



# PRAD PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Projeto de Lavra a Céu Aberto  
Carvão Barro Branco  
ANM 815.354/2018



**Carbonífera  
Siderópolis**

Elaboração:



**VOLUME III**

Localidade de Santana, Urussanga/SC

Outubro/2019



## Sumário

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1.         | Descrição Geral do Empreendimento .....  | 7  |
| 1.1.       | Identificação do Empreendedor .....  | 7  |
| 1.2.       | Identificação da Empresa de Consultoria.....                                   | 7  |
| 1.3.       | Localização e Vias de Acesso.....  | 8  |
| 1.4.       | Objetivo Geral.....  | 10 |
| 1.5.       | Objetivos Específicos .....  | 10 |
| 2.         | Caracterização do Empreendimento.....  | 11 |
| 2.1.       | Operações Previstas nas Frentes de Lavra .....                                 | 11 |
| 2.1.1.     | Remoção do Solo Superficial .....  | 13 |
| 2.1.2.     | Remoção do Solo Mineral e da Cobertura Argilo-arenosa .....                    | 15 |
| 2.1.3.     | Desmonte e Remoção do Banco de Arenitos .....                                  | 16 |
| 2.1.3.1.   | Perfuração .....   | 17 |
| 2.1.3.2.   | Carregamento e Ligação .....   | 19 |
| 2.1.3.3.   | Plano de Comunicação dos Eventos de Desmonte de Rocha .....                    | 22 |
| 2.1.4.     | Desmonte da Camada de Carvão, Carregamento e Transporte .....                  | 23 |
| 2.2.       | Equipamentos Utilizados na Lavra.....  | 24 |
| 2.3.       | Mão de Obra Direta .....   | 24 |
| 2.4.       | Deposição dos Produtos da Lavra .....  | 25 |
| 2.4.1.     | Deposição do Carvão ROM .....  | 25 |
| 2.4.2.     | Deposição do Siltito Barro Branco .....  | 25 |
| 3.         | Diagnóstico Ambiental da área de influência direta .....                       | 25 |
| 3.1.       | Uso e Ocupação do Solo .....   | 25 |
| 3.1.1.     | Cobertura e Uso da Terra dentro na Área de intervenção do Empreendimento ..... | 28 |
| 3.2.       | Caracterização do Solo .....   | 40 |
| 3.2.1.1.1. | Caracterização Física – Análise Textural.....                                  | 47 |
| 3.3.       | Recursos Hídricos .....  | 48 |
| 3.3.1.     | Caracterização dos Recursos Hídricos Superficiais .....                        | 48 |
| 3.3.2.     | Aspectos Hidrogeológicos.....  | 54 |
| 3.3.2.1.   | Aquífero Freático .....  | 54 |
| 3.3.2.2.   | Aquífero Profundo .....  | 58 |
| 3.3.2.3.   | Nascentes.....   | 60 |
| 3.4.       | Fisionomia Ecológica da Área.....  | 62 |
| 3.4.1.     | Flora.....   | 62 |
| 3.4.2.     | Fauna.....   | 64 |
| 3.4.2.1.   | Avifauna.....  | 64 |
| 3.4.2.2.   | Mastofauna Terrestre .....   | 65 |
| 3.4.2.3.   | Quiropterofauna.....   | 66 |
| 3.4.2.4.   | Ictiofauna .....   | 66 |
| 3.4.2.5.   | Herpetofauna.....  | 67 |
| 3.4.2.5.1. | Anfíbios.....  | 67 |
| 3.4.2.5.2. | Répteis .....  | 69 |
| 4.         | Aptidão e Intenção de Uso Futuro.....  | 70 |
| 5.         | Projeto Técnico de Recuperação .....   | 70 |
| 5.1.       | Cercamento da Área .....   | 70 |

|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| 5.2.         | Preparo do Solo.....   | 70  |
| 5.2.1.       | Manejo e Recomposição do Solo Nativo .....                                   | 70  |
| 5.2.2.       | Impacto Ambiental Sobre os Solos .....                                       | 71  |
| 5.2.3.       | Manejo e Recomposição dos Solos Durante a Operação da Mina .....             | 72  |
| 5.2.3.1.     | Remoção da Cobertura Vegetal Existente .....                                 | 72  |
| 5.2.3.2.     | Remoção da Camada do Solo Orgânico.....                                      | 73  |
| 5.2.3.3.     | Remoção da Camada de Solo Mineral – Decapeamento.....                        | 75  |
| 5.2.3.4.     | Recomposição Topográfica do Terreno .....                                    | 76  |
| 5.2.3.5.     | Recolocação da Camada de Solo Orgânico .....                                 | 77  |
| 5.2.3.6.     | Implantação do Sistema de Controle de Erosão e Drenagem Superficial.....     | 78  |
| 5.2.3.7.     | Construções de Canais de Drenagem .....                                      | 82  |
| 5.2.3.8.     | Recuperação da Fertilidade do Solo .....                                     | 83  |
| 5.2.3.8.1.   | Correção Física do Solo.....   | 84  |
| 5.2.3.8.2.   | Correção Química do Solo .....   | 84  |
| 5.2.3.8.2.1. | Calagem .....  | 85  |
| 5.2.3.8.2.2. | Adubação .....   | 86  |
| 5.3.         | Introdução da Cobertura Vegetal .....  | 89  |
| 5.3.1.       | Escolha da Espécie a Ser Implantada .....                                    | 90  |
| 5.3.2.       | Cultivo e Manejo de <i>Eucalyptus Grandis</i> .....                          | 91  |
| 5.3.2.1.     | Épocas para o Plantio do Eucalipto .....                                     | 91  |
| 5.3.2.2.     | Combate Preventivo a Formiga.....  | 92  |
| 5.3.2.3.     | Cuidados na Obtenção das Mudanças .....                                      | 92  |
| 5.3.2.4.     | Densidade de Plantio e Espaçamento .....                                     | 92  |
| 5.3.2.5.     | Sulcagem na Linha de Plantio.....  | 92  |
| 5.3.2.6.     | Adubação.....  | 93  |
| 5.3.2.7.     | Plantio.....   | 93  |
| 5.3.2.8.     | Replantio.....   | 93  |
| 5.3.2.9.     | Controle das Plantas Daninhas .....  | 94  |
| 5.3.2.10.    | Adubação de Cobertura .....  | 94  |
| 5.3.3.       | Semeadura de Vegetação Herbácea .....  | 94  |
| 5.3.4.       | Cultivo e Manejo .....   | 95  |
| 5.3.4.1.     | Problema do Solo .....   | 95  |
| 5.3.4.2.     | Correção e Adubação do Solo .....  | 95  |
| 5.3.4.3.     | Semeadura .....  | 96  |
| 5.3.4.4.     | Adubação e Cobertura .....   | 96  |
| 5.3.5.       | Plantio em Leivas <i>Axonopus compressus</i> – Grama-sempre-verde .....      | 96  |
| 5.4.         | Incrementação de Espécies Arbóreas nas Áreas de Preservação Permanente ..... | 97  |
| 5.4.1.       | Considerações Iniciais.....  | 97  |
| 5.4.2.       | Legislação Ambiental e Recuperação da Mata Ciliar .....                      | 98  |
| 5.4.3.       | Características Gerais .....   | 99  |
| 5.4.4.       | Cultivo e Manejo das Espécies Arbóreas Nativas .....                         | 100 |
| 5.4.4.1.     | Espécies a Serem Utilizadas.....   | 100 |
| 5.4.4.1.1.   | Araçá - <i>Psidium cantelanium</i> , Família: Myrtaceae .....                | 101 |
| 5.4.4.1.2.   | Aroeira - <i>Schinus terebinthifolius</i> . Família: Anacardiaceae .....     | 102 |
| 5.4.4.1.3.   | Bracatinga - <i>Mimosa scrabela</i> . Família: Mimosaceae .....              | 102 |
| 5.4.4.1.4.   | Camboatá - <i>Cupania vernalis</i> . Família: Sapindaceae.....               | 103 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| 5.4.4.1.5.  | Canela-amarela - <i>Nectandra lanceolata</i> . Família: Lauraceae ..... | 103 |
| 5.4.4.1.6.  | Canema - <i>Solanum pseudoquina</i> . Família: Solanaceae.....          | 104 |
| 5.4.4.1.7.  | Canjerana - <i>Cabralea Canjerana</i> . Família: Meliaceae .....        | 104 |
| 5.4.4.1.8.  | Capororoca - <i>Myrsinea coriacea</i> . Família: Primulacaceae .....    | 105 |
| 5.4.4.1.9.  | Caroba - <i>Jacarandá micantha</i> . Família: Bignoniaceae .....        | 106 |
| 5.4.4.1.10. | Cedro - <i>Cedrela fissilis</i> . Família: Meliaceae .....              | 107 |
| 5.4.4.1.11. | Chá-de-bugre - <i>Casearia sylvestris</i> . Família: Salicaceae .....   | 107 |
| 5.4.4.1.12. | Chal-chal - <i>Allophilus endulis</i> . Família: Sapindaceae .....      | 108 |
| 5.4.4.1.13. | Cocão - <i>Erythroxylum deciduum</i> . Família: Erythroxylaceae .....   | 109 |
| 5.4.4.1.14. | Figueira-miúda - <i>Ficus enormis</i> . Família: Moraceae .....         | 109 |
| 5.4.4.1.15. | Fruta-do-conde - <i>Annona squamosa</i> . Família: Annonaceae .....     | 110 |
| 5.4.4.1.16. | Goiabeira - <i>Psidium guajava</i> . Família: Myrtaceae .....           | 110 |
| 5.4.4.1.17. | Grandiúva - <i>Trema micantha</i> . Família: Cannabaceae .....          | 111 |
| 5.4.4.1.18. | Guabiroba - <i>Campomanesia xanthocarpa</i> . Família: Myrtaceae .....  | 111 |
| 5.4.4.1.19. | Ingá-banana - <i>Inga vera</i> . Família: Mimosaceae.....               | 112 |
| 5.4.4.1.20. | Ingá-feijão - <i>Inga marginata</i> . Família: Mimosaceae .....         | 113 |
| 5.4.4.1.21. | Jerivá - <i>Syagrus romanzoffiana</i> . Família: Arecaceae .....        | 114 |
| 5.4.4.1.22. | Paineira-rosa - <i>Chorisia speciosa</i> . Família: Malvaceae.....      | 114 |
| 5.4.4.1.23. | Pal-formiga - <i>Cecropia glaziovii</i> . Família: Urticaceae .....     | 115 |
| 5.4.4.1.24. | Pal-jacaré - <i>Piptadenia gonocantha</i> . Família: Mimosaceae.....    | 116 |
| 5.4.4.1.25. | Pal-leiteiro - <i>Sapium glandulatum</i> . Família: Euphorbiaceae ..... | 116 |
| 5.4.4.1.26. | Pitangueira - <i>Eugenia uniflora</i> . Família: .....                  | 117 |
| 5.4.4.1.27. | Senna - <i>Senna multijuga</i> . Família: Fabaceae .....                | 118 |
| 5.4.4.1.28. | Tanheiro - <i>Alchornea glandulosa</i> . Família: Euphorbiaceae .....   | 119 |
| 5.4.4.1.29. | Tarumã - <i>Vitex montevidensis</i> . Família: Lamiaceae .....          | 120 |
| 5.4.4.2.    | Execução do Plantio .....   | 120 |
| 5.4.4.3.    | Abertura das Covas .....  | 122 |
| 5.4.4.4.    | Adubação de Crescimento .....   | 122 |
| 5.4.4.5.    | Plantio das Espécies Nativas .....                                      | 122 |
| 5.4.4.6.    | Adubação de Manutenção.....   | 122 |
| 5.4.4.7.    | Adubação de Cobertura (Nitrogenada – Uréia) .....                       | 122 |
| 5.4.4.8.    | Replantio de Mudas.....   | 123 |
| 5.4.4.9.    | Controle de Formigas .....  | 123 |
| 5.4.4.10.   | Coroamento das Mudas .....  | 123 |
| 5.5.        | Criação de Atrativos para a Fauna.....                                  | 123 |
| 5.5.1.      | Poleiros Artificiais .....  | 124 |
| 5.5.2.      | Amontoamento de Galharia .....  | 124 |
| 5.5.3.      | Amontoamento de Serapilheira.....                                       | 125 |
| 6.          | Monitoramento Ambiental .....   | 125 |
| 6.1.        | Monitoramento Geotécnico .....  | 125 |
| 6.2.        | Monitoramento do Solo .....   | 125 |
| 6.2.1.      | Parâmetros de Monitoramento do Solo.....                                | 126 |
| 6.2.2.      | Metodologia de Monitoramento .....                                      | 127 |
| 6.3.        | Monitoramento da Vegetação .....  | 128 |
| 6.4.        | Monitoramento da Fauna .....  | 131 |
| 6.4.1.      | Coletas de Material Biológico.....                                      | 131 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 6.4.2. | Ictiofauna .....                            | 131 |
| 6.4.3. | Avifauna .....                              | 131 |
| 6.4.4. | Herpetofauna .....                          | 132 |
| 6.4.5. | Mamíferos Terrestres .....                  | 133 |
| 6.4.6. | Análises Estatísticas .....                 | 133 |
| 6.5.   | Monitoramento dos Recursos Hídricos .....   | 133 |
| 6.5.1. | Recursos Hídricos Subterrâneos .....        | 133 |
| 6.5.2. | Recursos Hídricos Superficiais .....        | 135 |
| 7.     | Cronograma físico de Operação da Mina ..... | 137 |
| 8.     | Referencial Bibliográfico .....             | 138 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1:  | Localização da poligonal do processo ANM 815.354/2018 situada ao norte da sede do município de Urussanga .....   | 9  |
| Figura 2:  | Localização do perímetro da concessão de lavra do processo ANM 815.354/2018 em relação à localidade de Santana, no município de Urussanga incluindo a área de lavra prevista no projeto. . | 10 |
| Figura 3:  | Esquema de lavra a céu aberto pelo método denominado “stripping mining”, com recuperação ambiental simultânea à lavra .....  | 12 |
| Figura 4:  | Fluxograma do ciclo de operação nas frentes de lavra da Mina Santana Céu Aberto. ....  | 13 |
| Figura 5:  | Croqui referente à remoção da cobertura vegetação e solo orgânico. ....  | 15 |
| Figura 6:  | Remoção da camada argilo-arenosa de cobertura na Mina Santana Céu Aberto .....   | 16 |
| Figura 7:  | Croqui representativo da remoção e armazenamento do pacote de arenitos .....   | 17 |
| Figura 8:  | Perfuração do banco de arenitos de cobertura para desmonte com utilização de explosivos. ....  | 19 |
| Figura 9:  | Remoção do banco de arenitos e do siltito de cobertura da camada de carvão Barro Branco. ....  | 21 |
| Figura 10: | Etapas de abertura e fechamento dos cortes durante decapeamento para remoção do carvão .....   | 22 |
| Figura 11: | Desmonte mecânico e carregamento da camada de carvão em caminhões basculantes. ....  | 24 |
| Figura 12: | Mapa e Uso do Solo para área de intervenção do empreendimento. ....  | 29 |
| Figura 13: | Áreas mapeadas em valores percentuais (%) dentro da área de intervenção do empreendimento. ....  | 30 |
| Figura 14: | Vista aérea da área destinada atualmente à silvicultura em seus estágios mapeados. ....  | 31 |
| Figura 15: | Vista aérea do fragmento de vegetação nativa na porção leste da AI. ....   | 32 |
| Figura 16: | Vista aérea “cordão” vegetacional presente a oeste da AI .....   | 32 |
| Figura 17: | Vista aérea do uso cadastrado como vegetação nativa em estágio inicial. ....   | 33 |
| Figura 18: | Vista aérea da área destinada aos campos antrópicos com destaque para os gados no imageamento. ....  | 34 |
| Figura 19: | Vista aérea da área destinada aos campos antrópicos com destaque para os indivíduos de Eucalyptus sp. ....   | 35 |
| Figura 20: | Vista aérea do uso de mineração na AI .....  | 36 |
| Figura 21: | Vista aérea do corpo d’água natural na porção oeste da AI. ....  | 37 |
| Figura 22: | Vista aérea do corpo d’água artificial (lagoa) na porção leste da AI. ....   | 37 |
| Figura 23: | Vista aérea da área com espécies exóticas de frutíferas. ....  | 38 |
| Figura 24: | Vista aérea das edificações inseridas na AI. ....  | 39 |
| Figura 25: | Vista aérea das edificações inseridas na AI .....  | 40 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 26: Localização dos pontos amostrais referentes às 5 áreas levantadas.....   | 41  |
| Figura 27: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 1.....   | 43  |
| Figura 28: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 2.....   | 44  |
| Figura 29: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 3.....   | 45  |
| Figura 30: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 4.....   | 46  |
| Figura 31: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 5.....   | 47  |
| Figura 32: Localização do ponto STN-C-01, situado na sub-bacia do Rio Carvão e as suas nascentes. Mostra também o traçado sugerido para o canal de desvio. ....   | 50  |
| Figura 33: Localização do curso d'água a área minerada a céu aberto em 1978.....  | 51  |
| Figura 34: Fotografia de campo do ponto STN Mo3.....  | 53  |
| Figura 35: Detalhe de um local onde se observa que o aquífero freático está contido em um solo residual oriundo da alteração de rochas areníticas. ....   | 55  |
| Figura 36: Aspectos do local onde foi implantado o PZ 02.:.....   | 58  |
| Figura 37: Frente de Lavra G. Pacote de rochas areníticas que constituem o aquífero profundo.....   | 59  |
| Figura 38: Na porção central, junto à árvore ocorre a nascente F 01. Ao fundo pode-se observar o piezômetro PZ 02. ....   | 61  |
| Figura 39: Aspectos do local onde ocorre a nascente NSC G01 .....   | 62  |
| Figura 40: Espécies quase ameaçadas encontradas na área de estudo.....  | 64  |
| Figura 41: Registro de pegada de Tatu-galinha e toca.....   | 65  |
| Figura 42: Cachorro-do-mato registrado na área de influência. ....  | 65  |
| Figura 43: Metodologia de amostragem de quiropterofauna (morcegos) e Espécie registrada na área de estudos.....   | 66  |
| Figura 44: Espécies de anfíbios anuros registrados em áreas abertas e de borda de mata na área "D". A – Dendropsophus minutus; B – Scinax tymbamirim; C – Scinax fuscovarius; D – Elachistocleis bicolor; E – Hypsiboas bischoffi; F – Hypsiboas faber; G – Scinax perereca (Casal em amplexo); H – Sphaenorhynchus cf. caramaschii; I – Trachycephalus mesophaeus..... | 68  |
| Figura 45: Espécies de anfíbios anuros registrados dentro do remanescente florestal da área "D". A – Aplastodiscus cochraniae (ameaçada); B – Proceratophrys boiei; C – Scinax catharinae; D – Haddadus binotatus.....  | 68  |
| Figura 46: Espécies de Répteis registrados no estudo. Legendas: A - Lagarto-teiú; B - Serpente da espécie Bothrops jararaca (jararaca).....   | 69  |
| Figura 47: Croqui referente à remoção da cobertura vegetação e solo orgânico.: .....  | 74  |
| Figura 48: Croqui referente à remoção e armazenamento de solo mineral. ....   | 75  |
| Figura 49: Etapas de abertura e fechamento dos cortes durante decapeamento para remoção do carvão.....  | 76  |
| Figura 50: Reconformação e suavização do terreno após a disposição do horizonte C.....  | 77  |
| Figura 51: Perfil do solo após a recuperação. ....  | 78  |
| Figura 52: Croqui de terraço executado sobre perfil original do terreno.....  | 79  |
| Figura 53: Corte esquemático de terreno e construção de patamares. ....   | 82  |
| Figura 54: Corte esquemático de terreno e construção de canais de drenagem.....   | 83  |
| Figura 55: Etapas de formação do solo construído .....  | 89  |
| Figura 56: Modelo de Chuço utilizado para abertura das covas no momento do plantio de Eucalipto.....  | 93  |
| Figura 57: Localização do futuro canal hídrico (em azul), formando a faixa de APP.....  | 100 |
| Figura 58: Exemplo de atrativos da fauna local (esquerda – poleiros artificiais, direita – amontoamento de galharia).....   | 124 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Equipamentos utilizados na lavra..... | 24 |
|---|----|

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 2: Colaboradores da Carbonífera Siderópolis a serviço na Mina Santana Céu Aberto. ....  | 24  |
| Tabela 3: Classificação utilizada no mapa de cobertura e uso da terra. ....  | 28  |
| Tabela 4: Quantificação das classes de Uso do Solo para área de intervenção do empreendimento. ....  | 29  |
| Tabela 5: Caracterização física e química do solo de campo (Área 1) .....  | 42  |
| Tabela 6: Caracterização física e química do solo de campo (Área 2). ....  | 43  |
| Tabela 7: Caracterização física e química do solo de campo (Área 3). ....  | 44  |
| Tabela 8: Caracterização física e química do solo em lavoura de eucalipto (Área 4). ....   | 45  |
| Tabela 9: Caracterização física e química do solo em mata nativa (Área 5). ....  | 46  |
| Tabela 10: Valores médios da análise textural. ....  | 47  |
| Tabela 11: Tabela de ensaios realizados nos pontos de monitoramento em 2017. ....  | 57  |
| Tabela 12: Lista das aves ameaçadas de extinção de ocorrência confirmada na área de estudo. Categorias de ameaça; Criticamente ameaçado (CR); Em perigo (EN); Vulnerável (VU) e Quase Ameaçada (NT) (CONSEMA, 2011; IUCN, 2013; MMA, 2003). .... | 64  |
| Tabela 13: Lista de espécies de peixes registrados na região da área de estudo na localidade de Santana, Urussanga-SC. Status de conservação: não ameaçada (NA); pouco preocupante (LC); vulnerável (VU); Em Perigo (EN) .....                   | 67  |
| Tabela 14: Valores do fator topográfico (LS) para inclinações e comprimentos de rampa. ....  | 78  |
| Tabela 15: Espaçamento horizontal recomendado para terraços de escoamento em terreno argiloso. ....  | 81  |
| Tabela 16: Caracterização física e química do solo nativo na profundidade de 0 a 20 cm nas Áreas 1, 2, 3, 4 e 5. ....  | 85  |
| Tabela 17: Largura da faixa de vegetação ciliar segundo lei 12.651/2012 .....  | 99  |
| Tabela 18: Relação de mudas por espécie a serem plantadas. ....  | 100 |
| Tabela 19: Parâmetros para monitoramento químico dos solos. ....   | 126 |
| Tabela 20: Parâmetros para monitoramento da qualidade física dos solos. ....   | 126 |
| Tabela 21: Parâmetros físico-químicos a serem analisados no monitoramento dos hídricos subsuperficiais. ....   | 134 |
| Tabela 22: Pontos de monitoramento de recursos hídricos subsuperficiais. ....  | 134 |
| Tabela 23: Parâmetros físico-químicos a serem analisados no monitoramento dos hídricos superficiais. ....  | 136 |
| Tabela 24: Pontos de monitoramento de recursos hídricos superficiais .....   | 136 |
| Tabela 25: Cronograma físico anual as atividades descritas no PRAD. ....   | 137 |



## **1. DESCRIÇÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO**

### **1.1. Identificação do Empreendedor**

Empreendedor: Carbonífera Siderópolis Ltda

Inscrição no CNPJ: 83.852.137/0001-00

Endereço do Empreendimento: Estrada Geral Santana, sn

Bairro: Santana

Município: Urussanga – SC

CEP: 88840-000

Telefones: (48) 3403-0000

E-mail: gerencia@carbosider.com.br

### **1.2. Identificação da Empresa de Consultoria**

A empresa de consultoria Geológica Engenharia e Consultoria Ambiental Ltda. está cadastrada junto ao CNPJ sob nº 21.140.859/0001-76, inscrita no IBAMA sob nº 6.185.581 – Classe 6.0 – Consultoria Técnica Ambiental e com Registro nº 134.915-7 no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA/SC. Esta empresa é representada por seu sócio-diretor, Engenheiro de Minas Luiz Antônio Pretto Menezes (CREA/SC nº 20.239-0). A empresa se dedica à prestação de serviços de consultoria nas áreas de geologia, mineração e meio ambiente.

O objetivo maior da empresa tem sido atender à crescente demanda de Licenciamentos Ambientais de empreendimentos industriais da mineração e da construção civil, atividades econômicas consideradas como a base para o desenvolvimento do estado de Santa Catarina.

A Geológica encontra-se estabelecida à Rua Coronel Marcos Rovaris, nº 230, Sala 903, bairro Centro, no município de Criciúma/SC.

Para contatos:

- Fone: (48) 3437-1763
- E-mail: contato@geologica.com.br e luiz@geologica.com.br

Demais informações a respeito da empresa podem ser obtidas na página eletrônica [www.geologica.com.br](http://www.geologica.com.br).

