



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
UNIDADE ARAXÁ**

**RAFAEL FERNANDES MACHADO**

**PESQUISA MINERAL E MODELAGEM GEOLÓGICA DE UM  
DEPÓSITO DE AREIA NO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG**

**ARAXÁ/MG**

**2021**

**RAFAEL FERNANDES MACHADO**

**PESQUISA MINERAL E MODELAGEM GEOLÓGICA DE UM  
DEPÓSITO DE AREIA NO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro Federal de  
Educação Tecnológica de Minas Gerais –  
Unidade Araxá, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Minas.

Orientadora: Ma. Bruna Leticia dos Santos

**ARAXÁ/MG**

**2021**

**RAFAEL FERNANDES MACHADO**

**PESQUISA MINERAL E MODELAGEM GEOLÓGICA DE UM  
DEPÓSITO DE AREIA NO MUNICÍPIO DE ARCOS-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Centro Federal de  
Educação Tecnológica de Minas Gerais –  
Unidade Araxá, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Minas.

Araxá, 13 de setembro de 2021.

---

Presidente e Orientadora: Prof. Ma. Bruna Letícia dos Santos  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Unidade Araxá

---

Membro Titular: Prof. Me. Leandro Henrique dos Santos  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Unidade Araxá

---

Membro Titular: Prof. Francisco de Castro Valente Neto  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Unidade Araxá

## RESUMO

A areia como um bem mineral possui um valor local, podendo ou não ter sua lavra viabilizada conforme a sua demanda regional. De acordo com a Sociedade dos Mineradores de Areia do Rio Jacui Ltda. (2020) a areia é um dos materiais mais importantes para o bem-estar da sociedade moderna, sendo o segundo bem mineral mais utilizado no planeta, superado apenas pelo uso da água. No município de Arcos, região Centro-Oeste mineira há grande demanda por tal material, sendo necessária na construção civil em suas mais diversas finalidades, como artefatos de cimentos, concreteiras, construções residenciais e comerciais, obras de engenharia, estradas, além de haver uma demanda por parte de grandes mineradoras locais, como a multinacional Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) na fabricação de clínquer. O depósito mineral fruto de interesse deste trabalho está situado no leito do Rio São Domingos, região nordeste do município de Arcos-MG. Desta forma, o presente trabalho apresenta como objetivo realizar a pesquisa mineral no local do depósito, através de levantamentos geológicos, levantamentos topográficos e sondagens, para cubagem do depósito. Realizou-se a modelagem do corpo mineral pelo método das seções geológicas, através do software AutoCAD, e avaliou o seu potencial de exploração, sua dimensão e a viabilidade da lavra. Resultados das análises químicas e físicas das amostras coletadas foram disponibilizados pela empresa à frente do projeto de pesquisa, a fim de se classificar o material quanto a granulometria e o teor de sílica presente no depósito, apresentando um elevado teor de sílica, de aproximadamente 99%, e um depósito de areia com granulometria variando entre média a grossa, atendendo assim, às especificações exigidas pelo mercado de construção civil. Após os estudos de avaliação e cubagem do depósito, com dimensões das reservas consideradas atingindo quase 44.000 toneladas de areia, foi possível então determinar sua viabilidade técnica e o método de lavra mais indicado a ser empregado no empreendimento.

**Palavras-chave:** Areia. Jazida Mineral. Modelagem Geológica. Cubagem.

## ABSTRACT

Sand as a mineral good has a local value, and it may or may not be possible to mine according to regional demand. According to the Society of Sand Miners of Jacui River Ltda. (2020) sand is one of the most important materials for the well-being of modern society, being the second most used mineral on the planet, surpassed only by the use of water. In the city of Arcos, in the Midwest region of Minas Gerais, there is a great demand for such material, which is needed in civil construction in its most diverse purposes, such as cement artifacts, concrete companies, residential and commercial constructions, engineering works, roads, in addition to having a demand from large local mining companies, such as the multinational Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) in the manufacture of clinker. The mineral deposit of interest in this work is located in the bed of the São Domingos River, in the northeast region of the municipality of Arcos-MG. Thus, the present work aimed to carry out mineral research at the site of the deposit, through geological surveys, topographical surveys and drilling, for the cubing of the deposit. The mineral body was modeled using the geological section method, using AutoCAD software, and its exploration potential, dimension and mine feasibility were evaluated. Results of the chemical and physical analyzes of the collected samples were made available by the company ahead of the research project, in order to classify the material in terms of particle size and silica content present in the deposit, with a high silica content of approximately 99%, and a sand deposit with granulometry ranging from medium to coarse, thus meeting the specifications required by the civil construction market. After the evaluation and cubing studies of the deposit, with dimensions of the reserves considered reaching almost 44,000 tons of sand, it was then possible to determine its technical feasibility and the most suitable mining method to be used in the project.

**Keywords:** Sand. Mineral deposit. Geological Modeling. Cubage.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma da metodologia aplicada.....	16
Figura 2: Medição realizada na seção E-03.....	18
Figura 3: Amostras coletadas durante a pesquisa.....	19
Figura 4: Croqui ilustrativo do Bloco B-1 (hachura azul), com medidas representadas pelas seções e amostragem E-1 e E-2.....	20
Figura 5: Croqui ilustrativo do bloco indicado A-2, onde o bloco foi considerado indicado pela representação da seção E-2 e E-3.....	21
Figura 6: Imagem de satélite com a localização da área de estudo (azul).....	22
Figura 7: Vista do solo residual de rocha graníticas, margeando o rio entre a seção E1 e E-2, no ponto de coordenada UTM 450.639/7.759.030.....	24
Figura 8: Mapeamento geológico conforme o IDE-SISEMA.....	24
Figura 9: Medição de sedimentos depositados em aluvião no ponto E-3.....	27
Figura 10: Sucção de areia em leito de rio realizada por bomba centrífuga.....	29
Figura 11: Silos de recepção da polpa de areia extraída em leito de rio.....	30

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Classificação Granulométrica para Areia segundo NBR 7211 .....	12
Quadro 2 - Coordenadas UTM das estacas.....	23
Quadro 3 - Profundidade da camada de areia nos pontos amostrados. ....	25
Quadro 4 – Boletim da análise química. ....	26
Quadro 5 - Cálculo das Reservas Medidas .....	26
Quadro 6 – Cálculo das Reservas Indicadas .....	28

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

PIB	Produto Interno Bruto
MME	Ministério de Minas e Energia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
3D	Três dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	16
<b>3.1. Pesquisa Mineral</b> .....	17
<b>3.2. Modelagem do Corpo Mineral</b> .....	19
3.2.1. RESERVA MEDIDA .....	20
3.2.2. RESERVA INDICADA .....	20
<b>3.3. Análise e Interpretação dos Dados</b> .....	21
3.3.1. AVALIAÇÃO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E GRANULOMÉTRICA .....	21
3.3.2. AVALIAÇÃO DA CUBAGEM E VIABILIDADE TÉCNICA .....	21
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	22
<b>4.1. Localização e Acessos</b> .....	22
<b>4.2. Mapeamento Topográfico</b> .....	23
<b>4.3. Mapeamento Geológico</b> .....	23
<b>4.4. Amostragem</b> .....	25
<b>4.5. Análises Granulométricas</b> .....	26
<b>4.6. Cubagem</b> .....	26
<b>4.7. Exequibilidade Técnica</b> .....	28
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	30
<b>6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	32
<b>APÊNDICE 01 – PLANTA DE SITUAÇÃO</b> .....	35
<b>APÊNDICE 02 – PLANTA DE DETALHES E SERVIÇOS DE PESQUISA</b> .....	36
<b>APÊNDICE 03 – PLANTA GEOLÓGICA</b> .....	37
<b>APÊNDICE 04 – SEÇÕES GEOLÓGICAS</b> .....	38
<b>APÊNDICE 05 – BOLETIM DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b> .....	41
<b>APÊNDICE 06 – FOTOS ILUSTRATIVAS DA PESQUISA</b> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria mineral é uma das bases da economia brasileira, e, segundo o Boletim do Setor Mineral (2019), a atividade representa cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e gerou em 2017 cerca de 700 mil empregos diretos e um investimento da ordem de 600 milhões de reais apenas em pesquisa mineral.

Segundo a Sociedade dos Mineradores de Areia do Rio Jacui Ltda. (2020) a areia é um dos materiais mais importantes para o bem-estar da sociedade moderna, sendo o segundo mineral mais utilizado no planeta, superado apenas ao uso da água. De acordo com o Boletim do Setor Mineral publicado em fevereiro de 2020 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), areia foi a substância que mais houve requerimentos de pesquisa, superando inclusive o minério de ouro. Tal fato se deve a alta demanda do material pela indústria de construção civil, exigindo a abertura de novas minas, importação de produtos *in natura* ou industrializados de outras regiões. (BEZERRA, 2012).

A mineração de areia gera grande volume de produção, mas apesar de sua importância para o setor da construção civil, é um bem mineral que possui baixo valor agregado. Além disso, uma fração considerável dos custos de transporte será inserido no valor final do produto. Devido a essas especificidades, quanto menores as distâncias entre o lugar de extração e o mercado consumidor, melhor o aproveitamento econômico da jazida. Jazidas que se encontram fora de um raio de 100 km do mercado consumidor, por exemplo, se tornam inviáveis economicamente (LA SERNA e REZENDE, 2009). Assim, a areia como um bem mineral possui um valor local e tem como principal limitação comercial sua distância do mercado consumidor, podendo ou não ter sua lavra viabilizada conforme sua demanda regional.

