



Aspectos Tomográficos e Microtomográficos de Feições de Deformação Rúptil em Arenitos Pouco Consolidados da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda-RJ)
Tomographic and Microtomographic Aspects of Brittle Deformation
Features in the Poorly Lithified Sandstones of the Resende Formation (Volta Redonda Basin-RJ)

Suelen do Nascimento Vogel¹; Claudio Limeira Mello¹ & Aline Theophilo Silva²

1Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Bloco J, sala J2-23, Avenida Athos da Silveira, 274, 21.949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

2Petróleo Brasileiro S.A., Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello, Avenida Horácio de Macedo, 950, 21941-598, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Emails: suelenvogel@gmail.com; limeira@geologia.ufrj.br; alinet@petrobras.com.br

Recebido em: 15/10/2018 Aprovado em: 13/03/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_759_768

Resumo

O presente artigo apresenta a análise de imagens de tomografia e microtomografia de dois blocos de arenitos pouco consolidados e fraturados, obtidos em um afloramento da Formação Resende na bacia de Volta Redonda (RJ). Através da análise dessas imagens pretendeu-se compreender, em escala macroscópica e microscópica, as características geométricas da deformação rúptil presentes nesses blocos, tais como zonas de bandas de deformação e zonas de dano de falhas, tomando a Formação Resende como um geomaterial análogo a reservatórios de arenitos pouco consolidados presentes nas bacias de Campos e Santos. As imagens tomográficas permitiram observar a geometria interna das estruturas de deformação nos blocos, por diferença de densidade. A partir da análise dessas imagens foram selecionadas posições para o corte de *plugs*, os quais foram imageados em microtomógrafo, proporcionando uma visualização das estruturas em maior resolução. Através da análise das imagens da microtomografia foi possível identificar considerável compactação e redução granulométrica por cominuição dos grãos, com consequente redução da porosidade.

Palavras-Chave: Arenitos pouco consolidados; Deformação tectônica rúptil; Tomografia e microtomografia

Abstract

The present article presents the analysis of tomography and microtomography image of two blocks of poorly lithified and fractured sandstones obtained in an outcrop of the Resende Formation in the Volta Redonda Basin (RJ). Through the analysis of these images it was intend to understand, on a macroscopic and microscopic scale, the geometric characteristics of the brittle deformation present in these block, such as deformation bands zones and fault damage zones, taking the Resend Formation as a geomaterial analogous to reservoirs of poorly lithified sandstones present in the Campos and Santos basins. The tomographic images allowed to observe the internal geometry of the deformation structures in the blocks, by density difference. From the analysis of these images were selected positions for the cut of plugs, which were imaged in microtomography, providing a visualization of the structures in higher resolution. By analyzing the microtomography images, it was possible to identify considerable compaction and granulometric reduction by comminution of the grains, with consequent reduction of porosity.

Keywords: Poorly lithified sandstones; Brittle tectonic deformation; Tomography and microtomography

1 Introdução

A presença de feições de deformação rúptil, tais como falhas, juntas e bandas de deformação, pode afetar de maneira crítica a exploração de reservatórios, por ser a deformação tectônica um importante fator de alteração da permoporosidade original das rochas (Ellevset *et al.*, 1998; Fisher & Knipe, 1998; Pei *et al.*, 2015). Juntas e bandas de deformação têm espessuras centimétricas, enquanto falhas de pequeno e médio porte podem desenvolver zonas de dano com alguns centímetros a poucos metros de largura. Por conta de suas dimensões, a detecção e o estudo dessas estruturas em reservatórios em subsuperfície são tarefas difíceis, uma vez que são menores que a resolução da sísmica (a partir de 10 m) e maiores que a resolução observável em testemunhos ou perfis de imagem de poços (diâmetro entre 15 e 20 cm). Em se tratando de reservatórios areníticos pouco consolidados, a caracterização de zonas deformadas é ainda mais complexa, em razão da deformação nesse tipo de material tender a ser não localizada (*i.e.*, cisalhamento não concentrado em um único plano de deslocamento) e as estruturas frequentemente apresentarem aspecto difuso, com rejeitos pequenos. Desta forma, o estudo do impacto da deformação sobre a permoporosidade neste tipo de reservatório torna-se um tópico específico dentro do tema (Aydin & Johnson, 1978; Fossen & Hesthammer, 1997; Ballas *et al.*, 2015; Philit *et al.*, 2015).

O estudo de análogos é um recurso comumente utilizado pela indústria do petróleo para suprir as dificuldades advindas do acesso limitado às informações geológicas em subsuperfície, sendo usado como base para a parametrização de propriedades de reservatórios (Howell *et al.*, 2014). Neste sentido, a Formação Resende, de idade paleogênica e principal preenchimento sedimentar das bacias que compõem o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini *et al.*, 2004), vem sendo considerada como material mecanicamente análogo a reservatórios areníticos pouco consolidados de bacias petrolíferas da margem sudeste brasileira. Seus aspectos permoporosos foram investigados anteriormente por Barboza (2007, 2009), com o objetivo de classificar a sua qualidade como aquífero, concluindo que os arenitos da Formação Resende, apesar da boa porosidade,

possuem baixa permeabilidade. Estas características foram associadas à alteração dos feldspatos, produzindo uma porosidade secundária intragranular, mas levando à produção de elevada matriz argilosa, obstruindo os espaços intergranulares. Barboza (2009) destacou também a influência dos padrões de fraturamento neotectônico no aumento dos valores de permeabilidade da Formação Resende.

