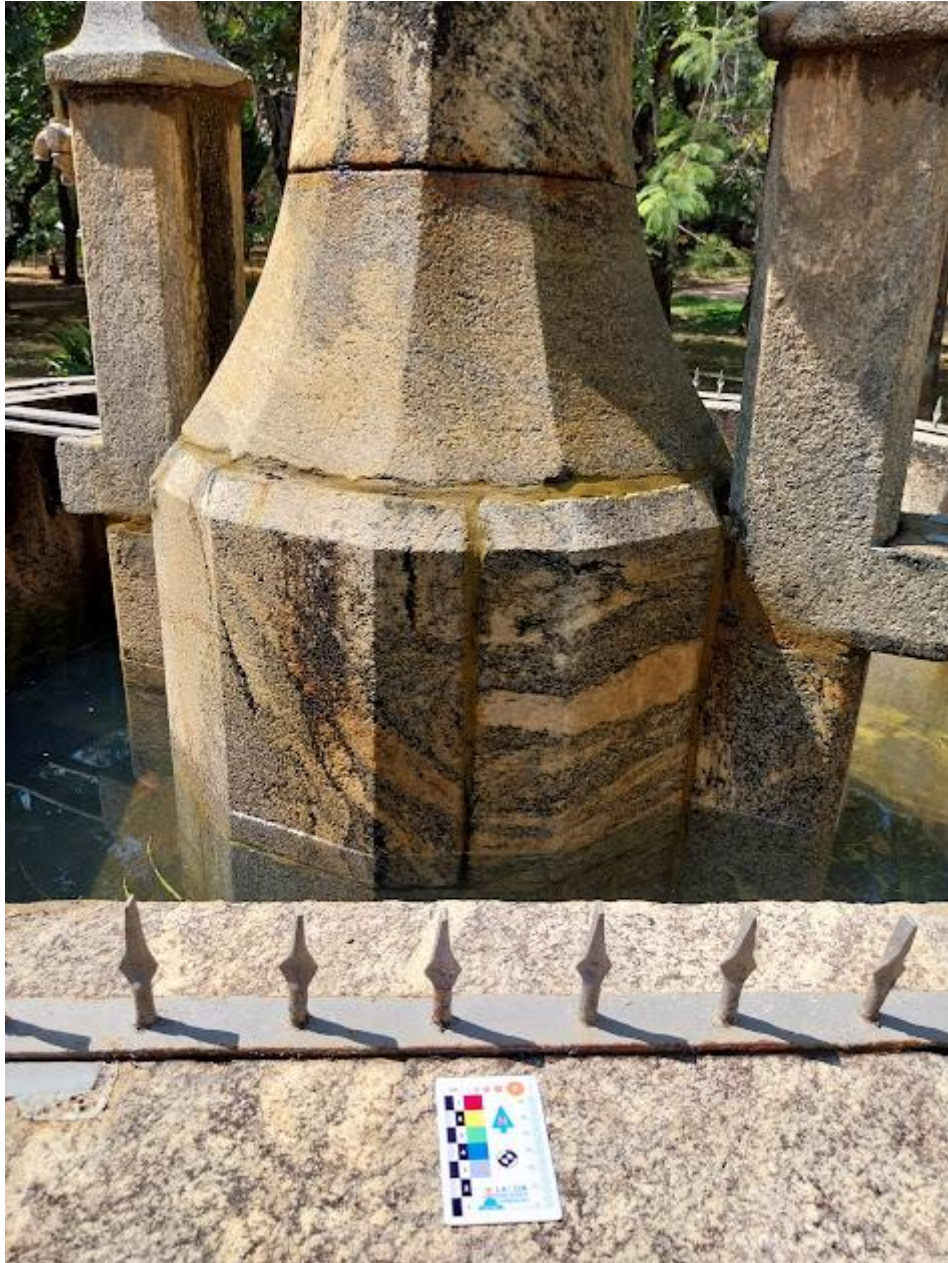


**Fig. 6** Evolution of the Main Square of Vassouras. A) Map from 1839, showing the Nossa Sra. da Conceição Church and the square (Taulois, 1839). B) Lithography of Vassouras published in 1845 (O Ostensor), and probable location of the quarry (red arrow). C) The square in 2009 (By Myself - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8861371>)

A further quarry (Q9) was identified within the urban limits in the former Quarry district (*Bairro da Pedreira*), near the site previously known as Gallows Court as it housed the pillory (*pelourinho*) where corporal punishments were administered. Today, the Manoel Congo Memorial stands there to honour the memory of the African who was hanged at the site in 1839; he was one of the primary leaders of a major uprising of enslaved labourers from the regional coffee plantations.

