

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CURSO DE GEOLOGIA**

CLÓVIS SIDNEY WEBER

POTENCIAL GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO FURNAS PARA LAVRA DE AREIA

**CURITIBA
2017**

CLÓVIS SIDNEY WEBER

**POTENCIAL GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO FURNAS PARA LAVRA DE
AREIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para
obtenção do título de bacharel em geologia, na disciplina
Trabalho de Conclusão II, Departamento de Geologia

Orientador: Prof. Dr. Pedro Filipe de Oliveira Cordeiro

CURITIBA

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Helga Francisca Janssen Weber e Gilberto David Weber, que sempre me apoiaram e são meus virtuosos exemplos.

Aos meus filhos, Douglas Lima Weber e Luiz Davi Lima Weber que sempre contribuíram muito em minha vida.

À minha esposa e eterna companheira, Ligia Maria Lima Weber, que me apoiou de forma carinhosa e paciente, muito paciente.

A todos os professores do Curso de Geologia da Universidade Federal do Paraná que me forneceram conhecimento durante muitos anos.

E a todos os amigos acadêmicos e funcionários da UFPR que contribuíram diretamente e indiretamente com a conclusão desta etapa.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Pedro Filipe de Oliveira Cordeiro, pela orientação, sabedoria compartilhada e pela paciência de mesmo nos fins de semana ter revisado meus trabalhos.

MUITO OBRIGADO a todos vocês!

RESUMO

A Formação Furnas, Eo-devoniano da Bacia do Paraná, constitui uma importante formação de arenitos com extensão aflorante de 4.185 km² no estado do Paraná. Essa extensão e suas características mineralógicas e de friabilidade têm chamado a atenção de mineradores para a extração de areia para uso como agregado, em concretos e argamassas para construção civil. Pode-se dizer que a qualidade desse material está muito próxima da ideal para que seja utilizado praticamente *in-natura*, após a sua desagregação por processos mecânicos, através das análises químicas pode-se confirmar essa expectativa. Como a demanda desse tipo de produto é bastante favorável, o potencial da exploração dessa formação rochosa é bastante promissor. A friabilidade do arenito é o fator que mais favorece sua exploração comercial para uso como areia, essa friabilidade se deve a matriz do arenito ser composta por argilominerais e minerais micáceos como caolinita e a clorita, respectivamente, que quando intemperizados ou próximos a fraturas, passam por intemperismo químico e conferem à rocha menor coesão. Dessa forma, o potencial econômico da Formação Furnas é bastante promissor devido as suas propriedades de friabilidade, extensão territorial e proximidade a mercados consumidores.

PALAVRAS CHAVE (Arenito, Areia, Exploração, Mineração)

ABSTRACT

The Furnas Formation, Eo-Devonian of the Paraná Basin, constitutes an important formation of sandstones with an outcrop extension of 4,185 km² in the state of Paraná. This extension and its mineralogical and friability characteristics have attracted the attention of miners for the extraction of sand for use as aggregate in concretes and mortars for civil construction. It can be said that the quality of this material is very close to the ideal for it to be used practically in-natura, after its disaggregation by mechanical processes, through the chemical analyzes can confirm this expectation. As the demand for this type of product is very favorable, the potential for exploration of this rock formation is quite promising. The friability of the sandstone is the factor that favors its commercial exploitation for use as sand, this friability is due to the matrix of the sandstone being composed of clay minerals and micaceous minerals such as kaolinite and chlorite, respectively, that when weathered or near fractures, pass by chemical weathering and give the rock less cohesion. In this way, the economic potential of the Furnas Formation is very promising due to its properties of friability, territorial extension and proximity to consumer markets.

KEY WORDS (Sandstone, Sand, Exploration, Mineration)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1. Localização da área aflorante da Formação Furnas (em vermelho) e áreas alvo (em verde).	9
Imagem 2. Área de ocorrência de afloramentos da Formação Furnas, entre os estados do Paraná e de São Paulo.....	13
Imagem 3. Localização dos pontos visitados em campo.	16
Foto 1. Detalhe das cloritas em meio aos cristais de quartzo.....	21
Gráfico 1. Comparação entre todas as análises granulométricas realizadas linhas cheias, com o padrão determinado pela NBR- 2711-2009 linhas tracejadas.....	23
Imagem 4. Composição da imagem do <i>Google Earth</i> com as áreas dos processos minerários do DNPM (02/11/17) e o limite da Formação Furnas segundo a CPRM. Polígono vermelho representa áreas com decreto de lavra, polígonos verdes representam os requerimentos de pesquisa e polígonos azuis representam os alvarás de pesquisa em vigor.....	29
Imagem 5. Composição da imagem do <i>Google Earth</i> com as áreas dos limites da APA da Escarpa Devoniana (em verde) e o limite da Formação Furnas segundo a CPRM (linha vermelha).....	31

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1. Classificação da areia de acordo com o módulo de finura	18
Tabela 2. Classificação de agregados miúdos segundo as zonas	19
Tabela 3. Limites da distribuição granulométrica de agregados miúdos extraído	

da NBR-2711-2009	22
Tabela 4. Valores obtidos nas amostras selecionadas e sua média	22
Tabela 5. Resultados tabelados das análises de FRX realizadas	24
Tabela 6. Levantamento dos valores de areia de depósitos aluvionares FOB, segundo a cidade de origem, com a distância média do mercado consumidor e valor do frete aproximado.....	27

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Área de Preservação Ambiental – APA

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM

Fluorescência de Raio-X – FRX

Free on Board – FOB

Serviço Geológico Paranaense – MINEROPAR

Laboratório de Análises de Minerais e Rochas – LAMIR

Norma Brasileira – NBR

Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	10
3. GEOLOGIA REGIONAL	11
3.1 Bacia do Paraná	11
3.2 Supersequência Paraná	12
3.2.1 Formação Furnas	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1 Levantamento para amostragem	16
4.2 Preparação das amostras	17
4.3 Ensaio tecnológicos da areia	18
5. PETROGRAFIA	19
5.1 Ensaio granulométricos	21
5.2 Fluorescência de Raio-X (FRX)	24
5.3 Análise dos resultados	24
6. POTENCIAL ECONÔMICO	27
6.1 Processos minerários	28
7. APA DA ESCARPA DEVONIANA	30
8. CONCLUSÕES	33
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ANEXO 1. DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA DE CAMPO	38
ANEXO 2. FOTOS DAS LAMINAS DELGADAS	43
ANEXO 3. RESULTADOS DA FRX	53

1. INTRODUÇÃO

A Formação Furnas, do Devoniano Inferior, possui 4.185 km² em áreas aflorantes (MINEROPAR – 2006), com potencial de extração de agregados ainda pouco explorado. A friabilidade dessa formação permite fácil extração de areia e sua proximidade a grandes centros urbanos como a Região Metropolitana de Curitiba, Ponta Grossa e outras cidades apontam para bom potencial mercadológico. No entanto, apesar de sua extensão e potencial econômico, a dimensão dessa unidade, seus controles geológicos de friabilidade e qualidade, e a disponibilidade de áreas passíveis de lavra não estão claros.

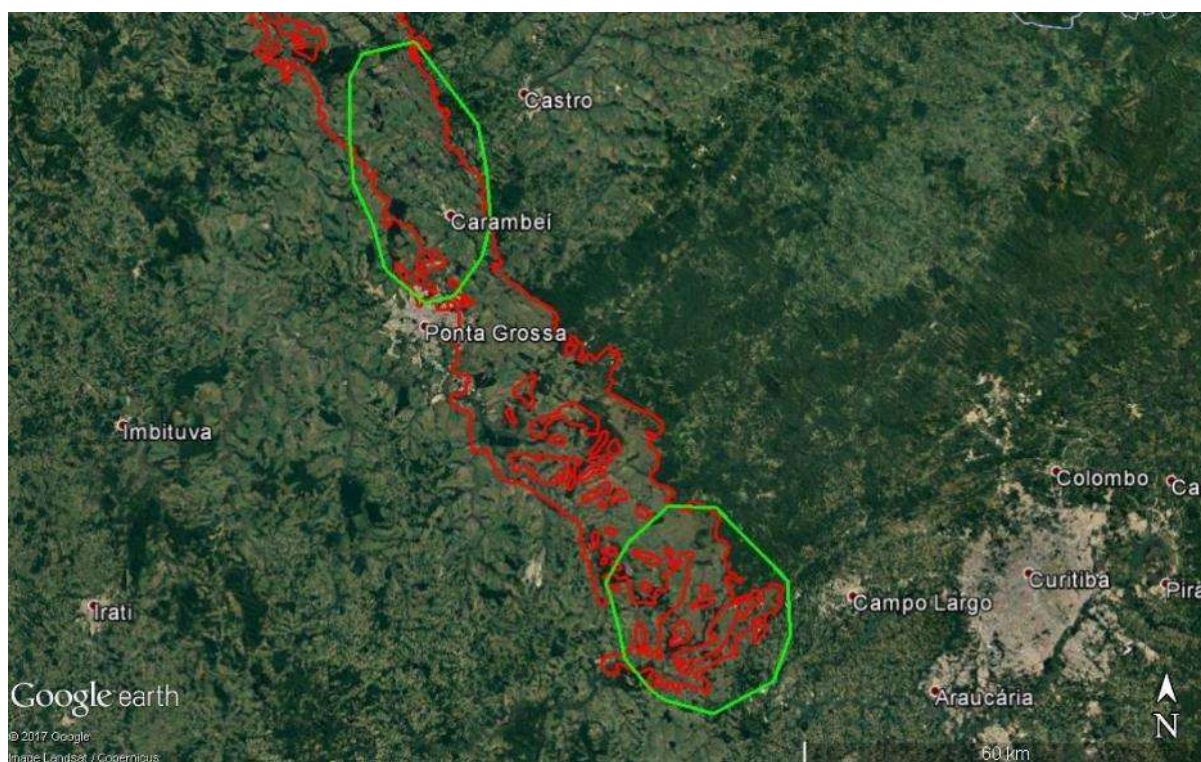


Imagem 1. Localização da área aflorante da Formação Furnas (em vermelho) e áreas alvo (em verde).

A Formação Furnas aflora ao longo da borda Leste da Bacia do Paraná e se estende desde o município de Balsa Nova, na parte Sul, até o município de

Itapeva no estado de São Paulo, na porção Norte. Levantamento preliminar junto ao Sistema de Informações Geográficas da Mineração do Departamento Nacional de Produção Mineral (SIGMINE-DNPM) indica poucos decretos de lavra na Formação Furnas. Entretanto, observa-se inúmeros requerimentos de autorizações de pesquisa e alvarás de pesquisa em andamento, demonstrando que existência de demanda que se acentua conforme a proximidade de Curitiba, o maior mercado consumidor de areia na região.

2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é determinar tanto a potencialidade geológica da Formação Furnas na sua exploração comercial para a produção de agregados miúdos, nesse caso específico, na produção de areia para a construção civil, como também a viabilidade dessa exploração, levantando as formas de ocorrência, qualidade do minério e a distância média de cada mercado consumidor.

Dados petrográficos e granulométricos foram coletados em áreas com pouca cobertura de solos ou sedimentos inconsolidados aflorantes em áreas do Segundo Planalto Paranaense. Para este trabalho será focada a porção Sul próximo a Balsa Nova, na Estrada do Tamanduá e São Luiz do Purunã até a porção central dessas áreas aflorantes nas proximidades das cidades de Tibagi, Castro e Carambeí, por estarem próximas dos mercados consumidores importantes como Ponta Grossa e Curitiba (Fig. 1 – Mapa de localização). Considerando a atividade de pequenas mineradoras, o arenito Furnas já é explotado para agregados, mas apenas em porções pontuais de sua extensão total. Um entendimento mais detalhado dos controles de friabilidade do arenito e de sua granulometria irá contribuir para a determinação de outras porções potenciais de exploração de areia na borda leste da Bacia do Paraná.

Como a Formação Furnas tem uma área bastante extensa sob o estado do Paraná e abrange parte significativa do território algumas das principais

idades do estado, objetivou-se o estudo qualitativo e quantitativo do potencial geológico dessa formação para a extração de areia, matéria prima essa já escassa em algumas regiões, como a da capital paranaense.

Para chegar aos resultados esperados uso-se de artifícios de petrologia para a determinação do arcabouço e matriz da rocha, análises químicas para se ter uma melhor acertiva a respeito da relação mineralógica, mapeamento das áreas de ocorrências, das áreas de extração e também áreas promissoras além de levantamentos bibliográficos sobre o arenito da Formação Furnas.