Maciel (2016) e Rotava (2017) investigaram os aspectos deformacionais dos arenitos da Formação Resende em um afloramento na Bacia de Volta Redonda, respectivamente em termos macroscópicos e microscópicos. Utilizando estes trabalhos como ponto de partida, o presente estudo propõe a utilização de imagens tomográficas e microtomográficas para melhor caracterizar aspectos estruturais relacionados à deformação rúptil de arenitos pouco consolidados nesse afloramento.

2 Contexto Geológico

A Bacia de Volta Redonda, juntamente com as bacias de Resende, Taubaté e São Paulo, está inserida no Segmento Central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB – Riccomini, 1989; Riccomini *et al.*, 2004). Seu embasamento corresponde a rochas do domínio da Faixa Ribeira, formada durante a Orogênese Brasileira, que marcou o final da amalgamação da porção ocidental do paleocontinente Gondwana, entre 790 Ma e 520 Ma (Delgado *et al.*, 2003), sendo caracterizado por uma variação de terrenos litotectônicos compostos por complexos ortoderivados e paragnáissicos e suítes intrusivas, com uma forte estruturação NE-SW (Heilbron *et al.*, 2004).

A Formação Resende constitui o principal preenchimento sedimentar da bacia de Volta Redonda (Figura 1) e das outras bacias que compõem o Segmento Central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini *et al.*, 2004; Sanson, 2006; Sanson *et al.*, 2006; Negrão, 2014; Negrão *et al.*, 2015), sendo relacionada a sua principal fase de sedimentação. Esta unidade litoestratigráfica é composta por arenitos feldspáticos e conglomerados finos, com intercalações de lamitos arenosos e arenitos lamosos esverdeados. Nas porções proximais às bordas da bacia

foram depositados sedimentos fanglomeráticos. Os depósitos da Formação Resende são associados a leques aluviais interdigitados a sistemas fluviais axiais de padrão entrelaçado.

Sucessivos eventos tectônicos identificados no RCSB controlaram a evolução da Bacia de Volta Redonda, desde a sua formação no Eoceno (Figura 1). Estes eventos foram responsáveis pela configuração atual da bacia, que, de acordo com estudos mais recentes de Negrão (2014) e Negrão *et al.* (2015), apresenta sete áreas de registro sedimentar paleogênico e dois depocentros com registro aflorante essencialmente quaternário.

O afloramento em estudo está localizado no Gráben de Casa de Pedra (principal depocentro da Bacia de Volta Redonda), situado em um terreno particular à margem da Rodovia do Contorno, sendo o acesso feito pela Rodovia dos Metalúrgicos (VRD-001, ao sul) ou pela Rodovia Lúcio Meira (BR-393, ao norte).

3 Metodologia

Inicialmente foram coletados dois blocos de arenitos do afloramento (Figura 2). O primeiro (F1#3A) foi coletado na zona de influência de uma das falhas principais observadas no afloramento (falha F1) e o segundo (BD#2) foi obtido em uma zona de bandas de deformação descrita na porção sul do afloramento.

Após a descrição macroscópica dos blocos, foram adquiridas imagens desses em tomógrafo médico. Para se obter o melhor contraste de densidade nas amostras, as condições de tensão e de corrente prescritas para o feixe de raios-X foram, respectivamente, 140 V e 280 mA. Após a análise das imagens, foram selecionadas posições nos blocos onde foram encontrados aspectos interessantes da deformação, que necessitariam de melhor resolução das imagens para serem mais bem caracterizados. Des-

