



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA
ASSESSORIA DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA - AEDI
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM LAVRA E
TECNOLOGIA MINERAL - LTM**

**UTILIZAÇÃO DO GEORADAR (GPR) COMO FERRAMENTA
AUXILIAR À PESQUISA DA JAZIDA DE AREIA DO SETOR
DE HABITAÇÕES COLETIVAS NOROESTE – SHCNW,
BRASÍLIA/DF**

MAGNO AUGUSTO MACHADO

Orientador: Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges – UnB

BRASÍLIA - DF

2012

MAGNO AUGUSTO MACHADO

**UTILIZAÇÃO DO GEORADAR (GPR) COMO FERRAMENTA
AUXILIAR À PESQUISA DA JAZIDA DE AREIA DO SETOR
DE HABITAÇÕES COLETIVAS NOROESTE – SHCNW,
BRASÍLIA/DF**

Monografia apresentada à Assessoria de Educação à Distância – AEDI da Universidade Federal do Pará – UFPA como requisito para a obtenção do título de Especialista em Lavras e Tecnologia Mineral.

Orientador: Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges – UnB

**BRASÍLIA – DF
2012**

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAGNO AUGUSTO MACHADO

UTILIZAÇÃO DO GEORADAR (GPR) COMO FERRAMENTA AUXILIAR À PESQUISA DA JAZIDA DE AREIA DO SETOR DE HABITAÇÕES COLETIVAS NOROESTE – SHCNW, BRASÍLIA/DF

Esta monografia foi julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista no Curso de Lavras e Tecnologia Mineral, da Assessoria de Educação à Distância da Universidade Federal do Pará – UFPA.

Pólo de Brasília, 02 de abril de 2012

Prof. Dr. Francisco de Assis Matos de Abreu
Coordenador Geral do Curso de Especialização em Lavras e Tecnologia
Mineral – LTM

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Gouvêa Luiz
UFPA

Prof...

Prof. Dr. Welitom Rodrigues Borges
UnB

Orientador

Prof...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, à minha esposa Damine pelo apoio incondicional; ao orientador Prof. Dr. Welitom pelo companheirismo; aos geólogos Marcelo Blum, Daniel Russo e Ricardo de Moraes, aos futuros geofísicos Amanda Rocha e Raphael Teixeira e ao geógrafo Péricles Macedo pela colaboração nas etapas de campo com o GPR; à minha família e aos meus amigos pelo eterno incentivo; à Terracap, pela oportunidade dada para prosseguir em meus estudos e aos colegas da Gerência de Meio Ambiente desta empresa, em especial ao geólogo Pedro Mandai, com os quais divido as responsabilidades diárias do trabalho.

Dedicado a Augusto e Bruno, meus filhos, como incentivo à eterna busca humana pelo conhecimento.

RESUMO

O presente trabalho faz uma reconstituição histórica da mineração de areia no sítio onde está sendo implantado o Setor de Habitações Coletivas Noroeste – SHCNW, um empreendimento da Companhia Imobiliária de Brasília – Terracap, localizado na última área livre para ocupação urbana inserida no Plano Piloto de Brasília, Distrito Federal.

O licenciamento ambiental deste novo setor exigiu a interrupção definitiva da lavra de areia no local denominado *Jazida do Canil* antes que houvesse tempo hábil para realização de pesquisa mineral que determinasse a qualidade e o volume de areia ainda existente.

Soma-se a isso a existência de conflitos entre o interesse da Terracap em cumprir as condicionantes ambientais de implantação do SHCNW e o interesse econômico de entes privados sobre a areia, uma vez que as escavações para instalação da infraestrutura interceptaram a jazida em vários pontos, evidenciando a existência de areia passível de aproveitamento.

Foram compilados dados de processos administrativos, relatórios técnicos, estudos ambientais e trabalhos científicos referentes ao SHCNW, os quais foram comparados às observações de campo referentes à localização do pacote de quartzitos, sua estruturação e comportamento em subsuperfície para estimar o volume aproximado de minério (neossolos quartzarênicos + areia + blocos de quartzito friável) e também estimar o valor deste recurso mineral local, visando orientar as ações da Terracap no sentido de resguardar seus direitos como proprietária da área.

A contribuição deste trabalho ao conhecimento da geologia da área foi a utilização do georadar ou radar de penetração de solo (*Ground Penetrating Radar – GPR*) como metodologia auxiliar na delimitação do corpo de minério. Foram realizados dois perfis cujos resultados mostraram que este método geofísico é eficiente para esse tipo de situação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	02
2. OBJETIVOS.....	03
3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	03
4. METODOLOGIA.....	04
5. MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	05
6. CARACTERIZAÇÃO DO BEM MINERAL.....	09
7. HISTÓRICO E CONFLITOS RELACIONADOS À MINERAÇÃO.....	13
8. INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS NA <i>JAZIDA DO CANIL</i>	27
9. A UTILIZAÇÃO DO GEORADAR COMO FERRAMENTA AUXILIAR.....	34
10. RESULTADOS.....	50
11. CONCLUSÃO.....	55
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
13. ANEXOS.....	58

1. INTRODUÇÃO

O Setor de Habitações Coletivas Noroeste – SHCNW é um parcelamento de solo urbano localizado na Asa Norte de Brasília/DF, cuja proposta de ocupação foi feita pelo arquiteto Lúcio Costa, responsável pelo projeto arquitetônico de Brasília, por meio de um estudo intitulado “Brasília Revisitada” (IPHAN, 1987), consolidado pelo Decreto Distrital n.º 11.297 de 04/11/1988, que à época definiu o local como Área de Expansão Urbana Noroeste (**figura 1.1**).

A Companhia Imobiliária de Brasília – Terracap, uma empresa pública do Governo do Distrito Federal – GDF, ficou incumbida de executar os projetos e estudos necessários à implantação do SHCNW, os quais se iniciaram em 1997 com a abertura do processo de licenciamento ambiental do novo setor.

As obras de implantação da infraestrutura do SHCNW tiveram início em outubro de 2009, após a aprovação do projeto urbanístico, a emissão das licenças ambientais e aprovação do Plano de Gestão Ambiental de Implantação – PGAI.

O interesse mineral sobre o SHCNW se dá pela existência de pacotes de quartzito friável, os quais fornecem bolsões de areia branca a rosa usada como agregado da construção civil, a qual foi explorada por entes privados e governamentais, a exemplo da Companhia Urbanizadora da Nova Capital – NOVACAP, próximo à Gerência de Zoonoses, na chamada *Jazida do Canil*.

A NOVACAP extraiu areia da *Jazida do Canil* para utilizar em sua usina de asfalto entre 1990 e 2007, quando a lavra foi suspensa em definitivo por exigência do licenciamento ambiental do SHCNW e as cavas existentes passaram a ser preenchidas com latossolos oriundos das escavações prediais das proximidades visando à recomposição topográfica do local.

Durante as obras de instalação da infraestrutura do novo setor a areia movimentada pelas escavações despertou novamente o interesse de grupos privados, o que culminou em um requerimento de pesquisa mineral de areia e argilito feito em 2010 ao Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, caracterizando um conflito entre o interesse em mineração de terceiros e o interesse da Terracap em cumprir as condicionantes do licenciamento ambiental para implantação do novo setor.

Dada a inexistência de pesquisa mineral tradicional na *Jazida do Canil* e respectiva falta de dados sobre o volume de areia ainda disponível para aproveitamento optou-se por consolidar as informações existentes aos dados obtidos nas vistorias das obras no SHCNW, auxiliados por um método de investigação indireto e não invasivo (como o georadar) com o intuito de delimitar o corpo de minério para fins de estimativa de volume de reserva de areia.



Figura 1.1 – Fotografia aérea de Brasília/DF obtida pela NASA em 2010. Notar a localização do SHCNW (círculo branco). Fonte: <http://eol.jsc.nasa.gov/Coll/EarthObservatory/PostedSort.htm> (com modificações)

2. OBJETIVOS

Esse trabalho pretende apresentar uma síntese do processo de exploração da *Jazida do Canil*, discutir os conflitos de mineração existentes na área, caracterizar e quantificar o recurso mineral por métodos indiretos, com o auxílio do georadar (GPR), para demonstrar a potencialidade das reservas de areia ainda existentes e orientar as ações da Terracap no sentido de resguardar seu direito como proprietária da área.

3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área em estudo está inserida na Região Administrativa de Brasília – RA I e integra o conjunto urbanístico do Plano Piloto de Brasília, tombado em 1987 pela UNESCO como patrimônio da humanidade. Possui a seguinte delimitação:

- A norte delimita-se com o Setor Terminal Norte – STN;
- A noroeste delimita-se com a Estrada Parque Indústria e Abastecimento – EPIA (DF-003);
- A sudoeste delimita-se com a Estrada Parque Abastecimento e Armazenagem – EPAA (DF-061);
- A sul delimita-se com o Setor Militar Urbano – SMU e com o Autódromo; e
- A leste delimita-se com o Setor de Grandes Áreas Norte – SGAN, que integra a área urbana consolidada da Asa Norte de Brasília;

A *Jazida do Canil* encontra-se instalada sobre um pacote de quartzito que segue na direção SW-NE, atravessando o SMU, a ARIE Cruls, o SHCNW, parte da antiga área do Camping Clube de Brasília, o Parque Ecológico Burle Marx e se estende pelo SGAN Quadra 913 já na área urbana consolidada da Asa Norte de Brasília (**figura 3.1**).

O acesso é feito pela via EPIA até a via de acesso ao STN, e daí entra-se à direita na via W-7, principal acesso ao SHCNW. Também é possível acessar a área de estudo pela via EPAA, até a via de acesso à Gerência de Controle de Zoonoses ou ainda por uma entrada alternativa na altura da SGAN 913.



Figura 3.1 – Delimitação aproximada do pacote de quartzito na área de estudo, que coincide com uma elevação na topografia (polígono amarelo). Notar sua interferência com o SHCNW e demais logradouros públicos.

4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

O método de trabalho adotado no presente estudo teve as seguintes etapas:

- Levantamento Bibliográfico:

Foi feita a compilação de dados existentes sobre a área de estudo, contidos em processos administrativos, relatórios técnicos e de vistoria elaborados no âmbito da Gerência de Meio Ambiente da Terracap (alguns confeccionados pelo próprio autor), estudos ambientais contratados pela Terracap para o licenciamento ambiental do SHCNW e trabalhos científicos apresentados pelo autor e colaboradores em simpósios regionais, além de trabalhos clássicos sobre meio físico e recursos minerais do Distrito Federal e também sobre aplicações do georadar.

Devido à ausência de registros sobre mineração na área de estudo, específicos para o período entre 1958 e 1990, foram analisadas fotografias aéreas em diversas escalas de levantamento, recentemente disponibilizadas em formato digital pela Secretaria de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano do Distrito Federal – SEDHAB em seu sítio eletrônico.

- Etapas de Campo

A maioria das informações de campo (registro fotográfico e medições “*in loco*”) foi coletada em vistorias de rotina da Gerência de Meio Ambiente da Terracap na área de estudo entre julho de 2007 e novembro de 2011, principalmente nas escavações das obras de infraestrutura para a implantação do SHCNW, iniciadas em outubro de 2009.

O levantamento de campo com o georadar foi feito nos dias 10 e 14 de fevereiro de 2012 e contou com a participação de geólogos do Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal (que cedeu a antena de 200 Mhz e a roda odométrica utilizada no levantamento), alunos de graduação em geofísica da Universidade de Brasília, além do corpo técnico desta mesma universidade, proprietária do equipamento utilizado (GPR modelo SIR-3000 fabricado pela *Geophysical Survey Systems Incorporated - GSSI*).

- Confecção da Monografia

O presente trabalho foi elaborado entre fevereiro e março de 2012, utilizando a estrutura do Laboratório de Geofísica Aplicada da UnB, para processamento dos dados de geofísica, como também da Gerência de Meio Ambiente da Terracap, que forneceu a documentação necessária (mapas, relatórios, bases em SIG, etc.). Os trabalhos de cartografia foram auxiliados pelos *softwares ArcGis 9x e Google Earth Enterprise* que é a ferramenta utilizada no projeto de geoprocessamento corporativo da Terracap – TERRAGEO.

5. MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO

A fisiografia do Distrito Federal é fruto da interação do clima com fatores edáfico-bióticos que atuaram sobre rochas pré-cambrianas durante o Cenozóico. Nesse contexto se desenvolveu o bioma Cerrado, formado por vegetação arbustiva e árvores de galhos e caules grossos e retorcidos, e sua fauna associada.

O clima predominante no Distrito Federal é o "tropical de savana" (Köppen, 1948 *In*: Baptista, 1998), com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa que vai de outubro a abril, e outra estação seca, que se estende de maio a setembro. A precipitação média anual do DF varia entre 1.200mm a 1.700mm. As temperaturas médias variam entre 19° a 22°C. E a umidade relativa do ar varia com a precipitação, podendo chegar a níveis abaixo de 20% no auge da estação seca.

A hidrografia do Distrito Federal é formada predominantemente por drenagens perenes esculpidas em vertentes nos limites de chapadas (Ferrante *et al.* 2001) cuja feição mais peculiar é o divisor de águas onde se conectam cursos d'água pertencentes a três das mais importantes bacias hidrográficas brasileiras: São Francisco (Rio Preto), Tocantins/Araguaia (Rio Maranhão) e Paraná (Rio São Bartolomeu). O fenômeno ocorre em uma grande vereda localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas, uma unidade de conservação distrital.

A área de estudo não possui cursos d'água, sendo sua rede de drenagem originalmente formada por suaves talwegues que convergiam as águas das chuvas para o Ribeirão Bananal, tributário do Rio Paranoá. Durante a construção de Brasília (1956-1960) este rio foi represado para a formação do Lago Paranoá, compondo atualmente a Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá.

A Geologia do Distrito Federal é formada por rochas metassedimentares relacionadas aos grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí, dos quais o Grupo Paranoá representa aproximadamente 65% da área total, sendo composto por rochas de idade Meso/Neoproterozóica, as quais sofreram esforços tectônicos nas direções N-S e E-W durante o Ciclo Brasileiro (Freitas-Silva & Campos, 1998).

As rochas do Grupo Paranoá no DF foram individualizadas em seis unidades correlacionáveis, da base para o topo, com as unidades **S**, **A**, **R₃**, **Q₃**, **R₄** e **PPC** (Faria, 1995). Na área de estudo são observadas as unidades **S** e **A**.

A Unidade **S** é representada por uma alternância de metassiltitos maciços e metarritmitos arenosos em direção ao topo da seqüência, que apresentam contato gradacional com a Unidade **A** que a recobre. No topo deste conjunto eventualmente ocorrem bancos decimétricos de quartzitos que sustentam altos topográficos, eventualmente explorados como jazidas de areia (a exemplo da *Jazida do Canil*), cujos afloramentos apresentam estruturas sedimentares bem preservadas tais como acamamento primário e estratificações cruzadas.

A Unidade **A** é constituída por um expressivo conjunto de ardósias roxas, homogêneas, dobradas, com forte clivagem ardósia e com ocasionais lentes irregulares de quartzitos, que ocupam variadas posições estratigráficas. As ardósias são cinza-escuras, quando frescas, e intensamente fraturadas em afloramentos. O acamamento primário é a única estrutura sedimentar observada em afloramentos.

A geomorfologia do Distrito Federal é compartimentada em três macrounidades (Novaes Pinto 1987, 1994a): Região de Chapadas (**A**), caracterizada por uma topografia, de plana a plana ondulada, acima da cota 1.000 metros; Área de Dissecação Intermediária (**B**), correspondendo às áreas fracamente dissecadas, com lateritos, latossolos e colúvios/eluvios delgados em seus interflúvios; e Região Dissecada de Vale (**C**), representada por depressões ocupadas pelos rios da região.

Martins (1999) definiu três grandes compartimentos, denominados de Planaltos, Planos Intermediários e Planícies, equivalentes às macrounidades (**A**), (**B**) e (**C**) de Novaes Pinto, respectivamente. Além dessas feições, Martins (1999) e

Martins & Baptista (1998) individualizaram os compartimentos de rebordos (declividades < 8%) e de escarpas (declividades > 8%).

A área de estudo encontra-se sobre uma superfície de aplainamento intermediária denominada Domo Estrutural de Brasília, correspondente à macrounidade **(B)** ou plano intermediário, cujo substrato é formado por ardósias e metassiltitos do Grupo Paranoá. Neste domínio ocorrem residuais de aplainamento que sustentam altos topográficos formados pelos níveis quartzíticos já mencionados.

Os solos dominantes no Distrito Federal pertencem às classes Latossolo Vermelho-Escuro **(LE)**, Latossolo Vermelho-Amarelo **(LV)** e Cambissolo **(Cb)**, os quais correspondem a 85,49% de seu território (EMBRAPA, 1978).

O EIA/RIMA do SHCNW (TC/BR, 2005) identificou as seguintes classes de solos na área de influência do empreendimento: Latossolo Vermelho com textura média a arenosa **(LVd)**, Latossolo Vermelho-Amarelo com textura média a arenosa **(LVA)**, Neossolo Quartzarênico Órtico **(RQo)**, Neossolo Regolítico Psamítico **(RRp)**, Gleissolo Háplico **(GXd)** e Cambissolo Háplico **(CXbd)**. Para a área de estudo as classes mais representativas são os latossolos e os neossolos.

Os latossolos possuem horizonte A moderado e horizonte B latossólico, rico em sesquióxidos de ferro e alumínio, além de considerável fração arenosa devido à contribuição dos pacotes de quartzito existentes no local. São muito porosos, bastante permeáveis e de acentuada a fortemente drenados.

O neossolo quartzarênico corresponde a depósitos arenosos oriundos da denudação de pacotes de quartzito existentes na área, cuja porcentagem de argila é inferior a 15%, sendo um dos produtos minerais explorados na *Jazida do Canil*. A textura arenosa é responsável pelo baixo índice de drenagem superficial destes solos e por sua elevada colapsividade.

O neossolo regolítico Psamítico corresponde a uma classe de solo mineral derivado da decomposição dos quartzitos e intercalações de metapelitos e consiste em um perfil de seqüência de horizonte A – C, onde o horizonte C supera 200 cm de espessura. Comumente são encontrados fragmentos de quartzitos e metassiltitos em proporções da ordem de 5%. Este solo ocorre na transição entre o neossolo quartzarênico e o latossolo vermelho-amarelo arenoso.

A partir da análise das curvas de nível do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD (CODEPLAN, 1997) é possível afirmar que toda a área de estudo é caracterizada por relevo suave ondulado com declividades predominantemente baixas (<10%), onde predominam processos pedogenéticos, responsáveis pela formação de espessos perfis de latossolos (**figuras 5.1 e 5.2**).

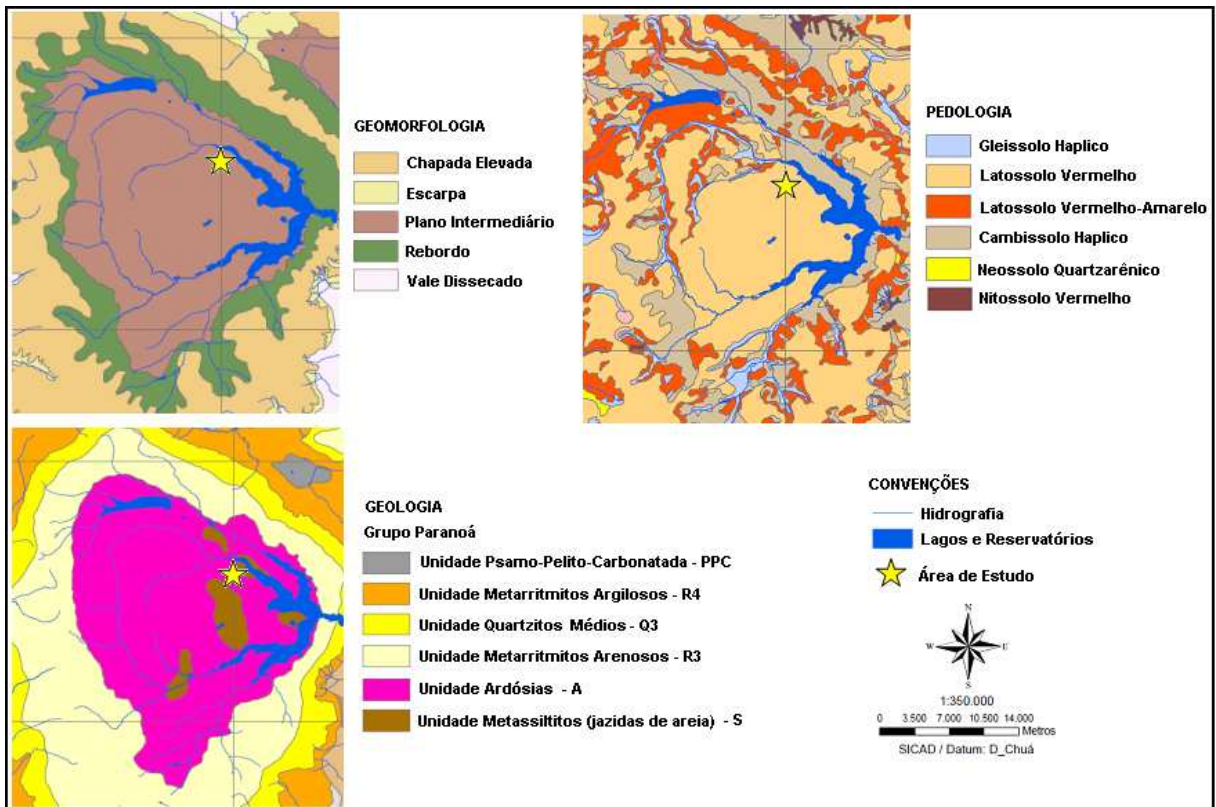


Figura 5.1 – Principais características do meio físico de Brasília/DF, com destaque para a área de estudo (modificado de Fiori *et al.*, 2011).