3. GEOLOGIA REGIONAL

3.1 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma bacia paleozoica - mesozoica de grande extensão territorial e recobre uma extensa porção da região centro-oeste da América do Sul (MILANI & ZÁLAN, 1998). Possui diversas formações rochosas geradas entre o Neo-Ordoviciano e o final do Neo-Cretáceo, ela possui potencial petrolífero além de possuir depósitos de carvão e folhelhos pirobetuminosos, com importância estratégica, além também do já comprovado potencial para produção de gás natural. Rochas eo-permianas da Bacia do Paraná têm sido alvo de inúmeros estudos e discussões quanto aos seus aspectos estratigráficos, faciológicos e paleontológicos, principalmente nos estados da Região Sul brasileira. (p.e. ANDRADE, 1982; ASSINE (1996); MILANI *et al*, 2007; SALAMUNI *et al*,1966; ZALAN,1991; ZANOTTO, 2008).

3.2 Supersequência Paraná

A Supersequência Paraná ou Grupo Paraná como muitos autores o denominam está integralmente inserido na assim denominada Série Campos Gerais é dividido em duas formações: a basal, onde foram efetuados os estudos para este trabalho, a Formação Furnas; e a sobrejacente, a Formação Ponta Grossa (in GAMA JR. *et ali*, 1982).

A Supersequência Paraná tem um ciclo transgressivo-regressivo de sedimentação registrado, que começou com a deposição de sedimentos eodevonianos areno-conglomeráticos da Formação Furnas.

Esses sedimentos areno-conglomeráticos da Formação Furnas e os pelíticos fossilíferos da Formação Ponta Grossa foram depositados na Bacia do Paraná durante o período Devoniano, o qual é caracterizado por sedimentos continentais com intercalações marinhas. A espessura das duas formações chega até 900 m (Milani, 1998).

Sotoposto ao Grupo Paraná, em praticamente toda a sua extensão, situase o denominado Grupo Rio Ivaí ou a Supersequência Rio Ivaí. Discordantemente no contato basal há uma superfície significantemente plana e regular. Ao topo do Grupo Paraná há outra superfície discordante de escala regional, a qual se desenvolveu no final do período Devoniano e limita o fim do Frasniano, que se trata de uma superfície erosiva que eliminou uma parte significativa dos registros sedimentares ocorrentes na Bacia do Paraná (Milani, 2007).

3.2.1 Formação Furnas

A Formação Furnas (Eo-Devoniano) é a unidade basal do Grupo Paraná, apresentando na região de Ponta Grossa uma espessura máxima entre 250 e 300 metros (Maack, 1970 e Assine, 1996). É constituída predominantemente por arenitos médios a grossos de coloração clara, relativamente homogêneos, com

grãos angulosos a subangulosos cimentados por caulinita e illita. Principalmente na porção basal ocorrem intercalações métricas de conglomerados e arenitos conglomeráticos quartzosos. Em direção ao topo, aparecem camadas métricas de arenitos finos e siltitos argilosos. Os arenitos possuem estratificações muito bem marcadas, dispostos em níveis com espessuras de meio a cinco metros com geometria tabular, lenticular e cuneiforme, com marcante estratificação cruzada planar, tangencial na base ou acanalada (Assine, 1996).

A Formação Furnas apresenta geometria tabular e quase nenhuma variação de espessura (Assine, 1999), as partes mais importantes da parcela aflorante se encontram na borda sudeste (SP e PR, Imagem 2), na borda norte (MT e GO) e na borda noroeste (MT e MS) da Bacia do Paraná (Assine, 1996).

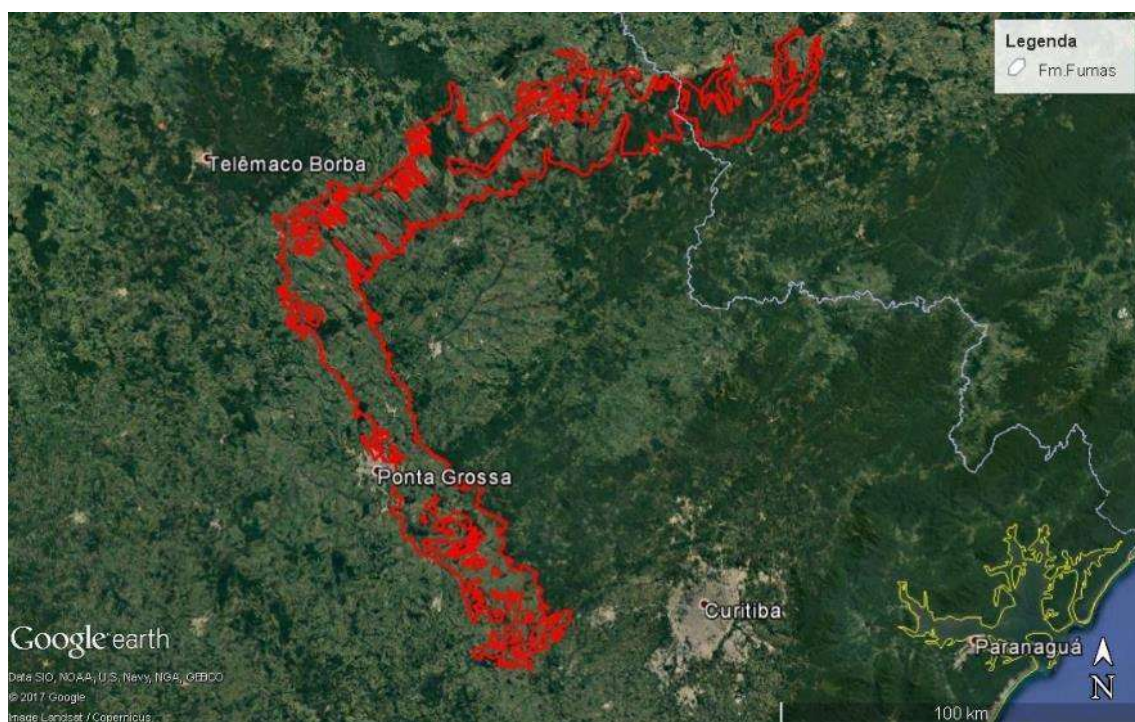


Imagem 2. Área de ocorrência de afloramentos da Formação Furnas, entre os estados do Paraná e de São Paulo.

Os arenitos da Formação Furnas, junto das estruturas sedimentares originais, de fraturas de diversas fases de deformação da Bacia e de erosão

mecânica, têm ocorrido também significativa erosão química e dissolução do cimento que promove arenização (desagrega os grãos de quartzo) da rocha (Melo & Gianini, 2007). Este é um dos motivos pelos quais as rochas da Formação Furnas são muito generosas em suas feições morfológicas que indicam essa dissolução.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os passos iniciais neste trabalho foram a coleta de informações geológicas, espaciais e de requerimentos de áreas sobre a Formação Furnas. Para a fundamentação litoestratigráfica foram utilizados mapas geológicos da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e do Serviço Geológico Paranaense (MINEROPAR), bem como bibliografias disponíveis sobre o tema. Áreas alvo de estudo (afloramentos), foram levantados com auxílio do software Google Earth Pro™, delimitando-se os pontos aflorantes ou possibilidade de ocorrências rasas de areia friável.

Dados espaciais de áreas aflorantes foram projetados sobre imagens de satélite para cálculo de área e assim determinar as potencialidades dessa formação rochosa. Em relação a qualidade e o possível volume disponível do arenito será feito uma projeção a partir de imagens do *Google Earth PRO™*. Com auxílio dessas imagens também se levantou informações sobre áreas de parque e/ou proteção ambiental para delimitação de áreas passíveis de exploração sustentável. O último passo de coleta remota de dados envolveu levantamento de informações de requerimento junto ao DNPM e com decreto de lavra para exploração sobre a Formação Furnas. Dessa forma, obteve-se dados do avanço de demanda por parte das mineradoras nas regiões a serem estudadas.

Os trabalhos de campo ocorreram na região de São Luiz do Purunã e nas proximidades das localidades de São Luiz do Purunã e Witmarsum e da cidade de Ponta Grossa e também nas proximidades da Localidade do Tronco, das

Cidades de Tibagi e Carambeí. Os trabalhos de campo incluíram breve descrição dos afloramentos e coleta de amostras em ocorrências significativas da Formação Furnas.

A locação dos pontos levou em consideração a facilidade de acesso e a segurança no momento dos trabalhos de coleta de dados. Para tanto os trabalhos incluíram duas campanhas de campo para a coletar amostras de rocha, num total aproximado de 20, que incluíram descrição das áreas aflorantes, avaliação da cobertura de solo em determinados pontos e descrição dos horizontes mais friáveis do arenito. Foram analisadas em torno de 20 ocorrências próximas das cidades de Balsa Nova, São Luiz do Purunã, Ponta Grossa e Tibagi. Quanto a quantificação do material existente, foram utilizados métodos convencionais de cubagem de minério, o qual foi delimitado por meio de imagens, feita uma estimativa média de acordo com as ocorrências nos locais visitados e nas áreas onde já há extração de areia.

As amostras foram coletadas em pontos de ocorrência de afloramentos naturais em meio a áreas de cultivo agrícola, pastagens e mesmo em meio a áreas de mato e afloramentos com influência antrópica como em cortes de estradas, drenagens de estradas, áreas de empréstimo para material de aterro, locais com extração de material, entre outros. Foi utilizando apenas o martelo geológico para a desagregação do material, visto que, o arenito é, na maioria das vezes, bastante friável. Para a realização dos diversos ensaios de caracterização foram coletados 1 a 2 kg de amostras por afloramento, dentre essas amostras material inconsolidado e também material coeso, para execução dos ensaios de peneiramento e confecção das lâminas delgadas para descrição petrográfica.

As amostras coletadas tiveram sua qualidade como material de construção determinada a partir de análises granulométricas (em um total de 10) e comparação com padrões normatizados (Norma Brasileira - NBR) para a utilização desse minério na construção civil. Foram executadas 5 análises em equipamento de Fluorescência de Raio X (FRX) e 5 lâminas delgadas para a determinação do cimento do arenito e estudo da forma de ligação/cimentação

entre os grãos do arenito, de modo que possibilitou a interpretação da friabilidade desse arenito.

4.1 Levantamento para amostragem

A partir do *layer* em kmz* mapa geológico da região (folha 22/CPRM) sobre imagem de satélites do *Google Earth PRO™* determinou-se cada um dos locais de possíveis ocorrências, definindo os pontos de coleta de amostras abrangendo, de modo heterogêneo, toda a área de ocorrência da Formação Furnas entre os municípios de Balsa Nova, Ponta Grossa, Carambeí e Tibagi (Imagem 3). Porém, alguns pontos tiveram de ser desconsiderados pela sua localização ter se mostrado como sendo de difícil acesso, as visitas propostas às áreas de mineração existentes, não foram realizadas, pois a campanha de campo foi realizada em um final de semana, quando essas mineradoras não têm expediente.

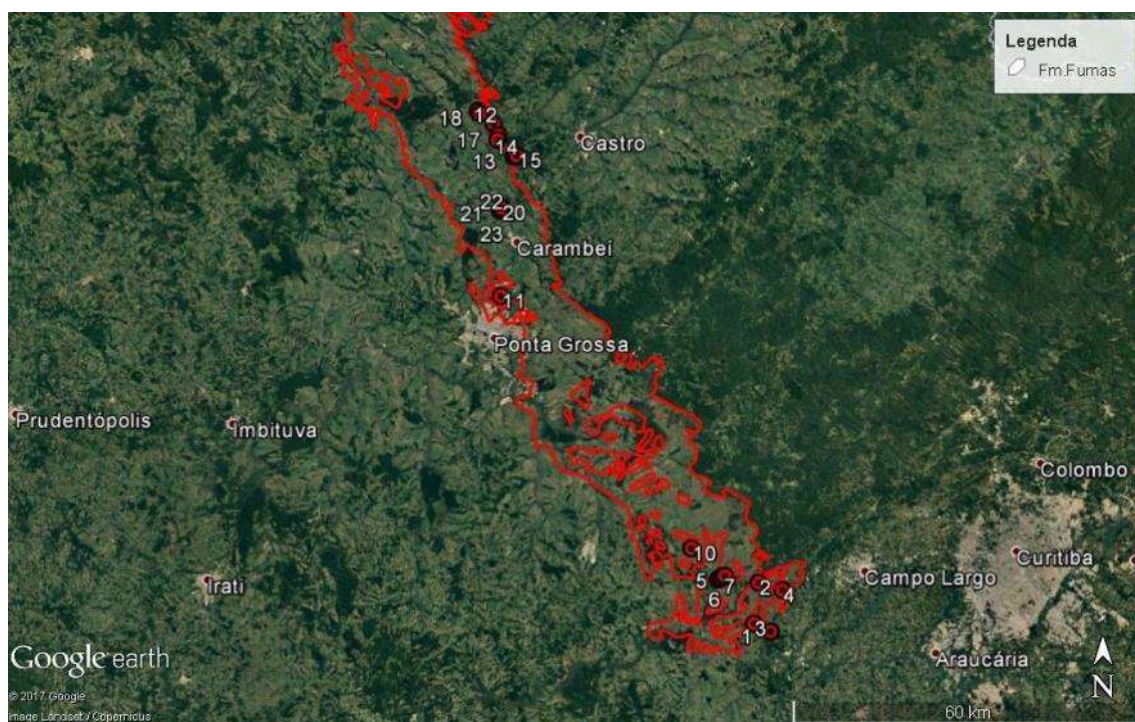


Imagem 3. Localização dos pontos visitados em campo.

