

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA AVALIADA

A área avaliada localiza-se no Município de Araucária, leste do Estado do Paraná (Figura 01).

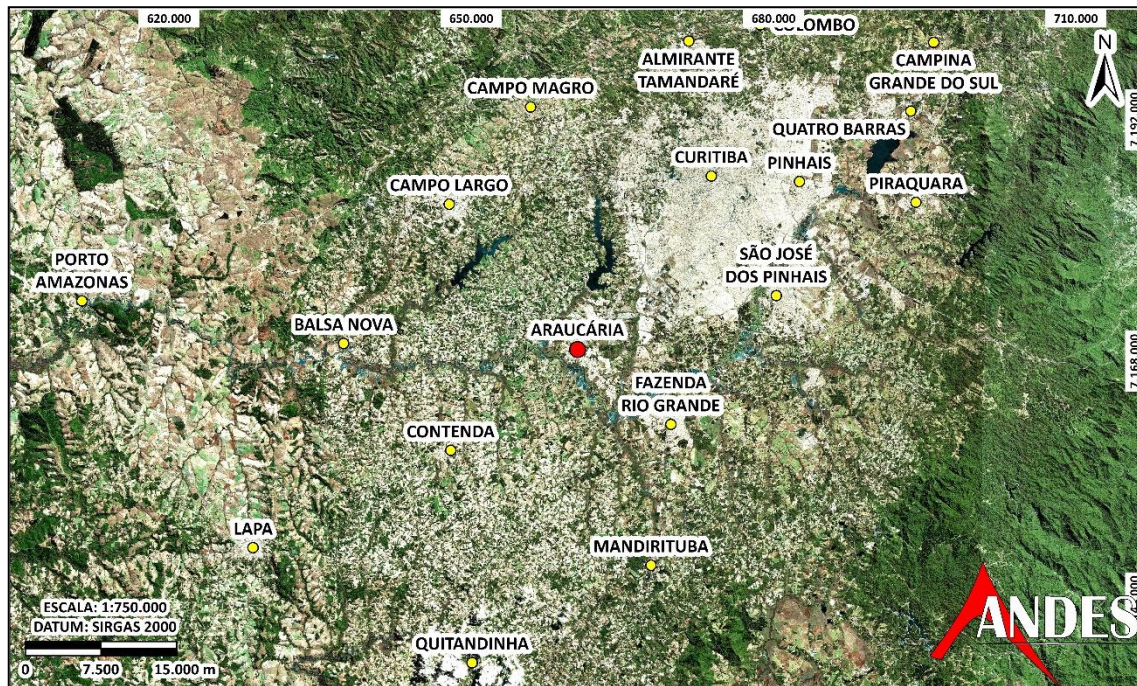


Figura 01: Município de Araucária/PR. Escala 1:750.000 (DigitalGlobe, 2013).

O imóvel está situado no bairro Fazenda Velha, região centro-norte do Município de Araucária (Figura 02).

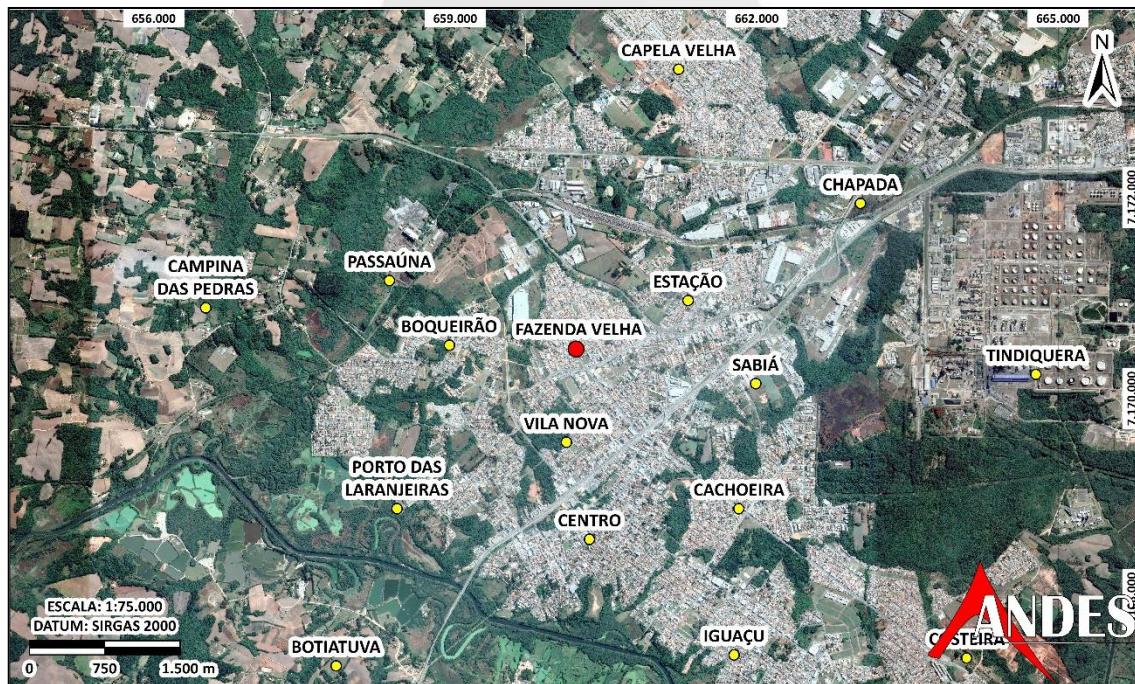


Figura 02: Bairro Fazenda Velha. Escala 1:75.000 (DigitalGlobe, 2020).

Por fim, os limites do lote encontram-se na Rua Ubirajara Sávio Torres, S/N, Latitude: -25,566376°, Longitude: -49,415283° (Figura 03).

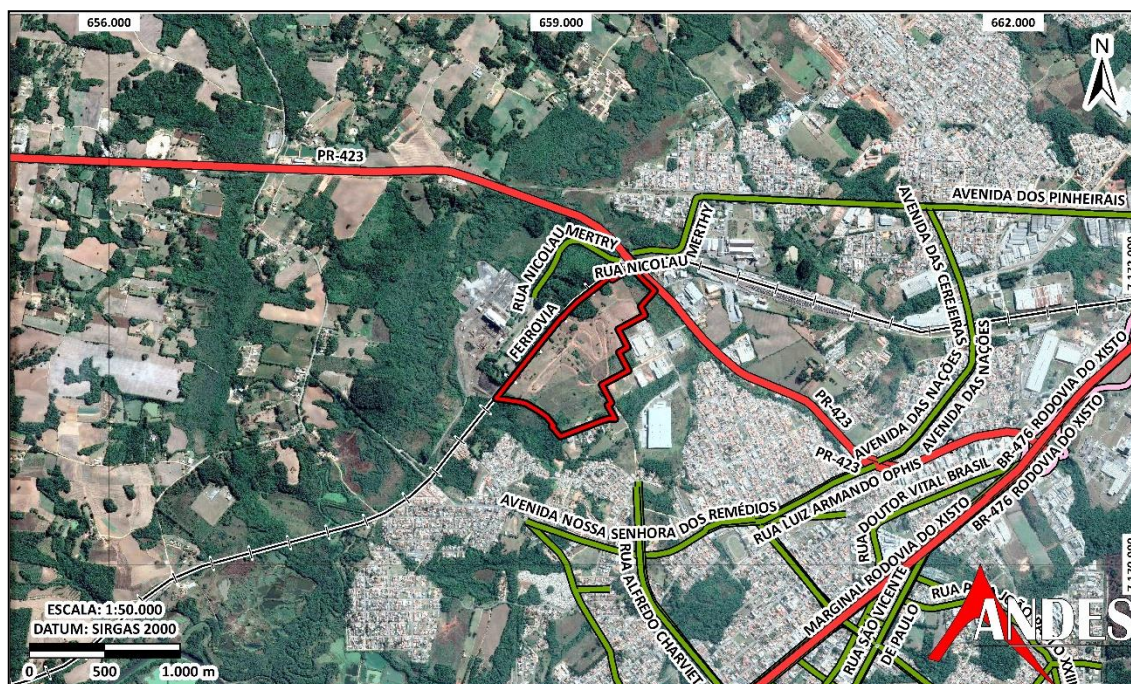


Figura 03: Localização da área avaliada. Escala 1:50.000. (DigitalGlobe, 2020).

3. ESCOPO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS E MATERIAIS UTILIZADOS

3.1. ESCOPO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS

Os trabalhos descritos neste relatório foram divididos cronologicamente nas seguintes etapas:

ETAPA 1:

- Aquisição de fotografias aéreas atuais e anteriores ao período atual da região onde está inserido o terreno avaliado (levantamento do histórico da área);
- Aquisição de levantamentos topográficos da área avaliada;
- Aquisição de mapas geológicos regionais;
- Georreferenciamento das bases obtidas;

ETAPA 2:

- Avaliação do terreno, reconhecimento da área de trabalho e cercanias;
- Levantamento e georreferenciamento das intervenções antrópicas no local e arredores;
- Definição dos pontos e respectiva execução de sondagens com a utilização de trado manual e mecanizado;
- Descrição geológica/hidrogeológica dos testemunhos de sondagem;
- Medição do nível d'água (N.A.) nos furos de sondagem executados;
- Registro fotográfico dos trabalhos de campo e das intervenções antrópicas identificadas;
- Tomadas de coordenadas UTM com auxílio de GPS dos pontos de sondagem realizados e nos demais pontos de importância dentro dos limites e entorno do imóvel;

ETAPA 3:

- Tratamentos dos dados obtidos, elaboração do relatório e dos mapas em anexo;
- Emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) referente aos dados apresentados.

3.2. MATERIAIS UTILIZADOS

Durante a realização dos trabalhos de escritório e de campo foram utilizados os seguintes materiais:

- **Mapa Geológico** do Instituto de Terras, Cartografia e Geociência – **ITCG** de **2018**;
- **Carta Topográfica** da Coordenação Da Região Metropolitana de Curitiba- (antiga **COMEC**): Carta 532 Escala 1:10.000, **1986**;
- **Carta Topográfica** do Instituto das Águas do Paraná (antiga **SUDERHSA**): Carta D41NOD, Escala 1:10.000, **2000**;
- **Carta Topográfica** do Ministério da Defesa - **DSG** - Folha MI-2857-1-NO, escala 1:25.000 de 2003;
- **Fotografia aérea** do Instituto de Terras, Cartografia e Geociência – ITCG (antigo **ITC-PR**): Foto 4416, escala 1:70.000 de **1953**;
- **Fotografia aérea** do Instituto de Terras, Cartografia e Geociência – ITCG (antigo **ITC-PR**): Foto 49649, escala 1:25.000 de **1980**;
- **Fotografia aérea** do Instituto das Águas do Paraná (antiga **SUDERHSA**): Foto D41NOD, Escala 1:10.000, **2000**;
- **Imagens aéreas** do *DigitalGlobe*®: **2003, 2004, 2005, 2009, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021 e 2023**;
- EPI's, GPS (Garmin Monterra), máquina fotográfica digital, estereoscópio de bolso.

4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS (CARACTERÍSTICAS REGIONAIS)

4.1. CLIMA

O Município de Araucária se insere na região leste do Estado de Paraná. Possui o clima quente e temperado, tendo uma temperatura média de 17,3°C e uma pluviosidade média anual de 1615 mm. O mês de agosto é o mais seco, com uma média de 79 mm de precipitação, enquanto o mês de janeiro é o mais chuvoso com 231 mm. Segundo a classificação de Köppen o clima é caracterizado como Cfb (Figura 04).

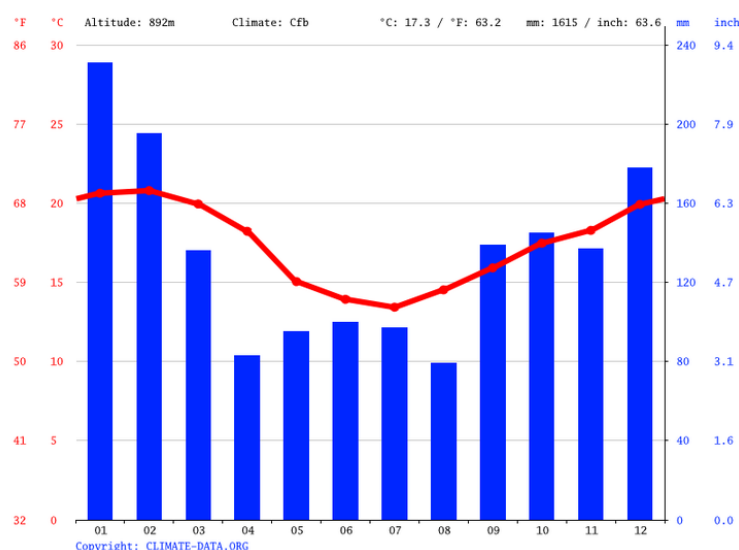


Figura 04: Média de temperatura (vermelho) e de chuva acumulada por mês (barra azul). (Climate-Data.org, 2023).

