



UFRJ

**BEATRIZ CAMARA**

**MAPA GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO TIRADENTES – MESOPROTEROZÓICO,  
NA ÁREA DO CÓRREGO DO LENHEIRO, SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
Geologia**

**BEATRIZ CAMARA  
RIO DE JANEIRO, OUTUBRO 2023**



UFRJ

**MAPA GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO TIRADENTES – MESOPROTEROZÓICO,  
NA ÁREA DO CÓRREGO DO LENHEIRO, SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Mapa geológico da Formação Tiradentes – Mesoproterozóico, na área do Córrego do Lenheiro, São João del Rei, Minas Gerais / Beatriz Camara,  
- Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2023. XI, 31 pp.

Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2023.

Orientador: André Ribeiro

1. Mapa Geológico 2. Formação Tiradentes 3. Mesoproterozóico

**BEATRIZ CAMARA**

**MAPA GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO TIRADENTES – MESOPROTEROZÓICO,  
NA ÁREA DO CÓRREGO DO LENHEIRO, SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Aprovada em:

Por:

---

Orientador: André Ribeiro (UFRJ)

---

Dr. Felipe Nepomuceno de Oliveira (UFRJ)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Regina de Medeiros (UFRJ)

## Agradecimentos

Gostaria, primeiramente, de agradecer a minha família. Aos meus pais que nunca deixaram de acreditar em mim, sem eles eu não teria chegado tão longe. Ao meu marido, não apenas por aceitar a minha ideia de largar o trabalho e voltar à faculdade, mas por me dar apoio emocional e financeiro, por estar sempre ao meu lado e por me ajudar a realizar o meu sonho de me tornar geóloga.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer aos professores do COAA por me darem uma segunda chance de concluir a graduação. Sem o voto de confiança de vocês, isso não seria possível. Ao CNPQ pela bolsa de estudos que permitiu que eu estudasse na *University of Queensland*.

Em terceiro, gostaria de agradecer à minha parceira de campo. Obrigada, Ursula, pelos ensinamentos e pelo companheirismo.

E por fim, mas não menos importante, gostaria de agradecer ao meu orientador, Andre Ribeiro, por ter me acolhido depois de tantos anos em que estive afastada, por me ensinar tanto e sempre com muita paciência. Foi uma honra, para mim, poder sentar-me à sua mesa durante as atividades de campo e ouvir as diversas histórias geológicas. Agradeço por todas as orientações e pela amizade que foi construída.

“A diferença entre ganhar e perder é,  
muitas vezes, não desistir.”

Walt Disney

## Resumo

A Formação Tiradentes é uma sucessão quartzítica-pelítica com mil metros de espessura exposta nas serras do Lenheiro e São José, na região de São João del Rei, no sul de Minas Gerais. Dados geocronológicos U-Pb em grãos de zircão detrítico indicam idade máxima de deposição em torno de 1.5 Ga. A formação assenta em discordância angular sobre o Cinturão Mineiro (Paleoproterozóico), é cortada por diques de metabasitos, e coberta em discordância angular pelas formações Carandaí (metadiamicritos, metapelitos), Barroso (rochas metacarbonáticas) e Prados (metadiamicritos, metapelitos). Na área estudada do Córrego do Lenheiro ocorrem doze unidades pré-cambrianas mapeáveis na escala 1:5.000, da base para o topo: 1- sericita filito do embasamento (Cinturão Mineiro), 2- Metariolito, 3- Quartzito grosso e 4- Magnetita filito. A formação Tiradentes com 5- Quartzito grosso seixoso, 6- Quartzito com marcas de onda e estratificação cruzada, 7- Quartzito com estratificação cruzada, 8- Quartzito com estratificação cruzada e intercalações de metapelitos, 9- Quartzito e metargilito em fácies heterolítica ondulada, 10- Metacalcáreo e 11- Metassilito em lâminas plano-paralelas e cruzadas. A unidade 12- Metargilito em lâminas plano-paralelas corresponde à Formação Prados. Estas unidades estão cortadas por falhas normais de rumo NW-SE e E-W, com brechas associadas evidenciando deformação rúptil. Além disso, as unidades definem dobras assimétricas abertas com vergência para noroeste, planos axiais e clivagem ardosiana/filítica de alto mergulho ( $> 60$ ) para sudeste e eixos de baixo caimento ( $< 10$ ) para nordeste, registrando a deformação dúctil orogênica. A clivagem é definida principalmente por mica branca fina. Além da mica branca fina, a ocorrência local de cianita e cloritóide em áreas vizinhas caracteriza metamorfismo de fácies xisto verde baixo. As dobras registram uma compressão NW-SE que pode ser atribuída a evolução regional do Orógeno Ribeira. Brechas de falha cortadas pela clivagem sin-metamórfica indicam que parte das falhas são precoces em relação a deformação orogênica.

## Abstract

The Tiradentes Formation is a thousand-meter-thick quartzite-pelitic succession exposed in the Lenheiro and São José mountains, in the São João del Rei region, in the south of Minas Gerais. U-Pb geochronological data on detrital zircon grains indicate maximum deposition age around 1.5 Ga. The formation is based on angular unconformity over the Mineiro Belt (Paleoproterozoic), is cut by metabasite dikes, and covered in angular unconformity by the Carandaí (metadiamicrites, metapelites), Barroso (metacarbonate rocks) and Prados (metadiamicrites, metapelites) formations. In the studied area of Córrego do Lenheiro, there are twelve Precambrian units mappable on a 1:5,000 scale, from base to top: 1- Sericite phyllite from the basement (Cinturão Mineiro), 2- Metarhyolite, 3- Coarse quartzite and 4- Magnetite phyllite. The Tiradentes formation with 5- Coarse pebbly quartzite, 6- Quartzite with wave marks and cross-stratification, 7- Quartzite with cross-stratification, 8- Quartzite with cross-stratification and intercalations of metapelites, 9- Quartzite and metargillite in wavy heterolytic facies, 10 - Metacalcareous and 11-Metasilstone in flat-parallel and crossed laminae. Unit 12- Metargillite in flat-parallel sheets corresponds to the Prados Formation. These units are cut by normal faults trending NW-SE and E-W, with associated breccias showing brittle deformation. Furthermore, the units define open asymmetrical folds with vergence to the northwest, axial planes and high-dip ardosian/phyllitic cleavage ( $> 60^\circ$ ) to the southeast and low-dip axes ( $< 10^\circ$ ) to the northeast, recording orogenic ductile deformation. Cleavage is defined primarily by fine white mica. In addition to fine white mica, the local occurrence of kyanite and chloritoid in neighboring areas characterizes low greenschist facies metamorphism. The folds record a NW-SE compression that can be attributed to the regional evolution of the Ribeira Orogen. Fault breccias cut by syn-metamorphic cleavage indicate that part of the faults is early in relation to orogenic deformation.



Índice	
Capa .....	I
Agradecimentos .....	V
Resumo .....	VII
Abstract.....	VIII
Índice de Figuras.....	XI
1. Introdução.....	01
1.1 Objetivo .....	01
1.2 Metodologia .....	01
1.3 Logística.....	01
1.4 Localização da área Estudada .....	02
2. Geologia Regional .....	03
3. Estratigrafia local.....	05
3.1 Formação Tiradentes.....	05
3.2 Diques de metabasito .....	07
3.3 Formação Carandaí .....	07
3.4 Formação Barroso.....	07
3.5 Formação Prados.....	07
4. Deformação e Metamorfismo .....	08
4.1 Veios de quartzo .....	08
5. Geologia da área - unidades litológicas .....	08
5.1 Sericita filito – Unidade 1 .....	09
5.2 Metariolito – Unidade 2 .....	09
5.3 Quartzo grosso 0 – Unidade 3.....	11
5.4 Magnetita filito – Unidade 4 .....	11
5.5 Quartzito grosso seixoso – Unidade 5 .....	12
5.6 Quartzito 1 – Unidade 6.....	13
5.7 Quartzito 2 – Unidade 7.....	15
5.8 Quartzito 3– Unidade 9.....	17
5.9 Quartzito e metapelito em fácies heterolítica ondulada – Unidade 9.....	18
5.10 Metacalcáreo – Unidade 10 .....	19
5.11 Metassiltito com laminação cruzada e plano paralela – Unidade 11 .....	21
5.12 Metargilito em lâminas plano paralelas – Unidade 12.....	21

6. Geologia da área estudada – estruturas tectônicas.....	22
6.1. Falhas .....	22
6.2. Dobras.....	24
6.3. Veios de quartzo.....	27
7. Depósitos quaternários (Holoceno?). .....	27
8. Conclusões .....	27
9. Referências Bibliográficas.....	29
10. Anexos.....	31