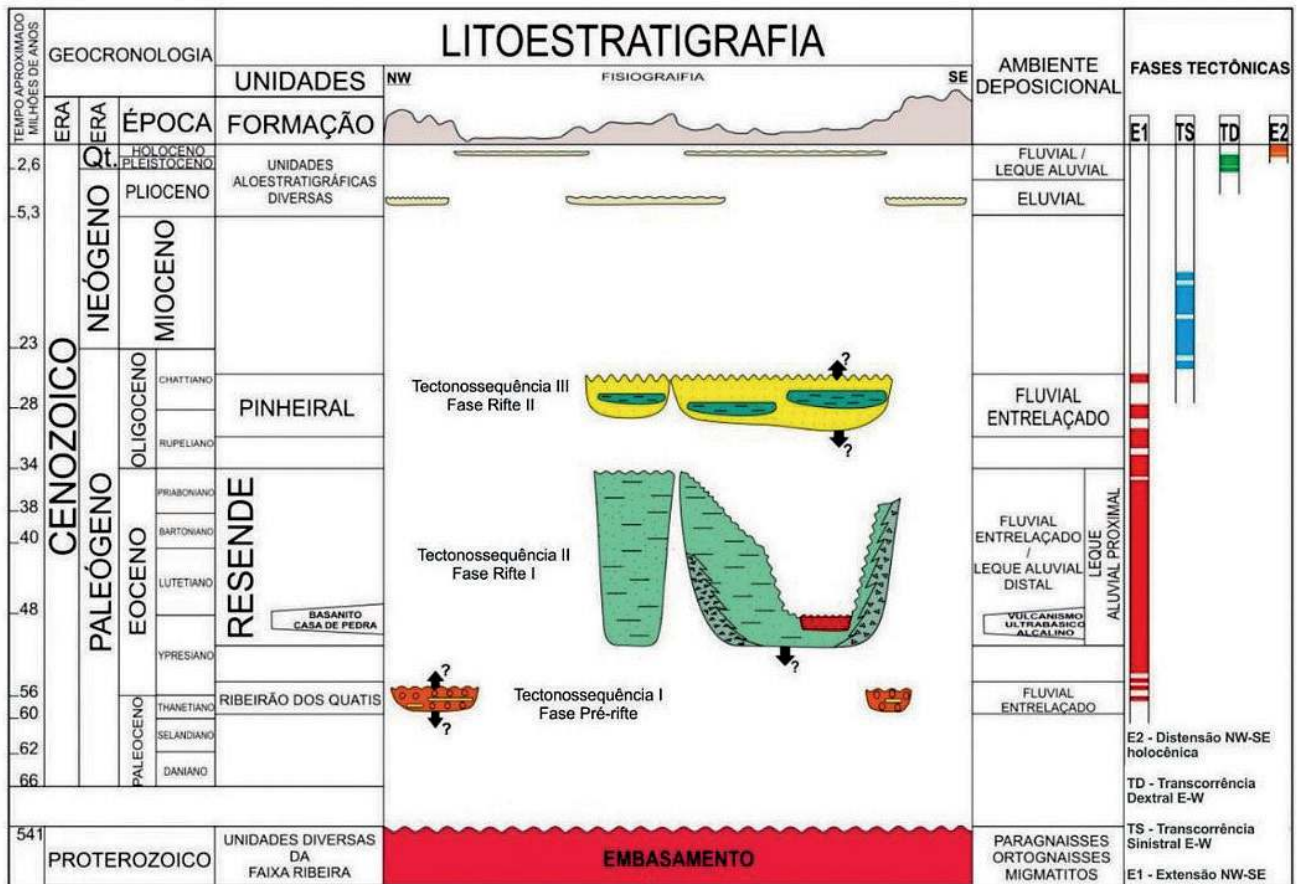


Figura 1 Coluna litoestratigráfica da Bacia de Volta Redonda, incluindo as fases de sua evolução tectônica (Negrão, 2014).

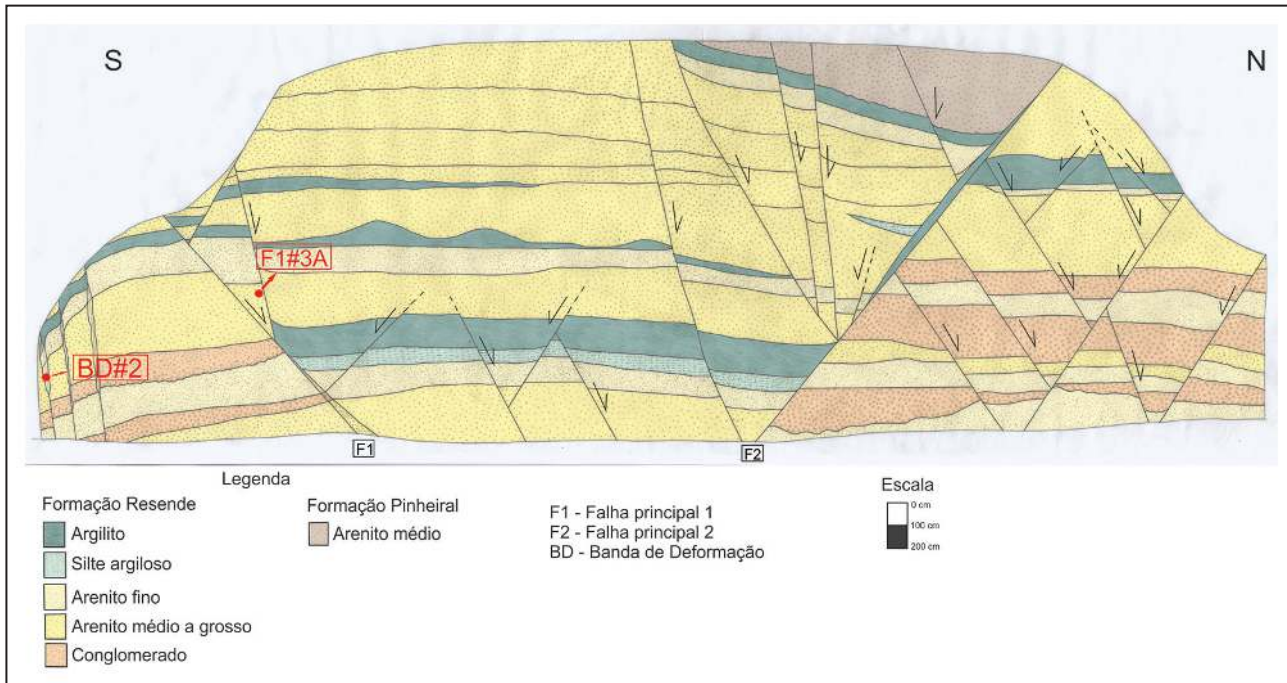


Figura 2 Seção geológica do afloramento em estudo (modificado de Maciel, 2016), indicando a localização da coleta dos blocos de arenitos deformados F1#3A e BD#2.

ta forma *plugs* foram obtidos a partir destes blocos, porém 5 *plugs* foram selecionados para o presente estudo (dois do bloco BD#2; três do bloco F1#3A), com cerca de 1" (~ 3 cm) de diâmetro e comprimento variando de 3,39 a 8,80 cm, que foram revestidos com duas camadas sobrepostas de teflon e níquel, e receberam telas de aço inox no topo e na base, para prevenir a desagregação dos *plugs*. Após essa preparação foram realizadas as aquisições das imagens tomográficas desses *plugs*. Em sequência foi efetuada a análise das imagens microtomográficas.