4.2. GEOMORFOLOGIA

Sob o ponto de vista geomorfológico, a área de estudo é parte integrante da unidade denominada Primeiro Planalto Paranaense, mais precisamente localizado em sua borda oriental. Este planalto foi descrito por Maack (1947), como uma zona de eversão entre a Serra do Mar e a escarpa devoniana, que a oeste, constitui o limite oriental dos sedimentos da Bacia do Paraná. Apresenta duas porções bem distintas quanto aos aspectos morfológicos: a região setentrional, marcada por um relevo mais energético, onde dominam numerosos cabeços de estrato, espigões e vales alongados seguindo direções preferenciais; e a região de Piraquara, na parte meridional, caracterizada por uma topografia ondulada, de colinas suavemente arredondadas, com altitudes uniformes (compreendidas entre 850 a 950 metros).

Bigarella & Mousinho (1965) atribuem o modelamento do relevo à alternância de dois processos morfogenéticos diferentes que tem se alternado periodicamente. O primeiro, operando durante um clima

semi-árido representado por processos mecânicos de morfogênese, ocasionando degradação da topografia. O segundo, correlacionado às condições de clima úmido, originando intemperismo químico, com erosão linear e profunda dissecação do terreno.

Outro fator importante, o qual tem controlado o modelamento do relevo na região, é aquele relacionado a tectônica que modificou as rochas ali existentes. Numa primeira etapa, a partir da Superfície de Curitiba (Pd1), teve origem o festonamento das rochas cristalinas exumadas. Com o avanço dos processos erosivos, surgiram os corredores de migmatitos separando duas áreas onde aflora a cobertura pleistocênica.

Hasui e Almeida (1978) apontam que as características morfológicas da região devem ser analisadas, levando-se em conta a ação tectônica terciária e o modelado no Quaternário. Canali (1981) acrescenta que os processos climáticos, também exercem papel importante como agente catalisador dos fenômenos erosivos e deposicionais.

De modo geral a área de estudo está inserida num contexto geomorfológico representado por um relevo assimétrico, composto por topos amplos e aplainados cujas encostas são suaves e ligeiramente escarpadas. As declividades predominantes variam entre 6 e 12%. A forma de relevo onde ocorre a Formação Guabirotuba é tabuliforme, já nos migmatitos (Complexo Gnáissico-migmatítico ou Complexo Atuba) a morfologia é modelada por colinas baixas e arredondadas, enquanto os aluviões são modelados por planícies de inundação.

4.3. GEOLOGIA

Na região onde se insere a área objeto de estudo, as rochas ocorrem associados a um conjunto de entidades geomorfologicamente similares, dispostas paralelamente à Serra do Mar, preferencialmente numa faixa de direção N30-60E. As unidades geológicas relacionadas a este contexto estão representadas resumidamente na tabela estratigráfica a seguir:

ERA	PERÍODO	GRUPO	UNIDADE GEOLÓGICA
Cenozóico	Quaternário		Depósitos aluvionares, colúvios, zonas pantanosas
	Terciário		Formação Guabiruba: conglomerados, arcósios e argilitos
Mesozóico	Juro-cretáceo	São Bento	F. Serra Geral: diques de diabásio e de dioritos pórfiros
Proterozóico	Superior		Maçios Graníticos da Serra do Mar Sequências Vulcano-Sedimentar Ácidas
		Grupo Açungui (Fiori, 1992)	Formação Antinha
			Formação Votuverava Formação Capiru
	Inferior		Complexo Atuba (Complexo Gnáissico-migmatítico)

Tabela 01: Coluna estratigráfica resumida da Faixa Ribeira. Em **negrito** as unidades geológicas da região da área avaliada.

O Complexo Atuba (também denominado **Complexo Gnáissico-migmatítico – Plcgm**) representa o embasamento cristalino, perfazendo a superfície sobre a qual estão assentadas as demais unidades citadas. Ocupa, no Primeiro Planalto Paranaense, uma área de 7.500 km², abrangendo o município de Curitiba e parte dos municípios de Araucária, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais. Esta unidade confere aos terrenos um relevo constituído principalmente de morros arredondados por vezes acidentados. É composta por anfibolitos, granodioritos, gnaisses, migmatitos e quartzo-biotita-xistos recortados por um sistema de fraturamentos e intrudidos por diques de rochas básicas (doleritos, dioritos) dispostos paralelamente em direções N30-60W (Salamuni, 1998), correlatos ao mesmo evento temporal juro-cretáceo das rochas constituintes da Formação Serra Geral.

Nas regiões próximas às drenagens, ocorrem os **sedimentos aluvionares inconsolidados (QHa)** de idade holocênica, depositados ao longo das principais drenagens da região são formados principalmente por argilas acinzentadas, que a partir da superfície, apresentam um primeiro horizonte com argilas negras, ricas em matéria orgânica, sendo sucedido por camadas argilosas a siltico-argilosas esbranquiçadas. Intercalados a estes pacotes argilosos ocorrem bolsões centimétricos a métricos de areias grossas de composição silicosa com colorações variando de tons esbranquiçados, acinzentados e amarelados. A disposição regional dessas unidades geológicas é melhor observada na Figura 05.

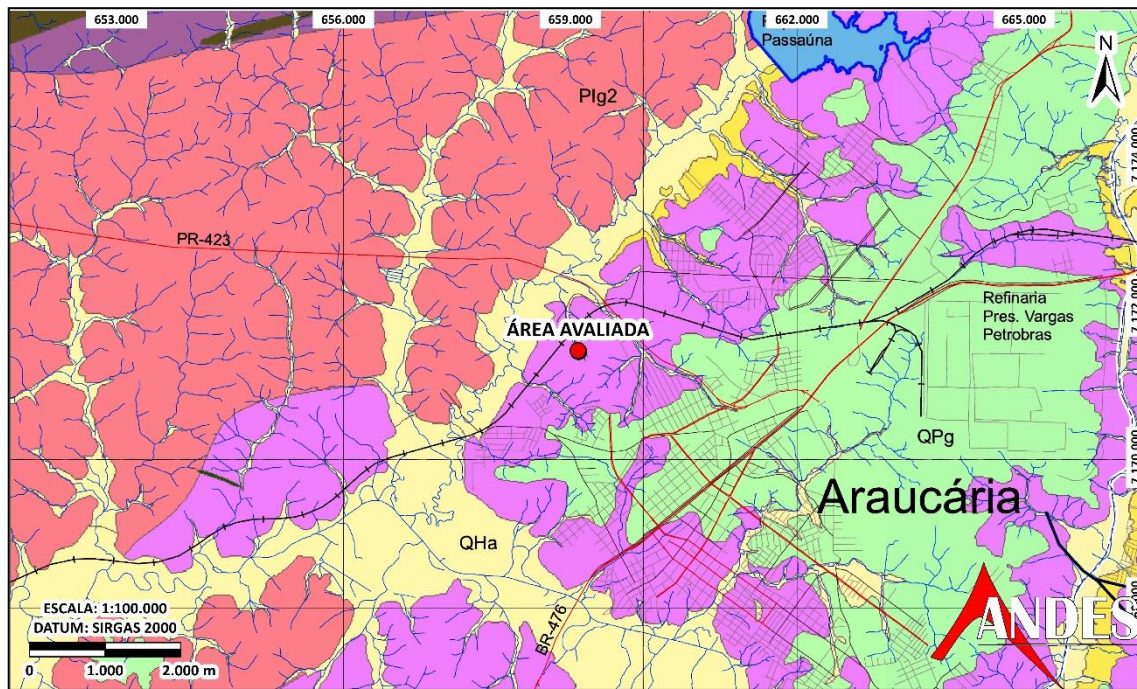


Figura 05: Mapa geológico regional e área avaliada. Escala 1:150.000 (FONTE: ITCG e ANDES GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE, 2018).

Plgn - Complexo Atuba - Unidade Gnáissica: Gnaisses e Migmatitos;

QPg - Formação Guabirotuba: Argilitos, Arcóseos, Arenitos e Conglomerados;

Qha - Sedimentos aluvionares inconsolidados: Sedimentos argilosos, arenosos e cascalhos

4.4. HIDROGRAFIA

O imóvel está inserido na **sub-bacia do Rio Passaúna**, que possui uma área aproximada de 217 Km². O destino das águas que incidem sobre a área avaliada, o Rio Passaúna, recebe nesse ponto as cargas provenientes dos rios Juriqi, Bambeca, Custódio, Cachoeirinha, Três Marias, entre outros (Figura 06).

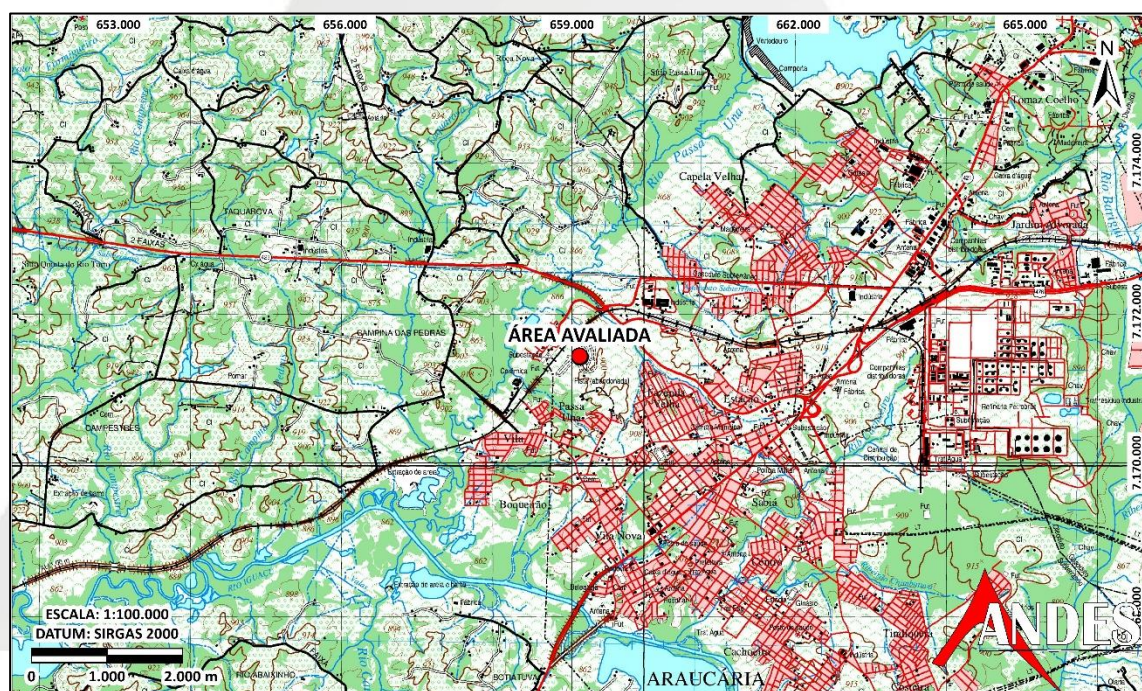


Figura 06: Carta topográfica MI-2857-1-NO. Escala 1:100.000 (Original em escala 1:25.000, Fonte: IBGE, 2010).

A bacia do Rio Passaúna constitui atualmente em um dos mananciais de água para abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). A água é captada pela Sanepar no reservatório formado pelo represamento do rio. Entretanto, **a área avaliada está à jusante da captação, não interferindo na mesma.**

5. TRABALHOS EXECUTADOS

5.1. TRABALHOS PRÉVIOS EXECUTADOS

Os trabalhos foram iniciados com a aquisição de bases topográficas, mapas geológicos e fotografias aéreas da região. O georreferenciamento foi determinante para que essas informações pudessem ser correlacionadas e plenamente analisadas.

Convergindo as informações que essas bases ofereciam, primeiramente permitiu uma compreensão inicial do terreno a ser avaliado. Na sequência, a avaliação de imagens aéreas georreferenciadas de diversas épocas (1953, 1980, 2000, 2003, 2004, 2005, 2009, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021 e 2023) possibilitou a compreensão da situação e da evolução da ocupação na região por um período de 70 anos. Isso auxiliou no entendimento do contexto natural primitivo da área e suas sequentes alterações antrópicas.