## Índice de figuras

Figura 1. Os limites da área (polígono) em imagem de satélite Airbus obtida no site do Google Earth (2023).	2
Figura 2. Acesso a área desde o Rio de Janeiro BR-040 (laranja) e depois por Barbacena até São João del Rei pela BR-265 (amarelo). Imagem Landsat 8 – Google 2016.	3
Figura 3. Mosaico de imagens de satélite ( <i>Worldview</i> ) usadas como apoio de campo e aprimoramento de contatos litológicos levantados no campo.	3
Figura 4. Mapa geológico simplificado da região de São João del Rei. Extraído de Nepomuceno et al. (2021).	5
Figura 5. Coluna estratigráfica das sucessões meso- e neoproterozóicas da região de São João del Rei, segundo Ribeiro et al. (2013) e Nepomuceno et al. (2021).	6
Figura 6. Mapa geológico da Formação Tiradentes – Mesoproteróico, na área do Córrego do Lenheiro, São João del Rei, Minas Gerais.	9
Figura 7. A. Laminação plano-paralela	10
Figura 7. B. Estrutura maciça em metariolito. Em ambos os afloramentos o mergulho é para sudeste em concordância com o quartzito da Formação Tiradentes.	10
Figura 8. Lineação mineral de agregados de magnetita no plano de foliação do magnetita filito.	12
Figura 9. Quartzito grosso seixoso na base da Formação Tiradentes.	13
Figura 10. A. Marca de onda (unidade 6).	14
Figura 10. B. Estratificação cruzada acanalada em Quartzito 1 (unidade 6).	15
Figura 11 – Quartzito 2 (unidade 7) com estratificação cruzada.	16
Figura 12 – A diferença de relevo entre o quartzito 1 (item anterior 5.6) abaixo e o quartzito 2 acima. O quartzito 2 se destaca por ser menos friável e mais fraturado.	16
Figura 13 – Quartzito 3 com estratificação cruzada e com películas e lâminas de metapelitos (filitos) esverdeados ou cinzentos. Unidade 8.	17
Figura 14 – Estratificação cruzada acanalada em Quartzito 3 - unidade 8.	18
Figura 15 – Pirita em recobrimentos pelíticos da fácies heterolítica.	19
Figuras 16 A e B – Exposição isolada de metacalcáreo no Córrego do Lenheiro.	20
Figura 17 – Laminação cruzada em metassiltito da unidade 11.	21
Figura 18 – Laminação plano paralela em metargilito cinza da unidade 12.	22

Figura 19. Brecha tectônica em que se observa estruturas remanescentes de marca de onda típicas do quartzito 1 (unidade 6).	23
Figura 20. Escarpa de falha ao longo da falha de São João del Rei que desloca o quartzito 2 (unidade 8) e o quartzito 3 (unidade 9).	24
Figura 21. Traço do contato entre as unidades Quartzito 3 (unidade 6) e Metassiltito 11 mostrando algumas dobras com eixos de baixo caimento para NE na área do Córrego do Lenheiro.	25
Figura 22. Estereograma de área igual (hemisfério sul) dos polos dos planos do acamamento sedimentar (S0). Número de medidas= 121. Estereograma feito no programa Stereonet (Allmendinger, Cardozo, Fisher, 2013 e Cardozo, Allmendinger, 2013)	26
Figura 23. A - Lineação de interseção (L1) mostrando o baixo caimento dos eixos das dobras para NE (número de medidas= 16). B - Clivagem plano axial (S1). Número de medidas= 19. Estereograma feito no programa Stereonet (Allmendinger, Cardozo, Fisher, 2013 e Cardozo, Allmendinger, 2013)	26
<b>Índice de anexos</b>	
Anexo 1 – Mapa Geológico	31

## **1. Introdução**

### **1.1 Objetivo**

O objetivo do trabalho é produzir um mapa geológico detalhado e seções geológicas na escala 1:5.000, mostrando a estratigrafia e a estrutura da área conhecida pelas turmas de Geologia de Campo da UFRJ informalmente como “Córrego do Lenheiro”. A finalidade é usar o mapa como base para os trabalhos de campo das disciplinas Geologia de Campo 1 e Geologia de Campo 3 do curso de geologia da UFRJ.

### **1.2 Metodologia**

Foram realizadas atividades pré-campo, de campo e escritório. As primeiras consistiram em preparo da base cartográfica utilizada no mapeamento geológico, gerada a partir de modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), além do preparo e fotointerpretação de imagens de satélite (*Worldview*). Foi feita também uma revisão da bibliografia da geologia local. No campo foi realizado o mapeamento geológico detalhado em escala 1:5.000. Primeiro foram feitas seções transversais ao mergulho geral das camadas e caminhamentos para reconhecimento das unidades mapeáveis. Uma vez definidas as unidades e checado sua relação com as unidades definidas na bibliografia teve início a parte essencial do mapeamento. O trabalho consistiu então de seguir contatos no campo, com ajuda de imagens de satélite. Durante esta etapa foram coletados, identificados e descritos os diversos tipos de rochas, camadas, estruturas primárias e tectônicas. Assim, com o mapa em estágio avançado, foram definidos os locais para levantar as seções geológicas. Além disso, foram feitos reconhecimentos de campo em outras áreas para melhor entender a geologia da região.

Por fim, os traços de contatos litológicos, falhas e dobras foram revisados com auxílio de imagens de satélite e, alguns deles, aprimorados, ainda no campo. O mapa e a seções finais foram produzidas no programa Corel 24.0 (2022).

### **1.3 Logística**

Foram realizadas 2 campanhas de campo com cerca de 15 dias cada. Estas campanhas aconteceram durante os trabalhos de campo da disciplina Geologia de Campo 3 (IGL-U18), da qual foi monitora sob a supervisão do Professor André Ribeiro.

#### 1.4 Localização da área estudada

A área localiza-se no flanco sul da Serra do Lenheiro, no Bairro Tejuco, na parte oeste da cidade de São João del Rei, no sul do Minas Gerais (Fig. 1). A área é conhecida informalmente entre os alunos de geologia da UFRJ como área do “Córrego do Lenheiro”.

O acesso do Rio de Janeiro a São João del Rei é feito pela BR-040 até Barbacena e depois pela BR-265 (Fig. 2).

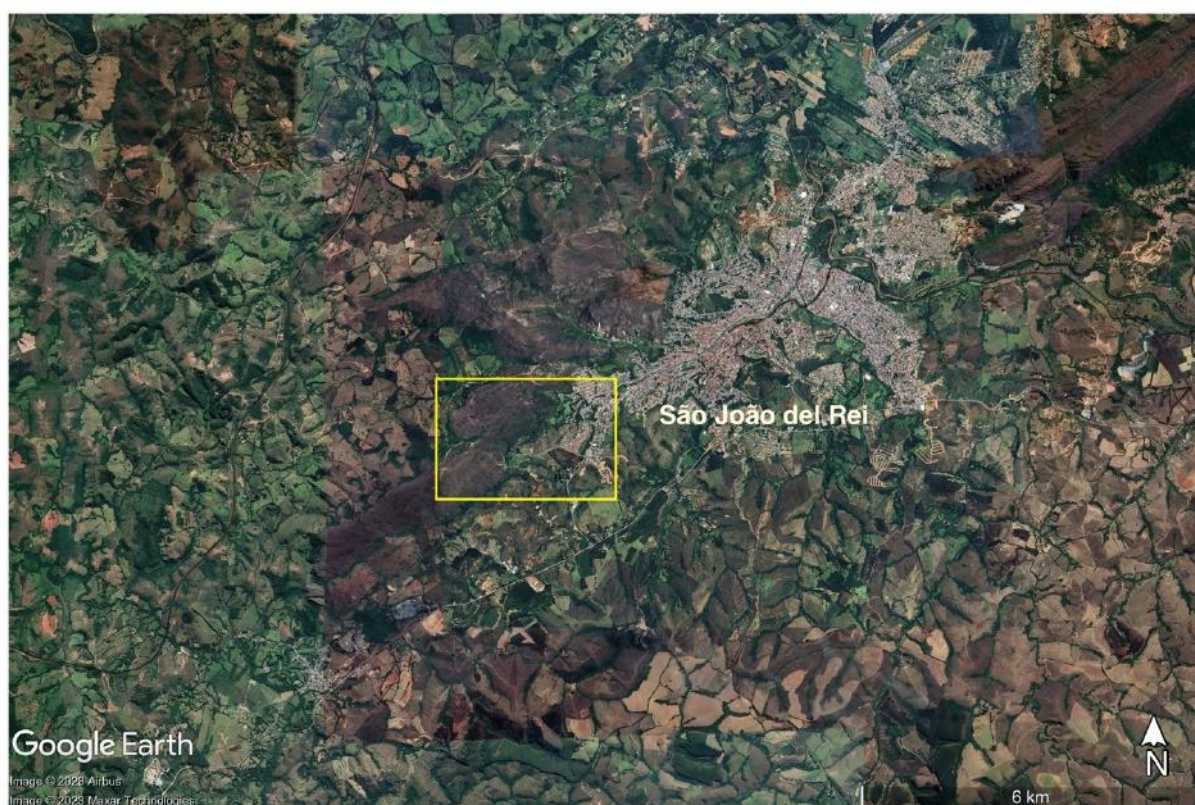


Figura 1. Os limites da área (polígono) em imagem de satélite Airbus obtida no site do *Google Earth* (2023).