The active Maracanã (Q2) and Argamil (Q3) quarries represent distinct structural domains within the shear zone. Maracanã Quarry is located in the D3 structural domain, while Argamil Quarry lies in D4 structural domain both exposing protomylonitic rocks ranging from moderately to weakly deformed facies.

Quarries Q5 and Q6, located in the city of Valença, lie outside the main shear zone axis but are representative of hornblende–biotite orthogneisses of the Quirino Complex, showing weak deformation related to the APSZ. These sites hold notable historical value, as the stone used in the construction of nineteenth-century monuments in Valença (Fig.7) was extracted from Quarry Q5 (Fig.8). Quarry Q5 was deactivated during the 1920s, after which extraction shifted to quarry Q6 that remained active until the 1980s. No active quarries are currently documented in the municipality.



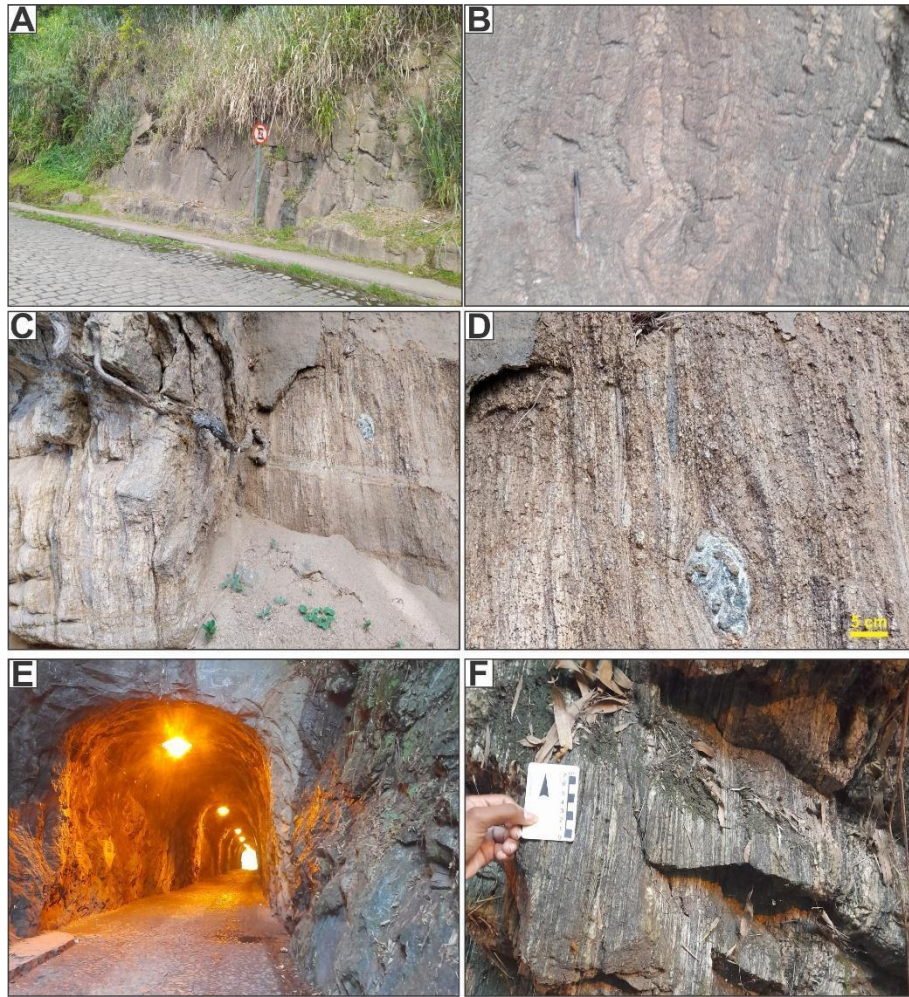
**Fig. 7** Fountain of Square XV de Novembro in Valença (1850)

Additional geoheritage information was obtained through verbal communication with staff of the State Institute of Cultural Heritage of Rio de Janeiro (INEPAC, Valença Branch). According to these accounts, stone used in historical monuments in São José das Três Ilhas (Belmiro Braga municipality), was extracted from rural areas located within approximately ten kilometers from the historic center. Stein (1990) also affirms that the building stones of the coffee plantations houses were quarried from the outcrops scattered in the region.



**Fig. 8** Historic quarry in Valença, circa 1878–1879, behind the church. Source: INEPAC Archive

Furthermore, several cuttings inside and around the urban areas expose outcrops of Além Paraíba Mylonite, facilitating the observation of the rock's structure, texture and weathering profile. These exposures represent a primary resource for geoscientific academic instruction and public outreach, bolstering the understanding of the region's geomorphology and the dissemination of that lithotype's scientific value (Fig. 9).