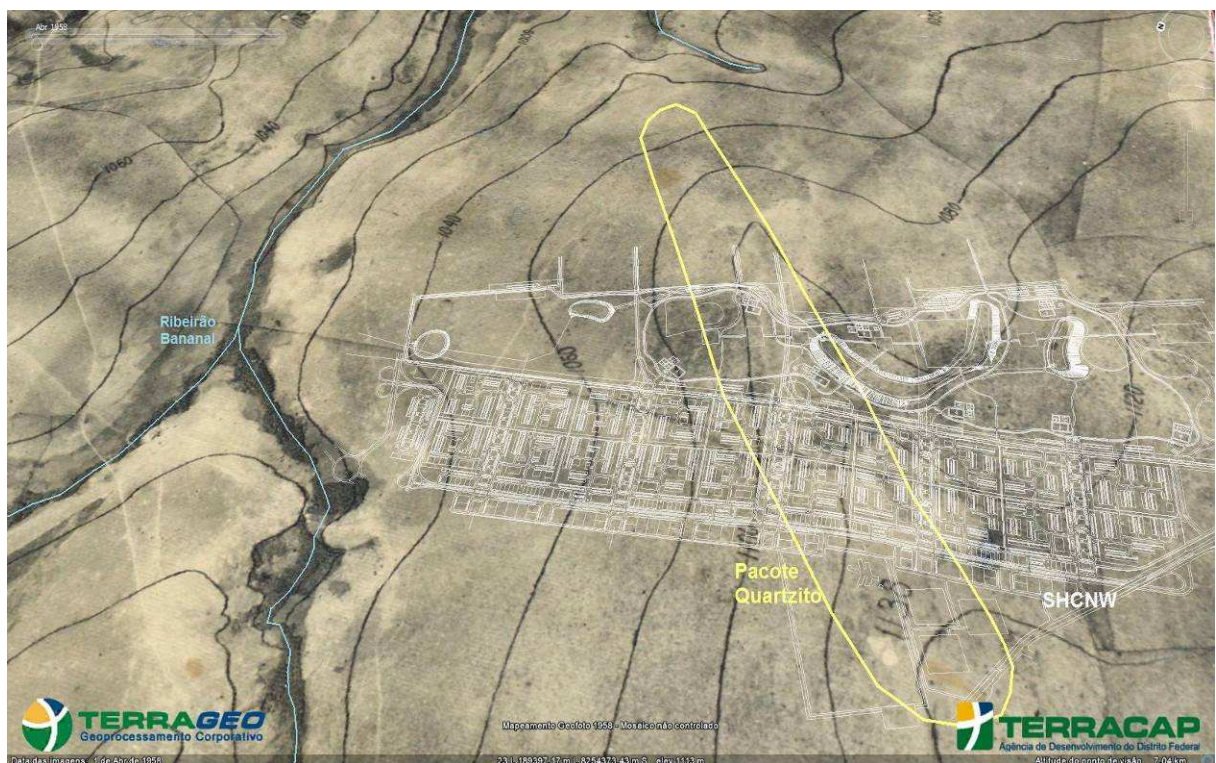


Figura 5.2 – Mosaico aerofotogramétrico de 1958 onde é possível ver o Ribeirão Bananal, antes da formação do Lago Paranoá. Foram sobrepostos o projeto urbanístico do SHCNW (em branco) e o pacote de quartzito (em amarelo) delimitado de forma aproximada em razão da elevação na topografia, da presença de blocos e de neossolos quartzarênico associados.

6. CARACTERIZAÇÃO DO BEM MINERAL

Areia quartzosa é todo material arenoso, rico em sílica (SiO_2), com menos do que 15 % de argila e granulometria entre 2,0 e 0,062 mm, oriunda da desagregação de diversos tipos de rocha, cujo domínio sedimentar tem maior possibilidade de ocorrência de depósitos arenosos.

A lavra normalmente é feita por desmonte hidráulico, escarificação ou dragagem. O beneficiamento da areia é simples, composto basicamente pela lavagem e separação granulométrica do minério.

No Distrito Federal as principais fontes de areias quartzosas são os pacotes de quartzitos existentes na Unidade **Q₃** e metarritmitos arenosos da Unidade **R₄** do Grupo Paranoá, além de depósitos aluvionares. A principal aplicação se dá na construção civil: concreto, massa para reboco e asfalto, ou seja, em alicerces, acabamento de obras de alvenaria e pavimentação (Oliveira, 2000).

A produção de areia quartzosa do Distrito Federal não atende a toda a demanda, a qual é totalmente absorvida pelo mercado interno, sendo necessária à importação do produto. As fontes externas estão localizadas em cidades no entorno, no estado de Goiás. Os dados numéricos de produção/importação disponíveis não representam a realidade devido à alta atividade clandestina (Machado *et. al.*, 2007).

Em relação às implicações ambientais, houve um aumento da fiscalização na mineração por dragagem nos chamados “portos de areia”, devido à degradação causada por esta atividade (assoreamento, erosão, poluição de corpos hídricos), uma vez que a ocorrência dessa substância mineral está inserida em Área de Preservação Permanente – APP de cursos d’água, segundo o Código Florestal.

A recuperação de áreas degradadas pela extração de areias quartzosas deve ser feita de acordo com o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD apresentado na fase de licenciamento ambiental como exigência à autorização por parte do poder público.

Nesse contexto as cavas para extração de areia sobre pacotes de quartzitos friáveis distribuídos pelo Distrito Federal tornaram-se uma opção mais viável à obtenção de areia ao longo dos anos, a exemplo da *Jazida do Canil*, localizada no Plano Piloto de Brasília, a três quilômetros de distância do centro da cidade.

Na área de estudo são observados depósitos coluvionares de areia branca em pequenas depressões, imediatamente acima do pacote de quartzito ou próximo dos seus limites (inferidos pela presença de neossolos ou por escavações de obras de infraestrutura). A esses depósitos estão associados blocos decimétricos de quartzito branco (quando friável) a cinza (quando fresco) e neossolos de cor bege a alaranjada na transição com os latossolos (**figuras 6.1 e 6.2**).

Em razão da irregularidade do topo rochoso observada nos perfis das escavações no SHCNW acredita-se que durante os trabalhos de lavra no local é difícil retirar os bolsões de areia sobre a parte friável da rocha sem promover a mistura desse material com os neossolos subjacentes (**figura 6.3**).

Desta forma, o presente trabalho irá considerar como minério a tríade neossolos quartzarênicos + areia + blocos de quartzito, os quais compõem o material arenoso explorado na *Jazida do Canil* e adjacências.

Em amostra de mão a rocha é friável e desagrega-se facilmente em areia branca a qual eventualmente possui uma tonalidade rosada devido à existência de filmes de óxido de ferro nas estruturas planares da rocha, tais como o acamamento sedimentar e fraturas (**figuras 6.4 e 6.5**).

A caracterização petrográfica das amostras de rocha coletadas na área de estudo evidenciou uma rocha de composição essencialmente quartzosa, comparável a um arenito bem selecionado de granulação média a fina, constituído por grãos bem arredondados de quartzo que perfazem mais que 95% da rocha, homogeneamente distribuídos em lâmina delgada (Machado *et. al.*, 2011).

Os espaços entre os grãos detríticos são ocupados por cimento silicoso e, raramente, por cristais de minerais opacos (**figura 6.6**).

Análises por difração de raios-X confirmam o quartzo como constituinte maior mesmo na fração argila, na qual a caulinita ocorre como mineral traço (**figura 6.7**).



Figura 6.1 – Depressão sobre a área de ocorrência do pacote de quartzito onde se acumula areia associada aos neossolos. No detalhe a presença de fragmentos da rocha matriz (UTM SICAD 23L 187.760 E / 8.255.468 N)



Figura 6.2 – Blocos de quartzito friável com estratificações cruzadas expostos na via DF- 061 (EPAA) no limite leste da área de estudo. No detalhe um bloco de quartzito não alterado. (UTM SICAD 23L 187.175 E / 8.255.175 N)

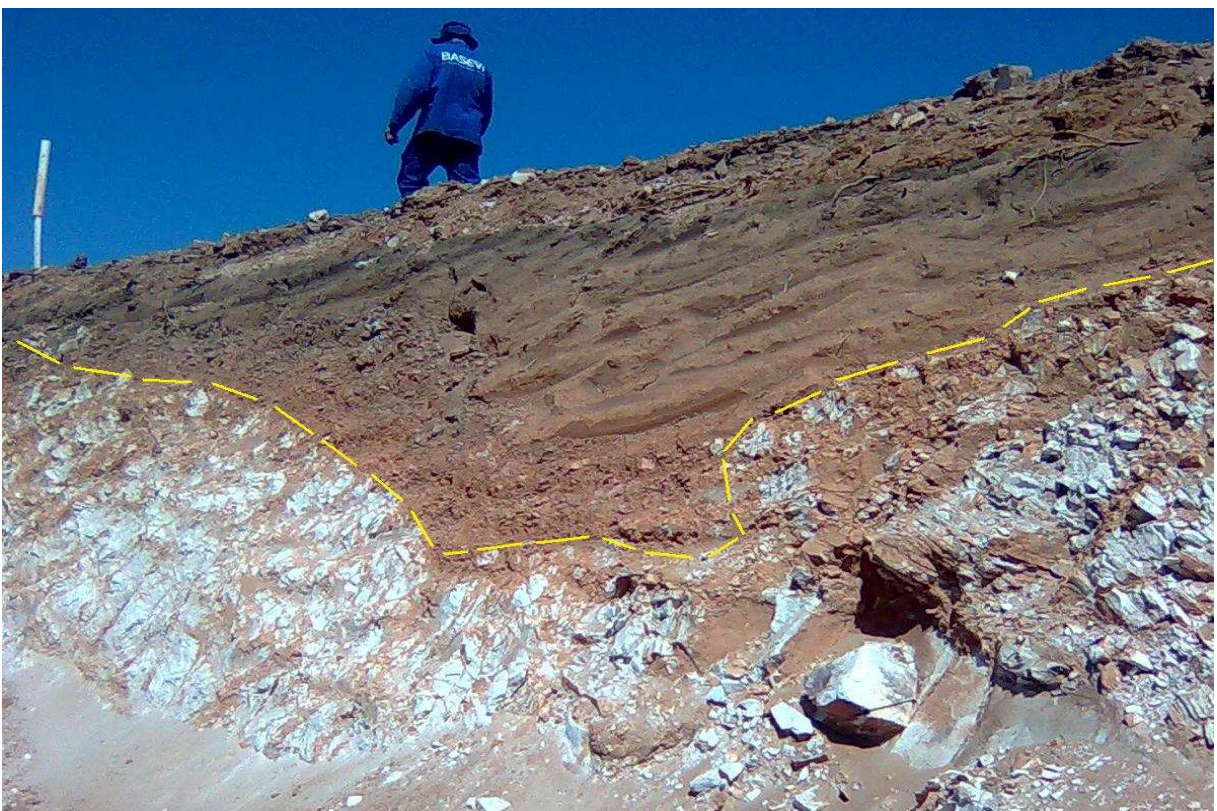


Figura 6.3 – Trincheira da rede de drenagem mostrando a irregularidade do topo rochoso (tracejado amarelo) e a variação de espessura dos depósitos residuais subjacentes (UTM SICAD 23L 188.989 E / 8.256.485 N)



Figura 6.4 – Escavação predial mostrando camadas de quartzito (atitude média: N85°E/ 35° NW) cujos planos de acamamento e fratura apresentam filmes de óxido de ferro de cor vermelha. (UTM SICAD 23L 188.212 E / 8.256.231 N)

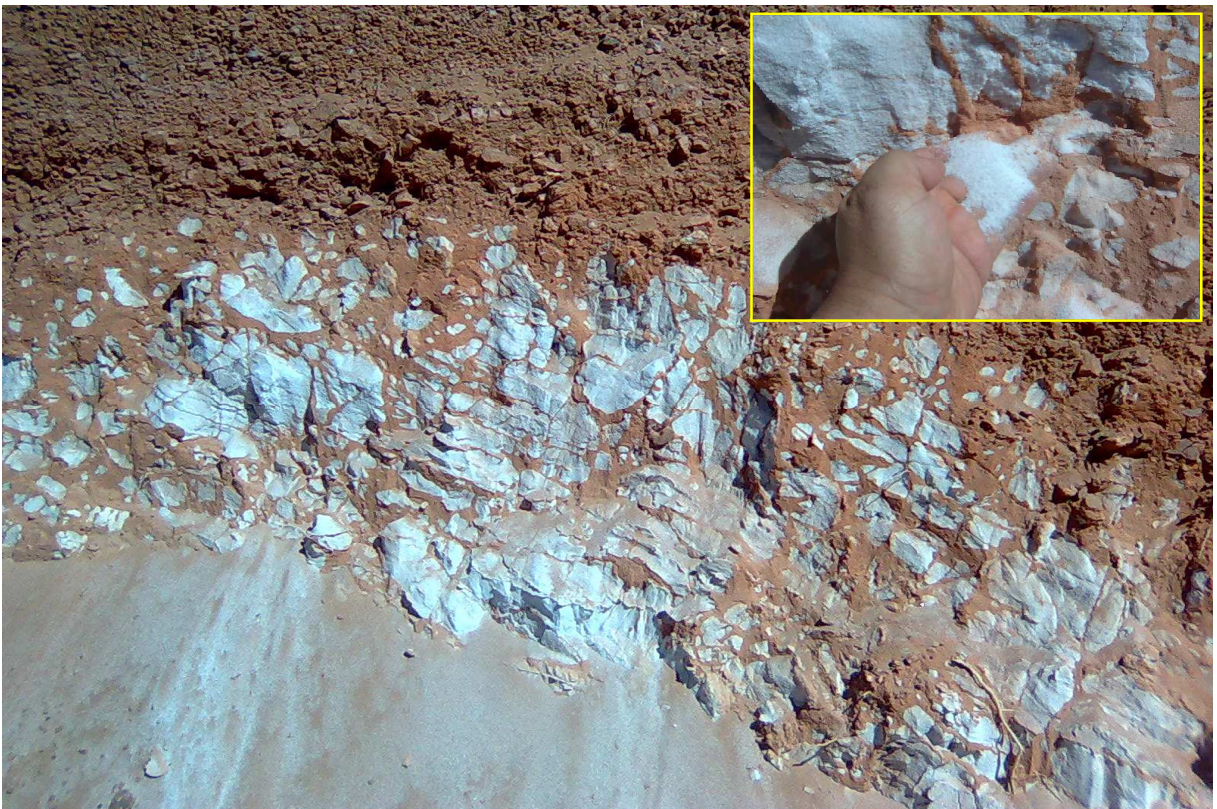


Figura 6.5 – Bolsões de areia branca oriundos de fragmentos de quartzito friável, entremeados por neossolos. No detalhe a desagregação do material ao ser manipulado. (UTM SICAD 23L 188.976 E / 8.256.519 N)

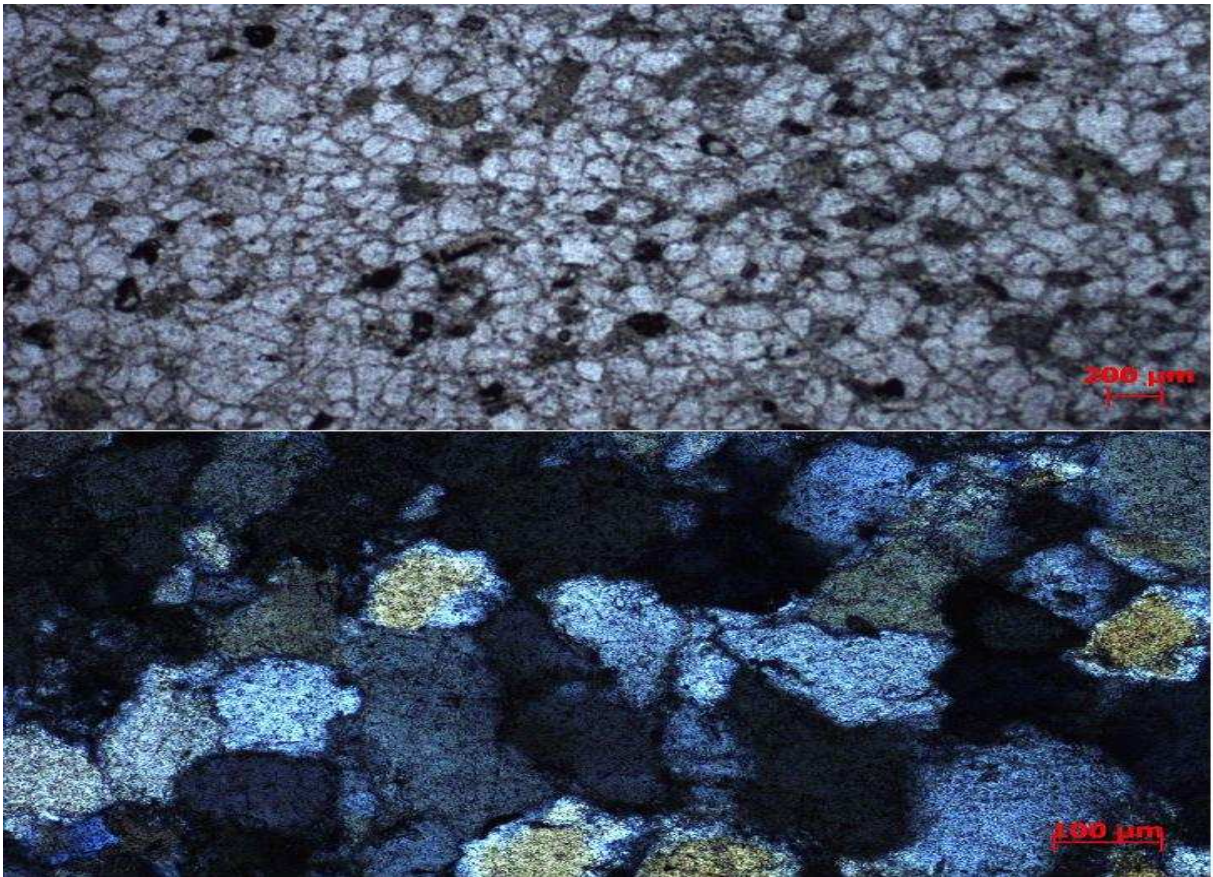


Figura 6.6 – Fotomicrografia da lâmina delgada de amostra de quartzito da figura 5.3 onde é visível a predominância de grãos de quartzo (nicóis paralelos e cruzados, respectivamente). (modificado de Machado *et. al.*, 2011)

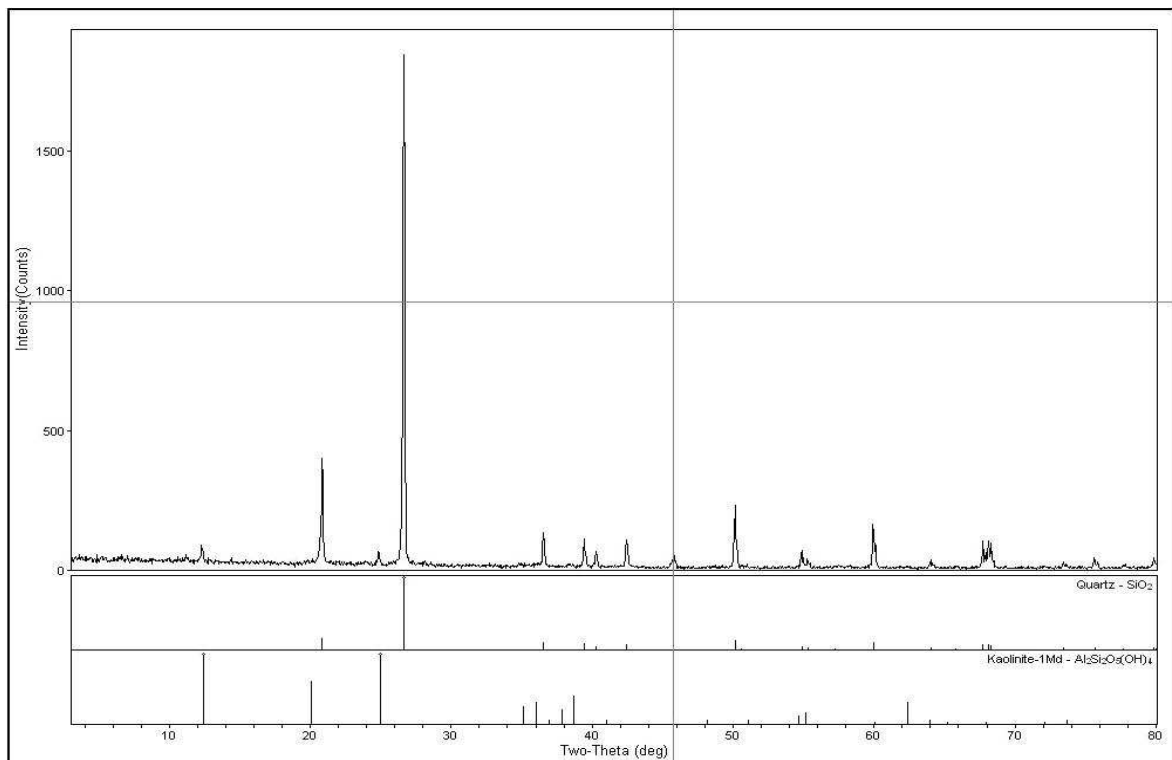


Figura 6.7 – Difratoograma de raios-x de amostra de quartzito da figura 5.3 onde se observam os picos característicos do quartzo (o mineral predominante) e da caulinita. (modificado de Machado *et. al.*, 2011)

7. HISTÓRICO E CONFLITOS RELACIONADOS À MINERAÇÃO

A história da mineração na área de estudo se mistura à história da própria construção de Brasília, cuja estimativa de custo (não oficial) girou em torno de US\$ 1,5 bilhão, em quatro anos de obras, desde a sanção da Lei n.º 2.874/1956 (mudança da Capital Federal) até sua inauguração em 21/04/1960 (Altman, 2010).

Esta quantia extremamente elevada deveu-se, em parte, à ausência de estradas de ferro e de rodovias para transportar o material de construção até Brasília. A solução inicial foi transportar todo material por via aérea até que se fizessem os acessos por terra.

Neste contexto, fazia-se necessário identificar jazidas de matérias-primas para uso na construção civil o mais próximo possível dos canteiros de obras, como forma de diminuir custos, visando à continuidade das obras após a inauguração. Ao longo dos anos foram exploradas diversas substâncias minerais com essa finalidade ao redor do Plano Piloto de Brasília, inclusive na área de estudo (**figura 7.1**).

A análise das fotografias aéreas da área de estudo, obtidas entre os anos de 1958 e 1997, comprova a evolução da ocupação humana no Plano Piloto de Brasília e, em especial, registra a atividade de exploração mineral na *Jazida do Canil*.