5.2. TRABALHOS DE CAMPO EXECUTADOS

Entre os dias 09 e 11 de janeiro de 2024 foram realizados levantamentos de campo visando a área e o seu entorno quanto à caracterização de obras civis (canalizações, escavações, aterros, trincheiras, etc.) e quanto à existência de corpos hídricos (córregos, drenagens, nascentes, surgências de água, Fotografia 01).



Fotografia 01: Vista da área estudada (Andes Geologia, 2024).

Na mesma oportunidade, foram executadas as sondagens e a amostragem de solo visando compreender o arcabouço geológico-hidrogeológico do local. Também foram efetuadas leituras com GPS para posterior georreferenciamento visando confrontar estes pontos com as bases planialtimétricas e imagens áreas oficiais da região onde encontra-se a área em estudo (Figura 07).



Figura 07: Área avaliada. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2023).

Para o reconhecimento do terreno, foram executados furos de sondagem com a utilização de trado manual e mecanizado (Fotografias 02 e 03). Os furos foram locados de forma a investigar a totalidade do imóvel acerca da existência de ocorrências hídricas, avaliando o posicionamento da superfície freática nos pontos investigados através da aquisição de dados hidrogeológicos, além de permitir caracterizar a espessura e a constituição dos solos por meio de sua descrição (caracterização do perfil pedológico e geológico do terreno).



Fotografia 02: Execução de sondagem manual ST-02 (Andes Geologia, 2023).



Fotografia 03: Execução da sondagem mecanizada ST-06 (Andes Geologia, 2023).

Foram realizados doze (12) furos de sondagem, denominados ST-01 a ST-12 (ANEXO 01), sendo distribuídos no terreno para obter informações detalhadas do local. Ao total, foram investigados 54,25 metros e descritos 69 estratos geológicos. A profundidade máxima atingida nestes furos foi de 6,00 m. A disposição dos furos sondagens executados estão representados no ANEXO 02 e na Figura 08.



Figura 08: Disposição das sondagens executadas na área estudada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

Também foram coletadas duas (02) amostra de solo representativa do substrato investigado para a determinação do coeficiente de permeabilidade do mesmo (Figura 09).

As profundidades finais das sondagens variaram em função do nível de água do aquífero freático. Após o término das perfurações, cada ponto locado foi sobreposto na base planialtimétrica da área. Com os dados obtidos a partir das medições do nível de água (N.A.) estabilizado e com base nas cotas topográficas referentes a cada ponto investigado, foi possível determinar o sentido preferencial de fluxo subterrâneo no local (potenciometria). As informações levantadas estão sintetizadas na Tabela 02 quanto a sua identificação, coordenadas, profundidade final, cota topográfica, níveis de água iniciais e estabilizados (finais).

Tabela 02: Resumo da campanha de sondagem na área investigada e respectivos dados hidrogeológicos adquiridos.

PONTO	COORD.UTM SIRGAS 2000		COTA (m)	PROFUNDIDADE INVESTIGADA (m)	N.A. INICIAL (m)	N.A. FINAL (m)	CARGA HIDRÁULICA FINAL (m)
	X	Y					
ST-01	659.178	7.171.079	901,07	6,00	-	-	-
ST-02	658.984	7.170.936	888,58	2,00	1,85	1,02	887,56
ST-03	658.840	7.171.110	891,03	5,00	4,50	4,35	886,68
ST-04	659.074	7.171.488	891,12	3,00	2,70	2,02	889,10
ST-05	659.201	7.171.267	902,47	6,00	-	-	-
ST-06	659.231	7.171.375	899,7	6,00	-	-	-
ST-07	659.385	7.171.625	895,66	6,00	3,80	3,55	892,11
ST-08	659.208	7.171.788	887,91	6,00	6,00	4,89	883,02
ST-09	659.112	7.171.647	886,77	2,00	0,97	0,81	885,96
ST-10	659.055	7.171.505	889,47	2,00	1,10	0,34	889,13
ST-11	658.913	7.171.467	893,28	6,00	-	-	-
ST-12	658.703	7.171.233	887,09	3,50	3,00	1,94	885,15

Legenda: ST = Sondagem à trado; N.A. = Nível de água; (-) = Não determinado.

6. ASPECTOS NATURAIS DA ÁREA AVALIADA

A partir da análise de fotografias aéreas históricas, das vistorias em campo, dos levantamentos planialtimétricos locais e regionais, do mapeamento geológico e da dinâmica do lençol freático local, foi permitido compreender a configuração original fisiográfica da área avaliada. Mesmo diante dos efeitos decorrentes da ocupação da região, é possível avaliar as características físicas naturais da área sob seus planos:

- Superfície: Aspectos acima do plano da topografia (relevo e hidrografia);
- Subsuperfície: Aspectos abaixo do plano da topografia (geologia e hidrogeologia).

Os aspectos de subsuperfície (geologia) são os que geram reflexos mais contundentes no relevo, este por sua vez fornece à superfície suas características acerca de cobertura vegetal e corpos hídricos. O entendimento da geologia é essencial para a compreensão dos processos superficiais, por isso, ela será primeiramente discutida.

6.1. SUBSUPERFÍCIE

6.1.1. CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA LOCAL

A descrição sistemática da geologia local a partir dos furos de sondagem permitiu a compreensão do contexto pedológico e geológico/hidrogeológico em que a área está inserida. O substrato da área avaliada e seu entorno imediato é composto pelas **rochas alteradas do Embasamento Cristalino e por Sedimentos Inconsolidados Recentes** (ANEXO 03).

A primeira, o saprólito (transição entre rocha e solo) do **Granito-Gnaiss**, apresenta-se **silto-argiloso, eventualmente somente argilo-siltoso**. Possui **tons vermelho-acastanhados, eventualmente acinzentados. Compacidade e plasticidade que variam de baixa a alta** (Fotografias 04 e 05).



Fotografia 04: Afloramento de Granito-Gnaiss descrito na AF-01 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 05: Saprólito de Granito-Gnaiss sondado na ST-06 (Andes Geologia, 2024).

Esse padrão de coloração observado (tons avermelhados sobreposto aos acinzentados) é reflexo da alteração que o intemperismo químico gera. Onde o material está submerso (em uma porção abaixo do lençol freático) predominam condições redutoras de baixa oxigenação, assim preservando as cores naturais dos minerais ferro-magnesianos (tons acinzentados, Fotografia 06). Nas porções superiores, acima do lençol freático, predomina a tonalidade avermelhada em decorrência da oxidação que os mesmos minerais ferro-magnesianos sofrem (Fotografia 07).



Fotografia 06: Material acinzentado localizado abaixo da superfície freática sondado na ST-08 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 07: Material avermelhado localizado acima da superfície freática sondado na ST-05 (Andes Geologia, 2024).

Acima dessa unidade, nas sondagens ST-04, ST-12 e **especialmente nas ST-09 e ST-10 encontra-se um material que pode ser classificado como coluvionar**. São acumulações de material não consolidado, como solo, sedimentos desagregados, que foram transportados por gravidade e depositados nas porções mais baixas do terreno. **Apesar de ser um processo natural, esses depósitos foram induzidos pela atividade humana na área.** As extensas modificações que foram impostas no terreno geraram essa deposição “não natural”, o que será discutido na continuidade do presente estudo (Fotografias 08 e 09).



Fotografia 08: Sedimento depositado sobre a superfície da ST-09 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 09: Sedimento depositado sobre a superfície da ST-10 (Andes Geologia, 2024).

Cabe ressaltar que **foi verificado diversos indicadores de um intenso cisalhamento** (processo de falhamento/fraturamento) nas rochas. Lineamentos minerais, estiramento de grãos de quartzo, alternância abrupta de quebras negativas e positivas no terreno mostram que **a região sofreu muitos esforços deformacionais ao longo do tempo geológico**. Isso gerou reflexos contundentes no relevo e na **dinâmica hídrica acima dele**, o que será discutido na continuidade do presente estudo. O mapa geológico local (ANEXO 03, Figura 09) mostra a disposição dessas unidades na área avaliada.

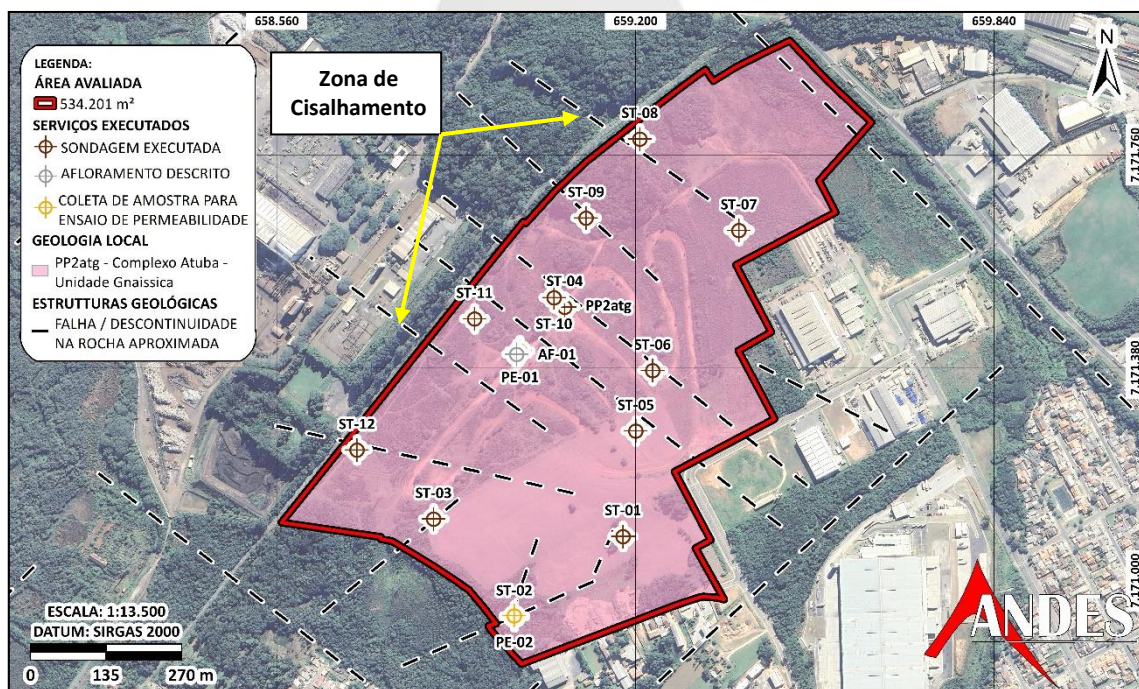


Figura 09: Mapa geológico da área avaliada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

6.1.2 CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA LOCAL

As águas do aquífero freático, superficial ou livre são aquelas acumuladas na zona saturada do solo. Essa superfície depende da topografia do terreno, tendendo em geral a acompanhar a conformação da superfície do solo. A elevação do lençol freático flutua naturalmente durante o ano todo, em função de períodos secos e chuvosos, podendo variar desde alguns centímetros até algumas dezenas de metros, dependendo das condições topográficas do terreno e das áreas de recarga.

Para a confecção do mapa da superfície freática, também chamado de **mapa potenciométrico**, extraiu-se as cotas topográficas relativas referentes a cada ponto investigado e a respectiva medição da profundidade do nível de água estabilizado. **A diferença entre a cota topográfica relativa e a altura da superfície freática em relação à superfície do terreno possibilitou a determinação das cargas hidráulicas correspondentes em cada ponto sondado.**

Em função da descrição dos furos de sondagem realizados, verificou-se que o freático local consiste em **um aquífero de caráter livre e homogêneo**, com seus **níveis se concentrando na profundidade entre 0,97 e 4,89 m** (com regiões mais profundas que 10,00 m, Fotografia 10).



Fotografia 10: Medição do nível freático final (Acervo Andes Geologia).

A partir das cargas hidráulicas correspondentes a cada furo de sondagem executado na área avaliada e da respectiva interpolação destes valores, foi possível a confecção do mapa potenciométrico local referente a 01/04/2024. Definindo-se o sentido de fluxo como sendo perpendicular às linhas equipotenciais, verifica-se que a superfície potenciométrica acompanha aproximadamente a topografia do terreno, com **a região das sondagens ST-01 e ST-05 sendo a região mais a montante, com fluxo se dirigindo para oeste e uma inflexão para noroeste** (ANEXO 04A, Figura 10).