**Fig. 9** Além Paraíba Mylonite outcrops: cutting slope in the city of Vassouras (A) and detail (B); weathered milonite in a cutting slope in the City of Paraíba do Sul (C) and detail of lithic fragments (D); mylonitic orthogneiss cutting slope at the entrance of a tunnel excavated from the same rock (E) and detail of the mylonitic characteristic banding (F)

## MYLONITE APPLICATIONS IN THE FLUMINENSE PARAÍBA VALLEY

In the Fluminense Paraíba Valley, the Além Paraíba Mylonite was widely utilised in historic constructions owing to its regional abundance, durability, and accessibility. This stone is featured in religious, civic, residential and infrastructural works, many of which are officially recognised as cultural heritage at municipal, state, and national levels, including the historic centres of Vassouras, Valença and Paraíba do Sul. This extensive use reflects the close relationship between local geology and urban development, establishing the Além Paraíba Mylonite as a material expression of regional identity and geodiversity.

Beyond its functional role in construction, mylonite constitutes a key link between geological context, historical occupation and cultural landscapes. Its presence in monuments, public spaces and everyday architectural elements has contributed to cultural tourism, academic research, and heritage education, thereby strengthening community identity and supporting preservation initiatives across the valley. For analytical purposes, the use of mylonite was grouped into the following categories: religious architecture, elite residential civic and institucional buildings, transportation and engineering structures, monuments and memorials, and architectural elements and finishes.

## Religious Architecture

Fourteen churches using mylonite were identified across eleven of the thirteen municipalities surveyed. The Além Paraíba Mylonite is commonly employed in bases, staircases, entrance portals, pillars and window frames, often forming the exposed mylonitic paragneiss or orthogneiss facies of facades (Fig. 10).

Notable examples include Nossa Senhora do Carmo Church (1887), listed by IPHAN since 1964 (Fig. 10.C) and the Nossa Senhora da Conceição Church (1829) in Vassouras, listed by IPHAN since 1958; and São José das Três Ilhas Parish Church (1888; Fig. 10.K), in Belmiro Braga (MG), which is entirely built of stone and displays multiple mylonite varieties ranging from protomylonite to intensely deformed mylonite. This lithological diversity confers exceptional geodiversity value to the structure, which has been listed by the State Institute of Historical and Artistic Heritage of Minas Gerais (IEPHA-MG – *Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais*) since 1997.

The Nossa Senhora da Glória Cathedral (Fig. 10.I), built in 1859 and listed by INEPAC since 2004, is directly associated with the historical development of the Valença municipality. Also, in Valença, in the Conservatoria district, the Santo Antônio Parish Church (1868) features mylonite in its architectural elements (Fig. 10.J).

Other representative churches include Nossa Senhora de Santana Cathedral in Barra do Piraí (Fig. 10.B), listed as a historic by the municipal law since 1983; the São Pedro e São Paulo Parish Church (1860; Fig. 10.E) and the Nossa Senhora do Rosário Church (1854) both in Paraíba do Sul; the Santo Antônio Church (1856) in Sapucaia (Fig. 10.H), and Nossa Senhora Aparecida Church, the latter located approximately 19 km from the city centre (Fig. 10.G)

Additional examples are the Santa Teresa Ávila Parish Church (1858) in Rio das Flores, where aviation pioneer Santos Dumont was baptized (Fig. 10.F); the Monte Serrat Church (1869) in Comendador Levy Gasparian; São José Parish (1883) in Além Paraíba (Fig. 10.A); and Santo Antônio Parish (1864) in Chiador (Fig. 10.D).



**Fig. 10** Religious Architecture in the Fluminense Paraíba do Sul Valley that use mylonite in their construction. A. São José Parish, Além Paraíba (MG); B. Nossa Senhora de Santana Cathedral, Barra do Pirai (RJ); C. Nossa Senhora do Carmo Church, Vassouras (RJ); D. Santo Antônio Parish, Chiador (MG); E. São Pedro e São Paulo, Parish Church, Paraíba do Sul (RJ); F. Santa Teresa Ávila Parish Church, Rio das Flores (RJ); G. Nossa Senhora Aparecida Church, in Sapucaia (RJ); H. Santo Antônio Church, Sapucaia (RJ); I. Nossa Senhora da Glória Cathedral, Valença (RJ); J. Santo Antônio Parish Church, Conservatória (RJ); K. São José Parish Church, São José das Três Ilhas (MG); L. Nossa Senhora da Conceição Church, Vassouras (RJ)

### Elite Residential Civic and Institutional Buildings

The use of Além Paraíba Mylonite was also well documented within this research, in elite residential architecture and in civic and institutional building across the Fluminense Paraíba Valley. In total, nine nineteenth-century elite urban mansions (*palacetes*, in Portuguese) were identified, several of which currently serve public functions, such city halls or municipal councils, reflecting later adaptive reuse of former elite residences. In addition, two buildings were originally constructed as municipal councils and one as city hall, as well as a courthouse, a theater and a social welfare institution, highlighting the broad incorporation of mylonite into urban architecture associated with political, administrative, and cultural life.