O município de Arcos, localizado na região Centro-Oeste mineira possui uma área territorial de 509,873 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 40.380 pessoas segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). As atividades econômicas do município, dentre elas, as atividades minerais, geram um PIB per capita de R\$30.888,35. Em torno de toda a região do município de Arcos há forte demanda pelo material fruto de estudo deste trabalho, o que justifica sua execução. Além da areia necessária à construção civil em suas mais diversas finalidades, como artefatos de cimentos, concreteiras, construções residenciais e comerciais, obras de engenharia, estradas, há uma demanda por parte de grandes mineradoras locais,

como a multinacional Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) na fabricação de clínquer.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo, promover um estudo de pesquisa mineral em um depósito de areia localizado no leito do Rio São Domingos, região nordeste do município de Arcos-MG, avaliar sua viabilidade técnica bem como o método de lavra a ser empregado. As avaliações foram feitas após modelagem do corpo mineralizado, estudo de viabilidade e caracterização do bem mineral com vistas a atender o mercado local.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

O termo areia apresenta muitas definições. Na literatura geológica, define-se areia, como um material detrítico com variação de tamanho de partículas definida, composto principalmente por quartzo. Porém, as principais definições são feitas no sentido de representar um material mineral granular não coesivo, com tamanho de partículas situado entre limites definidos, com composição química e mineralógica variada e com origem inorgânica (CANTO, 2001 apud NOGUEIRA, 2016).

Para que um mineral se caracterize como areia, “deve ser composto por grânulos pequenos que passam por peneiras de abertura de malha de no máximo 4,8mm” conforme estipula a NBR 7211 (ABNT, 1997). A análise granulométrica fornece a distribuição dos tamanhos das partículas segundo uma escala granulométrica. Ela consiste em determinar as frações ponderais das partículas que ficam retidas nas sucessivas malhas da escala (COSTA, 2014).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Norma Brasileira (NBR) 7225 – Materiais de Pedras e Agregados Naturais, do ponto de vista geológico, estabelece três tipos de areia: areia grossa, com granulometria classificada entre 2,00 e 1,20mm; areia média, entre 1,20 e 0,42mm e areia fina, entre 0,42 e 0,075mm (ABNT, 1993). Para fins de aplicação da areia na construção civil, a NBR 7211 – Agregado para Concreto estabelece granulometricamente quatro classificações distintas, divididas entre muito fina, fina, média e grossa, conforme classificação granulométrica apresentada no quadro 1 (ABNT, 1997).

Quadro 1 – Classificação Granulométrica para Areia segundo NBR 7211

Abertura das peneiras (mm)		% em massa retida e acumulada			
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Nº	mm	muito fina	fina	média	grossa
0	9,50	0	0	0	0
2	6,30	0 a 3	0a 7	0 a 7	0 a 7
4	4,80	0 a 5 (A)	0 a 10	0a 11	0 a 12
8	2,40	0a 5 (A)	0 a 15 (A)	0 a 25 (A)	5 (A) a 40
16	1,20	0 a 10 (A)	0 a 25 (A)	10 (A) a 45 (A)	30 (A) a 70
30	0,60	0 a 20	21 a 40	45 a 65	66 a 85
50	0,30	50 a 85 (A)	60 (A) a 88 (A)	70 (A) a 92 (A)	80 (A) a 95
100	0,15	85 (B) a 100	90 (B) a 100	90 (B) a 100	90 (B) a 100

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997).

Os depósitos de areia são resultados da concentração de grãos de quartzo pelos agentes naturais de intemperismo, transporte e deposição de sedimentos rochosos preexistentes, gerando acumulações com maior ou menor concentração de areia e diferentes graus de facilidades nas técnicas de extração e recuperação ambiental (SANTOS, 2008).

Segundo Luz e Almeida (2012), a areia para uso na construção civil é extraída principalmente dos ambientes geológicos como leitos de rios, planícies costeiras, terraços aluviais de fundos de vale (pretéritos), coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas, e coberturas de morros com mantos de alteração de rochas quartzosas.

Os depósitos minerais por si só, não implicam na sua extração de forma viável economicamente. Por vezes, um depósito mineral com grandes dimensões pode ser tornar inviável de se lavar por vários fatores, como por exemplo, o valor de mercado em vigor. Assim, há a necessidade de se realizar um estudo quanto ao volume e qualidade deste depósito, e só então classifica-lo como uma reserva mineral, caso este apresente extração viável do ponto de vista econômico.

A expressão reserva mineral (ou jazida mineral) implica que algum tipo de medição física tenha sido feito do teor e da quantidade de concentração mineral *in situ* e, além disso, que a sua extração seja viável do ponto de vista tecnológico, hoje ou num futuro próximo, e que possa ser realizada com lucro (ZWARTENYK, 1972 apud MACHADO, 1989).

A avaliação das reservas de um depósito mineral é um procedimento técnico que tem por objetivo estimar a quantidade e qualidade do minério, dando subsídios aos estudos econômicos, de planejamento de lavra e beneficiamento. A quantificação de uma jazida mineral não é determinada de forma exata, uma vez que envolve a incerteza associada à natureza do fenômeno geológico que originou o depósito, bem como as técnicas empregadas para o seu cálculo. A avaliação de reservas é resultado da integração de diversos fatores, como: conhecimento da geologia do depósito; precisão na obtenção de parâmetros do minério (teor, espessura, densidade); determinação do comportamento destes parâmetros; e método de cálculo (CONDE & YAMAMOTO, 1995).

Para uma avaliação confiável, é imprescindível um número mínimo de informações, como mapas e seções geológicas suportadas por furos de sondagem, amostragem e demais informações do local e da geologia. Antigamente estes dados eram guardados em forma analógica e exigiam uma extensa área de armazenamento dos mesmos. Hoje estes dados são armazenados em banco de dados digitais mais seguros contra qualquer tipo de depreciação, tanto temporal, quanto pessoal (FERREIRA, 2006).

As sondagens constituem a principal fonte de informação da pesquisa direta em subsuperfície do corpo de minério para obtenção de amostras representativas (ROSSI e DEUTSCH, 2014, p. 68). Elas devem ser planejadas para representar todo o depósito mineral em estudo e assim reduzir incertezas tanto na modelagem geológica como no cálculo dos recursos minerais (NEUSS, 2001, p. 55).

Na indústria mineral, a amostragem é um processo muito importante quando diz respeito à avaliação de depósitos minerais (mina e jazida), no controle de processo em laboratórios, instalações de beneficiamento e na comercialização de produtos. Além disso, uma grande responsabilidade é depositada nessa etapa que representa o primeiro passo para o conhecimento das características de um produto ou das condições de uma determinada operação (STOPA, 2017).

Para Goes, Possa e Da Luz (1991), a amostragem consiste da retirada de material de um todo a ser amostrado, compondo assim uma amostra global, de modo que essa amostra seja representativa para o todo amostrado. Portanto, essa amostra

deve ser válida para análise dos parâmetros de interesse, tais como umidade, teor, densidade, granulometria e os minerais constituintes do todo.

As análises químicas são utilizadas para determinar quais elementos e substâncias estão presentes e em que quantidades ou proporções estão presentes em uma amostra (PINTO, 2018). No que se refere à areia, interessa a análise química para determinação de seu teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e possíveis contaminantes, pois segundo Souza, Cesconeto, Arcaro, Raupp-Pereira e Novais de Oliveira (2014), quanto maior o teor de sílica na composição das areias, maior será sua pureza e, portanto, maior seu valor agregado.

Além da caracterização química e física dos minerais presentes em um depósito, faz-se necessário o conhecimento do seu volume e comportamento, para assim avaliar a sua viabilidade técnica e econômica de aproveitamento. Dessa forma, um modelo geológico nada mais é que uma representação e interpretação de um depósito mineral num espaço amostral. Essa ferramenta auxilia inicialmente na estimativa de recursos/reservas e, em seguida, no planejamento de lavra até a exaustão da jazida. Desde os primórdios do planejamento de lavra, a modelagem da jazida começa por seções verticais e horizontais por furos de sondagem, perfis verticais, amostras de solo, etc. (FERREIRA, 2006).

A análise e interpretação dos dados disponíveis permitem determinar a forma, os limites e as dimensões de um depósito. Os limites primários de um depósito são estabelecidos pela litologia, acamamento, estruturas e variações bruscas no teor, enquanto os limites secundários estão relacionados a variações graduais nos teores, limites irregulares da mineralização ou contornos, cujos detalhes não podem ser seguidos na interpretação e lavra (VALLÉE & COTE, 1992 apud YAMAMOTO, 2001).

Conhecer e avaliar os recursos minerais representa um importante papel no sucesso de empreendimentos mineiros. Modelos propostos com base em materiais amostrados estão sujeitos a erros, e a confiabilidade dos dados é essencial para a viabilidade e andamento das operações. O conhecimento geológico de um depósito mineral é primordial para o desenvolvimento e gestão de um empreendimento mineiro, podendo ser representado através de um modelo que materialize o corpo de minério, realizado a partir de dados amostrais levantados em campo.

Dentre os métodos convencionais de avaliação de reservas, tem-se o método das seções transversais ou perfis, que, para Carmo (2013), é um dos métodos mais utilizados dentro do grupo dos métodos clássicos. Este método se baseia na interpretação das variáveis geológicas em seções transversais e mapas em planta, realizando-se um prolongamento de tais interpretações para sólidos tridimensionais, processo denominado de modelamento geológico determinístico, uma vez que não envolve a quantificação da incerteza associada ao modelo (PEREIRA, 2017). Após a avaliação das reservas, com dimensionamento e delimitação do corpo mineralizado é possível determinar o melhor método de lavra.

O método de lavra empregado a depósitos de areia, depende de alguns critérios, como o tipo de depósito, sua topografia e escala de produção, mas, o mais importante critério e de maior influência no planejamento da lavra é a natureza da lavra, se realizada a seco ou via úmido (SIMITH & COLLIS, 2001 apud. LUZ e ALMEIDA., 2009). Para Luz e Almeida (2009), os métodos de lavra mais comumente empregados de acordo com a natureza do depósito a ser lavrado são por meio de dragagem, quando a areia se encontra em leito de rio ou cava inundada e por desmonte hidráulico em caso de cavas secas.

O termo dragagem é generalizado para qualquer tipo de mineração ou atividade em que o material é retirado sob um leito d'água, incluindo tanto máquinas que operam por simples escavação mecânica, quanto as que utilizam a força hidráulica de sucção. Ambas são utilizadas na retirada das camadas dos sedimentos arenosos submersos no fundo dos rios, lagos e represas. Os depósitos possuem espessura variáveis contendo material pouco consolidado desde alguns metros, mas podendo atingir até dezenas de metros. O estado de consolidação do material é uma condição necessária para permitir a utilização do método de dragagem (ALMEIDA, 2003 apud NOGUEIRA, 2016).