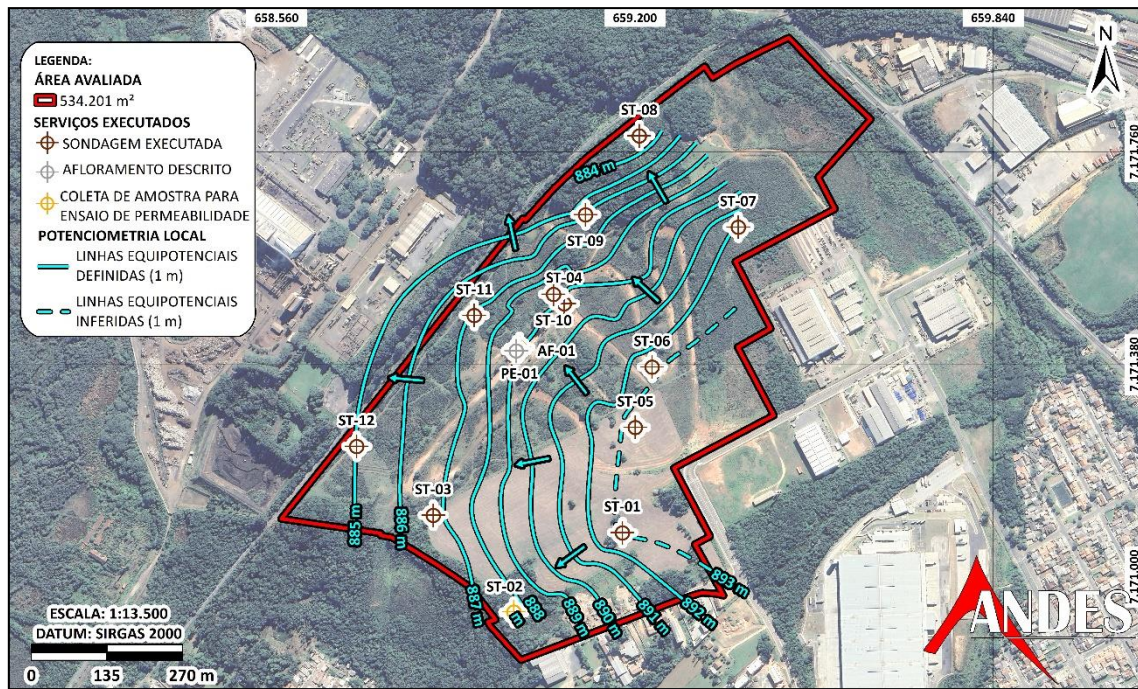


Figura 10: Potenciometria em 01/04/2024 da área avaliada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

Subtraindo a superfície freática dos dados de elevação do terreno, **obteve-se a profundidade do lençol freático** (diferentemente da cota de elevação das cargas hidráulicas da potenciometria). Observando o ANEXO 04B e a Figura 11, constata-se que **o freático está em profundidades superiores a 5,00 m em praticamente toda a área avaliada**. Já nas proximidades das sondagens ST-02 e ST-12, o freático está na faixa de 1,00 - 2,00 m da superfície e, nas sondagens ST-09 e ST-10 ainda mais raso. A causa desses níveis muito próximos da superfície nessa região oeste do imóvel estudado será melhor discutida no capítulo da **Evolução da Intervenção Antrópica e Eventos Resultantes**.

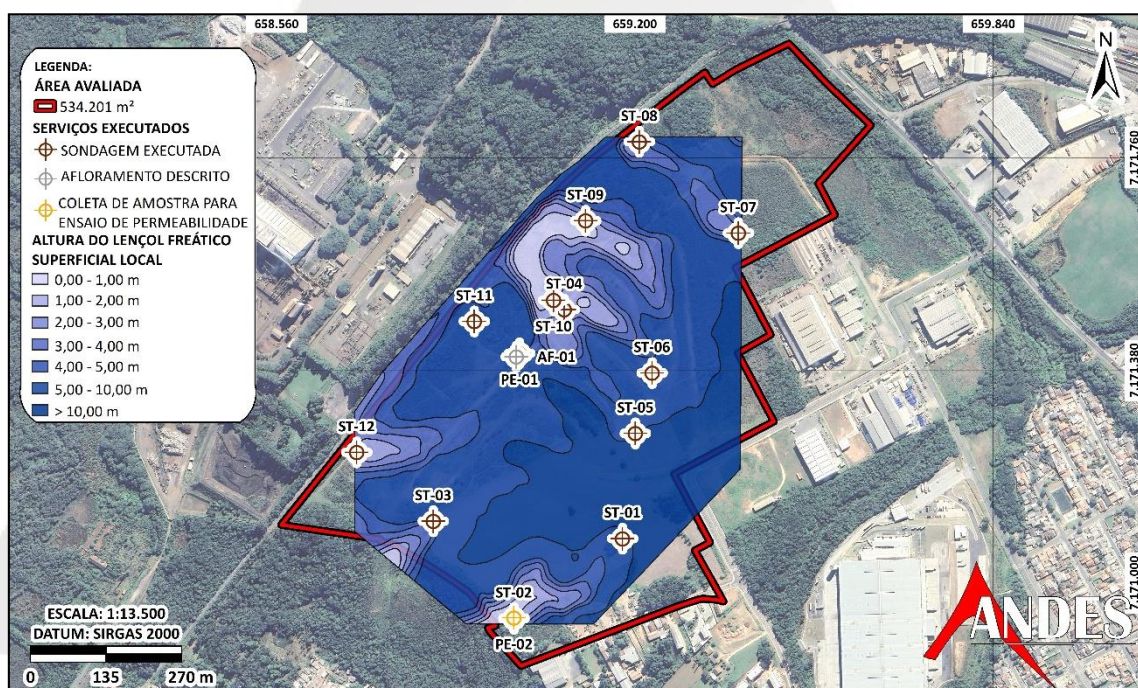


Figura 11: Profundidade do lençol freático superficial na área avaliada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

6.1.2.1 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DO SOLO

Para entender melhor como o fluxo subterrâneo se comporta, foram coletadas duas (02) amostras de material com o intuito de determinar o coeficiente de permeabilidade do meio (qual é a quantidade de água que passa por uma unidade do solo em um tempo determinado).

Posteriormente, o material foi enviado à ALPES LABORATÓRIO DE ENSAIOS FÍSICOS DE SOLO E DE AMONSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA para ser analisado (ANEXO 10). As informações e os valores do ensaio de permeabilidade encontram-se sintetizadas na Tabela 05.

Tabela 05: Identificação das amostras analisadas, sua localização e o resultado da análise de permeabilidade.

ENSAIO DE PERMEABILIDADE		
Amostra	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000	Coeficiente de Permeabilidade (K)
PE-01	658.994 / 7.171.410	$K = 2,30 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
PE-02	658.984 / 7.170.937	$K = 5,47 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$

O resultado obtido de K para a amostra **PE-01** ($2,30 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$) é o mesmo que o número 2,30 precedido de quatro “zeros” (0,000230). Isso **equivale a dizer que a água infiltra 20 cm metro em um dia**, o que permite classificá-la como de **PERMEABILIDADE BAIXA**. Já a amostra **PE-02** ($5,47 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$) é **o mesmo que 0,5 cm infiltrado no solo em um dia, sendo considerado como PERMEABILIDADE MUITO BAIXA**. Os valores apresentados nos laudos analíticos emitidos corroboram com o descrito em campo, segundo BRASSINGTON e MELLO e TEIXEIRA (Tabela 06).

Tabela 06: Valores de K (cm/s) em função do tipo de solo (adaptação de Mello e Teixeira, 1967).

K (cm/s)	10^2	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}
SOLO	Pedregulhos		areias	areias finas siltosas e argilosas, siltes argilosos, argilas siltosas		argilas



Fotografia 11: Saprólito de Granito-Gnaiss (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 12: Solo residual (Andes Geologia, 2024).

A amostra PE-01 corresponde ao saprólito do granito-gnaiss (Fotografia 11) e a PE-02 é o seu solo residual (Fotografia 12). Mesmo sendo ambas classificadas como de baixa permeabilidade, **a amostra PE-01 é 40 vezes mais permeável que a amostra PE-02**. Ou seja, ao retirar o solo e expor o saprólito, a água infiltra no terreno 40 vezes mais rápido. **Essa condição afeta significativamente o escoamento superficial e os processos erosivos atualmente em curso**, o que será discutido no decorrer do relatório.

6.2. SUPERFÍCIE

6.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO (TOPOGRAFIA) LOCAL

Ao compreender o substrato rochoso e sua dinâmica hídrica, foi possível entender seu reflexo no terreno por meio das suas características topográficas (Fotografia 13).



Fotografia 13: Vista do relevo da área estudada (Andes Geologia, 2024).

O mapa topográfico utilizado foi o disponibilizado pelo contratante, com curvas de nível equidistantes em 1,00 metro e que abrange toda a região avaliada (ANEXO 05A, Figura 12).

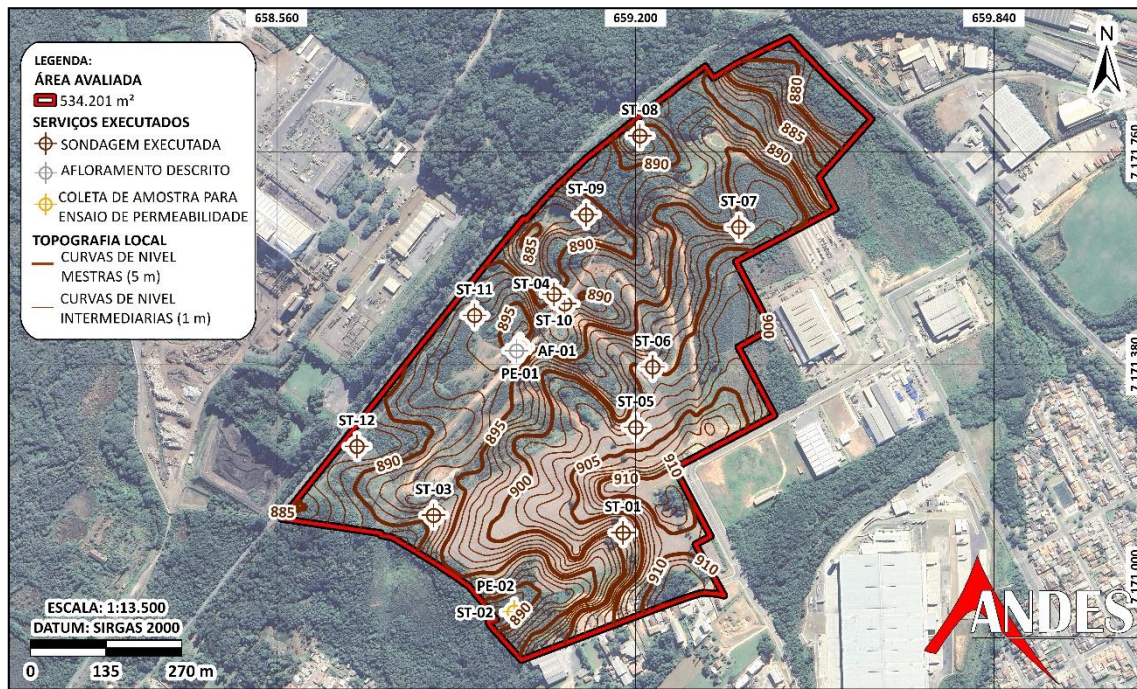


Figura 12: Mapa topográfico da área avaliada. Escala 1:13.500 (Contratante, 2023).

Softwares de interpolação de dados pelo método da krigagem (regressão de uma variável interpolada que leva em consideração as características espaciais de auto correlação de variáveis regionalizadas), geram o Modelo Digital do Terreno (MDT) onde é possível ter uma concepção tridimensional da superfície local (ANEXO 05C, Figura 13).