A equipe multidisciplinar da Geológica que atuou na elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas foi composta pelos profissionais relacionados:

Beatriz Alicia Firpo – Engenheira Agrônoma MsC - Diagnóstico Pedológico e Projeto Técnico de Recuperação Ambiental;

Lucas Vendramini – Engenheiro Agrônomo – Diagnóstico vegetacional e Projeto Técnico de Recuperação Ambiental;

Luiz Antonio Pretto Menezes – Engenheiro de Minas e de Segurança do Trabalho – Caracterização do Empreendimento e Projeto Técnico de Recuperação Ambiental;

Antônio Silva Jornada Krebs – Geólogo Dr. – Diagnóstico dos Recursos Hídricos Superficiais e Subsuperficiais;

Gustavo José Deibler Zambrano – Engenheiro Ambiental MsC – Uso e ocupação do solo na área de intervenção;

### 1.3. Localização e Vias de Acesso

A área estudada situa-se no município de Urussanga, Estado de Santa Catarina, na localidade denominada de Santana, a leste desta comunidade. O principal acesso rodoviário é feito a partir da cidade de Urussanga até o trevo de acesso para Santana na Rodovia SC 108 (antiga SC 446), seguindo a partir deste ponto por estrada municipal não asfaltada, mas com boas condições de trafegabilidade, percorrendo-se uma distância de 7 km até o centro urbano da comunidade de Santana. Seguindo por estrada secundária no sentido leste, percorrendo-se a distância de 850 metros chega-se a porção W da poligonal. O mapa de localização da poligonal da ANM 815.354/2018 é apresentado Figura 2 com destaque para a área de lavra. A situação da área em relação ao município de Urussanga é mostrada na Figura 1.

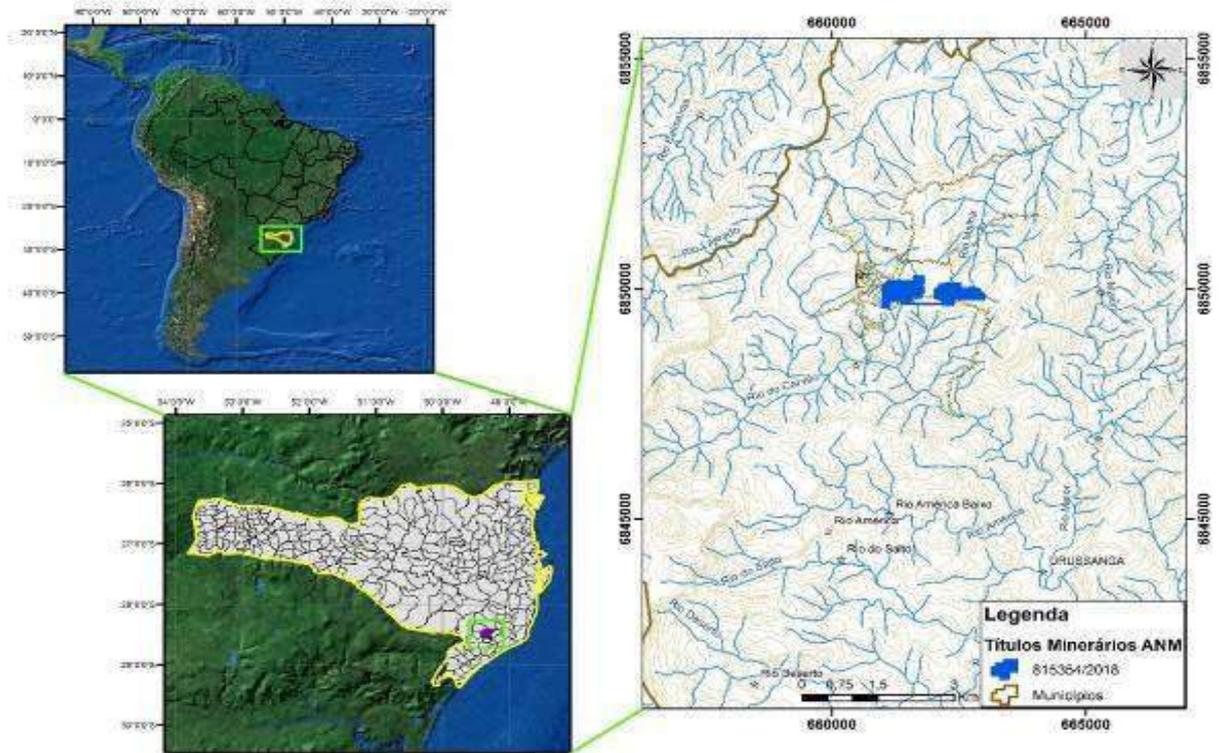


Figura 1: Localização da poligonal do processo ANM 815.354/2018 situada ao norte da sede do município de Urussanga.

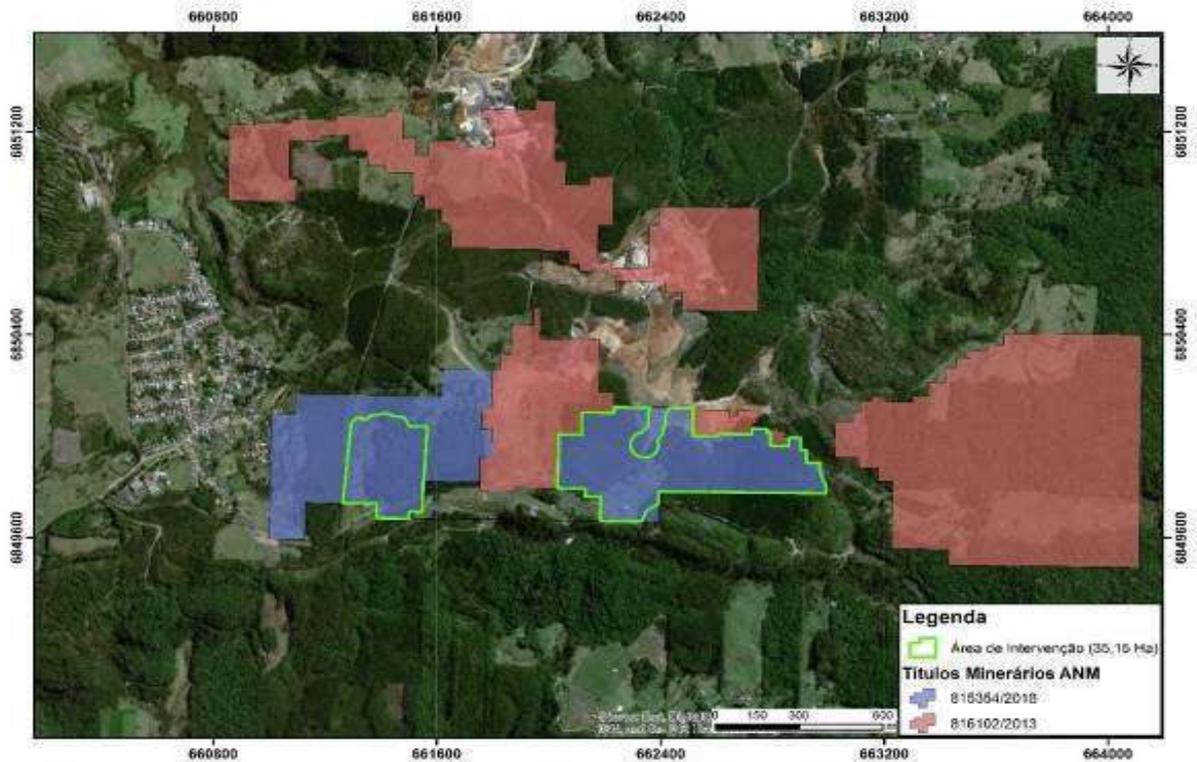


Figura 2: Localização do perímetro da concessão de lavra do processo ANM 815.354/2018 em relação à localidade de Santana, no município de Urussanga incluindo a área de lavra prevista no projeto.

#### 1.4. Objetivo Geral

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas tem por objetivo geral diagnosticar o ambiente em estudo e propor medidas de ação que subsidiem a manutenção da integridade ambiental local, e caso esta seja perturbada, projetar medidas que acelerem a recuperação ambiental dos ambientes alterados, objetivando o aumento de sua resiliência.

Em função do exposto, especial atenção deve ser dada à proteção e conservação do solo, dos recursos hídricos e a manutenção da função socioambiental das propriedades impactadas pelo empreendimento, bem como, atender às exigências e padrões de qualidade ambiental da área, compondo o cenário comportamental da área reabilitada e, a seguir, concebendo e desenvolvendo soluções para alcançar tal resultado.

#### 1.5. Objetivos Específicos

Em função do exposto, pôde-se elencar as ações executivas do PRAD a fim de sequenciar as medidas de sua implantação.

- Reunir informações, diagnósticos, levantamentos e estudos que permitam a avaliação da degradação ou alteração socioambiental da área;
- Definir os indicadores/índices/medidas/projetos adequados à recuperação da área;
- Informar os métodos e técnicas de recuperação a serem empregados de acordo com as peculiaridades de cada área, devendo ser utilizados de forma isolada ou homóloga;
- Elencar quaisquer fatores que possam dificultar ou impedir o processo de recuperação;
- Elencar a utilização de variáveis sócioambientais com características funcionais similares ao dos ecossistemas da região;
- Proteger e conservar o solo, os recursos hídricos e a manutenção da função socioambiental das propriedades impactadas pelo empreendimento;
- Utilizar amplamente as características constitutivas e comportamentais do sistema ambiental local;
- Monitorar as medidas adotadas nos diversos compartimentos ambientais ao longo do processo de recuperação ambiental.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

### **2.1. Operações Previstas nas Frentes de Lavra**

A lavra da camada Barro Branco será executada a céu aberto pelo método denominado “stripping mining”, com execução de cortes sucessivos, onde o material de cobertura do corte em desenvolvimento é escavado e depositado no corte anteriormente minerado.

Em uma primeira etapa, a camada de “solo orgânico” será preservada para utilização posterior, na forma de deposição final sobre as áreas em recuperação. O pacote argilo-arenoso existente sob o horizonte de solo orgânico será removido e depositado sobre áreas já preenchidas com o substrato rochoso existente na porção inferior do pacote de cobertura da camada. O banco de arenitos existente na porção inferior do pacote de cobertura, diretamente acima da camada de carvão de interesse, será removido após desmonte por explosivos do tipo emulsão e depositado na parte inferior do corte já exaurido.

O solo orgânico será carregado pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição ou estocagem, para seu melhor aproveitamento e preservação das características de fertilidade. Os demais materiais serão carregados pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição ou serão removidos e empurrados pelo trator de esteiras, utilizando-se sempre a situação mais favorável no que diz respeito ao custo e à produtividade dos equipamentos. A Figura 3

apresenta o esquema de lavra proposto para a Mina Santana Céu Aberto com utilização do método stripping mining.



Figura 3: Esquema de lavra a céu aberto pelo método denominado "stripping mining", com recuperação ambiental simultânea à lavra.

O beneficiamento do carvão bruto extraído na mina a céu aberto será realizado em dois locais, de acordo com sua granulometria. Inicialmente todo o carvão bruto passará por um aeroseparador instalado na própria mina, sendo beneficiado a seco. No aeroseparador será produzida a fração de CE 4500 grosso e ocorrerá a separação de rejeitos grossos e finos. Os finos do beneficiamento a seco serão tratados na Unidade de Beneficiamento da Carbonífera Siderópolis situada na localidade de Lageado, Santana, município de Urussanga, a uma distância média de 5,5 km do empreendimento. Esta usina de beneficiamento está licenciada pelo IMA – Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina, por meio da Licença Ambiental de Operação nº 10639/2018, emitida em 13 de dezembro de 2018, com validade de 48 meses.

A camada Barro Branco, que apresenta características mineráveis a céu aberto na jazida, encontra-se sob coberturas que variam de 4,62 metros a 30,07 metros e cobertura média de 17,04 metros na área bloqueada para esta mina, considerando-se camadas com espessura acima de 1,40 metros.

Os ciclos das operações na frente de produção seguem a seguinte rotina:

1. Remoção da camada de solo orgânico (utilização de escavadeira-hidráulica e caminhão);

2. Remoção da camada de estéril argilo-arenoso (utilização de escavadeira-hidráulica e caminhão, ou trator de esteiras);
3. Furação do banco de arenito com carretas de perfuração sobre esteiras;
4. Carregamento da frente e detonação, com emulsão e cordel detonante;
5. Remoção do banco de arenito (utilização de escavadeira-hidráulica e caminhão, ou trator de esteiras);
6. Extração e transporte do carvão bruto para a usina de beneficiamento.

Em todas as etapas onde for executada a remoção de material de cobertura, a deposição deve ocorrer nos locais de preenchimento ou de recobrimento, em áreas de recuperação ambiental. A Figura 4 apresenta o fluxograma de um ciclo de operação de uma frente de lavra a céu aberto, conforme projeto proposto para a ampliação da Mina Santana Céu Aberto.

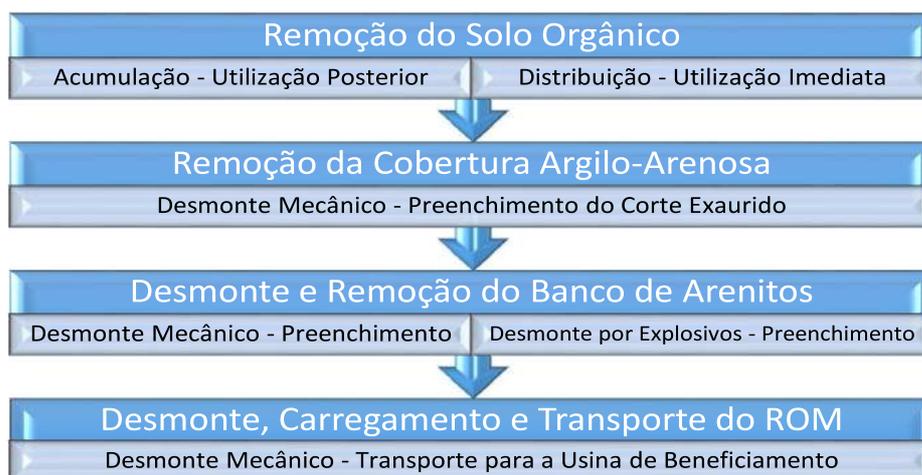


Figura 4: Fluxograma do ciclo de operação nas frentes de lavra da Mina Santana Céu Aberto.

### 2.1.1. Remoção do Solo Superficial

Será necessário remover a camada superficial de solo (solo orgânico) dado que o teor de matéria orgânica do mesmo é superior ao das camadas subjacentes, o que faz deste material a melhor opção para construção de solo sobre as áreas em recuperação. A matéria orgânica é indispensável à recuperação física, química e biológica do solo a ser construído. A remoção do solo orgânico deverá ocorrer concomitantemente à remoção da vegetação herbácea conforme dito anteriormente.

A espessura do solo contendo maior teor de matéria orgânica (medida da superfície até a base do Horizonte B) foi determinada entre 0,40 metros e 0,80 metros.

Considerando-se que o método de lavra será “em tiras”, ou “faixas” (“strip mining”), no momento em que existir espaço suficiente na cava exaurida, o que se espera a partir do terceiro corte, solo será carregado, transportado e distribuído sobre um corte já exaurido, previamente preenchido com o estéril do corte anterior, e assim sucessivamente.

O solo orgânico será carregado pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição ou estocagem, para seu melhor aproveitamento e preservação das características de fertilidade.

Caso o armazenamento do solo orgânico se prolongue por mais de três meses, o mesmo deverá ser semeado com um mix de espécies gramíneas e leguminosas anuais. Desta maneira, a porção de solo armazenada ficará protegida da erosão eólica e hídrica e haverá atividade microbiana o que manterá a ciclagem de nutrientes impedindo sua lixiviação completa.

O local escolhido para armazenamento do solo orgânico deverá ser livre de trânsito de equipamentos, pessoas e automóveis e estar localizado em ponto que não exija sua manipulação até o início dos trabalhos de recuperação. O croqui na Figura 5 ajuda a visualizar as primeiras etapas do trabalho.

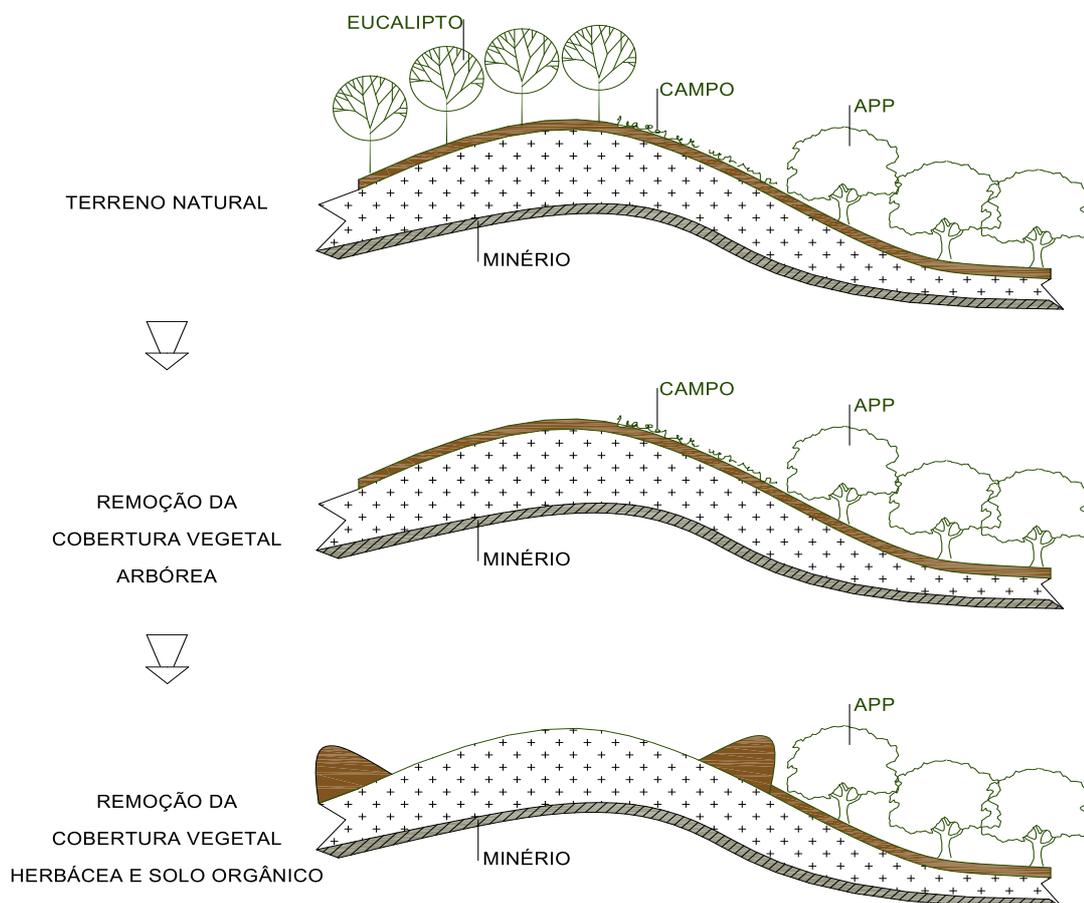


Figura 5: Croqui referente à remoção da cobertura vegetação e solo orgânico.

### 2.1.2. Remoção do Solo Mineral e da Cobertura Argilo-arenosa

Após a remoção e armazenamento do solo orgânico é necessário remover a camada de solo mineral composto pelo horizonte C (saprolito) e por uma camada (“pacote”) argilo-arenosa sobrejacente. Essas camadas serão removidas por desmonte mecânico, sob a forma de bancadas com altura máxima de seis metros, limitação imposta pelo comprimento da lança da escavadeira hidráulica (Figura 6). O número de bancadas será variável, de acordo com a espessura da cobertura argilo-arenosa a ser removida. Estes materiais serão carregados pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição. O horizonte C e a cobertura argilo-arenosa removidos nos primeiros cortes executados serão direcionados para as áreas de recuperação ambiental da Mina Santana Frente G, atualmente em operação, onde ocorrerá sua deposição e distribuição sobre os blocos areníticos provenientes da remoção do banco de arenitos que se sobrepõe à camada de carvão Barro Branco.

A partir do terceiro corte, ou do momento em que a recuperação da Mina Santana Frente G estiver concluída, o material argilo-arenoso será depositado no interior dos cortes já exauridos da área de ampliação da Mina Santana Céu Aberto, empreendimento objeto deste EIA.

Ajustes nesta metodologia podem ser realizados desde que não ocorra inversão dos horizontes. Ou seja, não pode ocorrer a disposição da camada argilo-arenosa sobre o solo do horizonte C e tampouco pode haver a disposição do solo do horizonte C sobre o solo orgânico.

Caso seja necessário o armazenamento para uso futuro, é muito importante não misturar estes materiais. O horizonte C e a camada argilo-arenosa devem ser armazenados separadamente e igualmente preservados de erosão via plantio de vegetação de cobertura ou proteção mecânica, caso fiquem armazenados por mais de três meses. Isto preserva não só o material em si, mas também diminui chances de danos ambientais a corpos d'água adjacentes ao empreendimento.



Figura 6: Remoção da camada argilo-arenosa de cobertura na Mina Santana Céu Aberto.

### 2.1.3. Desmonte e Remoção do Banco de Arenitos

Para a remoção do banco de arenitos sobreposto à Camada de Carvão Barro Branco se faz necessário seu desmonte com utilização de explosivos, exceto em locais onde este se encontrar em um grau de alteração que possibilite seu desmonte mecânico, com rendimento adequado do equipamento de lavra.

O plano de fogo utilizado no desmonte do banco de arenitos deverá sofrer ajustes decorrentes dos resultados, em função da espessura da cobertura, do tipo de litologia encontrado em cada

setor da mina, da proximidade da frente de lavra em relação às residências e demais construções, porém seus parâmetros médios se encontram definidos com base nos trabalhos atualmente desenvolvidos na Mina Santana Frente G.

O plano de fogo adotado deverá ser supervisionado e ajustado por especialista em desmonte com explosivos, de forma a permitir a redução máxima de carga de explosivos por espera e também por desmonte, além de preservar a estabilidade e melhorar a regularidade na face dos taludes. Dever-se-á sempre buscar a redução de tensões e, conseqüentemente, de fraturamento dos taludes, de forma a aumentar a segurança geotécnica dos mesmos.

Para criar as ferramentas de controle e de planejamento dos desmontes futuros, principalmente quando a lavra estiver posicionada mais próxima da vila Santana, a Carbonífera Siderópolis desenvolveu estudo de modelagem sísmica, por meio de monitoramentos sismográficos orientados realizados na atual área de lavra (Volume IV, Anexo II). O objetivo desse estudo foi o de gerar uma equação local denominada equação de atenuação de ondas sísmicas específica para o local estudado.

Essa ferramenta possibilita uma avaliação prévia dos níveis de energia sísmica que serão gerados pelo desmonte a distâncias variáveis e, a partir deles, a programação e a simulação, com níveis de segurança confiáveis, das respectivas cargas por espera que podem ser aplicadas em cada desmonte.

A Figura 7 apresenta um croqui representativo da remoção do pacote de arenitos subjacentes à camada argilo-arenosa. Esse pacote será removido por equipamentos de terraplenagem após seu desmonte por explosivos tipo emulsão

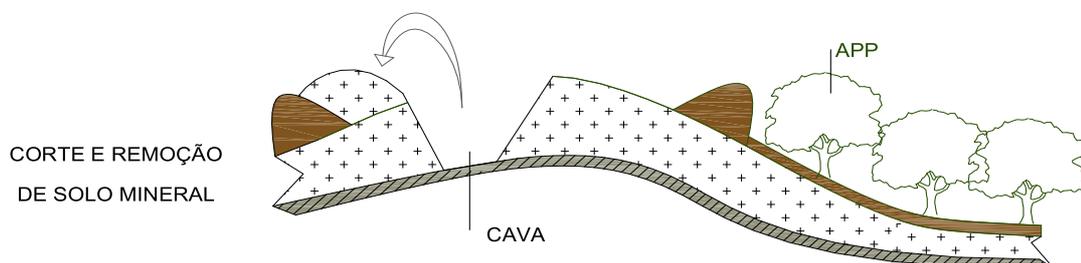


Figura 7: Croqui representativo da remoção e armazenamento do pacote de arenitos.

### 2.1.3.1. Perfuração

- Diâmetro dos Furos

O diâmetro de perfuração utilizado no desmonte de rochas é a base de um eficiente plano de fogo, apresentando influência direta sobre vários fatores, como, o tamanho dos fragmentos

que serão gerados na detonação, o tipo de explosivo a ser utilizado, a vibração admissível no terreno durante a detonação, entre outros.

Em mineração a céu aberto, furos de maiores diâmetros apresentam menores custos de perfuração e detonação por metro cúbico ou tonelada de rocha escavada em relação àqueles obtidos com furos de diâmetros menores. O diâmetro do furo pode também ser determinado pelo tipo do equipamento disponível para perfuração, carregamento e transporte. A escolha do diâmetro dos furos depende, também, da produção horária, do ritmo da escavação e da resistência da rocha a ser desmontada.