O crescimento de grandes centros urbanos, bem como os processos de industrialização estão diretamente relacionados à expansão da demanda por bens minerais, especialmente agregados da construção civil. A quantidade desses bens minerais demandada pode ser relacionado a melhores condições de vida e desenvolvimento de determinada região. De acordo com La Serna e Rezende (2009) no início do século XXI, 16 países europeus registravam consumo médio de 6 a 10 t/habitante/ano de agregados da construção civil. A taxa era de 8 t/habitante/ano nos

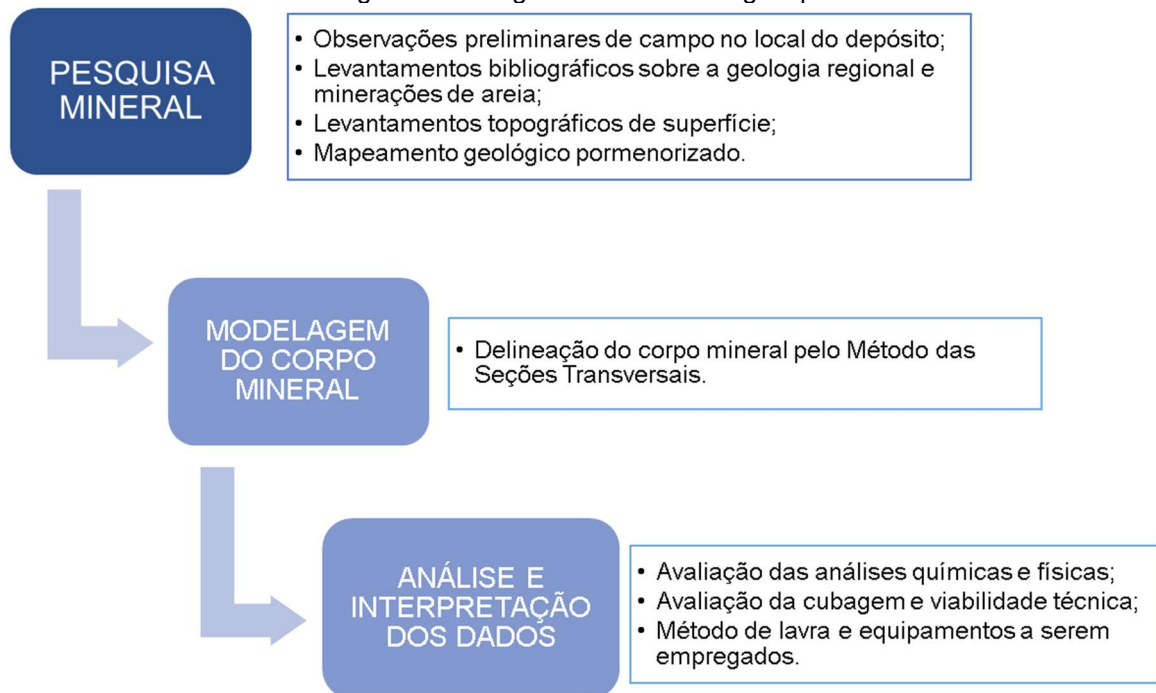
Estados Unidos, enquanto no estado de São Paulo a média era 3,5 t/habitante/ano, e cerca de 20% maior na região metropolitana, chegando a 4,2 t/habitante/ano. Embora a região metropolitana de São Paulo apresente maior demanda por esses materiais, ainda se encontra cerca de 58% abaixo das maiores médias de demandas dos países europeus.

Entre os grandes desafios da mineração está prospecção de novos depósitos minerais que atendam a essas demandas de crescimento urbano, cujas características atendam às exigências ambientais, sociais e que sejam economicamente viáveis de serem explorados.

### 3. METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em três etapas principais: Pesquisa Mineral; Modelagem do Corpo Mineral; Análise e Interpretação dos Dados, conforme a Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da metodologia aplicada.





### 3.1. Pesquisa Mineral

Nesta etapa, foram realizadas observações preliminares de campo no local do depósito e em seu entorno para conhecimento da área de estudo. Foi realizado ainda um estudo bibliográfico detalhado sobre a geologia local no entorno do depósito, bem como características de minerações de areia, partindo-se então para o levantamento topográfico e posterior mapeamento geológico da área de estudo.

No que se refere às Observações de Campo, visitas no local do depósito mineral foram realizadas para conhecimento preliminar da área, com observação dos elementos que a circundam.

Nesta fase de Levantamento Bibliográfico, realizou-se um estudo acerca da geologia regional para que se tivesse um conhecimento sobre as características do depósito, tais como idade de formação, grupo geológico ao qual pertence, além de um estudo sobre minerações de areia de forma a abranger os principais métodos de lavra empregados, normas técnicas e legislações que regem o setor.

Quanto ao Levantamento Topográfico, o mapeamento topográfico foi realizado através de restituição das curvas de nível do Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborados a partir dos dados *SRTM* disponibilizados pelo *USGS* e adequados com pontos coletados em campo com GPS (modelo Garmin - Oregon 550). Foram identificadas também por imagem de satélite através do *GOOGLE EARTH* estruturas como estradas, divisas de propriedades, construções e redes de drenagens.

O Mapeamento Geológico deu-se início em campo para coleta de dados relativos aos tipos de rochas presentes no local do depósito, contato entre as litologias, estruturas geológicas e feições topográficas.

Ao longo do rio São Domingos, foram traçados um total de nove seções, espaçadas em média de 100m, que foram demarcadas e nomeadas por estacas, começando ao sul da poligonal, a montante do leito do rio na E-1, seguindo pelo leito do rio até à estaca E-9, atingindo o outro extremo da poligonal, o limite norte.

Nas seções, mediu-se a largura do leito do rio, a altura da lâmina d'água, profundidade do banco de areia e realizou-se pelo menos uma amostragem (Figura 2), de modo a obter dados para a realização do perfil geológico e cubagem da reserva.

Figura 2: Medição realizada na seção E-03



Na fase de Amostragem, foram executadas nove amostragens de areia no leito do rio, sendo uma em cada seção. A amostragem foi realizada com o auxílio de um tubo de aço galvanizado de 1,5" de diâmetro e 2,3m de profundidade, onde por força manual foi inserido o tubo no leito do rio atravessando os sedimentos arenosos depositados e permitindo uma amostragem ao longo da camada. Esta técnica, denomina-se por barra-mina.

A amostragem, com profundidade até 2m, teve o objetivo de caracterizar o horizonte sedimentar do leito do rio, amostrando-se os seus extratos, principalmente os arenosos, objetivo principal da pesquisa.

Para a Análise Química e Granulométrica, as nove amostras coletadas foram devidamente etiquetadas, quarteadas (Figura 3), e encaminhadas ao laboratório da RR QUÍMICA em ARCOS para análise granulométrica. Uma amostra global também foi formada a partir de uma pequena parte das nove amostras, sendo essa amostra global, representativa para todo o depósito, e a partir dela, realizada a análise química. O laboratório realizou a análise de peneiramento a seco para determinação dos percentuais nas faixas granulométricas pretendidas de 10, 20 e 50 *mesh* (0,200mm, 0,841mm e 0,247mm respectivamente) para as amostras de 01 a 09. Foi realizada também uma análise química a respeito do teor de sílica da amostra global para se conhecer a composição do depósito.

Figura 3: Amostras coletadas durante a pesquisa.



Os resultados das análises químicas e físicas das amostras coletadas em campo foram disponibilizados pela empresa que está à frente da pesquisa. Dessa forma, analisou-se as características do material, a fim de se comparar com as exigidas pelo mercado de construção civil quanto à granulometria e ao teor de sílica presente no mineral.

### **3.2. Modelagem do Corpo Mineral**

A etapa de Pesquisa Mineral serviu de base para a delimitação do corpo mineral. De posse das características geológicas da área, foram determinados pontos de sondagens no entorno da área, que permitiu a representação física do depósito de areia. Para a delimitação do corpo mineral, foi utilizado o software AutoCAD a fim de se chegar à cubagem do depósito.

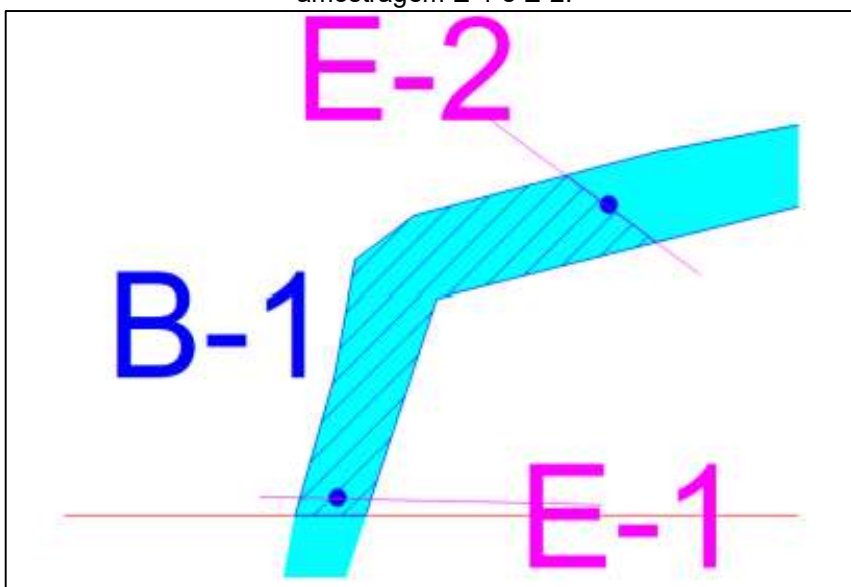
### 3.2.1. RESERVA MEDIDA

A cubagem da reserva foi realizada através do método das seções ou perfis, onde o depósito foi subdividido em blocos de cubagem delimitados por duas seções adjacentes e por uma superfície lateral.

A área do bloco é composta pela largura média das duas seções multiplicada pela distância entre as seções ao longo do leito do rio. A profundidade do bloco foi determinada através da média da profundidade obtida em cada seção.