4.2 Preparação das amostras

A preparação de amostras incluiu secagem à sombra durante cerca de 40 dias, separação das partes rígidas para confecção de lâminas e desagregação manual para a realização da análise granulométrica e FRX.

- A) No Laboratório de Análises de Minerais e Rochas - LAMIR foi feita a secagem adicional em estufa, de todo o material, sendo separadas as amostras inconsolidadas e rígidas para que cada parte seja encaminhada para sua respectiva análise.
- B) O material inconsolidado, que não foi pesado antes de encaminhar para o LAMIR, foi quarteado até atingir a quantidade exata de 200 gramas.
- C) Essa porção de 200 gramas foi passada por peneiras de malha Tyler por via úmida e a partir desse procedimento pode-se ter os valores das análises granulométricas que analisamos nesse trabalho.
- D) Também do material inconsolidado foi retirada a porção analisada na FRX, porém, esse material não passou pela lavagem, assim sendo, foi realizada a análise completa para a determinação da porção de cimento existente na rocha.
- E) Foram separadas amostras de material mais rígido para a confecção de lâminas delgadas, esse material foi cortado em tamanho suficiente para facilitar a impregnação com resina epóxi, esse processo de impregnação teve de ser repetido por cerca de três vezes em algumas amostras, tamanha a friabilidade do arenito. A partir dos blocos já resinados foram cortadas as placas que deram origem às lâminas finais.

4.3 Ensaios tecnológicos da areia

A determinação da granulometria de agregados miúdos é descrita pela NBR NM 248 (2003), nesse caso foram usadas peneiras de malha Tyler (5 a 325), ou seja, de 4 mm a 0,044mm. Por este ensaio se calcula a porcentagem retida e retida acumulada em cada peneira, sendo que as granulometrias abaixo de 0,044 mm são perdidas no processo de lavagem, pois o peneiramento é feito por via úmida, assim todas as partículas menores que 0,044 mm são carregadas pela água.

A NBR 7211 (2009) determina valores máximos para a porcentagem retida em cada abertura de peneira, e são separadas em quatro zonas granulométricas dentro dos limites inferiores e limites superiores do módulo de finura, ambos subdivididos em zona utilizável e zona ótima.

Pelo módulo da finura pode-se classificar as areias para concreto em:

CLASSIFICAÇÃO DA AREIA PELO MÓDULO DE FINURA	
Valor do Módulo de Finura (MF)	Classificação
$MF > 3,9$	Areia Grossa
$3,9 > MF > 2,4$	Areia Média
$MF < 2,4$	Areia Fina

Tabela 1. Classificação da areia de acordo com o módulo de finura.

Definida na NBR NM 248 (2003), a dimensão máxima característica é o valor da abertura da malha da peneira que possui a porcentagem retida acumulada com o valor igual ou inferior a 5%.

O módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de uma série, são classificadas, de acordo com a NBR 7211 (2009), na zona utilizável inferior (valores entre 1,55 e 2,20); na zona ótima (valores entre 2,20 e 2,90) e na zona utilizável superior (valores entre 2,90 e 3,50).

CLASSIFICAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO SEGUNDO AS ZONAS	
Zona	Classificação
Zona ótima	$2,20 < MF < 2,90$
Zona utilizável inferior	$1,55 < MF < 2,20$
Zona utilizável superior	$2,90 < MF < 3,50$

Tabela 2. Classificação de agregados miúdos segundo as zonas.

A determinação do teor de materiais finos foi realizada conforme o “Procedimento A” da NBR NM 46 (2003), ou seja, por lavagem da amostra com água, esse procedimento consiste em acomodar a amostra seca e pesada sobre o conjunto de peneiras e lavá-la até se ter certeza de que não há mais nenhum fragmento de material de granulometria fina na peneira superior e pesagem após secagem.

5. PETROGRAFIA

A caracterização da formação geológica se deu com a descrição de afloramentos em campo, análise petrográfica de laminas delgadas, ensaios granulométricos e FRX.

Dentre as amostras coletadas, cinco foram escolhidas para confecção de lâminas delgadas e descrição petrográfica detalhada, com caracterização da mineralogia, do cimento e matriz das rochas amostradas. Observa-se predomínio do quartzo na composição do arenito e matriz/cimento com pequena variação composicional, entre argilominerais e micas. Essa composição da matriz/cimento justifica a friabilidade da rocha, pois esses componentes podem ser facilmente carreados pelos agentes intempericos e pela percolação de água por fraturas ou mesmo pelos poros do arenito.

Nas amostras 1 e 3 ocorre aproximadamente 90 a 95% de arcabouço, observa-se ligeira variação na cimentação, pois as amostras apresentam uma granulometria fina, a maioria dos grãos nesse caso estão com uma maior área

em contato uns com os outros e o cimento é principalmente de argilominerais, que segundo o que é citado em muitas literaturas são caulinita e illita.

Nas amostras 2, 6 e 9 há uma proporção de cimento entre 10 a 15 %, nesses casos com ocorrências de cloritas entre os argilominerais, além do contato dos grãos de quartzo ser muito menor.

A granulometria notadamente possui uma variação bastante considerável, ora mais fina com os grãos extremamente imbricados e ora com níveis arenosos, muito mal selecionados, inclusive com clastos maiores de 25mm em determinados casos. Essa característica confere a formação Furnas uma distribuição granulométrica muito favorável para ser explorada como material para construção, pois atende praticamente toda a gama exigida para a utilização na mistura de argamassas e concretos. A proporção de cimento entre 10 e 15% para grão de quartzo e entre 85 e 90%, sugere que dissolução do cimento geraria desagregação da rocha muito próxima da sua totalidade, além de alto potencial de friabilidade.

Algo que chama a atenção em algumas das amostras estudadas é a presença de clorita na matriz (foto 1), sendo que nas amostras onde aparece as cloritas há maior facilidade de desagregação da rocha. Principalmente pela questão dos grãos de quartzo estarem mais afastados uns dos outros, ou seja, os grãos são matriz-suportados. A clorita é um importante indicador do processo diagenético dessas rochas.

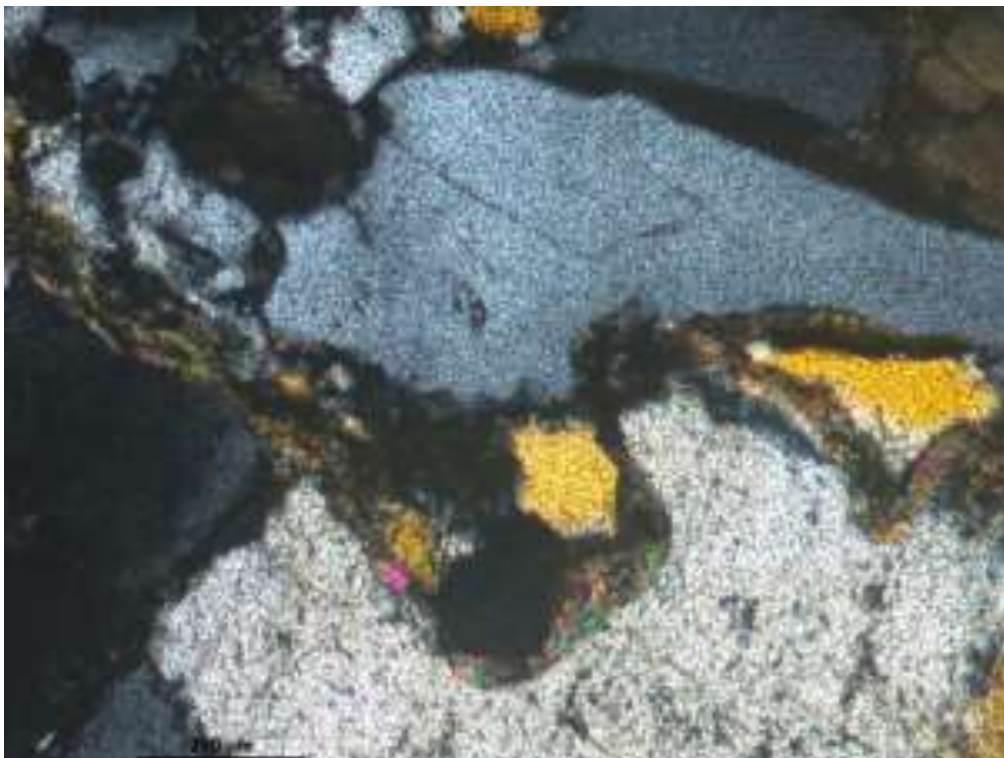


Foto 1. Detalhe das cloritas em meio aos cristais de quartzo.

5.1 Ensaio granulométrico

Seguindo-se a norma ABNT foi confeccionada a tabela a seguir, a partir dos resultados obtidos nos ensaios do LAMIR, se optou por trabalhar com dados tabelados lado-a-lado, de todas as amostras para realizar uma simples comparação com a referida norma e suas médias.

Peneira com abertura de malha (ABNT)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites Inferiores		Limites Superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Tabela 3. Limites da distribuição granulométrica de agregados miúdos. extraído da NBR-2711-2009.

Malha Tyler	Abertura em mm	% Retida Abaixo										
		AM-01	AM-03	AM-05	AM-06	AM-08	AM-13	AM-14	AM-15	AM-16	AM-19	Média
-	9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-	6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4,000	0,05	7,34	0,35	11,33	1,79	0,13	0,65	2,42	0,38	16,53	4,097
9	2,000	0,49	8,77	4,53	13,37	6,59	4,43	2,22	2,84	3,94	20,81	6,799
16	1,000	2,72	9,42	27,77	19,57	17,64	22,05	9,17	4,75	20,80	33,72	16,761
32	0,500	19,61	22,77	68,89	37,41	40,78	53,83	33,03	31,98	52,18	71,80	43,228
60	0,250	68,96	74,40	87,66	62,14	69,65	83,66	76,47	82,33	79,03	89,72	77,402
115	0,125	91,24	95,85	93,42	86,38	92,28	93,14	92,63	91,86	93,46	95,01	92,527
250	0,063	96,35	96,85	96,30	95,47	96,21	96,20	96,10	96,10	96,40	96,43	96,241
325	0,044	97,03	97,03	96,94	96,86	96,97	96,96	96,89	96,98	96,99	96,97	96,962
<325		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100

Tabela 4. Valores obtidos nas amostras selecionadas e sua média.

Para manter-se no escopo do trabalho, optou-se por não avaliar quantidades de substâncias nocivas para agregados, como a quantidade de fragmentos matéria orgânica e a quantidade de fragmentos ou pelotas de argila.

Esses dados foram plotados em um gráfico de granulometria por porcentagem retida em conjunto com dados NBR dos padrões para uso em construção civil. Com a observação dos gráficos criados (Gráfico 1 e Gráfico 2) que representam as amostras analisadas e os padrões estabelecidos pela NBR, respectivamente, podemos afirmar que as curvas de granulometrias da Formação Furnas se adequam perfeitamente aos parâmetros exigidos pela norma, dessa forma pode ser utilizado na produção de concretos para construção civil sem restrições.