No plano de fogo projetado para a Mina Santana Céu Aberto o diâmetro dos furos adotado foi de 3", preferencialmente, podendo, entretanto, sofrer alterações de acordo com as características dos pacotes de cobertura a serem desmontados nos diversos módulos de lavra. A perfuração do banco de arenitos será realizada mediante o uso de carretas de perfuração hidráulica sobre esteira (Figura 8).

- Profundidade dos Furos

A profundidade do furo determina a escolha do equipamento de perfuração que será utilizado. No caso da Mina Santana Céu Aberto, o comprimento médio dos furos é 10,0 m e está relacionado à espessura do pacote de arenito de cobertura da camada de carvão Barro Branco.

O equipamento de perfuração indicado para operações em minas com estas características é o mesmo utilizado na Mina Santana Frente F atualmente em atividade, formado por um conjunto de compressor pneumático e carreta de perfuração sobre esteiras.

- Afastamento

O afastamento é a menor distância que vai do furo à face livre da bancada ou a menor distância de uma linha de furos a outra. De todas as dimensões do plano de fogo essa é a mais crítica em relação ao desempenho dos explosivos. O plano de fogo que será utilizado na ampliação da Mina Santana Céu Aberto (Frente K e Frente L) prevê um afastamento de 2,5 m.

- Espaçamento

O espaçamento é a distância entre dois furos de uma mesma linha. O espaçamento nunca deve ser menor que o afastamento, caso contrário, o número de matacões será excessivo.

No Plano de Fogo da Mina Santana Céu Aberto Frente K e Frente L o afastamento previsto é de 5,5 m.

- Subperfuração

Subperfuração é o comprimento do furo que se encontra abaixo do nível da base da bancada. É utilizada para promover o rompimento do maciço, para obter bons níveis de fragmentação e permitir movimento do bloco desmontado. A necessidade da subperfuração decorre do engastamento da rocha no pé da bancada.

O Plano de Fogo da Mina Santana Céu Aberto Frente K e Frente L não prevê subperfuração, pois o corte ocorrerá na camada de carvão Barro Branco.



Figura 8: Perfuração do banco de arenitos de cobertura para desmonte com utilização de explosivos.

### 2.1.3.2. Carregamento e Ligação

- Carregamento dos Furos

Depois de concluída a etapa de perfuração é realizado o carregamento dos furos. O tipo de explosivo é selecionado objetivando alcançar uma melhor fragmentação das rochas, maior segurança no manuseio, maior resistência à água, menor custo por unidade de rocha desmontada.

O explosivo a ser utilizado no desmonte do pacote de arenitos na Mina Santana Céu Aberto Frente K e Frente L é a emulsão encartuchada, com diâmetro de 2,¼” e 24” de comprimento por cartucho..

- Tampão

Denomina-se tampão à parte do furo que é preenchida por material inerte. O objetivo do tamponamento é confinar os gases do explosivo no interior do furo.

O adequado confinamento é necessário para que a carga do explosivo funcione adequadamente e emita a quantidade máxima de energia, bem como para o controle da sobrepressão atmosférica e o ultralancamento dos fragmentos rochosos.

O ótimo tamanho do material do tampão apresenta um diâmetro médio (D) de 0,05 vezes o diâmetro do furo. O material do tampão deve ser angular para funcionar apropriadamente. Detritos de perfuração devem ser evitados.

O Plano de Fogo da Mina Santana Céu Aberto Frente K e Frente L prevê um tampão de 1,3 m utilizando como material de preenchimento brita ¾”.

- Sistema de Iniciação da Carga de Fundo

A iniciação da carga de fundo é realizada por cordel detonante ligado aos cartuchos de explosivos posicionados na base do furo.

- Sistema de Iniciação Não Elétrico

Os acessórios de iniciação de desmonte de rochas por explosivos objetivam alcançar uma melhor fragmentação das rochas, maior precisão nos tempos de retardo, maior segurança e facilidade no manuseio, redução dos problemas ambientais gerados durante os desmontes, menor custo por unidade de rocha desmontada.

Os explosivos industriais apresentam certo grau de estabilidade química que os torna perfeitamente manuseáveis, dentro de condições normais de segurança. Para desencadear a detonação é necessário comunicar ao explosivo uma quantidade inicial de energia de ativação, capaz de promover as reações internas para sua transformação em gases. Uma vez iniciada esta reação, ela se propaga através de toda a massa explosiva. Esta energia inicial é comunicada sob a forma de choques moleculares, oriundos de calor, chispas, atrito ou impacto.

Os acessórios de detonação são destinados a provocar estes fenômenos iniciais de uma forma segura. Alguns apresentam a função de retardar a detonação da carga de explosivo de cada furo, quando isto for desejável. O plano de fogo da Mina Santana Céu Aberto prevê a utilização de sistema de iniciação não elétrico composto por uma espoleta de retardo, ligada a um tubo de choque para transmissão de sinal e um conector plástico, utilizando-se uma unidade em cada furo. Os iniciadores não elétricos serão ligados às extremidades dos cordéis detonantes e serão responsáveis pela iniciação da carga de explosivo de cada furo individualmente.

Depois de executado o desmonte do banco de arenitos, o carregamento dos blocos areníticos será realizado por escavadeiras hidráulicas, com transporte por caminhões basculantes. Como alternativa, esses blocos poderão ser removidos por trator de esteiras e empurrados diretamente até o ponto de deposição, devendo sempre ser considerada a situação mais favorável em relação ao desempenho e produtividade dos equipamentos utilizados na lavra.

A Figura 9 mostra o carregamento do material resultante do desmonte do banco de arenitos por uma escavadeira hidráulica, diretamente em caminhão basculante, para transporte até o local de deposição final, em corte já exaurido.



Figura 9: Remoção do banco de arenitos e do siltito de cobertura da camada de carvão Barro Branco.

Os blocos areníticos originados no desmonte do banco de arenitos serão depositados em áreas de recuperação ambiental na área de ampliação da Mina Santana Céu Aberto, objeto deste EIA, no interior de cortes já exauridos, diretamente sobre a lapa da Camada de Carvão

Barro Branco Branco ou sobre o depósito de rejeitos do aerossesepador, devidamente recobertos com camada de argila selante. Este material será depositado para preenchimento parcial dos cortes já exauridos, correspondendo à primeira etapa dos trabalhos de recuperação ambiental. Assim, a abertura de novos cortes deverá ser realizada de forma tal que ocorra o fechamento do corte anterior (Figura 10).

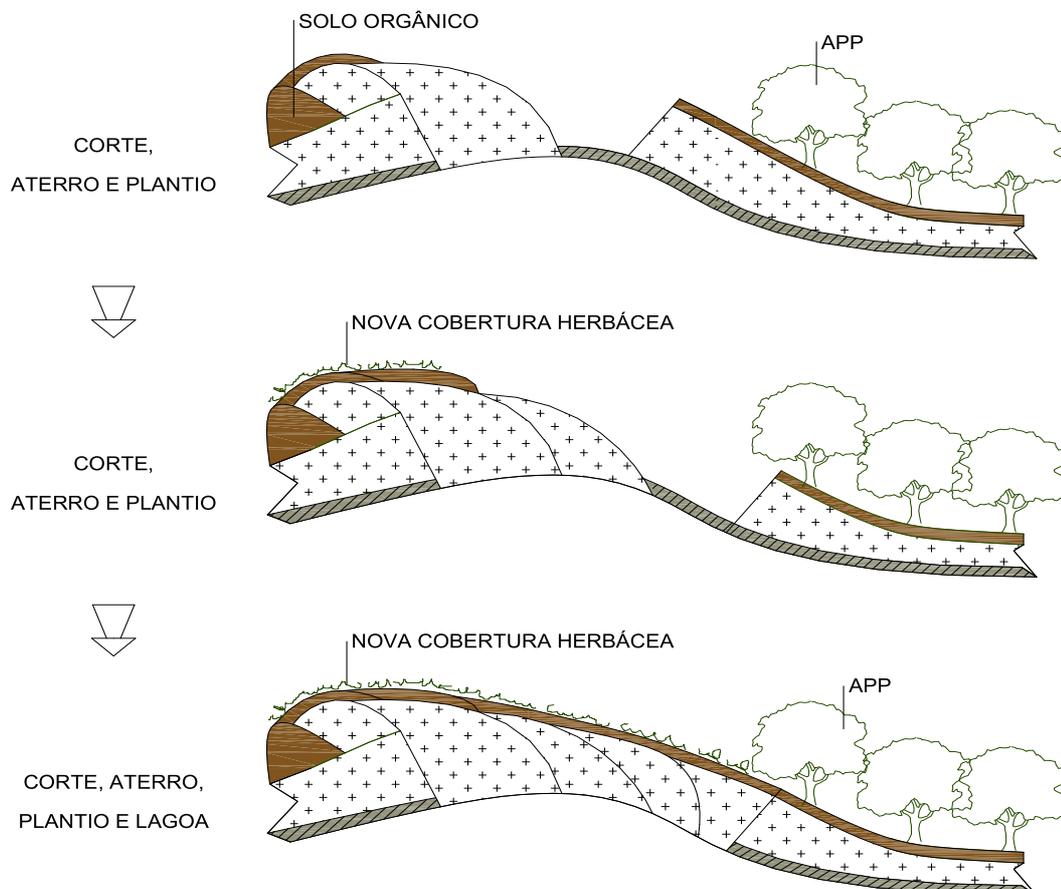


Figura 10: Etapas de abertura e fechamento dos cortes durante decapeamento para remoção do carvão.

### 2.1.3.3. Plano de Comunicação dos Eventos de Desmonte de Rocha

Os horários de detonação devem ser previamente definidos e informados em locais de alta visibilidade, divulgados em emissora de rádio local e em sistema de som doado e instalado pela empresa Carbonífera Siderópolis na igreja Sagrado Coração de Jesus. Esses avisos serão fixados na parede, em locais visíveis, no mínimo 24 horas antes de cada evento. Os locais de divulgação dos comunicados de detonação são relacionados a seguir:

- Posto de saúde da localidade de Santana;

- Escola de Ensino Fundamental Lucas Bez Batti ;
- CEI Sérgio Teixeira;
- Associação dos moradores de Santana;
- Placas informativas;
- Sistema de som da comunidade de Santana;
- Rádio Marconi (Urussanga).

As detonações devem ocorrer no período das 12:00 h às 17:00 h, sendo executadas por empresa contratada, sob supervisão de um “blaster” habilitado. Além disso, as detonações devem ser antecedidas pela devida sinalização de segurança, impedimento dos acessos ao local e por sinal sonoro de aviso, conforme a NRM 16/ANM.

#### **2.1.4. Desmonte da Camada de Carvão, Carregamento e Transporte**

A Camada de Carvão Barro Branco é desmonta mecanicamente com uso de escavadeiras hidráulicas (Figura 11), sendo extraída de forma seletiva em três etapas, para melhor eficiência do sistema de beneficiamento em aerosseparador:

- Forro;
- Quadração (incluindo seleção e estocagem do siltito Barro Branco);
- Banco.

Os produtos da lavra seletiva são transportados por caminhões basculantes até o galpão de estocagem da usina de aerosseparação, situada na própria mina, onde aguardam o beneficiamento.



Figura 11: Desmonte mecânico e carregamento da camada de carvão em caminhões basculantes.

## 2.2. Equipamentos Utilizados na Lavra

A Carbonífera Siderópolis conta com os equipamentos próprios ou terceirizados relacionados na Tabela 1, utilizados diretamente nas operações de lavra.

Tabela 1: Equipamentos utilizados na lavra.

| Equipamento            | Fabricante  | Modelo  | Ano de Fabricação | Propriedade       |
|------------------------|-------------|---------|-------------------|-------------------|
| Escavadeira Hidráulica | Caterpillar | 336 D2L | 2015              | Carb. Siderópolis |
| Escavadeira Hidráulica | Caterpillar | 336 D2L | 2015              | Carb. Siderópolis |
| Escavadeira Hidráulica | Caterpillar | 320 D2L | 2015              | Carb. Siderópolis |
| Trator de Esteiras     | Caterpillar | D8T     | 2015              | Carb. Siderópolis |
| Trator de Esteiras     | Caterpillar | D6T     | 2014              | Terceirizada      |
| Escavadeira Hidráulica | Liebherr    | 944     | 2011              | Terceirizada      |
| Escavadeira Hidráulica | Caterpillar | 323     | 2014              | Terceirizada      |
| Escavadeira Hidráulica | Caterpillar | 321     | 2008              | Terceirizada      |
| Pá carregadeira        | Caterpillar | 938K    | 2018              | Carb. Siderópolis |
| Pá carregadeira        | Caterpillar | 924K    | 2018              | Carb. Siderópolis |
| Pá carregadeira        | Caterpillar | 924K    | 2014              | Carb. Siderópolis |
| Bomba de Água          | Grindex     | Malor H | 2015              | Carb. Siderópolis |

## 2.3. Mão de Obra Direta

A Carbonífera Siderópolis conta com os colaboradores, de quadro próprio ou terceirizado, relacionados na Tabela 2 na Mina Santana Céu Aberto e serviços de apoio à produção.

Tabela 2: Colaboradores da Carbonífera Siderópolis a serviço na Mina Santana Céu Aberto.

| Função                     | Nº de Colaboradores | Contratante       |
|----------------------------|---------------------|-------------------|
| Operador de beneficiamento | 02                  | Carb. Siderópolis |
| Trabalhador de superfície  | 02                  | Carb. Siderópolis |
| Eletromecânico             | 01                  | Carb. Siderópolis |

| Função                         | Nº de Colaboradores | Contratante       |
|--------------------------------|---------------------|-------------------|
| Líder                          | 02                  | Carb. Siderópolis |
| Operador de pá carregadeira    | 02                  | Carb. Siderópolis |
| Operador de trator de esteiras | 03                  | Terceirizado      |
| Operador de escavadeira        | 07                  | Terceirizado      |
| Mecânico                       | 01                  | Terceirizado      |
| Ajudante                       | 01                  | Terceirizado      |
| Total                          | 21                  |                   |

## 2.4. Deposição dos Produtos da Lavra

### 2.4.1. Deposição do Carvão ROM

O carvão ROM, antes de seu beneficiamento, será depositado junto ao pátio da usina de aeroseparação, sob o galpão de estocagem, de forma a evitar alterações em seus teores de umidade, prejudiciais ao beneficiamento a seco. Esses estoques serão temporários e terão a função de uniformizar a alimentação da usina e garantir sua operação em períodos úmidos.

### 2.4.2. Deposição do Siltito Barro Branco

O siltito Barro Branco, extraído de forma seletiva durante a lavra da camada Barro Branco, será depositado nas proximidades da frente de lavra, prevendo-se seu aproveitamento futuro.

## 3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

### 3.1. Uso e Ocupação do Solo

O conhecimento sobre o uso da terra ganha relevo pela necessidade de garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável (MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA, 2006 p.9).

Diante da temática proposta neste item torna-se de suma importância a definição e compreensão dos termos que subsidiam sua estruturação e fundamentam posteriores correlações. Os principais seguem abaixo:

- Terra;
- Cobertura da Terra;
- Uso da Terra.

A Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (1994) conceitua Terra como qualquer área delimitada na superfície terrestre envolvendo todos os atributos da biosfera imediatamente acima ou abaixo de sua superfície, bem como atributos do sistema abiótico

representado pelo clima, solos e relevo, hidrologia superficial e subterrânea, as populações de animais e plantas e, a atividade humana passada ou presente.

A cobertura da terra foi definida como a vegetação (natural ou plantada) ou as construções artificiais realizadas pelo homem na superfície da terra. Gelo, rocha nua, areia, água e superfícies similares também são classificadas como cobertura da terra (FAO, 1994).

Segundo Bie; Leeuwen; Zuidema (1996) o termo uso da terra, está associado às atividades realizadas pelo homem em um dado espaço terrestre, com o objetivo de obter através do uso dos recursos de tal sistema, benefícios e produtos. Assim sendo ressalta-se a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) atribuída ao uso da terra em detrimento a utilização da cobertura do solo.

Os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação entre si e muitas vezes tal relação não é caracterizada. Geralmente, as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto, com auxílio de fotografias aéreas ou imagens de satélite, pode ser correlacionada à cobertura da terra e usada para mapear os mais diversos temas. Todavia algumas ressalvas devem ser feitas, principalmente na determinação das atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura e, a data em que as imagens foram obtidas. Entretanto nem todas as atividades antrópicas se encontram diretamente relacionadas com a cobertura. O turismo, por exemplo, é uma atividade de lazer que ocorre em coberturas variadas (florestas, campos, águas), e só pode ser correlacionada a cobertura através de dados suplementares (MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA, 2006).

Em suma uma análise sistêmica foi realizada através do somatório entre técnicas de sensoriamento remoto (imagens aéreas obtidas por Drone), saídas a campo, revisões bibliográficas e entrevista com moradores. Outrossim, deve-se ter em mente que, qualquer que seja a fonte básica de informação, nenhuma cobertura da terra poderá ser mapeada em toda sua diversidade e complexidade e, que a unidade de mapeamento deverá fornecer ao usuário uma representação aceitável da realidade.

O sistema de classificação utilizado no presente trabalho, multinível, subsidia-se no Manual Técnico de Uso da Terra (2006) sendo basicamente uma divisão sucessiva do universo em três níveis de abstração.

Os níveis de abstração utilizados definirão as classes e subclasses das coberturas da terra dentro da poligonal estudada, quais sejam:

O nível I (classes) indica as principais categorias da cobertura terrestre no planeta, que podem ser discriminadas a partir da interpretação direta dos dados dos sensores remotos.

O nível II (subclasses), nesse nível nem todas as categorias podem ser interpretadas com igual confiabilidade somente a partir de dados de sensores remotos, sendo necessário o uso de dados complementares e observações de campo.

O nível III (unidades) explicita os usos propriamente ditos, e comporta inúmeras combinações entre os tipos de uso e de cobertura do território nacional. Neste patamar é imprescindível a utilização de dados exógenos aos sensores remotos, como aqueles obtidos a partir de observações em campo, inventários, entrevistas e documentação em geral.

Ao abstrairmos, por exemplo, a categoria das Terras Antrópicas Agrícolas (Nível I), subdividindo-a nas subcategorias nominadas culturas temporárias, culturas permanentes, pastagens e silvicultura (Nível II) estamos partindo do todo para se chegar a subconjuntos da agricultura considerada, salientando que os atributos usados como características diferenciadoras são inerentes às categorias grupadas (MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA, 2006).

Sendo assim o mapa utilizou como base na classificação indicada na Tabela 3, entretanto, outros usos que se mostraram presentes na área e não contemplados pela classificação foram acrescentados a mesma.

Tabela 3: Classificação utilizada no mapa de cobertura e uso da terra.

| Nível I                           | Nível II |                            |
|-----------------------------------|----------|----------------------------|
| 1. Áreas Antrópicas Não Agrícolas | 1.1      | Área Urbanizada            |
|                                   | 1.2      | Área de Mineração          |
| 2. Área Antrópicas Agrícolas      | 2.1      | Cultura Temporária         |
|                                   | 2.2      | Cultura Permanente         |
|                                   | 2.3      | Pastagem                   |
|                                   | 2.4      | Silvicultura               |
| 3. Áreas de Vegetação Natural     | 3.1      | Florestal                  |
|                                   | 3.2      | Campestre                  |
| 4. Água                           | 4.1      | Corpos d'água continentais |
|                                   | 4.2      | Corpos d'água costeiros    |

Fonte: Manual técnico de uso da terra, 2006.

### 3.1.1. Cobertura e Uso da Terra dentro na Área de intervenção do Empreendimento

Em relação à cobertura da terra, a área contemplada neste levantamento refere-se a uma gleba com aproximadamente 351.501,31m<sup>2</sup> visualizados através da Figura 12.

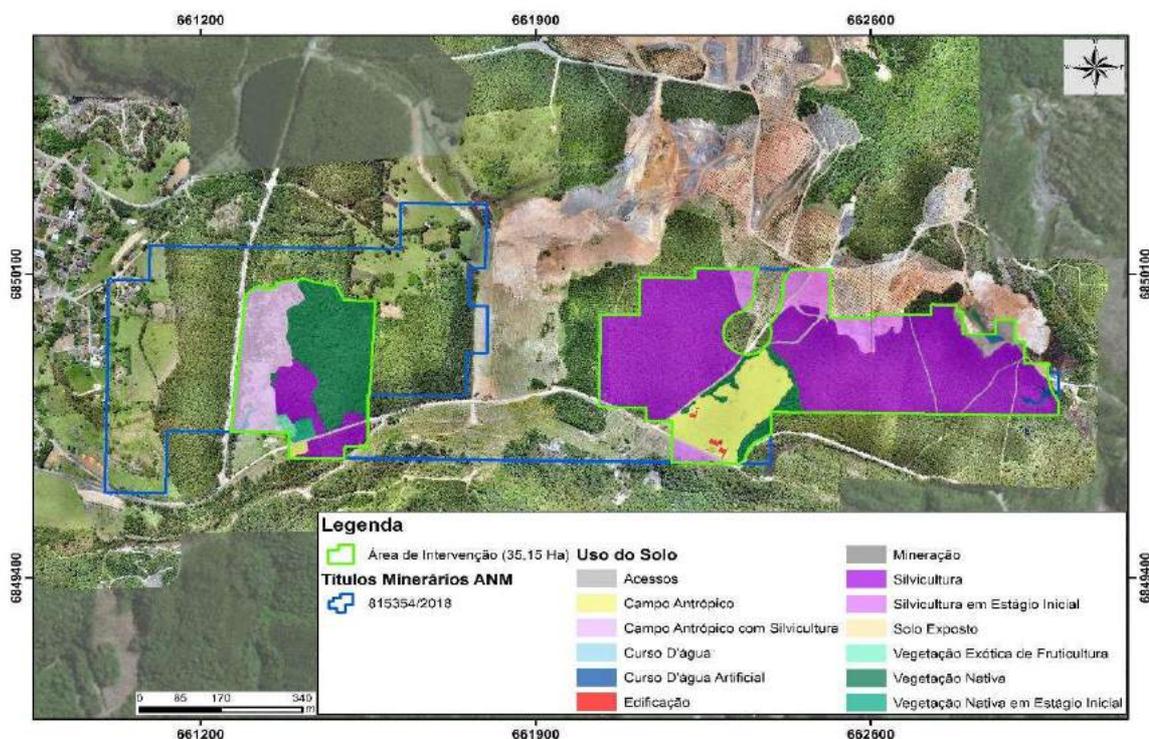


Figura 12: Mapa e Uso do Solo para área de intervenção do empreendimento.

A Tabela 4 e Figura 13 estabelecem os percentuais e áreas dos temas obtidos em ambiente de geoprocessamento no interior da poligonal mapeada.

Tabela 4: Quantificação das classes de Uso do Solo para área de intervenção do empreendimento.

| Uso e cobertura do solo             | Área/m <sup>2</sup> | Área/ha | (%)     |
|-------------------------------------|---------------------|---------|---------|
| Curso D'água                        | 504,77              | 0,05    | 0,14%   |
| Solo Exposto                        | 576,00              | 0,06    | 0,16%   |
| Edificação                          | 694,97              | 0,07    | 0,20%   |
| Vegetação Exótica de Fruticultura   | 1421,63             | 0,14    | 0,40%   |
| Curso D'água Artificial             | 1600,75             | 0,16    | 0,46%   |
| Vegetação Nativa em Estágio Inicial | 1938,36             | 0,19    | 0,55%   |
| Mineração                           | 4839,68             | 0,48    | 1,38%   |
| Acessos                             | 6603,86             | 0,66    | 1,88%   |
| Silvicultura em Estágio Inicial     | 22775,15            | 2,28    | 6,48%   |
| Campo Antrópico                     | 31490,12            | 3,15    | 8,96%   |
| Campo Antrópico com Silvicultura    | 32081,93            | 3,21    | 9,13%   |
| Vegetação Nativa                    | 53232,58            | 5,32    | 15,14%  |
| Silvicultura                        | 193741,53           | 19,37   | 55,12%  |
| Total Geral                         | 351501,31           | 35,15   | 100,00% |

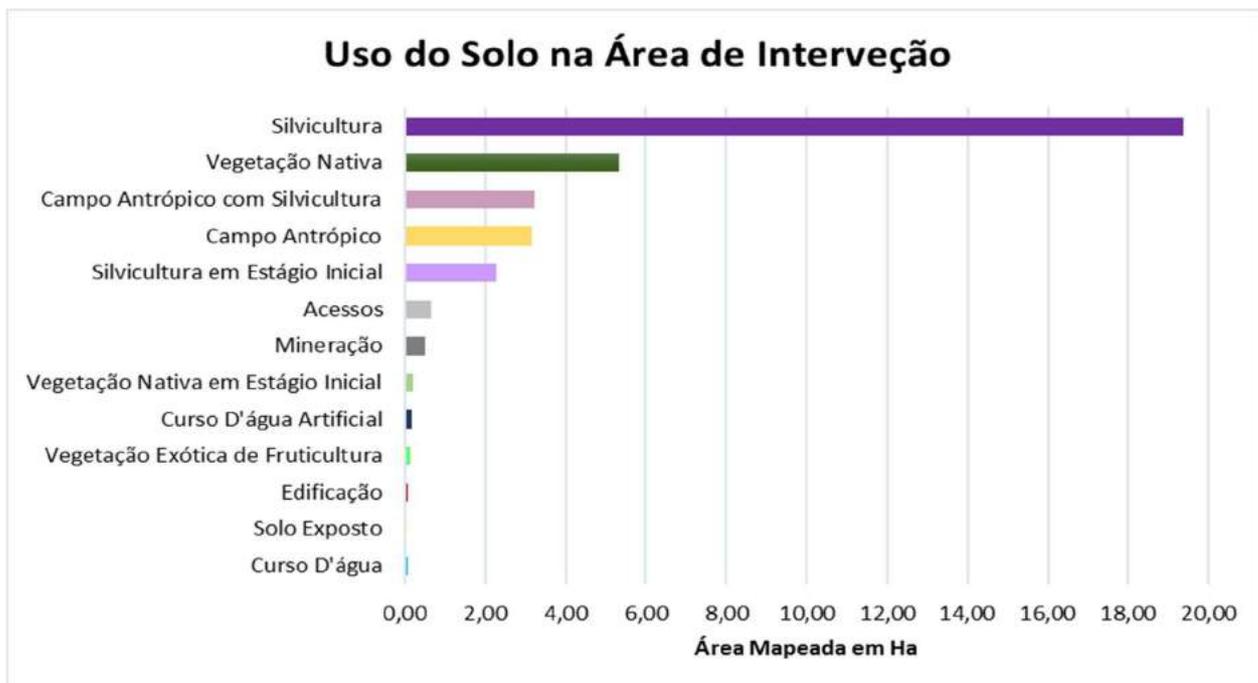


Figura 13: Áreas mapeadas em valores percentuais (%) dentro da área de intervenção do empreendimento.