O cálculo final das reservas medidas é o resultado do somatório do volume medido em cada bloco. A reserva em massa foi determinada multiplicando-se o volume total pela densidade média de  $2,2 \text{ g/cm}^3$ , usada para areia a 7% de umidade.

Figura 4: Croqui ilustrativo do Bloco B-1 (hachura azul), com medidas representadas pelas seções e amostragem E-1 e E-2.

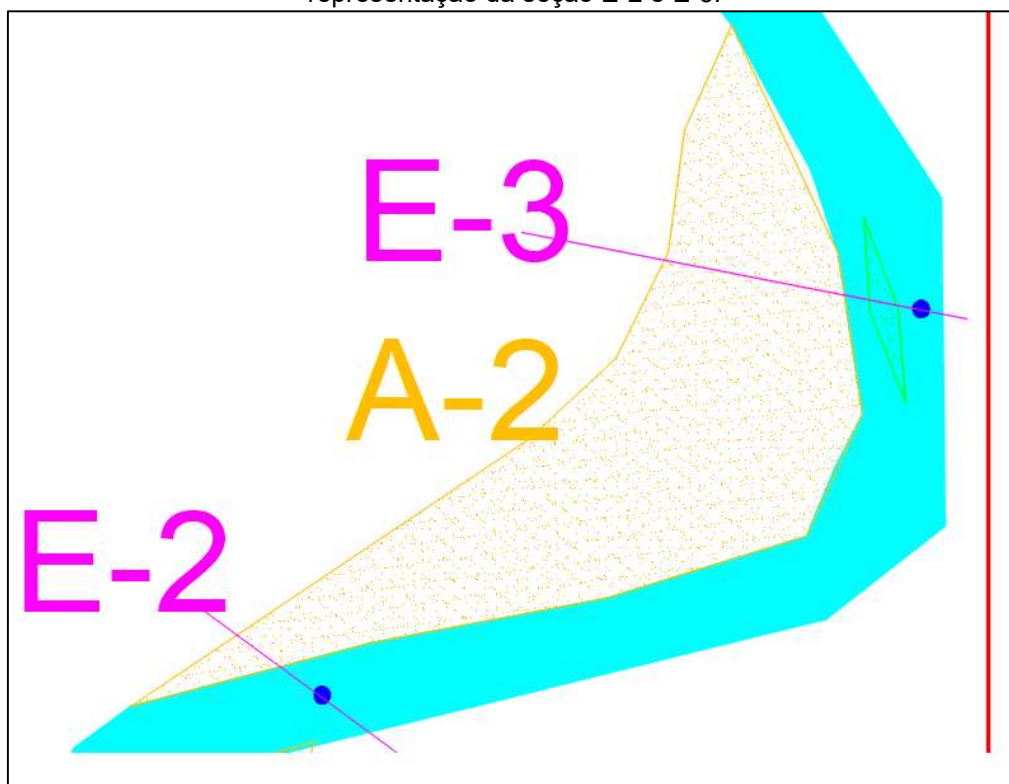


### 3.2.2. RESERVA INDICADA

As reservas indicadas foram determinadas através da medição *in loco* das áreas dos bancos de areia nas margens do rio ao longo dos períodos de cheias, formando uma aluvião rica em areia. Tendo em vista a diferença de níveis observada, considerou a potência da aluvião como 1m de profundidade. As áreas mapeadas para a determinação das reservas indicadas podem ser observadas na planta de detalhes e serviços de pesquisa.



Figura 5: Croqui ilustrativo do bloco indicado A-2, onde o bloco foi considerado indicado pela representação da seção E-2 e E-3.



### 3.3. Análise e Interpretação dos Dados

Nesta etapa foram feitas análises a respeito do depósito e dos dados obtidos nas fases anteriores.

#### 3.3.1. AVALIAÇÃO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E GRANULOMÉTRICA

Resultados das análises químicas e físicas das amostras coletadas em campo foram disponibilizados pela empresa que está à frente do projeto de pesquisa. A partir dos dados disponibilizados, foram analisadas as características do material, a fim de se comparar com as exigidas pelo mercado de construção civil quanto à granulometria e ao teor de sílica presente no mineral.

#### 3.3.2. AVALIAÇÃO DA CUBAGEM E VIABILIDADE TÉCNICA

Nesta etapa verificou-se as condições de acesso ao depósito mineral. A fim de avaliar o potencial da reversa medida como jazida, foi determinado o método de lavra, bem como a definição e dimensionados os equipamentos de lavra.

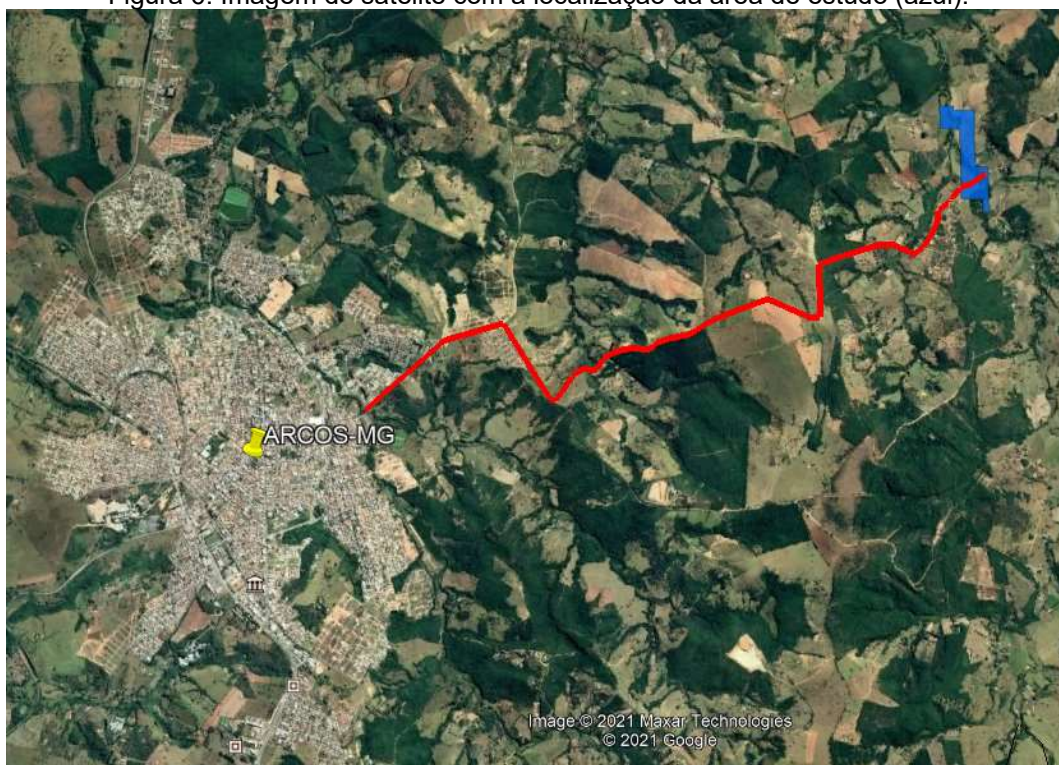
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Localização e Acessos

A área pesquisada está situada no local denominado fazenda São Domingos, localizada às margens do rio São Domingos, no município de Arcos, estado de Minas Gerais.

O local encontra-se a cerca de 6 km da cidade de Arcos, o acesso se dá através de estradas vicinais que partem da sede de Arcos. Saindo da área urbana pela saída leste, próximo ao presídio, toma-se a estrada vicinal por 500 metros sentido Águas do Paraíso, até a bifurcação, onde segue-se à esquerda por 5,5 km pela estrada vicinal da escola municipal Laura Andrade até a ponte do rio São Domingos, atingindo assim a região central da poligonal. A área é muito próxima à zona urbana de fácil acesso (Figura 6). A planta de situação da área está apresentada no apêndice 01.

Figura 6: Imagem de satélite com a localização da área de estudo (azul).



Fonte: modificado de Google Earth.

## 4.2. Mapeamento Topográfico

O mapa apresentado no apêndice 02, em escala 1/3.000, abrange toda a área da poligonal. As curvas de nível representadas a cada 2m indicam que o relevo se apresenta bastante plano próximo ao rio, condizente com áreas de várzeas. As cotas variam de 780m no sul da poligonal e 770m na parte norte.

Além da topografia, o mapa apresenta pontos importantes da poligonal como estradas, divisas com cercas e construções. Não foram observados outros cursos d'água além do rio São Domingos na poligonal.

## 4.3. Mapeamento Geológico

Conforme medição realizada no Google Earth, as cabeceiras do rio São Domingos encontram-se cerca de 20 km a montante da poligonal. A poligonal abrange 1.040m de leito de rio.

O quadro 2 indica as coordenadas geográficas em UTM, DATUM SIRGAS2000 das estacas que demarcam as nove seções geológicas traçadas ao longo do leito do rio.

Quadro 2 - Coordenadas UTM das estacas

LOCALIZAÇÃO DAS ESTACAS	
ESTACA	COORDENADA
E-1	450.606/7.758.958
E-2	450.631/7.759.010
E-3	450.719/7.759.069
E-4	450.644/7.759.169
E-5	450.585/7.759.248
E-6	450.518/7.759.356
E-7	450.449/7.759.700
E-8	450.373/7.759.781
E-9	450.344/7.759.867

Em alguns pontos, como entre a seção E1 e E2, é possível observar a ocorrência do solo residual de rochas graníticas na margem esquerda (Figura 7).

