

**8. AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE DESVIO DE CANAL DE DRENAGEM
DE UM IMÓVEL SITUADO EM SANTANA, MUNICÍPIO DE URUSSANGA, SC**

Avaliação da possibilidade de desvio de canal de drenagem de um imóvel situado em Santana, município de Urussanga, SC

Carbonífera Siderópolis

Realização:



Maio, 2019

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	4
FIGURA 2: PANORAMA DA ÁREA PRETENDIDA NA ÉPOCA DE 1956.....	8
FIGURA 3: PANORAMA DA ÁREA PRETENDIDA NA ÉPOCA DE 1978.....	10
FIGURA 4: ALTERNATIVAS LOCACIONAIS PARA O DESVIO DO CURSO D'ÁGUA.....	12
FIGURA 5: CONFIGURAÇÃO FINAL DO DIQUE.	13
FIGURA 6: SUPERFÍCIES CRÍTICAS DOS TALUDES DE MONTANTE E JUSANTE, RESPECTIVAMENTE.	16
FIGURA 7: ASPECTO GERAL DO DIQUE E ÁREA ALAGADA.....	18
FIGURA 8: TRECHOS DO CANAL DE DESVIO.	19
FIGURA 9: PERFIL DE DECLIVIDADE DO CANAL DE DESVIO.	22
FIGURA 10: ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	24
FIGURA 11: SEÇÃO DO CANAL DIMENSIONADO PELO SOFTWARE, PARA O TRECHO 01. DIMENSÕES APRESENTADAS EM METROS	26
FIGURA 12: SEÇÃO A SER UTILIZADA NO TRECHO 01. DIMENSÕES APRESENTADAS EM METROS.....	27
FIGURA 13: SEÇÃO DO CANAL DIMENSIONADO PELO SOFTWARE, PARA OS TRECHOS 02 E 03. DIMENSÕES APRESENTADAS EM METROS.	27
FIGURA 14: SEÇÃO DO CANAL ADOTADO NOS TRECHOS 02 E 03. DIMENSÕES APRESENTADAS EM METROS.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. JUSTIFICATIVA	5
3. CORRELAÇÃO MULTITEMPORAL	6
3.1. PANORAMA DE 1956.....	6
3.2. PANORAMA DE 1978.....	8
3.3. PANORAMA DE 2011.....	10
4. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS	11
5. DIMENSIONAMENTO DO CANAL	12
5.1. DIMENSIONAMENTO DO DIQUE	13
5.2. MÉTODO CONSTRUTIVO	13
5.3. ESTABILIDADE DO DIQUE	14
5.4. ÁREA ALAGADA	17
6. DIMENSIONAMENTO DO CANAL	18
6.1. TRECHO 01	20
6.2. TRECHO 02	20
6.3. TRECHO 03	21
6.4. DECLIVIDADE DO CANAL	21
6.5. DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DO CANAL.....	22
6.5.1. Vazão do curso d'água.....	22
6.5.2. Chuva de projeto	23
6.5.3. Área de contribuição	24
6.5.4. Vazão de projeto	25
6.5.5. Dimensões das seções do canal.....	25
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
8. EQUIPE EXECUTORA.....	30
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

Conforme solicitação da Engenheira Conceição Barbosa, foi realizado este laudo técnico que trata da possibilidade de desvio do atual canal de drenagem existente no âmbito da área onde se pretende lavrar a camada de carvão Barro Branco a céu aberto.

A figura 1 mostra a área onde pretende-se modificar o curso do atual canal.

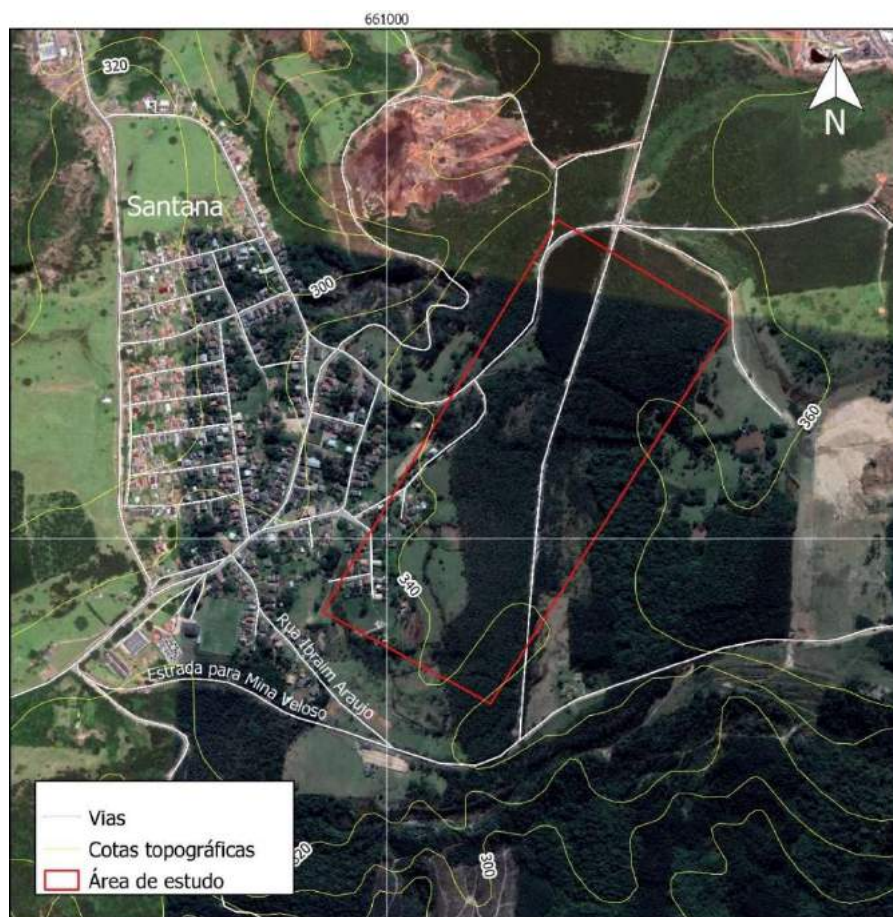


Figura 1: Mapa de Localização da área.

2. JUSTIFICATIVA

A área onde o empreendedor pretende realizar a lavra da camada de carvão Barro Branco, posiciona-se em um setor onde a referida camada já foi minerada a céu aberto e em subsolo em épocas passadas e, portanto, pode-se admitir que toda esta porção possui vocação para desenvolvimento de atividades de mineração.

Quanto ao desvio do canal de drenagem existente no âmbito da área pretendida, para realização da lavra da camada Barro Branco, há que se considerar que nenhuma das três pequenas nascentes que dão origem ao pequeno curso d'água serão afetadas, pois a intervenção será realizada bem para a jusante das referidas nascentes.

Com relação a este pequeno curso d'água, as observações de campo realizadas por ocasião da elaboração deste laudo permitiram verificar que a qualidade da água que atualmente flui logo a jusante da área pretendida, torna-se de má qualidade, provavelmente porque junto ao leito atual e suas margens existe rejeito.

Dentro desta ótica, o desvio do canal original permitirá que a água que flui em sentido da área urbana de Santana seja de melhor qualidade, uma vez que este trecho afetado por rejeito será evitado.

Outro fator importante a ser ressaltado refere-se a construção de um lago na porção de montante da área que se pretende lavar a camada de carvão. Este lago faz parte do projeto executivo do canal de desvio e é necessário para que se possa conduzir por gravidade as águas de montante em sentido da área urbana de Santana.