1 Among the elite urban mansions, the Além Paraíba Municipal Palace (Fig.11.A), in Minas Gerais, former  
2 the residence of the first major of the city, a famous *coffee baron*, Colonel Breves and, afterwards used as  
3 city hall, features mylonite in its entrance portal.

4 In Paraíba do Sul (RJ), the Barão Ribeiro de Sá Mansion (Fig.11.B), built in 1886 now serving as City Hall  
5 and listed as a heritage site by INEPAC, displays mylonite in entrance columns and staircase. Other notable  
6 examples in the same municipality include the Tiradentes Palace (1856), currently the Municipal Council  
7 with mylonite in its bases and windows frames and the São Fideliz Farm (1847), where mylonitic paragneiss  
8 is used in staircase and pillars.

9 The Sapucaia City Hall (Fig.11.C), originally built in 1871, listed by INEPAC, shows mylonite in its base,  
10 entrance portal, and windows frames.

11 In Vassouras, a city that experienced significant prosperity during the nineteenth century, several palacetes  
12 form part of the historic urban ensemble. These includ the Barão do Ribeirão Mansion (1872), the Barão  
13 de Itambé Palace (1849), and the Hera House Museum, all listed by IPHAN, where mylonitic orthogneiss  
14 textures are preserved in the staircases, handrail newel posts, paving and the building bases, reinforcing its  
15 value as combined architectural and geological heritage. The Casario Courtyard, also within the protected  
16 historic center of Vassouras, displays mylonite in entrance portals, windows frame, and base.

17 In Valença, Léa Pentagna House a 19th-century building restored and inaugurated as a museum and cultural  
18 center around 2000, exhibits mylonite in its base, portal, and structural pillars (Fig.11.D). The Nogueiras  
19 House (1855), part of the urban heritage ensemble listed by INEPAC, further exemplifies the residential  
20 use of mylonite within the historic centre. Valença also preserves one of the buildings originally  
21 constructed as a municipal council (1854; Fig.11.E), listed by INEPAC, where mylonite composes the base  
22 and window frames. A similar case is observed in Vassouras, in the city council building, where beyond  
23 the same applications as in the other mansions, four mylonite neoclassic monolithic coluns stand out,  
24 exhibiting partial melt texture, under the pediment (Fig. 11.F). This building showcases the city's political  
25 and economic relevance during the coffee cycle, and its columns were an offer from a Coffee Baron who  
26 extracted and worked them in its small holding in the city (Raposo, 1978; p. 156).



**Fig. 11** Elite Residential Civic and Institucional Buildings: A. Além Paraíba Municipal Palace (MG); B. Barão Ribeiro de Sá Mansion, Paraiba do Sul (RJ); C. Sapucaia City Hall (RJ); D. Léa Pentagna House, Valença (RJ); E. City Council Valença (RJ); F. City Council Vassouras (RJ)

Beyond residential and administrative functions, mylonite was also employed in institutional buildings of social and cultural significance. The Mariano Aranha Municipal Theater (Paraíba do Sul, RJ), opened in 1892 and listed by IPHAN incorporates mylonite in its rubble masonry walls and doors frames, while the José Fonseca Home (1901 -Valença, RJ) built for social assistance and listed by INEPAC, preserves mylonite in its base and window frames. The Santa Casa de Misericórdia Brotherhood is also part of the historic centre in Valença, listed by INEPAC, and features the mylonite stone in its entrance portals, stairs and windows frames.

The courthouse of the city of Paraíba do Sul, built in 1898, features mylonite in its structural base.

In Comendador Legy Gasparian, a ruined mansion that housed the former Customs House of the *Caminho Novo* (New Road) in nineteenth-century preserves Além Paraíba Mylonite in its walls and in the balcony corbels.

In Paraíba do Sul, Salutaris Park, established following the discovery of mineral water springs in 1887, illustrates the importance of mylonite in the region. This rock is present both in the park's built structures and in the origin of the therapeutic properties of the mineral waters, which result from the leaching of its minerals. These waters gained historical prominence after being appreciated by Emperor Pedro II, contributing to the city becoming known as the "Queen of Mineral Waters.