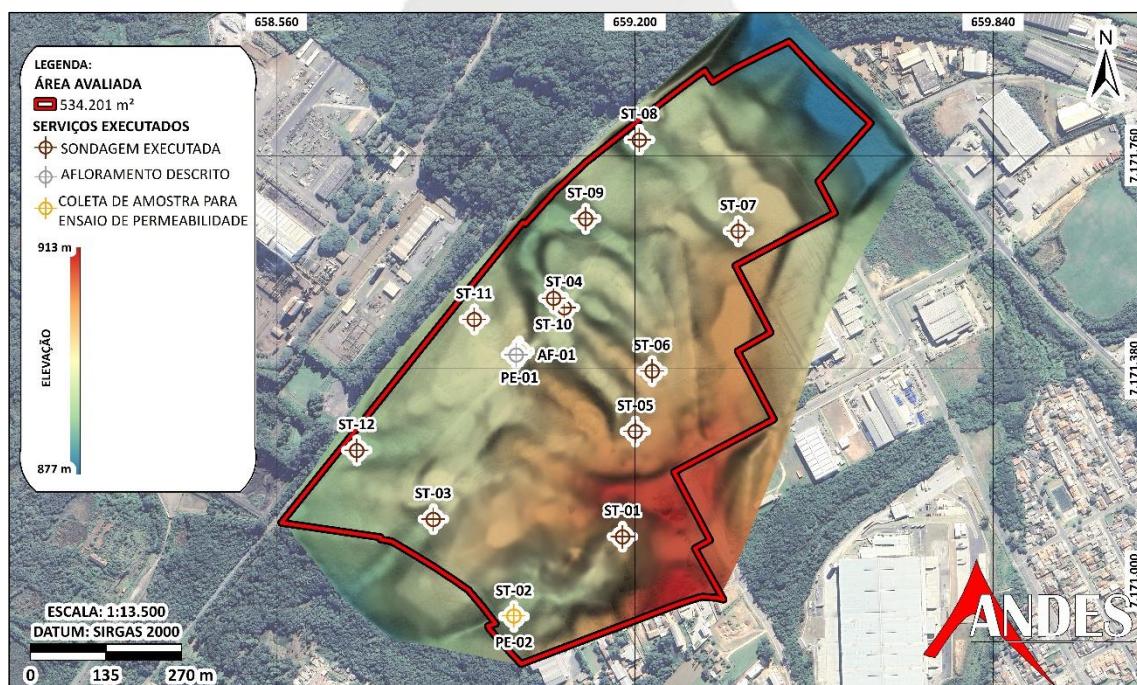


Figura 13: Área avaliada e modelo digital de terreno - MDT. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

De acordo com o levantamento topográfico disponibilizado pelo contratante, as maiores elevações no terreno estão localizadas na porção sul do imóvel, atingindo a cota de 912,81 m, enquanto as menores cotas são encontradas na porção nordeste com 877,19 m (ANEXO 05D, Figura 14).

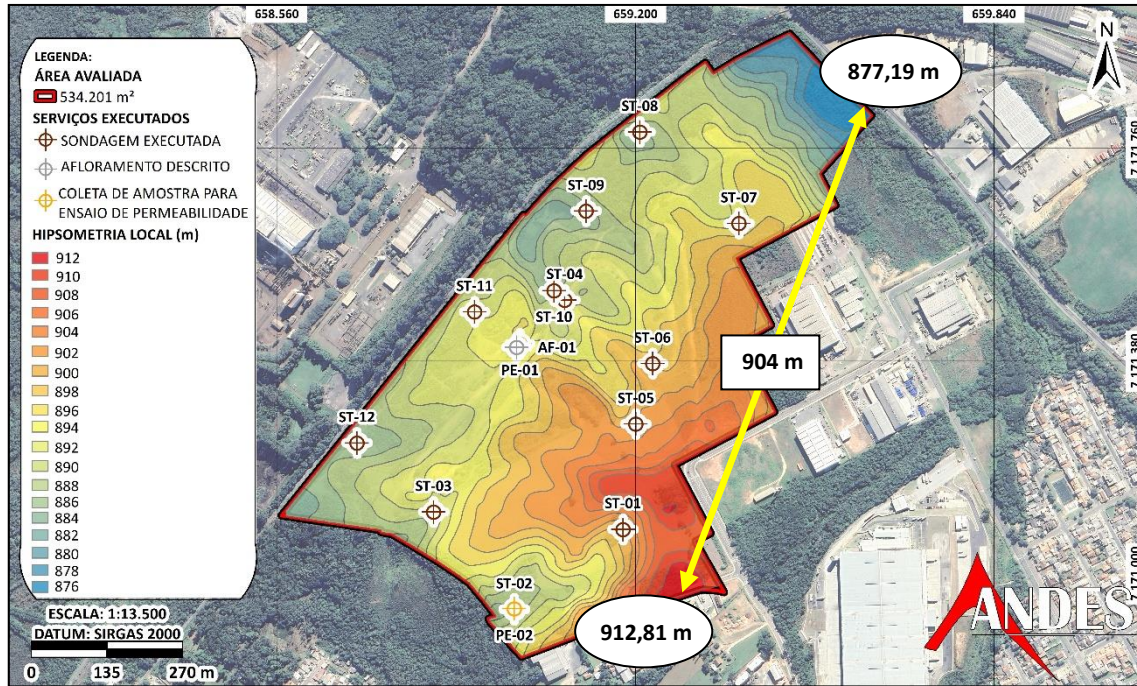


Figura 14: Hipsometria da região. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

A diferença entre essas duas cotas (cota máxima e mínima) no terreno é de 35,62 m. Dividindo-se esse valor pela distância (904 m) chega-se ao resultado de 0,03940, que é a tangente do ângulo de 2,26° de inclinação. Esse valor em porcentagem (3,94%) corresponde a um **relevo suave ondulado** (entre 3% e 8%) para o imóvel como um todo. A separação em intervalos de declividade encontra-se na Figura 15, ANEXO 05E.



Figura 15: Mapa de declividades local. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

6.2.2 CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGRAFIA LOCAL

Concebido a geologia, a hidrogeologia e o relevo da região, parte-se para o entendimento do que se encontra acima deles, a dinâmica hídrica superficial.

O escoamento do terreno, ou a dinâmica hídrica superficial, pode ser tanto de águas pluviais, quanto de fluviais. A primeira se refere à fluxos que se originam de chuvas, enquanto que a segunda é atribuída à rios. Sempre migrando naturalmente das porções mais altas para as mais baixas do terreno, o objetivo desse estudo é caracterizar a sua origem, se pluvial ou fluvial, se natural ou induzida pela atividade humana. Somente o reconhecimento em campo dos possíveis cursos hídricos poderá asseverar se o terreno tem ou não corpos hídricos em seu interior.

Como visto anteriormente, a região sofreu muitos esforços deformacionais ao longo do tempo geológico resultando em uma Zona de Cisalhamento que atravessa o terreno estudado. Isso gerou reflexos contundentes no relevo e na dinâmica hídrica acima dele. Um bom exemplo de como o cisalhamento afeta a paisagem pode ser observada na Figura 16 e no ANEXO 05B.

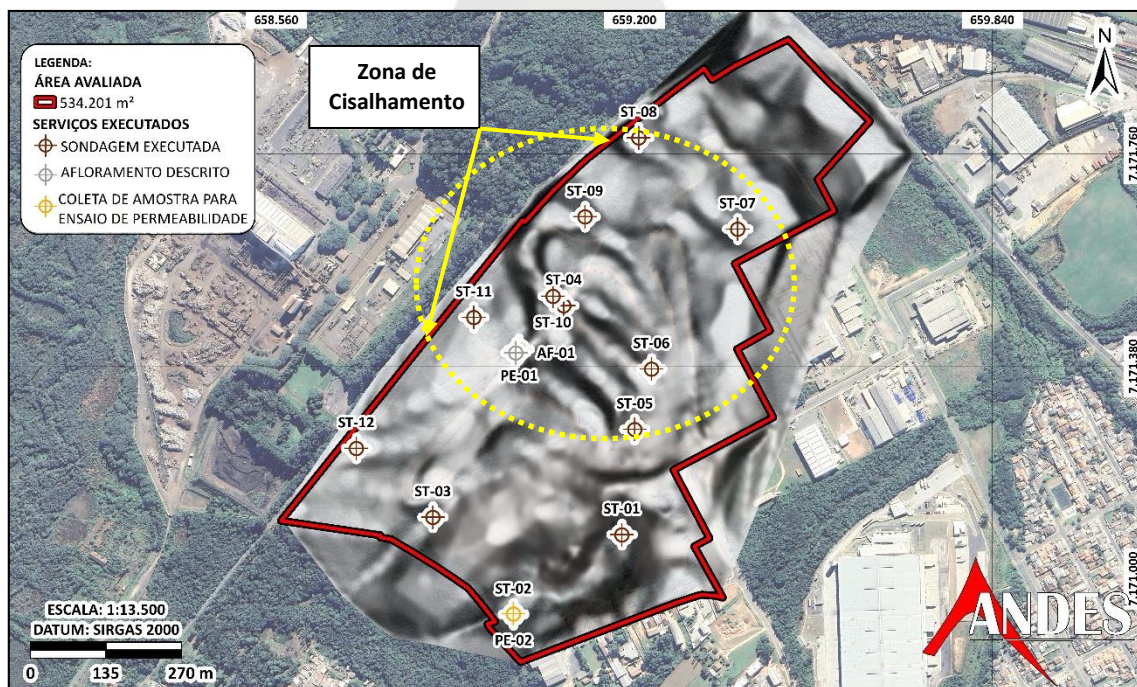


Figura 16: Relevo sombreado (*hillshade*) e Zona de Cisalhamento. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

Essa condição gerou um grande número de Microbacias (porções menores de terreno que coletam e direcionam a água da chuva para corpos hídricos, ANEXO 06A, Figura 17).

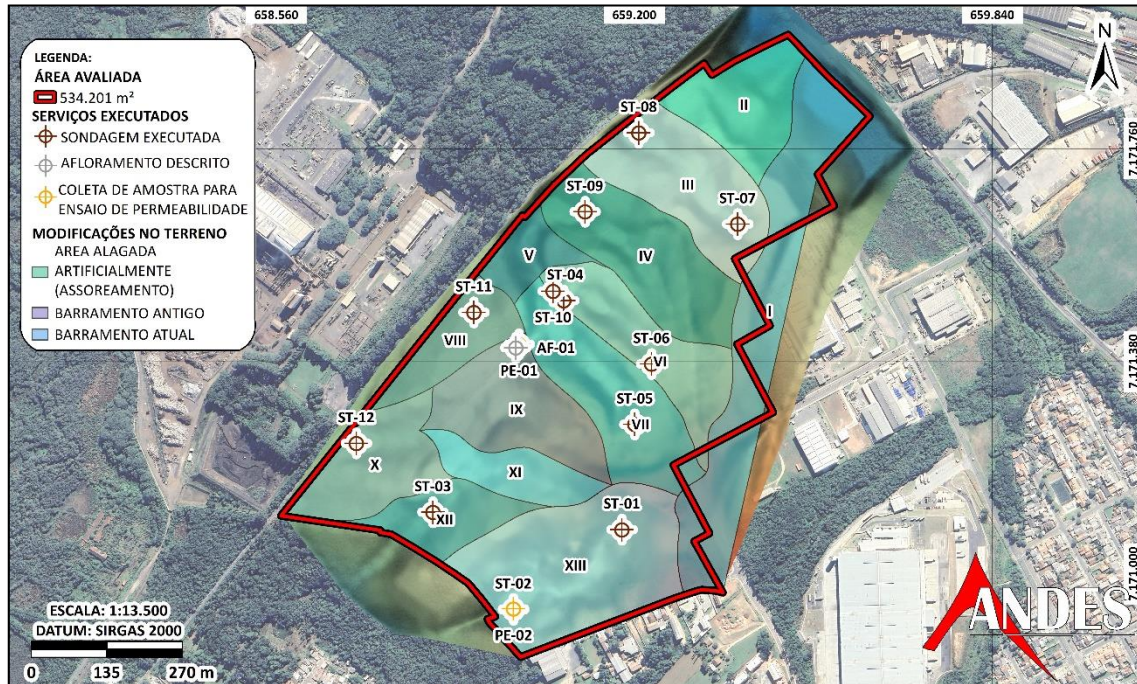


Figura 17: Microbacias da área avaliada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

As microbacias existentes na área avaliada são pequenas (menos de 4 hectares em média, resultante da intensa alternância de relevo gerada pela Zona de Cisalhamento), dessa forma tendo **pouca contribuição hídrica**. Essas regiões restritas **difícilmente comportam um corpo hídrico sem que esse seja efêmero** (de ocorrência somente em episódios de chuvas, Fotografias 14 e 15), **dada a pouca área de drenagem** (ANEXO 06B, Figura 18).