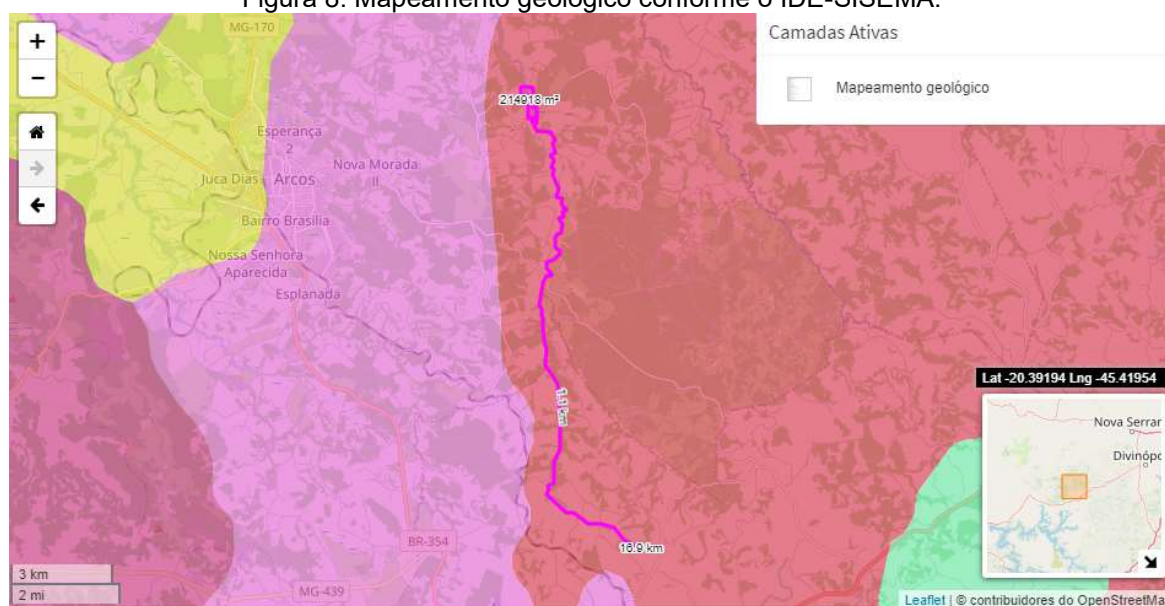


Figura 7: Vista do solo residual de rocha graníticas, margeando o rio entre a seção E1 e E-2, no ponto de coordenada UTM 450.639/7.759.030.



Conforme mapa geológico apresentado no IDE-SISEMA (Figura 8), todo o curso do rio São Domingos à montante da área pesquisada está localizado no Complexo Divinópolis, onde os litotipos predominantes são rochas ígneas como granitos e granodioritos, ou seja, rochas ricas em quartzo, que ao sofrer o processo de alteração, são erodidas e tem o solo arenoso arrastado pela bacia de drenagem, indo alimentar a aluvião do rio São Domingos. Assim, explica-se a ocorrência de areia no leito do rio e formação da aluvião estudada.

Figura 8: Mapeamento geológico conforme o IDE-SISEMA.



Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Minas Gerais

Fonte: modificado de IDE-SISEMA.



Com base no mapeamento geológico local, foi realizado o mapa geológico da área, apresentado no apêndice 03.

#### 4.4. Amostragem

A amostragem, com profundidade até 2m, teve o objetivo de caracterizar o horizonte sedimentar do leito do rio, amostrando os seus extratos, principalmente os arenosos, objetivo principal da pesquisa.

O quadro 3 a seguir apresenta dos dados de profundidade da camada de areia sedimentada no leito do rio São Domingos verificada em cada seção através da amostragem com o tubo de aço galvanizado. O ponto de cada amostragem está indicado na planta de detalhes e serviços de pesquisa no apêndice 02.

Quadro 3 - Profundidade da camada de areia nos pontos amostrados.

AMOSTRAGEM		
ESTACA	AMOSTRA	PROFUNDIDADE (m)
E-1	1	2,00
E-2	2	2,00
E-3	3	2,00
E-4	4	2,00
E-5	5	1,50
E-6	6	1,50
E-7	7	1,50
E-8	8	1,30
E-9	9	1,30

Em alguns pontos, ao se ultrapassar a camada arenosa, atingiu-se uma camada de argila, material mais consolidado, o que dificultou o avanço do tubo de aço, bem como gerou o seu entupimento. Em nenhuma das seções atingiu-se a rocha sã.

#### 4.5. Análises Granulométricas

Segundo os resultados da análise granulométrica das amostras de 01 a 09, apresentados no apêndice 05, o depósito de areia apresenta material com granulometria variando de médio à grosso. O quadro 4 evidencia o resultado da análise química realizado para a amostra global, representativa para todo o depósito dentro da poligonal pesquisada.

Quadro 4 – Boletim da análise química.

Resultado Análise Química e Granulométrica				
Amostra	Peneiras (Mesh)	Peneiras (mm)	Retido	Passante
amostra global	10	2,000	20,4	79,6
	20	0,841	40,67	38,93
	50	0,297	35,18	3,75
	SiO <sub>2</sub>		99,09%	

A análise química indicou um teor de 99,09% de SiO<sub>2</sub>, o que indica que a areia é composta essencialmente por quartzo, atendendo às especificações exigidas pelo mercado de construção civil.

#### 4.6. Cubagem

Para a cubagem das reservas medidas, foram utilizados oito blocos. O quadro 5 abaixo apresenta os dados utilizados para o cálculo da reserva medida.

Quadro 5 - Cálculo das Reservas Medidas

RESERVAS MEDIDAS						
BLOCO MEDIDO	ESTACAS	LARGURA MÉDIA (m)	COMPRIMENTO (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PROF. MÉDIA (m)	VOLUME MEDIDO (m <sup>3</sup> )
B-1	E1-E2	4,0	80,0	320	2,00	640,00
B-2	E2-E3	6,0	134,0	804	2,00	1608,00
B-3	E3-E4	6,0	142,0	852	2,00	1704,00
B-4	E4-E5	3,5	99,0	346,5	1,75	606,38
B-5	E5-E6	6,5	222,0	1.443,00	1,50	2164,50
B-6	E6-E7	5,5	63,0	346,5	1,50	519,75
B-7	E7-E8	2,0	138,0	276	1,40	386,40
B-8	E8-E9	2,5	130,0	325	1,30	422,50
<b>RESERVA MEDIDA (m<sup>3</sup>)</b>						<b>8.051,53</b>
<b>RESERVA MEDIDA (t)</b>						<b>17.713,37</b>

A profundidade do bloco foi determinada através da média da profundidade obtida em cada seção (Figura 9). O cálculo final das reservas medidas é o resultado do somatório do volume medido em cada bloco. A reserva em massa foi determinada multiplicando-se o volume total pela densidade média da areia de  $2,2\text{g/cm}^3$  a 7% de umidade.

Figura 9: Medição de sedimentos depositados em aluvião no ponto E-3.



Observamos que os blocos B-2, B-3 e B-5 são os que apresentam maior volume de areia medido. Tendo em vista que esses blocos estão localizados próximo à região central da poligonal, e apresentam maior volume de areia, podem ser os blocos os mais propícios para iniciar os trabalhos de lavra, pois proporcionaram maior vida longa do ponto de extração.

Para as reservas indicadas, a pesquisa e cubagem concluíram por um total de 26.205,39 toneladas de areia, conforme está apresentado no quadro 6.

Quadro 6 – Cálculo das Reservas Indicadas

<b>RESERVAS INDICADAS</b>			
<b>BLOCO INDICADO</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>PROF. INDICADA (m)</b>	<b>VOLUME INDICADO (m<sup>3</sup>)</b>
A-1	783,59	1,00	783,59
A-2	3640,26	1,00	3640,26
A-3	732,69	1,00	732,69
A-4	1133,00	1,00	1133,00
A-5	3182,00	1,00	3182,00
A-6	2440,00	1,00	2440,00
<b>RESERVA MEDIDA (m<sup>3</sup>)</b>			<b>11.911,54</b>
<b>RESERVA MEDIDA (t)</b>			<b>26.205,39</b>

Para fins de cálculo das reservas indicadas, considerou-se os sedimentos depositados em áreas de aluvião, às margens do rio São Domingos. Estes sedimentos são carregados especialmente nos períodos chuvosos, onde o rio aumenta o nível de água e a vazão, permitindo que os sedimentos sejam carregados para fora da calha do rio. Tais reservas foram construídas através da deposição ao longo dos períodos chuvosos por várias décadas, e representam, aproximadamente, 60% do total de areia encontrada ao longo da área pesquisada no leito do rio. Assim sendo, apresenta grande potencial de exploração, podendo contribuir significativamente para sua viabilidade econômica.

#### **4.7. Exequibilidade Técnica**

A pesquisa na área concluiu por uma reserva medida de 17.713,37 toneladas de areia, com profundidades de 1,3 a 2,0m, e uma reserva indicada de 26.205,39 toneladas de areia, depositadas ao longo de 1.040m do leito do rio São Domingos, no município de Arcos-MG.

A técnica utilizada para a lavra de areia depende principalmente da natureza da operação da lavra, se a seco ou a úmido. Por se tratar de uma lavra a ser realizada em leito de rio, onde os sedimentos arenosos se encontram abaixo do nível d'água, o método mais indicado é por dragagem, com bomba instalada em uma balsa flutuante, tendo assim, mobilidade para se movimentar no leito do rio conforme vá avançando na lavra dos sedimentos.

Como a bomba trabalha succionando a areia, a altura de sucção é um parâmetro fundamental na capacidade operacional do equipamento (Figura 10). A sondagem comprovou a existência de pontos com até 2,0 metros de profundidade, sendo assim, a altura de sucção da draga deverá atingir até 3,5 metros, deixando pelo menos 1,5 metros como segurança.

Figura 10: Sucção de areia em leito de rio realizada por bomba centrífuga.



A areia, bombeada na forma de polpa para fora do leito do rio, deverá ser depositada em um silo suspenso, conforme figura 11, onde a areia é retida e vai perdendo umidade. A água da polpa, escoar para uma bacia de decantação e retorna para o leito do rio.

Figura 11: Silos de recepção da polpa de areia extraída em leito de rio.



Caso a empresa opte por não construir um silo suspenso, o material pode ser bombeado para um pátio, onde a areia fica depositada e a água segue para uma bacia de clarificação e retorna ao leito do rio. Nesse caso há necessidade de um equipamento pá-carregadeira ou similar para realizar o carregamento do produto no caminhão do consumidor final.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A areia, embora apresente um baixo valor agregado, pode se tornar um importante bem mineral em regiões próximas à sua exploração, por ser amplamente utilizada no setor de construção civil.