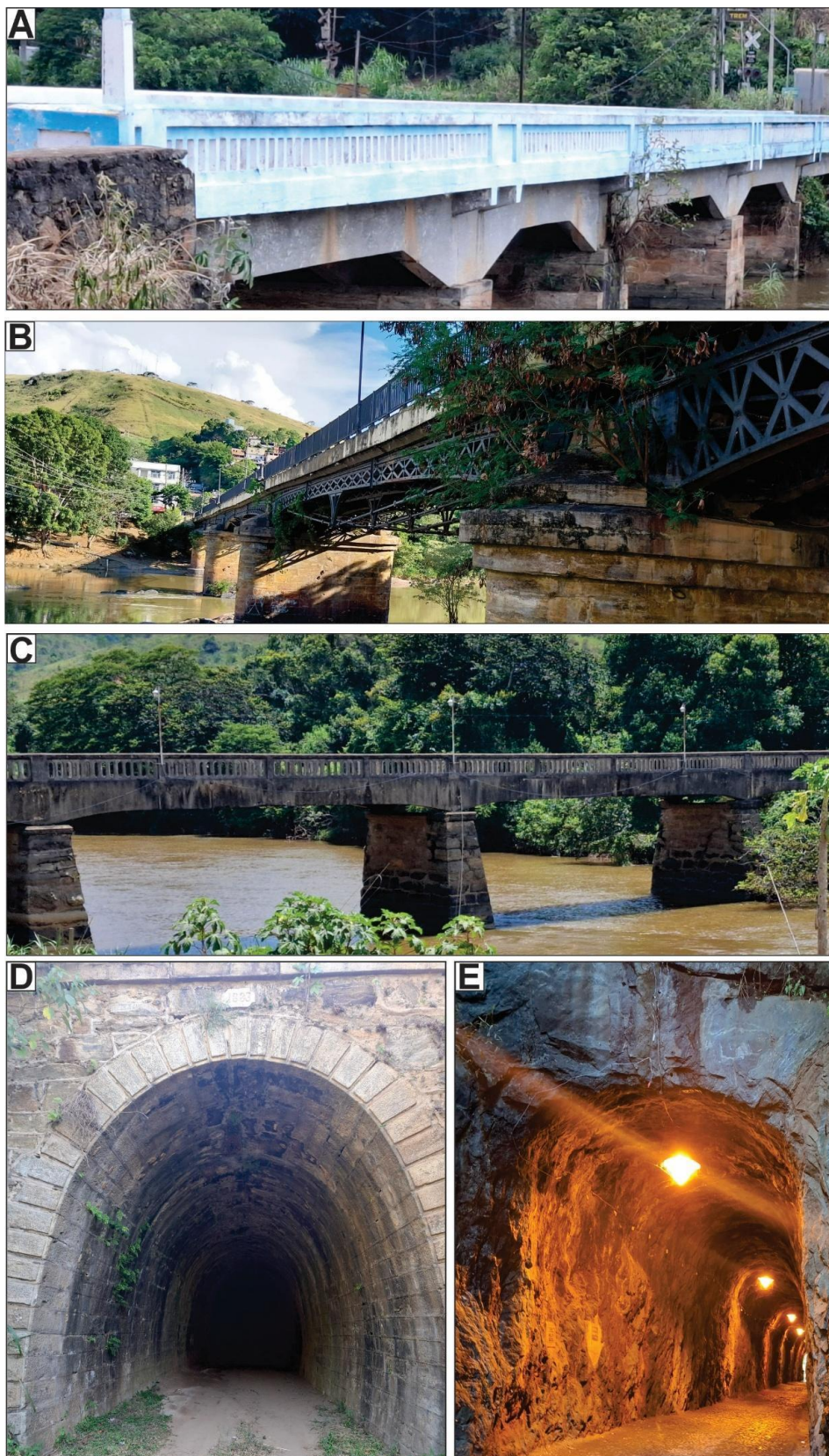
Together, these examples demonstrate that mylonite use extended beyond elite residences into civic, cultural, and welfare architecture, reinforcing its role as a defining material of the region's urban and geoheritage landscape.

### **Transportation and Engineering Structures**

Mylonite was identified in six historic bridges, two tunnels and five railway stations, highlighting its importance in load-bearing elements such foundations, arches, piers and structural bases.

Representative examples, though there maybe several others in the region, include the Paraibuna Bridge (Fig. 12.A) in Comendador Levy Gasparian originally built in 1709 and renovated in 1824; the Parahyba Bridge (Fig.12.B) , the first cast iron bridge in Brazil, built in 1857 and supported by massive pillars of Além Paraíba Mylonite masonry in the city of Paraíba do Sul the Santa Fé Bridge (1869) located in Penha Longa, a Chiador district, and associated with the expansion of the Dom Pedro II Railroad and the Desengano Road-Railway Bridge (1866) connecting the municipalities of Valença and Vassouras. The São José das Três Ilhas Bridge (Figure 12.C) and the Manuel Duarte Bridge (city of Rio das Flores), both linking the states of Minas Gerais and Rio de Janeiro, also exhibit mylonite in their structural bases.