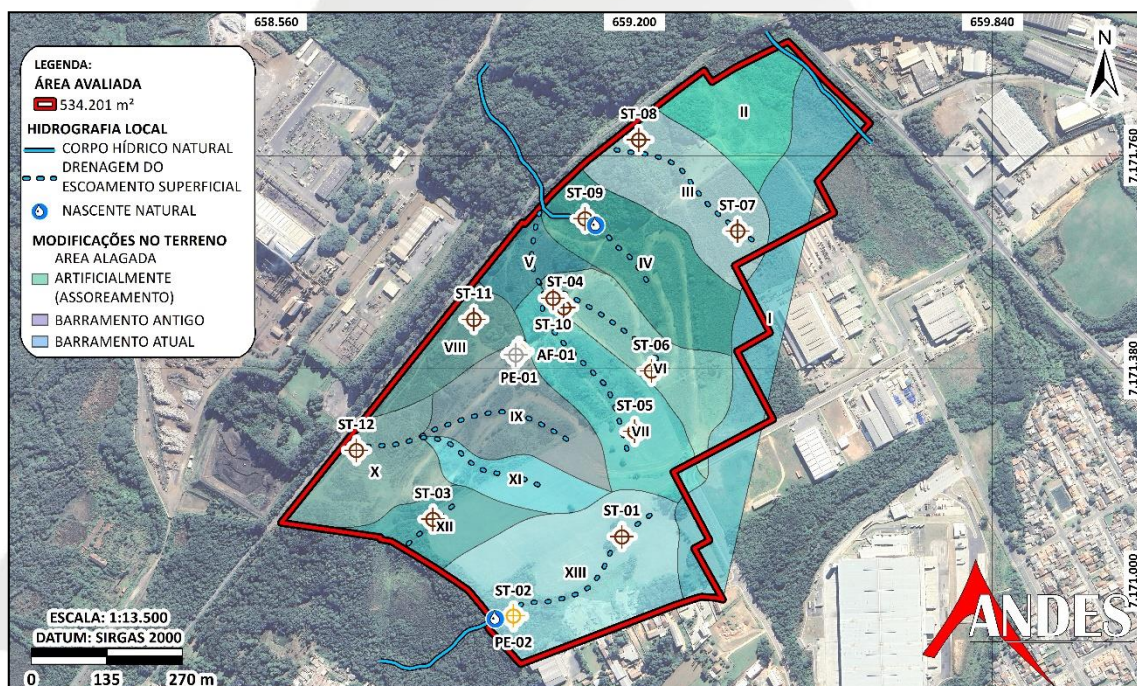
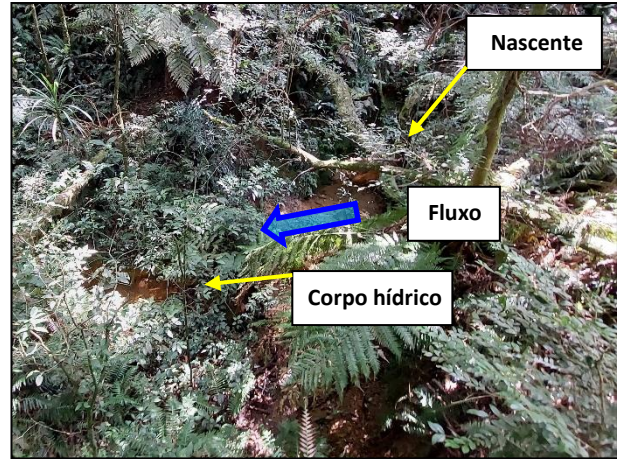


Figura 18: Microbacias e drenagem do escoamento superficial da área avaliada. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 14: Drenagem efêmera (ocorrência somente em episódios de precipitação) nas proximidades da ST-02 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 15: Nascente e corpo hídrico resultante do seu fluxo nas proximidades da ST-02 (Andes Geologia, 2024).

Essa condição da hidrografia natural local ainda será demonstrada nas fotos aéreas históricas, na evolução das intervenções no terreno e nos eventos resultante (ANEXO 06C, Figura 19).



Figura 19: Hidrografia natural local. Escala 1:13.500 (Andes Geologia, 2024).

7. EVOLUÇÃO DA INTERVENÇÃO ANTRÓPICA E EVENTOS RESULTANTES

7.1. EVOLUÇÃO DA INTERVENÇÃO ANTRÓPICA

Para entender a situação atual em que se encontra a área avaliada necessita-se, em primeiro lugar, de uma caracterização breve do meio físico local (onde aspectos geológicos, topográficos e hidrológicos definem a dinâmica hídrica) e, em segundo lugar, a evolução da atividade na região, com suas intervenções decorrentes e que será abordado nesse capítulo juntamente com os seus eventos resultantes.

A partir da avaliação de fotografias aéreas e imagens de satélite georreferenciadas disponíveis para consulta pública, que compreendem um período de 70 anos (1953 a 2023), foi possível discutir as modificações ocorridas no entorno e no terreno avaliado.

A fotografia aérea de 1953 é o primeiro registro histórico da área. Nela **é possível ver a região pouco alterada, com uma ocupação incipiente**. Destaca-se o antigo traçado da ferrovia, que passava a cerca de 250 m da área avaliada (ANEXO 07A, Figura 20).

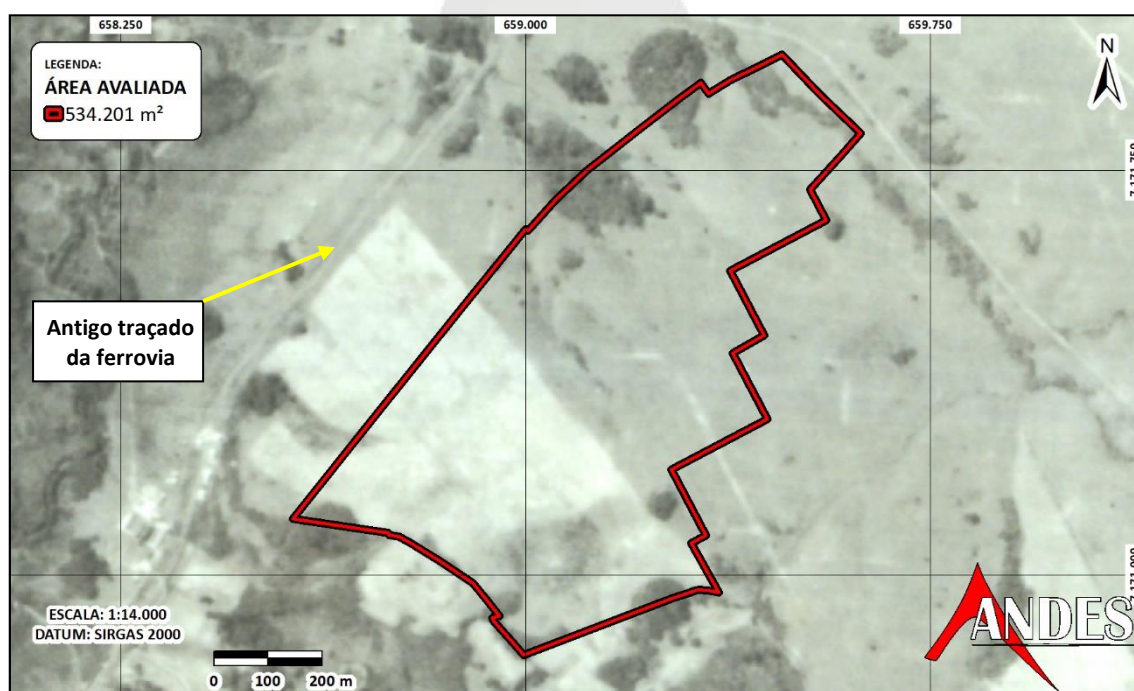


Figura 20: Imagem aérea de 1953. Escala 1:14.000 (ITC-PR, 1953).

A fotografia aérea seguinte, de 1980, já exibe **o novo traçado da ferrovia**, margeando a área avaliada. Essa intervenção de grandes proporções causou efeitos no escoamento hídrico superficial no interior do lote estudado (ANEXO 07B, Figura 21).

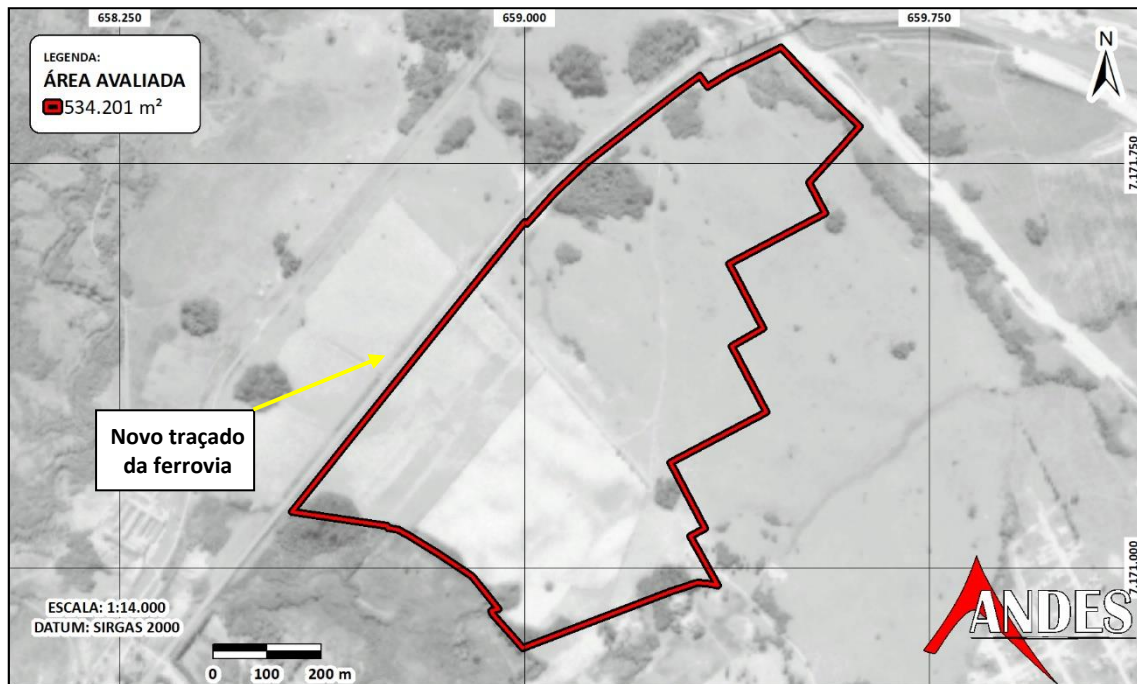


Figura 21: Imagem aérea de 1980. Escala 1:14.000 (ITC-PR, 1980).

Grandes modificações aparecem no registro de 2000. Surgem indústrias no entorno da área avaliada e, em seu interior, uma pista de corrida que gerou várias modificações no terreno, como o barramento do escoamento superficial e o surgimento de represamentos artificiais (ANEXO 07C, Figura 22).

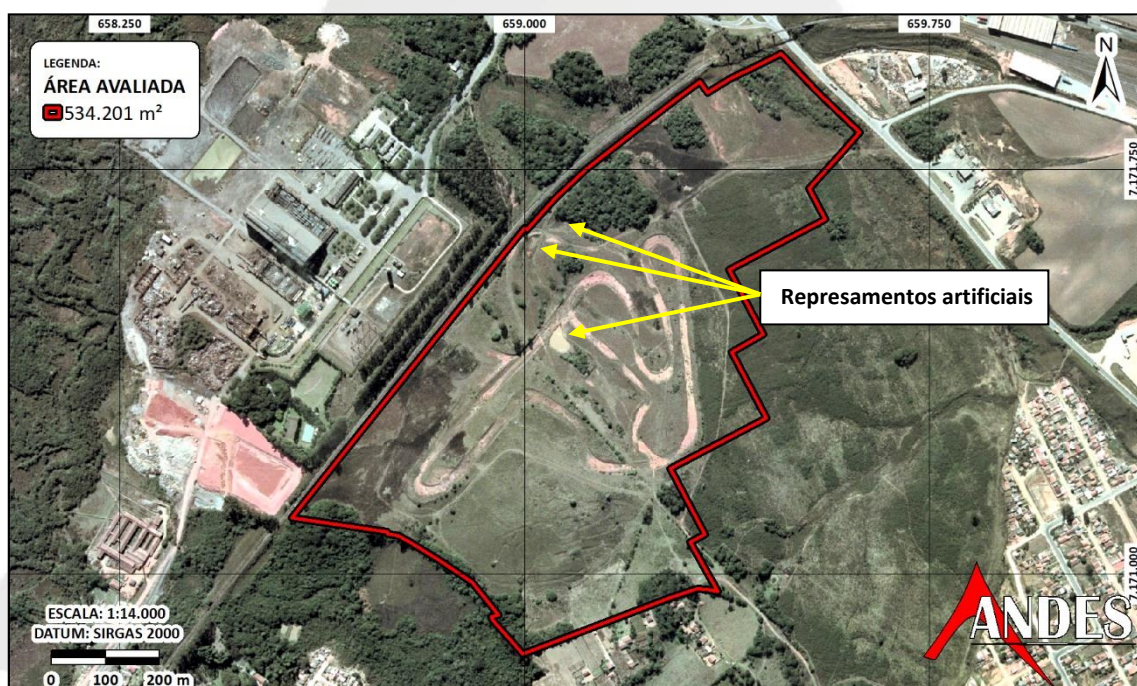


Figura 22: Imagem aérea de 2000. Escala 1:14.000 (SUDERHSA, 2000).

O registro histórico de 2003, a carta topográfica MI-2857-1-NO, em escala de semidetalhe (1:25.000) ilustra graficamente algumas dessas alterações impostas no terreno. As intervenções da ferrovia e da pista de corrida impuseram bloqueios ao escoamento hídrico superficial, gerando barramentos artificiais (Figura 23).