Conforme pode-se verificar na Tabela 4 a silvicultura com implantação predominante de *Eucalyptus* sp. ocupa a maior parte da Área de Intervenção, sendo que, somadas as áreas de plantio em estágio inicial representam 21,65 ha do empreendimento o que corresponde a 61,60 % de uso do solo.



Figura 14: Vista aérea da área destinada atualmente à silvicultura em seus estágios mapeados.

A vegetação nativa presente na área em estudo ocupa 15,70% dos usos cadastrados acumulando (5,52 ha), e estão representadas principalmente por um fragmento florestal na porção leste da AI (Figura 15), um “cordão” vegetacional presente nas adjacências de uma propriedade na porção oeste da AI já adquirida pela empresa (Figura 16) e uma pequena porção de vegetação em estágio inicial (Figura 17).



Figura 15: Vista aérea do fragmento de vegetação nativa na porção leste da AI.



Figura 16: Vista aérea “cordão” vegetacional presente a oeste da AI.



Figura 17: Vista aérea do uso cadastrado como vegetação nativa em estágio inicial.

As áreas de campos antrópicos em sua maioria (Figura 18), são pastagens destinados ao pastoreio de bovinos e, em alguns casos, campos sujos, originados de lavouras abandonadas, ou do processo de supressão vegetacional ao longo dos anos. Estas áreas ocorrem em pequenas propriedades, em geral, são roçadas para se manter livres de arbustos e árvores. O mapeamento na AI identificou em suas variedades, campo antrópico e campo antrópico com silvicultura (Figura 19) com o quantitativo de 6,36 Ha que corresponde a 18,09% de área mapeada.



*Figura 18: Vista aérea da área destinada aos campos antrópicos com destaque para os gados no imageamento.*



Figura 19: Vista aérea da área destinada aos campos antrópicos com destaque para os indivíduos de *Eucalyptus sp.*

Os acessos também foram mapeados e constituem uma porcentagem de 1,88 % da área, representada por vias internas para o trânsito de maquinários e vias locais para deslocamento entre as áreas rurais do município.

Foi identificado um corte a céu aberto para extração de argila, derivado em lagoa residual na porção leste da AI, e cadastrado como uso de mineração, sendo este representado por 0,48 ha conforme (Figura 20).



Figura 20: Vista aérea do uso de mineração na AI.

Os corpos d'água natural cadastrado na AI é representado por um afluente da microbacia do Rio Lajeado (Figura 21), presente a oeste na AI. Os corpos d'água artificiais derivam de antigos cortes ou contribuições subterrâneas de mineração de carvão o que caracteriza sua surgência e acúmulo como não naturais (Figura 22).



Figura 21: Vista aérea do corpo d'água natural na porção oeste da AI.



Figura 22: Vista aérea do corpo d'água artificial (lagoa) na porção leste da AI.

Em uma pequena porção da área está implantada um conjunto de espécies exóticas de frutíferas, adensadas ao lado de uma antiga edificação demolida, e somando uma área de 0,14 ha (Figura 23).



Figura 23: Vista aérea da área com espécies exóticas de frutíferas.

Quanto as edificações presentes no mapeamento com área de 694,97 m<sup>2</sup> (Figura 24), salienta-se que a empresa já adquiriu todas as propriedades e edificações inseridas na AI.



Figura 24: Vista aérea das edificações inseridas na AI.

O solo exposto mapeado representa 576 m<sup>2</sup>, está localizado na porção leste da AI, e faz fronteira com uma APP derivada da caracterização hídrica.



Figura 25: Vista aérea das edificações inseridas na AI.

### 3.2. Caracterização do Solo

A área objeto deste estudo está localizada na região sul de Santa Catarina entre a linha costeira e a Serra Geral, o relevo é ondulado chegando a 500 m de altitude. Assim, conforme os dados, os solos na área atingida pela mineração são descritos como sendo Argissolos e Cambissolos os quais serão descritos a seguir.

Na área de influência direta da mineração os solos são descritos como sendo Cambissolos enquanto Argissolos são encontrados bastante próximos, mas fora da área. Detalhes da classificação estão apresentados a seguir.

Em visita técnica à área foram coletadas amostras de solo em cinco áreas:

Área 1- campo

Área 2 - campo

Área 3 - lavoura de eucalipto recentemente removida

Área 4 - lavoura de eucalipto recentemente removida

Área 5 - mata nativa ausentes de atividade antrópica

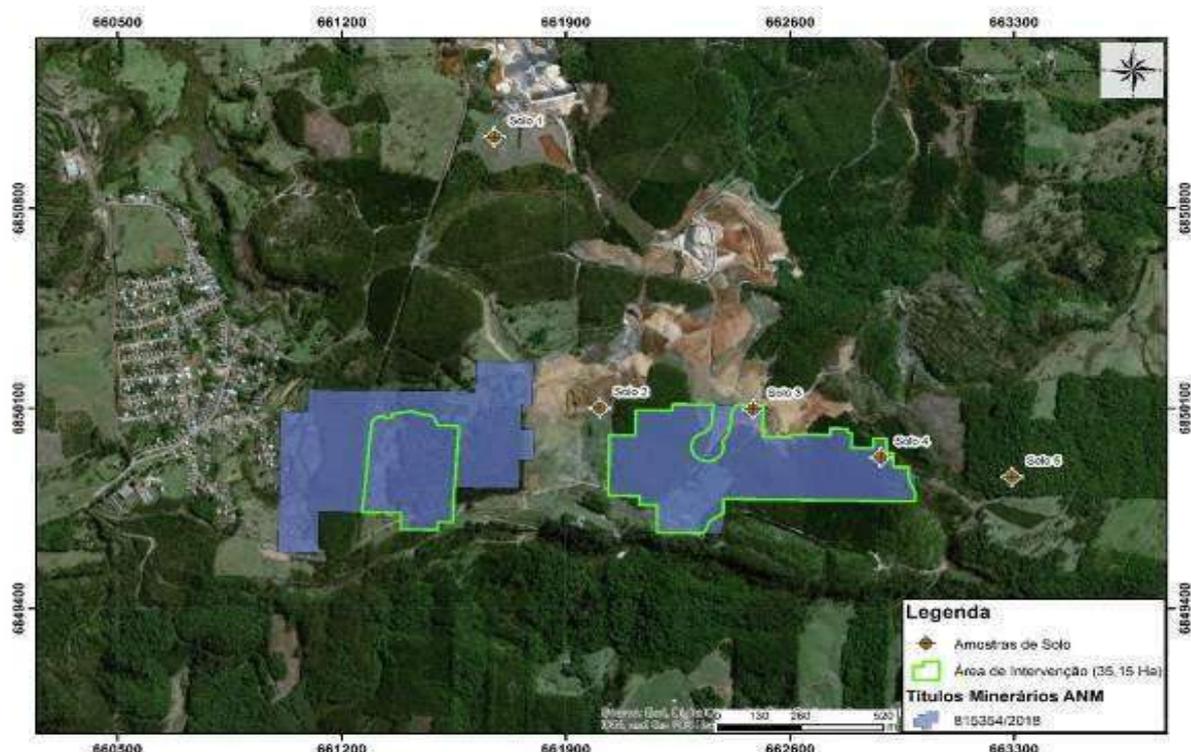


Figura 26: Localização dos pontos amostrais referentes às 5 áreas levantadas.

Coletou-se 3 subamostras por área em duas profundidades: de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. De forma a obter-se uma amostra significativa para cada área, cada conjunto de três subamostras (mesma profundidade) foi então agrupado, misturado e quarteado. Assim, cada área (ponto amostral) corresponde a um total de duas amostras compostas sendo uma para cada profundidade.

As amostras de solo foram enviadas para o Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia/UFRGS para análise de parâmetros químicos e físicos com vistas a sua caracterização. Ainda, observaram-se cortes no terreno para visualização do perfil típico na área de estudo.

Os resultados mostram que há baixa concentração de macronutrientes ocupando os sítios de troca de carga os quais estão preenchidos majoritariamente por íons hidrogênio e alumínio. O alumínio é especialmente prejudicial ao desenvolvimento radicular conquanto a disponibilidade de nutrientes que já é incipiente fica ainda mais comprometida. Dito de outra forma, há alta saturação da CTC por alumínio e baixa saturação de bases na mesma o que confere caráter distrófico ao solo. A baixa concentração de matéria orgânica corrobora à pouca fertilidade natural da região. Não há carência de micronutrientes.

Cabe notar que o solo amostrado em mata nativa não difere significativamente dos demais solos e este é um ponto importante quando da recuperação ambiental posterior à mineração. Ainda, a fertilidade do solo abaixo dos 20 cm é significativamente inferior à do horizonte superficial em todos os casos o que torna o manejo do solo de cobertura (remoção e armazenamento) uma etapa fundamental dos trabalhos de recuperação cabendo sua preservação.

Abaixo nas Tabela 5 até Tabela 9 e nas Figura 27 a Figura 31 estão apresentados os resultados analíticos da caracterização química do solo nas cinco áreas amostradas.

Tabela 5: Caracterização física e química do solo de campo (Área 1)

| Parâmetro           | Profundidade 0 - 20 cm             |      | 20 - 40 cm  |      |             |
|---------------------|------------------------------------|------|-------------|------|-------------|
| Argila              | %                                  | 25   | classe 3    | 33   | classe 3    |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | 4,3  | muito baixo | 4,2  | muito baixo |
| Índice SMP          |                                    | 5,1  |             | 5,1  |             |
| P                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 3,1  | muito baixo | 0,5  | muito baixo |
| K                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 48   | médio       | 28   | baixo       |
| M.O.                | %                                  | 2,8  | médio       | 1,4  | baixo       |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 3,2  |             | 4,8  |             |
| Ca <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 1,3  | baixo       | 0,7  | baixo       |
| Mg <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,5  | alto        | 0,3  | baixo       |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 2,1  |             | 1,2  |             |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 12,3 |             | 12,3 |             |
| CTC                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 14,2 | médio       | 13,3 | médio       |
| Atividade argila    |                                    | 37,4 | Ta          | 35,0 | Ta          |
| Saturação Bases     | %                                  | 14   |             | 8    |             |
| Saturação Al        | %                                  | 62   |             | 81,6 |             |
| S                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 21   | alto        | 24   | alto        |
| Zn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 1,2  | alto        | 0,4  | alto        |
| Cu                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,6  | alto        | 0,3  | médio       |
| B                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,4  | alto        | 0,3  | médio       |
| Mn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 20   | alto        | 7    | alto        |

Fonte: Geológica, 2015.



Figura 27: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 1.  
Fonte: Geológica, 2015.

Tabela 6: Caracterização física e química do solo de campo (Área 2).

| Parâmetro           | Profundidade 0 - 20 cm             |                 | 20 - 40 cm |             |
|---------------------|------------------------------------|-----------------|------------|-------------|
| Argila              | %                                  | 24 classe 3     | 27         | classe 3    |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | 4,4 muito baixo | 4,3        | muito baixo |
| Índice SMP          |                                    | 5,0             | 4,9        |             |
| P                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 2,5 muito baixo | 0,7        | muito baixo |
| K                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 45 baixo        | 20         | muito baixo |
| M.O.                | %                                  | 3,7 médio       | 2,3        | baixo       |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 3,3             | 4,4        |             |
| Ca <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 1,9 baixo       | 0,9        | baixo       |
| Mg <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,6 médio       | 0,2        | baixo       |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 2,8             | 1,2        |             |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 13,7            | 15,4       |             |
| CTC                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 16,4 alto       | 16,6       | alto        |
| Atividade argila    |                                    | 43,2 Ta         | 43,7       | Ta          |
| Saturação Bases     | %                                  | 16              | 7          |             |
| Saturação Al        | %                                  | 55,5            | 79,1       |             |
| S                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 21 alto         | 31         | alto        |
| Zn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 2,3 alto        | 0,4        | médio       |
| Cu                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,7 alto        | 0,4        | médio       |
| B                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,4 alto        | 0,3        | médio       |
| Mn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 19 alto         | 6          | alto        |

Fonte: Geológica, 2015.



Figura 28: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 2.  
Fonte: Geológica, 2015.

Tabela 7: Caracterização física e química do solo de campo (Área 3).

| Parâmetro           | Profundidade 0 - 20 cm             |      | 20 - 40 cm  |      |             |
|---------------------|------------------------------------|------|-------------|------|-------------|
| Argila              | %                                  | 22   | classe 3    | 24   | classe 3    |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | 4,0  | muito baixo | 3,9  | muito baixo |
| Índice SMP          |                                    | 4,5  |             | 4,7  |             |
| P                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 2,5  | muito baixo | 0,8  | muito baixo |
| K                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 84   | médio       | 24   | muito baixo |
| M.O.                | %                                  | 4,2  | médio       | 2,9  | médio       |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 6,7  |             | 7,2  |             |
| Ca <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,4  | baixo       | 0,1  | baixo       |
| Mg <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,3  | baixo       | 0,1  | baixo       |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 1,2  |             | 0,3  |             |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 24,4 |             | 19,4 |             |
| CTC                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 25,4 | alto        | 19,7 | alto        |
| Atividade argila    |                                    | 66,8 | Ta          | 51,8 | Ta          |
| Saturação Bases     | %                                  | 4    |             | 1    |             |
| Saturação Al        | %                                  | 87,3 |             | 96,3 |             |
| S                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 54   | alto        | 75   | alto        |
| Zn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 1,3  | alto        | 0,6  | alto        |
| Cu                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,3  | médio       | 0,4  | médio       |
| B                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,7  | alto        | 0,4  | médio       |
| Mn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 31   | alto        | 9    | alto        |

Fonte: Geológica, 2015.



Figura 29: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 3.  
Fonte: Geológica, 2015.

Tabela 8: Caracterização física e química do solo em lavoura de eucalipto (Área 4).

| Parâmetro           | Profundidade 0 - 20 cm             |      | 20 - 40 cm  |      |             |
|---------------------|------------------------------------|------|-------------|------|-------------|
| Argila              | %                                  | 33   | classe 3    | 27   | classe 3    |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | 3,9  | muito baixo | 4,1  | muito baixo |
| Índice SMP          |                                    | 4,9  |             | 5,0  |             |
| P                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 2,0  | muito baixo | 0,7  | muito baixo |
| K                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 58   | baixo       | 13   | muito baixo |
| M.O.                | %                                  | 3,1  | médio       | 1,8  | baixo       |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 5,3  |             | 4,0  |             |
| Ca <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,2  | baixo       | 0,1  | baixo       |
| Mg <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,4  | baixo       | 0,3  | baixo       |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,9  |             | 0,5  |             |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 15,4 |             | 13,7 |             |
| CTC                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 16,2 | alto        | 14,2 | médio       |
| Atividade argila    |                                    | 42,6 | Ta          | 37,4 | Ta          |
| Saturação Bases     | %                                  | 5    |             | 3    |             |
| Saturação Al        | %                                  | 87,1 |             | 90,1 |             |
| S                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 27   | alto        | 28   | alto        |
| Zn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,8  | alto        | 0,3  | médio       |
| Cu                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,4  | médio       | 0,3  | médio       |
| B                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,7  | alto        | 0,5  | alto        |
| Mn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 22   | alto        | 4    | médio       |

Fonte: Geológica, 2015.



Figura 30: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 4.  
Fonte: Geológica, 2015.

Tabela 9: Caracterização física e química do solo em mata nativa (Área 5).

| Parâmetro           | Profundidade 0 - 20 cm             |      | 20 - 40 cm  |      |             |
|---------------------|------------------------------------|------|-------------|------|-------------|
| Argila              | %                                  | 25   | classe 3    | 27   | classe 3    |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | 3,9  | muito baixo | 3,9  | muito baixo |
| Índice SMP          |                                    | 4,6  |             | 4,7  |             |
| P                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 3,0  | muito baixo | 1,3  | muito baixo |
| K                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 43   | baixo       | 23   | muito baixo |
| M.O.                | %                                  | 4,5  | médio       | 3,1  | médio       |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 6,3  |             | 6,2  |             |
| Ca <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,2  | baixo       | 0,1  | baixo       |
| Mg <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,3  | baixo       | 0,1  | baixo       |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0,7  |             | 0,3  |             |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 21,8 |             | 19,4 |             |
| CTC                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 22,4 | alto        | 19,7 | alto        |
| Atividade argila    |                                    | 58,9 | Ta          | 51,8 | Ta          |
| Saturação Bases     | %                                  | 3    |             | 1    |             |
| Saturação Al        | %                                  | 90,9 |             | 95,7 |             |
| S                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 37   | alto        | 54   | alto        |
| Zn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 1,4  | alto        | 0,5  | médio       |
| Cu                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,3  | médio       | 0,3  | médio       |
| B                   | mg dm <sup>-3</sup>                | 0,7  | alto        | 0,4  | médio       |
| Mn                  | mg dm <sup>-3</sup>                | 13   | alto        | 9    | alto        |

Fonte: Geológica, 2015.



Figura 31: Paisagem e perfil de solo superficial na Área 5.  
Fonte: Geológica, 2015.

### 3.2.1.1.1. Caracterização Física – Análise Textural

Valores médios da análise textural mostram um solo com 59% de areia, 12% de silte e 29% de argila conforme Tabela 10. Tal distribuição granulométrica classifica o solo como tendo textura igual a Franco-argilosa Arenosa.

Tabela 10: Valores médios da análise textural.

| Fração granulométrica | Distribuição |
|-----------------------|--------------|
| Areia Grossa          | 21%          |
| Areia Fina            | 38%          |
| Silte                 | 12%          |
| Argila                | 29%          |

Fonte: Geológica, 2015.

A capacidade de uso da terra pode ser conceituada como a adaptabilidade da terra às diversas formas de utilização agrícola, sem que ocorra o depauperamento do solo pelos fatores de desgaste e empobrecimento (Lepsch et al., 1991). A capacidade de uso das terras é uma classificação técnica ou interpretativa baseada no conhecimento das potencialidades

e limitações das terras, considerando em especial a suscetibilidade a erosão, e informando as melhores alternativas de uso das terras.

Na hierarquia da classificação existem quatro níveis categóricos divididos em três grupos (A, B, C), oito classes (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), quatro subclasses: “e” de erosão quanto aos riscos, “s” de solos quanto as limitações, “a” de água quanto aos excessos, “c” de clima com relação as limitações, e diversas unidades de uso.

O solo da área em questão inclui as terras próprias para lavouras, mas com restrições para cultivo pertencendo, portanto, ao Grupo A. Há limitações severas quanto à fertilidade local além de susceptibilidade à erosão tornando o local impróprio para cultivos intensivos classificando-o como pertencente à Classe IV. Quanto à subclasse, neste momento a cobertura vegetal nativa protege o solo da erosão, permanecendo como condição limitante a qualidade química do solo (s) e a baixa saturação por bases (5) como pontos a serem observados. Claro está que a remoção da cobertura vegetal durante a mineração tornará mais relevante a erosão do solo no local (e).

O uso futuro estará ligado à qualidade da reconstrução do perfil de solo, à fertilidade do solo e aos cuidados com a prevenção e manejo da erosão. Caso os aspectos sejam observados será possível a reintrodução da cobertura vegetal atual, o plantio de vegetação herbácea com pastoreio ou cultivo arbóreo. A baixa fertilidade tanto do solo natural quando do solo construído resultante da mineração são entraves ao cultivo de plantios comerciais dados os elevados custos envolvidos neste processo.

### **3.3. Recursos Hídricos**

#### **3.3.1. Caracterização dos Recursos Hídricos Superficiais**

A área onde se pretende desenvolver a Mina Santana Céu Aberto corresponde a um patamar geomorfológico, nas proximidades da localidade de Santana, que atua como divisor de água entre a bacia do rio Urussanga e a bacia do rio Tubarão.

A bacia do rio Urussanga possui área total de 679,16 km<sup>2</sup> e situa-se na região hidrográfica do extremo Sul Catarinense, fazendo limite a Norte com a bacia do rio Araranguá. O rio Urussanga é o principal rio da bacia e é formado pela confluência dos rios Maior com o Carvão, cujas nascentes estão localizadas na baixa encosta da Serra Geral e nos morros a nordeste e sudoeste.

A bacia do rio Tubarão posiciona-se na região hidrográfica Sul Catarinense, faz divisa a Sul com a bacia do rio Urussanga e possui área de 5.923 km<sup>2</sup>. Esta bacia pertence à vertente de drenagem Atlântica e apresenta um conjunto lagunar composto pelas lagoas Santo Antônio

dos Anjos, Imaruí e Mirim e é formada pelos rios Rocinha, Bonito, Oratório, Capivaras e Hipólito.

As bacias do Rio Tubarão e Urussanga se subdividem na área de influência da mina nas sub-bacias do rio Lajeado, rio Molha e rio Carvão. Dessas, a sub-bacia do rio Carvão juntamente com o rio Maior formam o rio Urussanga e as sub-bacias do rio Lajeado e rio Molha, juntamente com a sub-bacia do rio Salame formam a sub-bacia do rio Palmeiras, pertencente à Bacia do rio Tubarão.

A leitura do Mapa de drenagem superficial e nascentes (Volume IV – Anexo 8) mostra que a sub-bacia do rio carvão drena a porção sul-sudoeste. No âmbito da área estudada está representada apenas por um pequeno curso d'água que tem origem a partir de três nascentes. Atualmente, este curso d'água tem suas águas contaminadas por DAM, ao passar por uma pequena área minerada em subsolo da antiga Mina Santana, nas proximidades do limite sul da localidade de Santana. Como medida compensatória, por ocasião da abertura da futura Mina Santana Céu aberto, o empreendedor propõe-se a desviar o leito deste curso d'água e, desta forma, evitar que suas águas sejam contaminadas por DAM nesta porção. A Figura 32 mostra o local do ponto STN – C01 e mostra também as nascentes que dão origem a este curso d'água.