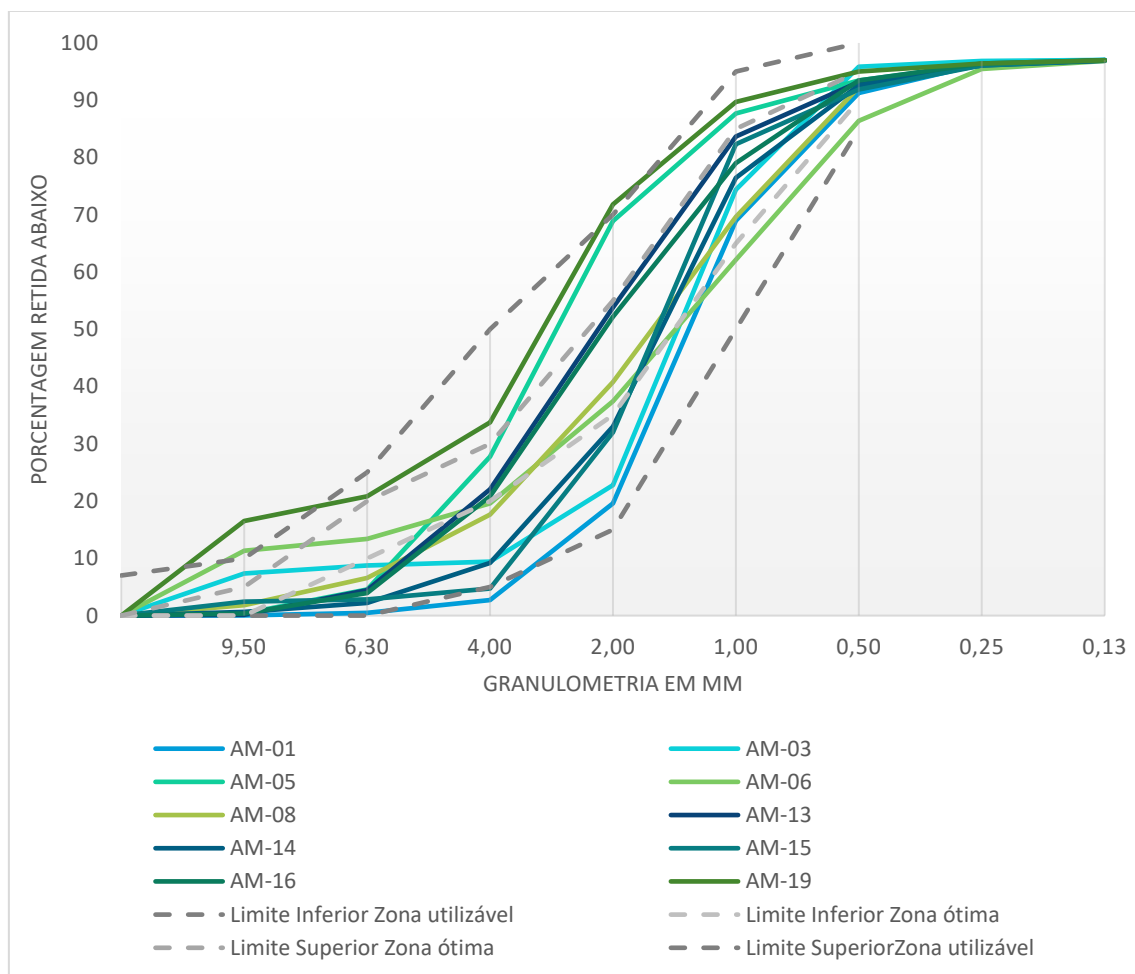


Gráfico 1. Comparação entre todas as análises granulométricas realizadas linhas cheias, com o padrão determinado pela NBR- 2711-2009 linhas tracejadas.

5.2 Fluorescência de Raio-X (FRX)

Foram obtidos resultados de cinco análises de FRX realizadas no LAMIR, estas análises servem como complementação à petrografia, mostrando os principais óxidos que compõem as amostras. A tabela 5 mostra os óxidos maiores, sob a análise de cada um dos pontos analisados.

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	CaO	SO ₃	P.F.
AM-01	97,5	1,8	< 0,1	0,1	< 0,1	0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,53
AM-03	97,6	1,7	< 0,1	< 0,1	0,1	0	0	< 0,1	< 0,1	0	0,58
AM-06	89,5	7,7	0,4	0,4	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,73
AM-09	87,0	9,6	0,8	0,2	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,04
AM-16	96,0	2,6	0,2	0,3	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0	0,65

Tabela 5. Resultados tabelados das análises de FRX realizadas.

Observando as amostras AM-06 e AM-09 que estão com uma maior concentração de cloritas, há uma diminuição considerável no teor de sílica, uma elevação no teor de alumínio, potássio e titânio. A perda ao fogo nessas amostras também teve um aumento significativo nessas amostras.

5.3 Análise dos resultados

Os resultados propostos para o trabalho seguem uma série de parâmetros analisados de acordo como os dados coletados em campo, das análises feitas em laboratórios e das referências levantadas na bibliografia

A areia para construção civil é considerada um agregado de origem natural. Os agregados naturais devem ter grãos resistentes duráveis e inertes, isto é, sem ação química sobre o cimento Portland, não devendo conter

impurezas que prejudiquem o endurecimento do aglomerante, além de apresentar uma boa composição granulométrica e uma forma de grão adequada.

Os materiais pulverulentos, aqueles abaixo dos limites máximos fixados pelas especificações, contribuem para melhorar a trabalhabilidade dos concretos, porém dependendo do processo de extração, esse material pode se perder na “lavagem” do arenito. O efeito da presença da argila em agregado destinada a concretos depende do modo como ela está distribuída. Para a resistência do concreto, ela é muito mais nociva quando se encontra formando uma película que cobre os grãos de areia, do que quando se acha uniformemente distribuída em toda a massa. A matéria orgânica, por sua vez, é a impureza mais frequente nas areias naturais. Trata-se de detritos de origem vegetal, geralmente sob a forma de partículas minúsculas, mas em grande quantidade, podendo chegar a escurecer o agregado, porém, esses materiais não são tão comuns em arenitos. A lavagem da areia, no entanto, costuma ser suficiente para sua remoção do agregado.

Em relação à forma do grão, é dada preferência aos agregados de grãos arredondados, uma vez que a esfericidade e a quantidade de vazios influem na quantidade de água a ser empregada no concreto. Agregados com partículas lamelares, tipo agulha, por exemplo, são prejudiciais, pois dificultam adensamento do concreto, impedindo a penetração dos grãos e tornando o concreto pouco trabalhável, reduzindo a compacidade e, por consequência, sua resistência e impermeabilidade.

Em relação a origem e composição da areia podemos comentá-las como:

- As areias quartzosas, constituídas quase exclusivamente por quartzo, quando bem graduadas, são as melhores areias para concreto.
- As areias de formação eólica ou marinha, embora sejam bastante puras, com mais de 90% de sílica, apresentam um inconveniente, que é a granulometria. Por serem muito finas e uniformes, exigem uma grande quantidade de água para a formação do concreto, gerando concretos menos resistentes que os concretos obtidos de areias de origem fluvial.

- Areias quartzosas de origem fluvial, embora não tão puras quanto as de origem marinha (apresentam 80 a 85% de sílica), devido à granulometria, são consideradas as melhores areias para concreto.
- As areias de depósitos residuais, embora apresentem boa granulometria, tem o inconveniente de serem muito impuras (70% de sílica e 30% de resíduos, principalmente argila).
- As areias muito finas são indicadas para o reboco de paredes e tetos. As areias médias e grossas aceleram o endurecimento e aumentam a resistência das argamassas. O seu emprego é mais econômico, pois exige menor quantidade de aglomerantes e água. As areias grossas são indicadas nas alvenarias de pedra e as médias nas alvenarias de tijolos e nos rebocos.

Dentre os vários fatores que podem influenciar na resistência ou qualidade do concreto pode-se citar entre eles os parâmetros químicos e os físicos. Dentre os fatores químicos como a concentração de óxidos de alumínio, potássio e a notável elevação dos valores de perda ao fogo mostram que o teor da matriz é mais elevado em relação ao arcabouço, sendo que essas amostras com maior concentração da matriz, são geralmente com uma friabilidade maior. Dentre os fatores físicos relevantes para o uso da areia do arenito para a construção civil, pode-se dizer que a friabilidade é o mais importante, pois é o que vai determinar o custo final de produção, com o tempo de extração, o tipo do processo de extração e o processo de retrabalho adotado para a finalização do produto. Dentre esses fatores também é importante citar a esfericidade, que no caso do uso em concreto será de suma importância, pois determina a quantidade de cimento e água que serão usados na mistura. De acordo com os resultados obtidos nas análises realizadas, pode-se verificar que a granulometria varia entre grossa e fina e sua esfericidade é intermediária, podendo ser interpretada como aceitável.

6. POTENCIAL ECONÔMICO

Para poder ter uma base de valores e possibilitar a avaliação do potencial econômico do arenito, optou-se por entrar em contato com alguns mineradores de areia da região de Curitiba e Ponta Grossa, desta forma se obteve o valor do minério *Free on Board* (FOB), ou seja, retirado no local, os quais foram colocados em uma tabela comparativa (tabela 6), valores esses coletados no mês de novembro de 2017.

Cidade de origem	Araucária	Balsa Nova
Fornecedor	Minerador A	Minerador B
Valor do Minério Expresso em R\$	40	20 a 30
Valor do Frete	55 a 70	60 a 80
Distância do Cliente em Km	10 a 30	20 a 50

Tabela 6. Levantamento dos valores de areia de depósitos aluvionares FOB, segundo a cidade de origem, com a distância média do mercado consumidor e valor do frete aproximado.

Como a Formação Furnas possui uma extensão considerável próximo a esses mercados consumidores, pode-se afirmar que dependendo da demanda, há possibilidade da extração é bastante promissora.

Em geral os mercados consumidores de relevância como o de Curitiba e de Castro são os que estão mais afastados das ocorrências do arenito. Todavia, como os preços desse agregado para o consumidor final estão bastante elevados, chegando ao patamar de R\$ 70,00 por metro cúbico, ainda é viável o transporte desse material até as regiões consideradas distantes.

Fazendo um simples cálculo volumétrico, sem considera a topografia da área, tampouco as diferenças de granulometria e friabilidade do arenito, foi feito um cálculo para a estimativa de valores aproximados das duas áreas alvo da pesquisa. Para tanto considerou-se uma espessura hipotética da camada de arenito em 20 metros, essa espessura foi inferida pela facilidade de extração até essa profundidade, multiplicado pela extensão superficial de ambas áreas alvo da pesquisa, 750.000m^2 aproximadamente, chegando-se a praticamente $15.000.000\text{ m}^3$ de areia, uma cifra bastante considerável tendo-se em vista que a espessura desse arenito na sua área aflorante pode chegar a mais de 250 metros.

Como não se tem informações de toda a extensão do arenito, quanto a friabilidade das camadas não foi utilizada a espessura total para o cálculo volumétrico, para tanto cada área a ser pesquisada para a extração do mesmo deverá ser avaliada individualmente, podendo haver uma variação considerável, tanto para mais, quanto para menos, na espessura final. Como o arenito friável geralmente ocorre próximo à superfície, e não foram feitos levantamentos a respeito das informações referentes à subsuperfície, não há possibilidade de inferência de valores volumétricos além da profundidade de 20 metros. Essa profundidade também é próxima à já atingida por alguns mineradores da região.

6.1 Processos minerários

No levantamento feito junto ao SIGMINE/DNPM observa-se grande concentração de processos minerários em diversas fases sobre o Formação Furnas na região de São Luiz do Purunã (Imagem 4), local esse, considerado como a região de afloramentos mais próxima de Curitiba.