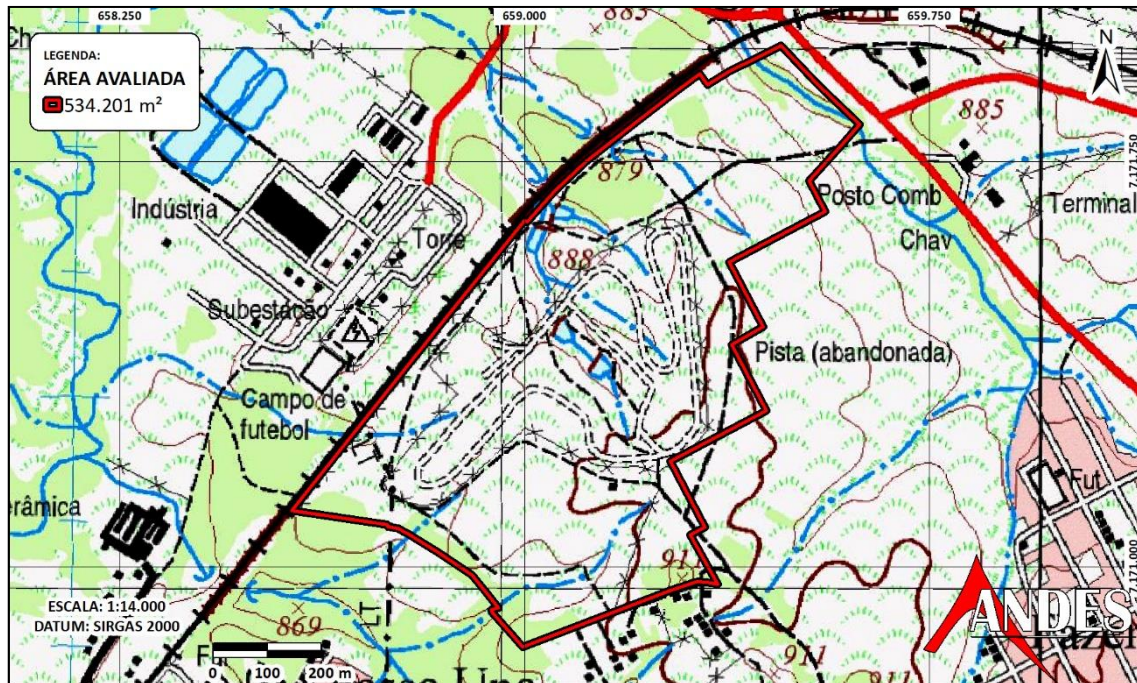


Figura 23: Imagem aérea de 2003. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2012).

A imagem de 2004 mostra uma pequena vala que dá vazão ao excesso hídrico de um dos barramentos artificiais ao cruzar com a pista de corrida, direcionando as águas para outro represamento mais à jusante (ANEXO 07D, Figura 24).

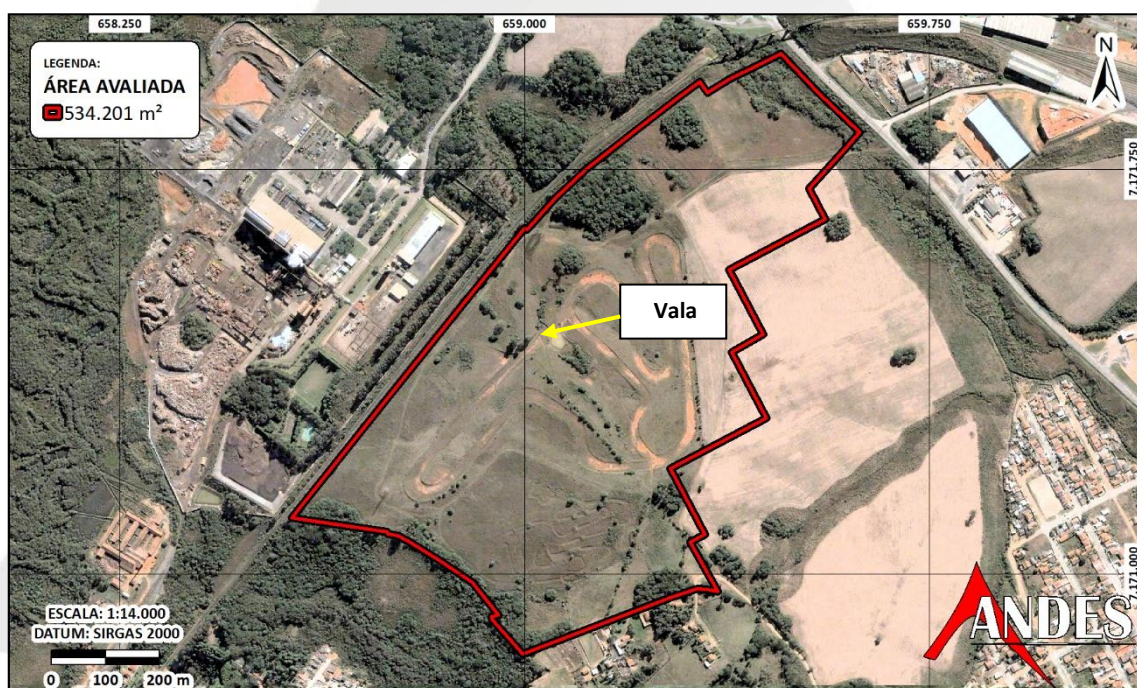


Figura 24: Imagem aérea de 2004. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2004).

Poucas alterações no interior da área avaliada são visíveis na fotografia de 2005 em relação ao registro anterior. Entretanto, há uma movimentação de solo ao sul do lote indicando a instalação vindoura de edificações de grande porte (ANEXO 07E, Figura 25).



Figura 25: Imagem aérea de 2005. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2005).

A instalação de edificações de grande porte ao redor da área avaliada pode ser verificada na imagem de 2009. No interior do lote há o início da construção de uma grande reta, usada para competições de arrancada que, novamente, imprimiu modificações no escoamento hídrico superficial local (ANEXO 07F, Figura 26).



Figura 26: Imagem aérea de 2009. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2009).

Poucas mudanças são observadas na imagem aérea de 2010 em relação ao registro anterior (ANEXO 07G, Figura 27).



Figura 27: Imagem aérea de 2010. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2010).

Em 2013 desaparece um dos barramentos artificiais com o aprofundamento da escavação da vala extravasora. Ao deixar de ser um “lago” artificial, o local passou a ser uma “área úmida” artificial devido à saturação do solo que o antigo barramento gerou (ANEXO 07H, Figura 28).



Figura 28: Imagem aérea de 2013. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2013).

Poucas mudanças são observadas na imagem aérea de 2015 em relação ao registro anterior (ANEXO 07I, Figura 29).



Figura 29: Imagem aérea de 2015. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2015).

Uma parte da vegetação da área aparece queimada na imagem de 2016, inclusive a região que atualmente é classificada como área alagada artificial pegou fogo, indicando uma menor extensão dessa área úmida no passado e a progressão dos eventos que causam essa artificialidade hídrica (ANEXO 07J, Figura 30).



Figura 30: Imagem aérea de 2016. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2016).

A vegetação se recupera no interior da área avaliada, como pode ser observado na imagem de 2017 (ANEXO 07K, Figura 31).



Figura 31: Imagem aérea de 2017. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2017).

Poucas mudanças são observadas na imagem aérea de 2018 em relação ao registro anterior (ANEXO 07L, Figura 32).



Figura 32: Imagem aérea de 2018. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2018).

A fotografia aérea de 2020 mostra as áreas alagadas artificialmente já bem pronunciadas, novamente, indicando uma progressão dos eventos atualmente em curso que geraram essa anomalia hídrica (ANEXO 07M, Figura 33).



Figura 33: Imagem aérea de 2020. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2020).

Poucas mudanças são observadas na imagem aérea de 2021 em relação ao registro anterior (ANEXO 07N, Figura 34).



Figura 34: Imagem aérea de 2021. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2021).

Por fim, chegamos ao atual estado em que se encontra a região da área avaliada. Como anteriormente visto, **originalmente era um terreno atravessado por uma zona de cisalhamento** (conjunto de falhas/descontinuidades no substrato), que **se reflete em uma superfície altamente intercalada** (mais desgastada onde passam os falhamentos em contraste com as porções sem essa influência). Isso gera a **formação de pequenas áreas de contribuição hídrica** (microbacias), que tem seus respectivos locais por onde há o escoamento superficial e que **difícilmente, dada a pouca área de drenagem, comportam um corpo hídrico sem que esse seja efêmero** (de ocorrência somente em episódios de precipitação). **As INÚMERAS INTERVENÇÕES** ocorridas ao longo dos anos como **escavações, aterramento de terreno, barramentos artificiais, etc., GERARAM UMA NOVA CONDIÇÃO**, bastante destoante do original, no **escoamento hídrico superficial local**, o que será exposto no capítulo seguinte (ANEXO 070, Figura 35).

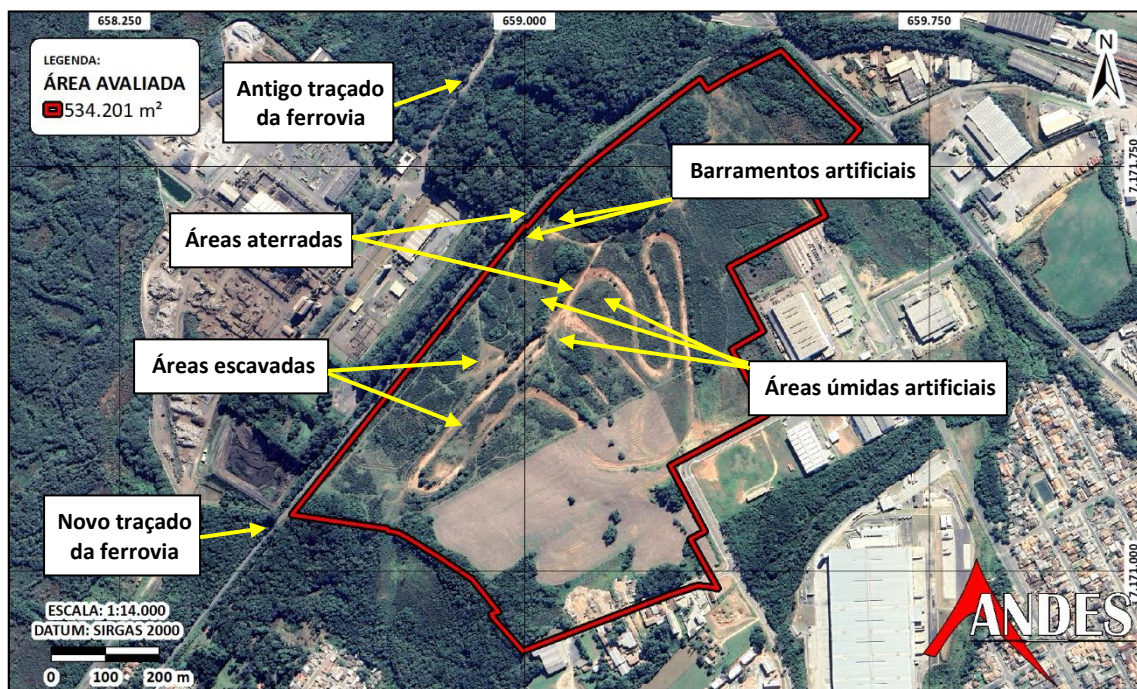
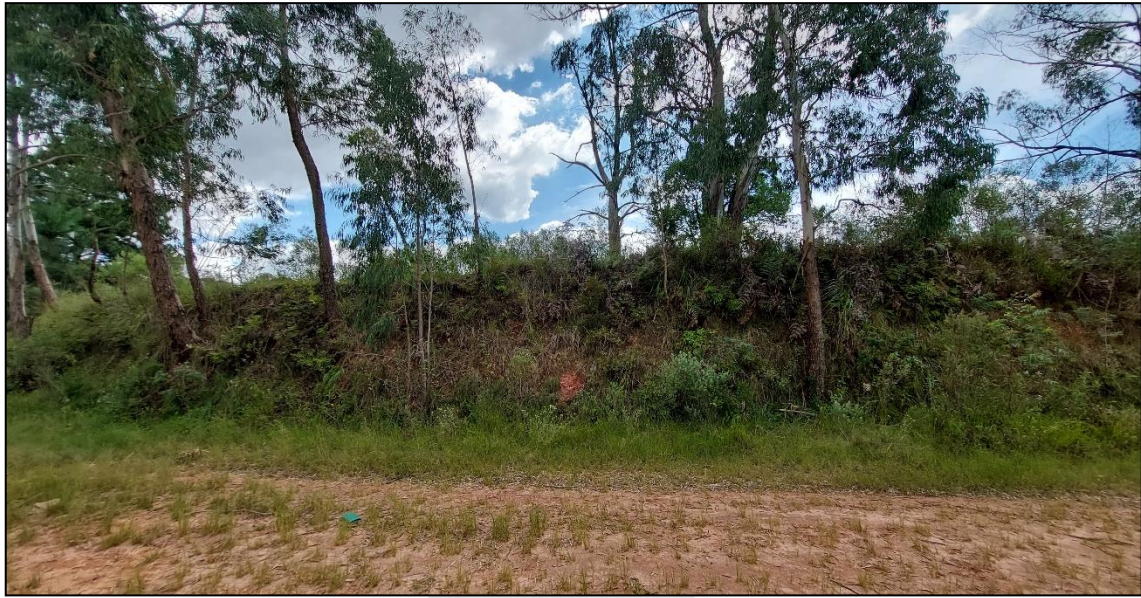


Figura 35: Imagem aérea de 2023. Escala 1:14.000 (DigitalGlobe, 2023).