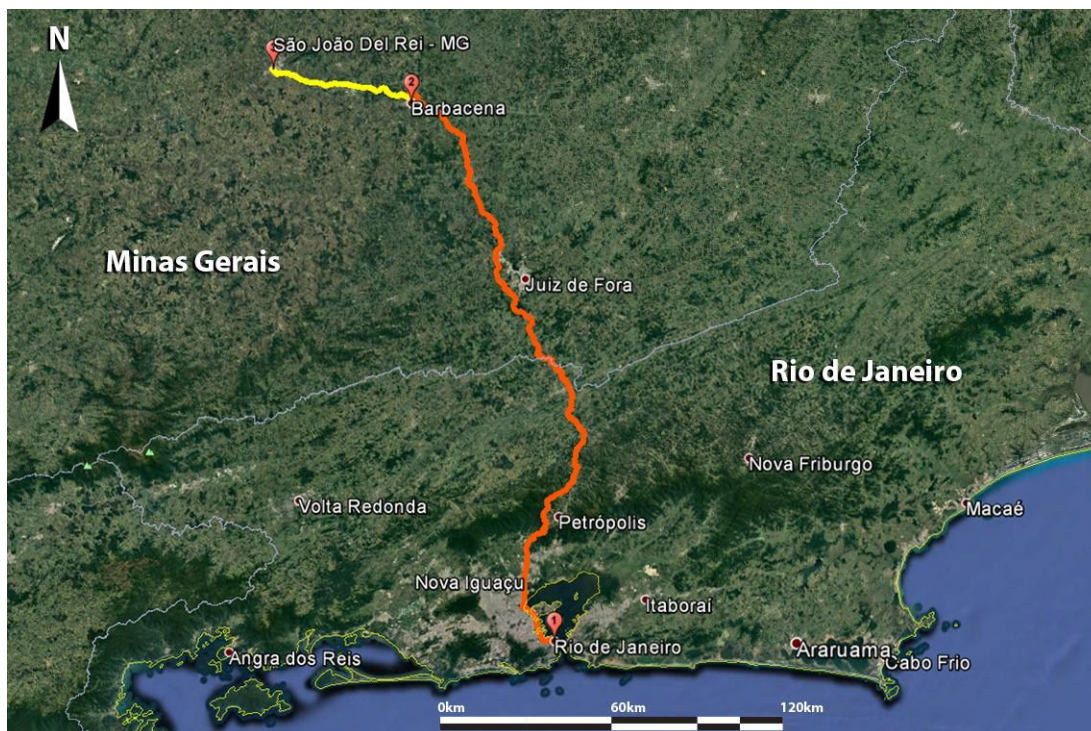


Figura 2. Acesso a área desde o Rio de Janeiro BR-040 (laranja) e depois por Barbacena até São João del Rei pela BR-265 (amarelo). Imagem Landsat 8 – Google 2016.

## 2. Geologia Regional

Na região de São João del Rei ocorrem três grandes conjuntos de rochas do Precambriano. O mais antigo é o Cinturão Mineiro, com rochas do Paleoproterozóico e do Arqueano (Teixeira et al., 2005). Trata-se de faixa NE-SW com sucessões de tipo *greenstone belt* contendo rochas metamáficas, mataultramáficas, inclusive komatiitos, e rochas metassedimentares como filitos e metachert. Encaixados nestas sucessões ocorrem corpos de granitóides, dioritos e gabros (Ávila, 2000). Este cinturão se estende do Quadrilátero Ferrífero para sudoeste, passando por São João del Rei (Fig. 4) até ser truncado pelas nappes do Sistema de Nappes Andrelândia.

Em discordância sobre o Cinturão Mineiro ocorrem as sucessões do Grupo São João del Rei, que inclui as formações Tiradentes, Carandaí, Barroso, Prados e Rio Elvas (Ebert, 1971). A oeste, na região de Lavras, Ebert (1971) definiu a Formação Macaia, também como parte do Grupo São João del Rei. Depois, as formações Rio Elvas e Macaia foram reinterpretadas e incluídas no Grupo Andrelândia (Quemeneur et al., 2003). As sucessões do Grupo Andrelândia cobrem, em discordância, as formações do Grupo São João del Rei e o embasamento. O Grupo Andrelândia contém duas sucessões: 1) a mais antiga inclui quartzitos filitos e xistos que registram depósitos de plataforma rasa, que para o sul de São João del Rei, na região de

Andrelândia, passam a depósitos de águas profundas contendo além de quartzitos e xistos, paragneisses, metachert, anfíbolito, e rochas metaultramáficas; 2) a mais nova é uma sucessão de plagioclásio biotita xisto interpretada como metawackes turbidíticas (Kuster et al., 2020). Análises geocronológicas U-Pb em grãos de zircão detrítico forneceram as seguintes idades máximas de deposição: 1- *ca.* 1.5 Ga para quartzitos da Formação Tiradentes, 2- *ca.* 1.4 Ga para diamictito da Formação Carandaí (Ribeiro et al., 2013), 3- *ca.* 1.0 Ga para quartzitos (plataformais e bacia profunda) do Grupo Andrelândia (Kuster et al. 2020) e 4- *ca.* 0,65 Ga para o biotita xisto (Marimon et al., 2021).

As formações Tiradentes, Carandaí, Barroso e Prados ocorrem em um hemi-graben de rumo NE-SW que bordejia o limite sul do Cráton do São Francisco (Nepomuceno et al., 2021; Fig. 4). O Grupo Andrelândia é uma sucessão de margem passiva, cujas fácies plataformais proximais recobrem as sucessões do hemi-graben de São João del Rei. O biotita-xisto recobre todo conjunto (Cinturão Mineiro, grupos São João del Rei e Andrelândia), sendo considerado um depósito de bacia de ante-país do Orógeno Brasília (Kuster et al., 2020).

Nepomuceno et al. (2021) mostraram uma interpretação da evolução tectônica das bacias onde foram depositados os sedimentos que hoje constituem as rochas do Grupo São João del Rei e parte do Grupo Andrelândia. A Formação Tiradentes é considerada como o registro de depósitos em uma margem flexural de um rifte de rumo NE-SW (Fig. 4) e está preservada em um hemi-graben que se formou durante a deposição da Formação Carandaí.

As unidades dos grupos São João del Rei e Andrelândia foram deformadas e metamorfasadas durante a Orogenia Brasileira. O metamorfismo vai de fácies xisto verde a granulito. A área estudada situa-se na fácies xisto verde em uma zona tectônica considerada autóctone (Kuster et al., 2020; Nepomuceno et al., 2021).



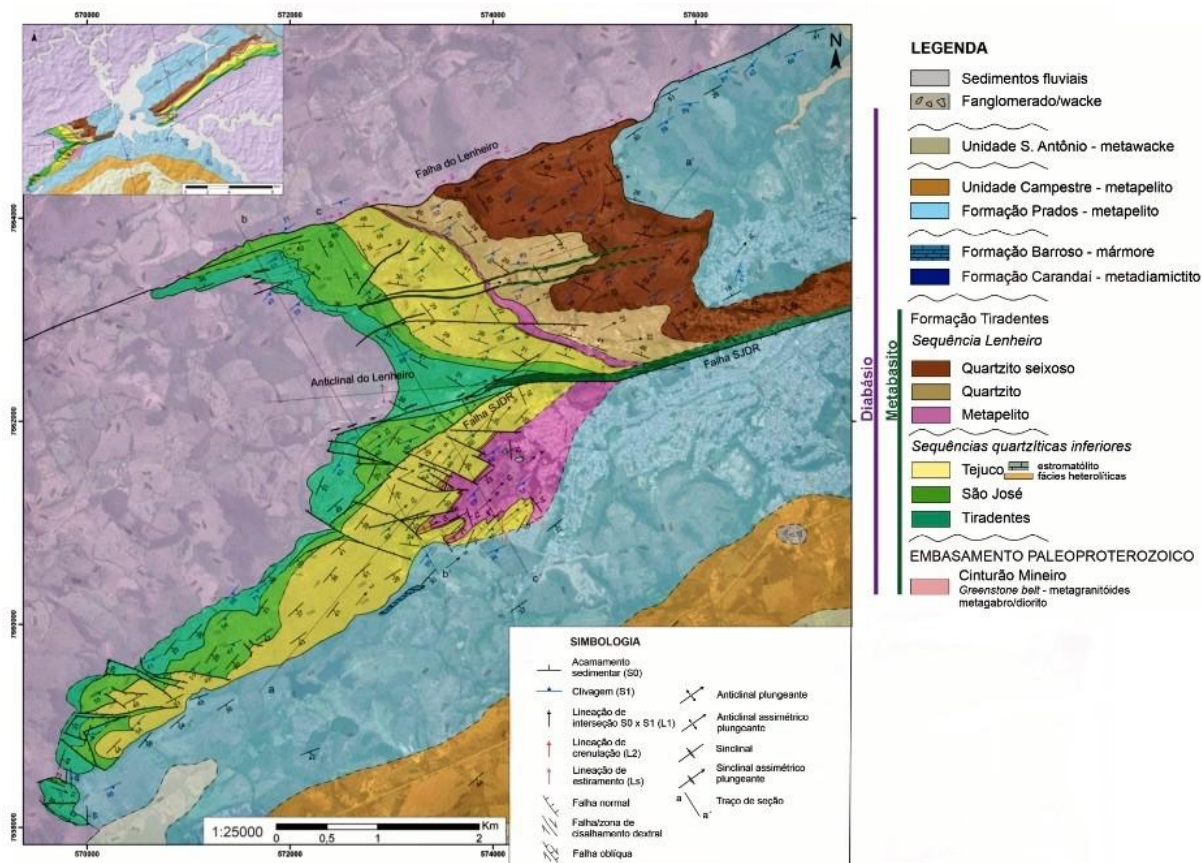


Figura 4. Mapa geológico simplificado da região de São João del Rei. Extraído de Nepomuceno et al. (2021).