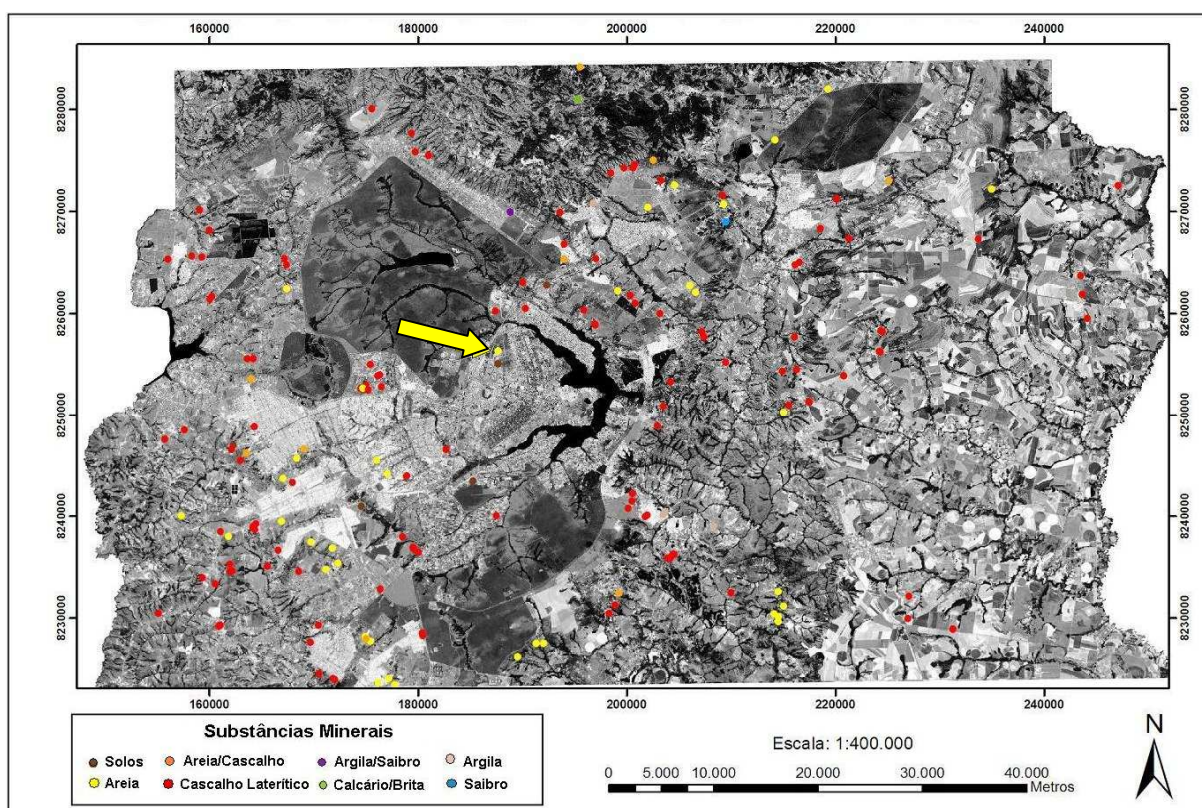


Figura 7.1 – Mapa de localização de depósitos minerais de uso na construção civil no Distrito Federal (modificado de Machado et. al. 2007). Notar o depósito de areia na área de estudo (seta amarela).

Até 1958 a área em estudo apresentava-se em estado natural, sem nenhuma interferência antrópica (**figura 5.2**) e assim permaneceu por alguns anos até a abertura de vias de acesso e início da urbanização da Asa Norte do Plano Piloto de Brasília, que se deu a partir de 1960.

Na fotografia de 1965 já é possível identificar intervenções humanas na superfície da área de estudo, tais como o traçado das últimas quadras residenciais da Asa Norte, a poligonal desmatada para a instalação do Camping Clube de Brasília, manchas de solo exposto indicando movimentação de terra e várias estradas cruzando o local onde seria instalada a *Jazida do Canil* (**figura 7.2**).

Nas fotografias de 1975, 1980 e 1986 fica clara a atividade de extração de areia sobre o pacote de quartzito na área de estudo, onde é possível visualizar a evolução do formato e o aprofundamento de três cavas. No entanto fica a dúvida sobre a autoria da lavra, ou seja, se foi feita por algum órgão do Governo do Distrito Federal ou por empreendedores particulares, ou ainda se a mesma se desenvolveu de forma legal ou clandestina (**figuras 7.3 a 7.5**).

As construções visíveis nas fotos a seguir correspondem a lotes institucionais do Setor de Áreas Isoladas Norte – SAIN, edificadas a partir de 1975, mas não totalmente ocupados.

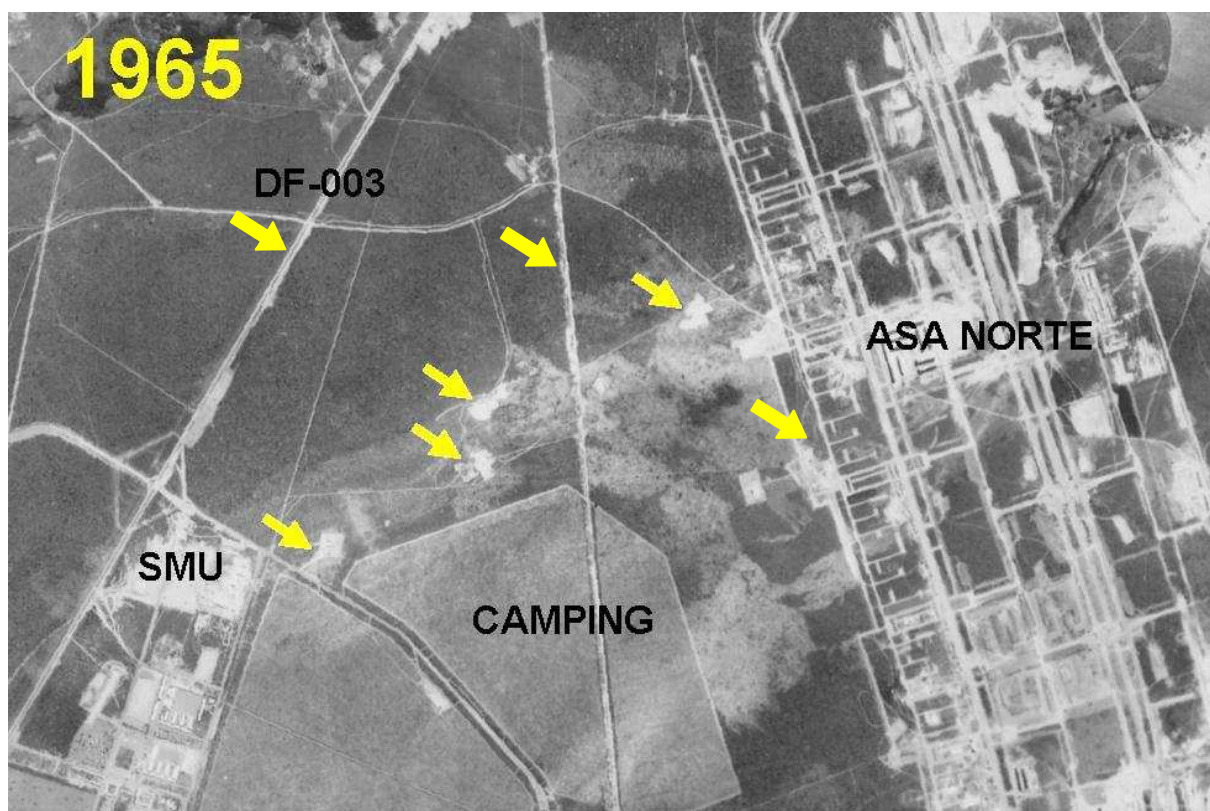


Figura 7.2 – Aerofotografia de 1965 (escala: 1: 60.000) com a localização da área de estudo. Notar áreas de movimentação de terra, ocupações humanas e obras (setas amarelas).
Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).



Figura 7.3 – Aerofotografia de 1975 (escala: 1: 40.000) mostrando cavas de areia (círculos amarelos) numeradas em função do tamanho para posterior identificação.
Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).

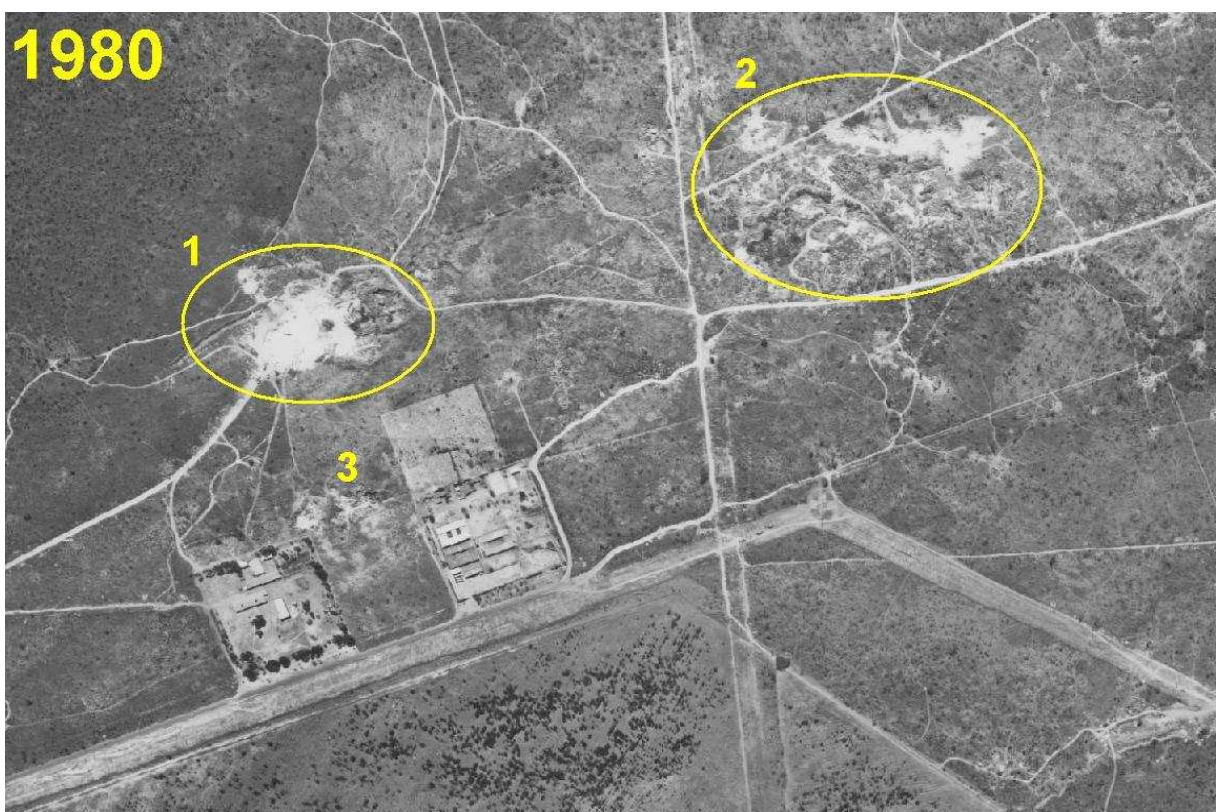


Figura 7.4 – Aerofotografia de 1980 (escala: 1: 30.000) mostrando o avanço da cava 1, atividade parcial na cava 2 (círculos amarelos) e a paralisação da cava 3 e início da recuperação vegetal.
Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).

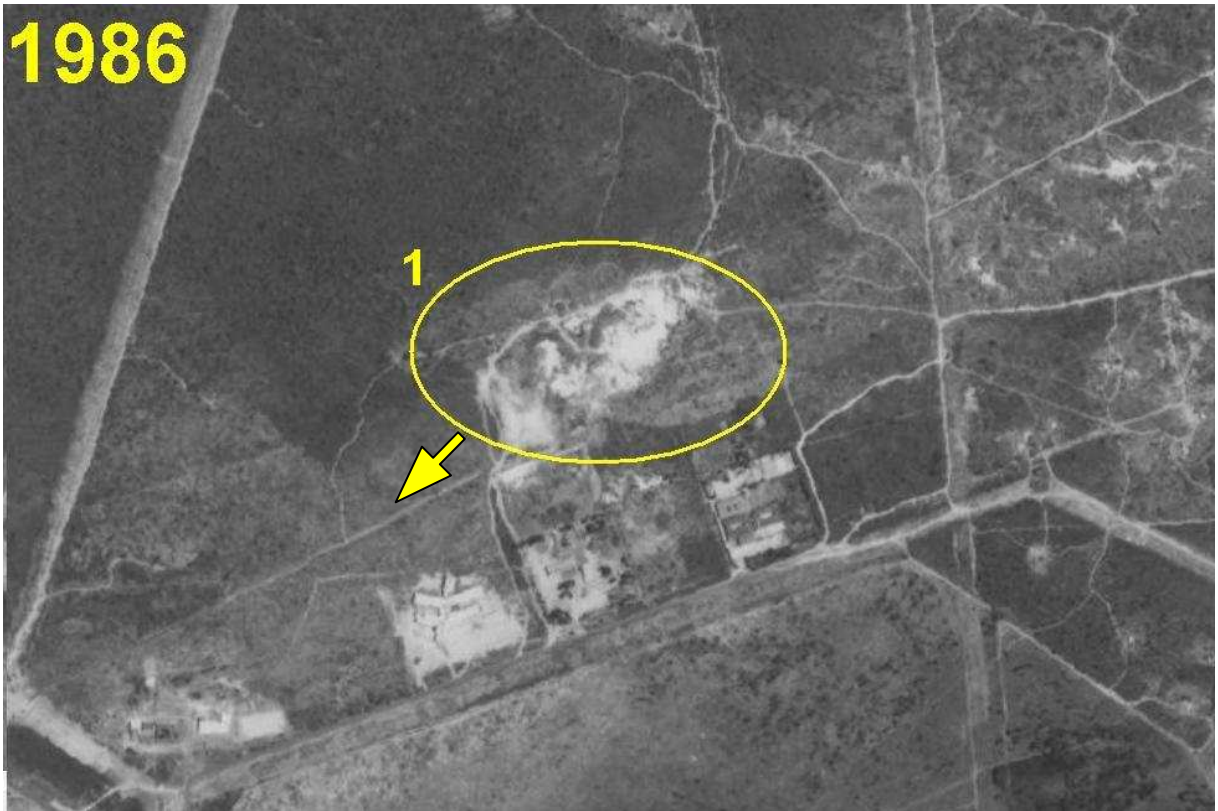


Figura 7.5 – Aerofotografia de 1986 (escala: 1: 40.000) mostrando a atividade mineral limitada à cava 1 (círculo amarelo), a qual se aprofunda e avança para sudoeste (seta amarela), na direção do Hospital de Apoio e da Gerência de Controle de Zoonoses, onde fica o Canil.
Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).

De acordo com consultas aos arquivos da Terracap, os registros oficiais da atividade mineral na área de estudo iniciaram-se 16/05/1990, com a abertura do processo administrativo n.º 111.002.614/1990, a partir da constatação da Seção de Fiscalização desta empresa acerca da realização de extração de areia no Setor de Recreação Pública Norte – SRPN (posteriormente adequado ao projeto do SHCNW), sem a devida recuperação ambiental (**figura 6.6**).



Figura 7.6 – Montagem fotográfica mostrando as atividades de mineração na área de estudo em 1990. UTM SICAD 23L 187.685 E / 8.255.874 N (Fonte: PA n.º 111.002.614/1990).

Segundo despachos que integram este mesmo processo a Terracap solicitou, à época, a atuação do órgão ambiental distrital (IEMA) no sentido de exigir dos responsáveis a imediata recuperação da área lavrada por esta interferir no **“...desenvolvimento do projeto de parcelamento do Bairro Noroeste...”**.

Também chama a atenção o parecer feito pela Gerência de Licenciamento e Fiscalização Ambiental do IEMA, que pela primeira vez menciona a área como **“Areal Canil”**, a seguir transcrito:

“A área já foi embargada, mas continua sendo objeto de interesse dos órgãos da administração do GDF que necessitam de areia e de particulares conhecidos como ‘gatos’ que agem à margem da lei, burlando todo o sistema de fiscalização.”

Segundo constam nos autos, a NOVACAP realizou algumas extrações de areia no local e coube a esta empresa o ônus de recuperar a área. Entre 1991 e 1992 a NOVACAP interrompeu as atividades na área e instalou bloqueios físicos para coibir a extração clandestina de areia na *Jazida do Canil* (**figura 7.7**).

Entretanto, a NOVACAP propôs ao IEMA um cronograma que conciliava a continuidade da lavra de areia, entre julho de 1992 e junho de 1993, com a posterior terraplanagem que prepararia o local para o plantio e recomposição vegetal.

Existem registros da abertura de um processo de licenciamento n.º 112.005.622/1992 e emissão da Licença de Operação – LO n.º 072, em 10/07/1992, cujas condicionantes exigiam a execução do PRAD apresentado pela NOVACAP.

Em 18/08/1994 foi aprovada a renovação da Licença de Operação da *Jazida do Canil* e em 22/03/1995 foi emitida a Autorização de Registro de Licença n.º 407/95 pelo 6º Distrito do DNPM.

A referida LO foi novamente renovada em 1995 e, segundo constam nos autos a atividade de mineração continuou normalmente entre 1996 e 2000 (período em que, segundo registros fotográficos, a jazida foi mais explorada), quando então a Terracap solicitou informações ao órgão ambiental sobre o andamento do licenciamento da *Jazida do Canil* em face do interesse desta empresa na implantação do SHCNW, cujo processo de licenciamento ambiental n.º 191.000.070/97 foi aberto naquele órgão em 1997 (**figura 7.8**).

Em 22/11/2000 foi elaborado o Parecer Técnico n.º 42/2000 pela Gerência de Licenciamento de Obras e Exploração Mineral da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – GELE/DILF/SUMAM/SEMARH o qual enumera diversas pendências a serem cumpridas pela NOVACAP para a emissão do parecer conclusivo visando a renovação da Licença de Operação – LO, dentre elas a anuência da Terracap, a execução do PRAD, a apresentação de cronograma atualizado e a demarcação e cercamento da área lavrada, de acordo com a poligonal apresentada no PRAD.



Figura 7.7 – Aerofotografia de 1992 (escala: 1: 9.000) mostrando a delimitação da lavra de areia na Jazida do Canil (poligonal em amarelo).

Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).

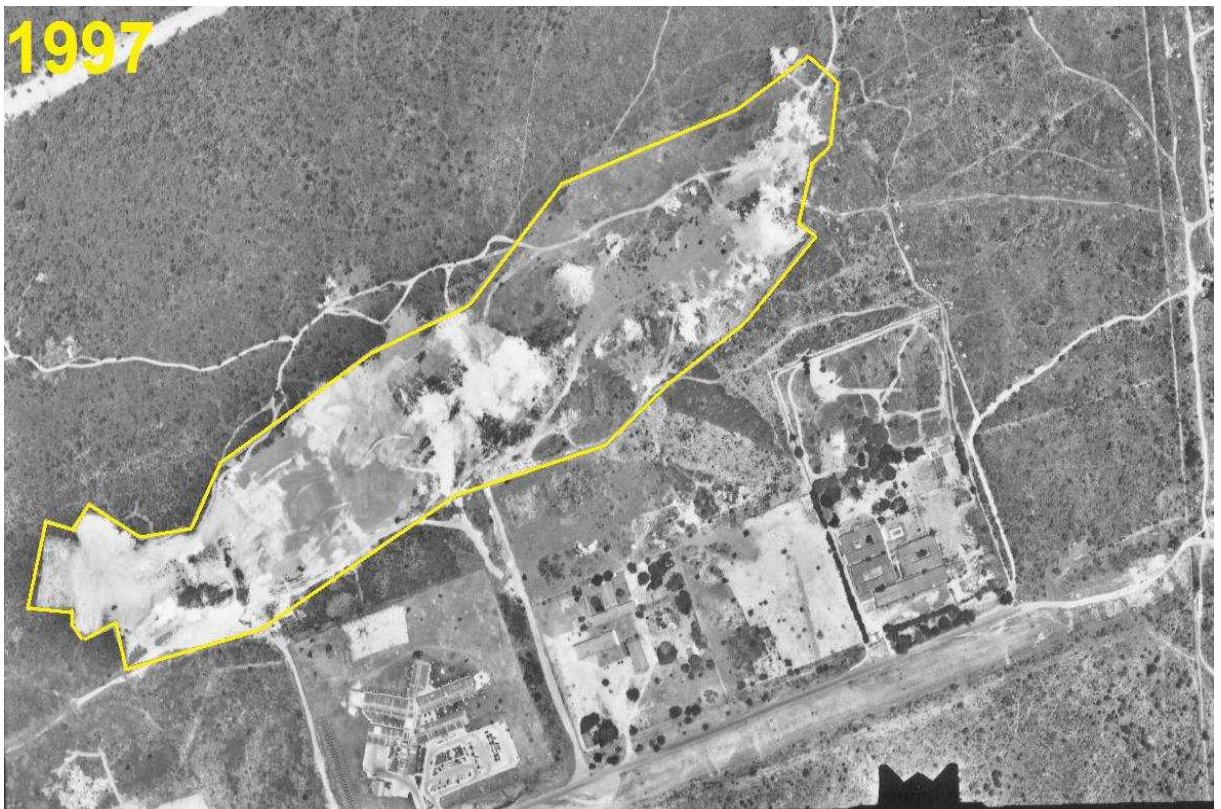


Figura 7.8 – Aerofotografia de 1997 (escala: 1: 8.000) mostrando a delimitação da lavra de areia na Jazida do Canil em expansão (poligonal em amarelo).

Fonte: <http://www.sedhab.df.gov.br/downloads/suplan/index.htm> (com modificações).

No processo n.º 111.001.159/1998 (juntado ao PA n.º 111.002.614/1990) consta cópia da renovação da Licença de Instalação – LI n.º 588/1998 para a *Jazida do Canil* em favor da NOVACAP, de 09/07/1998, e respectiva autorização da Presidência da Terracap para a atividade de lavra supracitada, de 18/08/1998.

Segundo consta nos autos, em 25/03/1999 a NOVACAP solicitou a renovação desta autorização, tendo em vista a “...**grande demanda por areia, a ser empregada na usina de asfalto e jardinagem...**”, a qual foi negada pela Terracap, tendo em vista a interferência com o processo de urbanização do Setor Noroeste – SHCNW.

Após nova solicitação da NOVACAP a Terracap autorizou em 22/03/2001 a retomada da exploração da *Jazida do Canil*, por um ano, desde que devidamente licenciada pelo IEMA e registrada no DNPM, além da exigência de recuperar a área seis meses antes da implantação do SHCNW. Uma nova autorização emitida em 16/01/2002 renova a atividade de lavra por um período de quatro anos.

Em 22/09/2006 a Terracap autorizou a renovação da referida autorização por mais quatro anos com a ressalva de que a lavra de areia interferia com o Setor Noroeste e que quando solicitada a NOVACAP deveria interromper os trabalhos e recuperar a área. Entre 2004 e 2007 as atividades na *Jazida do Canil* se limitavam às cavas localizadas nos fundos do Hospital do Câncer infantil e da Gerência de Controle de Zoonoses – Canil (**figura 7.9**).

Em 24/03/2008 a Terracap solicitou à NOVACAP que suspendesse as atividades de mineração na *Jazida do Canil* e recuperasse as áreas degradadas, dada a exigência feita pelas condicionantes da Licença Prévia – LP n.º 020/2006 – IBAMA, de 22/03/2007, para a implantação do Setor Noroeste, transcrita a seguir:

Item 2.10 – “Cessar a exploração de minerais na área do empreendimento e promover a recuperação dos terrenos degradados, disciplinando o uso do solo nos aterros para terraplanagem e nas áreas de empréstimo e bota-fora.”

As licenças ambientais seguintes mantiveram esse entendimento (LI n.º 08/2008 – IBAMA revisada pela LI n.º 033/2010 – IBRAM).



Figura 7.9 – Montagem fotográfica de 2006 mostrando a Jazida do Canil em plena atividade antes da interdição da lavra por exigência da LP n.º 020/2006 – IBAMA.
Foto A (UTM SICAD 23L 187.470 E / 8.255.782 N) e foto B (UTM SICAD 187.486 E / 8.255 844 N)

Durante o ano de 2008 a Terracap autorizou a NOVACAP e outras três empresas de terraplanagem a depositarem solos oriundos de escavações prediais nas cavas existentes na *Jazida do Canil* e outras cavas exploradas clandestinamente nas suas cercanias, como forma de acelerar os trabalhos de recomposição topográfica da área (**figura 7.10**).