7.2. EVENTOS RESULTANTES E CENÁRIO ATUAL

Como pode ser observado ao longo do histórico do imóvel, diversas intervenções foram executadas no terreno da área avaliada. **A soma desse remodelamento da superfície gerou uma dinâmica de escoamento hídrico TOTALMENTE DESTOANTE ao natural encontrado originalmente na área.** Foi visto anteriormente que **uma grande porção foi escavada na região central do lote** (Fotografia 16).



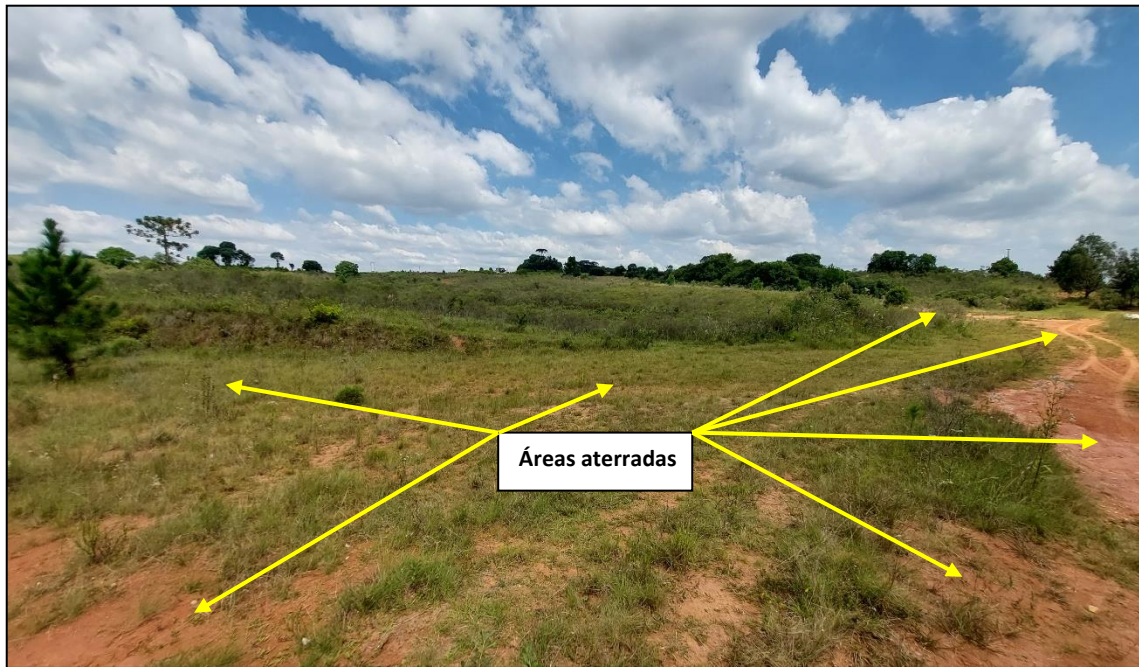
Fotografia 16: Porção do terreno escavada (Andes Geologia, 2024).

Essas **escavações geraram regiões com declividades atípicas para esse tipo de terreno** (oriundo da decomposição de rochas gnáissicas). Geralmente, a superfície nesse contexto tem inclinações da ordem de 5 - 15%. A movimentação do solo no local gerou locais exoticamente planos (0 – 2,5%) e de ondulação mais proeminente (> 15%), **afetando severamente a dinâmica hídrica superficial** (Fotografia 17).



Fotografia 17: Pista de arrancada com a geração de várias inclinações destoantes do original do terreno (Andes Geologia, 2024).

Muito do material que era escavado era colocado nas áreas mais baixas do terreno, **gerando porções aterradas** (Fotografia 18).

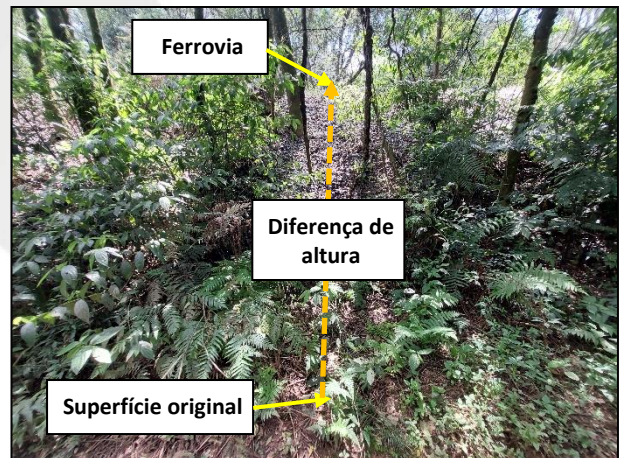


Fotografia 18: Grandes áreas aterradas existentes no terreno (Andes Geologia, 2024).

Outra extensa área aterrada existente é a que suporta a ferrovia na lateral oeste do lote avaliado. Essa intervenção gerou uma grande sobrelevação do terreno, transformando em **uma barreira para qualquer escoamento superficial que migrasse para as áreas mais baixas vizinhas** (Fotografias 19 e 20).

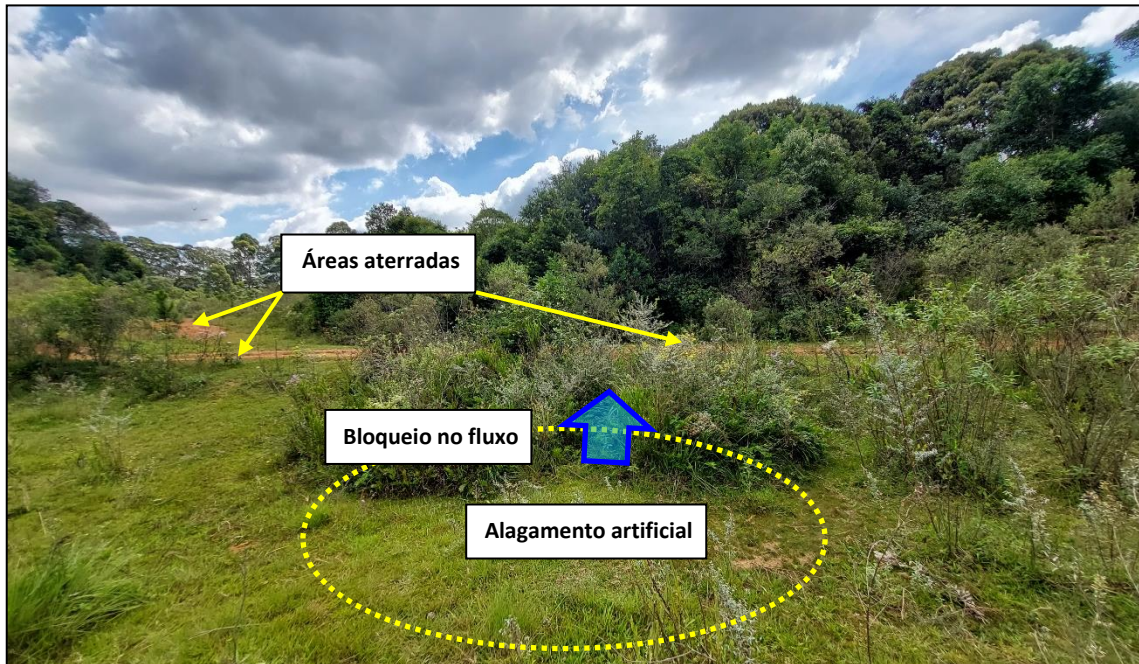


Fotografia 19: Aterro de ferrovia que constitui uma grande barreira ao escoamento superficial (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 20: Grande diferença na altura da ferrovia em relação ao terreno da área avaliada (Andes Geologia, 2024).

Onde porções de terreno aterradas cruzam com as regiões aonde se dá o escoamento superficial **ocorre um bloqueio no fluxo, gerando barramento do mesmo e áreas alagadas de maneira artificial por ter o seu escoamento impedido** (Fotografia 21).

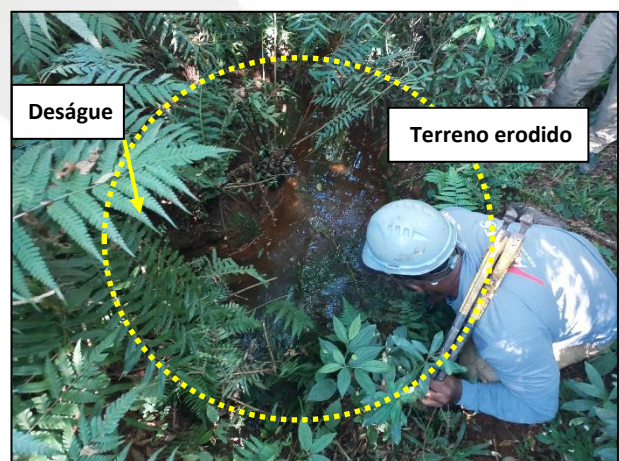


Fotografia 21: Aterro que constitui uma barreira ao escoamento superficial (Andes Geologia, 2024).

Para dar vazão ao fluxo barrado pelas superfícies aterradas, **foram colocadas canalizações subterrâneas** (manilhas) sob esses aterros. Apesar de permitir a passagem de água, essa intervenção não consegue drenar de forma adequada o terreno acima e, no abaixo, **a focalização do fluxo, especialmente em episódios de chuvas intensas, gera erosão no seu deságue** (Fotografias 22 e 23).



Fotografia 22: Deságue de manilha que passa sob a superfície aterrada (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 23: Erosão causada pelo deságue (Andes Geologia, 2024).

Esse deságue e a erosão por ele causada geram um cenário bastante desordenado, bem resumido nesse exemplo do que ocorre próximo da nascente existente na lateral oeste da área avaliada. O rápido e intenso fluxo gerado na desembocadura da canalização provoca (sobretudo em episódios de grandes precipitações) um grande desgaste no solo atingido por essa elevada carga hídrica. O resultado disso é uma grande quantidade de material erodido, solto pelo terreno. Essas partículas desagregadas se comportam como “esponjas”, com alto poder de absorção. A água proveniente do deságue e da nascente até corre um pouco pela superfície, mas subitamente ela desaparece entre os sedimentos e tornando o terreno acima primeiramente úmido e inusitadamente seco mais à jusante (Fotografias 24 e 25).



Fotografia 24: Água sobre a superfície (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 25: A água desaparece, o terreno fica úmido (Andes Geologia, 2024).

Foi executada uma sondagem (ST-09) no local por onde passaria originalmente o corpo hídrico (Fotografias 26 e 27).



Fotografia 26: Sondagem executada (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 27: Sondagem executada (Andes Geologia, 2024).

Foi observado que há quase meio metro de sedimento desagregado (Fotografia 28), acomodado sobre o solo original do terreno (Fotografia 29). Com o lençol freático estando em 0,97 m (estabilizando-se em 0,81 m) da superfície, demonstrando como o cenário desordenado pelas intervenções causa em uma manifestação hídrica um comportamento hídrico caótico, ora em superfície, ora subterrâneo.



Fotografia 28: Sedimento inconsolidado sondado na ST-09 (Andes Geologia, 2024).



Fotografia 29: Solo residual abaixo do sedimento inconsolidado sondado na ST-09 (Andes Geologia, 2024).

Esse cenário é muito mais proeminente na região central do lote (próximo às sondagens ST-04 e ST-10). **A retirada do solo residual argilo-siltoso e a exposição do saprólito silto-argiloso desencadeou um processo erosivo bastante intenso (Fotografia 30).**



Fotografia 30: Processos erosivos em curso na área avaliada (Andes Geologia, 2024).