### 3. Estratigrafia local

#### 3.1. Formação Tiradentes

A área estudada contém unidades da Formação Tiradentes cobertas em discordância angular pela Formação Prados. A Formação Tiradentes é uma sucessão de quartzitos e rochas metapelíticas com cerca de 1000 metros de espessura que aflora nas serras de São José e do Lenheiro (Fig. 4).

A Formação Tiradentes foi definida por Leonardos (1940) como um pacote quartzítico e depois dividida por Ebert (1957) em três membros: quartzitos inferiores, siltitos e dolomitos do andar médio, e quartzitos superiores. Valeriano (1985) subdividiu o membro superior em quartzito fino e metaconglomerado, divisão adotada por Noce (1987). Andreis et al. (1989a, b) dividiram a formação em duas sequências de plataforma rasa: basal composta pelos primeiros 300m de quartzitos e de topo com quartzitos, metapelitos, quartzitos finos e, no topo, quartzitos seixosos. Ribeiro et al. (2003) reconheceram três discordâncias internas na formação que levaram a identificação de quatro sequências, da base para o topo denominadas de Tiradentes,

São José, Tejuco e Lenheiro (Fig. 5). As rochas da Formação Tiradentes preservam estruturas sedimentares primárias como estratificação cruzada, marcas de onda e gretas de ressecamento, que permitiram interpretar paleoambientes deposicionais. Segundo Ribeiro et al. (2003) as duas primeiras seqüências contêm associações de litofácies de plataforma rasa (praia e face de praia). A Sequência Tejuco é uma sucessão progradacional com quartzitos de face de praia/submaré sobrepostos por fácies heterolítica com gretas de ressecamento, e localmente estromatólitos que registram ambiente de intermaré. A Sequência Lenheiro é uma sucessão, da base para o topo, composta por metassiltito, metargilito, quartzito fino e quartzito seixoso, interpretada como um delta de rio entrelaçado (Fig. 5).

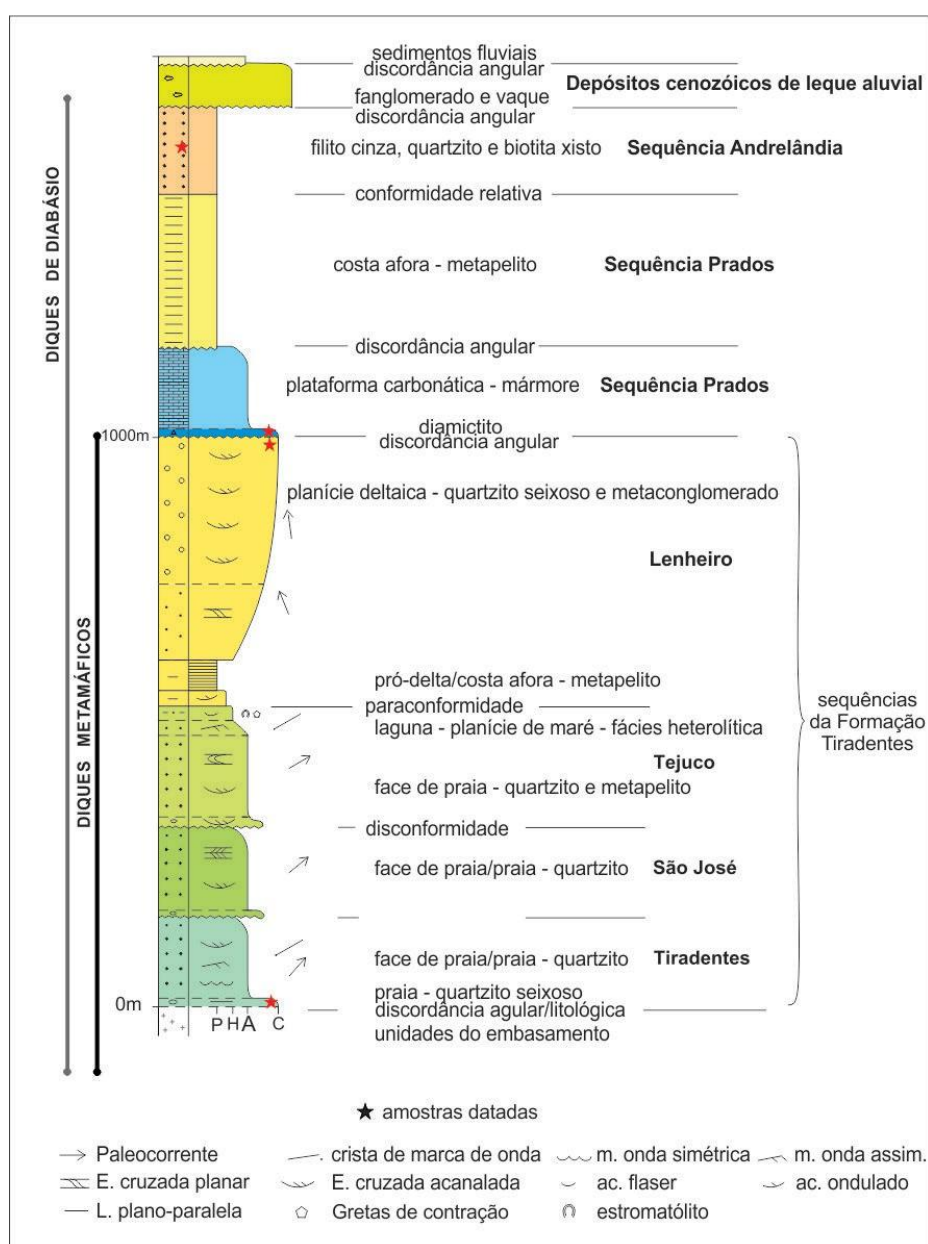


Figura 5. Coluna estratigráfica das sucessões meso- e neoproterozóicas da região de São João del Rei, segundo Ribeiro et al. (2013) e Nepomuceno et al. (2021).

### **3.2. Diques de metabasito**

O embasamento e a Formação Tiradentes são cortados por diques de rochas máficas (metabasitos) de direção NE-SW, quase E-W. Ocorrem diques com espessuras variadas, centimétricas até cerca de 60 metros. No campo observa-se que são rochas esverdeadas ricas em clorita. Segundo Ribeiro et al. (2003) estes metabasitos são compostos por clorita, sericita, quartzo e minerais opacos. Localmente ocorrem plagioclásio e piroxênio preservados, exceto por substituições por mica branca fina, carbonato e clorita; e também fenocristais de apatita.

### **3.3. Formação Carandaí**

A Formação Carandaí (Leonardos, 1940) é composta por metadiamicititos e metapelitos (filitos) que ocorrem em discordância sobre o embasamento e a Formação Tiradentes (Nepomuceno et al., 2021). Os metadiamicititos contém fragmentos de granitóides do embasamento, metabasitos, quartzitos e pelitos. A Formação Carandaí foi interpretada como produto de depósitos glaciais, o “tilito” Carandaí (Leonardos, 1940; Karfunkel et al., 1983) e depósitos de fluxo de detritos associados a falhas (Ribeiro et al., 2003, 2013; Nepomuceno et al., 2021). A idade mínima para os depósitos na borda oeste da Serra de São José foi estimada em *ca.* 1380 Ma (Ribeiro et al., 2013).

### **3.4 Formação Barroso**

A Formação Barroso (Ebert, 1957a) é uma sucessão de rochas carbonáticas (metacalcáreos e menor proporção de metamargas) de idade mesoproterozóica, que cobre o embasamento e as formações Tiradentes e Carandaí (Ribeiro et al, 2013). A sucessão ocorre desde Carandaí até a região de São João Del Rei e aflora também na região de Lavras, a oeste de São João del Rei. Seus afloramentos em geral são janelas rodeadas por metapelitos da Formação Prados (Fig. 4).

### **3.5 Formação Prados**

A Formação Prados (Ebert, 1957a), de provável idade neoproterozóica, ocorre em discordância litológica sobre o embasamento e discordância angular sobre as formações Tiradentes, Carandaí e Barroso. A formação é uma sucessão pelítica com pelo menos 500m de espessura formada por lâminas e camadas delgadas de metargilitos e metassiltitos cinzentos e esverdeados (Ribeiro et al., 2003). Esta formação pode registrar a deposição lacustre em uma

calha *rift* de rumo NE-SW (Fig. 4) relacionada a Bacia Andrelândia, uma margem passiva neoproterozóica (Nepomuceno et al., 2021).