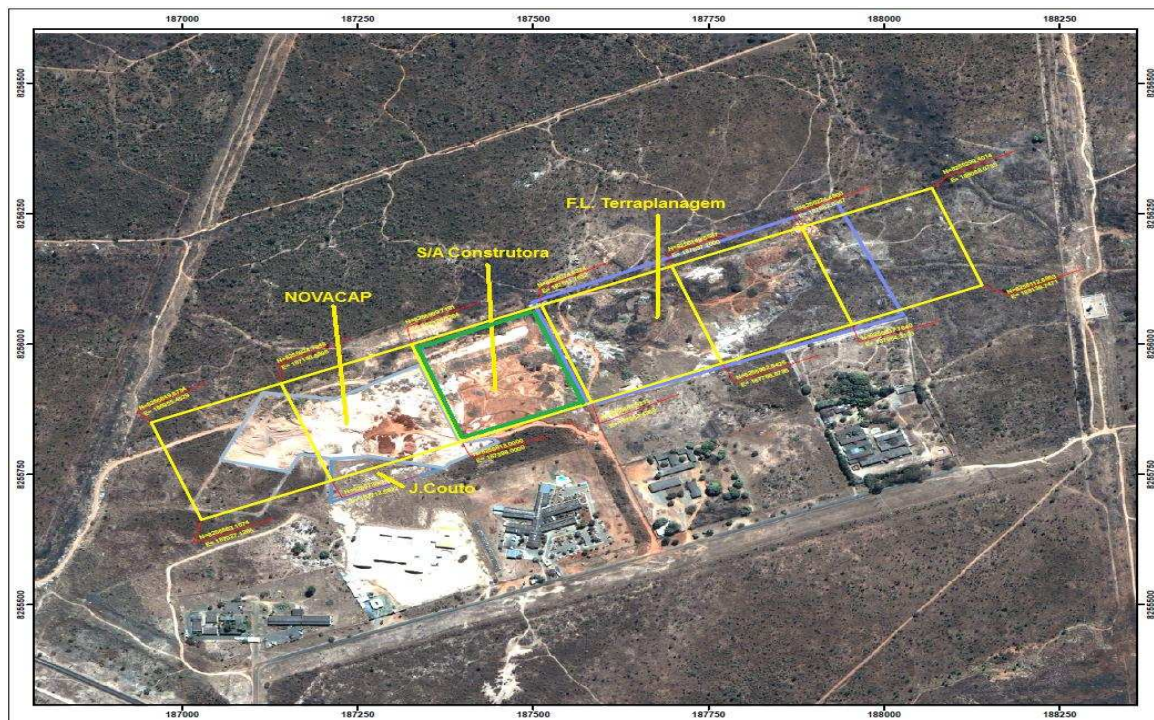


Figura 7.10 – Delimitação de áreas destinadas às empresas que participaram dos trabalhos de terraplanagem das cavas existentes na *Jazida do Canil*, sobre imagem Quickbird de 2007.

Em 29/12/2009 a Terracap anulou as autorizações supracitadas e solicitou às empresas que suspendessem a deposição de material de aterro no local em face do início das obras do Setor Noroeste. A área referente à antiga cava da *Jazida do Canil* foi aterrada e parte da vegetação recomposta (**figuras 7.11 a 7.14**).

Em setembro de 2010 os geólogos da Terracap identificaram um requerimento de pesquisa mineral solicitado por terceiros ao DNPM sob o n.º 861.409/2010 para as substâncias “AREIA e ARGILITO”, em uma área de 581, 79 hectares que interfere com o SHCNW e áreas lindeiras representadas pelo Parque de Uso Múltiplo Burle Marx e Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE Cruls, de interesse ambiental.

A Terracap se manifestou junto ao DNPM em 12/11/2010, de forma contrária ao desenvolvimento de pesquisa e lavra na área em questão por entender que esse requerimento compromete o licenciamento ambiental do SHCNW (**figura 7.15**).

Em 2011 o DNPM informou que a situação seria apreciada por sua procuradoria jurídica no processo n.º 48400-001475/2010-01 e caso o requerimento de pesquisa evoluísse para concessão de lavra, aquela autarquia faria consulta ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN antes de deferir ou não o pedido, uma vez que a área em conflito está inserida na poligonal de tombamento do conjunto urbanístico de Brasília, declarada “patrimônio cultural da humanidade” pela UNESCO, em 1987 (Decreto n.º 10.829/1987 e Portaria IPHAN n.º 314/1992).



Figura 7.11 – Cava principal da Jazida do Canil em 2007 (sentido de visada NW – SE) no início dos trabalhos de terraplanagem e recomposição topográfica. (UTM SICAD 23 L 187.398 E / 8.255.855N)

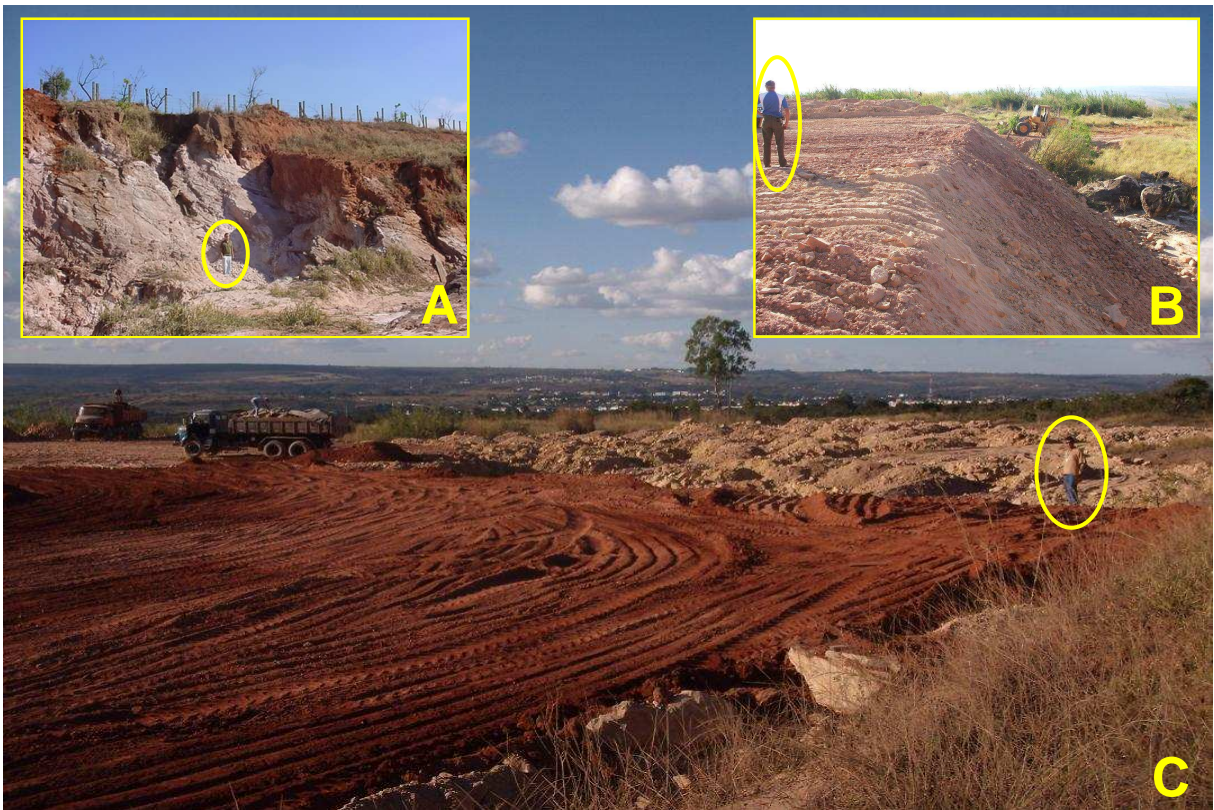


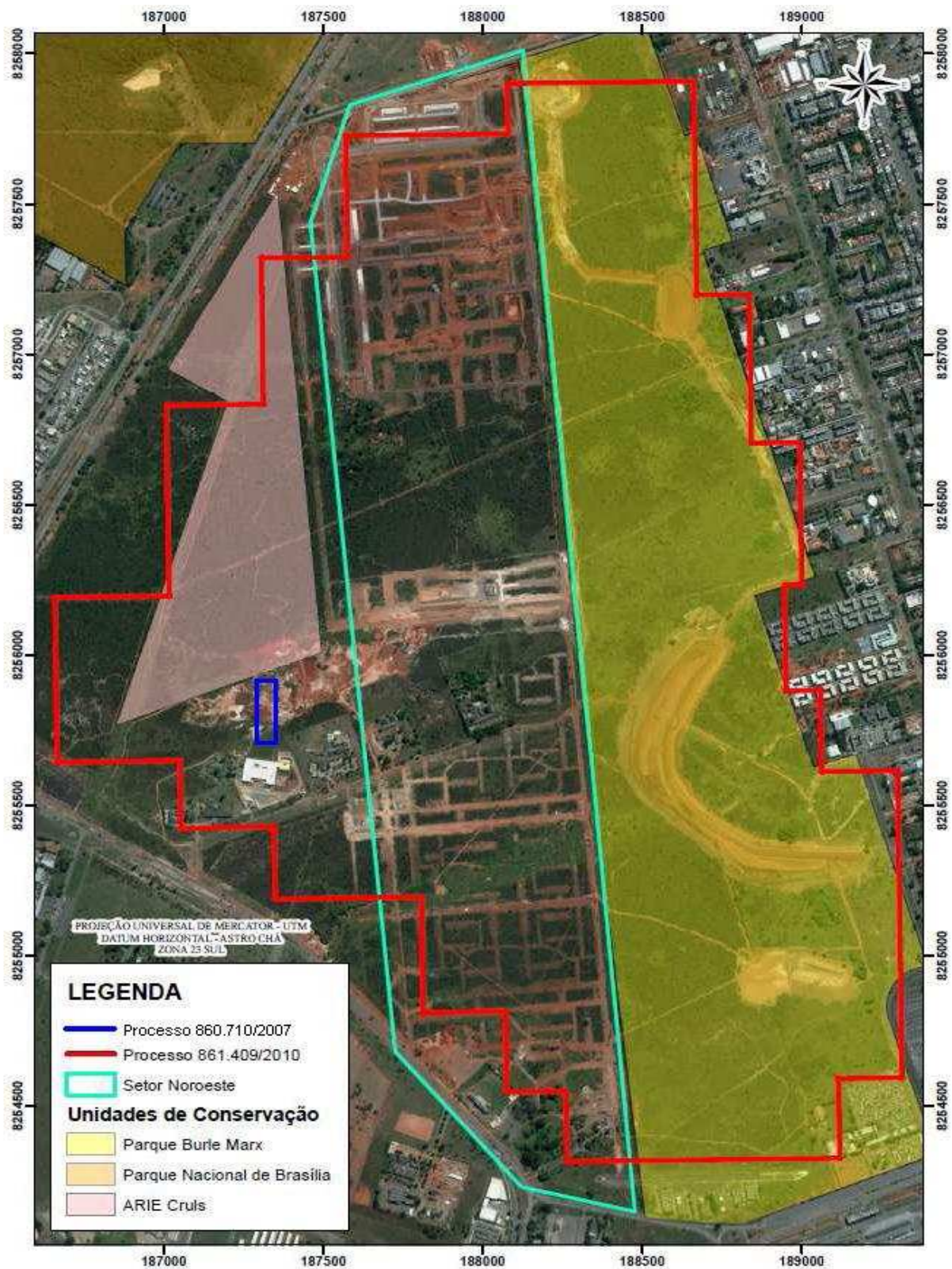
Figura 7.12 – Avanço dos trabalhos de terraplanagem na Jazida do Canil em 2008. As fotos em detalhe mostram a situação da cava antes (A), durante (B) e depois (C) da terraplanagem. Notar as pessoas como escala (UTM SICAD 23L 187.800 E / 8.255.939 N).



Figura 6.13 – Sobrevôo da Jazida do Canil em 21/05/2010 mostrando parte da área já terraplanada e revegetada por espécies arbustivo-herbáceas exóticas.



Figura 7.14 – Cava principal da Jazida do Canil em 2011 (sentido de visada SE - NW) após a conclusão dos trabalhos de terraplanagem para recomposição topográfica da cava. (UTM SICAD 23L 187.349 E / 8.255.738 N)



* Imagem do Satélite World View 2 (07.06.2010)

Figura 7.15 – Mapa dos conflitos de mineração na área de estudo: interferência entre requerimentos minerais, a área do parcelamento de solo (SHCNW) e as unidades de conservação (modificado de Machado *et al.*, 2011).

Em maio de 2011 foi autuado o PA n.º 111.000.742/2011 visando verificar a possibilidade de bloqueio administrativo/judicial de todas as autorizações de pesquisa mineral ou concessões de lavra junto ao DNPM em imóveis da Terracap feitas de forma irregular ou sem a anuência desta empresa, a exemplo do conflito na área de estudo

Por fim, em fevereiro de 2012 a NOVACAP solicitou à Terracap que avaliasse a possibilidade de renovar a autorização para extração de areia na *Jazida do Canil*, interrompida em 2007. Até a finalização do presente trabalho não havia um posicionamento oficial da Terracap sobre o referido pleito, ou manifestação do órgão ambiental licenciador – IBRAM e do DNPM sobre as interferências acima relatadas, ou ainda sobre a continuidade ou não do processo DNPM n.º 861.409/2010.

Desta forma, os registros mostram o interesse de entes governamentais e particulares sobre a jazida de areia na área de estudo há pelo menos 40 anos, sob forma de extrações esporádicas de areia no local, o que comprova a ausência de um planejamento de lavra e de ações sistemáticas para recuperação das cavas abertas.

Existem indícios da ocorrência de outro pacote de quartzito na área de estudo, a sul do pacote principal, estendendo-se desde o Parque Burle Marx até o Memorial JK, na zona central de Brasília. Estes locais coincidem com um alto topográfico onde é possível encontrar vários blocos de quartzito com características semelhantes aos já descritos no Capítulo 6.

Segundo informações não oficiais o referido pacote foi explorado entre os anos 1970 e 1980 em um areal nas proximidades do Memorial JK, cuja existência é comprovada pela imagem aerofotogramétrica de 1986 (**figura 7.16**). No entanto, sua extensão, formato e estruturação interna carecem de comprovação física.

Como resultado da pesquisa bibliográfica e da análise multitemporal das fotografias aéreas e imagens de satélite disponíveis na Gerência de Meio Ambiente da Terracap foi gerado um croqui mostrando a delimitação das áreas mineradas ao longo do tempo na *Jazida do Canil*. A imagem de fundo foi obtida pelo satélite Quickbird em 2007, ou seja, é posterior à interrupção da atividade mineral na área de estudo e anterior ao início das obras do SHCNW (**figura 7.17**).

Considerando que não existem registros oficiais do volume de minério extraído nessas áreas (total aproximado de 25 hectares) em nenhum órgão do GDF e que as mesmas foram alvo de deposição de material de aterro, o presente estudo as definiu como áreas “*mineradas e/ou exauridas*”, as quais serão desconsideradas para efeito de cálculo de área passível de exploração mineral na área de estudo.

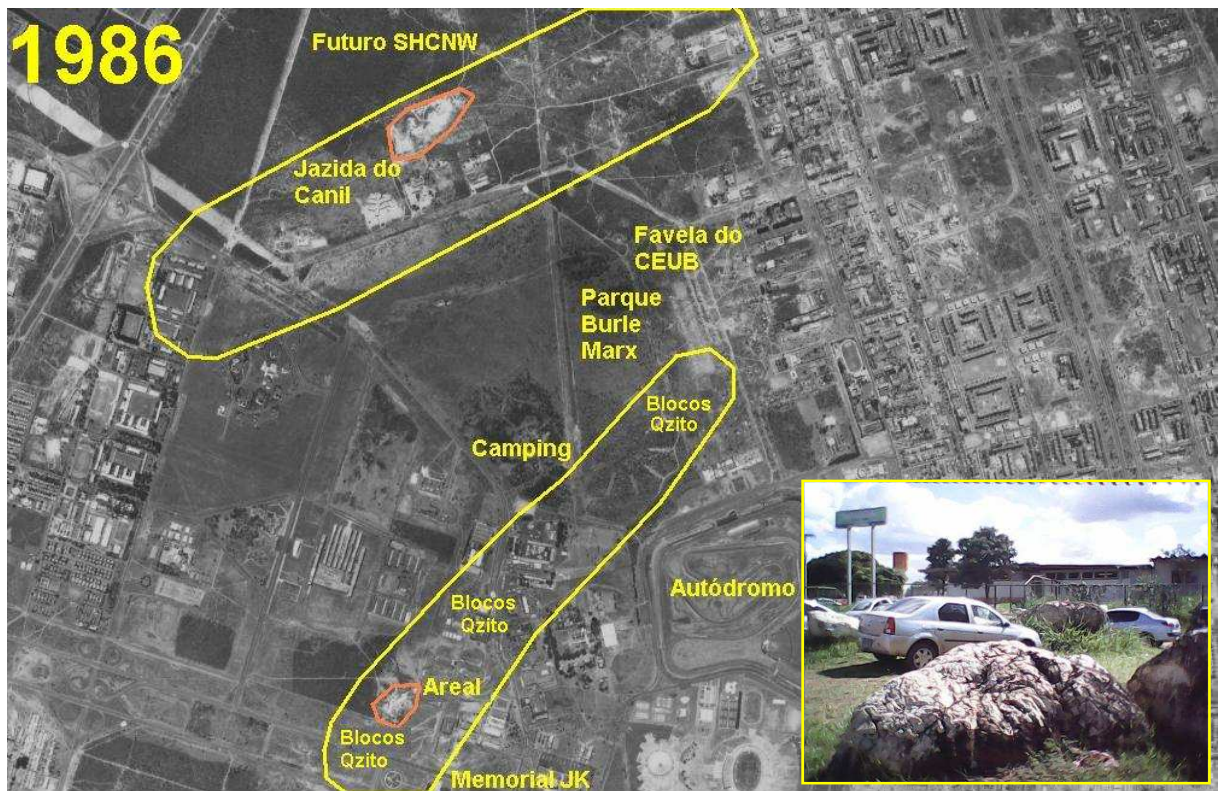


Figura 7.16 – Croqui sobre imagem aerofotogramétrica de 1986 mostrando a posição aproximada de dois pacotes de quartzito na zona central de Brasília (polígonos amarelos). No detalhe blocos de quartzito e neossolos quartzarênicos em frente à Escola de Governo do DF, próximo ao Memorial JK, são indícios da existência do segundo pacote de quartzito.

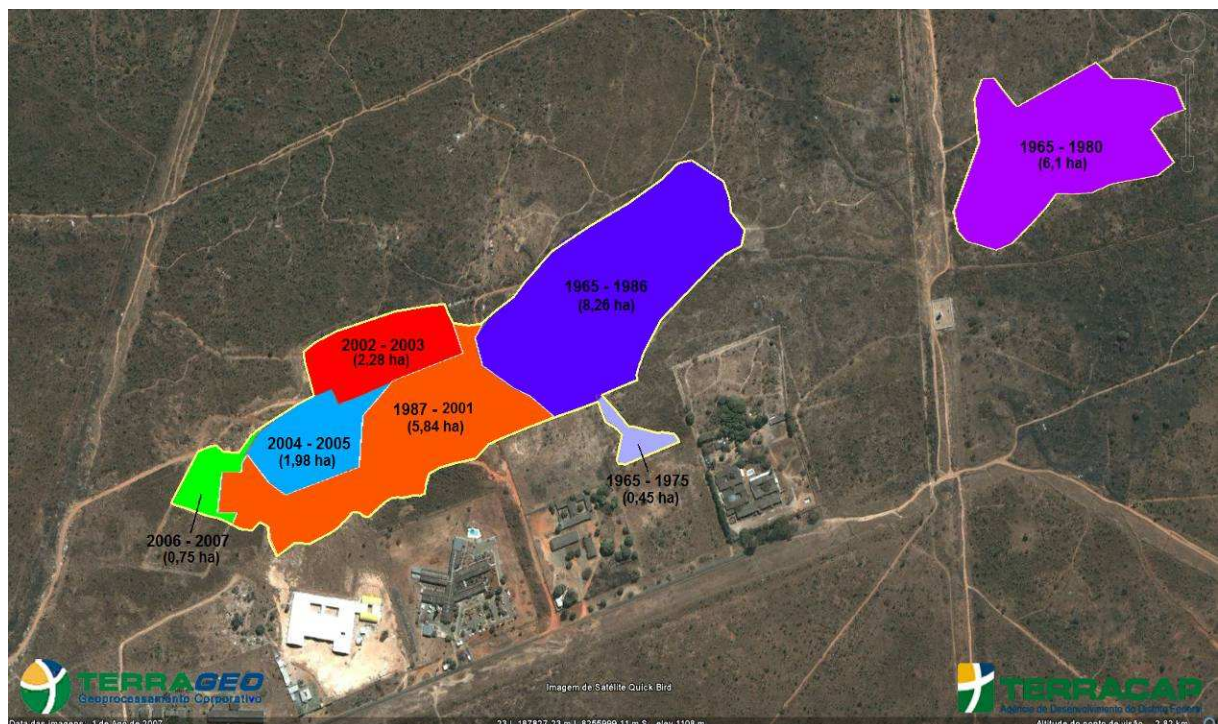


Figura 7.17 – Croqui de delimitação das áreas mineradas na Jazida do Canil e respectivos intervalos de tempo.

8. INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS NA JAZIDA DO CANIL

A principal interferência antrópica sobre o depósito de areia existente na área de estudo diz respeito à implantação do Setor de Habitações Coletivas Noroeste – SHCNW. Trata-se um projeto de parcelamento de solo urbano com 252 hectares cuja projeção populacional gira em torno de 40 mil pessoas, distribuídas em 20 quadras e 24 entrequadras, compostas por lotes de uso público ou comunitário (escolas, postos de saúde, delegacia, etc), uso residencial (prédios de apartamentos), uso misto (prédios residenciais e comerciais) e uso múltiplo (prédios comerciais e institucionais).

O SHCNW foi concebido para ser um “bairro verde ou ecológico”, em razão da aplicação dos conceitos de sustentabilidade ambiental (redução na emissão de gases do *Efeito Estufa*, eficiência energética, redução de consumo de matérias-primas, reciclagem, etc) e exigências ambientais mais rígidas para elaboração dos projetos, na comercialização, na implantação e na operação das edificações.

Tais exigências visam à certificação pelo critério de sustentabilidade com reconhecimento internacional denominado *Leadership in Energy and Environmental Design* – LEED para bairros em sua versão piloto, elaborado pelo *United States Green Building Council* – USGBC.

Em relação à infraestrutura, o SHCNW conta atualmente com rede de drenagem pluvial, pavimentação asfáltica e calçamento parcialmente implantados (a cargo da NOVACAP). Ainda não iniciaram as obras da rede elétrica subterrânea (a cargo da Companhia Energética de Brasília – CEB) e das redes de água e esgoto (a cargo da Companhia de Saneamento Ambiental do DF – CAESB). Encontra-se em fase de estudo o projeto da rede subterrânea de coleta de resíduos sólidos a vácuo.