A implantação deste lago propiciará à comunidade local uma nova opção de lazer, principalmente aos finais de semana, pois situa-se nas proximidades da área urbana e, pelo fato de ser preenchido com água de boa qualidade e situa-se em local com cotas mais elevadas do que aquelas verificadas na área urbana, poderá atuar também como reservatório em épocas de estiagens prolongadas.

3. CORRELAÇÃO MULTITEMPORAL

Com o objetivo de se obter informações a respeito da topografia e das atividades de mineração de carvão desenvolvidas no entorno desta área, foi realizado uma correção multitemporal.

Para essa atividade inicialmente foi interpretada a carta das CEPCAN-Folha Santana- Número 40, a qual possibilitou a verificação da topografia e da rede hidrográfica que originalmente existia nessa área. A seguir, foram interpretadas fotografia aéreas na escala 1:25.000 datadas de 1978 e Ortofotos escala 1:10.000 datadas de 2011. Também foram avaliadas as imagens do Google Earth obtidas no período de 2004 a 2019.

3.1. Panorama de 1956

A leitura da referida carta mostra que no âmbito daquela área e entorno ainda não haviam sido iniciadas as atividades de lavra a céu aberto da camada de carvão Barro Branco. A área apresentava características rurais, e a localidade de Santana apresentava uma densidade ocupacional pequena se comparada com a atual. Constatou-se que no âmbito da área onde se

pretende desenvolver a lavra, já existiam duas edificações próximas do acesso que interligava Santana a Rio Maior. Averiguou-se também que a estrada secundária com direção Norte Sul que limita a área pretendida, também já existia.

Com relação a camada de carvão Barro Branco, verificou-se que na encosta do patamar situado entre a cota 300m e 325m, onde passa a linha de afloramento da referida camada, ainda não havia nenhum indício de frente de lavra a céu aberto.

Com relação ao sistema de drenagem a referida planta mostra que no entorno da área pretendida não estava representado nenhum curso de água e que o mesmo tinha sua nascente a jusante da área pretendida, conforme mostra a figura 2.

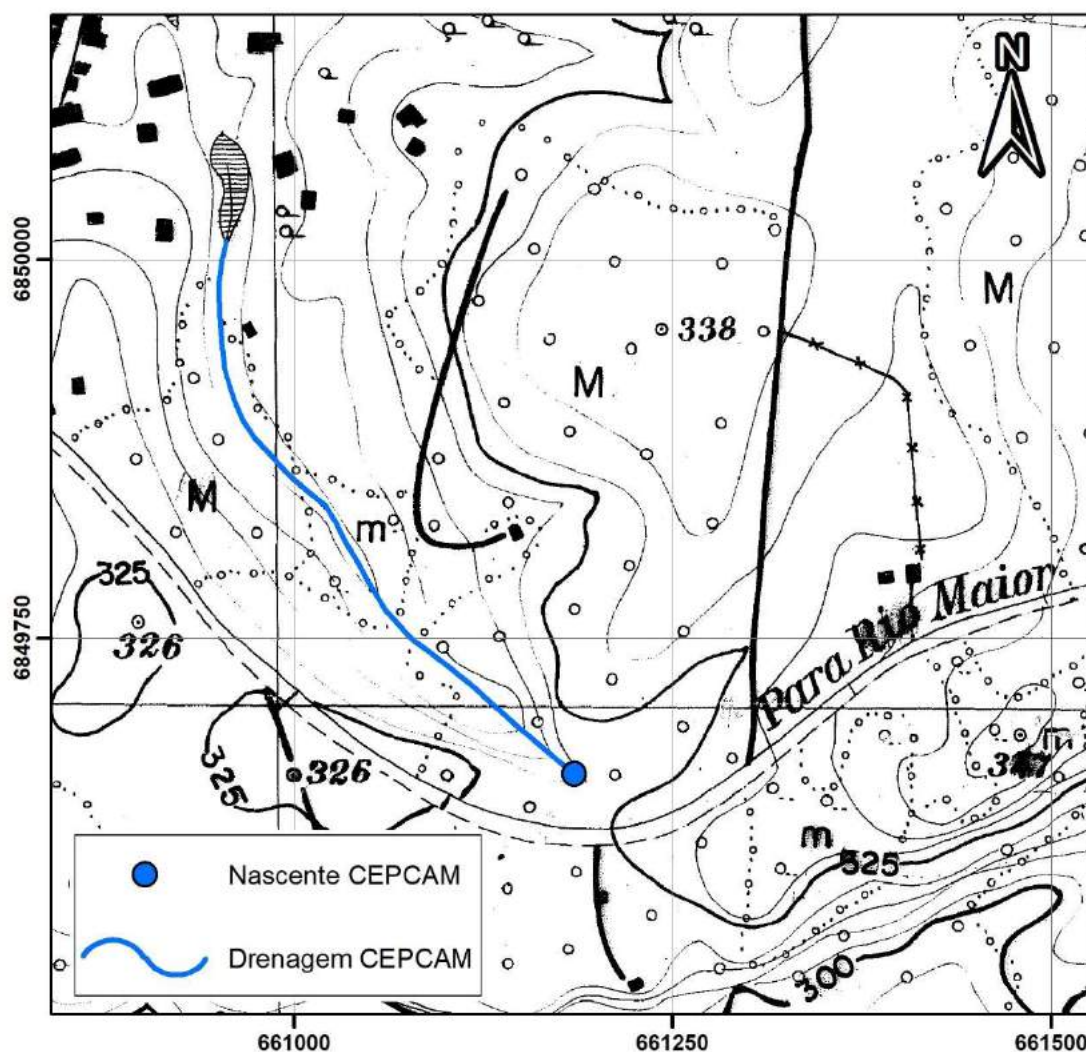


Figura 2: Panorama da área pretendida na época de 1956.

3.2. Panorama de 1978

Para avaliar esse cenário, foram interpretadas as fotografias aéreas branco e preto na escala 1:2500 nº 18475, 18476 e 18477, datadas de 1978, obtidas pelo Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul SA e disponíveis no Centro Tecnológico/SATC. A interpretação das referidas fotos mostra um cenário muito diferente

daquele verificado em 1956. A mancha urbana de Santana já estava bastante adensada com a abertura de ruas e acessos.

Com relação às atividades de lavra a céu aberto, verificou-se que toda encosta do patamar, entre as cotas 300m e 325m constituía uma extensa frente de lavra a céu aberto da camada de carvão Barro Branco. Com relação ao sistema de drenagem, observou-se que a montante da área onde se pretende minerar a camada de carvão Barro Branco existem três pequenas nascentes que dão origem a um pequeno curso d'água. Esse curso atravessava diagonalmente a área pretendida e se dirigia em sentido oeste, onde praticamente desaparece dentro da área urbana de Santana, evidenciando que desde 1978 este curso d'água já havia sido canalizado e revestido.