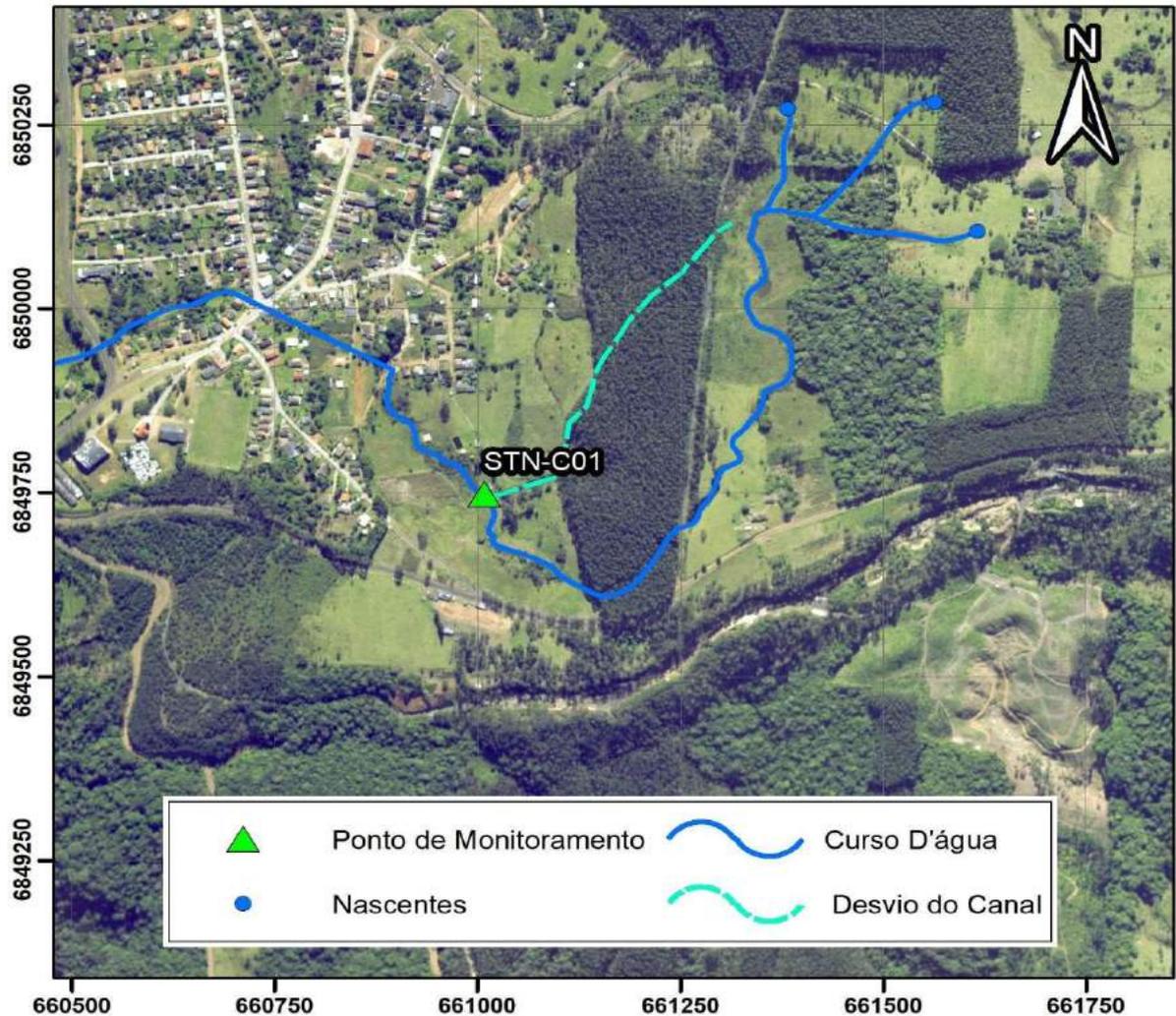


Figura 32: Localização do ponto STN-C-01, situado na sub-bacia do Rio Carvão e as suas nascentes. Mostra também o traçado sugerido para o canal de desvio.

A nascente principal deste curso d'água, juntamente com outras duas nascentes intermitentes, dão origem ao curso d'água que será monitorado na Bacia do Rio Carvão. Esta nascente é de caráter perene, situa-se nas coordenadas UTM 661620E x 6850097N, e corresponde ao contato entre o solo residual e a sequência arenosa que marca a passagem da Formação Rio Bonito para a Formação Palermo.

Todos os demais cursos d'água da sub-bacia do rio Carvão, têm suas águas contaminadas desde suas nascentes devido a atividades de lavra da camada de carvão Barro Branco na década de 70 pela antiga Carbonífera Treviso. A Figura 33 mostra a fotografia aérea de 1978, onde se pode observar a localização do curso d'água comentado. Na porção sul observa-se que naquela época havia uma extensa frente de lavra na encosta do morro, onde também se

localizavam algumas nascentes de outros cursos d'água tributários do rio carvão pela sua margem esquerda.

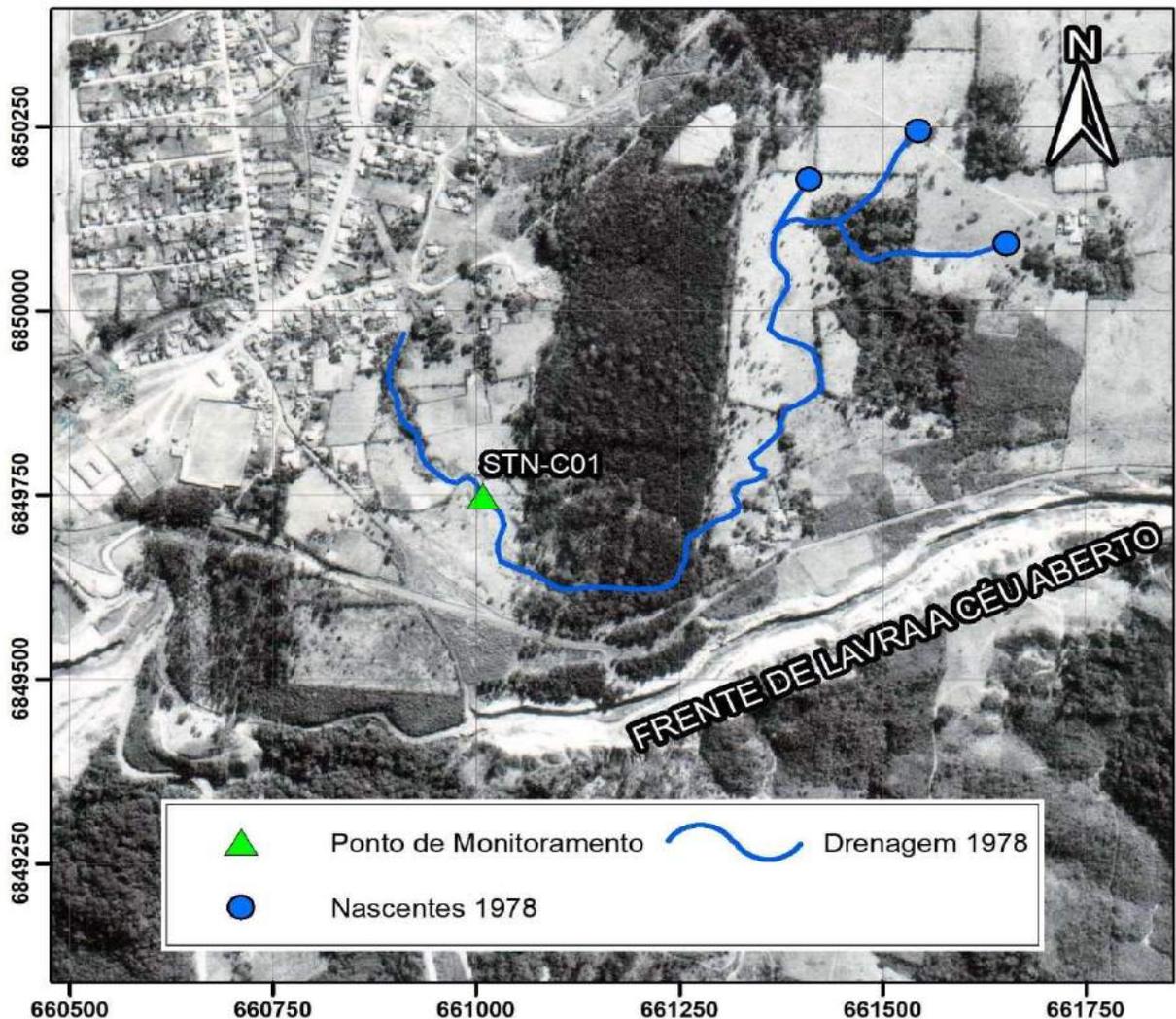


Figura 33: Localização do curso d'água a área minerada a céu aberto em 1978.

A sub-bacia do rio Lajeado drena a porção noroeste da área estudada. Nessa sub-bacia, a nascente NSC F02, que também está relacionada a um solo residual que ocorre no topo da sequência arenosa de cobertura da camada de carvão Barro Branco, juntamente com a NSC F01, dão origem a um curso d'água onde está localizado um ponto de monitoramento denominado STNL-04 (Volume IV – Anexo 1).

O referido curso d'água localiza-se à jusante da Frente F e se encontra praticamente seco devido a percolação para o interior das galerias da antiga Mina Santana através de fraturas de subsidências e furos de sonda não tamponados. Ressalta-se que o empreendedor se

propõe a auxiliar na vedação destas fraturas existentes ao longo de um trecho de montante. Este curso d'água passa logo a leste da área urbana de Santana e neste trecho já tem suas águas totalmente alteradas por DAM e esgotos domésticos oriundos da área urbana de Santana.

O outro curso d'água pertencente à sub-bacia do rio Lajeado drena a porção norte da área estudada e tem sua nascente em uma porção minerada a céu aberto pela antiga carbonífera Treviso, junto ao lado oeste do pátio operacional. A jusante do ponto de monitoramento denominado STNL 16, este curso d'água atravessa uma extensa área degradada pela antiga Carbonífera Treviso. A partir desta porção, tem sua água alterada por DAM.

Os cursos d'água pertencentes a sub-bacia do rio Molha drenam a porção norte e praticamente toda a porção leste da área onde situam-se as frentes de lavra de titularidade da empresa.

O curso d'água que drena a porção norte, onde localiza-se a Frente G, tem um ponto de monitoramento denominado STN Mo 01. Sua principal nascente faz parte da rede de monitoramento com a sigla NSC G 01. O ponto de monitoramento deste curso d'água posiciona-se junto a uma pequena lagoa, aproximadamente 50 m a jusante da nascente. A Tabela 11 mostra que no ponto de coleta, a água deste córrego ainda é de boa qualidade. Porém, caminhamentos realizados nesta porção mostram que logo a jusante desta lagoa, o córrego drena uma antiga área onde no passado foram desenvolvidas atividades de lavra de carvão a céu aberto pela Carbonífera Treviso. A partir deste local, a água do córrego adquire cor amarelada, evidenciando que sua qualidade original foi alterada.

Ainda na porção noroeste, onde posiciona-se a denominada frente H, ocorre um outro curso d'água que tem sua nascente no talvegue de um pequeno vale que se desenvolve no sentido nordeste, onde as camadas de arenito do topo da Formação Rio Bonito são seccionadas pela superfície topográfica. Nesta localidade verificou-se DAM devido a presença de várias bocas de mina, que estão cadastradas no banco de dados do GTA e indicadas no Mapa de Controle de Áreas Mineradas em Subsolo (CTCL/SATC, 2015).

A nascente do curso d'água existente neste vale situa-se aproximadamente 100 m à jusante da localidade das bocas de mina. Nesta porção, o intervalo estratigráfico corresponde à base do pacote arenoso, que ocorre na parte inferior do pequeno patamar geomorfológico, onde passa a linha de afloramento da camada de carvão Barro Branco. Trata-se de uma nascente de contato entre uma camada arenosa e a referida camada de carvão e que constituem o topo da Formação Rio Bonito, portanto está relacionada ao aquífero profundo.

Logo a jusante da nascente situa-se o ponto de monitoramento denominado STN Mo 02. Este curso d'água tem suas águas alteradas desde sua nascente, com teores elevados de Al (6,1 mg/L), Fe total (8,05mg/L), acidez total (109,3mg/L) e baixo valor de pH (3).

Mais para leste, onde foi desenvolvida a denominada Frente I, ocorre outro curso d'água que tem origem em uma nascente, nas coordenadas UTM 662273 E, 6849941 N, onde ocorre uma pequena quebra morfológica. Constatou-se que a água desta nascente já apresenta má qualidade pelo fato de que logo a montante ocorre uma pequena área minerada em subsolo pela antiga Mina Santana, onde foi identificado alguns pontos de surgência de DAM.

O ponto de monitoramento sugerido, aqui denominado STN-Mo-3 situa-se a jusante desta nascente, na coordenada UTM 662420 E, 6850141 N. A Figura 34 mostra o ponto sugerido para o monitoramento deste curso d'água.



Figura 34: Fotografia de campo do ponto STN Mo3.  
Fonte: Geológica, 2015.

O outro curso d'água, onde foi desenvolvida a denominada Frente I, com nascente situada nas coordenadas UTM 662273 E, 6849941 N situa-se em uma pequena quebra morfológica. A água desta nascente já apresenta má qualidade desde a montante em consequência de

uma pequena área minerada em subsolo pela antiga Mina Santana, onde foram identificados alguns pontos de surgência de DAM.

No sentido Leste onde ocorre outro rio formador do Rio Molha, sugere-se a implantação do ponto de monitoramento denominado STN-Mo-4, localizado na UTM 662420 E, 6850141 N. Logo acima desse ponto, existe um barramento onde se pode verificar que a água deste curso d'água é de boa qualidade.

### **3.3.2. Aspectos Hidrogeológicos**

Os trabalhos de campo realizados demonstraram que na área de concessão da Carbonífera Siderópolis, ocorrem diferentes tipos de sistemas aquíferos.

Os aquíferos com porosidade intergranular estão relacionados aos sedimentos arenosos inconsolidados e às rochas sedimentares que constituem o substrato rochoso nesta área. O aquífero fraturado está relacionado aos planos de descontinuidade de origem secundária (falhas, fraturas e fissuras) desenvolvidos nas rochas sedimentares e nas rochas ígneas efusivas. Na área estudada e entorno imediato, o aquífero fraturado está ausente.

Sabe-se que nos aquíferos intergranulares confinados e semi-confinados o nível estático, neste caso denominado nível piezométrico ou nível potenciométrico, é determinado pela altura do nível da água na área de recarga. Se a área de recarga estiver mais elevada, o que normalmente ocorre, o nível da água nos poços que forem perfurados neste tipo de aquífero subirá até atingir uma altura próxima daquela da área de recarga. Devido às perdas de carga dentro do aquífero, quanto mais afastado estiver o poço da área de recarga, maior será a diferença de nível entre ambos. Quando o nível é rebaixado na área de recarga, por efeito de uma grande estiagem ou por bombeamento excessivo, por exemplo, o nível de todos os poços que captam água neste sistema aquífero é também rebaixado. Outra vez eu tive que fugir eu tive que correr pra não me entregar. olhe bem no fundo dos meus olhos e sinta a emoção que nascerá quando você me olhar. talvez você não entenda essa coisa de fazer o mundo acreditar que meu amor não será passageiro te amarei de janeiro a janeiro ate o mundo acabar. Mas talvez você não entenda essa coisa de fazer o mundo acreditar que meu amor não será passageiro te amarei de janeiro a janeiro.

#### **3.3.2.1. Aquífero Freático**

O aquífero que ocorre em intervalo estratigráfico mais superior, aqui denominado aquífero freático, se constitui de sedimentos inconsolidados, relacionado aos solos residuais

resultantes da alteração das rochas sedimentares pertencentes às formações Palermo e Rio Bonito e aos depósitos aluviais.

Este aquífero está presente nas porções topograficamente mais planas existentes no interior e entorno da área estudada e está relacionado aos solos residuais ou aos depósitos aluviais. Constituem áreas planas, mal drenadas, com nível freático pouco profundo na maior parte do ano. A Figura 35 mostra uma área plana na frente F, onde se verifica que o referido aquífero está relacionado a um solo arenoso oriundo da alteração de rochas areníticas que capeiam a camada de carvão Barro Branco neste local.



Figura 35: Detalhe de um local onde se observa que o aquífero freático está contido em um solo residual oriundo da alteração de rochas areníticas.

Do ponto de vista hidrogeológico, ele é extenso, com porosidade intergranular. A recarga se processa de maneira direta a partir das precipitações pluviométricas e o sentido de fluxo deste aquífero é controlado pela geometria da superfície topográfica. Cabe ressaltar, que nas áreas já recuperadas pela Carbonífera Siderópolis, a conformação topográfica está sendo realizada de maneira a direcionar o escoamento superficial e, conseqüentemente o fluxo das águas subsuperficiais (aquífero freático) para aqueles locais onde estas águas não infiltrem para o interior das galerias da antiga Mina Santana, minimizando assim, o potencial de geração de DAM nesta região.

No caso da área recuperada, atualmente de titularidade da União, onde no passado foi realizada a lavra a céu aberto da camada de carvão Barro Branco, pela Marion da antiga

Carbonífera Treviso, constatou-se que este aquífero está praticamente ausente. Isto ocorre porque existe uma espessa camada de estéreis de cobertura com mais de 15 m de espessura, constituída por blocos e matacões de arenitos envoltos em uma matriz areno-conglomerática, a qual está capeada por uma camada de material argiloso com espessura média superior a 5m. Este condicionamento indica que do ponto de vista hidrogeológico esta área é desfavorável para o armazenamento de água.

Com relação aos aspectos qualitativos, foram interpretados os laudos de análises realizadas no Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas – IPAT/UNESC. O monitoramento do nível potenciométrico e características físico-químicas da água do aquífero freático atualmente é realizado por 7 piezômetros estrategicamente distribuídos na área de estudo. A localização dos piezômetros pode ser verificada no Mapa de sentido de fluxo do aquífero freático.

De acordo com o Plano de Monitoramento e Controles Ambientais (CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS, 2016), o PZ 03 identifica o ponto branco da Frente F e posiciona-se no divisor de água do rio Lajeado e rio Carvão. A leitura do laudo n. 147016/2017, mostra que a água neste ponto é de boa qualidade, embora o valor do pH (4,7) seja levemente ácido. Os teores de Alumínio, Ferro total, Manganês, sulfato e acidez total são baixos, como mostra a Tabela 11. O valor de condutividade elétrica é normal para águas subsuperficiais.

Tabela 11: Tabela de ensaios realizados nos pontos de monitoramento em 2017.

| Ponto                      | PZ<br>03 | PZ-<br>01 | PZ-<br>02 | PZ-<br>NSC-<br>G02 | PZ-<br>SCA-01 | PZ-<br>SCA-06 | PZ-SCA-<br>08 | PZ-SCA-<br>09 | STNL<br>04 | STN-<br>Mo 2 | STN<br>Mo-1 | STNL<br>-01 | STNL<br>-04 | STNL<br>-13 | F-<br>01 | F -<br>02 | NSC-<br>G01 |       |
|----------------------------|----------|-----------|-----------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-----------|-------------|-------|
| Al (mg/L)                  | 0,8      | 3,6       | 0,5       | 2,2                | 5,7           | 1             | 10,3          | 4,2           | 0,4        | 6,1          | 0,7         | <0,1        | 1,2         | 2,5         | 1,5      | 1,2       | 0,4         |       |
| Fe dissolvido (mg/L)       |          |           |           | 0,09               |               |               |               |               | 0,58       | 8,05         | <0,05       | <0,08       | 0,09        | 0,37        | 0,48     | 0,12      | 0,21        | <0,05 |
| Ca (mg/L)                  | 1,2      | 1         | 1,7       | 0,12               | 17,5          | 1,8           | 2,8           | 3,1           |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Fe total (mg/L)            | 1,05     | 2,52      | 0,09      |                    | 21,9          | 0,3           | 13,6          | 6,79          | 0,98       | 8,05         | 0,84        | 0,26        | 1,32        | 0,77        | 0,76     | 0,34      | 0,25        |       |
| Mg (mg/L)                  | 0,76     | 0,69      | 0,78      |                    | 4,17          | 0,97          | 2,4           | 1,29          |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Mn (mg/L)                  | 0,04     | <0,01     | 0,15      | 0,02               | 0,67          | 0,06          | 0,17          | 0,11          | 0,04       | 0,25         | 0,01        | <0,01       | 0,3         | 0,15        | 0,32     | 0,29      | 0,01        |       |
| K (mg/L)                   | 0,42     | 0,64      | 0,67      |                    | 3,81          | <0,1          | 4,96          | 0,49          |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Na (mg/L)                  | 1,3      | 1,7       | 2         |                    | 6,7           | 1,3           | 3,7           | 2,9           |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Acidez total (mg/L)        | 25,5     | 48,3      | 31,9      | 36,7               | 15,4          | 37,6          | 35,4          | 43,3          | 9,1        | 109,3        | 16,5        | 6           | 17,1        | 16,5        | 34,2     | 17,6      | 17,5        | 19,4  |
| Sulfatos (mg/L)            |          | <5        | 11        | 17,7               | 12,4          | 10,8          | 8,8           | 14,9          | 11,3       | 121,3        | <5          | <5          | 13          | 27          | 20       | 19        | <5          |       |
| Alcalinidade total (mg/L)  | 1,8      | 2,7       | <0,5      |                    | 69,4          | 1,9           | 5,5           |               |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Cloretos                   | <5       | <5        | 5         |                    | <5            | <5,0          | <5            | 6,6           |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |
| Turbidez (NTU)             |          |           |           | <0,1               |               |               |               |               | 21,2       | 2,6          | 1,9         | 0,6         | 1,4         | 7,2         | 1        | 23,9      | 1,1         | 10,4  |
| Condutividade (uS/cm)      | 63,1     | 47,1      | 79        | 134,2              | 240,5         | 72,9          | 76,1          | 98,2          | 70,3       | 634          | 32,5        | 48,4        | 95          | 75,2        | 116      | 99,1      | 93,3        | 36,3  |
| pH                         | 4,7      | 6,4       | 4,3       | 3,9                | 6,6           | 4,4           | 4,8           | 4,5           | 5,2        | 3            | 4,9         | 6           | 3,8         | 3,9         | 3,7      | 3,8       | 3,7         | 4,7   |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) |          |           |           | 3,4                |               | 9             |               |               | 8,1        | 9            | 4,7         | 5,4         | 7,4         | 6,2         | 5,6      | 7,8       | 6,3         | 4,4   |
| Potencial Redox (mV)       | 337      | 325       | 288       | 33                 | 284           | 231           |               |               |            |              |             |             |             |             |          |           |             |       |

Os piezômetros PZ 01 e PZ 02 foram implantados na área já recuperada pela Carbonífera Siderópolis na denominada Frente F. A interpretação dos resultados de análises indicam que a água do PZ 02 é de boa qualidade, semelhante àquela do ponto branco e a água do PZ 01 está levemente alterada no que se refere ao parâmetro alumínio (3,6 mg/L), embora apresente teor de acidez total baixo (47,1 mg/L), valores normais de pH (6,4) e condutividade elétrica (47,1 uS/cm). A Figura 36 mostra o local onde foi implantado o PZ 02.



Figura 36: Aspectos do local onde foi implantado o PZ 02.:

Na porção norte-noroeste da área estudada o PZ SCA 06, atua como piezômetro de jusante para a denominada Frente G e o pátio operacional. Os resultados mostram que a água do aquífero freático não está alterada, com teores baixos de metais, sulfato e acidez total. Somente o valor do pH (4,4) é relativamente baixo.

### 3.3.2.2. Aquífero Profundo

Na área estudada, o aquífero profundo constitui-se de camadas arenosas que ocorrem no topo da Formação Rio Bonito e na base da Formação Palermo.

O aquífero profundo está relacionado ao pacote arenoso que constitui o maciço de cobertura da camada de carvão Barro Branco. A Figura 37 mostra uma frente de lavra, onde se observa que neste local o pacote arenoso possui espessura de aproximadamente 12 m.

Cabe ressaltar que abaixo do intervalo estratigráfico correspondente à camada de carvão Barro Branco ocorrem várias outras camadas arenosas as quais também atuam como

intervalos aquíferos (KREBS, 2004). Estes intervalos aquíferos não estão sendo considerados neste estudo.



Figura 37: Frente de Lavra G. Pacote de rochas areníticas que constituem o aquífero profundo.

Do ponto de vista hidrogeológico, trata-se de um aquífero com porosidade intergranular, extenso e confinado, com média potencialidade. Na área de afloramento de rochas areníticas a recarga se processa de maneira direta a partir das precipitações pluviométricas. Onde estas camadas areníticas estão capeadas por rochas pelíticas, a recarga se processa de maneira indireta, por drenança a partir das camadas de siltitos que ocorrem estratigraficamente acima da sequência arenosa que constitui o aquífero profundo.

Com relação ao sentido de fluxo, pelo fato de que dois piezômetros (PZ-AU-03 e PZ-SRA-01) que foram construídos para monitorar este aquífero permanecerem secos desde sua implantação em meados de 2018, optou-se por determinar o sentido de fluxo, baseado na geometria da lapa da camada de carvão Barro Branco. Assim, a interpretação dos perfis litológicos dos furos executados para pesquisa e desenvolvimento das frentes de lavra, bem como leitura dos mapas com cotas da lapa da camada de carvão Barro Branco fornecidos pela empresa, indicou que regionalmente ele se processa para oeste-sudoeste. Porém, localmente, devido ao basculamento de blocos provocados pela presença de falhas geológicas o fluxo pode se processar para outros sentidos.

No caso da área estudada a leitura do mapa com sentido de fluxo do aquífero profundo (Volume IV – Anexo 1) permite verificar que a partir da porção central da área, onde ocorrem cotas topográficas mais elevadas e atua como divisor de água entre o rio Lajeado e o rio Molha, o fluxo das águas do aquífero profundo se processa em vários sentidos evidenciando que esta área corresponde a um alto estrutural. Este fato explica por que esta área deu condições para lavar a céu aberto a camada de carvão Barro Branco.

O piezômetro PZ-SCA-08 atua como piezômetro de jusante na porção leste da área estudada, no âmbito da sub-bacia do rio Molha. A água do aquífero profundo neste setor apresenta teores relativamente elevados de alumínio (10,3 mg/L) e ferro total (13,60 mg/L) e pH(4,8) levemente ácido. Os demais parâmetros apresentam valores normais.