Todo o curso do rio São Domingos à montante da área pesquisada está localizado no Complexo Divinópolis, onde os litotipos predominantes são rochas ígneas como granitos e granodioritos, ou seja, rochas ricas em quartzo, que ao sofrer o processo de alteração, são erodidas e tem o solo arenoso arrastado pela bacia de drenagem, indo alimentar a aluvião do rio São Domingos. Assim, explica-se a ocorrência de areia no leito do rio e formação do aluvião estudado.



A região pesquisada encontra-se satisfatoriamente mineralizada, sendo comprovadas reservas minerais de areia, com características físico-químicas que atendem às especificidades para agregado na construção civil. O estudo comprovou a existência de uma reserva medida de 17.713,37 toneladas e uma reserva indicada de 26.205,39 toneladas de areia, totalizando 43.918,76 toneladas de areia ao longo do trecho de 1.040m contido na poligonal estudada, com granulometria variando de média a grossa. Essa reserva tem composição química de 99,09% de sílica, atendendo, portanto, as exigências de mercado para aplicação na construção civil. Outro fator a ser considerado, por se tratar de areia de leito de rio, já é uma areia lavada, portanto isenta de argilas, e classificada naturalmente pela própria correnteza do rio.

A viabilidade técnica e econômica do empreendimento mineral está relacionada a vários fatores que não dizem respeito somente à qualidade do bem mineral. Dentre estes fatores podemos destacar: mercado, utilização, acesso, posição geográfica em relação aos grandes centros, clima e atualmente os fatores ambientais.

Considerando um consumo médio de areia de 4t/habitante/ano no município de Arcos e população estimada de 40.380 pessoas, a demanda anual seria de 161.520,00 toneladas de areia. Assim, é possível observar que há demanda de mercado e que o depósito pesquisado possui qualidade e viabilidade técnica de aproveitamento para se inserir no mercado no município de Arcos, apresentando um bom potencial para sua exploração.

## **6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para novas pesquisas e trabalhos futuros, a fim de complementar o estudo das reservas pesquisadas, recomenda-se fazer uma avaliação da taxa de reposição dos sedimentos arenosos pelo rio São Domingos, avaliando a capacidade de novas reservas de areia no trecho abrangido pela poligonal, oriundas do processo de sedimentação ocorrente no leito do rio, em especial nos períodos chuvosos onde a vazão do rio é maior.

Recomenda-se também dar continuidade ao trabalho, e que seja apresentado um estudo de aproveitamento econômico da reserva, estipulando uma produção anual compatível com a reserva, dimensionamento dos equipamentos, levantamento de custos e investimentos, bem como uma análise de viabilidade econômica para implantação do empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais de pedra e agregados naturais – NBR7225. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado para concreto – NBR7211. Rio de Janeiro, 2009, Versão Corrigida: 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Boletim do Setor Mineral**. Brasília, 2019.

BEZERRA, M. S. **A sustentabilidade da produção de minerais industriais em regiões metropolitanas – Um estudo de caso**. 2012. Holos, ano 28, vol. 5.

CARMO, I. M. **Estudo comparativo de ferramentas computacionais para modelagem geométrica e cubagem de maciços rochosos**. 2013. 97p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

CONDE, R. P.; YAMAMOTO, J. K. **Avaliação de reservas por métodos convencionais: um estudo de caso na mina de canoas 2 (PR)**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Sér.Cient., 26:13-28, 1995. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/bigsc/article/view/45142/48754+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 05 nov. 2020.

COSTA, E. N. **Peneiramento de partículas finas e ultrafinas com adição de dispersantes**. Monografia (Pós-Graduação) – Especialização em Tratamento de Minérios, Universidade Federal de Goiás, Catalão – GO, 2014. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/596/o/Evair\\_Nunes\\_da\\_Costa.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/596/o/Evair_Nunes_da_Costa.pdf). Acesso em: 19 ago. 2021.

FERREIRA, M. S. **Modelagem tridimensional de depósitos minerais. 2006** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, 2006. Disponível em: <[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2450/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_ModelagemTridimensionalDep%C3%B3sitos.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2450/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_ModelagemTridimensionalDep%C3%B3sitos.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2020.

GOES, M. A. C.; POSSA, M. V.; DA LUZ, A. B. **Amostragem de minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de Dados – Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/arcos/panorama>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: **IDE-Sisema**, 2019. Disponível em: [idesisema.meioambiente.mg.gov.br](http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br). Acesso em: 15 ago. 2021.

LA SERNA, H. A.; REZENDE M. M. (2009). Agregados para a Construção Civil, Economia Mineral/DNPM, <http://www.dnpm.gov.br/>, (outubro/2010).



LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2. ed. Cap.10. p.183-193. 2009.

MACHADO, I. F. 1989. **Recursos minerais, política e sociedade**. São Paulo, Edgard Blücher. 410 p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Boletim do Setor Mineral – fevereiro 2020**. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/boletim-do-setor-mineral>. Acesso em: 15 set. 2021.

NEUSS, I. 2001. **Oktokumpu – base metals best practice**. In: Mineral Resources and Ore reserve Estimation – The AusIMM Guide to a Good Practice (Ed. A. C. Edwards) p. 49-56. Melbourne, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.

NOGUEIRA, G. R. F. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG: 2016. Disponível em: <[https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC\\_Vers%c3%a3oFinal.pdf](https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_Vers%c3%a3oFinal.pdf)> Acesso em: 28 out. 2020.

PEREIRA, P. E. C. **Estimativa de Recursos Minerais e Otimização de Cava Aplicados a um Estudo de Caso de uma Mina de Calcário**. 2017. 40p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Otimização, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2017.

PINTO, M. T. R. **Principais métodos de análise para Geologia e Mineração - Aplicações e limitações**. Instituto Minere, 2018. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/principais-metodos-de-analise-para-geologia-e-mineracao-aplicacoes-e-limitacoes>. Acessado em: 19 ago. 2021.

ROSSI, M.; DEUTSCH, C. V. 2014. **Mineral resource estimation**. Dordrecht, Springer. 332p.

SANTOS, D. N. **Extração de areia e a dinâmica sedimentar no alto curso do Rio Paraná na região de Porto Rico, PR**. 2008. 27 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade Guarulhos, Guarulhos – SP, 2008. Disponível em: <<http://tede.ung.br/bitstream/123456789/123/1/Daniel+Nery+dos+Santos.pdf>> Acesso em: 29 out. 2020.

SOCIEDADE DOS MINERADORES DE AREIA DO RIO JACUI LTDA – SMARJA. **Palestra do Diretor-Presidente Sandro Alex de Almeida**. Disponível em: <[www.smarja.com.br/historico.html](http://www.smarja.com.br/historico.html)>. Acesso em: 15 nov. 2020.

SOUZA, M. T. *et. al.* **Caracterização de areias de quartzo do estado de Mato Grosso do Sul para aplicações industriais**. Cerâmica 60, p. 569-574, 2014.

STOPA, I. S. **Análise das principais técnicas de amostragem manual para amostras binárias diferentes em granulometria e densidade**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG: 2017.

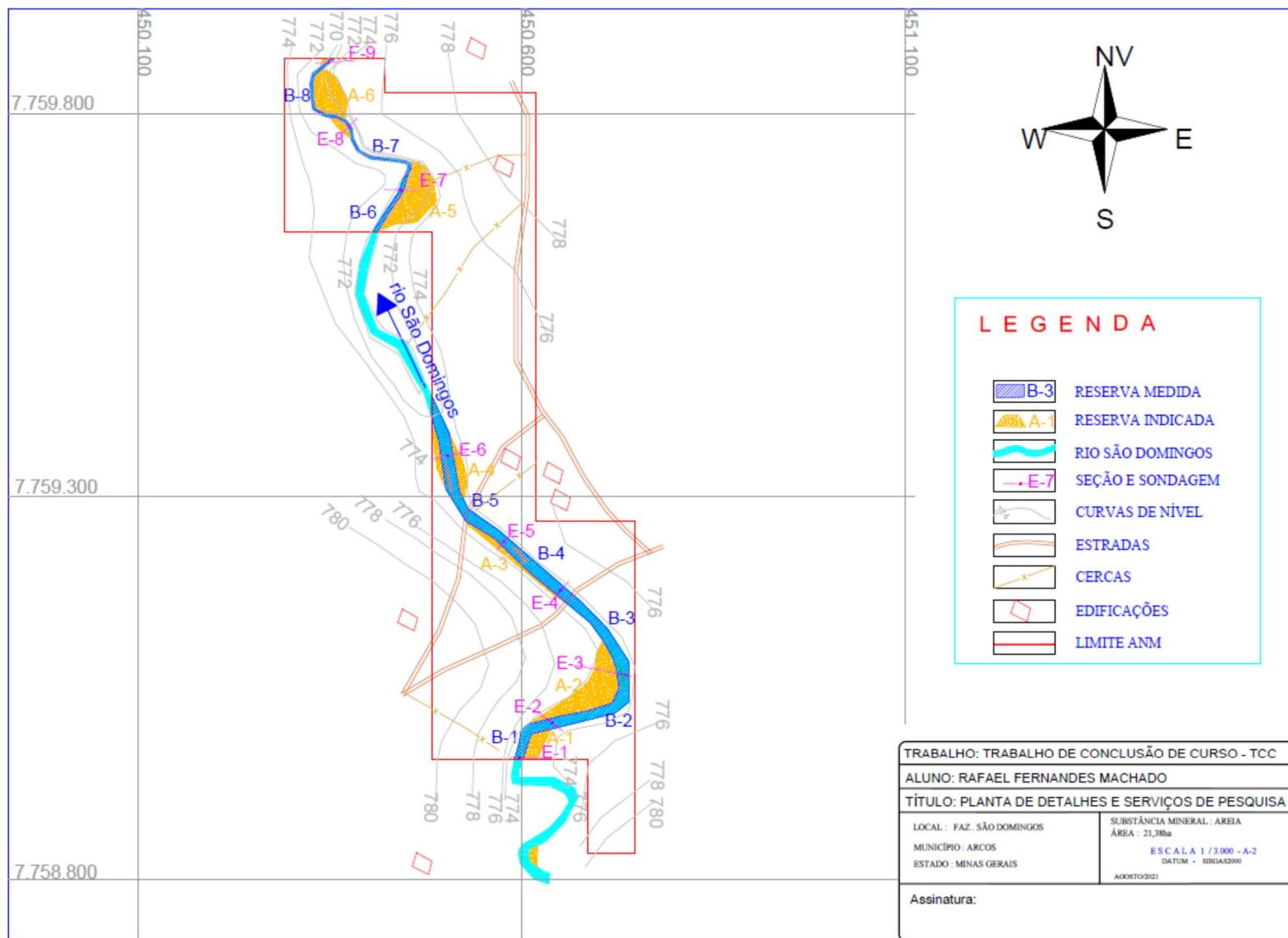
Disponível em: <[https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/407/1/MONOGRAFIA\\_An%C3%A1lisePrincipaisT%C3%A9cnicas.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/407/1/MONOGRAFIA_An%C3%A1lisePrincipaisT%C3%A9cnicas.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2020.