Alongside its use in construction, tunnels excavated directly into mylonitic rock underscore the importance of mylonite in historical engineering works. The Old Tunnel (1883) in the Ipiabas district of Barra do Piraí (Figure.12. D), the Maria Nossar Tunnel (Figure. 12.E) constructed between 1879 and 1883, and Tunnel 12 (known as *Túnel Grande* - Big Tunnel, in Mendes- RJ), inaugurated in 1865 with a length of 2, 236 m and officially listed as heritage by INEPAC were excavated by enslaved labour and remain a significant material record of nineteenth-century infrastructure. The Rua Direita Arch (Figure. 12.E) in the Três Rios city, built in 1938, also features mylonite throughout its entire arch structure.



**Fig. 12** Historic bridges and tunnels related to regional transport infrastructure: A. Bridge over the Paraíba River, Rio das Flores (RJ); B. Parahyba Bridge, Paraíba do Sul (RJ); C. São José das Três Ilhas Bridge; D. Old Tunnel, Barra do Pirai(RJ); E. Maria Nossar Tunnel, Conservatória

Five railway stations were identified that used mylonite: the Chiador Railway Station (Fig.13.A), inaugurated in 1869 and listed by IPHAN, where mylonite occur in door and window frames; the Sapucaia Station (Fig. 13.B), inaugurated in 1871 and displays mylonite in its base, entrance portal, and window frames; the Três Rios Railway Station (1901), known as the Stone House (*Casa de Pedra* Station Fig.13.C), listed by IPHAN, characterised for extensive use of mylonite and currently serving educational, scientific, and cultural purposes; the Penha Longa Railway Station (1887), in Chiador; and the Paraíba do Sul Railway Station, originally built in 1867 and renovated in 1913.

Historic heritage also includes the Comendador Levy Gasparian Coach Station Museum, originally built in 1859 as a horse-changing station along the União e Indústria route connecting the states of Rio de Janeiro and Minas Gerais. Listed by IPHAN, the building was converted into a museum in 1972, the only of its kind in Latin America.

Finally, mylonite was also employed in historic urban paving. The stone historic paving of Vassouras, listed by IPHAN in 1958, is composed of cobblestones uneven cobblestones and flagstones with side gutters over which the enslaved individuals walked while elites circulated along the central elevated pathway. Therefore, those pavements reflect more than the civil works technique of the nineteenth-century but also the social segregation of that period. In Chiador, the pavement surrounding the House of Culture also preserves mylonite, further illustrating the everyday infrastructural use of this rock within the urban landscape.



**Fig. 13** A. Chiador Railway Station; B. Sapucaia Station; C. Stone House in Três Rios city

## Monuments and Memorial Structures

This category includes cemeteries, fountains, and other symbolic and urban elements in which mylonite was employed not for structural purposes, but for its memorial, aesthetic, and representational value. These features play an important role in the construction of collective memory and in the shaping of historical urban and cultural landscapes, reinforcing the symbolic significance of the stone within public and commemorative spaces.

The Conservatória Cemetery (Fig. 14.A), in the municipality of Valença preserves mylonite in its entrance gate. The Nossa Senhora da Conceição Brotherhood Cemetery (Fig. 14.B), located in Vassouras and part of the historic centre listed by IPHAN incorporates mylonite in gates, staircases, bases, and funerary elements. In both cemeteries, the stone corresponds to paragneisses mylonite facies, which is less resistant to weathering.

The Monumental Fountain (Fig.14.C), built in 1846 and the Dom Pedro II Fountain (1849), both built in the mid-nineteenth century in the historic center of Vassouras protected by IPHAN, are entirely constructed of worked stone, reinforcing the visual and symbolic prominence of mylonite in public spaces. Beyond fountains (Fig.14.D), mylonite was widely employed in the construction of urban furniture. In several cities of the Fluminense Paraíba Valley, particularly Valença and Vassouras, public squares also preserve benches, statue bases, and other elements entirely built of mylonite, further evidencing its widespread use in commemorative and landscape architecture. For example, in Vassouras, rounded amphibolite blocks were repurposed as benches, while in Valença, a bench was constructed from mylonite (Fig. 14.E), showcasing the versatility and durability of this stone in civic spaces. Similarly, the obelisk in downtown Três Rios (14.F), inaugurated in 1948, incorporated mylonite, further emphasizing its symbolic and aesthetic role in public monuments.