As principais interferências de infraestrutura existentes na área de estudo dizem respeito às adutoras da CAESB, às redes de alta tensão da CEB, às edificações existentes nos três lotes institucionais ocupados do Setor de Áreas Isoladas Norte – SAIN, à pavimentação asfáltica e calçamento, à rede de drenagem pluvial do futuro setor, com tubos de diâmetro (\varnothing) 500 mm a \varnothing 1000 mm e galerias de \varnothing 2000 mm, além de escavações prediais referentes à futura quadra SQNW 107 localizada sobre o pacote de quartzito da *Jazida do Canil*.

A interferência antrópica mais antiga na área de estudo é representada por duas adutoras da CAESB (de \varnothing 1000 mm e de \varnothing 700 mm, respectivamente) pertencentes ao Sistema Santa Maria/Torto, que capta água bruta das barragens mencionadas, no Parque Nacional de Brasília e atravessa a DF-003 (EPIA) e todo o SHCNW em sentido longitudinal até o reservatório R-1 da CAESB, próximo ao Autódromo, onde também é feito o tratamento da água que abastece todo o Plano Piloto de Brasília desde 1960 (**figura 8.1**).

Existem cinco lotes do SAIN registrados em cartório (Plantas de Parcelamento – PR-6/7 e PR-87/1), pertencentes a terceiros e que interferem com o SHCNW (próximos à *Jazida do Canil*). Destes, apenas três estão ocupados por diversas edificações referentes à Gerência de Controle de Zoonoses, Hospital do Câncer Infantil e Hospital de Apoio de Brasília (lote 4), ao Sanatório Espírita de Brasília (lote 1), e à Casa de Repouso Nossa Senhora de Fátima (lote 3).

Esses três lotes (e conseqüentemente a *Jazida do Canil*) interferem com as futuras quadras CRNW 705, CRNW 706, CRNW 505, CRNW 506, SQNW 305, SQNW 306, SQNW 105 e SQNW 106, a serem registradas na 2ª etapa do SHCNW.

Em frente a esses lotes existe um conjunto com três linhas de alta tensão da CEB, as quais também percorrem a área de estudo paralelamente à DF-061 (EPAA). No lote 4 existe ainda um antigo cemitério de animais de estimação, entre o Canil e o Hospital do Câncer Infantil, cujas covas foram feitas em meio a neossolos e blocos de quartzito. (**figuras 8.2 e 8.3**).

Existem antigas redes de água, esgoto e drenagem pluvial que atendem as edificações do SAIN e também do SMU, as quais interferem com a jazida de areia no seu limite sudeste. Contudo, estas redes não serão consideradas no presente estudo por serem de dimensões reduzidas e porque estão sendo substituídas pelas redes em implantação no SHCNW (**figuras 8.4**). Por este mesmo princípio não será considerada rede de água instalada provisoriamente na futura CLNW 06/07 para atender às construtoras que possuem obras no SHCNW.

A pavimentação asfáltica e calçamentos atualmente existentes sobre o pacote de quartzito correspondem à via de acesso às edificações supracitadas; à parte da futura via W-7; e às vias internas, estacionamentos e calçadas parcialmente concluídas das futuras quadras comerciais CLNW 06/07, CRNW 707 e CRNW 507, as quais também atendem às futuras quadras residenciais SQNW 307 blocos A e B e SQNW 107 blocos B e C, já registradas na 1ª etapa do SHCNW (**figura 8.4 e 8.5**).

As escavações para instalação da rede de drenagem pluvial interceptaram o pacote de quartzito nos seguintes locais: trecho de ligação entre a bacia de detenção 2 e 3 (entre o Parque Burle Marx e a SGAN 913); próximo ao antigo canteiro de obras da construtora Trier (futura entrequadra EQNW 704/705), em frente ao Hospital de Apoio; e na futura via W-7 do SHCNW, em frente ao canteiro da Via Engenharia na SQNW 107, onde ocorreram as escavações para construção dos blocos B e C (**figuras 8.6 a 8.7**).

Em razão do aprofundamento das escavações para passagem da galeria de águas pluviais entre a bacia de detenção 2 e 3 foi necessária o uso de explosivos para escavar o pacote de quartzito, o que movimentou uma grande quantidade de areia no local. Informações não oficiais dão conta de que parte dessa areia foi transportada para fora do SHCNW e vendida, o que chamou a atenção de empreendedores particulares do ramo de areia e culminou no requerimento DNPM n.º 861.409/2010, já mencionado.



Figura 8.1 – O sistema de abastecimento Santa Maria/Torto e a interferência das adutoras na área de estudo. No detalhe, parte de uma das adutoras exposta por processos erosivos próximos à futura quadra SQNW 107 (UTM SICAD 23 L 188.352 E / 8.256.334 N).



Figura 8.2 – Lotes do Setor de Áreas Isoladas Norte – SAIN que interferem na área de estudo. Notar o cemitério de animais de estimação (círculo vermelho), o antigo canteiro de obras da Trier (círculo verde), a via de acesso (linha preta) e rede de alta tensão (linhas azuis). No detalhe a via de acesso e as redes de energia (UTM SICAD 23 L 188.088 E / 8.255.688 N).



**Figura 8.3 – Antigo cemitério de animais ao lado do Hospital do Câncer Infantil.
No detalhe, afloramentos de quartzito em meio aos túmulos.
(UTM SICAD 23 L 188.246 E / 8.255.577 N).**



**Figura 8.4 – Erosão oriunda de lançamento precário de drenagem do SMU na área de estudo.
No detalhe uma tubulação de esgoto rompida, evidenciando antigas redes no local.
(UTM SICAD 23 L 187.605 E / 8.255.008 N).**



Figura 8.5 – Trabalhos de pavimentação das vias coletoras da futura quadra SQNW 107 (2010) e ligação com a futura via W-7 do SHCNW. Notar a presença de neossolos e blocos de quartzito. (UTM SICAD 23 L 188.361 E / 8.256.148 N).



Figura 8.6 – Escavação predial sobre a parte central do pacote de quartzito para edificação dos blocos B e C da futura quadra SQNW 107, em 2011 (detalhe na figura 5.4). Notar os trabalhos pavimentação e calçamento vistos na figura 8.4 parcialmente concluídos.



Figura 8.7 – Escavação em bancadas para galeria de águas pluviais de \varnothing 2000 mm, entre as bacias de detenção 2 e 3 do Parque Burle Marx. A obra escavou até 12 metros no pacote de quartzito, sendo necessária a utilização de explosivos (UTM SICAD 23L 188.047E / 8.256.339 N).



Figura 8.8 – Escavação em trincheira para rede tubular de águas pluviais de \varnothing 500 mm, próximo à via W-7. Escavação mais rasa (cerca de 4 m de profundidade) sobre o leito de quartzito. (UTM SICAD 23 L 188.339 E / 8.256.061 N).

Segundo informações obtidas junto às empreiteiras responsáveis pelas obras, as escavações sobre o leito de quartzito desgastavam muito as lâminas das retro-escavadeiras até o limite onde só era possível avançar a escavação com o uso de explosivos. Esse limite variou entre 06 e 12 metros dependendo da presença ou ausência de bolsões de areia e da irregularidade do topo do pacote rochoso.

Tal informação é compatível com os dados de sondagem do tipo *Standard Penetration Test* - SPT obtidos no lote C da SQNW 107, localizado na parte central do pacote de quartzito. No boletim de sondagem a rocha é descrita como arenito silicificado onde o limite de sondagem (ponto de maior resistência à perfuração ou escarificação) foi de 15 metros de profundidade.

Diante dessas informações o presente estudo considerou um limite médio de 10 metros de profundidade para a ocorrência de bolsões de areia e blocos de rochas friáveis passíveis de exploração mineral por desmonte mecânico (mais utilizado em lavras de areia), para efeito dos cálculos de volume de minério.

Devido à impossibilidade de realização de extração de areia em áreas já edificadas, sob vias, calçadas, redes subterrâneas e redes aéreas e suas respectivas faixas de servidão, que variam em função de características dos tubos, do terreno escavado e do risco de causar danos às redes, o presente estudo considerou tais áreas como “*incompatíveis à lavra*”, as quais serão desconsideradas para efeito de cálculo de área passível de exploração mineral.

O total de “*áreas incompatíveis à lavra*” atualmente existentes sobre o pacote de quartzito na área de estudo corresponde a aproximadamente 45 hectares, assim distribuídas: lotes do SAIN (18,5 ha), asfalto do SAIN (0,79 ha), obras viárias e edificações do SHCNW (12,7 ha), drenagem pluvial do SHCNW (12,7 ha), redes de alta tensão (9,36 ha) e adutoras da CAESB (1,7 ha). Foi gerado um croqui mostrando a delimitação das áreas com interferências de obras de infraestrutura e ocupações na área de estudo (**figura 8.9**).

Considerando que a 1ª etapa do SHCNW foi registrada em cartório e que as projeções A, B e C (em obras), D, E e F da futura quadra SQNW 107 (sob a jazida de areia) foram vendidas, fica transferida aos compradores a responsabilidade na administração, fiscalização, participação dos lucros da mineração ou recuperação da área lavrada. Contudo, dentro do Plano de Gestão Ambiental de Implantação – PGAI existe um projeto de salvaguarda da vegetação de Cerrado nas áreas públicas entre as vias e projeções do novo setor, o que impede a lavra de areia nestes locais.

Desta forma, caso toda a poligonal de projeto do SHCNW que interfere com o pacote de quartzito seja considerada “*incompatível à lavra*”, a área total a ser desconsiderada para fins de cálculo de volume de minério passa a ser 67 hectares.

Apesar de não representar uma interferência antrópica relacionada à mineração, registre-se aqui a disputa judicial entre a Terracap e uma comunidade indígena sobre a posse de uma área que interfere com o projeto urbanístico do SHCNW, na altura das futuras quadras SQNW 308 e SQNW 309, em andamento.

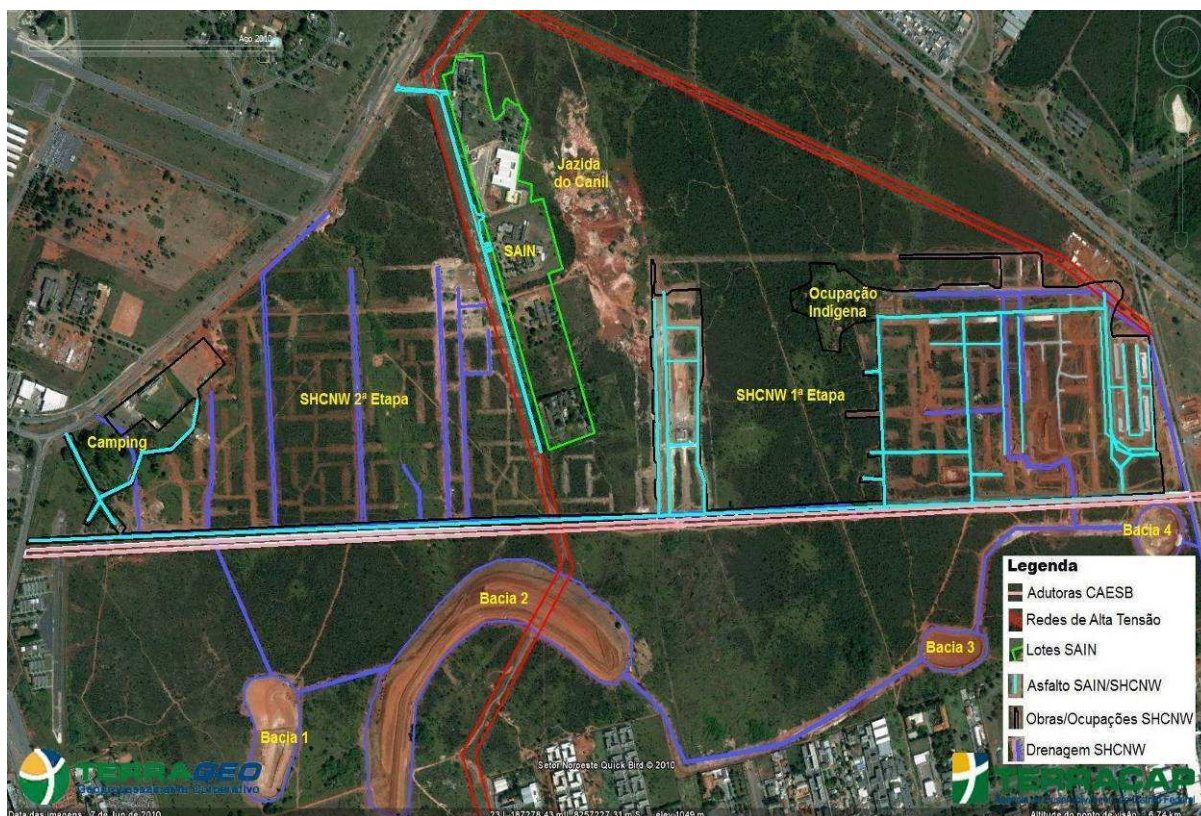


Figura 8.9 – Croqui de delimitação das áreas incompatíveis à lavra de areia na área de estudo, atualizadas até fevereiro de 2012.

9. A UTILIZAÇÃO DO GEORADAR COMO FERRAMENTA AUXILIAR

O depósito de areia sobre o pacote de quartzito friável existente no Setor Noroeste – SHCNW, explorado sem planejamento de lavra durante vários anos na chamada *Jazida do Canil*, tanto por exploradores clandestinos como por órgãos do GDF, foi interdita em 2007 por exigência do licenciamento ambiental do novo setor, conforme detalhado no capítulo 7.

Devido às limitações impostas pelo licenciamento ambiental, aliadas ao fato do depósito não ter sido alvo de pesquisa mineral tradicional (com sondagens a trado/diamantadas, trincheiras, etc.) necessária à sua cubagem; à existência de áreas exauridas; e à existência de interferências antrópicas na área de influência do pacote de quartzito, fez-se necessária a utilização de um método não invasivo, de rápida execução e baixo custo, capazes de identificar os limites do corpo de minério para posterior tentativa de cálculo de volume de areia passível de extração.

A partir dessas premissas o presente estudo optou pelo uso do radar de penetração de solo, ou georadar, ou simplesmente **GPR** (abreviação em inglês de *Ground Penetrating Radar*), um termo bastante difundido e consolidado mundialmente, aplicado a técnicas de prospecção eletromagnética em geofísica de investigação não-invasiva e não-destrutiva que empregam ondas de rádio para mapear feições na subsuperfície, sejam elas naturais ou artificiais.

Existem dezenas de trabalhos científicos que detalham a base teórica do método GPR e suas inúmeras aplicações em engenharia civil, planejamento urbano, arqueologia, investigações criminais e forenses, geotecnia, exploração mineral, geologia, hidrogeologia, meio ambiente e aplicações militares. Os conceitos a seguir descritos foram obtidos nos trabalhos de Borges (2007), Souza (2008) e Silva (2010) nos quais é possível encontrar as principais referências bibliográficas sobre o tema.

O GPR é um método geofísico eletromagnético que gera imagens de alta resolução de estruturas / feições rasas presentes no subsolo, baseado no registro do tempo duplo de viagem das ondas eletromagnéticas emitidas e captadas ao retornar à superfície (em nanosegundos - ns). O equipamento é composto basicamente por um módulo de controle (computador), uma fonte de energia e antenas, sendo uma transmissora e outra receptora, com frequências entre 1 e 2600 megahertz - MHz.

A propagação dos pulsos de radar no solo é controlada por três propriedades físicas: condutividade elétrica, permissividade elétrica e permeabilidade magnética. A profundidade de penetração do sinal é controlada pelo coeficiente de atenuação do material, influenciado principalmente pela condutividade elétrica que, quando elevada, tende a absorver ou atenuar os pulsos da onda de rádio.

Assim, camadas condutivas constituídas de argilas, intrusões de água salgada ou umidade no solo e também plumas de contaminação industrial causam problemas de atenuação do sinal, comprometendo a profundidade de investigação. Estruturas antrópicas (antenas ou redes elétricas) causam interferência no sinal.

Por outro lado, materiais de condutividade muito baixa, tais como rochas ígneas, areias da zona vadosa, ou seja, acima do lençol freático (como no presente estudo), cascalhos e geleiras permitem uma maior penetração dos pulsos de rádio, alcançando até dezenas de metros, em condições favoráveis.

Os pulsos de rádio sofrem reflexões e refrações em discontinuidades que marcam o contato entre dois meios com diferentes propriedades eletromagnéticas presentes no subsolo, formando os chamados “refletores” (representados por linhas contínuas ou curvas hiperbólicas) a exemplo do contato entre solos e rochas, solos e espaços vazios (tubos ou cavernas), ou entre solos e objetos rígidos (**figura 9.1**).

À medida que as antenas são lentamente movimentadas pela superfície, um contínuo corte transversal, ou seja, uma “imagem” das condições do subsolo é gerada. Esta imagem é chamada de radargrama e sua interpretação (e posterior modelagem) deve ser feita levando-se em conta as propriedades físicas envolvidas.

As aplicações do GPR dependem, em última instância, da natureza do alvo a ser investigado, do meio circundante e da profundidade de investigação. Assim, onde a profundidade tende ser mais importante do que a resolução mais detalhada (p.ex., nas aplicações geológicas) usam-se antenas com frequências iguais ou menores do que 500 MHz. Por outro lado, em grande parte das aplicações em engenharia (p.ex., na análise de estruturas de concreto) empregam-se antenas com frequências maiores do que 500 MHz.

A **Tabela 1** mostra a relação entre frequência e profundidade de investigação.

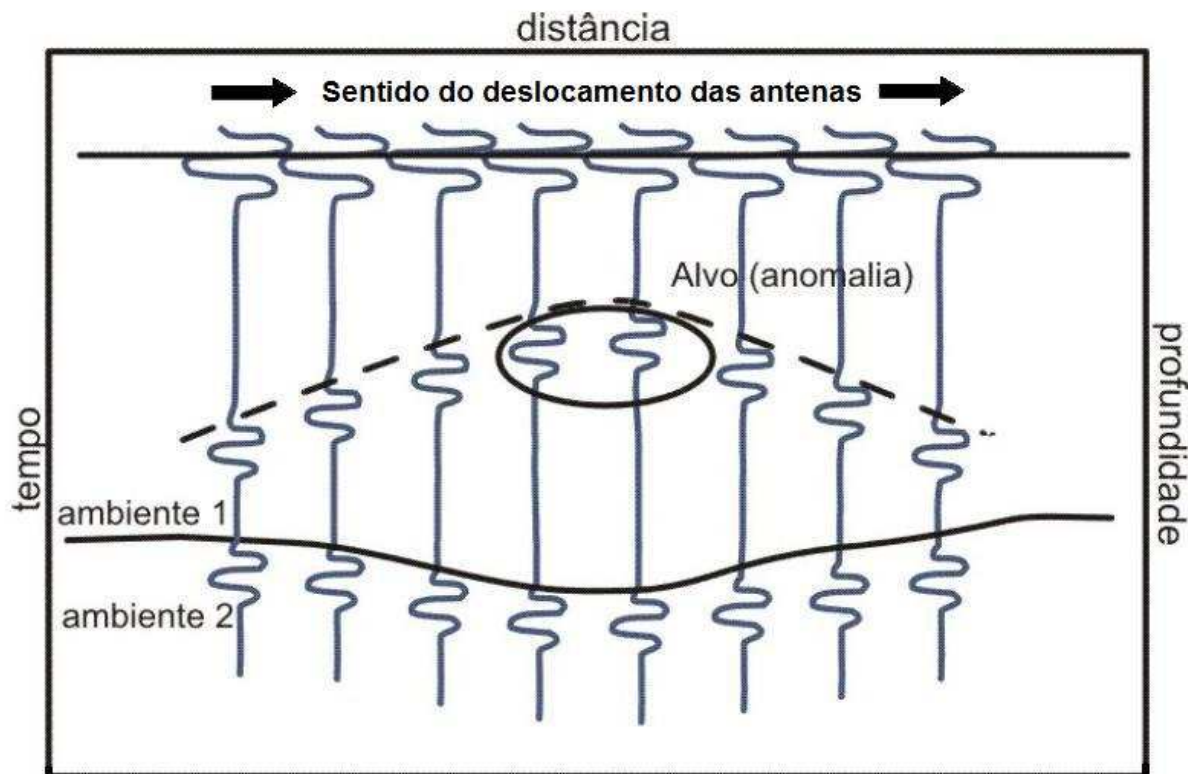


Figura 9.1 – Comportamento dos pulsos de rádio em um levantamento de GPR ao interceptarem descontinuidades (linhas), vazios ou objetos enterrados (hipérbolas) e a plotagem dos sinais em um gráfico de distância *versus* tempo (convertido em profundidade). (modificado de Melo, 2005)

Tabela 1 – Relação inversa entre a frequência da antena e a profundidade de investigação (modificado de Souza, 2008)

Frequência Central da Antena	Profundidade de Penetração *
16 Mhz	0 a 50 m
40 Mhz	0 a 35 m
70 Mhz	0 a 25 m
100 Mhz	0 a 20 m
200 Mhz **	0 a 7 m
270 Mhz	0 a 6 m
400 Mhz	0 a 4 m
900 Mhz	0 a 1 m
1000 Mhz	0 a 1 m
1600 Mhz	0 a 0,5 m
2600 Mhz	0 a 0,3 m

* As profundidades citadas correspondem a valores médios e variam de acordo com o meio.

** Antena usada no estudo. Profundidade maior do que 7 m em razão do meio (rochas/solos arenosos).

Como já mencionado no Capítulo 3 o equipamento utilizado foi um módulo de controle GPR SIR-3000 da GSSI, uma antena blindada com frequência central de 200 Mhz, cabos e roda odométrica. Foram realizados dois perfis de reflexão em modo contínuo, com 1105 m e 1030 m de comprimento respectivamente, visando identificar os limites do pacote de quartzito na área de estudo (figuras 9.2 e 9.3).



Figura 9.2 – Aspecto do equipamento utilizado: antena blindada de 200 Mhz, roda odométrica e cabos. No detalhe a unidade de controle portátil (GPR SIR-3000 GSSI).