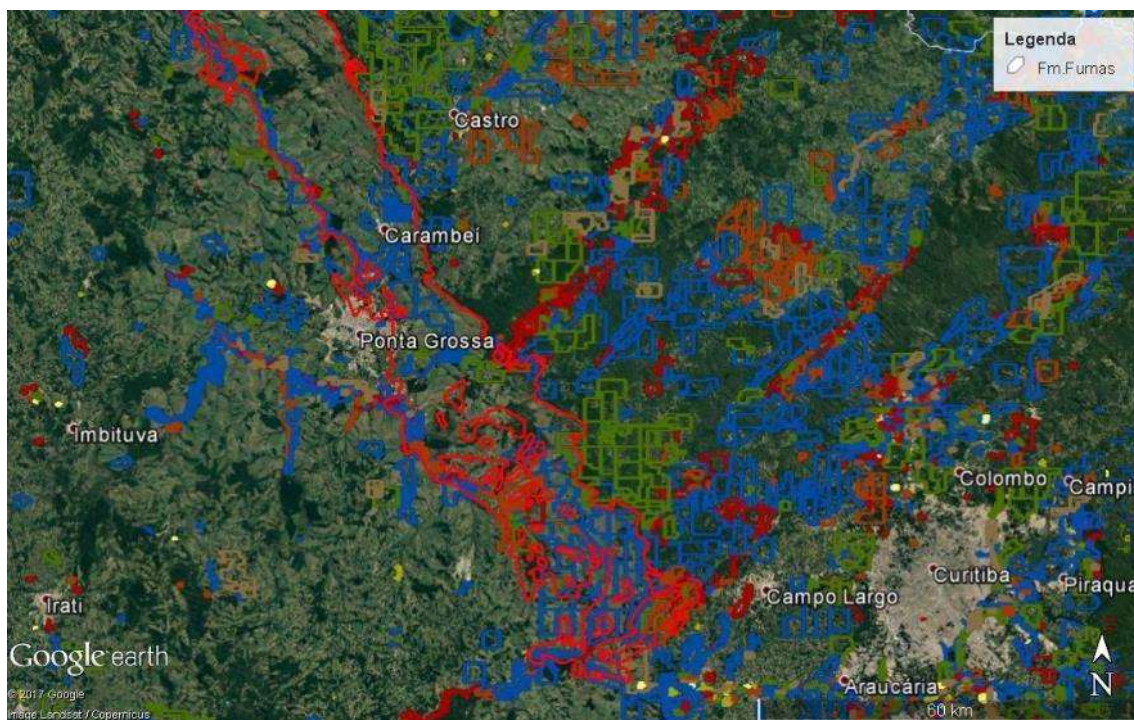


Imagem 4. Composição da imagem do *Google Earth* com as áreas dos processos minerários do DNPM (02/11/17) e o limite da Formação Fumas segundo a CPRM. Polígono vermelho representa áreas com decreto de lavra, polígonos verdes representam os requerimentos de pesquisa e polígonos azuis representam os alvarás de pesquisa em vigor.

Na porção sul, próximo ao maior mercado consumidor, no caso a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), praticamente toda a extensão da Fm. Fumas e suas proximidades está requerida de alguma forma, sendo que há apenas quatro áreas que estão em exploração com decreto de lavra nessa região e mais uma única área entre Carambeí e Castro.

Observando os processos minerários da região da Fm. Fumas e seu entorno observa-se a ocorrência de diversas áreas de exploração de areia em rios sobre a formação ou muito próximo, sendo que muitas dessa área já possuem decreto de lavra e estão operando. Essa areia tem características distintas da areia do arenito, pois dependendo da distância da área fonte estão mais ou menos retrabalhadas e com grãos mais ou menos arredondados. Possivelmente a área fonte seja o próprio arenito.

Em regiões como a de Ponta Grossa, pode-se afirmar que atualmente há uma utilização indireta do potencial do resultado da arenização da Fm. Furnas, pois rios como o Rio Tibagi, que nasce e tem grande parte de seu curso sobre esta formação rochosa, pois ocorre a exploração dos depósitos aluvionares recentes desse rio e seus afluentes, assim como há também a exploração da própria calha do rio.

Comparativamente, essas áreas de depósitos aluvionares tem uma maior facilidade para a extração, pois geralmente estão inconsolidados. Em contrapartida muitas vezes essas áreas de areia estão sob uma cobertura de argila que pode variar conforme o local, já foram vistos casos com 3 a 4 metros de cobertura de argila para um metro de espessura de areia.

7. APA DA ESCARPA DEVONIANA

Uma parte significativa dos afloramentos da Formação Furnas se encontram dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana, que teve sua criação através do Decreto Estadual nº 1.231, de 27 de março de 1992, com uma área totalizando 392.363,38 hectares conforme o decreto, são distribuídos em treze municípios do Estado do Paraná, sendo que em parte recobre a área de estudo.

Para regulamentar as atividades na região da APA foi criado um Plano de Manejo em 2004, que enquanto as discussões para nova regulamentação não são formalizadas, é o que está em vigor.

“Segundo o artigo 6º da Resolução 10/88-CONAMA, não são permitidas nas APAS as atividades de terraplanagem, mineração, dragagem e escavação que venham a causar danos ou degradação ao meio ambiente e/ ou perigo para pessoas ou para a biota. Também é preciso destacar que nas Áreas de Preservação Permanente (art. 2º e 3º da Lei 4.771/65) a atividade da mineração (como a extração de areia ou a exploração de jazidas em encostas) pode acarretar danos à vegetação de preservação permanente, para o que devem

obrigatoriamente atender o DNPM e os órgãos ambientais estaduais. Apesar de não ser exigido expressamente o licenciamento ambiental prévio para a pesquisa mineral pela Lei Federal nº 7.805/89, nada impede que os Estados e

Municípios suplementem a legislação e passem a exigí-lo. Contudo, no caso da APA, o artigo 17 da mesma lei pode ser interpretado de forma a entender-se que é uma “área de conservação” e que, portanto, a exigência de licenciamento prévio para pesquisa mineral já está prevista.” (Extraído do Plano de Manejo)

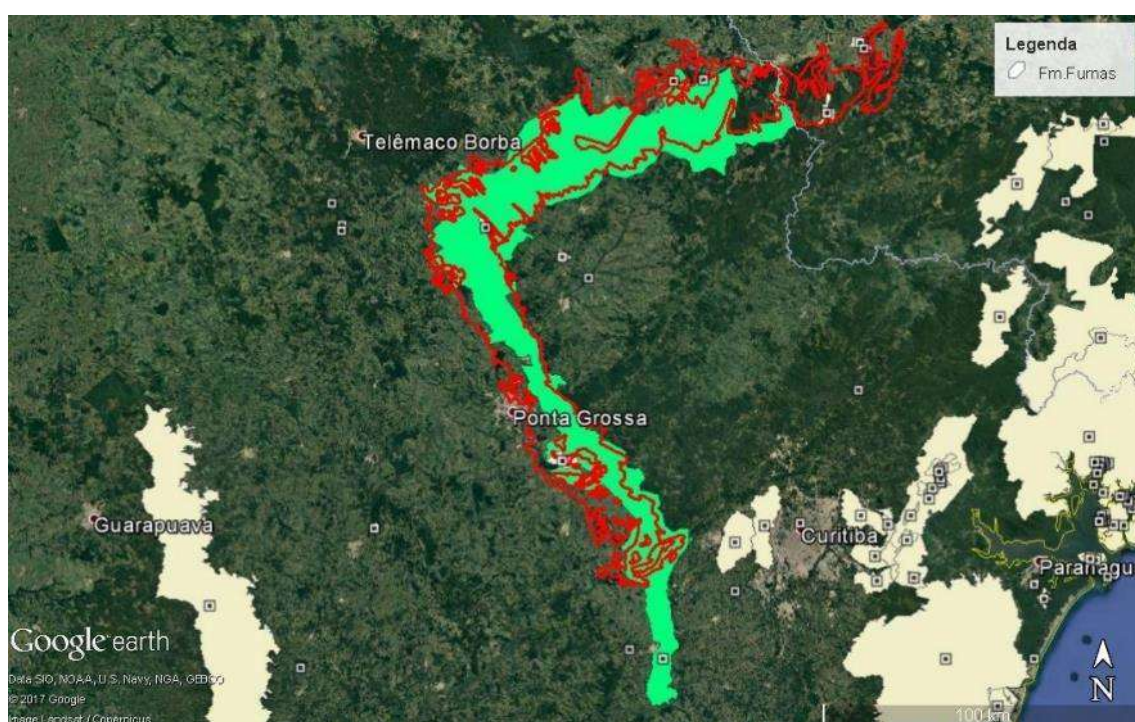


Imagem 5. Composição da imagem do Google Earth com as áreas dos limites da APA da Escarpa Devoniana (em verde) e o limite da Formação Furnas segundo a CPRM (linha vermelha).

Foi feita uma comparação entre as áreas da APA e da Formação Furnas com auxílio de um *layer* em kmz adquirido de um órgão ambiental, delimitou-se o perímetro da APA da Escarpa Devoniana, a qual está sobreposta à grande parte da Formação Furnas (Imagem 5), porém há uma faixa na porção oeste

dessa formação que está fora da APA e por consequência é a parte onde atualmente se encontram a maioria dos processos minerários ativos.

Sabemos que a mineração é regulamentada pelo DNPM e o mesmo exige que seja feito o licenciamento ambiental, desta forma a exploração mineral na APA da Escarpa Devoniana que está condicionada a tal regulamentação está vetada, apesar de ocorrerem alguns casos de exploração sobre a APA.

Atualmente está em discussão a redução da área de abrangência da APA, discussão essa que ainda estão em pauta, tal redução acarretaria em uma maior extensão de área para que possam ser regulamentadas futuras novas minerações.

Como se pode observar na Imagem 5, a APA recobre uma parte bem expressiva da Formação Furnas, o que nos leva a ter muito critério para a elaboração de um plano de pesquisa sobre áreas dessa formação, levando em conta principalmente as restrições da legislação para as atividades de mineração.

8. CONCLUSÕES

Os dados físicos, químicos e econômicos levantados por esse trabalho e a extensão aflorante da Formação Furnas colocam-na com um grande potencial ainda não explorado como fonte de areia para construção civil para a região de Curitiba. Os arenitos da Formação Furnas são friáveis pela presença de matriz rica em argilominerais que, quando intemperizados e/ou em associação com fraturas, se altera e desagrega a rocha com maior facilidade. Essa característica lhe confere facilidade de extração para a exploração comercial, tese a qual foi reforçada pelas análises e ensaios realizados neste trabalho.

Os dados de granulometria, composição e principalmente a disponibilidade que foram levantados indicam composição compatível das amostras coletadas com padrões de materiais para o uso na construção civil em escala industrial e mesmo comercial. Essa favorabilidade da granulometria facilita a inserção do produto final no mercado consumidor, que geralmente é bastante exigente, de tal forma que a granulometria determina a qualidade de ligação entre os agregados do concreto e também a quantidade de ligante necessário para a composição ideal desse concreto.

Além do potencial diretamente relacionado com a areia da desagregação mecânica do arenito friável, concluímos que há também grande potencial de exploração dos sedimentos oriundos do transporte fluvial de material desagregado naturalmente do arenito, material esse que pode ser encontrado em paleo canais e mesmo no fundo do leito dos rios que cortam ou se originam a partir da Formação Furnas. Isso reafirma a grande potencialidade de exploração das areias vindas direta e indiretamente da Formação Furnas.

A friabilidade do arenito da Formação Furnas pode significar, um baixo custo de extração da areia, podendo ser um ótimo substituto comercial das areias das áreas de depósitos aluvionares recentes, que vêm

sendo explorados e exauridos desde quando se tem notícias do uso dessa matéria prima na construção civil.

Pela observação detalhada dos títulos minerários vemos que há uma crescente demanda de pesquisas minerais em andamento nas regiões próximas da cidade de Curitiba, o que pode significar uma nova disputa pelo mercado local, todavia e essa disputa pode estar relacionada principalmente com a facilidade de extração e a distância do mercado consumidor. Essa distância se relaciona diretamente como o valor do frete que será cobrado do consumidor final.

Apesar da existência da APA da Escarpa Devoniana, pode se afirmar que pela grande extensão da Formação Furnas, projetos de uso sustentável e consciente podem tornar viável a extração comercial de areia em porções determinadas pelos órgãos competentes, sendo que, uma simples observação dos limites da APA, já pode nos levar ao uso mais consciente dessa já bastante extensa formação rochosa. Com a redução de área da APA que está em pauta no órgão ambiental e no governo do estado, poderia haver uma maior área para a implantação de novas minerações.

Foi observado que já existem empresas explorando areia em áreas sobre o arenito, como foi indicado na Imagem 4, entretanto devido ao que foi levantado nesse trabalho e também grande extensão da Formação Furnas, existe um grande potencial para ser pesquisado e explorado nesse arenito, tornando-o promissor para um futuro próximo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S. M.; CAMARÇO, P. E. N. (1982) Seqüências sedimentares précarboníferas dos flancos nordeste da Bacia do Paraná e sudoeste da Bacia do Parnaíba e suas possibilidades uraníferas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, 1982, Salvador. Anais do... SBG, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935 Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. NBR NM 52. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR 7211 Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. NBR NM 45. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR NM 46. Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSINE, M. L. (1999) – Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 29, n.3, p.357-370.

BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R., MARQUES FILHO, L.P. (1966.) - Texturas e estruturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. Bol. Univ. Fed. Paraná, Curitiba, n. 18, p. 1-114.

CATUNEANU, O. Principles of Sequence Stratigraphy. 1º ed. Alberta, Canadá: Elsevier, p. 375. 2006.

DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. Tradução de MACEDO, C. A. R. Minerais Constituintes das Rochas. Uma introdução. 2ª ed. Lisboa. 727 p.2000

GAMA JR., E., BANDEIRA JR., A. N., FRANÇA, A. B. (1982) – Geologia da Bacia do Paraná – Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em Hidrocarbonetos. Consórcios CESP/IPT, São Paulo, p.19-40.

LIMA, L. S. (1974) - Biografia de Vila Velha. Ponta Grossa, Gráfica Planeta Ltda. V.1, 137p.

LOBATO, G. & BORGHI, L. (2005) Análise estratigráfica da formação furnas (devoniano Inferior) em afloramentos da borda leste da bacia do Paraná) Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás - ABPG - Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0392_05.pdf. Acessado em 09 de maio de 2017.

MAACK, R. (1946) - Geologia e geografia da região de Vila Velha e considerações sobre a glaciação carbonífera do Brasil. Curitiba, Arquivos do Museu Paranaense, v.5, 305p.

MELO, M. S.; LOPES, M. C.; BOSKA, M. A. 2005. Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR - Feições de erosão subterrânea em arenitos devonianos da Bacia do Paraná. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.), Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio110/sitio110.pdf>. Acessado em Maio de 2017.

MILANI, E.J. & ZALÁN, P.V. Brazilian Geology Part I: The geology of Paleozoic cratonic basins and Mesozoic interior rifts of Brazil. In: 1998 AAPG International Conference & Exhibition, Rio de Janeiro, Brasil. Short Course Notes. 184p. 1998.

MILANI, E. J. (2004) – Comentário sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, p.265-279

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G., SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A. E FRANÇA, A. B. (2007) – Bacia do Paraná. In: Cartas Estratigráficas - Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287.

MINEROPAR (2006) – Potencialidades e fragilidades das rochas do estado do Paraná. Curitiba – Paraná – Disponível em: [http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/ Contribuicoes_ZEE/Mineropar_2006.pdf](http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Contribuicoes_ZEE/Mineropar_2006.pdf) . Acessado em 15 de junho de 2017.

OLIVEIRA, E.P. (1912) O terreno devoniano do sul do Brasil. IN: Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, vol. 14, p. 31-41

SEMA; IAP. (2004) Área de proteção ambiental da Escarpa Devoniana. Plano de Manejo, Curitiba, Junho de 2004.

SUGUIO, K. (2003) Petrologia Sedimentar, São Paulo – SP, 400p.

ANEXO 1. DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA DE CAMPO

A seguir estão tabelados a localização, a descrição a numeração das amostras e o tipo de análise realizada em cada um dos pontos visitados em campo.

Ponto	Coordenada UTM (WGS 84)	Descrição do ponto	Amostra nº	Análise *
P1	631.962/7.173.393 Elev. 1025	Estrada do Tamanduá, entre Balsa Nova e São Luiz do Purunã. Afloramento ao lado da estrada, onde a rocha encontra-se exposta, com feições arredondadas no topo, ocorrem algumas fraturas em todo corpo rochoso sem uma direção preferencial. Arenito branco de granulometria fina a média, grãos facetados muito bem selecionados. Facilmente desagregável com o uso de ferramentas.	AM-01	GRAN LAM FRX
P2	629.954/7.181.787	Área de extração, próxima a balança rodoviária de São Luiz do Purunã. Não foi possível a visitação, pois o portão encontrava-se fechado.	-	-
P3	629.116/7.174.792	Afloramento junto ao Rio Tamanduá, Arenito branco de granulometria fina a média, com grãos bem selecionados. Pode-se notar a percolação de óxido de ferro junto às superfícies e fraturas, deixando-as endurecidas.	AM-02	LAM
P4	634.079/7.180.466	Afloramento em meio a pastagem, ao lado da estrada do pedágio de São Luiz do	AM-03	GRAN

		Purunã para a Sociedade Talia. Arenito rosado na superfície gradando para branco em 5 cm, granulometria fina a média bem selecionado, friável na mão, porém difícil de romper com o martelo.		FRX
P5	624.206/7.183.016	Entrada para o Recanto dos Papagaios. Afloramento em corte de estrada e no leito do rio, junto a estrada, onde ocorre arenito de granulometria fina a grossa, com grãos semi-arredondados foscos, com coloração branca. Ocorrem algumas estratificações cruzadas.	AM-04	-
P6	623.823/7.182.969 Elev. 944	Afloramento no chão junto a área de estacionamento das churrasqueiras do Recanto dos Papagaios. Arenito de coloração amarelo a laranja de granulometria média a grossa, em níveis de 0,5m e fina a média com alguns grânulos grossos em nível inferior.	AM-05	GRAN
P7	623.829/7.182.935 Elev. 940	Afloramento no leito da estrada, próximo a saída do Recanto dos Papagáios para a BR-277, arenito branco de granulometria fina a grossa com estratificação paralela.	AM-06	GRAN LAM FRX
P8	623.435/7.182.563 Elev. 980	Afloramento em corte de estrada às margens da BR-277. Ocorrência de arenito branco com estratificações paralelas e cruzadas, friável de granulometria fina a grossa.	-	-
P9	622.967/7.182.410 Elev. 976	Afloramento próximo a BR-277, junto ao “vale” do Rio dos Papagaios, Fazenda Lemanski. Arenito com estratificações	AM-07	-

		variadas, de granulometria média a grossa, branco, mediantemente friável.		
P10	618.463/7.187.755	Ponto turístico, fora da formação Furnas, ocorrência de estrias glaciais do Supergrupo Itararé, no distrito de Witmarsum.	-	-
P11	586.239/7.231.650 Elev. 873	Antiga extração ou área de empréstimo, Arenito branco de granulometria fina, extremamente friável, com níveis de óxido de ferro e intercalações de argila, ocorrendo crostas ferruginosas extremamente rígidas. Ocorrem estratificações cruzadas acanaladas e níveis argilosos, pode ser a formação Ponta Grossa????	-	-
P12	585.236/7.260.635 Elev. 1.178	Afloramento às margens da rodovia de Castro para Tibagi. Arenito branco amarelado, de granulometria fina a grossa, bastante friável.	AM-08	GRAN
P13	588.664/7.254.954 Elev. 1.175	Afloramento próximo a estrada rural, arenito branco com mesclas amarelas, de granulometria fina a grossa. Facilmente desagregável com uso de ferramentas.	AM-09	LAM FRX
P14	588.801/7.255.126 Elev. 1.176	Afloramento às margens da estrada rural para o Tronco. Arenito com estratificações plano paralelas e cruzadas, de coloração branca, granulometria fina a grossa com grãos facetados e foscos.	AM-10	-

P15	589.176/7.255.133 Elev. 1.143	Afloramento às margens de estrada rural e no leito da mesma. Arenito branco de granulometria fina a grossa, com seixos de até 3 cm facetados e foscas.	AM-11	-
P16	585.922/7.257.839 Elev. 1.195	Afloramento no leito da estrada e drenagens, com 10 a 20 cm de cobertura de solo. Arenito branco com alguns níveis de óxido de ferro. Granulometria fina a média.	AM-12	-
P17	586.049/7.258.642 Elev. 1.188	Afloramento em quebra de relevo ao lado da Estrada. Arenito de granulometria fina a grossa, com níveis amarelos principalmente e poucos níveis brancos. Os níveis amarelos são extremamente friáveis, essa porção foi a amostrada.	AM-13	GRAN
P18	582.949/7.262.427 Elev.1.181	Área de extração às margens da rodovia para Tibagi. Arenito friável de coloração branca com níveis rosados, granulometria fina.	AM-14	GRAN
P19	582.544/7.262.848 Elev.1.208	Afloramento a margem da rodovia para Tibagi, ocorrência de arenito branco com níveis amarelos e granulometria fina.	AM-15	GRAN
P20	586.521/7.246.216 Elev. 1.055	Afloramento em drenagem de estrada, próximo a Carambeí. Arenito amarelo e branco com estratificações paralelas e cruzadas, friável de granulometria fina a média, com acúmulo ou percolação de óxidos em alguns níveis.	AM-16	GRAN

P21	586.492/7.246.052 Elev. 1.044	Afloramento no leito e drenagens da estrada. Topograficamente abaixo do ponto anterior. Arenito fino a médio, branco, pouco friável.	AM-17	-
P22	586.203/7.245.818 Elev. 1.008	Afloramento em corte de estrada, arenito branco, pouco friável de granulometria fina a grossa.	AM-18	-
P23	586.255/7.245.726 Elev. 1.002	Afloramento próximo da estrada, arenito branco amarelado com estratificações cruzadas, pouco friável.	AM-19	GRAN

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos visitados em campo.

* GRAN – Corresponde às amostras que tiveram ensaios granulométricos realizados;

* LAM – Corresponde às amostras que tiveram lâminas delgadas confeccionadas;