**Fig. 14** A. Conservatória Cemetery, Valença city; B. Nossa Senhora da Conceição Brotherhood Cemetery in Vassouras city; C. Monumental Fountain in Vassouras city; D. Dom Pedro II Fountain in Vassouras city; E. Bench in Valença city; F. Obelisk in Três Rios city

### Architectural Elements and Finishes

Mylonite was extensively used in architectural details such as thresholds, windows, doors, staircases, retaining walls, and pavements, particularly in historic centers. These small-scale applications demonstrate the stone's versatility and integration into everyday construction practices.

Such elements are preserved in residential buildings in Paraíba do Sul, Valença, Rio das Flores, Mendes, Sapucaia, Três Rios, Barra do Pirai, Comendador Levy Gasparian, Além Paraíba, Chiador and Vassouras (Fig. 15). In addition, mylonite totems formerly used for river mooring remain along former riverbanks, marking historical water levels prior to the diversion of the Paraíba do Sul River in the mid-twentieth century. These features represent tangible links between geological material, fluvial dynamics, and urban history.



**Fig. 15** A. Windows frame on Quinze de Dezembro Street in Paraíba do Sul city; B. Door in townhouse in Paraíba do Sul city; C. Threshold in Conservatória city D. Staircase in a farm in Paraíba do Sul

## FINAL CONSIDERATIONS

The Além Paraíba Mylonite represents a unique geological resource and a key component of the cultural heritage of the South Paraíba Valley. Its occurrence across municipalities in both Rio de Janeiro and Minas Gerais states illustrates how geological features transcend administrative boundaries, reflecting the historical, cultural, and geographical connections that shape the region.

The extensive use of this rock in 19th- and 20th-century constructions—ranging from religious and civic buildings to urban furniture, bridges, and commemorative monuments demonstrates its versatility, durability, and aesthetic appeal. The variety of mylonite textures present in these structures offers valuable opportunities for education, from practical geology classes to public outreach initiatives, and highlights the potential of geodiversity as a tool for cultural and historical interpretation.

By documenting the presence of mylonite in historical architecture and infrastructure, this study provides a foundational record to support conservation strategies, heritage appreciation, and public awareness. Recognizing mylonite as both a material and an identity element reinforces the link between local geodiversity and regional history, emphasizing the need to preserve not only architectural heritage but also the geological richness embedded within it.

Overall, this work aims to foster the protection and promotion of Além Paraíba Mylonite, encouraging initiatives that integrate geological knowledge with cultural heritage, and enhancing the appreciation of the South Paraíba Valley as a space where geodiversity and human history are intimately intertwined.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Bruno Filgueiras Conde Piacesi, Millena Basílio da Silva, and Larissa Soares Silva from the Centre for Mineral Technology, for their support with the characterization tests; and Matheus Miranda for its contribution with the quarries investigation.

### Authorship contribution statement

Stephany de Paula Miranda: Conceptualization, investigation, writing—original draft, writing—review & editing.

Patrícia Duffles: Conceptualization, investigation, writing—review & editing.

Nuria F. Castro: Investigation, writing—review & editing.

### Statements and Declarations

Funding: This study was financed in part by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior -CAPES (Finance Code 001).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

## REFERENCES:

Almeida FFM, Hasui Y, Carneiro CDR (1975) O lineamento de Além-Paraíba. Anais Acad Bras Ciênc 48: 575