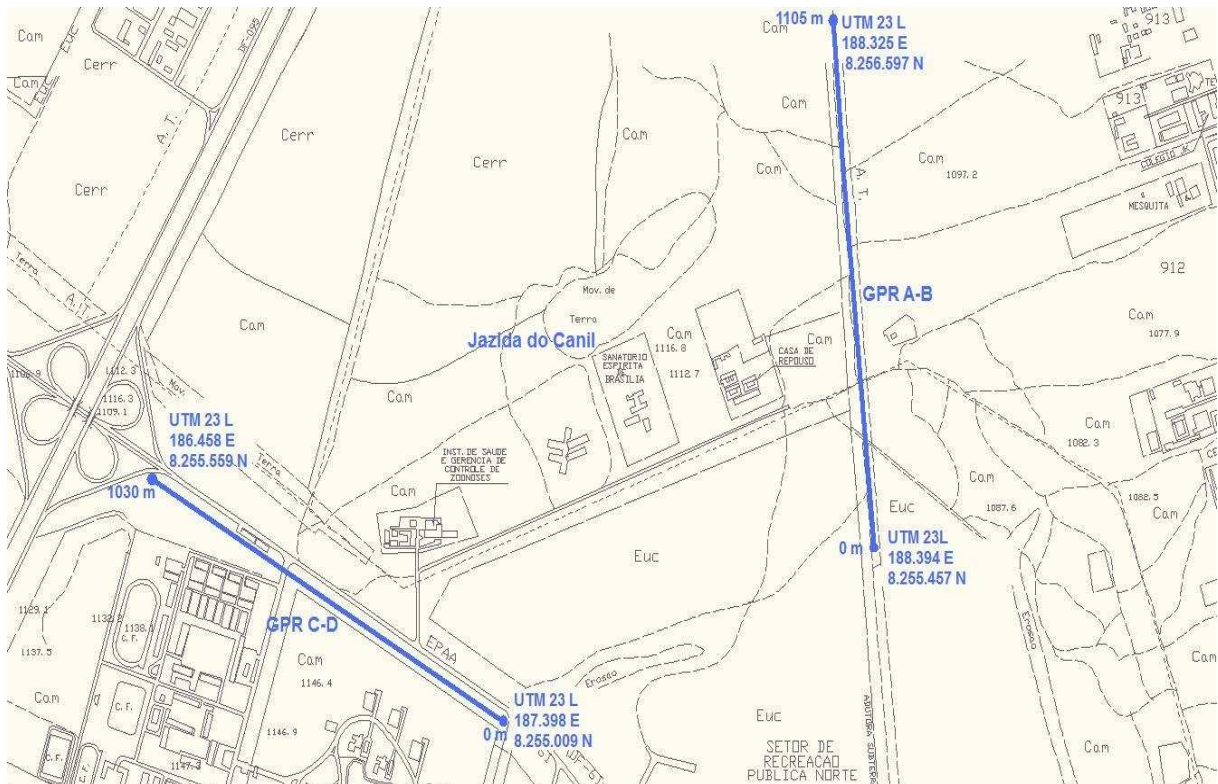


Figura 9.3 – Croqui de posicionamento dos perfis de GPR na área de estudo.

Antes da execução dos perfis de GPR foram realizados testes de campo para calibrar o equipamento e avaliar se as ondas eletromagnéticas iriam ou não alcançar o alvo selecionado, levando-se em consideração o conhecimento geológico local e os dados diretos obtidos nas escavações e boletins de sondagem de SPT.

Dentre os refletores passíveis de ser “imageados” com o GPR na área de estudo estavam os depósitos arenosos (neossolos/areias) e seus contatos com o topo rochoso (quartzito com mergulho geral 35° NW e espessura acima de 20 metros na parte central).

Os pontos escolhidos para os testes coincidiram com locais de ocorrência de neossolos e exposições da rocha-matriz, na parte central do pacote de quartzito. No primeiro teste foi realizado um perfil de 25 metros cujo alvo conhecido era um tubo de concreto de \varnothing 500 mm localizado a 12,5 m de distância do início do perfil e a 1,5 m de profundidade. No segundo teste foi realizado um perfil de 60 metros cujo alvo conhecido era o próprio pacote de quartzito, aflorando com mergulho de 35° NW.

Os testes mostraram resultados muito bons em termos de resolução dos refletores e em relação à identificação dos padrões esperados para os estratos de quartzito em subsuperfície e para os contatos da rocha-matriz com os neossolos e areias. A profundidade de alcance do pulso eletromagnético foi maior do que a esperada, entre 10 e 14 metros (**figuras 9.4 a 9.7**).

Após o ajuste dos parâmetros de aquisição (espaçamento entre os traços de 5 cm, 1024 amostras por traço, janela temporal de 250 ns e velocidade de conversão do tempo para profundidade de 0,1 m/ns) partiu-se então para execução dos perfis.

O primeiro perfil (**GPR A-B**) foi feito ao longo da futura via W-7, no limite entre o SHCNW e o Parque Burle Marx, sentido S-N, tendo como centro a elevação na topografia correspondente à crista do pacote de quartzito, próximo à futura quadra SQNW 107. O segundo perfil (**GPR C-D**) foi feito no gramado lateral da via DF-061 (EPAA) próximo ao SMU, sentido SW-NE, também tendo como centro a elevação na topografia correspondente ao pacote de quartzito, no local onde existem diversos blocos da rocha-matriz expostos (**figuras 9.8 a 9.11**).

O processamento dos dados adquiridos com o GPR foi feito no *software ReflexW, Versão 5.0* e teve como principal objetivo melhorar a visualização da imagem do subsolo gerada.

Na etapa inicial foi realizada uma fase de pré-processamento que corresponde à verificação da qualidade do dado através da relação sinal/ruído nos radargramas, e com isso estabelecer os filtros para aplicação.

A rotina de processamento dos dados consistiu em: conversão de formato dos arquivos, ajuste do tempo zero, filtros 1D (dewow e passa-banda) e 2D (remoção de background), ganhos (linear e exponencial) e conversão de tempo em profundidade.

Depois do processamento, os radargramas gerados foram exportados no formato **.JPEG* e posteriormente interpretados através da inserção de vetores (ou traços) sobre o (s) refletor(es) alvo(s) para representar a estrutura interpretada.



Figura 9.4 – Testes do equipamento em local com alvo conhecido (tubulação de concreto a 1,5 metro de profundidade). No detalhe a tubulação exposta a poucos metros do local do levantamento. (UTM SICAD 23L 187.763 E / 8.255.442 N).

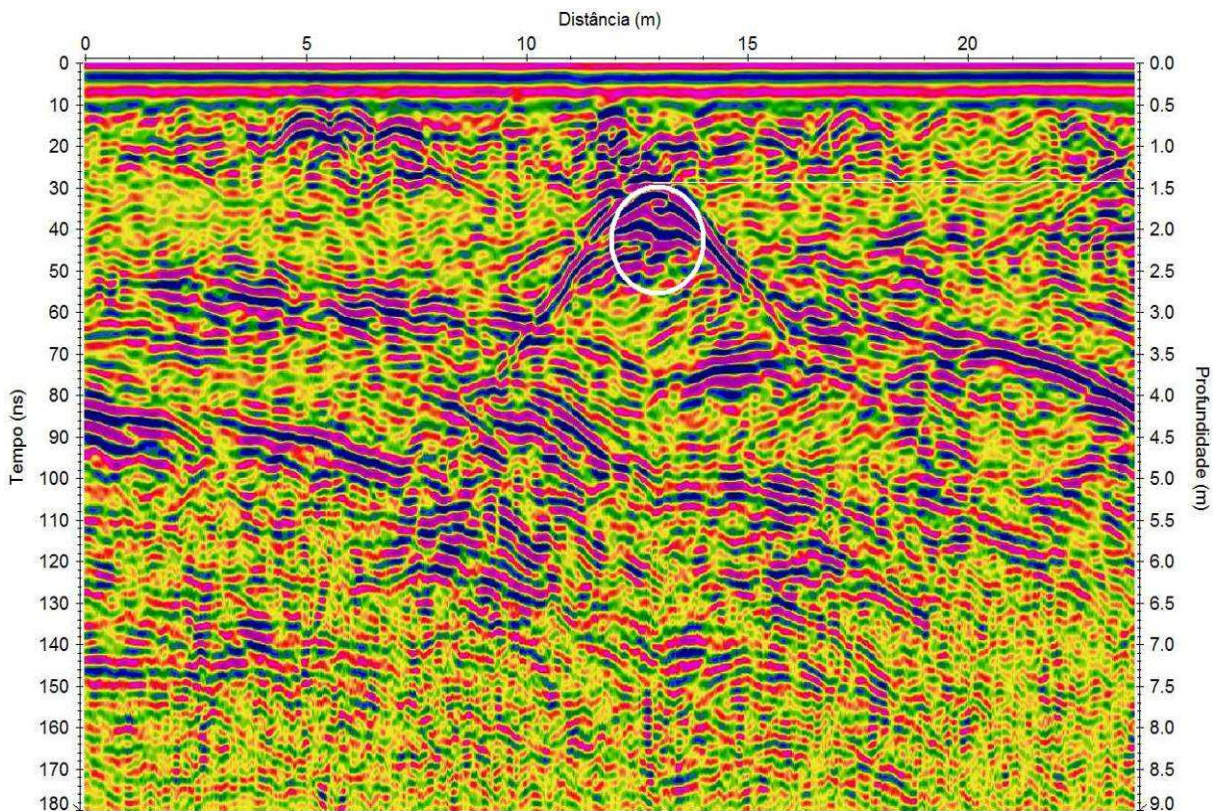


Figura 9.5 – Resultado do teste na forma de radargrama mostrando uma hipérbole na parte central do perfil. Esta anomalia corresponde à tubulação mostrada na figura 9.4 (círculo branco) cuja profundidade (1,5 m) coincide com a medida feita no terreno.



Figura 9.6 – Testes do equipamento em local com alvo conhecido (pacote de quartzito com atitude $N80^{\circ}E35^{\circ}NW$). No detalhe o afloramento da rocha com mergulho mostrado pela bússola (círculo amarelo) (UTM SICAD 23L 188.062 E / 8.256.191 N).

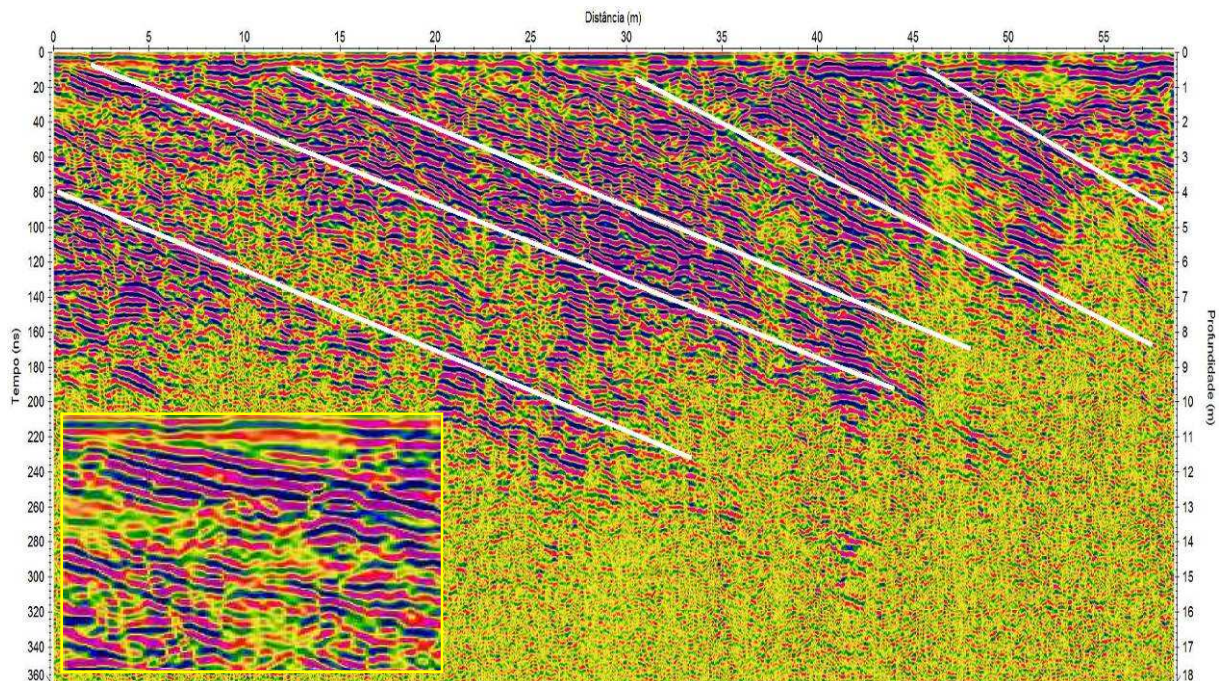


Figura 9.7 – Resultado do teste na forma de radargrama mostrando refletores horizontais muito bem marcados (traços brancos) cuja inclinação é compatível com o mergulho das camadas observado na figura 9.6. No detalhe o padrão dos refletores utilizados para identificar as camadas de quartzito e bolsões de areia associados durante o levantamento.



Figura 9.8 – Aquisição de dados próximo ao início do Perfil GPR A-B, ao longo da via W-7, em direção ao alto topográfico formado pelo pacote de quartzito. (UTM SICAD 23L 188.386 E / 8.255.585 N).



Figura 9.9 – Aquisição de dados próximo ao final do Perfil GPR A-B, no acesso paralelo à via W-7 (em obras neste ponto), do outro lado do alto topográfico do pacote de quartzito. (UTM SICAD 23L 188.336 E / 8.256.498 N).



Figura 9.10 – Aquisição de dados próximo ao início do Perfil GPR C-D, no gramado lateral da DF-061 (EPAA) em direção ao alto topográfico formado pelo pacote de quartzito. (UTM SICAD 23L 188.329 E / 8.255.055 N).



Figura 9.11 – Aquisição de dados do Perfil GPR C-D, próximo à entrada do SMU, do outro lado do alto topográfico formado pelo pacote de quartzito (UTM SICAD 23L 188.759 E / 8.255.380 N).

Os radargramas gerados nos perfis GPR A-B e GPR C-D mostram refletores bem definidos correspondendo às estruturas do pacote de quartzito (mergulho das camadas e possíveis falhamentos), assim como também mostram camadas horizontalizadas (neossolos e bolsões de areia) próximas à superfície e seu contato com o topo rochoso.

Devido a uma questão de escala as feições identificadas no levantamento serão apresentadas separadamente, em seções parciais dos radargramas, os quais estão disponíveis de forma completa no Capítulo 13 - Anexos.

O primeiro fragmento do radargrama referente ao Perfil GPR A-B (**figura 9.12**) mostra o subsolo “imageado” entre 300 m e 500 m de distância ao longo do perfil. Nele é possível verificar com facilidade o contato entre os depósitos inconsolidados próximos à superfície (refletores homogêneos horizontais) e o topo rochoso (perturbações no sinal indicando mergulho aproximado de 45° para N-NW), destacados com a ajuda de vetores de cor branca.

São vistas algumas anomalias em formato de hipérbole provavelmente causadas por blocos decimétricos de rocha próximo à superfície (círculos brancos). A mudança de amplitude do sinal (marcado pela seta amarela) foi interpretada como sendo o limite sul do pacote de quartzito em contato com outra rocha, provavelmente mais pelítica (metassiltito/ardósia?) em razão da atenuação do sinal.

O fragmento de radargrama seguinte, representando o Perfil GPR A-B entre 500 m e 700 m (**figura 9.13**) mostra com nitidez a parte central do pacote de quartzito, aflorando em alguns pontos, como nas proximidades da SQNW 107 (**figura 9.6**), o mergulho das camadas e o contato entre os depósitos inconsolidados e o topo rochoso (vetores brancos). A partir de 630 metros de distância em superfície o sinal parece refletir a presença de bolsões de areia em meio às camadas de quartzito friável.

O fragmento de radargrama correspondente ao Perfil GPR A-B entre 800 m e 1000 m (**figura 9.14**) mostra nova mudança de amplitude de sinal (seta amarela) interpretada como sendo o limite norte do pacote de quartzito e sua transição para um material cujo sinal apresenta-se atenuado (latossolos). Também aparecem nítidos os contatos e mergulhos da rocha (vetores brancos), além de depósitos horizontais deformados interpretados como aterros (círculos brancos).

Desta maneira, a partir da análise do radargrama do Perfil GPR A-B, os limites do pacote de quartzito encontra-se entre 370 m e 950 metros ao longo do perfil, cujas coordenadas na superfície são UTM 23L 188.370 E / 8.255.830 N e 188.333 E / 8.256.410 N, respectivamente. A profundidade de investigação alcançada variou entre 8 e 10 m, a partir de onde o pulso de radar sofreu atenuação.

Estes pontos foram utilizados para redefinição do traçado da poligonal de influência do pacote de quartzito utilizada ao longo do estudo (**figuras 3.1, 5.2 e 7.16**).

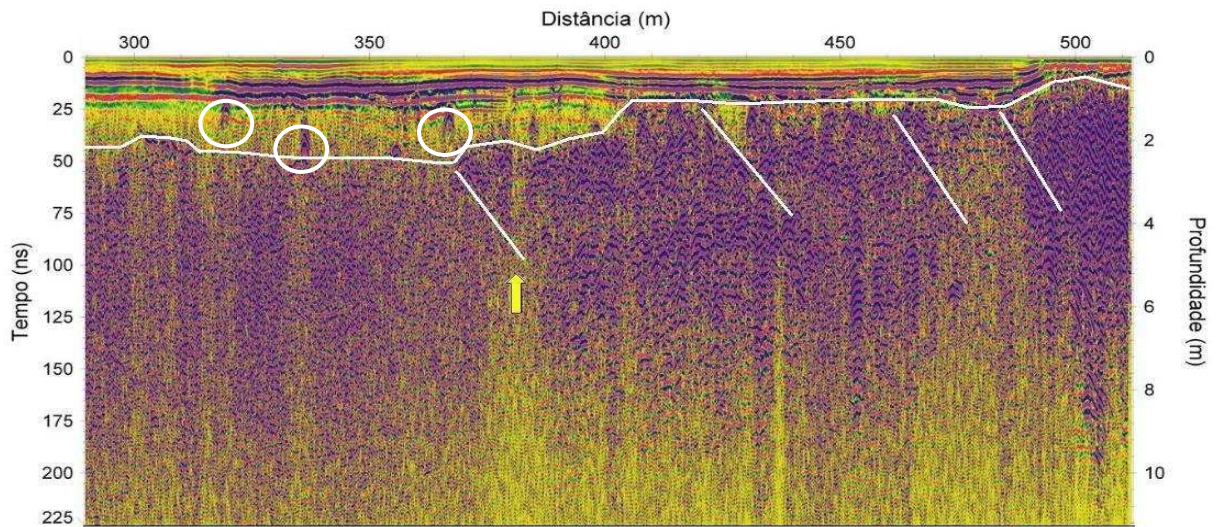


Figura 9.12 – Fragmento do radargrama GPR A-B (300-500m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso, o mergulho das camadas de aproximadamente 45° (vetores brancos), provável contato entre o pacote de quartzito e a rocha encaixante (seta amarela) e hipérboles indicando a presença de blocos (círculos brancos).

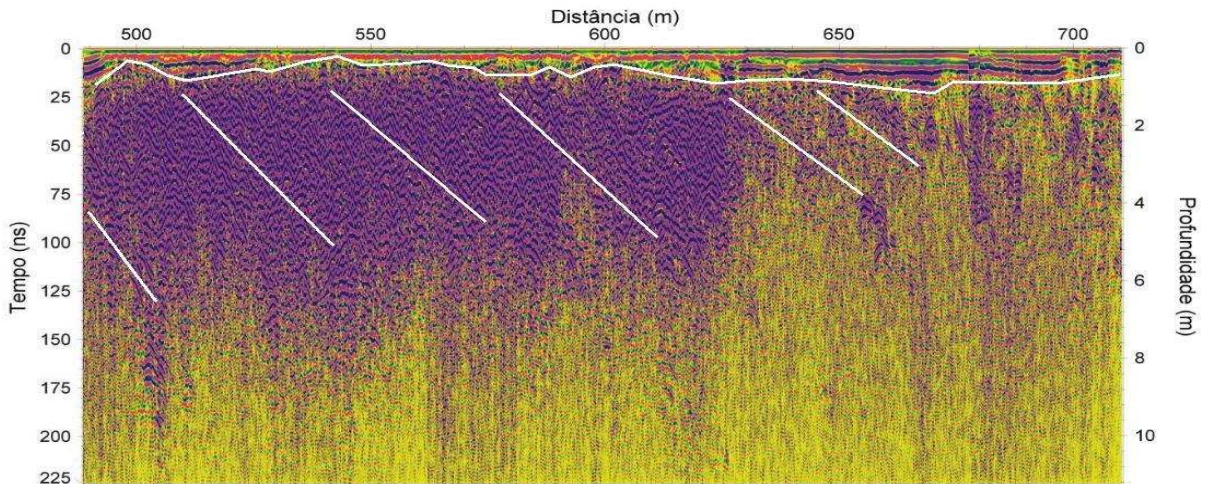


Figura 9.13 – Fragmento do radargrama GPR A-B (500-700m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso e mergulho das camadas.

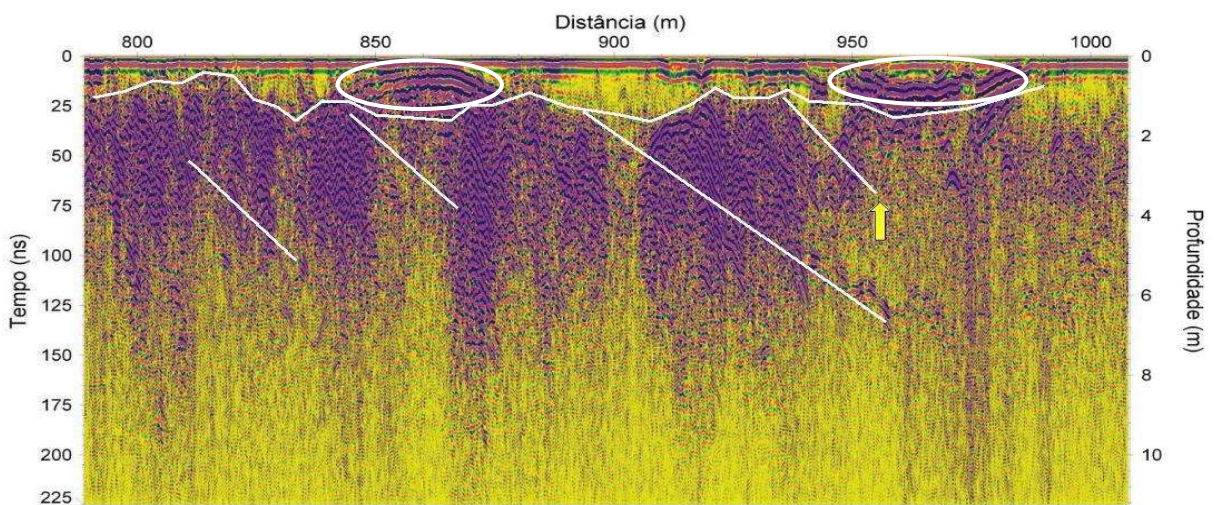


Figura 9.14 – Fragmento do radargrama GPR A-B (800-1000m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso, mergulho das camadas e provável limite do pacote de quartzito e rocha/solos encaixantes. As duas anomalias no topo podem ser aterros.

Em relação ao Perfil GPR C-D o primeiro fragmento de radargrama (de 50 m a 270 m de distância em superfície) mostra com a mesma nitidez o contato entre os depósitos inconsolidados superficiais e o topo rochoso irregular, destacado com a ajuda de vetores de cor branca. Verifica-se também a mudança de amplitude do sinal (marcado pela seta amarela) interpretada como sendo o limite sul do pacote de quartzito, com as mesmas características descritas para a figura 9.12.