#### **4. Deformação e Metamorfismo**

As sucessões das formações Tiradentes, Carandaí, Barroso e Prados são truncadas por falhas de orientação geral NE-SW e NW-SE. Algumas falhas são restritas à Formação Tiradentes, outras cortam somente as formações Tiradentes e Carandaí, e as mais novas cortam todo o conjunto. Nepomuceno et al. (2021) mostram a evolução tectônica a partir da época da deposição Formação Carandaí com falhas sin-deposicionais até a reativação orogênica durante a Orogenia Brasileira. Durante esta orogenia as formações foram deformadas em dobras abertas com clivagem de mergulho íngreme para SE e eixos com caimento NE e SW (Valeriano, 1985; 1986). A vergência das dobras para NW e a clivagem plano axial de mergulho SE sugerem um encurtamento NW-SE, relacionado com a evolução do Orógeno Ribeira (Kuster et al., 2020; Nepomuceno et al., 2021). Cianita em veios de quartzo e em metapelitos e cloritóide em quartzitos micáceos caracterizam as condições de fácies xisto verde (Ribeiro et al., 2003).

##### **4.1. Veios de quartzo**

Veios de quartzo aparecem encaixados em todas as litologias, sendo mais frequentes na unidade Quartzito 3. Além do quartzo, foram observadas mica branca e minerais opacos em quantidades acessórias ou traços. Aparentemente predominam veios subverticais com rumo em torno de N-S, mas ocorrem também veios subverticais de rumo NE-SW e NW-SE.

#### **5. Geologia da área estudada – unidades litológicas**

Foram reconhecidas doze unidades de mapeamento, além de depósito quaternário, que serão descritas a seguir (Fig. 6 e Anexo 1). Ocorrem depósito quaternário e veios de quartzo.

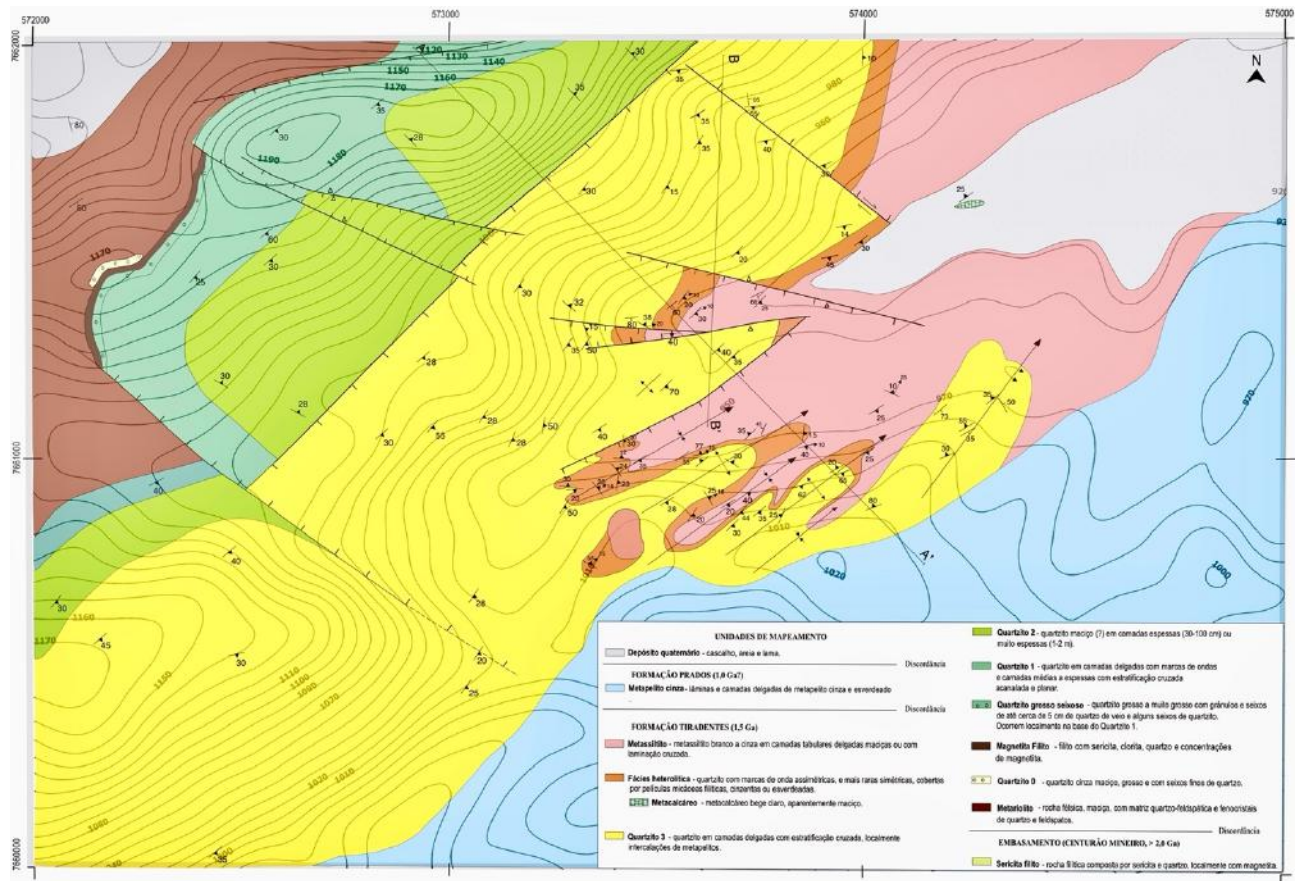


Figura 6. Mapa geológico da Formação Tiradentes – Mesoproterozóico, na área do Córrego do Lenheiro, São João del Rei, Minas Gerais. Escala 1:5.000

### 5.1. Sericita fílitto – Unidade 1

Esta unidade ocorre no noroeste da área estudada, em afloramentos muito alterados. Porém, logo a norte da área, ocorre o fílitto semi-fresco, cinza-prateado, provavelmente um metargilito. A foliação filítica mergulha em torno de 170/80.

### 5.2. Metariolito – Unidade 2

O metariolito é uma rocha fílsica composta por uma matriz clara quartzo-feldspática e fenocristais de quartzo e feldspatos, de até cerca de um milímetro. Localmente, em um barranco de rocha alterada, foi observada laminação plano-paralela (Fig. 7A), mas na maioria dos afloramentos a rocha é aparentemente maciça (Fig. 7B). Ocorre também uma variedade com foliação fina definida por mica branca fina e com cristais de quartzo (fenocristais), ou seja, um fílitto. Nestas três variedades foram observados também minerais opacos e turmalina(?), em quantidades acessórias ou traço. Os riolitos mergulham para sudeste (Anexo 1), em aparente concordância com os quartzitos da Formação Tiradentes.



Figura 7. A - Laminação plano-paralela e B - Estrutura maciça em metariolito. Em ambos os afloramentos o mergulho é para sudeste em concordância com o quartzito da Formação Tiradentes.

### **5.3. Quartzo grosso 0 – Unidade 3**

Esta unidade é constituída por quartzito cinza maciço, grosso e com seixos finos de quartzo de veio espalhados. Sua ocorrência é local, em uma camada ou lente (?) com espessura aparente de cerca de 2 metros, que aflora entre o metariolito e o magnetita filito.

### **5.4. Magnetita filito – Unidade 4**

Este filito forma um corpo aparentemente tabular, com cerca de 2 metros de espessura, que cobre o quartzito cinza grosso (item 5.3) e é coberto bruscamente pelo quartzito seixoso da base da Formação Tiradentes. No campo observa-se que o filito é constituído por sericita, clorita, quartzo e concentrações de magnetita (Fig. 8). Estas últimas definem uma lineação com atitude paralela ao mergulho da foliação.



Figura 8 – Lineação mineral de agregados de magnetita no plano de foliação do magnetita filito.

### 5.5. Quartzito grosso seixoso – Unidade 5

Esta unidade é formada por um quartzito grosso/muito grosso com grânulos e seixos de até cerca de 5 cm de quartzito de veio e alguns seixos de quartzito, espalhados (Fig. 9). A rocha



ocorre em corpos com estratificação cruzada acanalada, com cerca de 10 a 20 cm de espessura e comprimento de até 3 metros. Forma um pacote de cerca de 5 metros de espessura e com a perda dos clastos grossos passa gradativamente para os quartzitos sobrepostos (item seguinte 5.6.). Este quartzito pode ser considerado como a unidade basal da Formação Tiradentes.



Figura 9 – Quartzito grosso seixoso na base da Formação Tiradentes.

### **5.6. Quartzito 1 - Unidade 6**

Essa unidade é uma sucessão de cerca de 140 metros de espessura composta por quartzitos com marcas de onda e com estratificação cruzada acanalada (Fig. 10). Ocorrem marcas de onda assimétrica, raras simétricas, com cristas de rumo variado NE-SW (predominante), NW-SE e E-W. Localmente ocorre interferência de marcas de onda. As marcas de ondas se empilham formando pacotes de até cerca de 60 cm. A maioria das estratificações cruzadas são acanaladas com espessuras máximas de 20-30 cm e comprimento lateral de até cerca de 3 metros. Os pacotes se empilham em ciclos marcas de onda-estratificação cruzada. Paleocorrentes NE, E e SE foram medidas em marcas de onda e estratificações cruzadas.