A figura 3 ilustra a área e o sistema de drenagem original na época de 1978

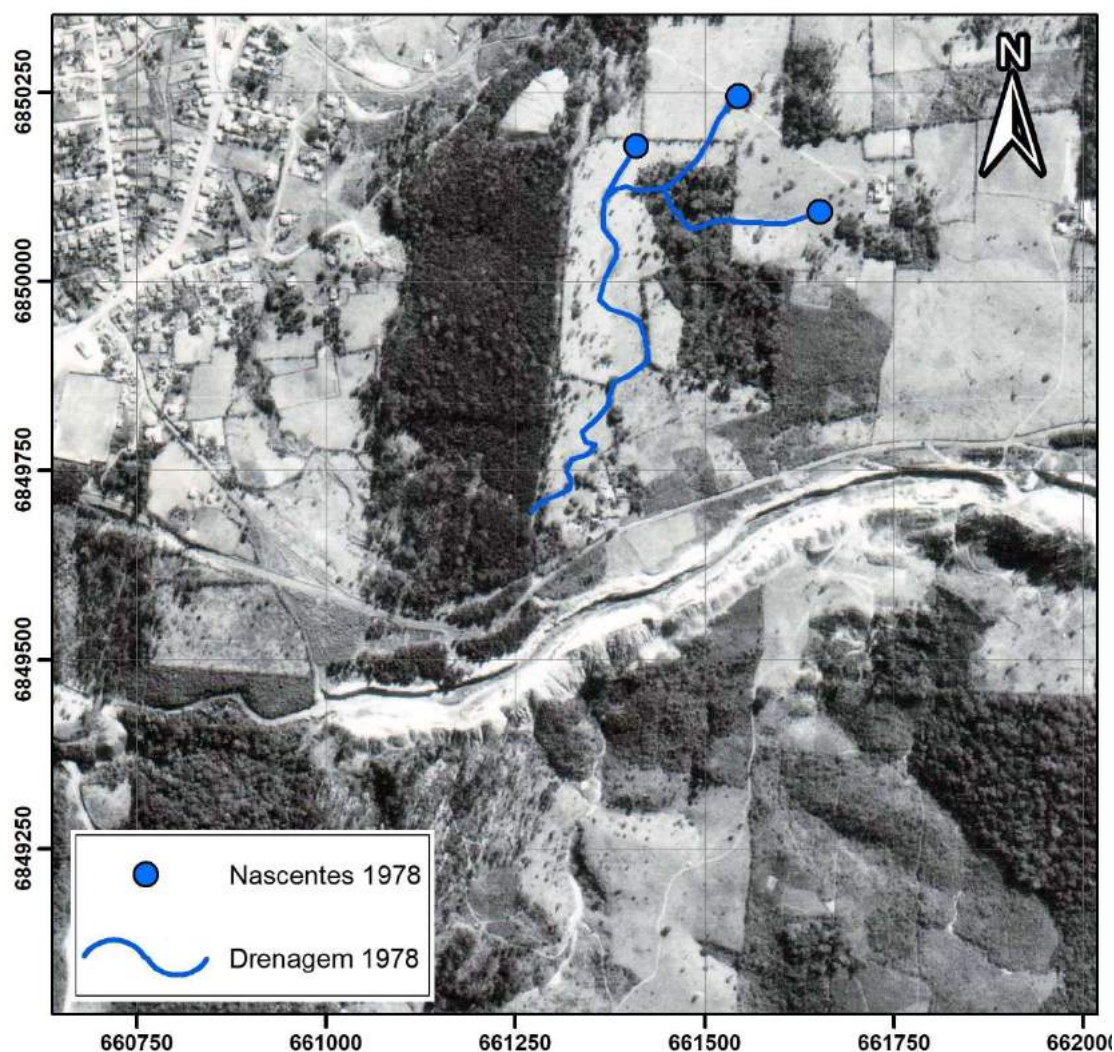


Figura 3: Panorama da área pretendida na época de 1978.

3.3. Panorama de 2011

Para avaliar o panorama de 2011 foram interpretadas as ortofotocartas escala 1:10.000 realizadas pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável- SDS e disponíveis no Centro Tecnológico/SATC. Com relação à mancha urbana e sistema viário, poucas modificações foram realizadas, tendo sido construídas algumas edificações na porção leste, na área rural e aberto novos

acessos. Com relação ao sistema de drenagem, constatou-se que praticamente não houve alteração com aquele verificado em 1956, com exceção do barramento de uma área de nascente para a construção de um lago, junto a uma das três nascentes comentadas anteriormente.

O Panorama de 2011 pode ser verificado no mapa apresentado no apêndice A.

4. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS

Para o desvio do canal avaliou-se, inicialmente, três alternativas locais numeradas como Alternativas 1, 2 e 3, onde foram avaliados os aspectos construtivos e ambientais de cada uma delas.

Após análise dos dados relativos a delimitação das micro bacias hidrográficas, fornecidas pela SDS, optou-se pela alternativa locacional 3, uma vez que as demais alternativas, apesar de apresentarem características construtivas mais favoráveis, acarretariam em uma transposição de bacia hidrográfica. A **Figura 4** apresenta as alternativas locais consideradas.

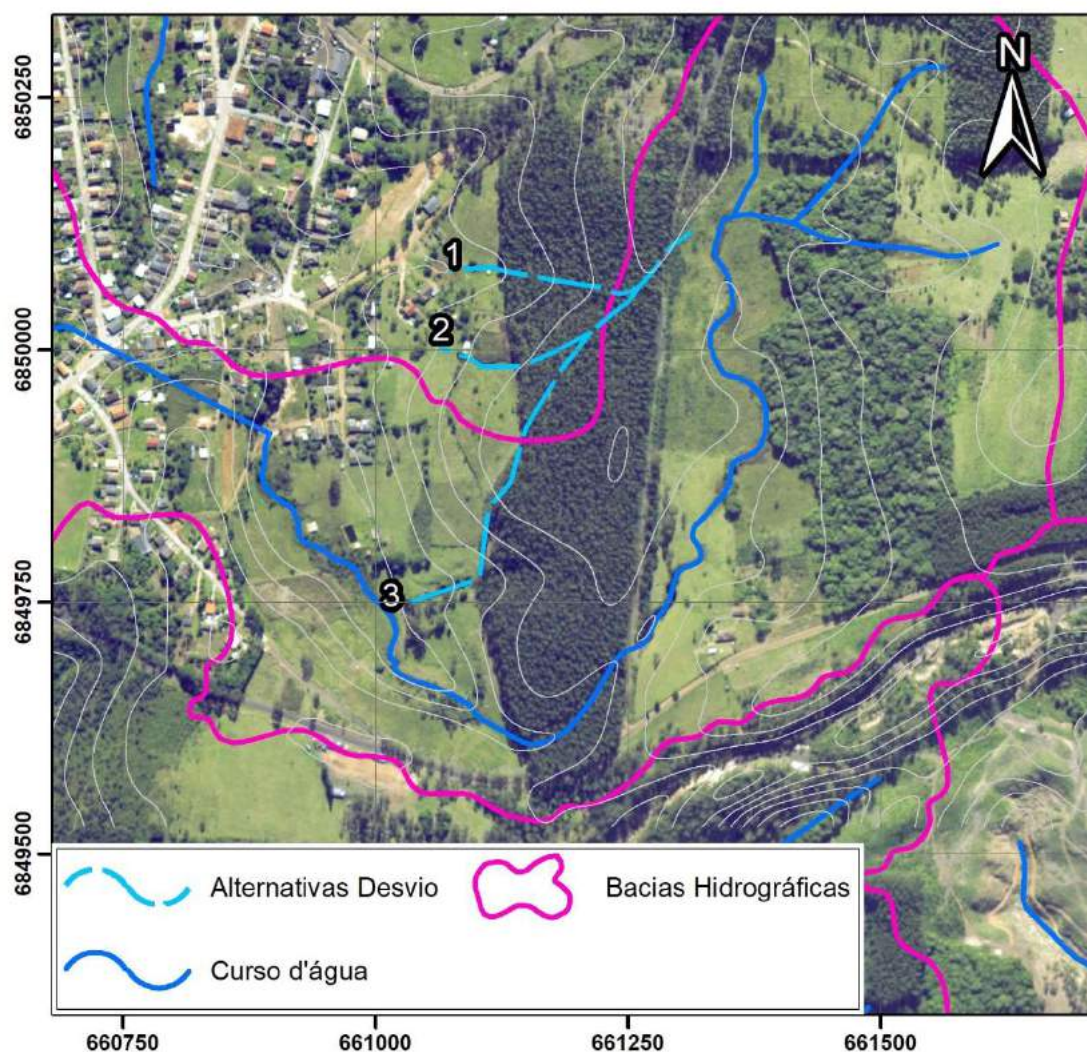


Figura 4: alternativas locais para o desvio do curso d'água.