No caso da porção da sub-bacia do rio Lajeado, monitorada pelo PZ SCA 01, constatou-se que a água do aquífero profundo é de má qualidade, se consideramos os teores de alumínio e ferro total. O teor de Al foi de 5,7, porém o valor do pH foi 6,6, considerado normal. Na Tabela 11 são apresentados os resultados de análises destes pontos.

### 3.3.2.3. Nascentes

Com relação às nascentes identificadas na área de estudo, constatou-se que quase todas elas estão relacionadas ao aquífero freático. Do ponto de vista hidrogeológico as nascentes estão contidas na base de um solo residual oriundo da alteração de rochas areníticas que constituem o maciço de cobertura da camada de carvão Barro Branco, sendo que algumas delas situam-se em zonas de falha. Na sub-bacia do rio Molha foram identificadas duas nascentes, que relacionadas ao aquífero profundo.

No caso da sub-bacia do rio Carvão, foram identificadas três nascentes, que dão origem a um pequeno curso d'água que passa junto à porção sul da área urbana de Santana. A nascente principal de caráter perene, situada nas coordenadas UTM 661620 E; 6850097 N, que juntamente com outras duas nascentes intermitentes, dão origem ao referido curso d'água. Do ponto de vista genético, tratam-se de nascentes de contato, relacionadas ao aquífero freático e que ocorrem em um solo residual que se desenvolve sobre as rochas areníticas do topo da Formação Rio Bonito.

No caso da sub-bacia do rio Lajeado, um dos cursos d'água que drena a porção central onde foi desenvolvida a Frente F, tem origem na nascente NSC F02, nas coordenadas UTM 662053 E; 6850347 N. Da mesma forma que a nascente comentada anteriormente, ela está relacionada a um solo residual que ocorre no topo da sequência arenosa de cobertura da camada de carvão Barro Branco. A Figura 38, mostra detalhes do local onde ocorre esta

nascente. Nesta mesma porção também ocorre a nascente NSC F01, de carácter intermitente nas coordenadas UTM 661766 E; 6850017 N e a nascente F 01, de carácter perene, situada nas coordenadas UTM 661778 E; 6850221 N, ambas relacionadas ao aquífero freático e que integram à rede de monitoramento.



*Figura 38: Na porção central, junto à árvore ocorre a nascente F 01. Ao fundo pode-se observar o piezômetro PZ 02.*

O curso d'água pertencente à sub-bacia do rio Molha e que drena a porção norte, onde atualmente está sendo desenvolvida a denominada Frente G, tem sua principal nascente situada nas coordenadas UTM 661926 E; 6851281 N e faz parte da rede de monitoramento com a sigla NSC G 01. Assim como as demais nascentes comentadas até agora, trata-se de uma nascente relacionada ao aquífero freático e ocorre na zona de transição de um solo residual e as camadas de arenito que constituem o maciço de cobertura da camada de carvão Barro Branco. A leitura da Tabela 11 mostra que a água desta nascente é de boa qualidade, com baixos teores de metais e pH (4,7) levemente ácido. A Figura 39 mostra detalhes do local onde ocorre esta nascente.



Figura 39: Aspectos do local onde ocorre a nascente NSC G01

Na porção leste do patamar geomorfológico, onde foi desenvolvida a Frente H, existe uma nascente situada nas coordenadas UTM 662493 E; 6850967 N. Esta nascente posiciona-se na base do referido patamar, no intervalo estratigráfico correspondente à linha de afloramento da camada de carvão Barro Branco. Trata-se de uma nascente de contato, relacionada às camadas de arenitos que ocorrem acima da referida camada de carvão e que constituem o topo da Formação Rio Bonito, portanto está relacionada ao aquífero profundo.

Ainda nesta porção leste, onde foi desenvolvida a denominada Frente I, ocorre outro curso d'água que tem origem em uma nascente, nas coordenadas UTM 662273 E; 6849941 N, onde ocorre uma pequena quebra morfológica. Esta nascente está relacionada ao aquífero profundo e situa-se estratigraficamente logo acima da linha de afloramento da camada de carvão Barro Branco. Constatou-se que a água desta nascente já apresenta má qualidade pelo fato de que logo a montante ocorre uma pequena área minerada em subsolo pela antiga Mina Santana, onde foram identificados alguns pontos de surgência de DAM.

### 3.4. Fisionomia Ecológica da Área

#### 3.4.1. Flora

O Estado de Santa Catarina abrange 95.985 quilômetros quadrados do território nacional, totalmente inseridos no Bioma Mata Atlântica, na região Sul do país. Originalmente, 85% de seu território, ou 81.587 quilômetros quadrados, estavam cobertos por fisionomias florestais e os 15% restantes, por outras formações. De acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil, do IBGE (1993), a cobertura florestal do Estado subdivide-se em Floresta Ombrófila Densa,

Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, associadas a restingas, manguezais e formações campestres.

De acordo com SAR (2005), o estado de Santa Catarina possui uma cobertura florestal natural remanescente de aproximadamente 35.500 km<sup>2</sup> (37,2 % do território). Leite e Klein (1990) relacionam ainda, algumas das espécies de maior valor fisionômico da Floresta Ombrófila Densa, como: *Ocotea catharinensis*, *Sloanea guianensis*, *Aspidosperma olivaceum*, *Copaifera trapezifolia*, *Ocotea pretiosa*, *Virola bicuhyba*, *Chrysophyllum viride*, *Nectandra lanceolata*, *Buchenavia kleinii*, *Pouteria torta* e *Euterpe edulis*. Conforme WETTSTEIN (1970), as espécies predominantes pertencem às famílias das mirtáceas, lauráceas, leguminosas, rutáceas, meliáceas, apocináceas e arecáceas. De acordo com Veloso et al. (1991) e IBGE (1992).

Segundo o levantamento herbáceo apresentado no Estudo de Impacto Ambiental, foram identificadas 67 famílias botânicas, divididas em 176 gêneros. As famílias botânicas das *Magnoliófitas* (angiospermas), que mais se destacaram foram as *Asteraceas*, *Poaceas*, *Fabaceas*, *Rubiaceae*, *Lamiaceae*, *Orchidaceae*, as demais apresentam números de gêneros pouco significativos. As solanáceas possuem poucos gêneros registrados, porém um número considerado significativo de espécies.

As *Pteridophyta* que mais se destacaram nas suas formas biológicas, foram as *Dennstaedtiaceas* com 2 gêneros e as *Asplendiaceas* com 1 gênero, porém identificados 5 espécies diferentes. As demais famílias apresentam 1 gênero botânico em suas representações. Já na divisão botânica das *Lycopodiophyta*, estão representadas pelas *Lycopodiaceas*.

As espécies amostradas foram organizadas, de acordo com sua família botânica, nome científico e nome popular de acordo com a flora ilustrada catarinense. As espécies herbáceas foram identificadas de acordo com o Manual de identificação e controle de plantas daninhas. Para os processos biológicos de polinização e dispersão foram consultadas bibliografia especializada de descrição de espécies, como a Flora Ilustrada Catarinense (REITZ, 1964-1989; REIS, 1996-2011), além de observações no local, que permitiram com base em Faegri e van der Pijl (1979) e van der Pijl (1972) reuni-las em suas estratégias características.

Segundo a resolução CONSEMA N° 51, não foram identificadas nenhuma espécie, criticamente em perigo, vulnerável, presumivelmente extinto, extinto na natureza e espécie ameaçada de extinção.

### 3.4.2. Fauna

A fauna foi caracterizada em cinco diferentes grupos sendo eles a avifauna (aves), mastofauna terrestre (mamíferos), quiropterofauna (morcegos), ictiofauna (peixes) e a herpτοofauna (anfíbios e répteis).

#### 3.4.2.1. Avifauna

Para o grupo da avifauna foram realizadas amostragens em campo nas diferentes formações vegetais existentes na área de estudos e utilizadas informações levantadas em bibliografias. Por meio destes levantamentos realizados foram identificadas na primeira campanha 139 espécies distribuídas em 48 famílias, pertencentes a 20 ordens e na segunda campanha foram identificadas 96 espécies distribuídas em 43 famílias pertencentes a 19 ordens.

Sendo que estes números representam aproximadamente 21,3% do total de aves já registradas no Estado, 13,6% das espécies representantes da mata atlântica e 7,3% das espécies ocorrentes em território nacional. Não foram registradas espécies ameaçadas de extinção, segundo a Resolução CONSEMA 002 (2011) e o (MMA, 2003). Contudo, de acordo com a (IUCN, 2013) pode ser citado o registro de três espécies quase ameaçadas.

Tabela 12: Lista das aves ameaçadas de extinção de ocorrência confirmada na área de estudo. Categorias de ameaça; Criticamente ameaçado (CR); Em perigo (EN); Vulnerável (VU) e Quase Ameaçada (NT) (CONSEMA, 2011; IUCN, 2013; MMA, 2003).

| Espécies                                       | CONSEMA, 2011 | MMA, 2003 | IUCN, 2013 | Fev/14 |
|--|---------------|-----------|------------|--------|
| <i>Myrmotherula unicolor</i> (Ménétriès, 1835) | -             | -         | NT         | X      |
| <i>Tangara cyanoptera</i> (Vieillot, 1817)     | -             | -         | NT         | X      |
| <i>Carpornis cucullata</i> (Swainson, 1821)    | -             | -         | NT         | X      |

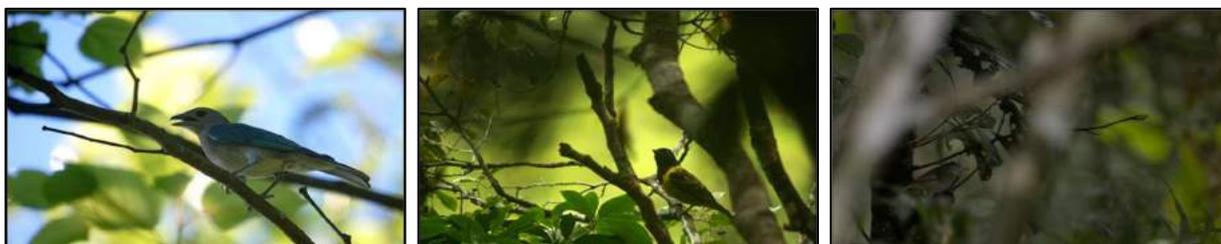


Figura 40: Espécies quase ameaçadas encontradas na área de estudo.

Em relação aos endemismos amostrados nestes levantamentos, podem-se registrar cinco espécies endêmicas do Brasil (CBRO, 2014). Não foram registradas espécies de aves migratórias de acordo com CBRO (2014).

#### 3.4.2.2. Mastofauna Terrestre

Os dados coletados referem-se à campanha de monitoramento da mastofauna de médio e grande porte na área e influência da Mina Santana, localizada no município de Urussanga, onde foram realizadas duas campanhas sendo a primeira no mês de fevereiro de 2014 e a segunda no mês de dezembro de 2014.

Ao total foram realizadas 96 (noventa e seis) horas de amostragem, sendo 72 (setenta e duas) horas de armadilhas fotográficas e 24 (vinte e quatro) horas de busca ativa na primeira campanha e mais 72 horas na segunda campanha. Neste estudo somente de busca ativa totalizando 168 horas de amostragem.



Figura 41: Registro de pegada de Tatu-galinha e toca.



Figura 42: Cachorro-do-mato registrado na área de influência.

Foram registradas 4 (quatro) espécies de mamíferos, segundo a Resolução CONSEMA 002/2011, IN MMA 003/200 as 3 (três) espécies, Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), Quati (*Nasua nasua*), não estão ameaçadas de extinção; e de acordo IUCN (2014) as mesmas são pouco preocupantes. E 1 (uma) espécie exótica foi registrada na área: a Lebre-européia.

### 3.4.2.3. Quiropterofauna

A área onde se pretende instalar o empreendimento é constituída de três polígonos, o levantamento da quiropterofauna (morcegos) foi realizado no único polígono que possui vegetação arbórea. A paisagem onde o fragmento esta inserido é composto de áreas utilizadas na monocultura, pecuária, urbanização e fragmentos de floresta nativa.

Para a captura de morcegos (quiropterofauna) fora aplicado um esforço amostral de duas noites, utilizando cinco redes de neblina com dimensões de 7 m x 3 m e 9 m x 3 m. As redes foram expostas a partir do crepúsculo com quatro horas de exposição, por duas noites não consecutivas, revisamos as redes periodicamente a cada 30 minutos.



Figura 43: Metodologia de amostragem de quiropterofauna (morcegos) e Espécie registrada na área de estudos.

O esforço amostral do total de 1332 m<sup>2</sup> h rede, resulto na captura de três morcegos de duas espécies, *Sturnira lilium* (É. Geoffroy, 1810) e *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), pertencentes a uma família zoológica, o que representa menos de 10% das espécies esperadas para o estado de Santa Catarina.

### 3.4.2.4. Ictiofauna

A área de estudo está localizada na Microbacia do Rio Malha pertencente à bacia hidrográfica do Rio Tubarão, na localidade de Santana, situada no Município de Urussanga, Santa Catarina, conforme SIRHESC (2014).

As amostragens realizadas em dois momentos ou campanhas onde a primeira campanha foi realizada nos dias 24, 25, 26 e 27 de Fevereiro de 2014 e a segunda campanha foi realizada nos dias 18 e 29 de dezembro de 2014 em distintos pontos, próximos e dentro da área do empreendimento. Conforme os trabalhos em campo foram coletados cinco espécies (Tabela 13), onde na primeira campanha foram coletadas quatro espécies e na segunda campanha também quatro campanhas com uma nova espécie.

Tabela 13: Lista de espécies de peixes registrados na região da área de estudo na localidade de Santana, Urussanga-SC. Status de conservação: não ameaçada (NA); pouco preocupante (LC); vulnerável (VU); Em Perigo (EN)

| Táxon                         | Nome comum | CONSEMA | MMA | IUCN | 1ª Camp | 2ª Camp | 3ª Campa |
|-------------------------------|------------|---------|-----|------|---------|---------|----------|
| <b>CHARACIDAE</b>             |            |         |     |      |         |         |          |
| <i>Astyanax</i> sp.           | Lambari    | NA      | NA  | NA   | x       | x       | X        |
| <b>CICHLIDAE</b>              |            |         |     |      |         |         |          |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> | Acará      | NA      | NA  | NA   | x       | x       | X        |
| <i>Ciclossoma facetun</i>     | Acará      | NA      | NA  | NA   |         | x       |          |
| <i>Crenicichla lepidota</i>   | Badejo     | NA      | NA  | NA   | x       | x       | X        |
| <b>ERYTHRINIDAE</b>           |            |         |     |      |         |         |          |
| <i>Hoplias malabaricus</i>    | Traíra     | NA      | NA  | NA   | x       |         | X        |
| <b>Total de espécies = 05</b> |            |         |     |      |         |         |          |

### 3.4.2.5. Herpetofauna

#### 3.4.2.5.1. Anfíbios

Os locais escolhidos para amostragem da anurofauna (anfíbios) foram todos os polígonos constantes no processo de uso futuro de lavra de carvão a céu aberto. Ao todo são sete polígonos, mas para efeito de facilidade na discussão e entendimento dos dados referentes a anurofauna (anfíbios) foram transformados em quatro áreas.

Para cada uma destas áreas foram escolhidos pontos com ambientes essenciais às espécies de anfíbios, como por exemplo, córregos dentro da mata, poças e banhados.

Ao todo, teoricamente para a região da área de influência da mina Santana céu aberto pode-se registrar 36 espécies de anfíbios nos distintos ambientes encontrados naquele local. No entanto foram registradas dentro das poligonais do estudo 23 espécies de anuros pertencentes a dez famílias.



Figura 44: Espécies de anfíbios anuros registrados em áreas abertas e de borda de mata na área "D". A – *Dendropsophus minutus*; B – *Scinax tymbamirim*; C – *Scinax fuscovarius*; D – *Elachistocleis bicolor*; E – *Hypsiboas bischoffi*; F – *Hypsiboas faber*; G – *Scinax perereca* (Casal em amplexo); H – *Sphaenorhynchus* cf. *caramaschii*; I – *Trachycephalus mesophaeus*.



Figura 45: Espécies de anfíbios anuros registrados dentro do remanescente florestal da área "D". A – *Aplastodiscus cochranæ* (ameaçada); B – *Proceratophrys boiei*; C – *Scinax catharinae*; D – *Haddadus binotatus*.

A uma riqueza de anfíbios considerada satisfatória no estudo, uma vez que representa mais da metade das espécies que podem ocorrer nesta região do Estado de Santa Catarina.

#### 3.4.2.5.2. Répteis

A busca por espécies de répteis foi estabelecida nos mesmos locais onde se realizou a procura por anfíbios. As amostragens aconteceram do dia 17/12/2014 nos horários compreendidos entre 09:00h - 12:00h e 15:00h - 17:00h e no dia 18/12/2014 nos horários compreendidos entre 15:00h - 17:00h nas quatro áreas estabelecidas. No decorrer dos transectos, os locais de provável ocorrência de répteis (embaixo de pedras, troncos, rochas, galhos secos, entre outros) foram vistoriados minuciosamente. Para a confirmação da identificação das espécies, quando possível, fez-se o registro do espécime com Câmera fotográfica Digital (Nikon D90).

Podemos considerar teoricamente a ocorrência de 59 espécies de répteis para a região da área de influência direta da mina Santana céu aberto. Infelizmente Santa Catarina ainda carece de uma lista de répteis com registros confirmados (registros diretos ou de coleções herpetológicas). Kunz et al., (2007) apresentaram uma lista das espécies de répteis tombadas na coleção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no entanto não confirmaram quais destas espécies foram realmente coletadas em Santa Catarina, uma vez que eles citam que há algumas espécies provenientes de outro estados do Brasil. A única citação de Kunz et al. (2007) é que o acervo possui 76 espécies de répteis, mas como já discutido, não citam as procedências. Foram registradas no total, durante os trabalhos em campo, duas espécies de répteis. Uma espécie de lagarto, o lagarto-teiú (*Salvator merianae*) e uma espécie de serpente que pertencem à família Viperidae, a jararaca (*Bothrops jararaca*).



Figura 46: Espécies de Répteis registrados no estudo. Legendas: A - Lagarto-teiú; B - Serpente da espécie *Bothrops jararaca* (jararaca).

#### 4. APTIDÃO E INTENÇÃO DE USO FUTURO

Após as atividades de mineração, a área será utilizada na silvicultura de Eucalipto, consideradas uma das atividades mais importantes para a economia catarinense, podendo ser decisiva para a sustentabilidade do meio rural.

As espécies de eucalipto destacam-se como grande alternativa para a produção de madeira nos próximos anos e a indústria madeireira prepara-se, gradativamente, para sua utilização, contando com sua disponibilidade para os futuros suprimentos de matéria-prima. A sustentabilidade econômica e social do setor agropecuário catarinense deve passar pela reconversão das atividades dos estabelecimentos agrícolas, incorporando-se a atividade florestal e madeireira àquelas hoje desenvolvidas, formando o tripé agricultura, silvicultura e pecuária (agrossilvipastoril).

#### 5. PROJETO TÉCNICO DE RECUPERAÇÃO

##### 5.1. Cercamento da Área

Dada a fragilidade do solo e da vegetação recém estabelecidos, será obrigatório que a área permaneça em “pousio” por um período mínimo de cinco anos, período este necessário à sua estabilização. Assim, toda área em recuperação deverá ser cercada e mantida livre de pastoreio para evitar compactação do solo e danos à vegetação.

O trânsito de pessoas não relacionadas às atividades de recuperação também deverá ser evitado, desta forma, a segurança no ambiente também será estabelecida. O trânsito de veículos e equipamentos deverá se restringir àqueles estritamente necessários e relativos às atividades de recuperação ambiental.

##### 5.2. Preparo do Solo

###### 5.2.1. Manejo e Recomposição do Solo Nativo

Com base no sistema de classificação de solos em vigor (EMBRAPA, 2006), as caracterizações química e física presentes nos horizontes superficiais e subsuperficiais na região do empreendimento indicam a presença de um Horizonte A moderado e um horizonte B incipiente que classificam ao perfil de solo analisado como um CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.

Do ponto de vista da capacidade de uso do solo, a área em questão está classificada como **Solo Grupo A, Classe IVs-5**, pois inclui terras próprias para lavouras, mas com restrições para cultivo pertencendo, portanto, ao **Grupo A**. Há limitações severas quanto à fertilidade

local além de susceptibilidade à erosão tornando o local impróprio para cultivos intensivos classificando-o como pertencente à **Classe IV**. Quanto à subclasse, neste momento as condições limitantes são a qualidade química do solo (s) e a baixa saturação por bases (5). Claro está que a remoção da cobertura vegetal durante a mineração tornará mais relevante a erosão do solo no **local (e)**.

### 5.2.2. Impacto Ambiental Sobre os Solos

Na mineração de carvão a céu aberto, o solo deve ser temporariamente removido para exposição e retirada do mineral de interesse. Tal condição provoca alterações na topografia do terreno e na dinâmica de nutrientes e material particulado provocando a desconfiguração paisagística ou alterações fisiográficas do relevo. A intervenção antrópica na topografia do terreno pode potencializar os impactos provocados por precipitações, ciclos de umedecimento e secagem, influência eólica, entre outros. A remoção do solo implica na sua desagregação física e, portanto, na facilitação de processos erosivos os quais deverão ser evitados e mitigados caso venham a ocorrer. O tráfego de equipamentos leva à redução de macroporos e predomínio de microporos, há uma redução da taxa de infiltração de água e um aumento da resistência à penetração de raízes, o que por sua vez inibe o desenvolvimento da vegetação. Isso contribui para a ocorrência de falhas na cobertura do solo, o que implica no aumento do escoamento superficial da água e leva, conseqüentemente, à erosão. Quiñones et al. (2008) ressalta que falhas físicas do solo podem conduzir um projeto de recuperação de áreas degradadas ao insucesso.

Assim, as propriedades químicas e físicas dos solos construídos pós-mineração de carvão refletem a variabilidade herdada dos materiais geológicos (em especial da pirita caso haja mistura dos materiais com a mesma) dos diferentes processos construtivos, da espessura e grau de compactação das camadas, do grau de mistura dos materiais da coluna geológica, do grau de mistura do estéril com o solo e da presença ou ausência de drenagem ácida de mina. A interação desses fatores resulta na complexidade e diversidade dos problemas encontrados na tentativa de recuperação de áreas impactadas (CAMPOS et al., 2010).

A mistura de "ingredientes" durante os trabalhos de reconstituição do perfil de solo deve considerar características físicas, químicas e biológicas dos materiais que darão origem ao solo e o comportamento futuro esperado otimizando, concomitantemente, o crescimento vegetal com a estabilidade física do solo. Ao contrário de processos naturais, em solos construídos corrigem-se atributos físicos e químicos para, em seguida, recuperar os atributos biológicos. A degradação, portanto, não é um processo irreversível, mas a recuperação de

um solo degradado, onde houve perda importante de suas funções, é lenta, incerta e geralmente onerosa (NORTCLIFF, 2002).

### **5.2.3. Manejo e Recomposição dos Solos Durante a Operação da Mina**

Entende-se que para recuperar os impactos ambientais instalados nas áreas mineradas será necessário proceder a medidas mitigadoras que reintegrem a área minerada a seu entorno, levando em conta o uso futuro previsto. Recompôr o perfil de solo e a topografia e por último caberá instalar nova cobertura vegetal no local. Estas ações visam mitigar a geração de drenagem ácida de mina (DAM), restituir ao local sua resiliência e permitir o retorno da fauna possibilitando que ao longo do tempo ocorra a diminuição da intensidade dos impactos decorrentes da atividade de mineração.

Os resultados destas ações serão visíveis somente em longo prazo, principalmente no que diz respeito à qualidade edáfica. O programa de monitoramento da qualidade ambiental da área é fundamental para a avaliação das ações adotadas. As informações obtidas pelo programa de monitoramento permitirão avaliar os resultados do PRAD e propor medidas de adequação se necessárias. As medidas de manejo e recuperação serão discutidas ao longo do texto.

#### **5.2.3.1. Remoção da Cobertura Vegetal Existente**

A atividade minerária necessita que o minério de interesse seja exposto para que possa ser efetuada sua remoção. Assim, os trabalhos de recuperação têm início já durante a abertura da mina e começam pela remoção da cobertura vegetal.

A vegetação nas áreas a serem mineradas encontra-se alterada por atividades antrópicas com respeito à sua conformação original. Nelas tem havido agricultura e pecuária predominando, assim, campo e cultivos comerciais de madeira (eucalipto). Há pequenas porções de mata nativa, mas estas não devem ser atingidas pela mineração.

Os maciços arbóreos (predominantemente Eucaliptos) deverão ser removidos juntamente à vegetação de sub-bosque (extrato regenerante) que houver até o início da mineração.