YAMAMOTO, J. K. 2001. **Avaliação e Classificação de Reservas Minerais**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. 39 p.

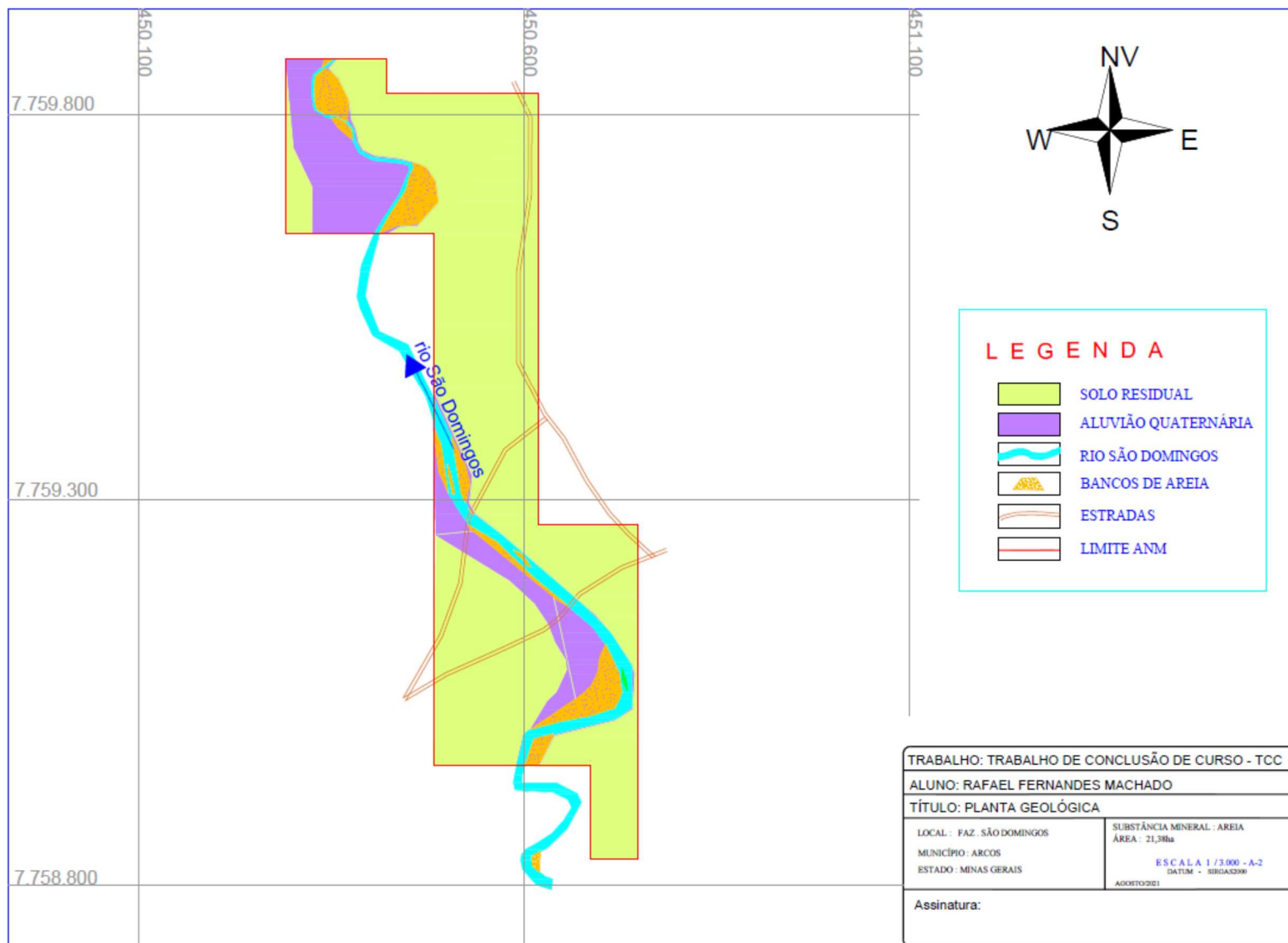
## APÊNDICE 01 – PLANTA DE SITUAÇÃO



## APÊNDICE 02 – PLANTA DE DETALHES E SERVIÇOS DE PESQUISA



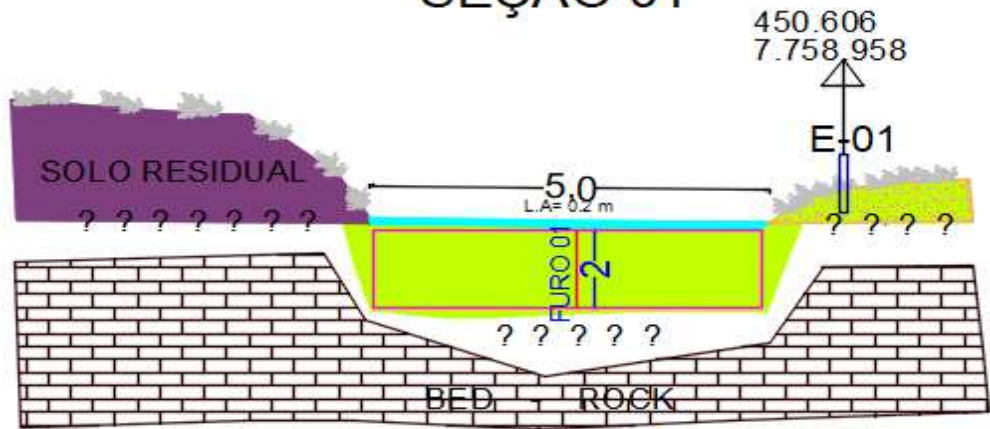
### APÊNDICE 03 – PLANTA GEOLÓGICA



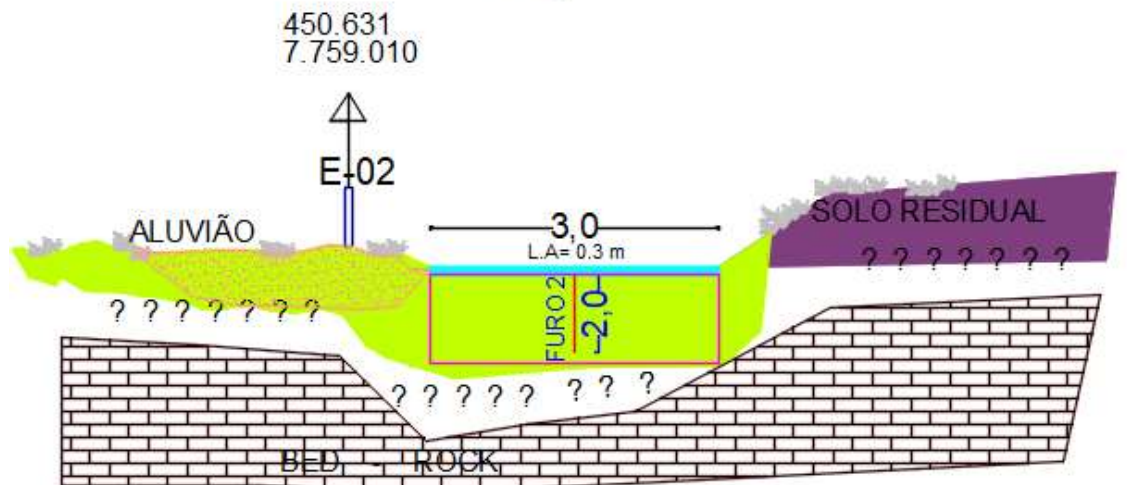


APÊNDICE 04 – SEÇÕES GEOLÓGICAS

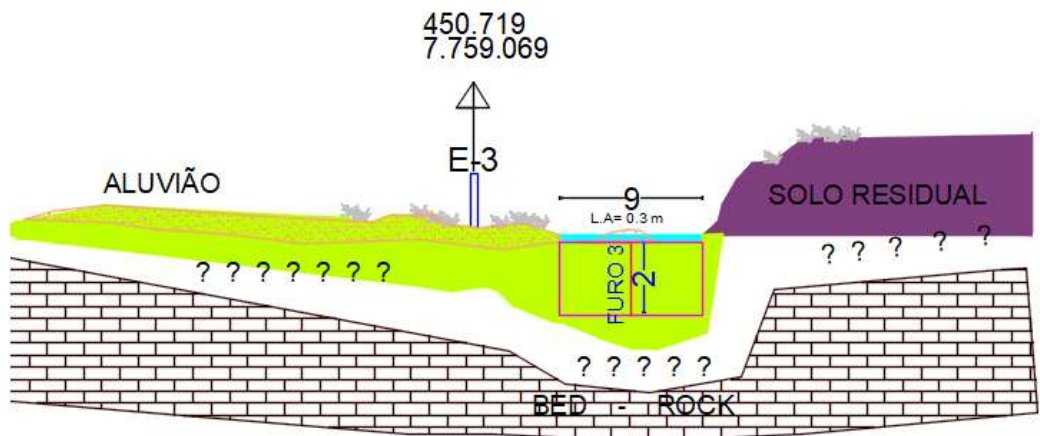
SEÇÃO 01



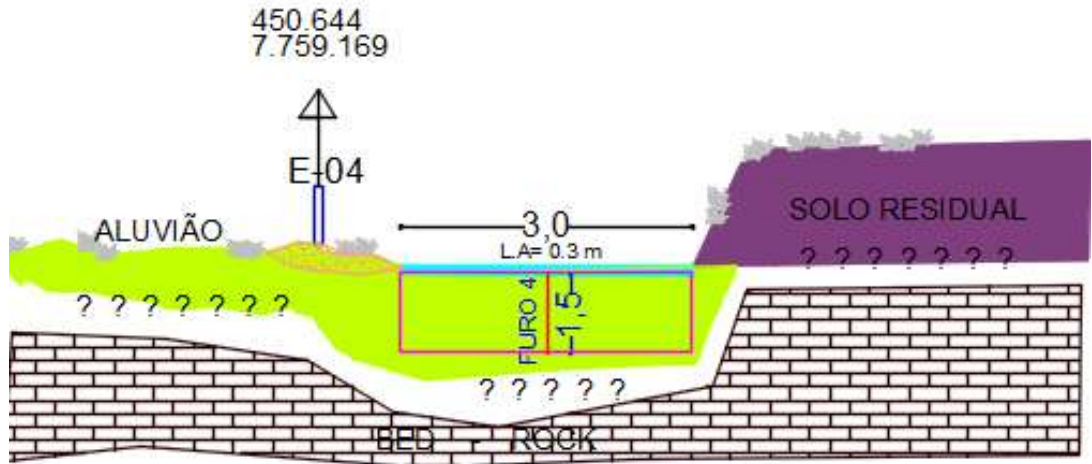
SEÇÃO 02



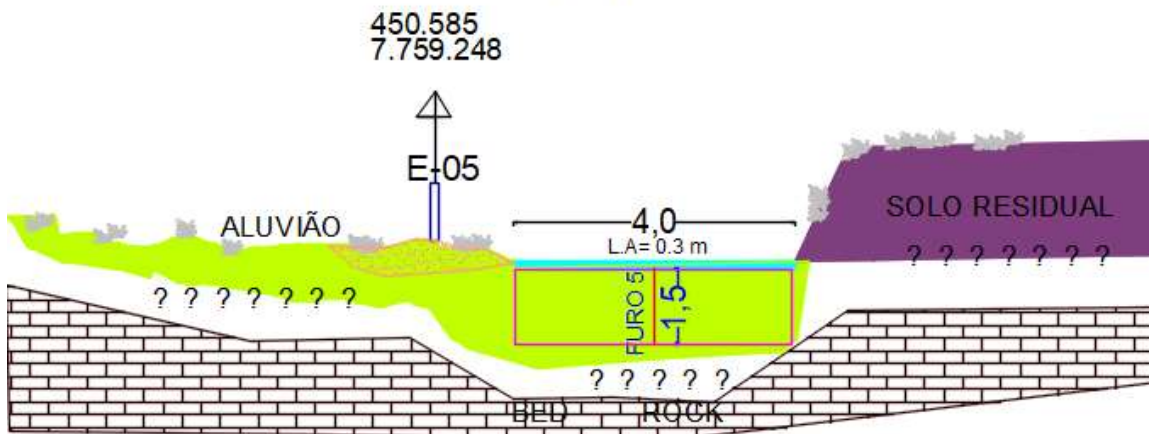
SEÇÃO 3



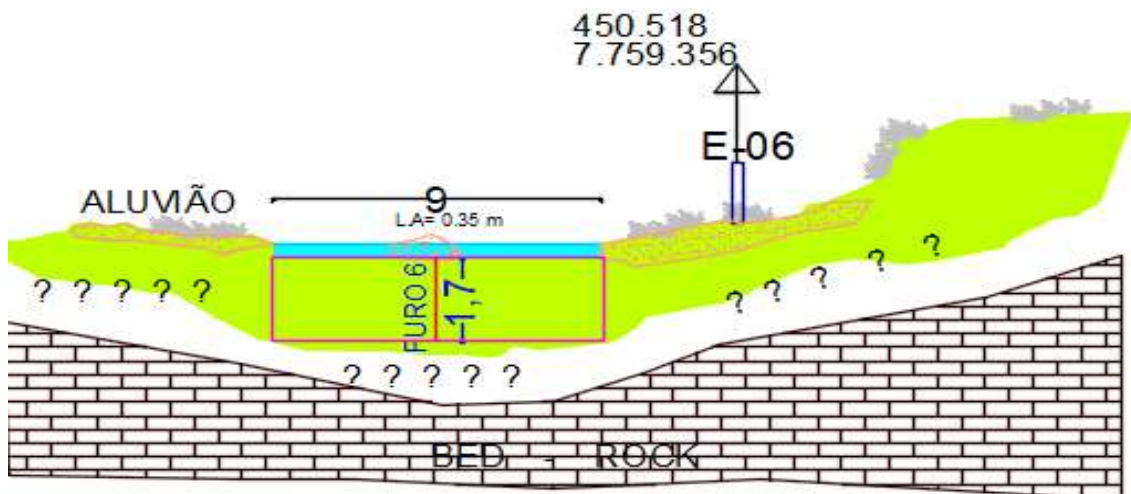
### SEÇÃO 04



### SEÇÃO 05



### SEÇÃO 06







## APÊNDICE 05 – BOLETIM DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

	Rodovia Mg 170 km 4,4 S/N	Zona Rural
	CNPJ 02.679.665/0001-07	Insc Estadual 042.822.860.0030
	CEP 35588000 Arcos MG	Fone 37 3351 2692 37 8803 8022

Certificado de Análise Química e Física			
Cliente:			
Data	SETEMBRO /2020		
ANM:			
Responsável			

Ensaio granulométrico							
Amostra	Peneiras	Retido%	Passante%	Amostras	Peneiras	Retido%	Passante%
1	10#	00,00	100,00	2	10#	11,39	88,61
	20#	07,37	92,63		20#	39,95	48,66
	50#	78,99	13,64		50#	43,15	05,51

Amostra	Peneiras	Retido	Passante	Amostra	Peneiras	Retido	Passante
3	10#	10,45	89,55	4	10#	27,45	72,55
	20#	40,37	40,37		20#	40,71	31,84
	50#	41,14	41,14		50#	28,45	04,39

Amostra	Peneiras	Retido	Passante	Amostra	Peneiras	Retido	Passante
5	10#	19,08	80,92	6	10#	10,05	89,95
	20#	46,26	34,66		20#	40,39	49,56
	50#	31,56	03,10		50#	42,08	07,48

Amostra	Peneiras	Retido	Passante	Amostra	Peneiras	Retido	Passante