5. DIMENSIONAMENTO DO CANAL

A partir do modelo digital do terreno, produzido através dos dados topográficos e plantas fornecidas pela empresa, foram modelados cenários para execução do canal de desvio, onde verificou-se que a melhor alternativa consiste na execução de um pequeno dique para o barramento das águas de montante, elevando sua cota, favorecendo o transporte por gravidade.

5.1. Dimensionamento do dique

Projetou-se um dique com as dimensões de 3,0 metros de altura e 95,0 metros de comprimento, com inclinação 1V:1,5H, resultando em um ângulo de repouso de 34°.

O enchimento não deverá ser superior a 2,5 metros de altura, sendo os 0,5 metros restantes empregados como segurança contra transbordamento.

A medida de 5 metros de crista foi adotada tendo-se em vista a possibilidade de tráfego de equipamentos sobre o dique para a realização de eventuais manutenções ou limpezas. a configuração final do dique pode ser vista na **Figura 5**.

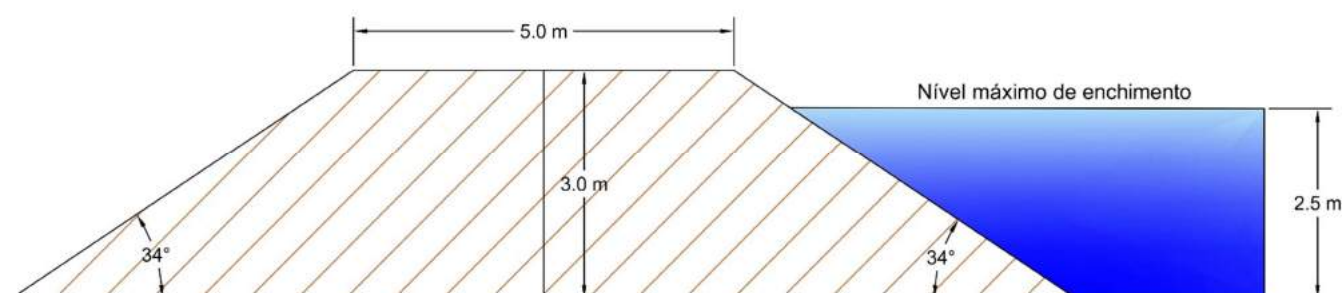


Figura 5: Configuração final do dique.

5.2. Método construtivo

O dique será construído com argila existente na cobertura da camada de carvão do próprio local a ser minerado, desta forma não haverá necessidade de material de empréstimo de outras áreas.

O volume de material a ser empregado será de até 2707 m³ e será movimentado através de caminhões basculantes com capacidade de 12 m³, escavadeira hidráulica e trator de esteiras, sendo depositado no dique, onde deve ocorrer a compactação da argila em camadas de 20 cm, com rolo compressor, onde deve-se proceder o controle de compactação em campo, a fim de garantir o grau mínimo de compactação é de 95% para as camadas intermediárias e de 100% para a camada final em relação ao Proctor Normal.

5.3. Estabilidade do dique

Preliminarmente, visando a segurança operacional do dique, definiu-se um fator de segurança mínimo de 1,5, desta forma foi realizada na porção central do talude uma análise de estabilidade de talude.

O ponto central do talude foi selecionado para análise (seção crítica), visto que, este deverá ser o ponto mais crítico, pois apresentará a maior altura e maior lamina d'água.

O método escolhido para a análise foi o método de Bishop Simplificado, que é derivado do método geral. A grande diferença entre o método geral e o simplificado, é que no método geral, o fator de segurança depende da diferença entre as forças de cisalhamento inter-fatias, forças estas que no método simplificado não são levadas em consideração. A superfície potencial de ruptura é circular.

O método considera que há um equilíbrio de forças e momentos entre fatias e que a resultante das forças verticais entre essas fatias é nula. Este método é muito usado na prática e

apresenta como grande vantagem sua simplicidade, com cálculos manuais ou computacionais.

Foram consultados dados bibliográficos para argila compactada sendo adotados os seguintes parâmetros:

- Densidade a seco: 17,5 KN/m³;
- Densidade Saturada: 18,5 KN/m³;
- Coesão: 6 KPa;
- Ângulo de atrito interno: 28°.

Foram modelados os fatores de segurança tanto do talude de montante (interno) quanto de jusante (externo). Resultando em fato de segurança de **3,87** para o talude de montante e **2,04** para o talude de jusante. A **Figura 6**, apresenta as superfícies críticas para os taludes de montante e jusante respectivamente.