ANEXO 2. FOTOS DAS LAMINAS DELGADAS

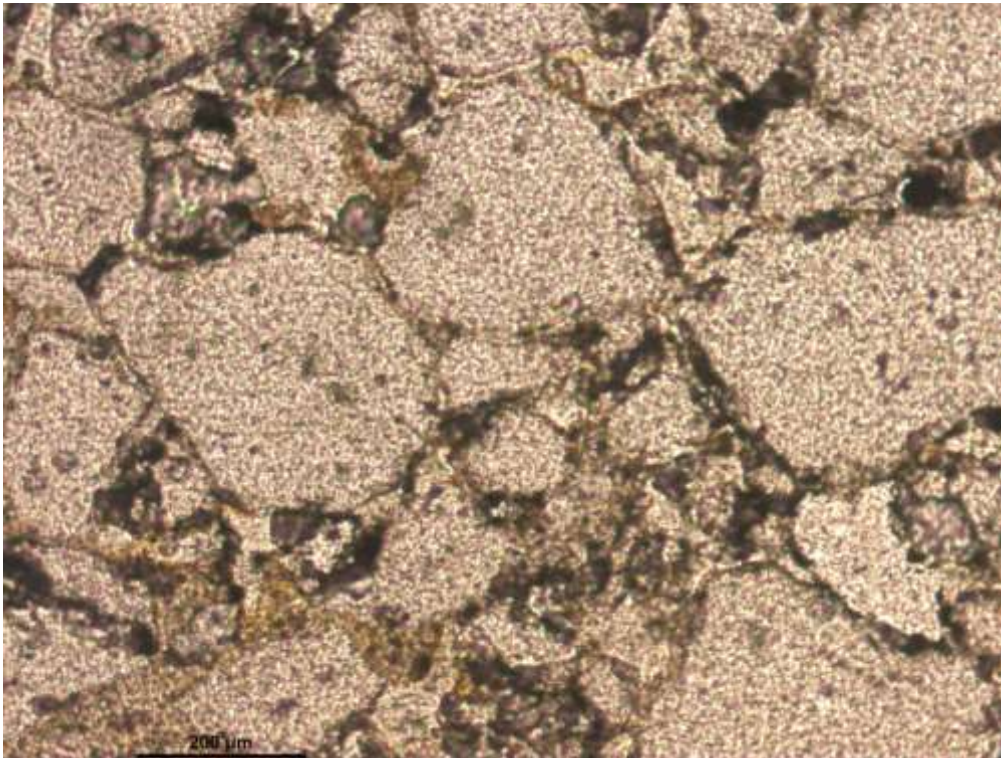


Foto 1. Lamina 1 – Polarizadores paralelos, aumento de 10x

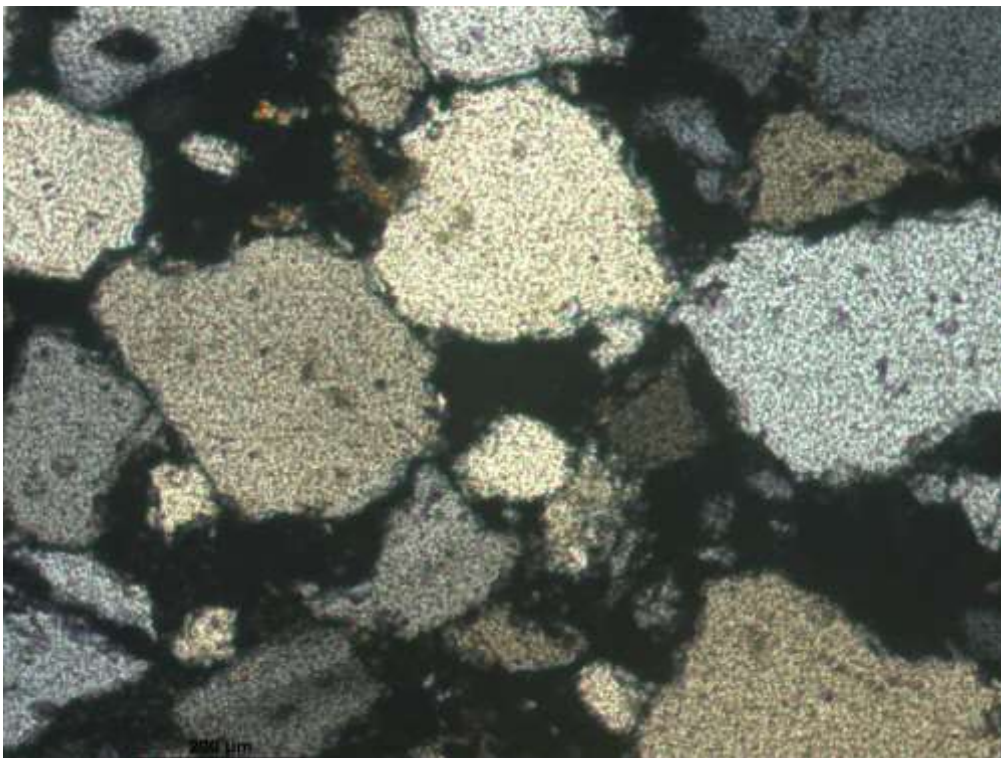


Foto 2. Lamina 1 – Polarizadores cruzados, aumento de 10x.



Foto 3. Lamina 1 – Polarizadores paralelos, aumento de 4x.

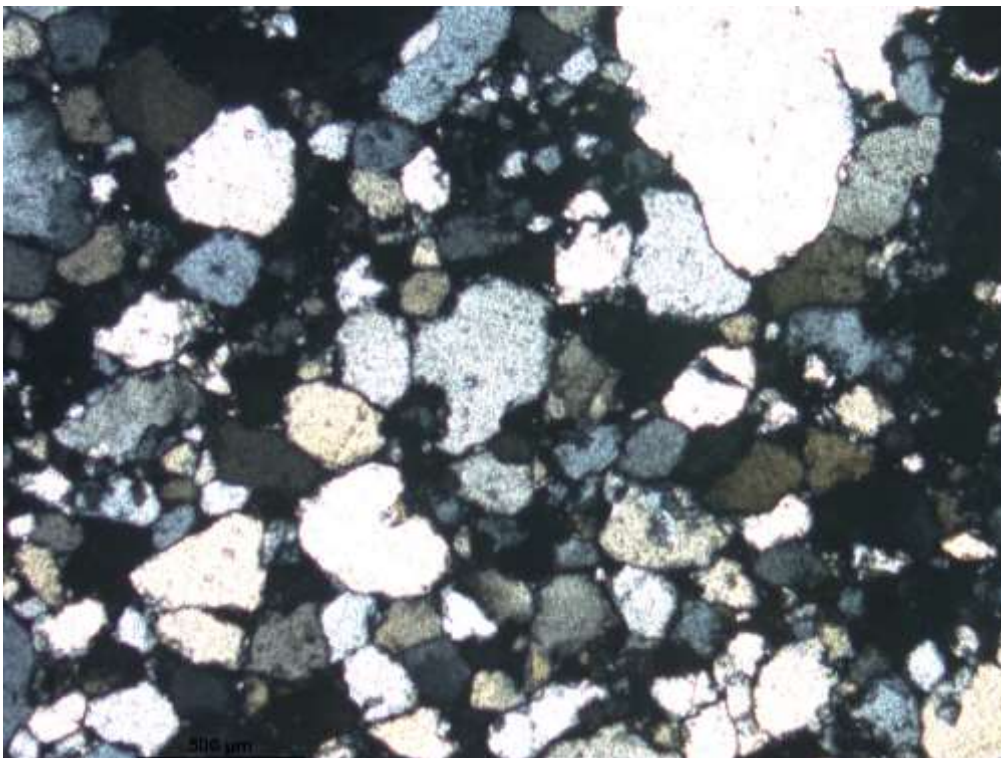


Foto 4. Lamina 1 – Polarizadores cruzados, aumento de 4x.

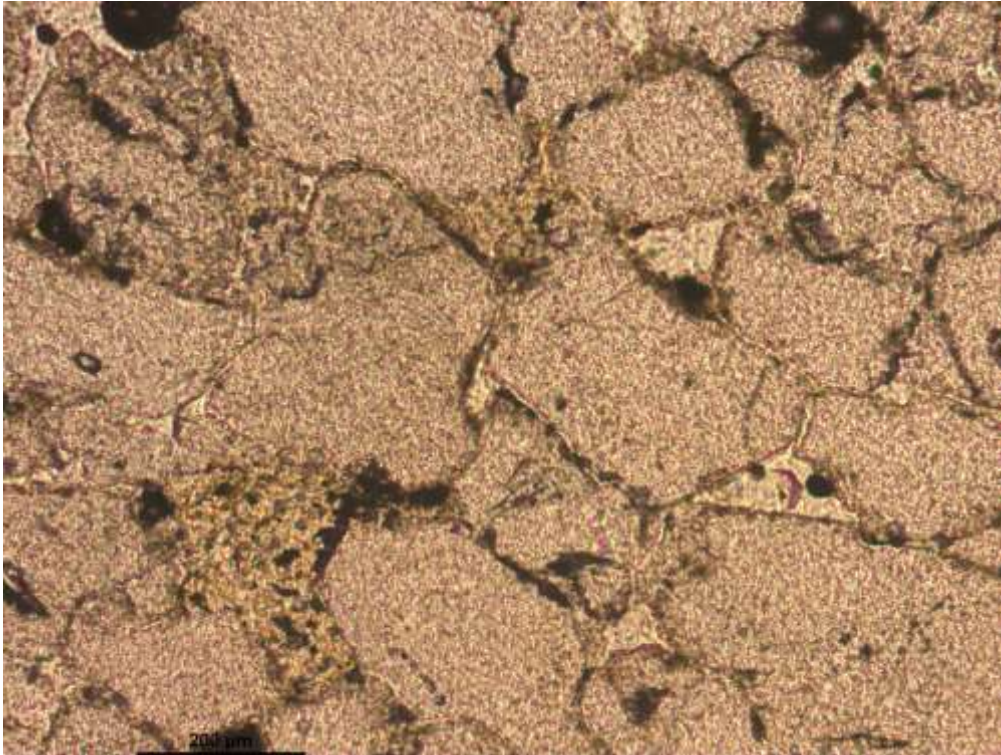


Foto 5. Lamina 2 – Polarizadores paralelos, aumento de 10x

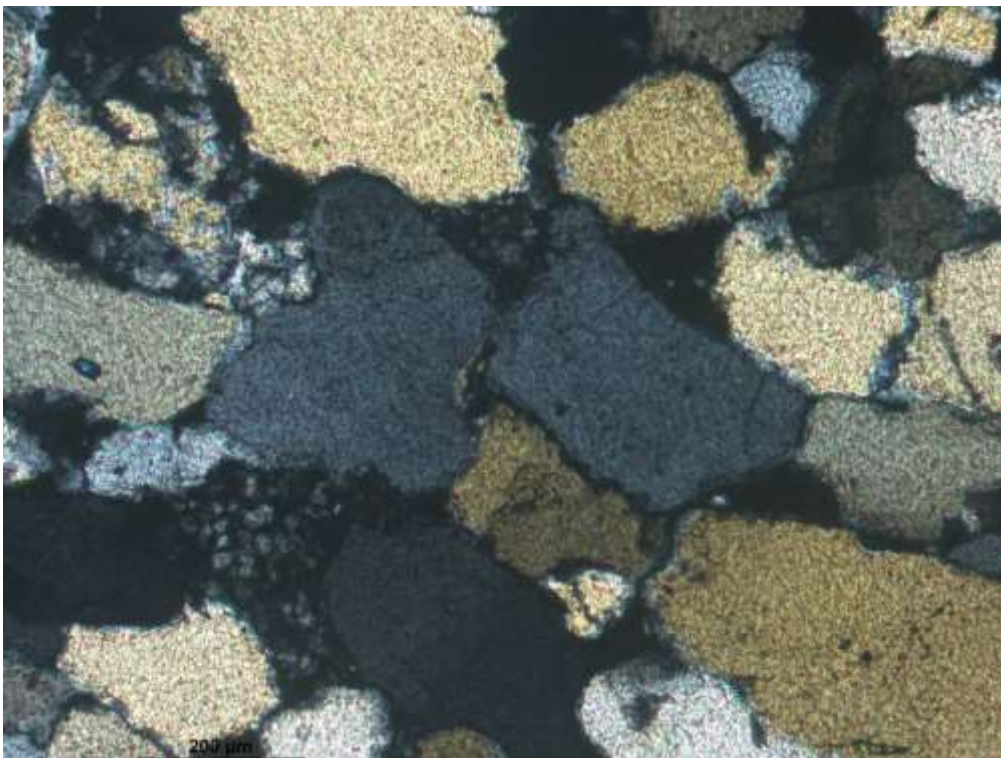


Foto 6. Lamina 2 – Polarizadores cruzados, aumento de 10x.



Foto 7. Lamina 2 – Polarizadores paralelos, aumento de 4x.

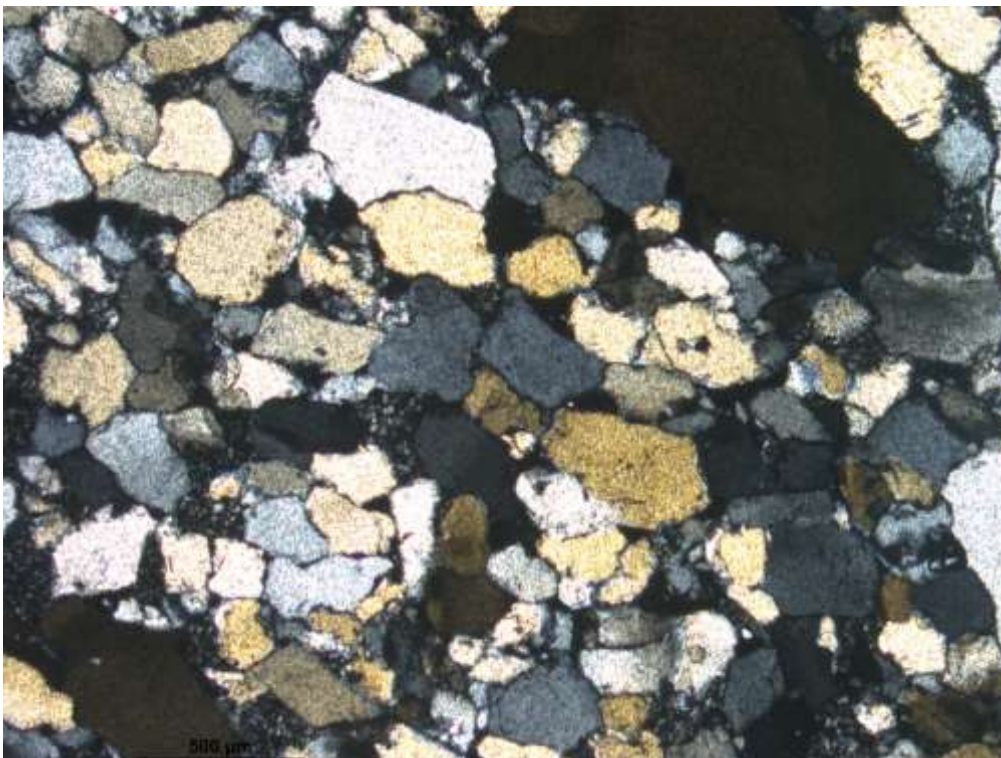


Foto 8. Lamina 2 – Polarizadores cruzados, aumento de 4x.