7	10#	20,56	79,44	8	10#	00,00	100,00
	20#	47,10	32,34		20#	07,18	92,82
	50#	24,70	07,64		50#	79,27	13,55

Amostra	Peneiras	Retido	Passante
9	10#	28,04	71,96
	20#	47,17	24,79
	50#	23,99	00,80

Técnico Químico Responsável  
 Rigoberto Geraldo de Deus Almeida  
 CRQ 02404735 II Região

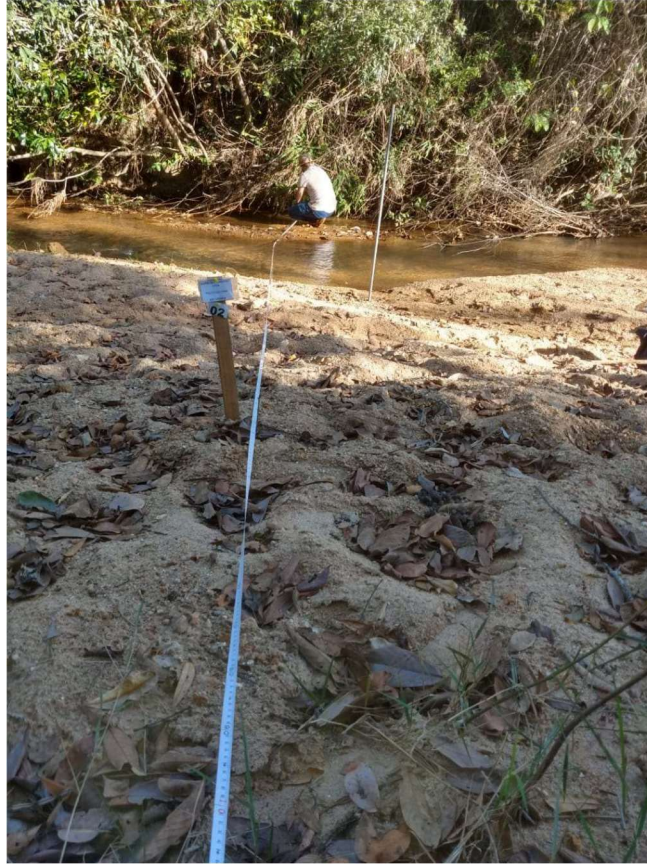
Rigoberto Geraldo de Deus Almeida  
 Técnico Químico  
 CRQ 02404735  
 CREA-MG 0000195413-TD

## APÊNDICE 06 – FOTOS ILUSTRATIVAS DA PESQUISA

Estaca 2 situada na curva do rio São Domingos, onde é possível observar a formação de bancos de areia depositados pelas enchentes em ambas as margens.



Flagrante da medição da largura do leito do rio e praia formada por banco de areia na margem esquerda na seção E-2.



Localização da estaca na seção E-3, com amostra n° 3 obtida no leito do rio.





Flagrante da medição do leito do rio na seção E-3, onde observa-se um alargamento do leito do rio e pequena formação de ilha composta por banco de areia.



Vista em detalhes da aluvião formada por bancos de areia na margem esquerda na seção E-3, compondo uma boa reserva de areia aluvionar.



Vista em detalhes da aluvião formada por bancos de areia na margem esquerda na seção E-3, compondo uma boa reserva de areia aluvionar.





Vista da ponte que intercepta a poligonal próxima a seção E-4, onde observa-se os bancos de areia depositada na margem esquerda.



Flagrante do banco de areia depositado na margem esquerda próximo a seção E-8.





Flagrante da estaca 09, onde observa-se na margem direita o talude formado por sedimentos argilo-arenosos.