Plantios de Eucalipto costumam desenvolver sub-bosque nos quais podem brotar, isoladamente, espécies nativas de palmeiras em meio à plantação (Jerivá, Butiazeiros ou outras espécies de palmeiras nativas). Neste caso, será importante não derrubá-las. Estas deverão ser retiradas íntegras com uso de guindastes e retro escavadeiras para imediato transplante a áreas em recuperação ou que permanecerão íntegras no entorno próximo do empreendimento durante as obras. A justificativa para esta preocupação diz respeito à

demora no crescimento destes vegetais, mesmo em ambiente natural, no custo elevado de suas mudas, na disponibilidade de recursos para tanto (equipamentos) e no fato destas espécies servirem enquanto poleiros e alimento para a avifauna local durante o período de recuperação da vegetação. O material grosseiro que restar após a retirada da vegetação arbórea, como tocos ou galhos, poderá ser armazenado para servir de atrativo à micro e macro fauna durante a recomposição do solo.

A segunda etapa diz respeito à remoção da vegetação herbácea. Esta será removida juntamente com a primeira camada de solo (solo orgânico) conforme descrito a seguir. A incorporação deste material ao solo de cobertura agrega material vegetal mais lábil e de fácil decomposição o qual ajudará a manter os níveis de matéria orgânica no solo.

A vegetação existente no entorno da área, e que poderá ser mantida intacta, deverá ser resguardada do trânsito de equipamentos e, caso se julgue necessário, ser enriquecida já no início dos trabalhos com espécies arbóreas nativas para formar uma cortina vegetal. Cortinas vegetais cumprem o papel de interceptar material em suspensão (poeiras) e reduzem o impacto visual do empreendimento.

Note-se que dada a natureza degradada do local, não há serrapilheira disponível para coleta e, portanto, não há manejo previsto para a mesma.

#### **5.2.3.2. Remoção da Camada do Solo Orgânico**

Será necessário remover a camada superficial de solo (solo orgânico) dado que o teor de matéria orgânica do mesmo é superior ao das camadas subjacentes, o que faz deste material o melhor para recuperar o solo. Esta matéria orgânica é indispensável à recuperação física, química e biológica do solo a ser construído sobre as áreas em recuperação. A remoção do solo orgânico deverá ocorrer concomitantemente à remoção da vegetação herbácea conforme dito anteriormente.

A espessura do solo orgânico local foi determinada, até a base do Horizonte B, entre 0,40 metros e 0,80 metros. Na abertura do primeiro corte o solo será retirado por trator de esteiras e estocado lateralmente à frente de lavra, para posterior aproveitamento. Este solo deverá ser armazenado na forma de pilhas com altura máxima de 2 metros as quais deverão ser mantidas recobertas pelos restos vegetais (folhas, galhos, troncos) retirados da própria área. O local escolhido para armazenamento do solo orgânico deverá ser livre de trânsito de equipamentos, pessoas e automóveis e estar localizado em ponto que não exija sua manipulação até o início dos trabalhos de recuperação. O croqui na Figura 47 ajuda a visualizar as primeiras etapas do trabalho.

Caso o armazenamento do solo orgânico se prolongue por mais de 3 meses o mesmo deverá ser semeado com um mix de espécies gramíneas e leguminosas anuais. Desta maneira, a porção de solo armazenada ficará protegida da erosão eólica e hídrica e haverá atividade microbiana o que manterá a ciclagem de nutrientes impedindo a lixiviação completa de nutrientes.

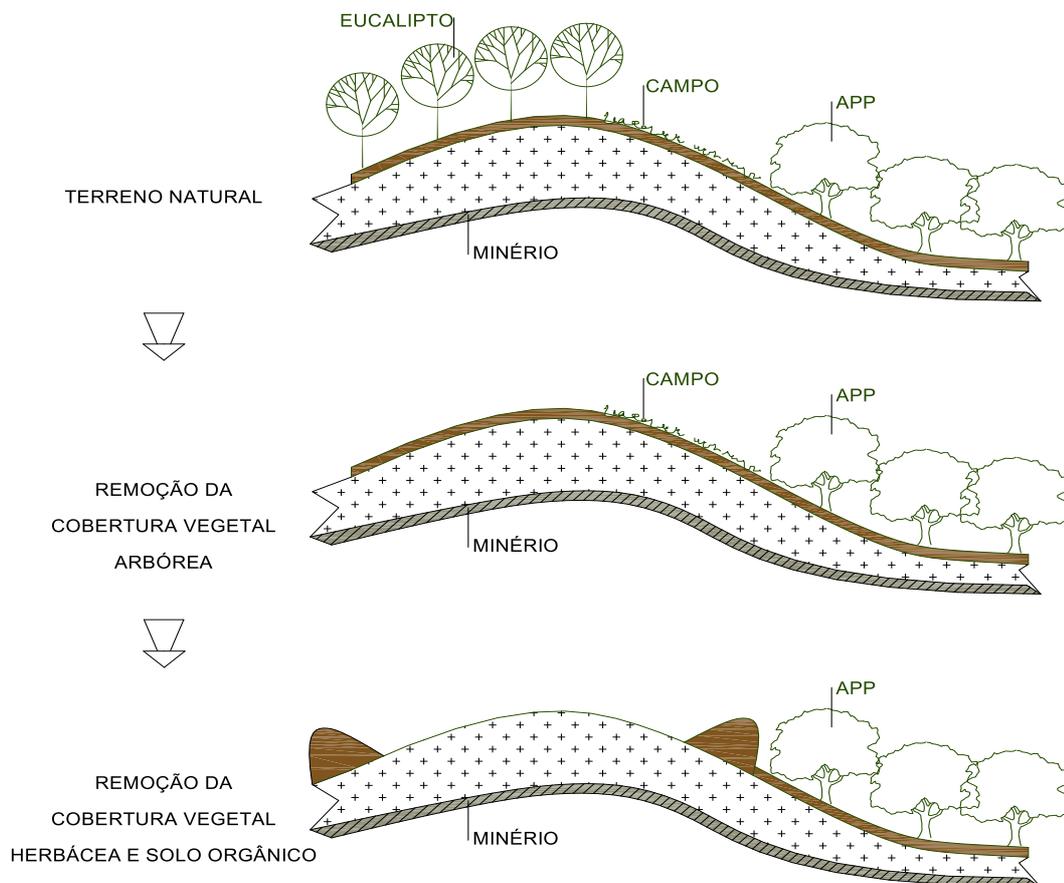


Figura 47: Croqui referente à remoção da cobertura vegetação e solo orgânico.:

Considerando-se que o método de lavra será “em tiras”, ou “faixas” (“strip mining”), no momento em que existir espaço suficiente na cava exaurida, o que se espera a partir do terceiro corte, solo será carregado, transportado e distribuído sobre um corte já exaurido, previamente preenchido com o estéril do corte anterior, e assim sucessivamente.

O solo orgânico será carregado pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição ou estocagem, para seu melhor aproveitamento e preservação das características de fertilidade.

### 5.2.3.3. Remoção da Camada de Solo Mineral – Decapeamento

Após a remoção e armazenamento do solo orgânico é necessário remover a camada de solo mineral composto por pelo horizonte C (saprolito) e por uma camada (“pacote”) argilo-arenosa sobrejacente a qual será removida por desmonte mecânico com utilização de uma escavadeira hidráulica. O pacote de arenitos, subjacentes à camada argilo-arenosa, será removido por equipamentos de terraplenagem, após desmonte por explosivos tipo emulsão (Figura 48).

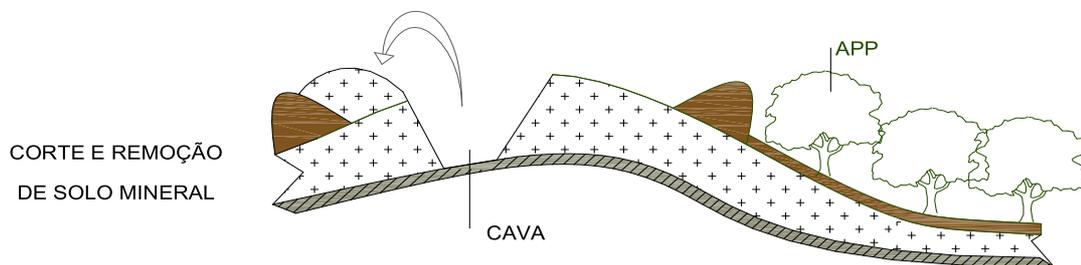


Figura 48: Croqui referente à remoção e armazenamento de solo mineral.

Neste momento é muito importante não misturar estes materiais, o horizonte C e a camada argilo-arenosa devem ser armazenados separadamente e igualmente preservados de erosão via plantio de vegetação de cobertura ou proteção mecânica caso fiquem armazenados por mais de 3 meses. Isto preserva não só o material em si, mas também diminui chances de danos ambientais a corpos d’água adjacentes ao empreendimento.

Estes materiais serão carregados pela escavadeira hidráulica em caminhões basculantes para transporte até o local de deposição ou serão removidos e empurrados pelo trator de esteiras, utilizando-se sempre a situação mais favorável no que diz respeito ao custo e à produtividade dos equipamentos.

Tão logo houver espaço suficiente na cava exaurida, o solo superficial volta a ser retirado e não será armazenado, mas sim distribuído imediatamente sobre o solo do horizonte C retirado do primeiro corte. Ainda no segundo corte, o solo do horizonte C deverá ser armazenado. Antes de se chegar à camada de carvão e abaixo do pacote argilo-arenoso existe o banco de arenitos. Os blocos originados no desmonte do banco de arenitos serão depositados diretamente sobre a lapa da camada Barro Branco, em local onde já ocorreu a extração do carvão. Assim, a abertura de novos cortes deverá ser realizada de forma tal que ocorra o fechamento do corte anterior (Figura 49).

Ajustes nesta metodologia podem ser realizados (como a disposição da camada argilo-arenosa do primeiro corte na Mina Santana Frente F) desde que não ocorra inversão dos

horizontes. Ou seja, não pode ocorrer a disposição da camada argilo-arenosa sobre o solo do horizonte C e tampouco pode haver a disposição do solo do horizonte C sobre o solo orgânico.

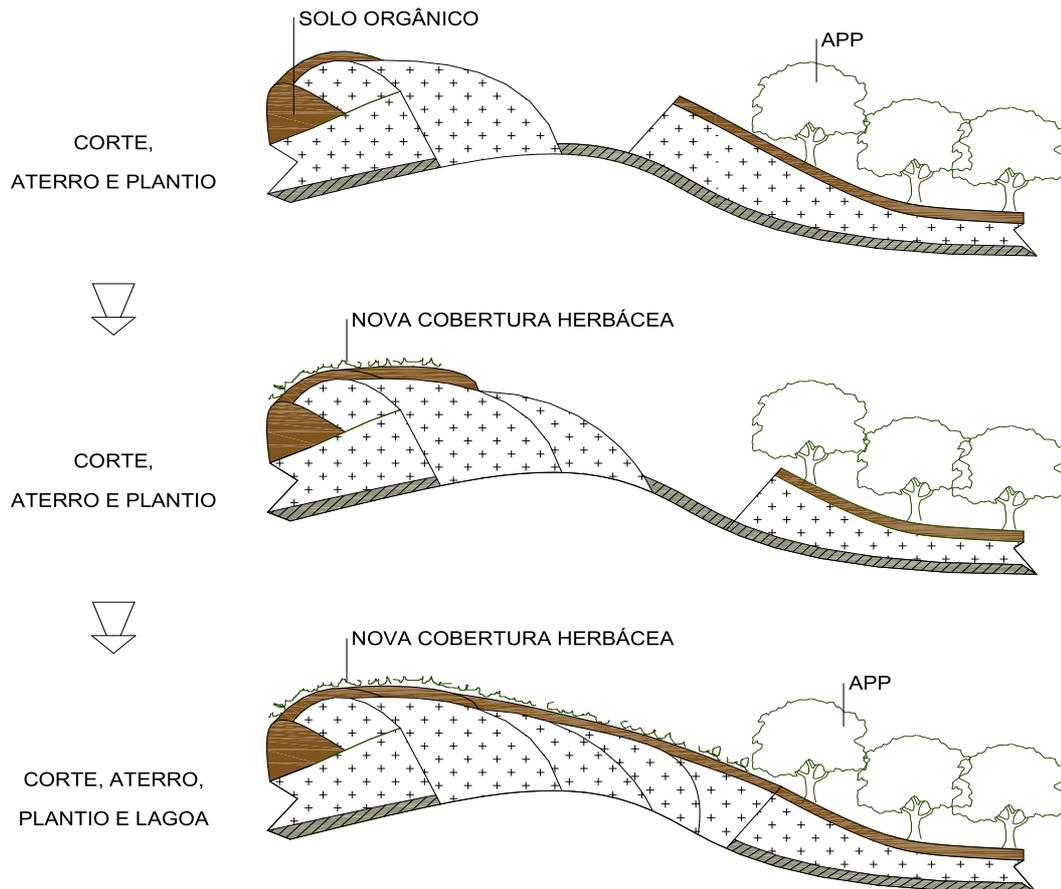


Figura 49: Etapas de abertura e fechamento dos cortes durante decapeamento para remoção do carvão.

#### 5.2.3.4. Recomposição Topográfica do Terreno

Com objetivo de reduzir o impacto dos processos erosivos, paisagísticos e possibilitar o estabelecimento da vegetação de cobertura torna-se necessário ajustar a topografia do terreno e suavizar os taludes após a finalização do preenchimento das cavas com o material do horizonte C.

Nesta etapa todo material estéril (horizonte C) deverá ser reconformado de forma que o terreno ganhe contornos suaves, pois sobre este será depositada a camada de solo orgânico que dará suporte à vegetação vindoura. Assim, o estéril será movimentado com equipamentos de terraplenagem preenchendo-se vazios e arredondando-se o relevo até se obter uma topografia suave e o mais próxima possível da original (Figura 50).

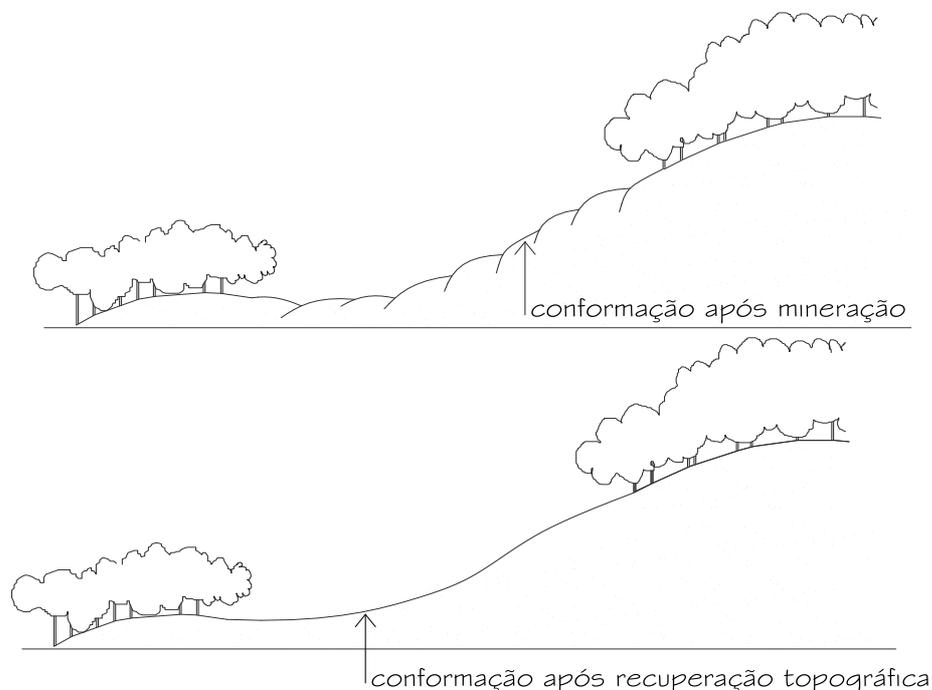


Figura 50: Reconformação e suavização do terreno após a disposição do horizonte C.

Caso a suavização da topografia possa culminar em uma rampa que eleve a velocidade do escoamento superficial e seu potencial erosivo, tal prática deve ser implementada em observância as técnicas de sistema de controle de erosão e drenagem superficial.

Optar por equipamentos com menor carga sobre o solo em termos de  $\text{kgf cm}^{-2}$  e necessariamente trabalhar o solo quando estiver com consistência friável e nunca duro, plástico ou pegajoso (limites de Attenberg). Tal cuidado se refletirá em menor compactação do solo, um dos fatores mais importantes para o sucesso na implantação da cobertura vegetal e no controle da erosão.

A planta de configuração final do terreno pode ser visualizada no Anexo I da complementação do Estudo de Impacto Ambiental – Volume IV.

#### **5.2.3.5. Recolocação da Camada de Solo Orgânico**

A partir do momento em que a reconfiguração topográfica do primeiro corte em recuperação estiver concluída, todo o solo orgânico retirado do segundo corte será carregado, transportado e distribuído sobre o corte anterior (Figura 49). A configuração final projetada para o perfil de solo pode ser vista na Figura 51.

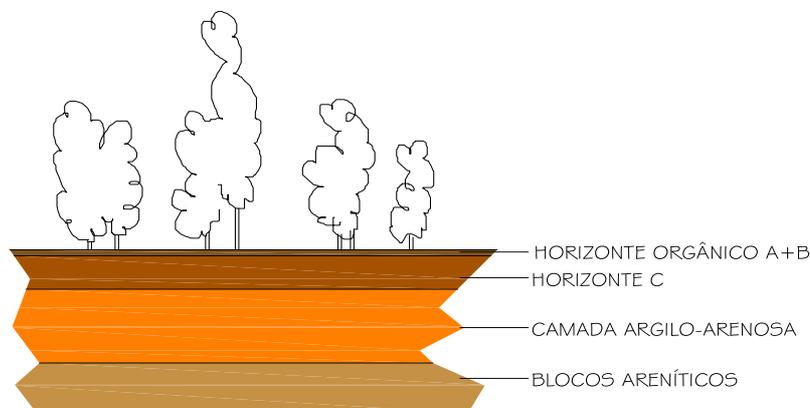


Figura 51: Perfil do solo após a recuperação.

A camada de solo orgânico deverá ter espessura mínima de 10 cm, espessuras maiores favorecerão a implantação da vegetação.

É importante evitar, ao máximo, o trânsito de equipamentos sobre o solo de cobertura, pois é conveniente não compactá-lo. Solos compactados desfavorecem o desenvolvimento radicular da vegetação a ser instalada.

#### 5.2.3.6. Implantação do Sistema de Controle de Erosão e Drenagem Superficial

Além da suavização do terreno, há de se observar os processos erosivos do ponto de vista das águas pluviais, pois caso ocorram velocidades excessivas de escoamento (enxurrada) haverá carreamento de partículas do solo e erosão. Ou seja, entendendo-se que rampas longas em terrenos regulares favorecem grandes velocidades de escoamento, enquanto rampas curtas em terrenos irregulares apresentam menores velocidades, é necessário trabalhar o terreno “em contorno”.

Trabalhar o terreno “em contorno” consiste basicamente em manejar os equipamentos seguindo a curva de nível do terreno e não em sua perpendicular. Porém, trabalhar o terreno em contorno encontra limites quando ocorre aumento da declividade. Quando a declividade do terreno (fator S - %) multiplicada pelo comprimento da rampa (fator L – m) resultar em um valor de maior ou igual a 0,5 (fator LS) o simples tratamento do terreno em contorno deverá evoluir para a construção de terraços. A Tabela 14 mostra valores de LS para auxiliar na tomada de decisão.

Tabela 14: Valores do fator topográfico (LS) para inclinações e comprimentos de rampa.

| Declividade (%) | Comprimento da Rampa (m) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 7,0                      | 15,2 | 22,8 | 30,4 | 45,  | 60,8 | 91,2 | 122  | 152  | 182  | 243  | 304  |
| 0,2             | 0,06                     | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |

| Declividade (%) | Comprimento da Rampa (m) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | 7,0                      | 15,2 | 22,8 | 30,4 | 45,  | 60,8 | 91,2 | 122  | 152  | 182  | 243  | 304  |
| 0,5             | 0,07                     | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,15 |
| 0,8             | 0,09                     | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 |
| 2,0             | 0,13                     | 0,16 | 0,19 | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,28 | 0,31 | 0,33 | 0,34 | 0,38 | 0,40 |
| 3,0             | 0,19                     | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,35 | 0,40 | 0,44 | 0,47 | 0,50 | 0,54 | 0,57 |
| 4,0             | 0,23                     | 0,30 | 0,36 | 0,40 | 0,47 | 0,53 | 0,62 | 0,70 | 0,76 | 0,82 | 0,92 | 1,01 |
| 5,0             | 0,27                     | 0,38 | 0,46 | 0,54 | 0,66 | 0,76 | 0,93 | 1,07 | 1,20 | 1,31 | 1,52 | 1,69 |
| 6,0             | 0,34                     | 0,48 | 0,58 | 0,67 | 0,82 | 0,95 | 1,17 | 1,35 | 1,50 | 1,65 | 1,90 | 2,13 |
| 8,0             | 0,48                     | 0,70 | 0,86 | 0,99 | 1,21 | 1,41 | 1,72 | 1,98 | 2,22 | 2,43 | ,81  | 3,14 |
| 10              | 0,69                     | 0,97 | 1,19 | 1,37 | 1,68 | 1,94 | 2,37 | 2,74 | 3,06 | 2,36 | 3,87 | 4,33 |
| 12              | 0,90                     | 1,28 | 1,56 | 1,80 | 2,21 | 2,55 | 3,13 | 3,61 | 4,04 | 4,42 | 5,11 | 5,71 |
| 14              | 1,15                     | 1,62 | 1,99 | 2,30 | 2,81 | 3,25 | 3,98 | 4,59 | 5,13 | 5,62 | 6,49 | 7,26 |
| 16              | 1,42                     | 2,01 | 2,46 | 2,84 | 3,48 | 4,01 | 4,92 | 5,68 | 6,35 | 6,95 | 8,03 | 8,98 |
| 18              | 1,72                     | 2,43 | 2,92 | 3,43 | 4,21 | 3,86 | 5,95 | 6,87 | 7,68 | 8,41 | 9,71 | 10,9 |
| 20              | 2,04                     | 2,88 | 3,53 | 4,03 | 5,00 | 5,77 | 7,07 | 8,16 | 9,12 | 10,0 | 11,5 | 12,9 |

Fonte: Correa (2006)

Terraços são estruturas compostas por um dique (também chamado camalhão) e um canal, dispostos no sentido transversal à declividade do terreno, parcelando a rampa em segmentos menores formando patamares. Os diques do terraçamento agem como obstáculos físicos reduzindo a velocidade do escoamento superficial e ordenando o movimento da água sobre a superfície do terreno. Os terraços conduzem a água a canais (calhas) de drenagem laterais capazes de receber volumes maiores de drenagem sem comprometer a estabilidade do terreno (Figura 52).

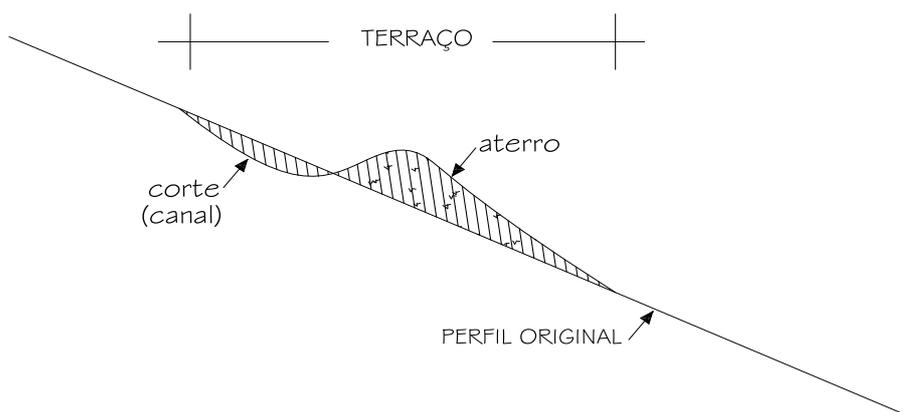


Figura 52: Croqui de terraço executado sobre perfil original do terreno

Nos canais a velocidade máxima de escoamento da água deve ser projetada para que não ocorra erosão. Em terraços de escoamento a declividade no sentido longitudinal da calha, para um solo de textura argilosa, não deve ser superior a 2 % e seu comprimento não deve ser superior a 600 metros. A calha nos terraços de retenção deve ser construída na mesma cota.

Aconselha-se vistoriar o sistema de terraceamento depois das primeiras chuvas, após a sua construção para que sejam detectadas eventuais falhas no sistema e providenciada a sua correção.

Para a Mina Santana Céu Aberto sempre que o Fator Topográfico exceder o limite de 0,5, limite máximo para o controle do fluxo de águas superficiais por curvas de nível, deve ser adotado a construção de terraços de retenção.

A resistência e a durabilidade de um terraço são influenciadas por suas dimensões. Quanto mais largo e raso for o canal, mais resistente ele será, e maior será a sua superfície de infiltração. Porém, canais mais estreitos e profundos são de mais fácil manutenção. O implemento disponível no momento de sua construção determina, geralmente, a largura e a profundidade dos canais. Há certas proporções que devem ser consideradas na construção de canais: a largura e a profundidade devem resguardar a proporção estabelecida na Equação 1 (Correa, 2006).

$$(largura \times profundidade)/2 = 0,7 \text{ m}^2 \qquad \text{Equação 1}$$

A declividade do terreno especifica a largura da faixa de movimentação de terra. Considerando-se a declividade do terreno a largura movimentada, formada pelo canal somada ao dique (camalhão), os terraços deverão ser construídos dentro da tipologia abaixo indicada:

- base estreita (até 3m) para declives superiores a 15%;
- base média (3 a 6m) para declives entre 10 e 12%;
- base larga (mais de 6m) para declives de até 8%.