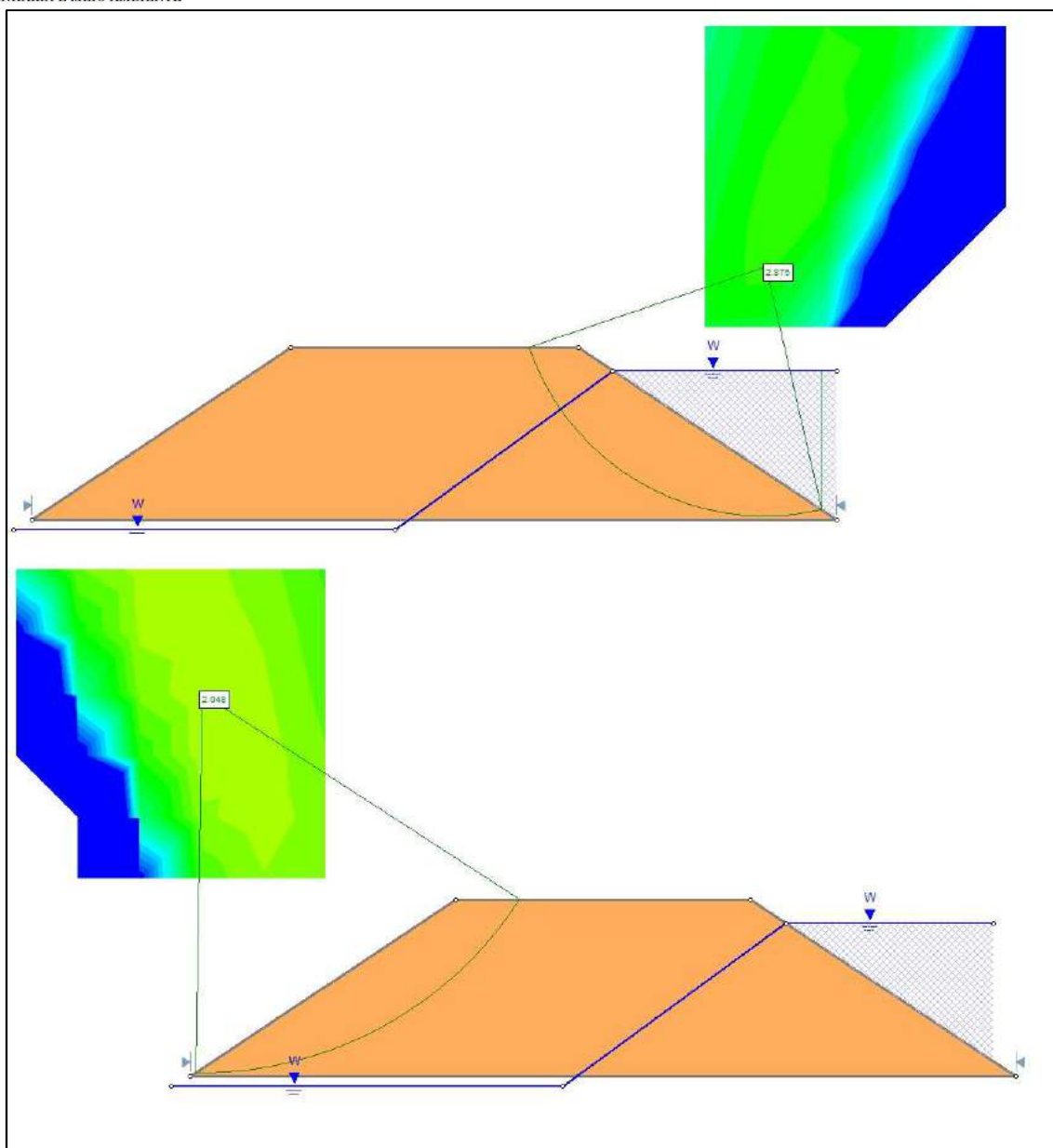


Figura 6: Superfícies críticas dos taludes de montante e jusante, respectivamente.

Cabe ressaltar que esta análise de estabilidade foi realizada de maneira conceitual, levando-se em conta as dimensões projetadas e propriedades de materiais semelhantes ao encontrado no local. Recomenda-se que seja realizada uma nova análise de estabilidade no momento em que o talude esteja implantado utilizando-se os dados a serem obtidos em campo e análises laboratoriais.

5.4.Área alagada

A implantação do referido dique criará um barramento ao curso d'água natural, elevando seu nível até a cota 334, com uma profundidade máxima de 2,5 metros.

Este barramento ocasionará o surgimento de uma área alagada de 1,2 ha, com capacidade média de armazenamento de 15.000 m³. A **Figura 7** apresenta o aspecto geral do dique e a área alagada resultante.

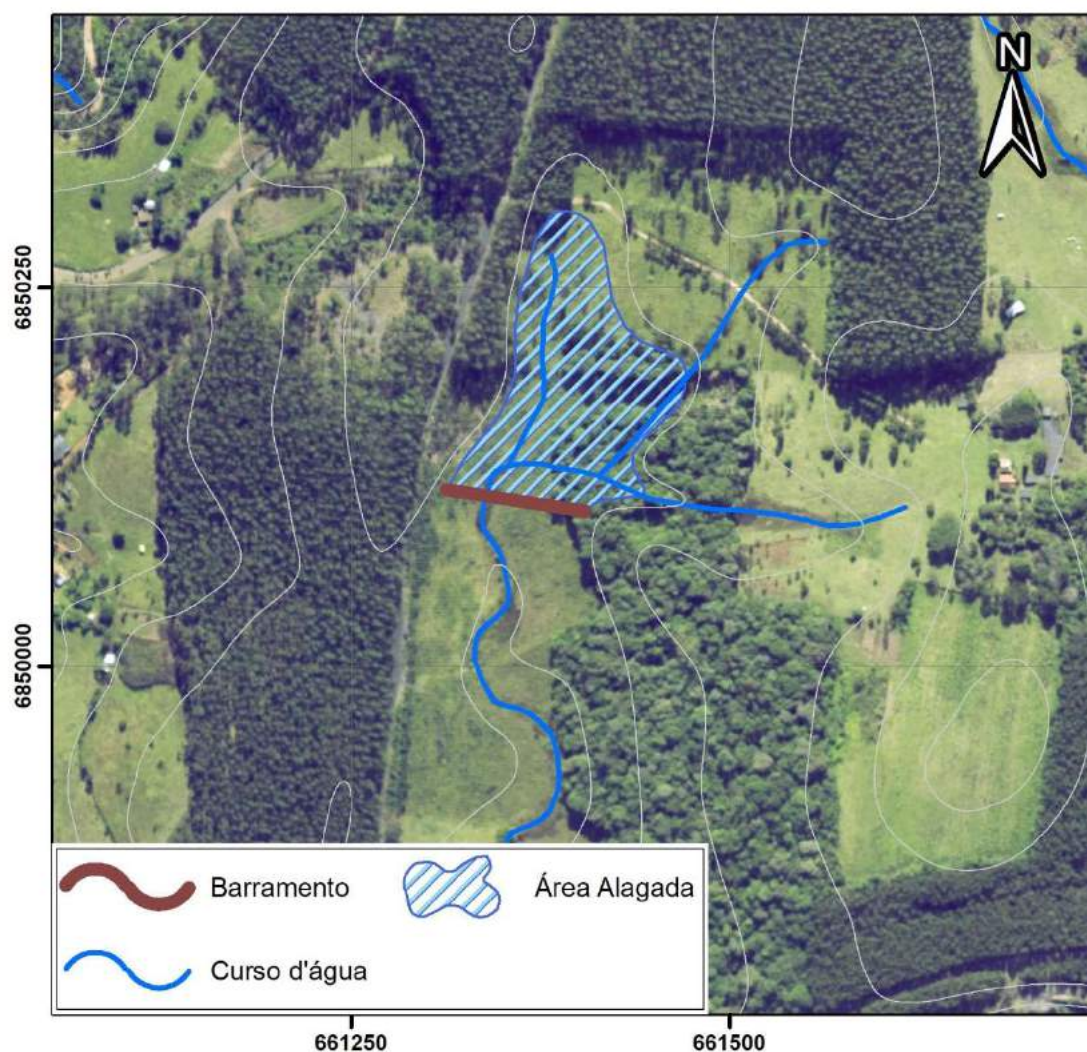


Figura 7: aspecto geral do dique e área alagada.

6. DIMENSIONAMENTO DO CANAL

Tomando-se como base a alternativa locacional 3, procedeu-se o dimensionamento do canal. A declividade natural do canal, no trecho a ser desviado, que é de aproximadamente 3,1%, procurou-se manter a declividade do canal artificial o mais próximo possível deste valor, visando-se manter o regime de escoamento o compatível ao original.

O trecho total a ser desviado mede 870 metros, enquanto o canal artificial medirá 511 metros, resultando em um encurtamento de 359 metros do curso d'água original.

Devido as diferenças referentes ao método construtivo do canal o mesmo foi dividido em três trechos distintos. Conforme indicado na **Figura 8**.