- Almeida JCH (2000) Zonas de cisalhamento dúcteis de alto grau do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Thesis, Universidade Estadual Paulista.
- Brandão JB, Furtado MBGN (2020) Casa de Pedra: o “Saber Fazer” no século XX/Stone House: The “Know-How” in the 20<sup>th</sup> century. *Brazilian Journal of Development*. DOI:10.34117/bjdv6n1-207
- Brilha J (2005) Património Geológico e Geoconservação: A conservação da natureza na sua vertente geológica. PalimageEditores, Portugal
- Brilha J (2016) Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review. *Geoheritage* 8:119-134 <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Castro et al (2021) A heritage stone of Rio de Janeiro (Brazil): the Facoidal gneiss. *Episodes* 44(1):59-74 <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2020/0200s13>
- Castro et al (2023) Pedras do patrimônio da IUGS: histórico e requisitos. *Revista do Instituto de Geociências USP* 23(2): 41-52 <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v23-204680>
- Cooper BJ, Marker BR, Thomas I (2013) Towards international designation of a heritage dimension stone. In: Rosa L. G., Silva Z. C. G., Lopes L. (eds.). *Key Engineering Materials*. Zurich: Trans Tech Publications Ltd, 548: 329-335. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.548.329>
- Dayan H & Keller JVA (1990) A Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul nas vizinhanças de Três Rios (RJ): Uma análise da deformação dada por algumas feições estruturais. *Rev. Brás. Geoc.* 19(4):494-506
- Digne (1991) Declaração Internacional de Direito à Memória da Terra. [https://progeo.pt/data/\\_uploaded/file/legislacao/outros-documentos/direitos.pdf](https://progeo.pt/data/_uploaded/file/legislacao/outros-documentos/direitos.pdf). Accessed 05 December 2025
- Del Lama D (2022) O basalto no patrimônio construído e no patrimônio geológico. *Museologia e Patrimônio* 1: 83-97. <https://doi.org/10.52192/1984-3917.2022v15n1p83-97>. Accessed 10 December 2025
- Ehling A, Kaur G, Jackson PNW, Cassar J, Del Lama EA, Heldal T (2024) The First First 55 IUGS Heritage Stone. *International Union of Geological Sciences*. <https://iugs-geoheritage.org/publications-dl/IUGS-FIRST-55-STONES-WEB-BOOK.pdf>. Accessed 15 November 2025
- Frasca MHB, Castro NF, Ribeiro RCC, Magalhães ACF, Navarro FC (2025) Bege Bahia: the calcrete known as Brazilian travertine. *Geoheritage* 17:16. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01060-7>
- Ferraro MR (2017) A arquitetura da escravidão nas cidades do café, vassouras, século XIX. Dissertation, São Paulo University. <https://doi.org/10.11606/D.8.2017.tde-14082017-125752>
- Giraldo et al (2019) Structural analysis combined with new geothermobarometric and geochronological results of the Além Paraíba shear zone, between Três Rios and Bananal, Ribeira Orogen, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 90:118-136. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.11.018>
- Giraldo (2019) Geologia, idades U-PB e Geotermobarimetria da Zona de Cisalhamento Além Paraíba, entre Três Rios (RJ) e Bananal (SP). Dissertation, Rio de Janeiro Federal University
- Heilbron et al (2016) Texto Explicativo dos Mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Accessed 07 December de 2025

- Lamego, AR (1963) O homem e a serra (2a Ed.). Biblioteca Geográfica Brasileira, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Divisão Cultural, 8, A. Rio de Janeiro, Brazil
- Lima LRA (2025) Dez escravos unidos por justiça e algo mais. In: Suiama, SG, Macieira, SSR. and Delgado APT (Org.) O vale da escravidão: histórias de escravizados nos arquivos do Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro, p: 111-122
- Marker (2015) Bath Stone and Purbeck Stone: A comparison in terms of criteria for Global Heritage Stone Resource Designation. Episodes 38(2):118-123. DOI:10.18814/epiiugs/2015/v38i2/008
- Mansur et al (2008) O Gnaisse Facoidal: a mais Carioca das Rochas. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ 31(2):9-22. DOI:10.11137/2008\_2\_9-22
- Marquese (2010) O Vale do Paraíba cafeeiro e o regime visual da segunda escravidão: o caso da fazenda Resgate. Anais do Museu Paulista 18: 83-128  
<https://doi.org/10.1590/s0101-47142010000100004>. Accessed 30 September 2025.
- Muaze, M (2011) O Vale do Paraíba e a dinâmica Imperial. In: Inventário das Fazendas do Vale do Paraíba Fluminense - fase III, INEPAC/ Instituto Cidade Viva 3: 293-340. Rio de Janeiro, Brazil
- Stein SJ (1990) Vassouras: um município brasileiro do café, 1850-1900, 1a. ed. Nova Fronteira, Brazil
- Silva EM, Vauchez A, Bascou J, Hippert J (2002) High-temperature deformation in the neoproterozoic transpressional Ribeira Belt, southeast Brazil. Tectonophysics 352:203–224
- Taunay AE (1945) Pequena história do café no Brasil (1727–1937). Rio de Janeiro: Departamento Nacional do Café. <http://dspace.mj.gov.br/handle/1/12028>. Accessed 23 April 2026
- Topik S (2004) The World Coffee Market in the Eighteenth and Nineteenth Centuries, from Colonial To National Regimes. London School of Economics: Working Papers of the Global Economic History Network, n. 4
- Três Rios (2013). Lei nº. 3982 de 17 de dezembro de 2013. Dispõe sobre a Lei de Uso e Parcelamento de Solo do município de Três Rios, e adota outras providências.
- Valladares et al (2009) Mapa Geológico Escala 1:100.000: Folha Três Rios. MME/CPRM
- Zuquim MPS, Trouw RAJ, Trouw CC, Tohver E (2011). Structural evolution and U-Pb SHRIMP zircon ages of the Neoproterozoic Maria da Fé shear zone, central Ribeira belt SE Brazil. J. S. Am. Earth Sci 31: 199–213