4 Resultados

Através da descrição macroscópica do bloco F1#3A, identificou-se um contato litológico entre duas camadas de arenitos (Figura 3), compostos principalmente de quartzo, seguido de feldspato, muscovita e líticos. A camada superior possui uma granulometria de areia grossa superior, com grânulos orientados, indicando o padrão de estratificação. A camada inferior possui granulometria de areia grossa inferior, com estratificação pouco evidente. A coloração geral desses arenitos é acinzentada/amarelada, mas se observa que se encontram tingidos com co-

res que variam do laranja ao vermelho em razão da percolação de óxido de ferro, especialmente em uma faixa que ocupa a metade norte do bloco (Figura 3) e que se associa à zona de falha. Tais cores realçam também a presença de faixas verticais delgadas em padrão anastomosado (Figura 3), características de estruturas do tipo bandas de deformação, anteriormente descritas por Maciel (2016) e caracterizadas petrograficamente por Rotava (2017). Nesse bloco ainda se observa que contato entre as camadas de arenito encontra-se escalonado por uma sequência de pequenas falhas, cuja frequência aumenta à medida que se aproxima o plano da falha principal.

A presença das estruturas de origem tectônica bem como das estruturas sedimentares é mais bem percebida através das imagens tomográficas (Figura 3). Isso ocorre em função não apenas do contraste de densidade causado pela variação da granulometria da rocha, mas também pela formação de barreiras de permeabilidade à percolação de água com óxido de ferro, favorecendo a concentração desse, o que potencializa o efeito do contraste de densidade entre as zonas de contato entre arenitos granulometricamente distintos e ao longo das faixas de deformação.

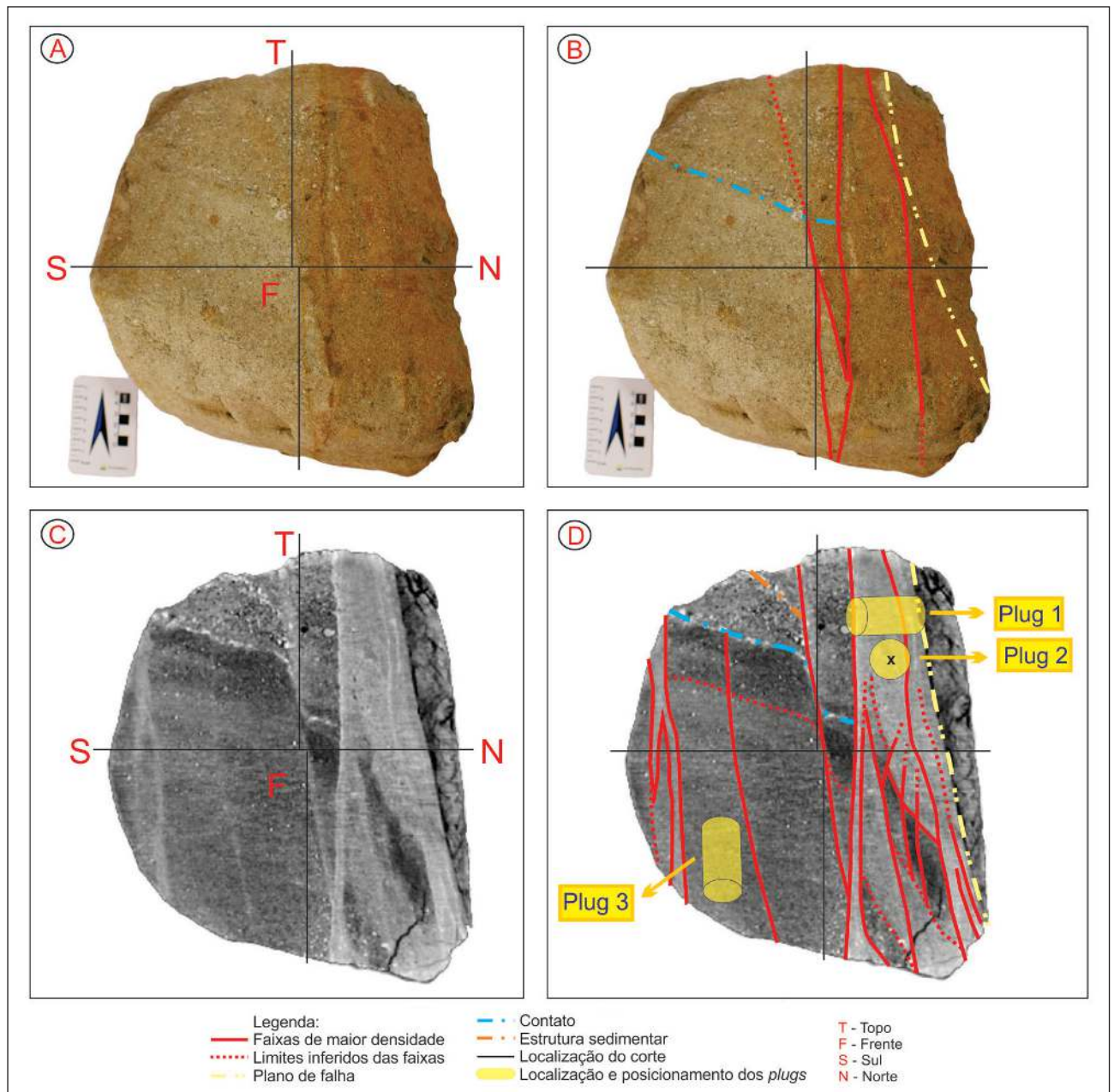


Figura 3 A. Imagem do bloco F1#3A conforme retirado do afloramento; B. interpretação na escala macroscópica; C. imagem tomográfica; e D. interpretação da imagem tomográfica.