Neste ponto do radargrama o que chama a atenção é a orientação dos refletores, cujo mergulho é mais acentuado (60° - 70°) e a direção é oposta (S-SE) ao restante do perfil (**figura 9.15**).

O fragmento de radargrama seguinte, representando o Perfil GPR C-D entre 410 m e 640 m (**figura 9.16**) mostra com nitidez a parte central do pacote de quartzito, aflorando em alguns pontos, comprovado pelos blocos movimentados ao longo da DF-061-EPAA (**figura 6.2**), assim como o mergulho das camadas (60° - 70° N-NW) e o contato entre os depósitos arenosos e o topo rochoso (vetores brancos).

O levantamento cruzou um trecho de asfalto entre a posição horizontal 270 m e 410 m (atrás de uma parada de ônibus na EPAA), onde ocorreu uma interferência no sinal eletromagnético que prejudicou o radargrama. Entretanto, nesse trecho o pacote de quartzito tem posição reconhecida pelos afloramentos e blocos da rocha, o que não causou problemas à interpretação.

O fragmento de radargrama correspondente ao Perfil GPR C-D entre 800 m e 1030 m (**figura 9.17**) mostra nova mudança de amplitude de sinal (seta amarela) interpretada como sendo o limite norte do pacote de quartzito e sua transição para um material cujo sinal apresenta-se atenuado (rochas pelíticas/latossolos). Também aparecem nítidos os contatos e mergulhos da rocha (vetores brancos).

Desta maneira, a partir da análise do radargrama do Perfil GPR C-D, os limites do pacote de quartzito encontra-se entre 160 m e 915 metros ao longo do perfil, cujas coordenadas na superfície são UTM 23L 187.258 E / 8.255.092 N e 186.607 E / 8.255.472 N, respectivamente. A profundidade de investigação alcançou mais de 10 m na parte central do pacote de quartzito.

A partir das coordenadas em superfície dos limites do pacote de quartzito obtidos nos perfis GPR A-B e GPR C-D e observações da rocha em escavações, foi estabelecida com mais acurácia a “*área de influência do pacote de quartzito*” (**figura 9.18**), com 141 hectares, cuja poligonal foi utilizada para balizar as área passível de exploração mineral na área de estudo.

Os dados obtidos nos perfis GPR A-B e GPR C-D também permitiram a elaboração de uma proposta de modelo geológico (**figura 9.19**) correspondendo a um dobramento antiforme de escala hectométrica com flancos mergulhando para SE e NW e eixo de charneira expondo camadas de quartzito cuja resistência ao intemperismo resultou no alto topográfico observado na área de estudo.

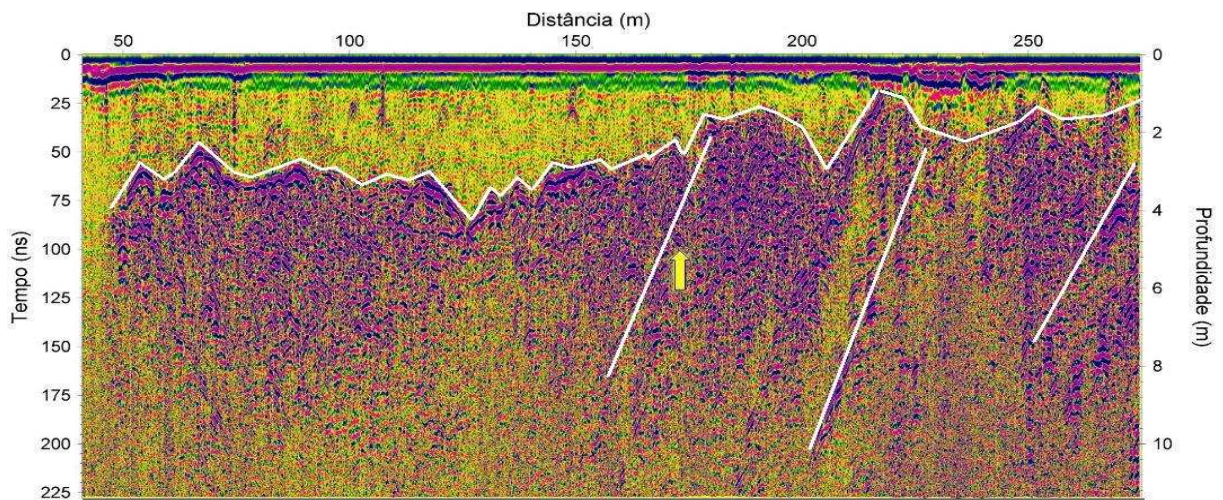


Figura 9.15 – Fragmento do radargrama GPR C-D (050-270m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso, provável contato entre o pacote de quartzito e a rocha encaixante (seta amarela) e mergulho invertido das camadas (60° a 70°).

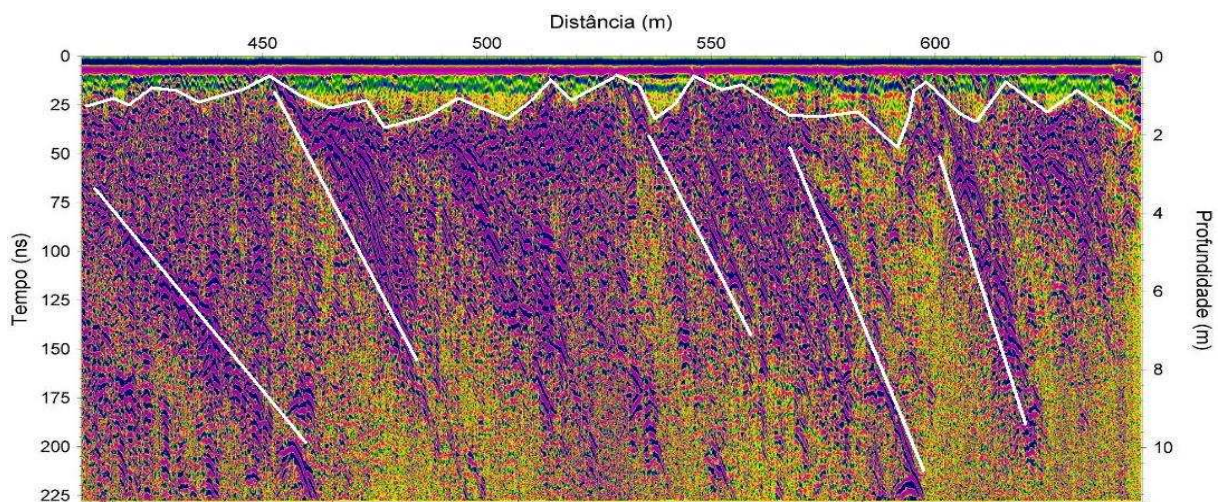


Figura 9.16 – Fragmento do radargrama GPR C-D (410-640m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso e o mergulho das camadas (60° a 70°) na parte central do pacote de quartzito.

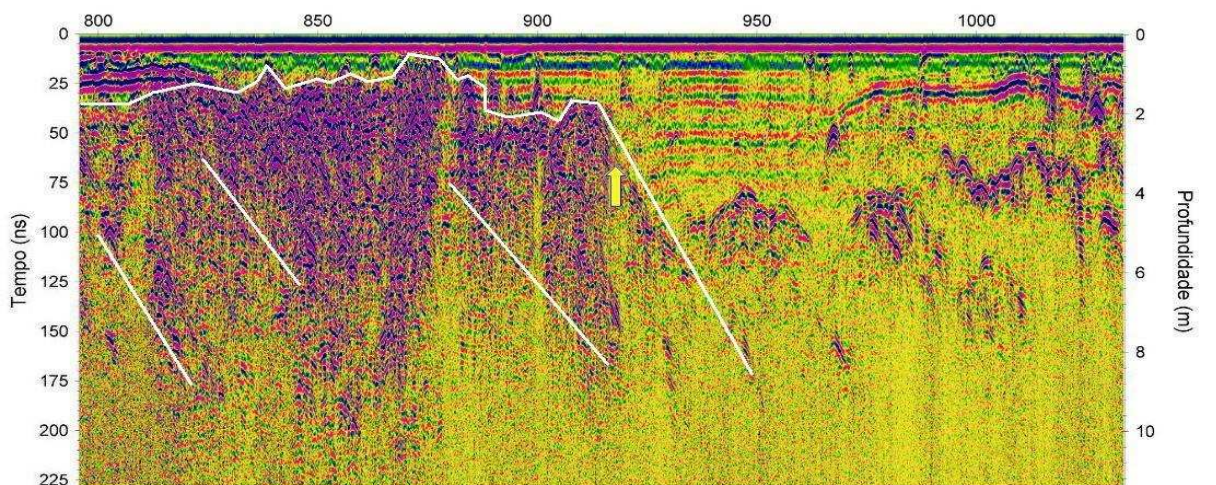


Figura 9.17 – Fragmento do radargrama GPR C-D (800-1030m) mostrando o contato dos depósitos inconsolidados com o topo rochoso, mergulho das camadas e provável limite do pacote de quartzito com rocha/solos encaixantes (seta amarela).



Figura 9.18 – Área de influência do pacote de quartzito (polígono rosa) traçado após interpretação dos dados do levantamento de GPR. Comparação com a poligonal traçada de forma aproximada a partir da presença de neossolos e blocos de quartzito (em amarelo).

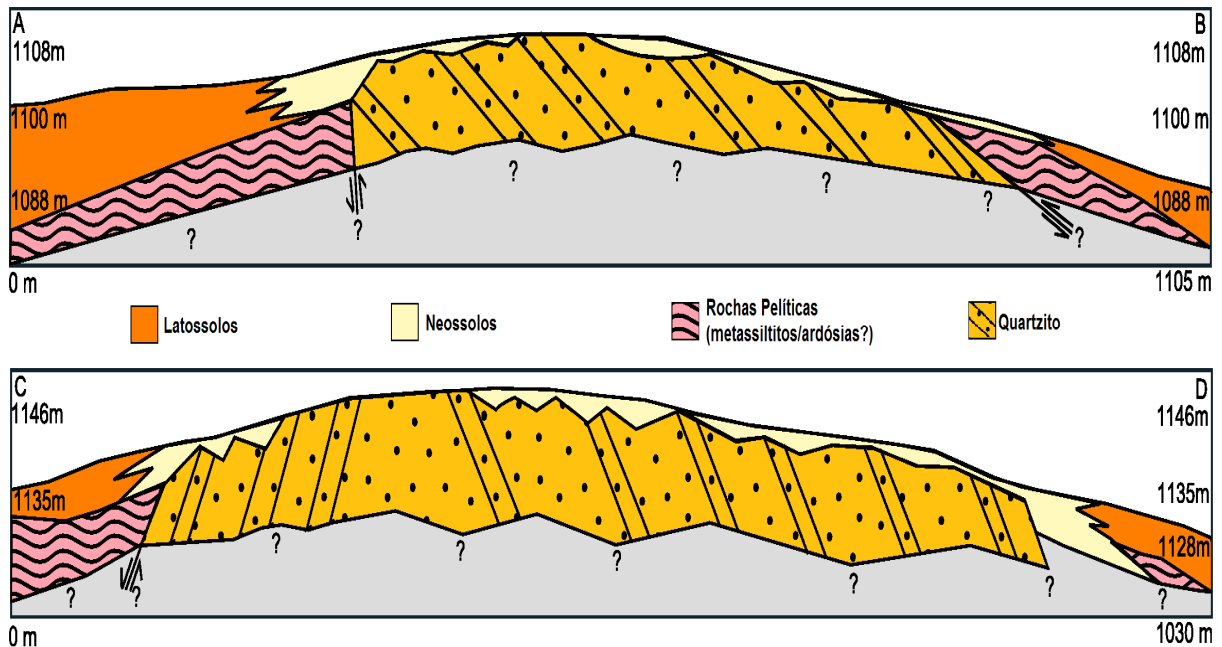


Figura 9.19 – Modelos geológicos propostos a partir da interpretação dos dados geofísicos obtidos nos perfis GPR A – B e C – D auxiliados por observações de campo.

Os resultados obtidos pelo levantamento com GPR no presente estudo são compatíveis com os resultados apresentados por Silva (2011) que fez a integração de perfis de eletrorresistividade e sísmica de refração obtidos ao longo da via W-7 (“linhão geofísico” de 3,55 km no sentido norte-sul), apoiados por dados de SPT para a geração de modelos geotécnicos tridimensionais do SHCNW (figuras 9.20 a 9.22).

Esses modelos indicam que as camadas (solo/rocha) facilmente escaváveis encontram-se entre 10 m e 20 m de profundidade, com variações ao longo da seção, e que os pacotes rochosos apresentam falhamentos até a profundidade investigada (aproximadamente 50 m). Tais interpretações se confirmaram pelos boletins de sondagem que mostraram testemunhos de rocha fraturados e baixo grau de recuperação em vários furos.

Os perfis de eletrorresistividade e de sísmica de refração, assim como o modelo geológico apresentado pelo referido autor, mostram rochas mais resistentes na porção central da linha geofísica coincidindo com a posição do pacote de quartzito identificada no Perfil GPR A-B (figura 9.13).

A utilização do GPR para delimitação do pacote de quartzito passível de exploração mineral na área de estudo se mostrou bons resultados, merecendo maior detalhamento no futuro (geração de modelos 2-D e 3-D) aliado à campanhas de sondagem para confirmação da composição e profundidade da rocha.



Figura 9.20 – Localização do “linhão geofísico” A-A’ realizado sobre a futura W-7 e respectivo perfil topográfico mostrando a elevação na parte central que coincide com a posição do pacote de quartzito (fonte: Silva, 2011).

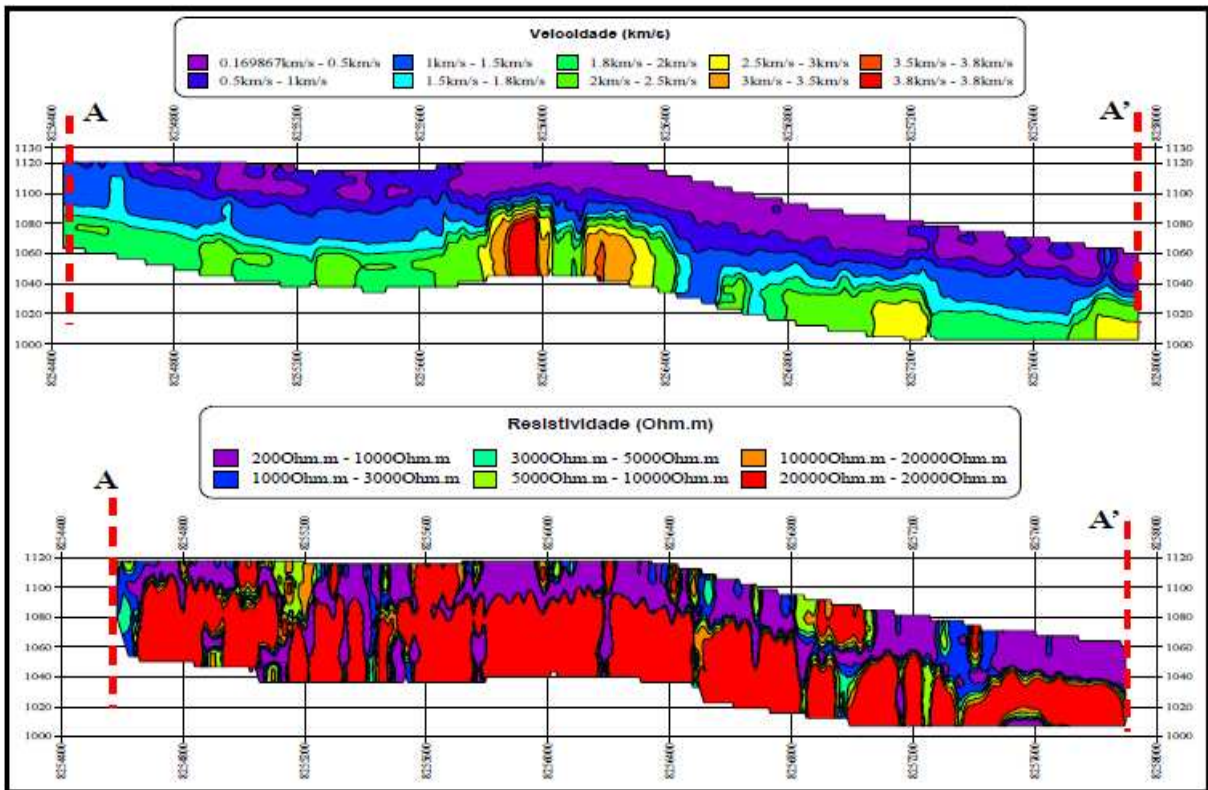


Figura 9.21 – Resultado dos perfis de eletroresistividade e sísmica de refração ao longo da futura via W-7, no SHCNW (fonte: Silva, 2011).

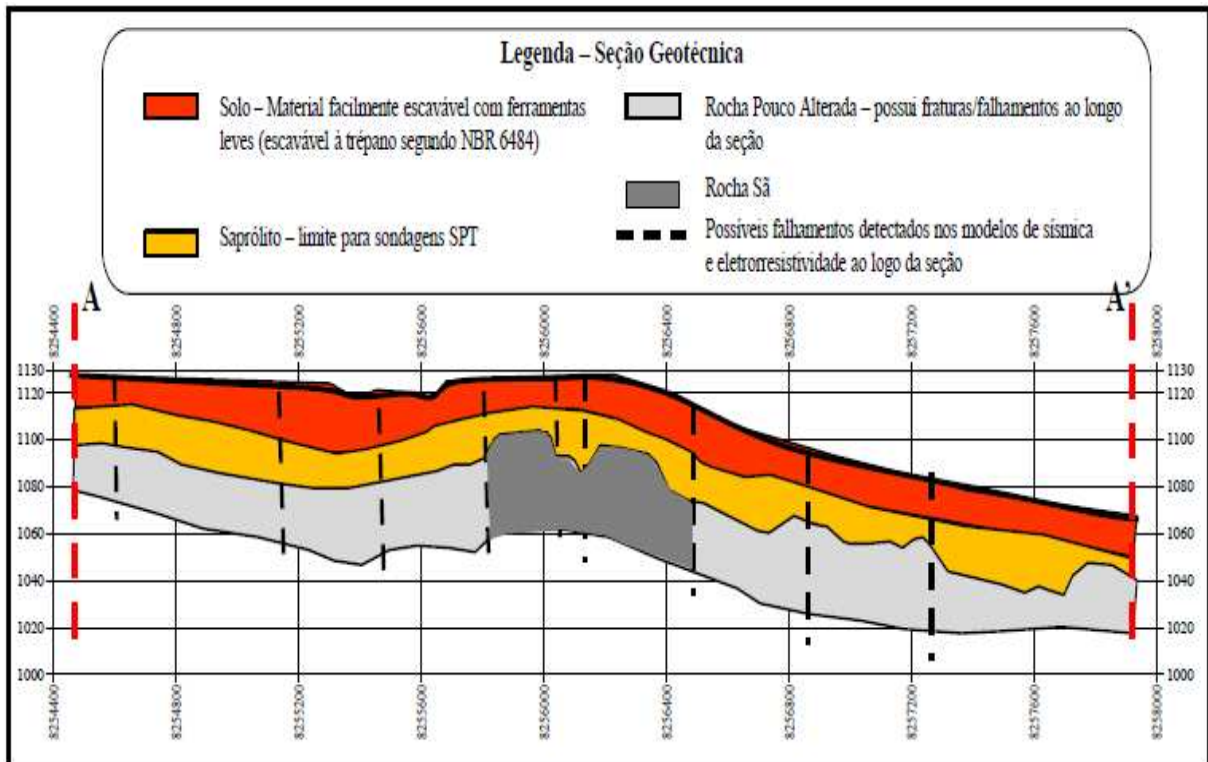


Figura 9.22 – Modelo geotécnico gerado a partir dos perfis de eletroresistividade e sísmica de refração ao longo da futura via W-7. Notar a identificação de rocha mais resistente e de falhamentos que coincidem com os dados do Perfil GPR A-B (fonte: Silva, 2011).

10. RESULTADOS

A partir do cruzamento das informações levantadas na área de estudo sobre “áreas mineradas e/ou exauridas” (**figura 7.16**), sobre “áreas incompatíveis à lavra” (**figura 8.9**) e sobre a “área de influência do pacote de quartzito” cujos limites foram identificados com a ajuda do GPR (**figura 9.18**) chegou-se a um croqui com a delimitação de três “áreas remanescentes para exploração” sobre o pacote de quartzito as quais foram definidas com **Área de Exploração do Canil** (10,3 ha), **Área de Exploração do SHCNW** (14,7 ha) e **Área de Exploração do Parque Burle Marx** (31,8 ha) (**figura 10.1**).

A área de Exploração do Canil constitui a área de expansão natural da lavra de areia interrompida em 2007. Trata-se da única área identificada pelo estudo que a princípio poderia ser autorizada pela Terracap para a exploração mineral. A areia poderia ser lavrada por órgãos públicos (p.ex.: a NOVACAP) para utilização em obras de infraestrutura no próprio SHCNW, corroborando com o conceito de sustentabilidade ambiental do novo setor (**figura 10.2**).

Contudo, o órgão empreendedor deverá obedecer à legislação ambiental e mineral vigente (*Resoluções CONAMA n.º 09/90, n.º 10/90 e n.º 237/97, Decreto n.º 98.812/90 e Lei 7.805/89, além do Decreto-Lei n.º 227/1967 – Código de Mineração, suas atualizações e outros diplomas legais correlatos*) visando obter a Licença de Operação – LP emitida pelo órgão ambiental – IBRAM e registro da área de extração junto ao DNPM.

Para a efetivação da lavra nesta área também se faz necessária a execução de uma pesquisa mineral com malha de sondagem regular para determinar com exatidão o volume de minério e a profundidade máxima de escavação, além de um plano de lavra e respectivo cronograma para recuperação das cavas.

O licenciamento ambiental para a retomada da mineração na *Jazida do Canil* deve ainda se adequar às condicionantes da Licença de Instalação - LI n.º 033/2010-IBRAM, para que não haja prejuízo ao licenciamento ambiental do SHCNW.

A Área de Exploração do SHCNW engloba as futuras quadras comerciais CRNW 705, CRNW 706, CRNW 505, CRNW 506 e residenciais SQNW 305, SQNW 306, SQNW 105 e SQNW 106 as quais aguardam registro cartorial para que suas projeções sejam vendidas em licitação pública (**figura 10.3**).

Como existem impedimentos relativos à salvaguarda de vegetação nas áreas públicas intersticiais às projeções e vias destas quadras nas quais também haverão obras de infraestrutura, restará à área de exploração do SHCNW apenas a possibilidade de extração da areia dentro das projeções a serem vendidas, as quais não mais dependerão da anuência da Terracap e sim dos compradores das projeções. Estes também deverão observar os dispositivos legais relacionados à mineração de areia.