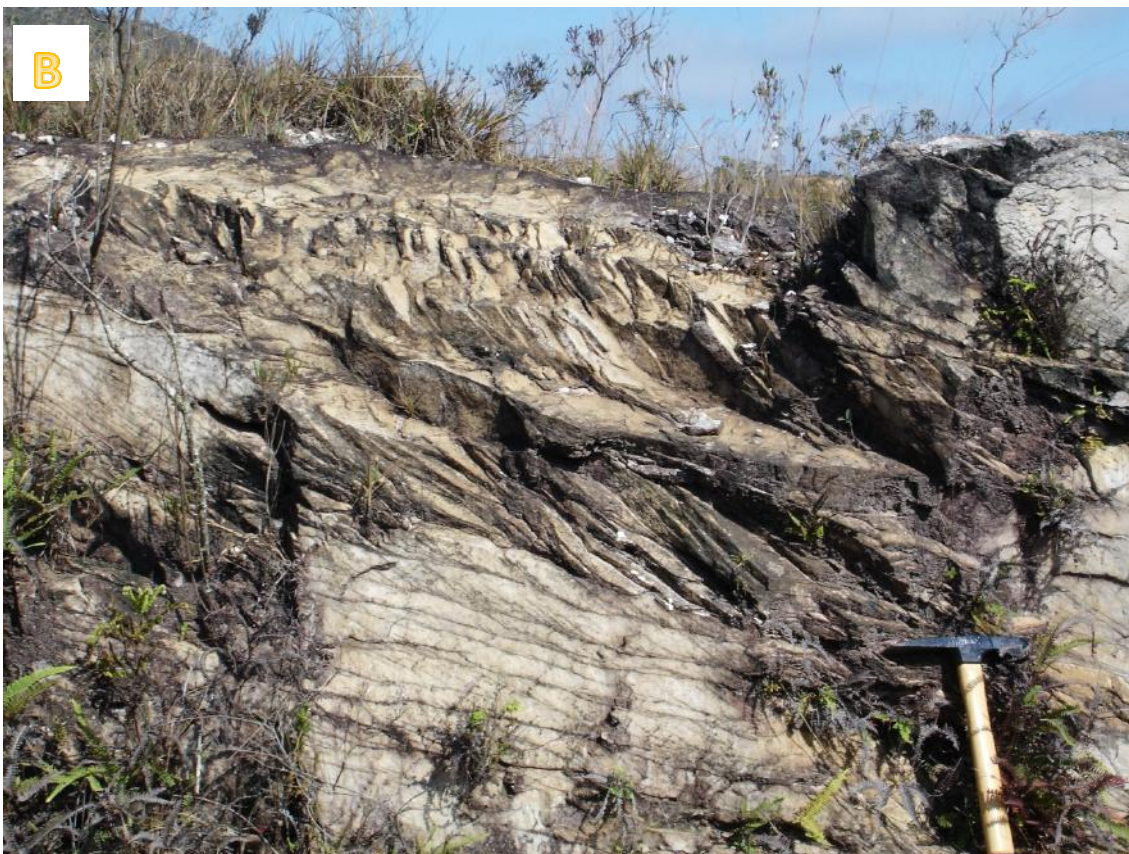


Figura 10. A - Marca de onda e B - Estratificação cruzada acanalada em Quartzito 1 (unidade 6).

### 5.7. Quartzito 2 - Unidade 7

Esta unidade é composta por quartzitos em camadas médias (10-30cm) a espessas (30-100cm) empilhadas em uma sucessão de cerca de 120 metros de espessura. Ocorrem quartzitos com estratificação cruzada acanalada e planar, porém, muitas camadas tem aparência maciça. A estrutura maciça pode ser secundária, resultado de recristalização. Estes quartzitos são mais duros (menos friáveis) e mais fraturados que os quartzitos das outras unidades e, geralmente se destacam no relevo (Figs. 11 e 12).



Figura 11 – Quartzito 2 (unidade 7) com estratificação cruzada.



Figura 12 – A diferença de relevo entre o quartzito 1 (item anterior 5.6) abaixo e o quartzito 2 acima. O quartzito 2 se destaca por ser menos friável e mais fraturado.

### 5.8. Quartzito 3 – Unidade 8

Trata-se de uma sucessão com cerca de 120 metros de espessura em contato de falha com os quartzitos sotopostos (5.7 e 5.6; Anexo 1 e figura 6).

A base da sucessão foi observada em áreas vizinhas (flanco norte da Serra do Lenheiro) sendo composta por cerca de 1 metro granulo quartzito com seixos espalhados, em camadas delgadas com estratificação cruzada acanalada ou maciças (Figs. 13 e 14). Sobre este pacote basal ocorrem quartzitos em camadas de 5 a cerca de 30 cm de espessura, maciças ou com estratificação cruzada dos tipos acanalada e planar. Intercaladas nos quartzitos ocorrem películas, lâminas e camadas/lentes delgadas (1-10cm) de metapelitos (filitos) esverdeados ou cinzentos, em vários pontos vezes com pirita.



Figura 13 – Quartzito 3 com estratificação cruzada e com películas e lâminas de metapelitos (filitos) esverdeados ou cinzentos. Unidade 8.



Figura 14 – Estratificação cruzada acanalada em Quartzito 3 - unidade 8.

### **5.9. Quartzito e metapelito em fácies heterolítica ondulada - Unidade 9**

Essa unidade é caracterizada por fácies heterolítica ondulada constituída por quartzitos com marcas de onda assimétricas, e mais raras simétricas, cobertas por películas micáceas filíticas, cinzentas ou esverdeadas interpretadas como metargilitos. Destaca-se em vários pontos a presença de pirita nos recobrimentos pelíticos (Fig. 15). A sucessão aparece sobre os quartzitos com intercalações de metapelitos (5.8).



Figura 15 – Pirita em recobrimentos pelíticos da fácies heterolítica.

#### **5.10. Metacalcáreo – Unidade 10**

Trata-se de um afloramento com cerca de 3 metros de espessura máxima, de metacalcáreo bege claro, aparentemente maciço (Fig. 16). A rocha constitui uma exposição isolada no Córrego do Lenheiro, tendo em volta depósitos do próprio córrego. A interpretação é que se trata de uma janela estrutural. Na mesma área no córrego e no seu entorno ocorrem estromatólitos colunares carbonáticos (informação do Prof. Andre Ribeiro) que não puderam ser visitados devido a cobertura vegetal e construções recentes de casas populares.



Figuras 16 A e B – Exposição isolada de metacalcáreo no Córrego do Lenheiro.



### 5.11. Metassiltito com laminação cruzada e plano paralela - Unidade 11

Este metassiltito somente foi observado em afloramentos alterados. Trata-se de um metassiltito rico em quartzo e mica branca fina que ocorre em lâminas plano-paralelas ou cruzadas definidas por películas ou lâminas muito finas, submilimétricas, de minerais opacos (Fig. 17). O metassiltito cobre o quartzito com intercalações de pelitos e a fácies heterolítica caracterizando uma possível desconformidade.



Figura 17 – Laminação cruzada em metassiltito da unidade 11.

### 5.12. Metargilito em lâminas plano-paralelas - Unidade 12

Esta unidade corresponde à Formação Prados, sendo constituída por uma sucessão de metargilitos, e menor proporção de metassiltitos, em lâminas plano-paralelas de cores cinzentas e esverdeadas (Fig. 18). As rochas estão muito alteradas assim, foram visitadas exposições fora da área estudada para conhecer melhor suas características.

A unidade cobre os quartzitos (unidade 8), fácies heterolítica (unidade 9) e o metassiltito (unidade 11) caracterizando uma discordância angular.



Figura 18 – Laminação plano paralela em metargilito cinza da unidade 12.

## **6. Geologia da área estudada - estruturas tectônicas**

Foram identificadas falhas normais e dobras com clivagem plano axial, além de lineação de interseção (acamamento x clivagem).

### **6.1. Falhas**

Ocorrem falhas normais de rumo NE-SW e NW-SE que deslocaram contatos entre as diversas unidades e geraram rejeitos desde métricos a decamétricos (cf. seções geológicas no anexo 1). Ao longo de algumas destas falhas ocorrem brechas tectônicas (Fig. 19) cortadas pela clivagem regional associada às dobras. Segundo Nepomuceno et al. (2021) estas falhas estão relacionadas a evolução da Bacia Carandaí e foram em parte reativadas durante a geração das dobras. As falhas produzem também escarpas como a desenvolvida na falha de São João del Rei (Fig. 20)



Figura 19. Brecha tectônica em que se observa estruturas remanescentes de marca de onda típicas do quartzito 1 (unidade 6).