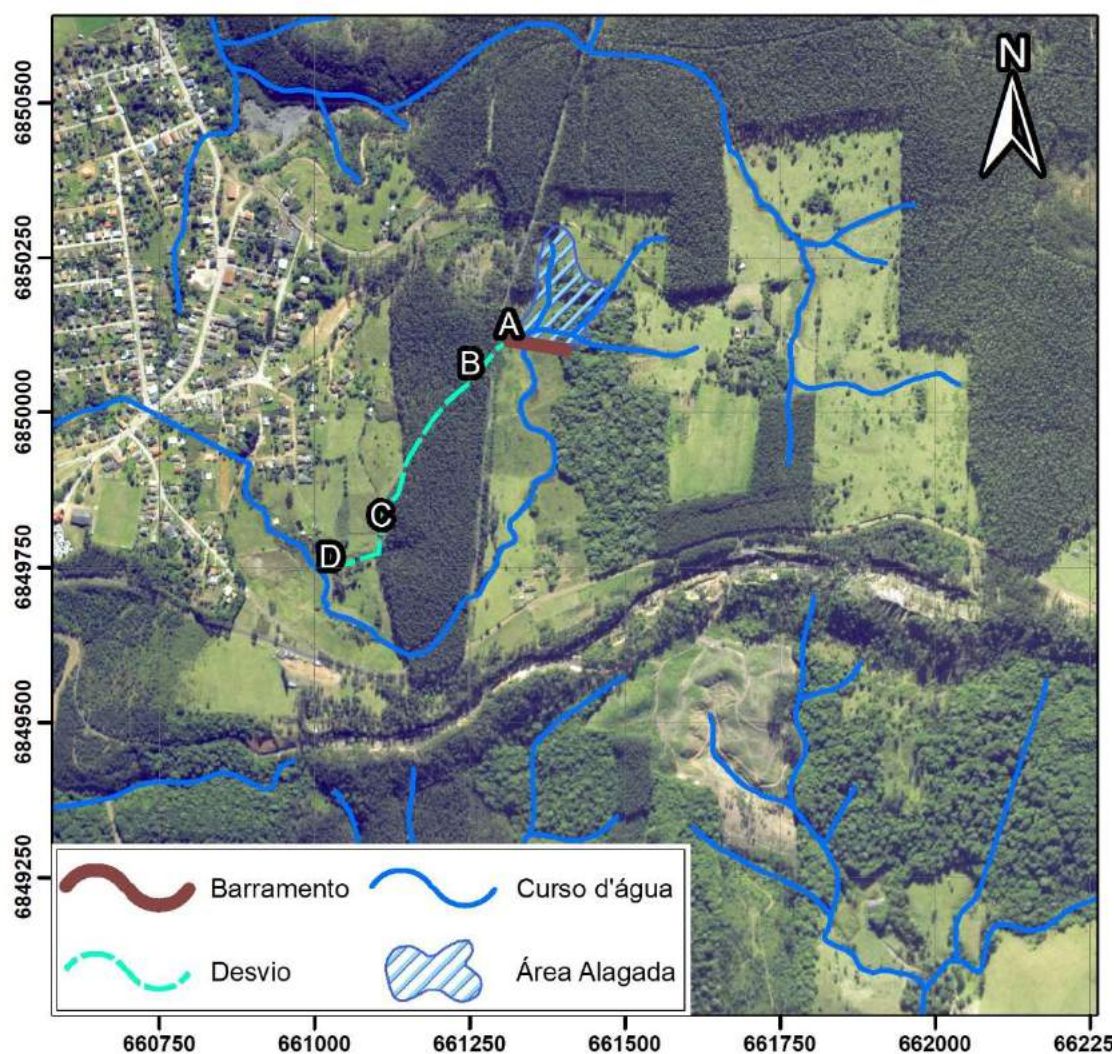


Figura 8: Trechos do canal de desvio.

6.1. Trecho 01

Localizado entre os pontos A e B, inicia-se no vertedouro do barramento e estende-se por 88 metros, cruzando a estrada local, na cota 335.

Este trecho será construído de forma tubulada, através de tubos de concreto armado.

- Declividade: 2%
- Cota inicial: 334 m
- Cota final: 332,24 m
- Prof. inicial do fundo do canal: 0 m
- Prof. final do fundo do canal: 1,76 m

6.2. Trecho 02

Localizado entre os pontos B e C, será construído de forma escavada diretamente no solo, com emprego de escavadeira hidráulica ou equivalente, consistindo em um canal trapezoidal, com aproximadamente 277m e profundidade variável para que seja atingida a declividade de projeto, devendo atingir em sua maior profundidade, 5,6 metros.

- Declividade: 2%
- Cota inicial: 332,24 m
- Cota final: 326,7 m
- Prof. inicial do fundo do canal: 1,76 m
- Prof. final do fundo do canal: 1,0 m

6.3. Trecho 03

Localizado entre os pontos C e D, será construído de forma escavada diretamente no solo, com emprego de escavadeira hidráulica ou equivalente, consistindo em um canal trapezoidal, com aproximadamente 146 m com profundidade fixa acompanhando a topografia do talvegue.

- Declividade: 13%
- Cota inicial: 326,7 m
- Cota final: 307 m
- Prof. inicial do fundo do canal: 1,0 m
- Prof. final do fundo do canal: 1,0 m

6.4. Declividade do canal

O trecho do curso d'água a ser desviado possui uma declividade aproximada de 3,1% variando de 2% nos trechos mais planos até 7% nos no trecho de maior declive.

O canal projeto inicia com a declividade de 2% nos trechos 01 e 02 e atinge até 13% no trecho 03 onde o canal seguirá a topografia natural do talvegue. A declividade total do canal de desvio é de 5,2%, ocasionando um acréscimo de aproximadamente 2,1%. A **Figura 9** apresenta o perfil de declividade do canal de desvio.

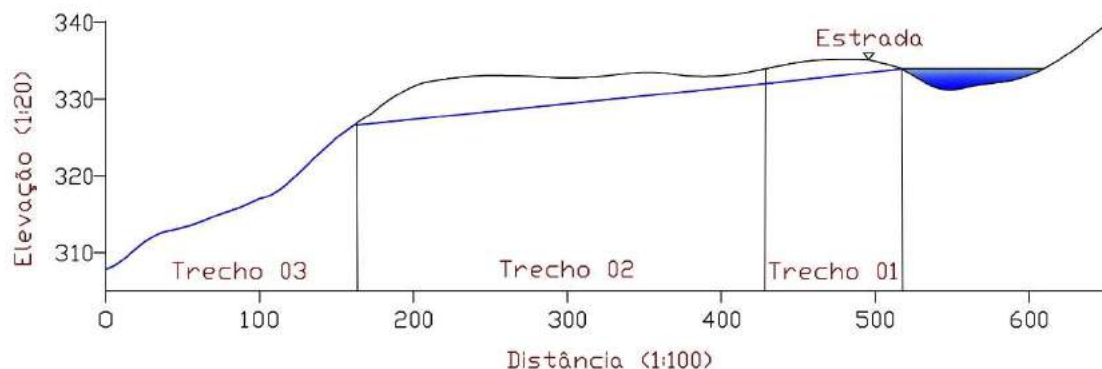


Figura 9: Perfil de declividade do canal de desvio.

6.5. Dimensionamento da seção do canal

Foram desenvolvidos estudos hidrológicos e hidráulicos em gabinete com a intenção de determinar a dimensão ideal para que o canal atenda de forma satisfatória às funções para que está sendo projetado, sendo considerado no dimensionamento das seções dos canais o seguinte:

6.5.1. Vazão do curso d'água

Foi realizada a medição da vazão do curso d'água no ponto de confluência das três drenagens existentes, onde foi verificada uma vazão de 3 L/s, correspondendo a 10 m³/h.