As imagens tomográficas ressaltam que as faixas delgadas/bandas de deformação se apresentam em maior concentração na porção mais próxima à falha (Figura 3). Esta porção é interpretada como uma zona aparentemente mais deformada, enquanto a porção oposta do bloco, onde estas feições apresentam-se em menor quantidade, é interpretada como uma zona aparentemente menos deformada.

Sob o aspecto macroscópico, o bloco BD#2 (Figura 4) é composto por um arenito de cor cinza, com granulometria areia média superior, e composição por quartzo, seguido de feldspato, muscovita e líticos. Estruturas caracterizadas por faixas delgadas de cor cinza, com aproximadamente 1 cm de espessura, que apresentam uma granulometria bem menor que a da rocha encaixante e são mais compactadas

(Figura 5), correspondem a bandas de deformação (Figura 4), conforme anteriormente descritas por Maciel (2016) e caracterizadas petrograficamente por Rotava (2017). A concentração de óxido de ferro na face norte das bandas, em razão da retenção do fluxo de água pela menor permeabilidade, ressalta a presença dessas estruturas, em contraste com a rocha encaixante (Figura 5).

Essas feições são ainda mais evidentes nas imagens tomográficas, uma vez que são ressaltadas pela precipitação de óxido de ferro, que, por sua vez, se mostra mais brilhante que a rocha encaixante e que as próprias bandas de deformação (Figura 4).

Nas imagens tomográficas, as bandas de deformação se apresentam como faixas verticais, com até 4 cm de espessura, de cor branca a acinzentada (indicando maior densidade), interpretadas como concentrações de faixas mais densas, com menos de 1 cm de espessura (Figura 4).



Figura 5 Foto ilustrando faixas verticais anastomosadas avermelhadas, devido a deposição de óxido de ferro. É possível observar também, ao longo destas faixas avermelhadas, no lado esquerdo, delgadas estruturas verticais, com aproximadamente 1 cm de espessura, de granulometria mais fina que a rocha encaixante, caracterizadas como bandas de deformação.

A seguir são descritas as imagens microtomográficas dos *plugs* obtidos dos blocos F1#3A e BD#2.

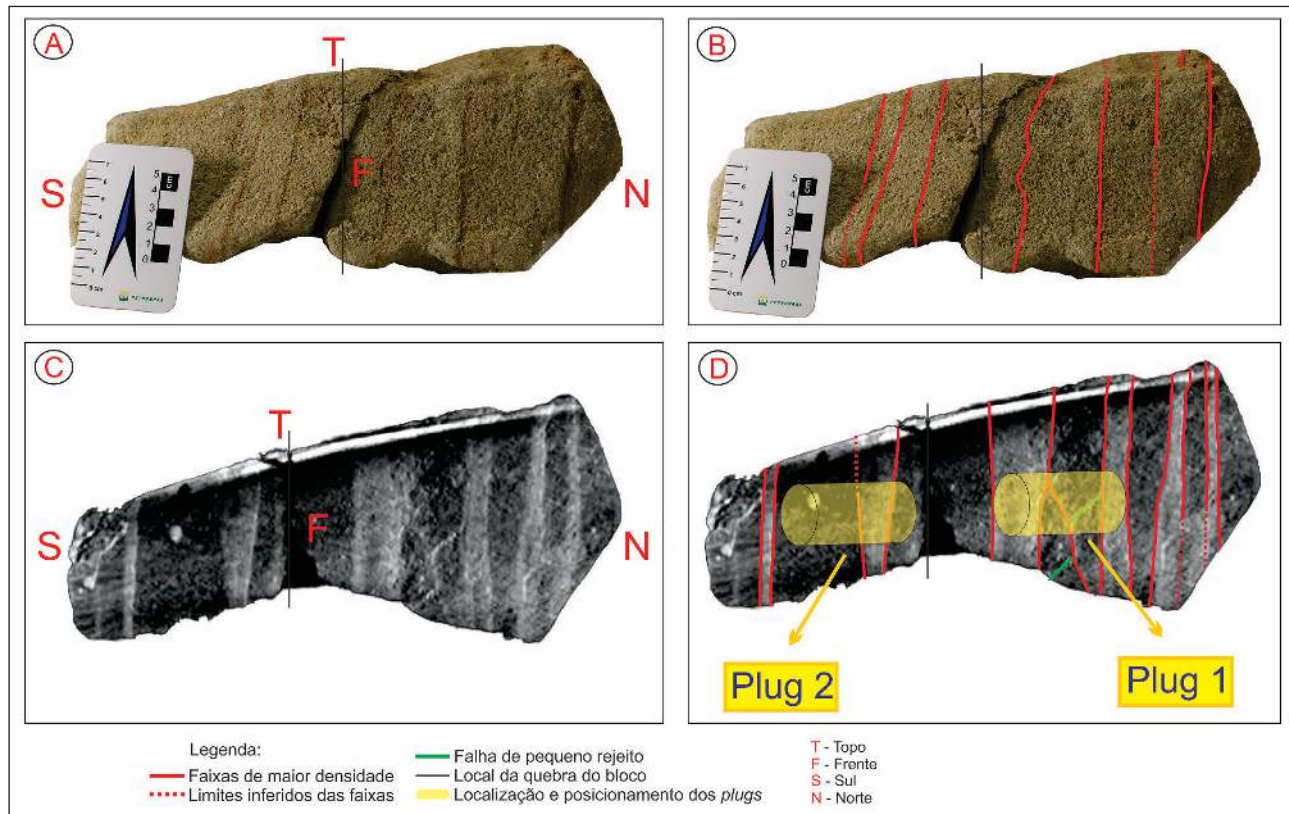


Figura 4 A. Imagem do bloco BD#2 conforme retirado do afloramento; B. interpretação na escala macroscópica; C. imagem tomográfica; e D. interpretação da imagem tomográfica.