Foto 9. Lamina 3 – Polarizadores paralelos, aumento de 10x

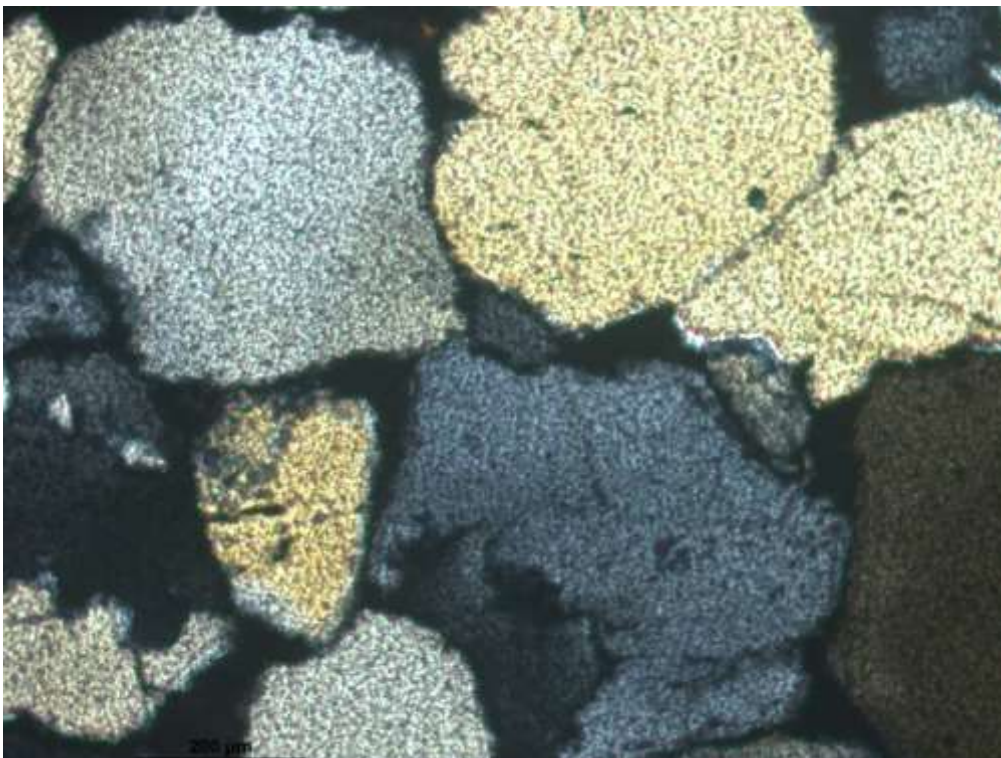


Foto 10. Lamina 3 – Polarizadores cruzados, aumento de 10x.



Foto 11. Lamina 3 – Polarizadores paralelos, aumento de 4x.

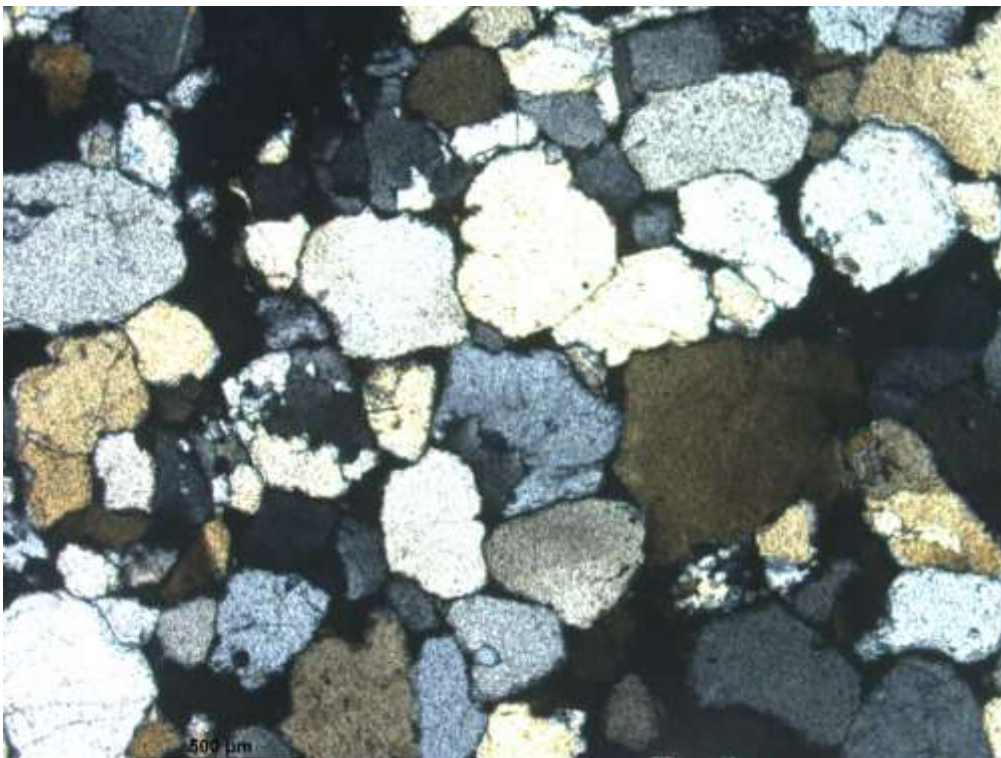


Foto 12. Lamina 3 – Polarizadores cruzados, aumento de 4x.



Foto 13. Lamina 6 – Polarizadores paralelos, aumento de 10x.

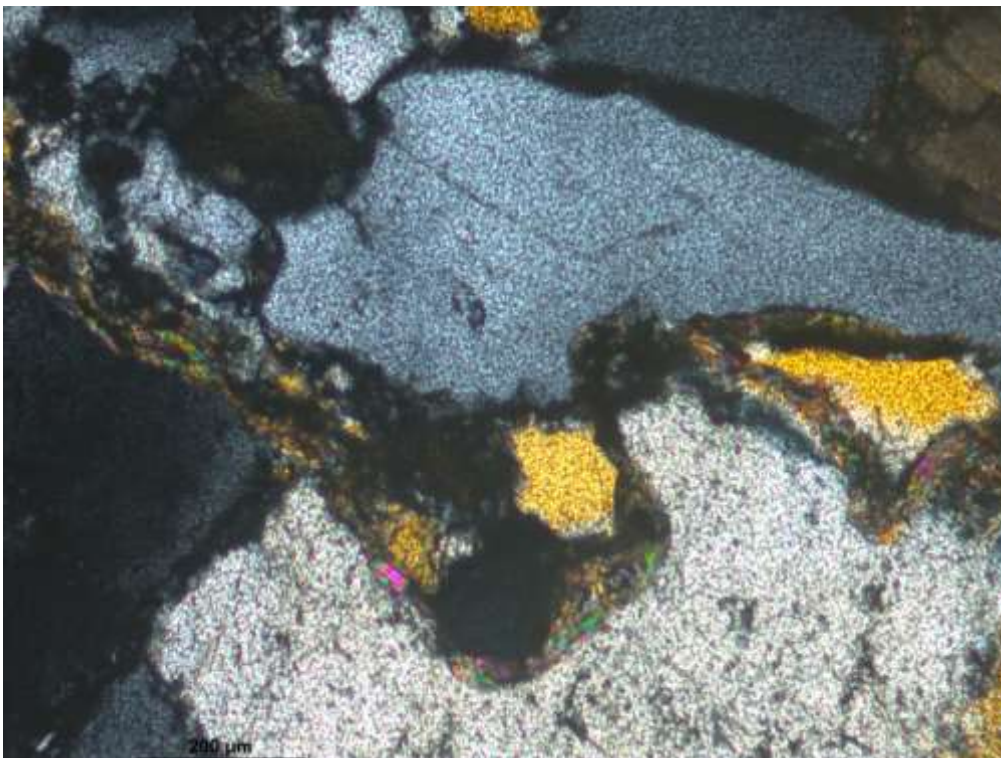


Foto 14. Lamina 6 – Polarizadores cruzados, aumento de 10x.



Foto 15. Lamina 6 – Polarizadores paralelos, aumento de 4x.

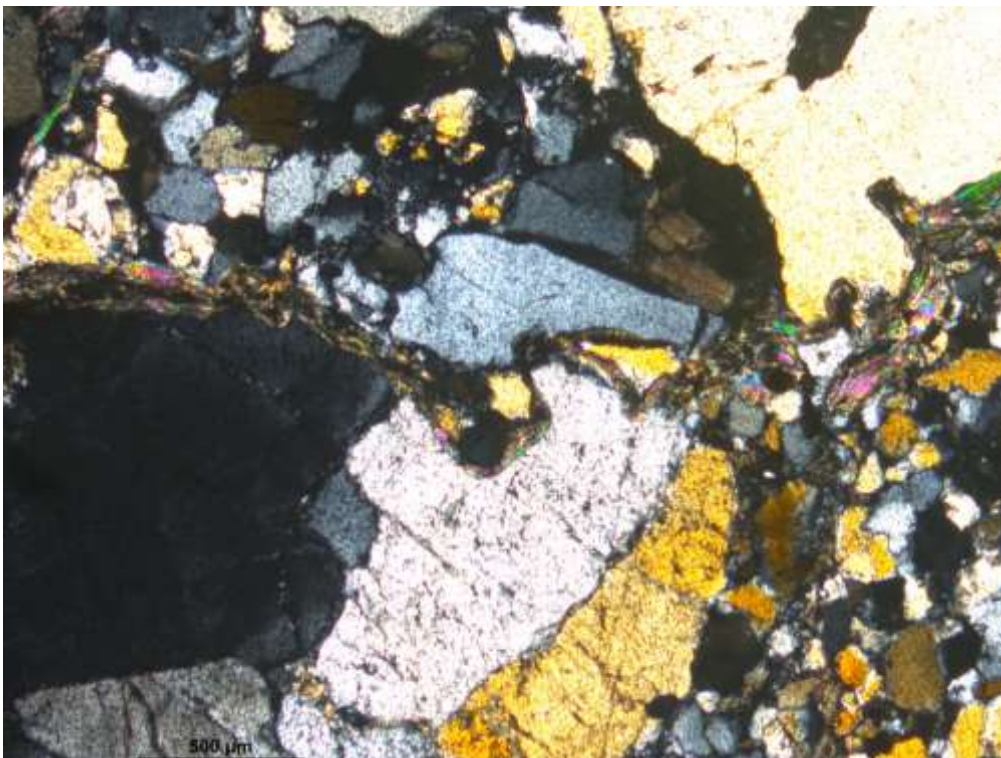


Foto 16. Lamina 6 – Polarizadores cruzados, aumento de 4x.



Foto 17. Lamina 9 – Polarizadores paralelos, aumento de 10x



Foto 18. Lamina 9 – Polarizadores cruzados, aumento de 10x.



Foto 19. Lamina 9 – Polarizadores paralelos, aumento de 4x.



Foto 20. Lamina 9 – Polarizadores cruzados, aumento de 4x.

ANEXO 3. RESULTADOS DA FRX

Espectrômetro de fluorescência de raios X, Panalytical, modelo Axios Max.
Tubo de raios X: Rh (ródio)

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S)

Pelo solicitante

Nº. LAMIR

AM-01	399/17A
AM-03	399/17B
AM-06	399/17D
AM-09	399/17F
AM-16	399/17J

2. RESULTADOS

Composição Química:

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	ZrO ₂	CaO	SO ₃	P.F.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
399/17A	97,5	1,8	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,53

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	ZrO ₂	P.F.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
399/17B	97,6	1,7	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,58

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	CaO	SO ₃	P.F.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
399/17D	89,5	7,7	0,4	0,4	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,73

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	CaO	SO ₃	P.F.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
399/17F	87,0	9,6	0,8	0,2	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,04

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	ZrO ₂	MgO	P ₂ O ₅	CaO	P.F.
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
399/17J	96,0	2,6	0,3	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,65

- P.F. = Perda ao fogo (ensaio realizado a 1.000°C por duas horas)
- Resultados normalizados para 100 %

Obs.: A análise semi quantitativa possui certo caráter subjetivo e interpretativo. São aceitáveis variações na ordem de ± 10 % nas concentrações indicadas acima, assim como falsas indicações positivas e/ou negativas de elementos em baixas concentrações (traços).