A medição foi realizada pela empresa Greenlab no dia 06/05/2019. Também foi realizada uma amostragem da água para ensaios laboratoriais.

6.5.2. Chuva de projeto

Foi realizada a determinação da chuva de projeto. O cálculo da intensidade da chuva foi executado utilizando os *softwares* HidroChuSC – Programa para Cálculo de Chuvas Intensas de Santa Catarina, desenvolvido por Back (2002).

Utilizou-se também, dados da Estação Meteorológica de Urussanga (nº 159), localizada na latitude 28°31'56"S e longitude 49°18'54"W, administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Esta estação possui 62 anos de séries históricas, tendo sido considerado neste estudo dados disponibilizados entre os anos de 1949 e 2010.

Através de um tratamento estatístico preliminar à série de chuvas máximas anuais, o programa utilizado já apresenta os valores dos parâmetros da equação de Intensidade Duração e Frequência (distribuição Gumbell-Chow) para a estação selecionada.

$$i = \frac{K \cdot T^m}{(t + b)^n}$$

Onde:

i: Intensidade da precipitação

T: Período de retorno em anos

t: Duração

K, m, b e n: Parâmetros empíricos ajustados para a estação.

Utilizando-se um período de retorno de 10 anos e duração de 120 minutos obteve-se uma intensidade de precipitação **42,59 mm/h**, conforme relatório do Hidrochusc apresentado no **anexo XX**.

6.5.3. Área de contribuição

A bacia de contribuição foi gerada em ambiente SIG, tomando-se como base os divisores de água apresentados através do modelo digital do terreno disponibilizado pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável – SDS (2011).

Desta forma obteve-se uma área de contribuição de **125.782 m²** ou 12,57 ha. A **Figura 10** mostra a localização da área de contribuição.

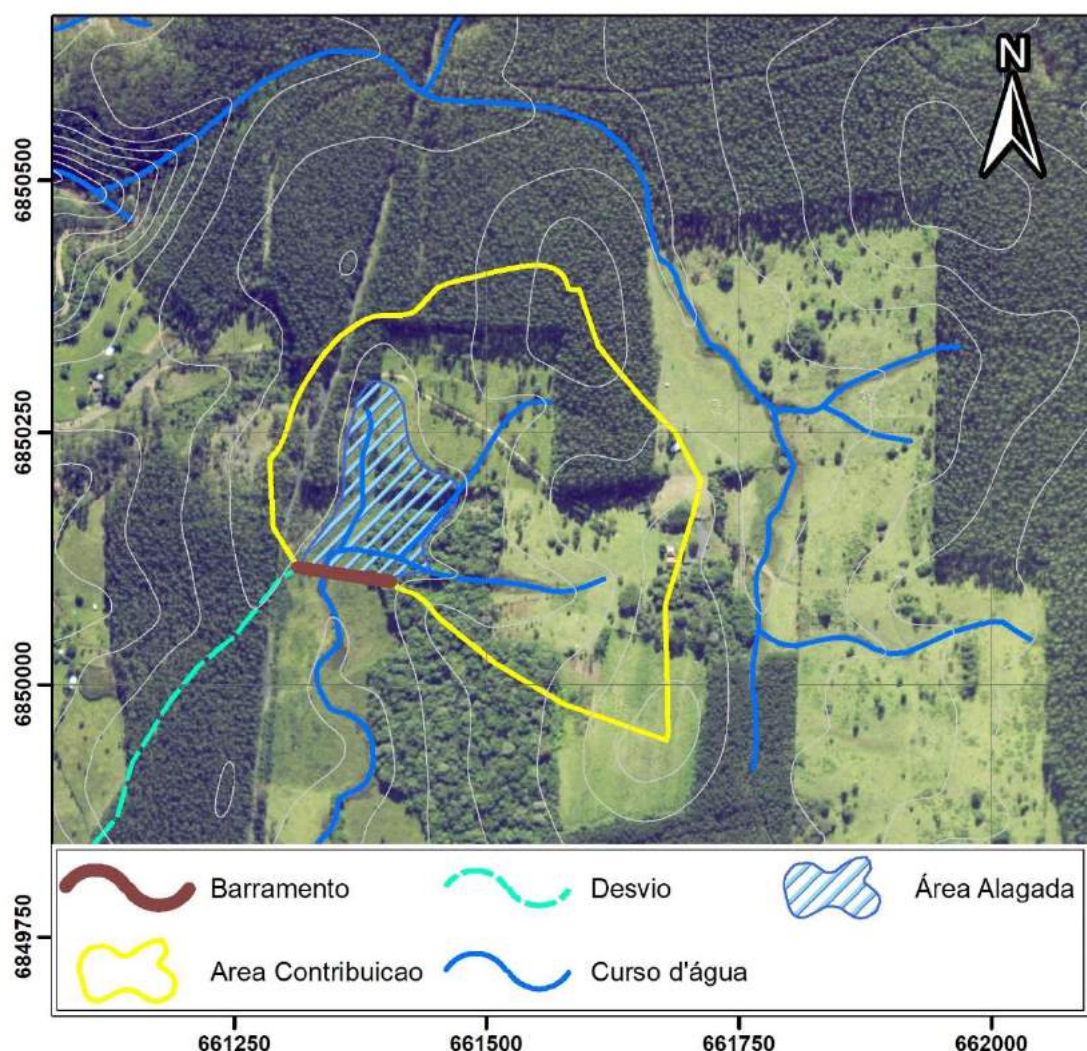


Figura 10: Área de contribuição.

6.5.4. Vazão de projeto

O cálculo da vazão de projeto foi realizado de acordo com o método racional, uma vez que o mesmo apresenta ótimos resultados em bacias com pequenas áreas, sendo descrito pela equação:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Onde:

Q = vazão máxima de escoamento superficial (m³/s);

C= Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i = intensidade da chuva (mm/h);

A = área da bacia (ha).

Analisou-se a superfície do terreno projetado, a presença de vegetação, a declividade das bacias de contribuição, o tipo de solo e a permeabilidade do terreno. Comparou-se com várias tabelas de coeficiente de escoamento superficial (C), fornecida por diversos autores.

Através da análise citada estabeleceu o valor 0,50 como coeficiente de escoamento superficial.

Aplicando-se os valores considerados na equação do método racional obtém-se uma vazão máxima de projeto de **0,73 m³/s**.

6.5.5. Dimensões das seções do canal

O dimensionamento das drenagens ocorreu através da equação de Manning. Utilizou-se nos cálculos os softwares HIDROM – Hidráulica e Hidrometria Aplicada (desenvolvido por BACK, 2006).

A vazão utilizada neste dimensionamento foi à vazão máxima de escoamento superficial, obtida através do Método Racional.

Devido as diferenças relativas ao método construtivo do canal de desvio foram calculadas duas seções sendo uma circular para o trecho tubulado (Trecho 01) e outra trapezoidal para os trechos de canal aberto (trechos 02 e 03).

A seção tubular calculada pelo Software foi um tubo de concreto de diâmetro igual a 0,59 m.