Nas imagens do *plug* F1#3A-P1 (Figura 6) é possível identificar uma faixa quase paralela à seção basal do *plug*, com textura que sugere redução da granulometria e aparente redução da porosidade. É possível perceber que esta faixa corta outras feições identificadas no *plug*, sub-horizontais e subparale-

las, marcadas por diferenças de granulometria, de origem aparentemente sedimentar. Por sua orientação, considera-se que a faixa verticalizada seja uma das bandas de deformação do feixe de bandas interpretadas na imagem tomográfica, subparalelamente ao plano da falha F1.

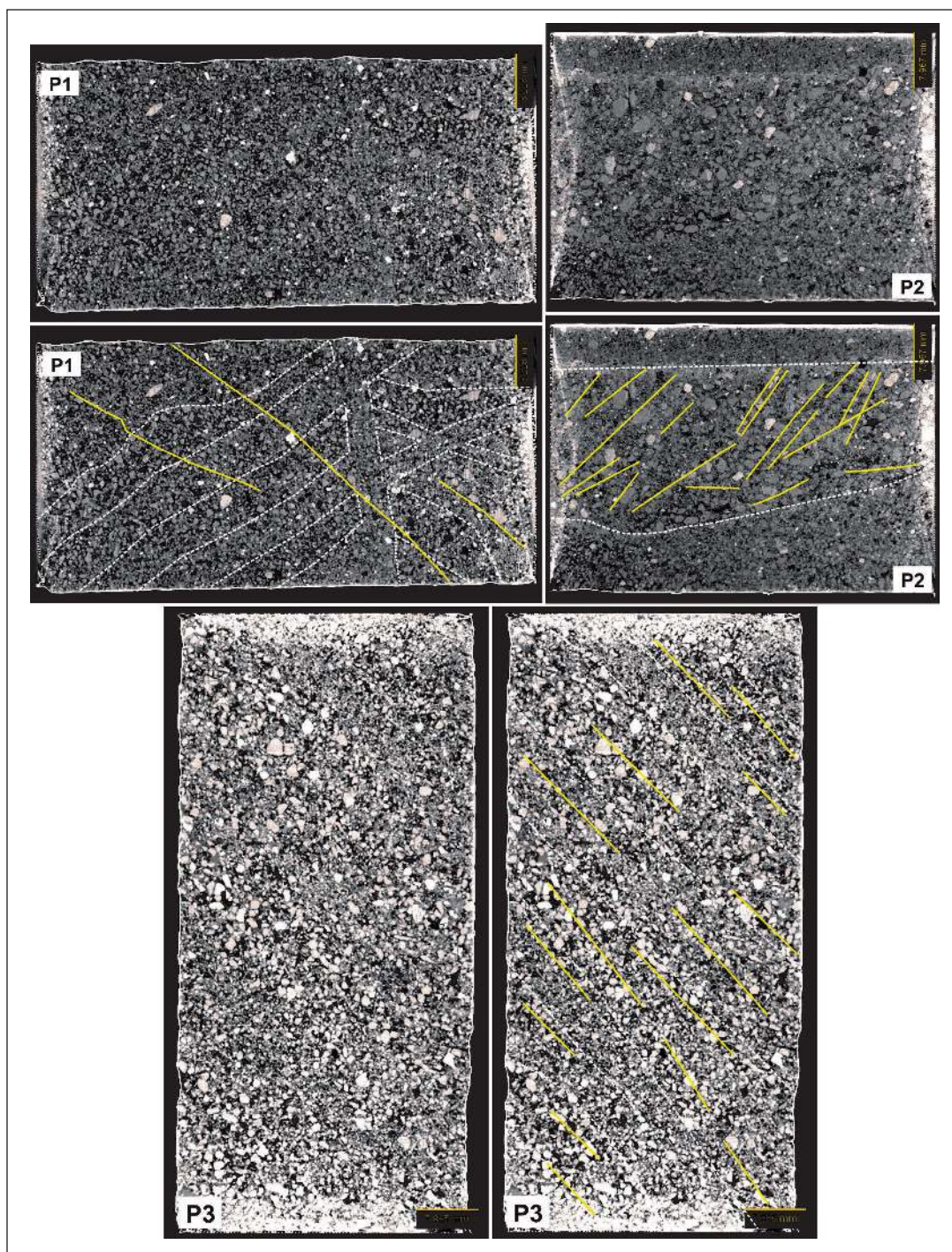


Figura 6 Imagens dos três *plugs* do Bloco F1#3A (P1, P2 e P3), sendo que nos *plugs* P1 e P2 as imagens superiores *não possuem* interpretação, enquanto que a imagens inferiores estão interpretadas; no *plug* P3, a imagem à esquerda não possui interpretação, enquanto que à direita está interpretada, onde a cor branca indica diferença de textura e, em amarelo, alinhamentos dos grãos.

Quanto às imagens microtomográficas do *plug* F1#3A-P2 (Figura 6), observa-se importante contraste entre faixas com granulometria mais fina (faixas destacadas no topo e na base destas imagens) e granulometria mais grossa, com grãos alinhados, na porção central da imagem. Interpreta-se que as faixas com textura mais fina correspondem a bandas de deformação paralelas à F1, onde a redução da granulometria por cataclase e maior compactação causaram esse contraste. A granulometria mais grossa observada na porção central do *plug* é interpretada como núcleo onde a granulometria não tenha sido alterada ou tenha sido menos reduzida pelo processo de cataclase na zona de bandas de deformação. Os alinhamentos de grãos podem tanto estar associados à estruturação sedimentar quanto serem atribuídos a processo de fluxo granular, que usualmente ocorre nesse tipo de feição deformacional.