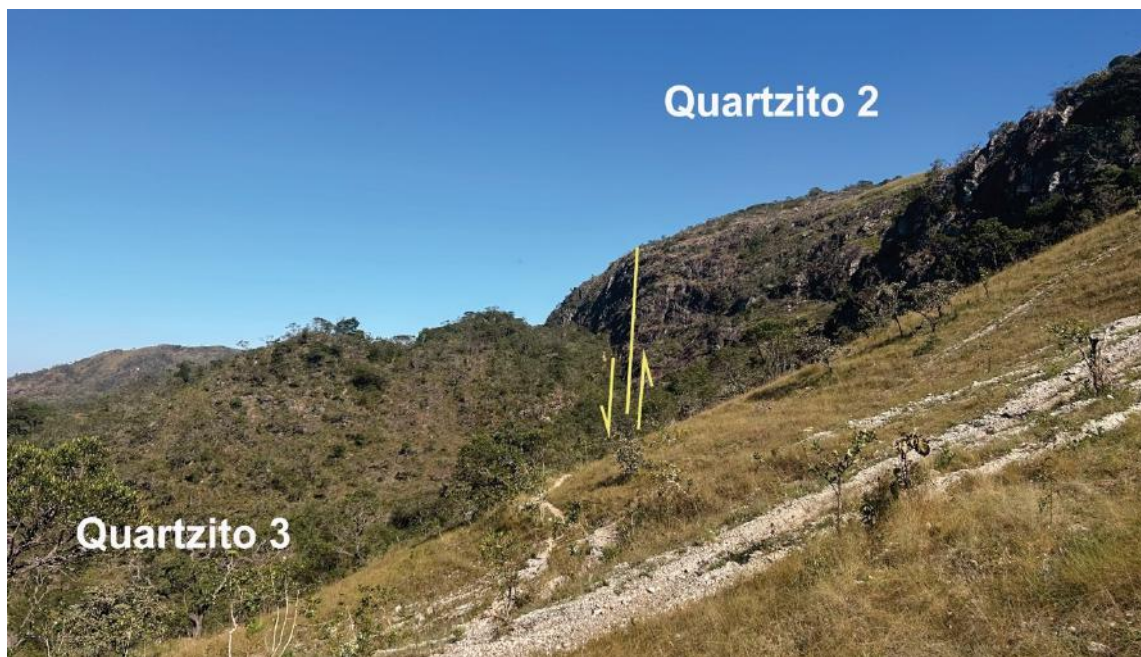


Figura 20. Escarpa de falha ao longo da falha de São João del Rei que desloca o quartzito 2 (unidade 8) e o quartzito 3 (unidade 9).

## 6.2. Dobras

Trata-se de dobras assimétricas abertas com vergência para NW e eixos de baixo caimento para NE (Figs. 21 e 22). Durante o dobramento se desenvolveu uma clivagem ardosiana ou filítica plano axial e em consequência uma lineação de interseção entre o acamamento e a clivagem (Fig. 23). Esta lineação de interseção tem caimento paralelo ou muito próximo a atitude do eixo das dobras. A clivagem é definida, essencialmente, por mica branca fina. Localmente à norte da área estudada foi observada a presença de cianita definindo uma lineação mineral cuja atitude é paralela ou quase paralela ao eixo das dobras mapeadas.

O estereograma ilustra a distribuição dos polos dos planos medidos ao longo dos flancos e charneira da dobra (Fig. 23).



Figura 21. Traço do contato entre as unidades Quartzito 3 (unidade 6) e Metassiltito 11 mostrando algumas dobras com eixos de baixo caimento para NE na área do Córrego do Lenheiro.

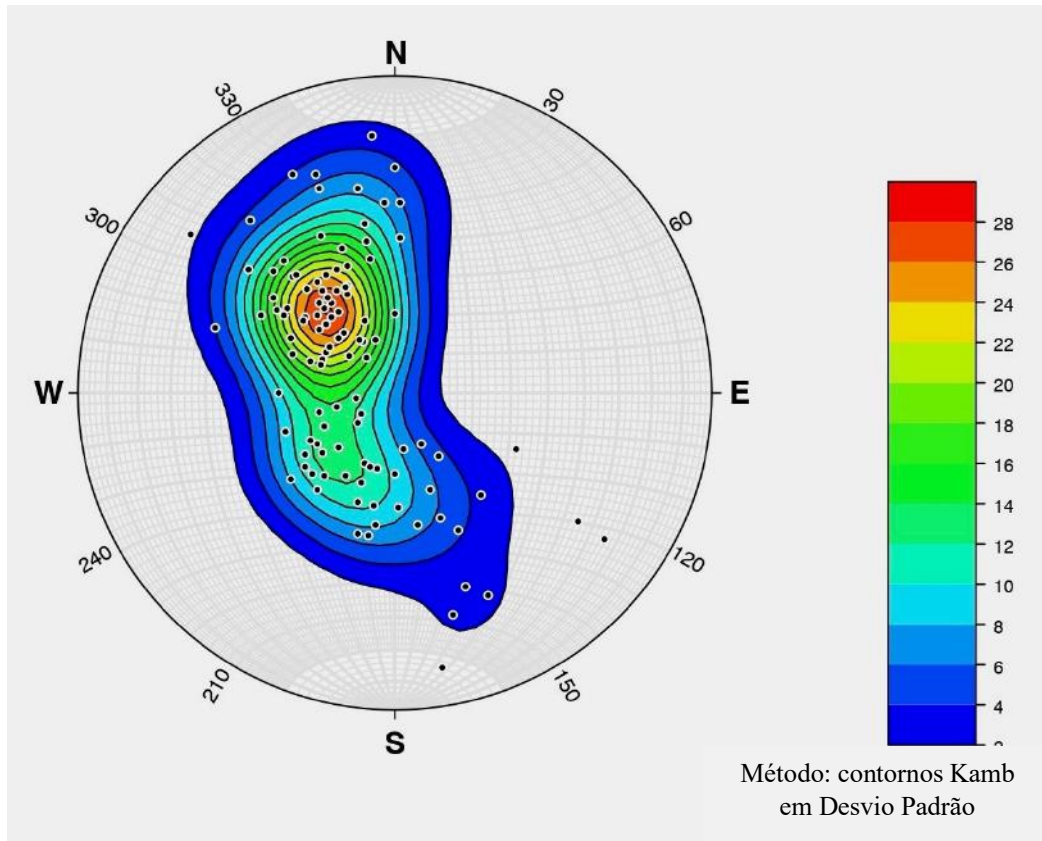


Figura 22. Estereograma de área igual (hemisfério sul) dos polos dos planos do acamamento sedimentar (S0). Número de medidas= 121. Estereograma feito no programa Stereonet (Allmendinger, Cardozo, Fisher, 2013 e Cardozo, Allmendinger, 2013)

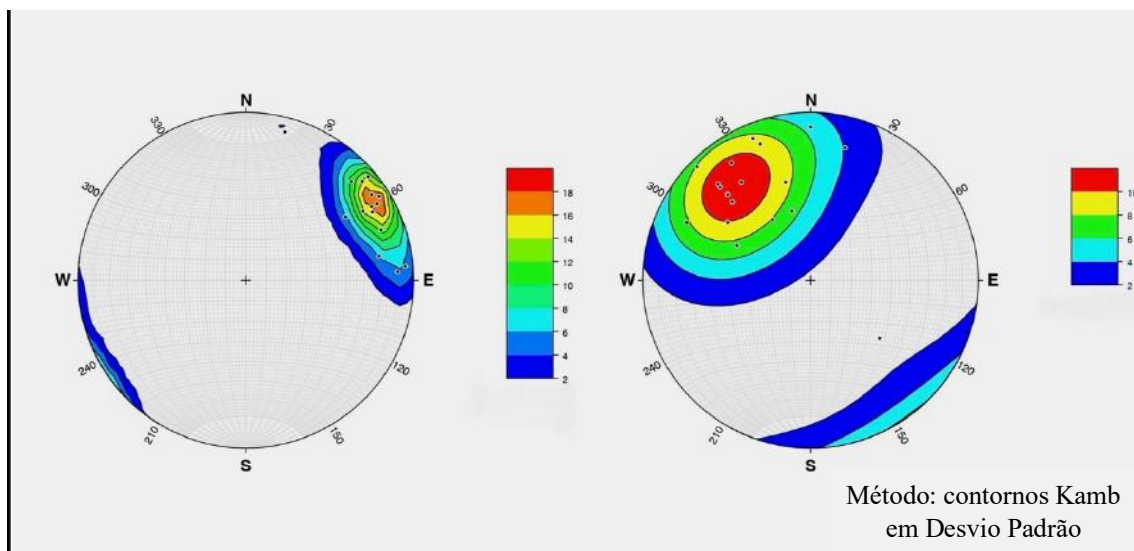


Figura 23. A - Lineação de interseção (L1) mostrando o baixo caimento dos eixos das dobras para NE (número de medidas= 16). B - Clivagem plano axial (S1). Número de medidas= 19. Estereograma feito no programa Stereonet (Allmendinger, Cardozo, Fisher, 2013 e Cardozo, Allmendinger, 2013)

### **6.3. Veios de quartzo**

Encaixados nas rochas estudadas ocorrem veios de quartzo de espessura milimétrica a decimétrica. A maioria são veios subverticais de rumo aproximado norte-sul ou próximo (NNW, NNE), mas aparecem também veios de rumo nordeste e quase leste-oeste, além de raros veios de rumo noroeste-sudeste.