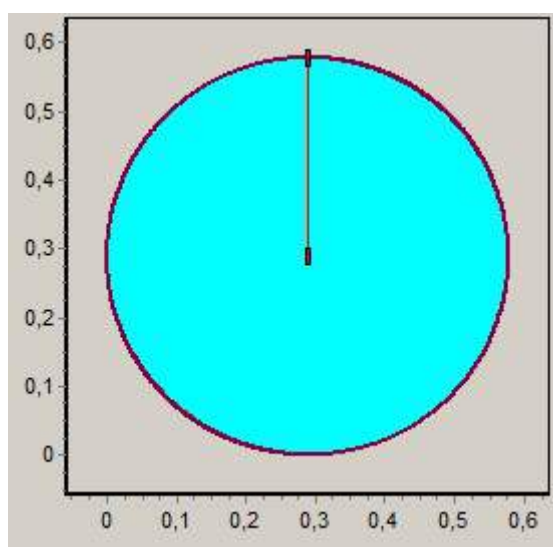


Figura 11: Seção do canal dimensionado pelo software, para o trecho 01. Dimensões apresentadas em metros

No entanto, devidos a fatores comerciais e aumento do fator de segurança da drenagem optou-se pela utilização de tubos com 1 metro de diâmetro. Conforme apresentado na **Figura 12**.

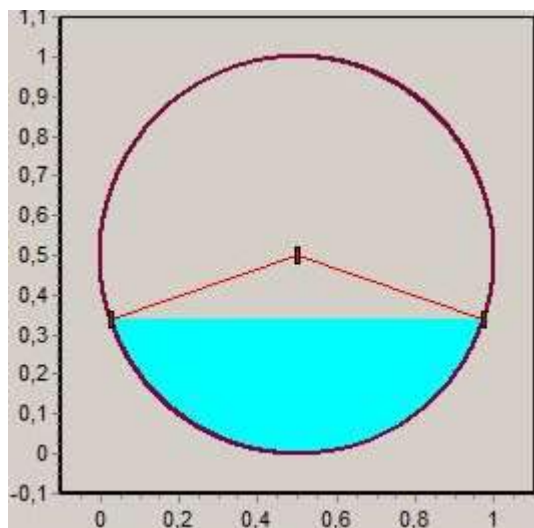


Figura 12: Seção a ser utilizada no trecho 01. Dimensões apresentadas em metros.

Para os trechos de canal aberto foi calculado um canal trapezoidal com aproximadamente 0,41 m de fundo, 1,02 m de boca e profundidade de 0,41 m. conforme **Figura 13**.

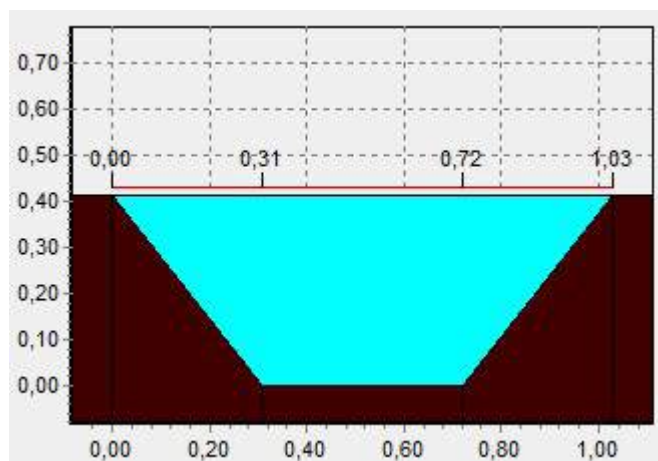


Figura 13: Seção do canal dimensionado pelo software, para os trechos 02 e 03. Dimensões apresentadas em metros.

No entanto devido a limitações técnicas do equipamento de escavação e tendo em vista o aumento do fator de segurança do canal. Optou-se por utilizar um canal trapezoidal com dimensões de 1,0 m de fundo, 2,5 m de boca e 1,0 m de profundidade.

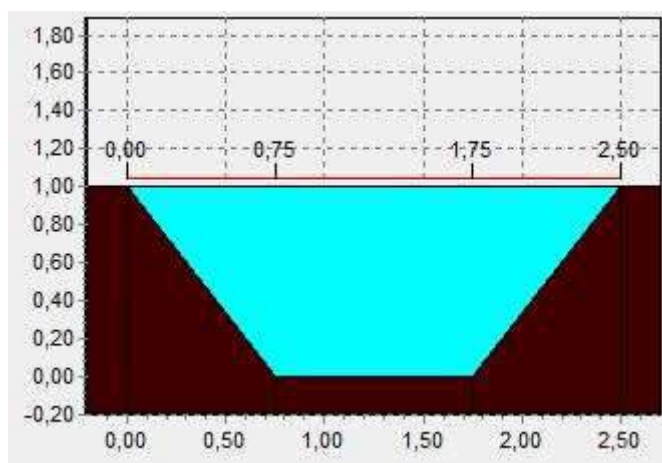


Figura 14: Seção do canal adotado nos trechos 02 e 03. Dimensões apresentadas em metros.

Cabe ressaltar que a profundidade do canal no trecho 02 será variável para que se mantenha o coeficiente de declividade de 2%, em função da topografia, no entanto esta profundidade nunca será inferior a 1,0 metro.

Já no trecho 03 a profundidade será de 1,0 metro, acompanhado a topografia do talvegue.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados permitiram verificar que o atual canal pode ser desviado sem nenhum prejuízo ambiental para esta porção, até porque, caso a comunidade solicite, após a lavra da área pretendida ele poderá retomar o curso original, bastando para isso, realizar a conformação topográfica por ocasião das atividades de recuperação ambiental da área que será minerada.

Outro fator importante a ser ressaltado, refere-se à construção de um lago na porção de montante. Este lago permitirá o armazenamento de um expressivo volume de água de boa qualidade, além de permitir a criação de peixes, disponibilizando

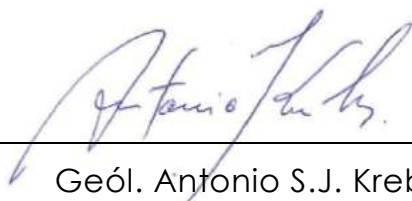
para a comunidade uma nova opção de lazer, principalmente nos finais de semana.

8. EQUIPE EXECUTORA

Participaram da execução deste trabalho, os seguintes técnicos da Krebs-Geologia, Engenharia e Meio Ambiente:

Geól. Dr. Antônio Sílvia Jornada Krebs	CREA/SC 06-238-6
Geól. Henrique Venâncio Redivo	CREA/RS 237189
Eng. Ambiental Eduardo Pereira Krebs	CREA/SC 071520-6
Eng. Ambiental Evandro Dias	CREA/SC 084018-4

Este Parecer Técnico é de responsabilidade do Geól. Dr. Antonio S.J. Krebs, CREA/SC 060238-6, cuja Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) consta no ANEXO I.



Geól. Antonio S.J. Krebs
Responsável Técnico
CREA/SC 060238-6

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. 2002. Chuvas intensas e chuvas de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina. **Bol tec n. 123**. EPAGRI, Florianópolis. 59p.

BACK, A. 2006. **Hidráulica e hidrometria aplicada**. EPAGRI, Florianópolis, 299p.

CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS 2015. **Mapa Planialtimétrico Cadastral**. Escala 1:2000 (documento interno).

CARBONIFERA SIDERÓPOLIS, 2015 **Mapa de contorno do piso da camada de carvão Barro Branco**. Escala 1:2000 (documento interno).

GEOLÓGICA. 2015. **Estudo de Impacto Ambiental Projeto de Lavra a Céu Aberto – Camada Barro Branco – Mina Santana**. FATMA. 453p.il. mapas (Documento Restrito).