Entretanto, faz-se necessário ponderar que como empreendedora do SHCNW, a Terracap tem o direito de agregar valor às projeções supracitadas à medida que estas interferem em uma jazida de areia e o comprador da referida projeção poderá se beneficiar comercialmente do minério durante as escavações prediais necessárias à edificação.

Essa situação ocorreu com as projeções já licitadas da futura SQNW 107, contudo a Terracap não considerou a existência de uma jazida de areia imediatamente abaixo destas projeções ou lhes atribuiu um “valor agregado”.

Por fim, a Área de Exploração do Parque Burle Marx é a mais restritiva das três áreas, por incidir em um parque ecológico, de uso sustentável e que segundo a definição dada pela Lei Nº 9.985, de 18/07/2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, o mesmo deve “**proporcionar a compatibilização de atividades humanas com gestão ambiental, preservando a vida silvestre e protegendo os recursos naturais em consonância com uma contribuição para a melhoria da qualidade de vida**”.

De acordo com o zoneamento do Parque, elaborado a partir do seu Plano de Manejo (Topocart, 2009), a Área de Exploração do Parque Burle Marx estabelecida no presente estudo coincide com a **Zona de Uso Intensivo** (que permite o uso pelos visitantes, restringe a expansão e consolida a infraestrutura de forma integrada ao futuro Setor Noroeste e à Asa Norte) e com a **Zona de Recuperação** (que visa a conservação, pesquisa e recuperação da biodiversidade e funcionalidade ecológica de remanescentes de vegetação) (**figura 10.4**).

Na Zona de Recuperação, a vegetação nativa foi inicialmente suprimida por uma grande ocupação irregular chamada “Favela do CEUB” (**figura 7.16**), removida pelo GDF em meados de 1989, e mais recentemente pelas escavações para implantação da galeria de águas pluviais entre as bacias de retenção 2 e 3.

Ao analisar a legislação supracitada e o zoneamento do Parque Ecológico Burle Marx conclui-se que **a mineração de areia no local é incompatível** com os usos e regras estabelecidas para esta área, sobre o pacote de quartzito.

Como resultado final foram elencadas duas áreas remanescentes passíveis de extração de areia na área de estudo: a Área de Exploração do Canil (para fins públicos) e as projeções não ocupadas existentes na Área de Exploração do SHCNW (para fins privados) as quais deverão obedecer todas as condições impostas pela legislação mineral e ambiental, resguardando-se de danos a terceiros, às redes de infraestrutura existentes ou prejuízo ao licenciamento ambiental do Setor Noroeste – SHCNW.

O volume de minério estimado para a Área de Exploração do Canil, considerando a área delimitada e a profundidade média dos bolsões de areia, é de 1.030.000 m³, ao qual se sugere embutir um erro de acurácia de 30%, devido à ausência de informações de sondagem e à irregularidade do topo rochoso, o que resulta em uma estimativa de 721.000 m³ de minério.

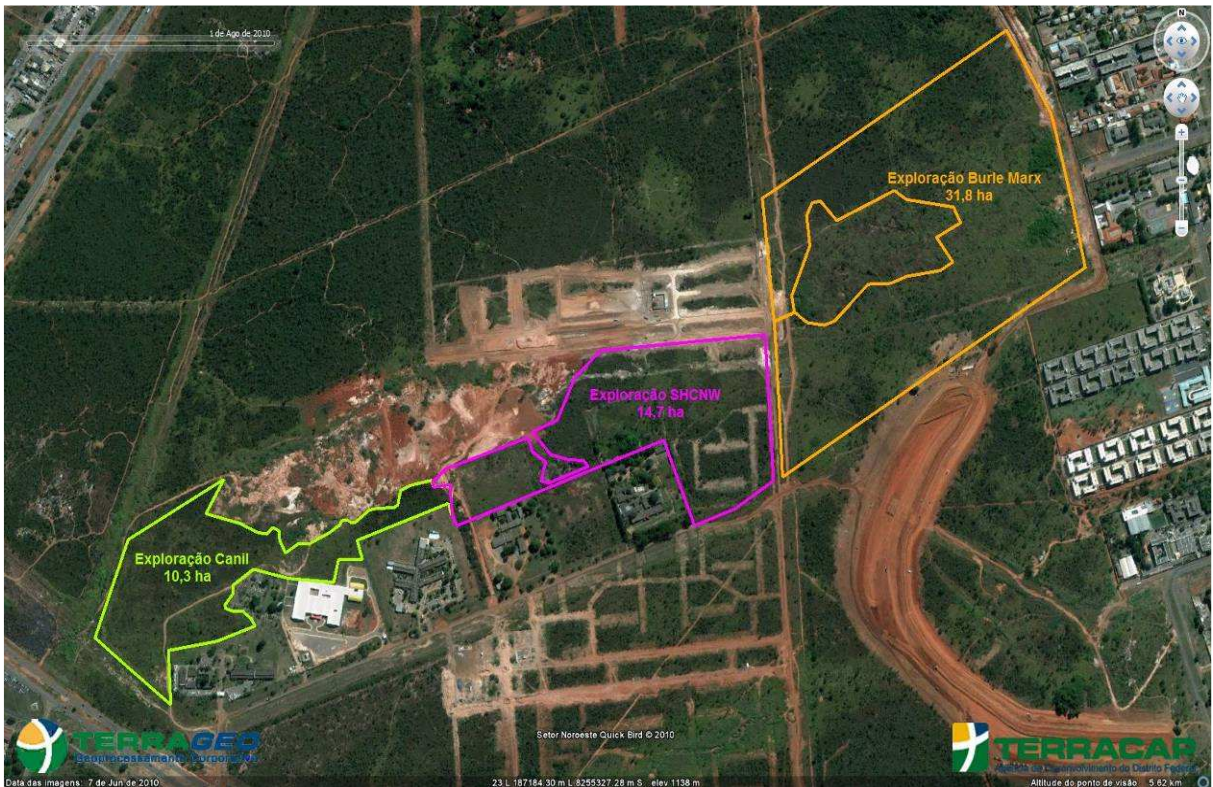


Figura 10.1 – Croqui de delimitação de áreas remanescentes para exploração de areia após cruzamento de informações.



Figura 10.2 – Croqui de delimitação da Área de Exploração do Canil (polígono rosa), propícia à continuação da mineração de areia para obras públicas.

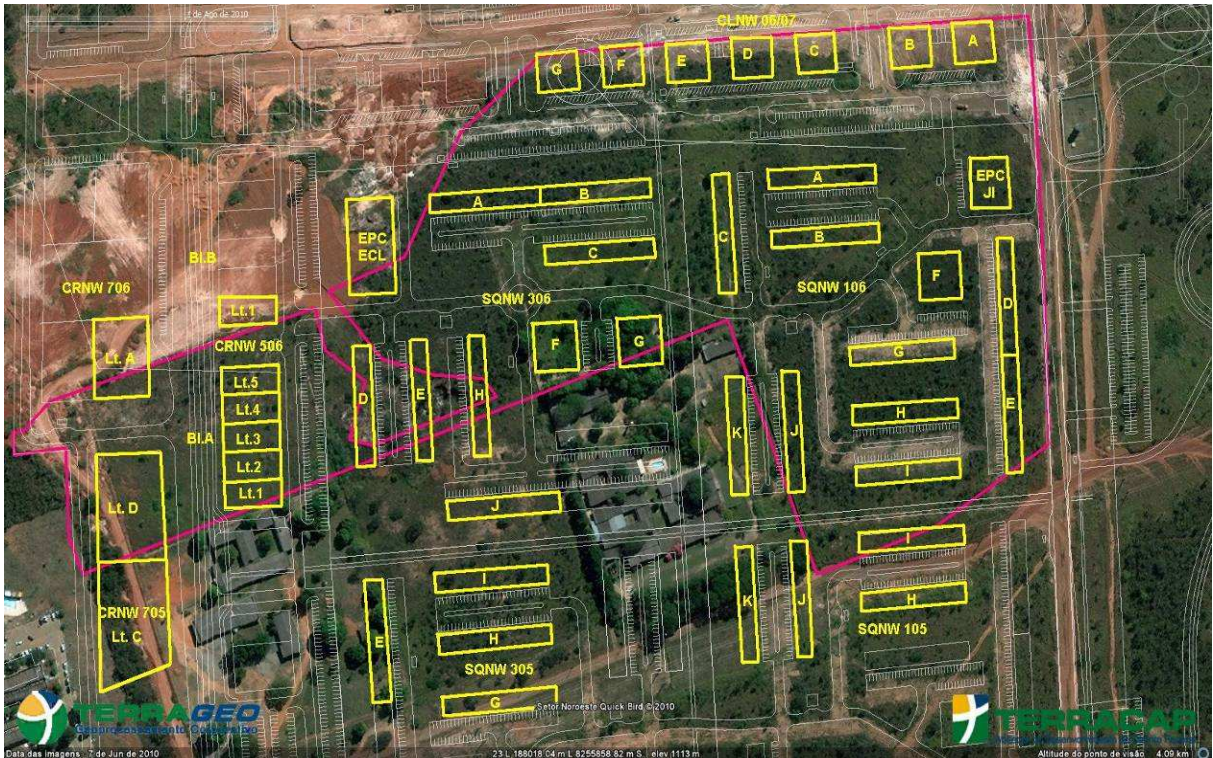


Figura 10.3 – Croqui de delimitação da Área de Exploração do SHCNW (polígono rosa) e respectivas projeções (em amarelo) cujas escavações prediais provavelmente alcançarão a jazida de areia.

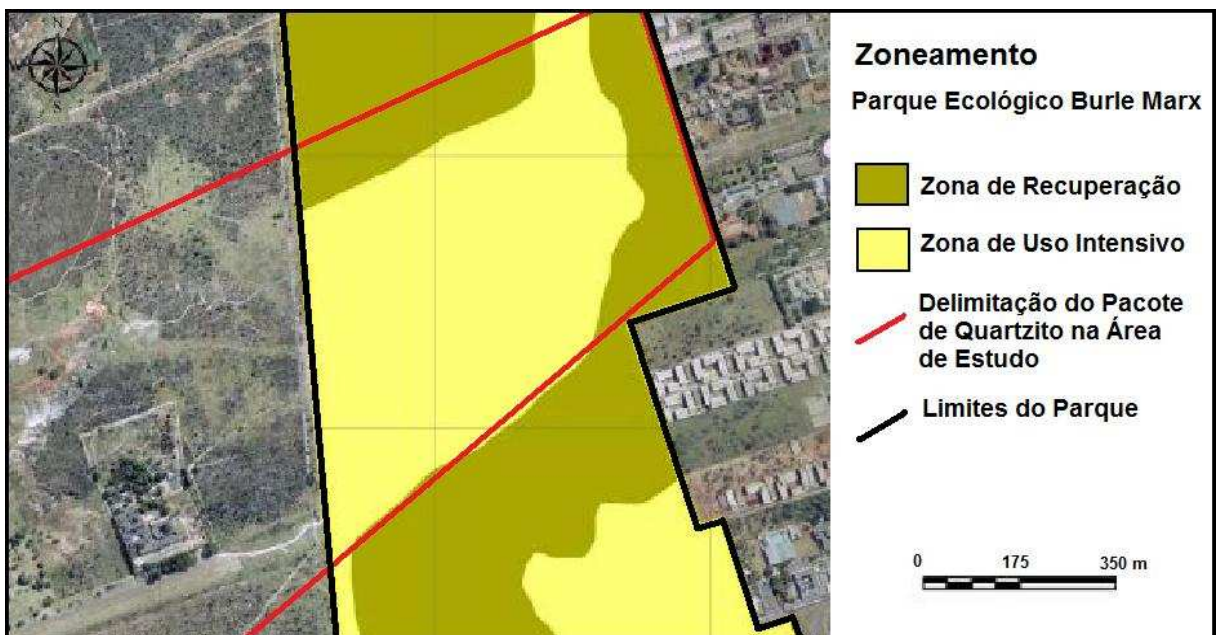


Figura 10.2 – Croqui mostrando a interferência do pacote de quartzito e o zoneamento do Parque Ecológico Burle Marx (modificado de Topocart, 2009).

Considerando o peso específico aparente para a areia quartzosa seca (1.700 kg/m^3) temos uma reserva estimada em **1.225.700 toneladas** de minério, o que equivale a 122.570 caminhões com 10 toneladas de volume de caçamba. A vida útil estimada para esta lavra de areia seria de 3,5 anos, considerando a movimentação de 100 caminhões/dia e 5 dias/semana.

Para as projeções na Área de Exploração do SHCNW estima-se uma profundidade de final de escavação menor (em torno de 5,5 metros) em razão de dados de sondagem SPT feitos nas proximidades em 2009 para subsidiar o Plano de Manejo do Parque Burle Marx.

Assim pelos mesmos critérios utilizados nos cálculos da área anterior, chegou-se a uma estimativa de volume de minério existente sob as projeções não ocupadas, conforme mostra a **Tabela 2**.

A reserva de minério foi estimada em **403.213 toneladas**. Como se tratam de projeções para edificação de prédios às quais existem cronogramas de execução (incluindo a escavação do terreno) esse volume de material é imediatamente retirado assim que se iniciam as obras.

Tabela 2 – Estimativa de volume de areia existente sob as projeções do SHCNW 2ª etapa.

Quadra Comercial/Residencial	Número de projeções não ocupadas sobre a jazida de areia	Estimativa de Volume*
CRNW 506	6	24.460 m³
CRNW 705	2	34.100 m³
CRNW 706	1	9.338 m³
SQNW 105	4	22.000 m³
SQNW 106	12	64.900 m³
SQNW 305	4	22.000 m³
SQNW 306	10	60.386 m³
	TOTAL	237.184 m³

* Tais estimativas carecem de comprovação por pesquisa mineral.

Considerando os preços praticados no mercado de construção civil em Brasília/DF para areias beneficiadas (R\$ 25,00/m³ na jazida) e brutas, ou seja, não lavadas (R\$ 18,00/m³ na jazida), a reserva de minério (neossolos quartzarênicos + areia + blocos de quartzito friável) sob as projeções acima listadas teria um valor médio aproximado de **R\$ 5.100.000,00**.

A apresentação deste valor tem caráter meramente ilustrativo, com vistas a alertar o poder público da real necessidade de se investir em pesquisa e melhor gerenciamento dos recursos minerais antes da implantação de projetos de parcelamento de solo e outros usos urbanos.

Estas áreas devem ser vistas como “**reservas estratégicas de bens minerais**” para uso futuro, a exemplo do que é feito nos Planos Diretores de Mineração – PDM’s desenvolvidos por alguns estados e municípios brasileiros.

11. CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou que os atuais conflitos existentes na área onde está sendo implantado o Setor de Habitações Coletivas Noroeste – SHCNW envolvendo a mineração de areia impedem a continuação dos trabalhos de lavra na *Jazida do Canil*, a cargo da NOVACAP, interrompidos em 2007 por exigência do licenciamento ambiental do novo setor.

Tanto entes governamentais quanto empreendedores particulares atuaram na extração de areia no local desde os anos 1960, na maior parte do tempo sem obedecer às normas contidas na legislação ambiental e mineral e com prejuízo à recuperação das áreas lavradas, cuja execução se deu de forma extemporânea entre 2008 e 2011.

As escavações para instalação da infraestrutura do SHCNW interceptaram o pacote de quartzito friável (e conseqüentemente a areia) em outros pontos além dos limites da *Jazida do Canil* o que demandou a utilização de métodos não invasivos na tentativa de cubar essa reserva de areia.

O GPR mostrou bons resultados como método auxiliar para a identificação dos limites do pacote de quartzito em subsuperfície ao que se sugere a continuação trabalhos com esta ferramenta no futuro associado a sondagens.

Foram delimitadas duas áreas remanescentes passíveis de extração de areia: a *Área de Exploração do Canil*, para continuidade da lavra de areia visando obras públicas, cuja reserva foi estimada em 1.225.700 toneladas de minério; e a *Área de Exploração do SHCNW*, para o aproveitamento do minério pelos compradores das projeções existentes sobre o pacote de quartzito, cuja reserva foi estimada em 403.213 toneladas. Para estas projeções sugere-se considerar a existência da jazida de areia na formação dos preços antes da oferta em licitação pública.

Em ambas as áreas sugere-se a confirmação das estimativas de reserva por meio de pesquisa mineral tradicional (execução de poços, trincheiras e sondagens) que vão permitir estabelecer uma série de parâmetros dos depósitos tais como, teores, espessura da camada de minério e tamanho da área ocupada pelo depósito.

O exemplo da *Jazida do Canil* deve servir de alerta para a necessidade de implantação de um modelo de gestão sustentável dos recursos minerais a nível distrital, com vistas ao planejamento da ocupação do solo e à eliminação de conflitos envolvendo a mineração em áreas urbanas.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTMAN F. (ed.), CAMARGO S. e BORDIN S. (2010) **Brasília 50 Anos: Finanças**. Edição Especial Veja. Abril Editora. Fonte: <http://veja.abril.com.br/especiais/brasil/barafunda-contabil-p-120.html> Acesso:15/03/2012.
- BAPTISTA, G.M.M. (1998) **Caracterização Climatológica do Distrito Federal**. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Brasília: Convênio IEMA/SEMATEC/UnB, CD-ROM.
- BORGES, W.R. (2007) **Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP**. Tese de doutorado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP, 256 p.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. **Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE**. Fonte: <http://www.dnrm.gov.br> . Acesso em: 20/11/2011.
- _____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1978) **Levantamento de reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Boletim de pesquisa, 53. Rio de Janeiro, 455 p.
- _____. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (1987) **Brasília Revisitada**. Complementação, preservação, adensamento e expansão urbana, biênio 1985-1987. Anexo I do Decreto nº 10.829/1987 – GDF e da Portaria nº 314/1992 – Iphan.
- FARIA A. (1995) **Estratigrafia e Sistemas Depositionais do Grupo Paranoá nas Áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'aliança - Alto Paraíso De Goiás**. Tese de Doutorado, 4, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 199 p.
- FERRANTE J.E.T, RANCAN, L., NETTO P.B (2001) **As Bacias Hidrográficas do Distrito Federal**. In: Fonseca. F.O. (Org.). Olhares sobre o Lago Paranoá. Brasília: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH. Fonte: <http://www.semarh.df.gov.br/semarh/site/lagoparanoa/cap03/02.htm> Acesso: 02/03/2012.
- FREITAS-SILVA, F.H; CAMPOS, J.E.G. (1998) **Geologia do Distrito Federal**. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Brasília: Convênio IEMA/SEMATEC/UnB, CD-ROM.
- GDF. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN (1997) **Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Escala 1:2.000. Arquivos Digitais.
- MACHADO M.A., MANDAI P.R., GUIMARÃES E.M., BARROSO, R.H.G. (2011) **A unidade metassilito (Grupo Paranoá) e os Conflitos de Mineração no Setor Noroeste – SHCNW, Brasília/DF**. In: 12º SÍMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE. SBG – Núcleo Brasília, Pirenópolis, 1 CD-ROM.
- MACHADO M. A., MANDAI P. R., ROIG H. L. (2007) **Reservas Estratégicas de Depósitos Minerais de Uso Imediato na Construção Civil para Emprego em Obras Públicas**

no Distrito Federal. *In:* 10º SÍMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE. SBG – Núcleo Brasília, Pirenópolis, 1 CD-ROM.

MARTINS E. S. (1999) **Petrografia, Mineralogia e Geomorfologia de Regolitos Lateríticos no Distrito Federal.** Tese de Doutorado nº 26. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 172 p.

MARTINS E.S., BAPTISTA, G.M.M. (1998) **Compartimentação Geomorfológica e Sistemas Morfodinâmicos do Distrito Federal.** *In:* Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Brasília: Convênio IEMA/SEMATEC/UnB, CD-ROM.

MELO G.A. (2005) **Levantamentos GPR: Metodologia Proposta.** HGeo Tecnologia em Geociências Ltda. Brasília, Relatório Interno, 3p.

NOVAES PINTO, M. (1987) **Superfícies de Aplainamento do Distrito Federal.** Revista Brasileira de Geografia, n.º 49, vol. 2, p.9-26.

NOVAES PINTO M. (1994a) **Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal.** *In:* Novaes Pinto, M. (Org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed. p. 285-320.

NOVAES PINTO M. (1994b) **Paisagens do Cerrado no Distrito Federal.** *In:* Novaes Pinto, M. (Org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília. Editora UnB. 2ª ed. p. 511-542.

OLIVEIRA, J.C. (2000) **Caracterização Geotécnica de Materiais Inconsolidados Arenosos do Distrito Federal Utilizados como Material de Construção.** Dissertação de Mestrado G.DM 075A/2000, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 100p.

PEREIRA R.M. (2003) **Fundamentos de Prospecção Mineral.** Ed. Interciência. Rio de Janeiro, pp.59-60, 62, 74-75.

SILVA C.G. (2010) **Investigação Ambiental com a Utilização do Equipamento Geofísico GPR (Ground Penetrating Radar) - Estudo de Caso.** Trabalho de Graduação 200604003-9, Departamento de Geociências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 97 p.

SILVA, C.P.L. (2011) **Cartografia Geotécnica Tridimensional do Setor Noroeste de Brasília.** Tese de Doutorado, G.TD-072/2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 299 p.

SOUZA A.M. (2008) **Uso do GPR na Geração de Modelos Estáticos 3D para o Planejamento de Lavra de Minerais Pesados Depositados em Dunas Eólicas.** Dissertação de Mestrado n.º67/PPGG. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 123p.

TC/BR (2005) **Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Área de Expansão Urbana Noroeste, Brasília/DF.** Contrato: Tecnologia e Consultoria Brasileira S/A / Terracap, Brasília, Vol. I, 248 p.

TOPOCART (2009) **Projeto Executivo de Urbanismo, Plano de Manejo e demais Projetos Complementares do Parque Burlle Marx, Brasília/DF.** Contrato: Topocart – Topografia, Engenharia e Aerolevanteamento Ltd. / Terracap, Brasília, CD-ROM.

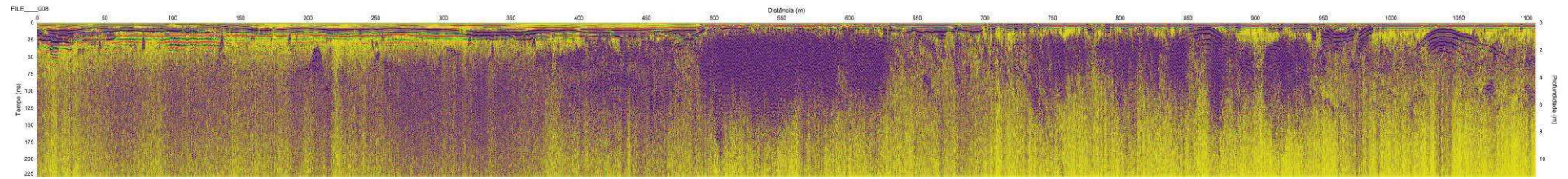
13. ANEXOS

- IMAGEM COM A LOCALIZAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS DO ESTUDO
- RADARGRAMAS

LOCALIZAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS APRESENTADAS NO ESTUDO



RADARGRAMA GPR PERFIL A – B



RADARGRAMA GPR PERFIL C – D