O *plug* F1#3A-P3 foi coletado na porção do bloco F1#3A onde se esperava que não houvesse deformação tectônica. Entretanto o que se observa nas imagens microtomográficas (Figura 6) são faixas paralelas apresentando redução da granulometria em

direção oblíqua ao comprimento do *plug*, e a presença de lineações mais esbranquiçadas na mesma orientação das faixas de variações granulométricas.

Na imagem microtomográfica do *plug* BD#-2-P1 são observadas duas faixas verticais, indicadas pelos algarismos 1 e 2 (Figura 7). A faixa 1 apresenta aspectos que podem ser associados a uma banda de deformação, como o aumento de densidade e alinhamento de grãos em mesma direção que a faixa. A faixa 2 possui maior espessura e pode ser interpretada como concentrações de bandas de deformação, por apresentar sucessivas faixas deformadas que apresentam aumento significativo da densidade, considerável diminuição da granulometria e alinhamento de grãos. Estas mesmas características são encontradas na interpretação das imagens tomográficas deste mesmo bloco (ver Figura 4).

A descrição das imagens microtomográficas do *plug* BD#2-P2 (Figura 7) não difere tanto do *plug* BD#2-P1. Uma observação que merece destaque são três faixas relacionadas a bandas de deformação, porém com menor densidade, menor variação granulo-

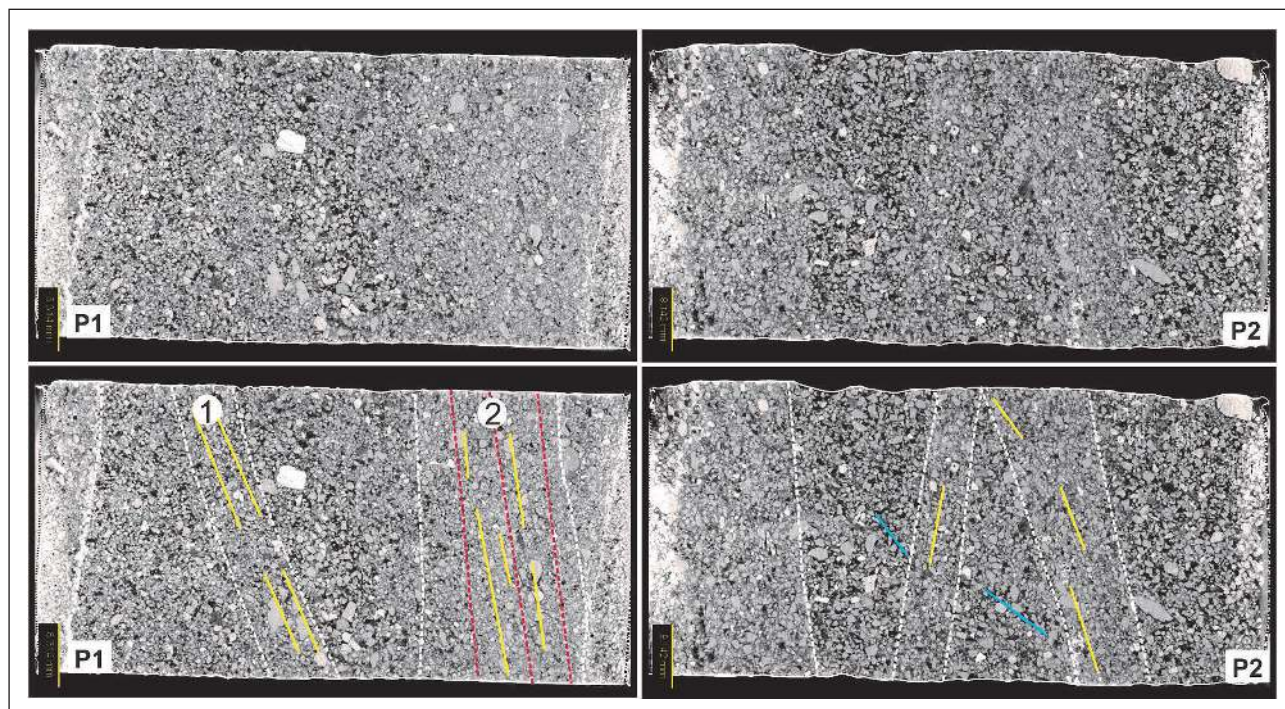


Figura 7 Imagens dos *plugs* P1 e P2 do bloco BD#2. As imagens superiores não possuem interpretação, enquanto que as imagens inferiores possuem, onde a cor branca indica diferença de textura, em amarelo alinhamentos dos grãos e, em azul claro, alinhamentos de poros.

métrica e alinhamento de grãos mais sutis que o plug BD#2-P1. Também podem ser observados, na região interbandas, alinhamentos de poros, que vem sendo interpretados como fraturas de dilatação na análise das imagens microtomográficas dos plugs anteriores. A presença de tais fraturas em uma porção interbandas é coerente, uma vez que nessa região o modelo esperado para a distribuição das tensões locais contempla a ocorrência de esforços trativos.

5 Conclusões

O objetivo desse estudo foi verificar se seria possível melhorar a caracterização de feições de deformação rúptil em arenitos pouco consolidados através da análise de imagens tomográficas e microtomográficas. O interesse no uso desse tipo de imagens para esse propósito está relacionado ao fato que a maior parte da deformação nesse tipo de material usualmente é difusa, basicamente causando alterações da trama granular da rocha por compactação e redução granulométrica. Essas alterações promovem variações de densidade nas regiões da rocha por elas afetadas em contraste com a rocha sã, principalmente se há precipitação de óxido de ferro, que são muito bem evidenciadas em imagens tomográficas e microtomográficas.