### **7. Depósitos quaternários (Holoceno ?)**

Depósitos de cascalho de quartzo anguloso ocorrem em alguns locais. Na parte centro-leste e no leste da área ocorrem depósitos de canal e planície de inundação do Córrego do Lenheiro e edificações, dificultando o mapeamento das unidades pré-cambrianas. Porém, a posição das unidades permitiu inferir que estes depósitos e a área edificada devem estar encobrindo os metassiltitos (5.11).

## **5. Conclusões**

O trabalho resultou na produção de um mapa geológico detalhado e seções geológicas da área do Córrego do Lenheiro. Nos trabalhos de campo foram reconhecidas 12 unidades pré-cambrianas mapeáveis na escala 1:5.000. Da base para o topo ocorrem 1- sericita filito, 2- Metariolito, 3- Quartzito grosso (quartzito 0), 4- Magnetita filito, 5- Quartzito grosso seixoso, 6- Quartzito com marcas de onda e estratificação cruzada (quartzito 1), 7- Quartzito com estratificação cruzada (quartzito 2), 8- Quartzito com estratificação cruzada e intercalações de metapelitos (quartzito 3), 9- Quartzito e metargilito em fácies heterolítica ondulada, 10- Metacalcáreo, 11- Metassiltito em lâminas plano-paralelas e cruzadas, 12- Metargilito em lâminas plano-paralelas. Na parte centro-leste da área as rochas estão encobertas por colúvio e depósitos fluviais do Córrego do Lenheiro.

O sericita filito (unidade 1) é interpretado como uma unidade do Cinturão Mineira, ou seja, do embasamento da Formação Tiradentes. O metariolito foi interpretado por Ávila et al. (2007) também como uma unidade do Cinturão Mineiro pertencendo a Suíte Serrinha. No entanto, o mergulho do metariolito é concordante com a Formação Tiradentes sugerindo que esta unidade pode registrar parte da história da bacia onde foi depositada a Formação Tiradentes. O quartzito 0 da unidade 3 não aparece na bibliografia, porém é concordante com a Formação Tiradentes. Os quartzitos das unidades 5 (seixoso), 6, 7, 8 e 9 fazem parte da Formação Tiradentes. O quartzito seixoso (unidade 5) e o quartzito 1 da unidade 6 correspondem à sequência Tiradentes, o quartzito 2 (unidade 7) à sequência São José. O

quartzito 3 da unidade 8, a fácies heterolítica (unidade 9) e o metacalcário da unidade 10 correspondem à sequência Tejuco, conforme definido por Ribeiro et al. (2003). O metassiltito (unidade 11) corresponde à sequência transgressiva que aparece em discordância sobre as unidades 8,9, 10 conforme descrito por Nepomuceno et al. (2021). Os metargilitos da unidade 12 fazem parte da Formação Prados e aparecem em discordância angular sobre as unidades sotopostas.

As falhas normais de rumo NW-SE e E-W, com brechas associadas evidenciam deformação rúptil. Segundo Nepomuceno et al. (2021), elas se desenvolveram durante o rifteamento que deu origem à bacia Carandaí e foram reativadas durante a compressão que deu origem as dobras durante a Orogenia Brasileira. A vergência das dobras para noroeste e a os planos axiais de mergulho sudeste indicam uma compressão NW-SE compatível com a evolução do Orógeno Ribeira.



## 6. Referências Bibliográficas

ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N. C., and FISHER, D., 2013, **Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors**, Cambridge, England, Cambridge University Press, 289 pp.

ANDREIS, R.R.; PACIULLO, F.V.P. & RIBEIRO, A. (1989b) **Caracterização preliminar de Ciclos Depositionais Proterozóicos do Sudeste de Minas Gerais (Folhas Barbacena e Divinópolis, 1:250.000)**, Simpósio de Geologia do Sudeste 1, Boletim de Resumos: 101-102. Rio de Janeiro, RJ.

ANDREIS, R.R.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V.P. (1989a) **Ciclos deposicionais no Proterozóico das Folhas Barbacena e Divinópolis (setor sul), 1:250.000**. Simpósio de Geologia do Sudeste 1, Boletim de Resumos: 97-98, Rio de Janeiro, RJ.

ÁVILA, C.A., 2000. **Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais**. PhD Thesis, DG-UFRJ, Rio de Janeiro, 401 p.

AVILA, C. A., Teixeira, W., Cordani, U. G., Moura, C. A. V., Valença, J. G., Pereira, R. M., & Nunes, L. C. 2007. **Geoquímica e idade dos corpos da suíte Serrinha: implicação na evolução paleoproterozóica do cinturão Mineiro**. In Geoquímica no Ano Internacional do Planeta Terra: Anais (Vol. 3, p. 253-256). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geoquímica. Disponível em: <https://www.sbgq.org.br/anais-dos-congressos>. Acesso em: 14 set. 2023.

CARDOZO, N., and ALLMENDINGER, R. W., 2013, **Spherical projections with OSXStereonet: Computers & Geosciences**, v. 51, no. 0, p. 193 - 205, doi: 10.1016/j.cageo.2012.07.021

EBERT, H.; 1971. **Os paraibides entre São João dei Rei, Minas Gerais e Araxaídes**. In CONGR. BRAS. GEOL., 25, São Paulo, 1971. Resulllo..., São Paulo, SBG, p. 177-178.

EBERT, H. 1957a. **Aspectos principais da geologia de São João del Rei, Estado de Minas Gerais**. Relatório inédito da PROSPEC, 120p. Publicado "in memoriam" pela SBG, Núcleo São Paulo. Publicação 12/1984: 1-71.

KARFUNKEL, J.; NOCE, C.M. & HOPE, A. (1983) **A Formação Carandaí no centro-sul de Minas Gerais: gênese, ambiente de deposição e correlações**. Anais do Simpósio de Geologia de Minas Gerais 2, Boletim 3: 30-37. Belo Horizonte, MG.

LEONARDOS, O.H. 1940. **Tilito Metamórfico de Carandaí, Minas Gerais**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.12 (4): 243-259. Rio de Janeiro, DF.

MARIMON, R. S.; TROUW, R. A. J. ; DANTAS, E. L. ; RIBEIRO, A.; SANTOS, P.; KUSTER, K.; VINAGRE, R. 2021. **Provenance of passive-margin and syn-collisional units: Implications for the geodynamic evolution of the Southern Brasília Orogen, West Gondwana**. Sedimentary Geology, v. 413, p. 105823.

NEPOMUCENO, F.; RIBEIRO, A. ; SILVA, D.R. ; PIRES, G.L.C. ; TROUW, R.A.J. ; ARAÚJO, M.C.N. ; MAFIA, M. 2021. **Meso to Neoproterozoic polyphase rifting and tectonic inversion: The example of the São João del Rei region at the southern border of**

**the São Francisco Craton, Brazil.** JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES, v. 109, p. 103294.

NOCE, C. M. 1987. **Uma interpretação da clivagem S1 e a primeira fase de deformação em cinturões dobrados de baixo grau - o caso do Grupo São João del Rei.** In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte. Boletim SBG-MG. Belo Horizonte: SBG-MG. v. 7. p. 226-236

QUÉMÉNEUR, J. J. G.; RIBEIRO, A.; TROUW, R. A. J. ; PACIULLO, F. V. P. ; HEILBRON, M. **Geologia da folha Lavras 1:100000.** In: Antonio Carlos Pedrosa Soares. (Org.). Projeto Sul Minas. Belo Horizonte: COMIG, 2003, v., p. 259-316.

RIBEIRO, A., ÁVILA, C.A., VALENÇA, J.G., PACIULLO, F.V.P., TROUW, R.A.J., 2003A. Geologia da Folha São João del Rei 1:100.000. In: Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Trouw, R., Heilbron, M. (Eds.), **Projeto Sul de Minas, Etapa I: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro.** Companhia Mineradora de Minas Gerais, pp. 521–622.

TEIXEIRA, W., ÁVILA, C.A., CORDANI, U.G., MARTINS, V.T.S., VALENÇA, J.G., 2005. **Dados isotópicos (U/Pb, Pb/Pb, Sm/Nd, Rb/Sr) do plutonismo paleoproterozóico do Cinturão Mineiro, porção meridional do Cráton São Francisco: implicações tectônicas.** In: III Simpósio do Cráton do São Francisco, Salvador, vol. 1, pp. 174– 177.

KUSTER, K.; RIBEIRO, A.; TROUW, R. A. J.; DUSSIN, I.; MARIMON, R. S. 2020. **The Neoproterozoic Andrelândia group: Evolution from an intraplate continental margin to an early collisional basin south of the São francisco craton, Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, v. 102, p. 102666.

VALERIANO, C.M. (1985) **Geologia estrutural e estratigrafia do Grupo São João del Rei.** Dissertação de mestrado, 83 p., inédito, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

VALERIANO, C.M. (1986) **Geologia estrutural e estratigrafia do Grupo São João del Rei, na região de São João del Rei, MG.** Congresso Brasileiro de Geologia 34, v.2: 999-1014. Goiânia