Desta forma, verificou-se nesse estudo que através da análise de imagens tomográficas foi possível melhorar consideravelmente a identificação e a descrição de feições de deformação rúptil do tipo bandas de deformação e falhas de pequeno rejeito, em relação à descrição macroscópica dos blocos de rocha onde essas estão contidas.

O uso de imagens microtomográficas, de modo complementar e por sua maior resolução, possibilitou qualificar melhor estas feições, através da observação de aspectos como aumento da densidade, compactação dos grãos, redução da porosidade, redução granulométrica e alinhamentos de grãos em mesma direção que as faixas mais deformadas. Desta maneira, pode-se avançar no estabelecimento de relações entre as consequências da deformação sobre o espaço poroso da rocha com a percolação de água, principalmente nas amostras onde a precipitação de óxido de ferro denunciava a presença de barreiras de permeabilidade associadas a essas estruturas.

6 Referências

- Aydin, A. & Johnson, A.M. 1978. Development of faults as zones of deformation bands and as slip surfaces in sandstone. *Pure Applied Geophysics*, 116: 931-942.
- Ballas, G.; Fossen, H. & Soliva, R. 2015. Factors controlling permeability of cataclastic deformation bands and faults in porous sandstone reservoirs. *Journal of Structural Geology*, 76: 1-21.
- Barboza, A.C.L. 2007. *Caracterização de parâmetros hidráulicos em depósitos fluviais paleogênicos na Bacia de Volta Redonda, RJ*. Bacharelado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso, 64p.
- Barboza, A.C.L. 2009. *Integração de análises sedimentológicas e hidrogeológicas como base rara caracterização da Formação Resende (Bacia de Resende) como reservatório*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 89p.
- Delgado, I.M.; Souza, J.D. & Silva, L.C. 2003. Geotectônica do Escudo Atlântico. *In*:
- BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M. & GONÇALVES, J.H. (eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG*. CPRM, p. 227-334.
- Ellevset, S.O.; Knipe, R.J.; Olsen, T.S.; Fisher, Q.J. & Jones, G. 1998. Fault controlled communication in the Sleipner Vest Field, Norwegian Continental Shelf: detailed, quantitative input for reservoir simulation and well planning. *Geological Society, London, Special Publications*, 147(1): 283-297.
- Fisher, Q.J. & Knipe, R.J. 1998. Fault sealing processes in siliclastic sediments. *Geological Society*, 147:117-134.
- Fossen, H. & Hesthammer, J. 1997. Geometric analysis and scaling relations of deformation bands in porous sandstone. *Journal of Structural Geology*, 19: 1479-1493.
- Heilbron, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos-Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.A. 2004. A Província Mantiqueira. *In*: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO-NEVES, B.B. (eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 203-234.
- Howell, J.A.; Martinius, A.W. & Good, T.R. 2014. The application of outcrop analogues in geological modelling: a review, present status and future outlook, *Geological Society, London, Special Publication*, 387(1): 1-25.
- Maciel, I.B. 2016. *Caracterização da Deformação Rúptil em Afloramento da Formação Resende, Bacia de Volta Redonda (Estado do Rio de Janeiro)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 80p.
- Negrão, A.P. 2014. *Evolução tectonossedimentar e deformação rúptil cenozóica da região da bacia sedimentar de Volta Redonda (segmento central do rift continental do sudeste do Brasil, RJ)*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 249p.
- Negrão, A.P.; Ramos, R.R. C.; Mello, C.L. & Sanson, M.S.R. 2015. Mapa geológico do Cenozoico da região da bacia

Aspectos Tomográficos e Microtomográficos de Feições de Deformação Rúptil em Arenitos Pouco Consolidados da Formação Resende (Bacia de Volta Redonda-RJ)

Suelen do Nascimento Vogel; Claudio Limeira Mello & Aline Theophilo Silva

- de Volta Redonda (RJ, Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil): identificação de novos grábens e ocorrências descontínuas, e caracterização de estágios tectonosedimentares. *Brazilian Journal of Geology*, 45: 273-291.
- Pei, Y.; Paton, D.A.; Knipe, R.J. & Wu, K. 2015. A review of fault sealing behavior and its evaluation in siliciclastic rocks. *Earth-Science Reviews*, 150: 121-138.
- Philit, S.; Soliva, R.; Labaume, P.; Gout, C. & Wibberley, C. 2015. Relations between shallow cataclastic faulting and cementation in porous sandstones: First insight from a groundwater environmental context. *Journal of Structural Geology*, 81: 89-105.
- Riccomini, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 256p.
- Riccomini, C.; Sant'Anna, L.G. & Ferrari, A.L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. *In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ*
- CARNEIRO, C. & BRITO-NEVES, B.B. (eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 383-405.
- Rotava, T. 2017. *Caracterização macroscópica e microscópica de bandas de compactação/deformação em arenitos da Formação Resende (Eoceno, Rift Continental do Sudeste do Brasil)*. Bacharelado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso, 51p.
- Sanson, M.S.R. 2006. *Sistemas deposicionais aluviais e tectônica cenozóica na região de Volta Redonda (RJ) – Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 169p.
- Sanson, M.S.R.; Ramos R.R.C. & Mello C.L. 2006. Bacias Sedimentares Brasileiras - Bacia de Volta Redonda. *Phoenix*, 88: 1-6.