O espaçamento vertical (distância vertical – eixo Y) existente entre a cota de um terraço e a cota do terraço logo acima do mesmo deve ser calculado com base na Fórmula de Bentley indicada na Equação 2.

$$Ev \text{ (m)} = [2 + \text{declividade (\%)} / \alpha] \times 0,305 \qquad \text{Equação 2}$$

A variável  $\alpha$  depende da textura do substrato:

- substrato arenoso – argila + silte < 15% -  $\alpha = 1,5$
- substrato de textura média – de 15 a 35% de argila –  $\alpha = 2,0$

- substrato argiloso – argila > 35% -  $\alpha = 2,5$

Já o espaçamento horizontal entre terraços refere-se à distância horizontal entre os mesmos (distância no eixo X) e deve ser calculada com base na Fórmula de Bentley indicada na Equação 3.

$$Eh (m) = [ Ev \times 100 / \text{declividade (\%)} ] \quad \text{Equação 3}$$

De forma a facilitar o dimensionamento, a Tabela 15 mostra o resultado das fórmulas 2 e 3 para inclinações de 1 a 18% para solos argilosos e terraços de escoamento, onde a água é derivada para calhas laterais maiores.

Caso a declividade supere os 18%, será necessário construir patamares conforme indicado na Figura 53. Os patamares terão largura superior à do terraço (p.ex. 8 m) acompanhado de taludes com uma inclinação de 2:1, ou de 26,6° com respeito à base, fruto da altura total estimada, do tipo de solo e do grau de declividade adotado (altura variável de até 5,0m). A construção dos terraços deverá valer-se do auxílio de implementos acoplados às máquinas de tração disponíveis na mina ou por meio de equipamentos destinados exclusivamente a esta finalidade. Deve-se sempre observar para que ambas as extremidades dos terraços sejam fechadas.

Aconselha-se vistoriar o sistema de terraceamento depois das primeiras chuvas, após a sua construção para que sejam detectadas eventuais falhas no sistema e providenciada a sua correção.

Tabela 15: *Espaçamento horizontal recomendado para terraços de escoamento em terreno argiloso.*

| Declividade (%) | Distância entre terraços (m) |
|-----------------|------------------------------|
| 1               | 75                           |
| 2               | 45                           |
| 3               | 35                           |
| 4               | 30                           |
| 5               | 27                           |
| 6               | 25                           |
| 7               | 23,6                         |
| 8               | 22,5                         |
| 9               | 21,7                         |
| 10              | 21,0                         |
| 11              | 20,4                         |
| 12              | 20,0                         |
| 13              | 19,6                         |
| 14              | 19,3                         |

| Declividade (%) | Distância entre terraços (m) |
|-----------------|------------------------------|
| 15              | 19,0                         |
| 16              | 18,7                         |
| 17              | 18,5                         |
| 18              | 18,3                         |

Fonte: adaptado de Corrêa (2006)

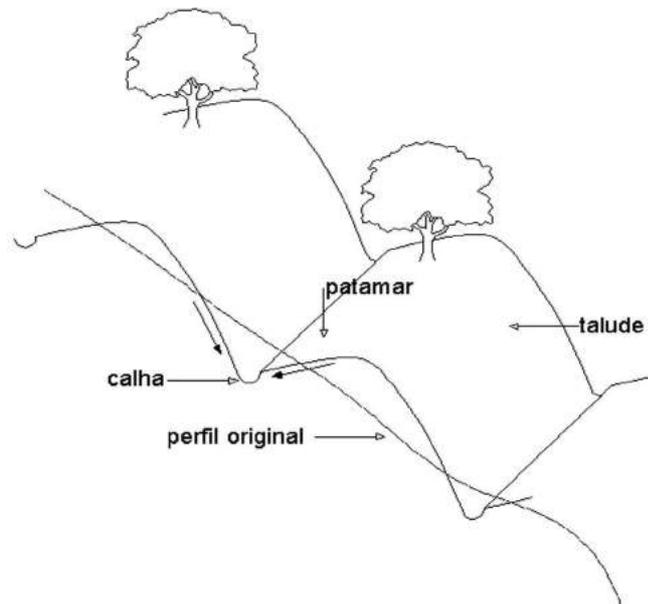


Figura 53: Corte esquemático de terreno e construção de patamares.

### 5.2.3.7. Construções de Canais de Drenagem

Como medida auxiliar nos cuidados com a erosão do solo, uma vez que o terreno está conformado, há de se construir canais de drenagem que ficarão onde o modelo topográfico indicar os caminhos preferenciais de escoamento hídrico, pois a conformação topográfica do terreno apenas sofrerá uma elevação. Esta elevação ocorrerá principalmente em função do empolamento provocado pelos vazios da camada formada pelos blocos areníticos. A camada argilo-arenosa sofrerá um empolamento inicial, que ao longo do tempo sofrerá redução, em função da compactação natural do terreno.

É papel dos canais de drenagem reduzir a velocidade de escoamento de águas superficiais e direcioná-las para bacias de acumulação (ou decantação). A água derivada deverá ser encaminhada a zonas onde possa infiltrar sem que ocorram danos ao solo ou mesmo ser conduzida a corpos d'água existentes.

Os canais de drenagem deverão ser limpos e devidamente conformados. Ou seja, a área do canal propriamente dita deverá estar livre de objetos que venham a impedir o fluxo da água. Caso a declividade supere 5% ou mesmo aonde o canal venha a receber fluxo constante de

água, há de se revesti-lo com manta PEAD 1mm de espessura e cobri-lo com uma camada de pedras britadas conforme a Figura 54. As pedras poderão ser aquelas de pronta disponibilidade e baixo custo na região, como é o caso dos blocos areníticos originados no desmonte do banco de arenitos que se sobrepõem à camada Barro Branco, tomando cuidado para não utilizar blocos de camadas areníticas com presença de pirita.

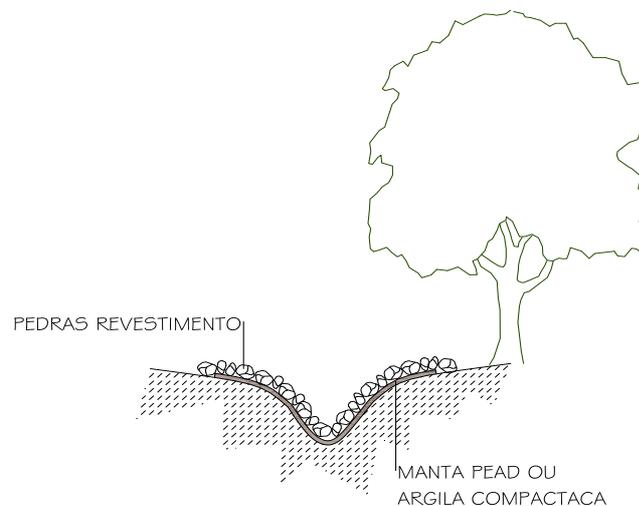


Figura 54: Corte esquemático de terreno e construção de canais de drenagem.

#### 5.2.3.8. Recuperação da Fertilidade do Solo

Os minerais e a matéria orgânica definem a estrutura do solo, textura (granulometria) e a composição química (fertilidade) e, por se manterem em permanente contato com a água do solo, são intemperizados pela mesma, formando a solução do solo que é rica em nutrientes. A solução do solo será absorvida pela vegetação, abastecendo-a dos elementos necessários a seu desenvolvimento. Neste contexto, o solo age como fonte de elementos químicos ao “exportá-los” dos minerais e matéria orgânica para a solução do solo, mas também como receptor ao “importá-los” da solução do solo para a estrutura dos minerais e matéria orgânica. Assim, solos bem estruturados, ricos em nutrientes e com água disponível serão capazes de suportar vegetações mais exigentes do ponto de vista nutricional.

A todo o processo de fechamento da cava (estéril + solo orgânico) constitui um *solo construído*, pois este é formado por materiais e procedimentos determinados pela ação humana, ou antropogênica (Pinto e Kampf, 2002). Vale lembrar que a simples instalação de uma camada de solo não implica em seu pronto estabelecimento enquanto um solo propriamente dito. Longos períodos são necessários para que ocorra sua consolidação tanto do ponto de vista químico (acidez, teor de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions -

CTC, macro e micro nutrientes nas concentrações adequadas, etc.) quanto físico (estrutura, compactação, porosidade, capacidade de retenção de água) e, não menos importante, biológico (organismos) demandando manejo e tempo para tanto. O solo deverá ser submetido a diversos ciclos de plantios, adubações e manutenções para que ocorra sua estabilização.

Especificamente no que tange às características dos solos construídos sobre áreas onde houve mineração de carvão, há de se evitar o contato com estereis piritosos uma vez que estes aumentam ainda mais a acidez do solo e o intemperismo de minerais.

Para subsidiar a metodologia aplicada ao preparo do solo construído foram utilizados os resultados apresentados no EIA-RIMA desta área.

#### **5.2.3.8.1. Correção Física do Solo**

O tráfego de equipamentos pesados, quando da mineração e recuperação, leva ao aumento da densidade do solo e à redução da porosidade. Como consequência haverá o predomínio de microporos implicando em maior resistência à penetração de raízes e na menor disponibilidade de água para as plantas. O resultado serão falhas na cobertura do solo e aumento do escoamento superficial, que podem levar a perdas de solo por erosão.

Quando da conclusão da disposição do terreno o solo deverá ser arado e gradeado. Tais práticas deverão ocorrer quando do solo estiver em condição de friabilidade para evitar sua compactação.

#### **5.2.3.8.2. Correção Química do Solo**

Considerando-se que as análises dos solos nativos na região do empreendimento (Figura 49 e EIA-RIMA) mostram um material quimicamente ácido e pobre em nutrientes espera-se que o solo construído conte com a mesma condição a qual será agravada pela desestruturação física sofrida e pela perda de atividade microbiana e de matéria orgânica. Assim, haverá necessidade de adequar a fertilidade em termos de nutrientes, estrutura física e matéria orgânica.

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados analíticos da caracterização química do solo nas cinco áreas amostradas, na profundidade de 0 a 20 cm. Cabe notar que o solo amostrado em mata nativa (Área 5) não difere significativamente dos demais (Áreas 1, 2, 3 e 4) e este é um ponto importante quando da recuperação ambiental. Ainda, a mistura dos horizontes A e B fará com a fertilidade do solo decresça se comparada à fertilidade atual.

Tabela 16: Caracterização física e química do solo nativo na profundidade de 0 a 20 cm nas Áreas 1, 2, 3, 4 e 5.

| Parâmetro           |                                    | Área 1   | Área 2   | Área 3   | Área 4   | Área 5   |
|---------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Argila              |                                    | classe 3 |
| pH H <sub>2</sub> O |                                    | mt baixo |
| Índice SMP          |                                    | 5,1      | 5,0      | 4,5      | 4,9      | 4,6      |
| P                   |                                    | mt baixo |
| K                   |                                    | médio    | baixo    | médio    | baixo    | baixo    |
| M.O.                |                                    | médio    | médio    | médio    | médio    | médio    |
| Al <sub>troc.</sub> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 3,2      | 3,3      | 6,7      | 5,3      | 6,3      |
| Ca <sub>troc.</sub> |                                    | baixo    | baixo    | baixo    | baixo    | baixo    |
| Mg <sub>troc.</sub> |                                    | alto     | médio    | baixo    | baixo    | baixo    |
| Soma de Bases       | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 2,1      | 2,8      | 1,2      | 0,9      | 0,7      |
| Al + H              | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 12,3     | 13,7     | 24,4     | 15,4     | 21,8     |
| CTC                 |                                    | médio    | alto     | alto     | alto     | Alto     |
| Atividade argila    |                                    | Ta       | Ta       | Ta       | Ta       | Ta       |
| Saturação Bases     | %                                  | 14       | 16       | 4        | 5        | 3        |
| Saturação Al        | %                                  | 62       | 55,5     | 87,3     | 87,1     | 90,9     |
| S                   |                                    | alto     | alto     | alto     | alto     | alto     |
| Zn                  |                                    | alto     | alto     | alto     | alto     | alto     |
| Cu                  |                                    | alto     | alto     | médio    | médio    | médio    |
| B                   |                                    | alto     | alto     | alto     | alto     | alto     |
| Mn                  |                                    | alto     | alto     | alto     | alto     | alto     |

A correção química compreende duas etapas: correção de pH (ou calagem) e adubação.

#### 5.2.3.8.2.1. Calagem

A correção do solo, ou calagem, significa a elevação de seu pH a uma condição satisfatória para o estabelecimento e perpetuação da vegetação. O pH do solo uma vez corrigido atenua ou elimina efeitos tóxicos da acidez sobre plantas (p. ex.: elimina teores tóxicos de alumínio e manganês), aumenta a disponibilidade de nutrientes (p.ex.: aumenta teores de fósforo e a capacidade de troca de cátions - CTC) e estimula a atividade de microorganismos (p.ex.: favorece a atividade bacteriana). A elevação do pH do solo (correção) poderá ser feita através da aplicação de calcário agrícola (magnesiano, dolomítico, calcítico, dolomito) cuja dosagem dependerá da qualidade do calcário (índice PRNT), do solo em questão, da necessidade da vegetação a ser implantada e da metodologia adotada tomando-se por base análise química do mesmo.

O uso futuro previsto considera o plantio de vegetação arbórea nativa ou frutíferas e forrageiras em taludes, silvicultura e pastoreio em áreas planas e vegetação arbórea nativa e forrageiras em áreas de APP. Tomando-se as espécies mais exigentes como parâmetro (leguminosas forrageiras de estação fria e quente e consorciação de gramíneas e leguminosas de estação quente) será necessário que o solo construído chegue a pH 6,0.

A recomendação de calagem no RS e SC (SBCS, 2004) toma por base não o pH do solo, mas sim seu valor para Índice SMP e neste caso a média entre as áreas é de 5,0. Para levar-se o pH deste solo até 6,0 é necessária a aplicação de 9,9 toneladas de calcário (PRNT 100%) por hectare.

**Recomenda-se a aplicação de 13 toneladas por hectare de calcário dolomítico com Índice PRNT igual a 75%. Este valor deverá ser alterado caso se utilize um calcário com outra especificação.**

Optou-se por calcário dolomítico para fornecer magnésio ao solo e com maior granulometria (menor índice PRNT) para reduzir a velocidade de sua intemperização dada a elevada acidez do solo e aumentar o seu poder residual.

A aplicação do calcário se dará em duas etapas sucessivas:

1ª) metade da dose recomendada deverá ser espalhada a lanço, de modo uniforme sobre o solo construído. A aplicação deverá ser realizada antes do revolvimento do solo com arado e grade de forma tal que venha a ser incorporado ao solo construído. O tráfego sobre o solo e seu revolvimento deverão ocorrer quando este estiver em condição friável. A não observância desta recomendação poderá levar a prejuízos na qualidade física do solo comprometendo o sucesso da implantação e perpetuação da cobertura vegetal a ser implantada;

2ª) a segunda metade do calcário deverá ser espalhada, também a lanço, sobre o terreno um mês após a primeira etapa ou tão logo o calcário houver desaparecido da superfície do terreno. Tanto quanto na primeira etapa o calcário deverá ser incorporado ao solo, mas apenas a grade é suficiente. A aplicação da segunda etapa de calcário (segunda metade) deverá ser realizada com antecedência mínima de três meses ao plantio das forrageiras, pois este é o tempo necessário para que o calcário reaja com o solo alterando seu pH.

#### **5.2.3.8.2.2. Adubação**

A segunda etapa é a adubação (fertilização) a qual pode ser feita, em princípio, de três maneiras: adição de adubos químicos, orgânicos ou adubação verde. Adubação química refere-se à utilização de adubos NPK (nitrogênio – fósforo – potássio) e micro nutrientes na forma granulada. A adubação orgânica do solo, por sua vez, diz respeito à aplicação e incorporação de compostos de resíduos sólidos, serapilheira, resíduos de agroindústrias, cama de aviário, lodos de estações de tratamento (com ressalvas), esterco curtido, biofertilizantes enriquecidos, vermicomposto, etc. Por fim, a adubação verde consiste em adubar o solo valendo-se do plantio de espécies tolerantes a condições adversas capazes de recuperar propriedades perdidas.

Na Mina Santana Céu Aberto opta-se pela ação conjugada das três práticas de adubação: aplicação de fertilizante químico, fonte de matéria orgânica e uso de espécies vegetais regeneradoras do solo. Tal combinação visa não só fornecer nutrientes ao solo, mas também evitar que sejam perdidos por lixiviação.

Considerando-se que todas as áreas deverão receber cobertura vegetal imediata após as etapas de calagem e adubação para evitar-se o início de processos erosivos, e que a cobertura mais eficiente para tanto compreende um mix de gramíneas e leguminosas, a recomendação de adubação tomará as exigências desta condição como parâmetro.

A recomendação de aplicação de nitrogênio é feita com base no teor de matéria orgânica a qual apresenta valores médios, mas como boa parte da matéria orgânica será oxidada e perdida durante o manejo do solo, este projeto considera teores baixos (e não médios) da mesma para fins de cálculo de adubação.

**Fica recomendada a aplicação de 20 kg de nitrogênio por hectare caso as sementes de leguminosas adquiridas sejam inoculadas. Se não forem, aplicar 150 kg de nitrogênio por hectare divididos em 3 etapas sendo a primeira em linha no plantio e as demais a lanço com espaçamento de 2 meses entre aplicações.** A aplicação imediata de toda a dosagem recomendada poderá levar a perdas de N por lixiviação e percolação uma vez que a vegetação não terá condições de absorver todo este nutriente em um curto espaço de tempo. Caso ocorra algum problema e não haja plantio de leguminosas no mix de sementes, a aplicação deverá considerar 90 kg de nitrogênio por hectare.

Nas amostras examinadas o teor de P foi classificado como “muito baixo” o que aumenta a probabilidade de ocorrência de limitações no desenvolvimento da vegetação especialmente das leguminosas. Em áreas degradadas pela mineração de carvão o P existente encontra-se predominantemente na forma de fosfatos de Fe e Al, metais estes que aparecem em elevada concentração na área em estudo, o que dificulta a assimilação do P pelas plantas (PUGH *et al.*, 1981).

**Fica recomendada a aplicação de 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectare divididos em 3 etapas sendo a primeira em linha no plantio e as demais a lanço com espaçamento de 2 meses entre aplicações.**

**Com respeito ao potássio, fica recomendada a aplicação de 90 kg de K<sub>2</sub>O por hectare também divididos em 3 etapas sendo a primeira em linha no plantio e as demais a lanço com espaçamento de 2 meses entre aplicações.**

Cabe ressaltar que além da reestruturação das características químicas (adubação e calagem), também as condições biológicas são importantes, e isso se dá a partir de

incorporação de substratos orgânicos como lodo de estação de tratamento, serrapilheira, turfa e outros adubos orgânicos disponíveis na região.

**Recomenda-se a incorporação de 10.000 kg de composto orgânico por hectare juntamente com a primeira aplicação de calcário anterior à passagem de arado e grade (exemplo: lodo de estação de tratamento de efluentes domésticos ou cama de aviário compostada).** Isto garantirá a incorporação do material ao perfil do solo e menores perdas por lixiviação ou oxidação. Para fins de cálculo não foram considerados os nutrientes disponibilizados pela adubação orgânica uma vez que tardarão em entrar no sistema, já que este material deverá ser primeiramente mineralizado o que não ocorrerá em um primeiro momento por impactos à atividade microbiana decorrentes da própria movimentação do solo. É importante frisar que o material orgânico deverá estar compostado. A aplicação de material não compostado fará com que os nutrientes aplicados ao solo com uso previsto pela vegetação venham a ser temporariamente indisponibilizados pela população microbiana durante a degradação da matéria orgânica. Ainda, haverá redução do pH do solo o que não deveria ocorrer.

Cabe lembrar que as ações previstas neste EIA terão por objetivo levar o solo construído de uma condição degradada a não degradada, respeitando as condições “originais” (nativas) do mesmo. O monitoramento do solo, previsto no Plano de Monitoramento, indicará se adubações futuras se farão ou não necessárias sempre tendo em mente que a qualidade do solo da região é baixa.

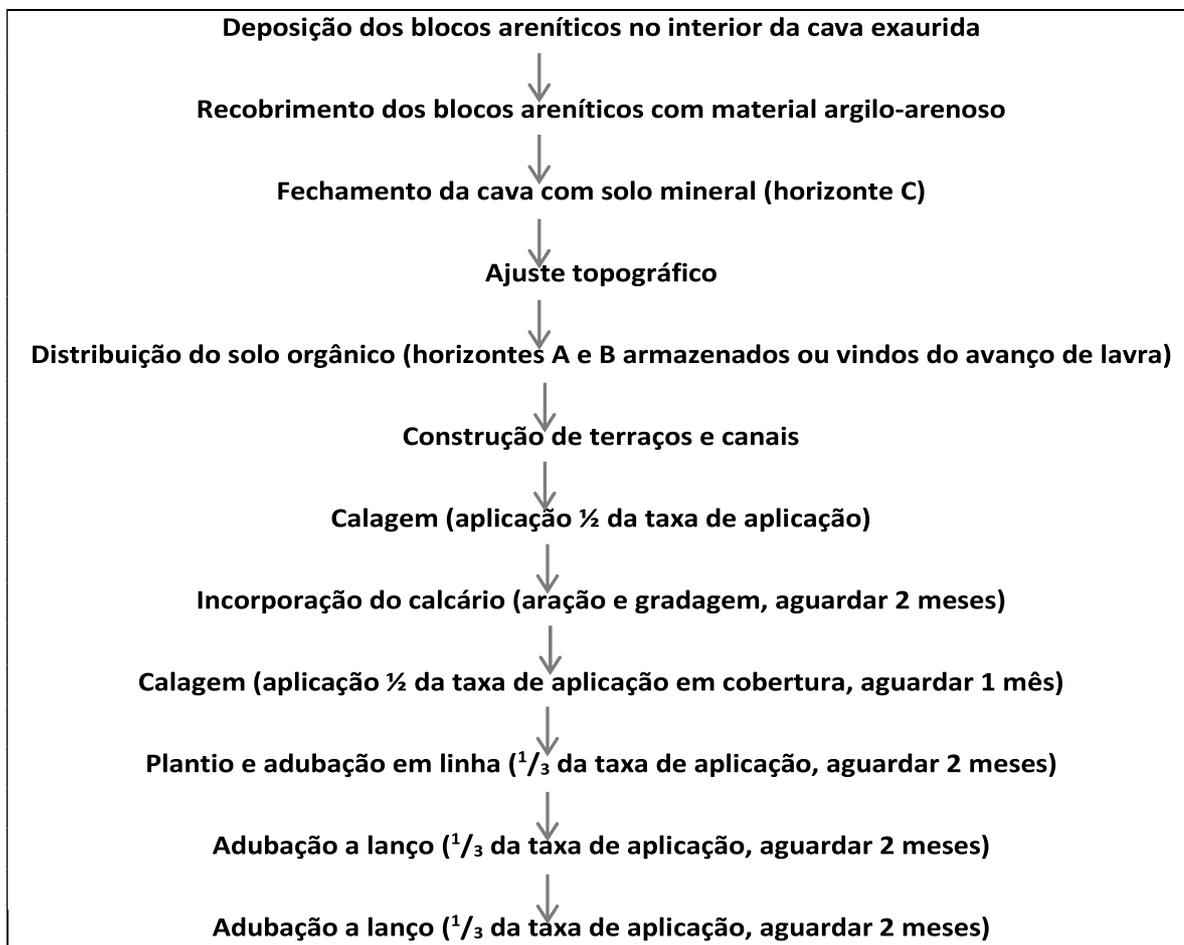


Figura 55: Etapas de formação do solo construído

### 5.3. Introdução da Cobertura Vegetal

A revegetação ou cobertura vegetal dos solos expostos pela construção rodoviária é o processo natural para se atingir os efeitos desejados na reabilitação ambiental destas áreas afetadas, especialmente, quando a estrutura fértil do solo é quebrada pelas atividades da construção, tornando-se cada vez mais infértil, à medida que se aprofundam as caixas de empréstimo e os taludes dos cortes ou jazidas concentradas de solos, onde os mesmos são bastante ácidos e tóxicos pela presença do alumínio, ferro e outros metais.

O sistema radicular da revegetação (herbácea, arbustiva e arbórea) quebra a estrutura compacta e densa do solo, funcionando como mecanismos que regeneram a vida no solo estéril, especialmente, pelo constante estado de renovação das raízes, onde a morte de algumas induz a germinação de outras, promovendo a adubação da estrutura do solo. Este ciclo de substituição incorpora ao solo boa quantidade de nutrientes que alimentam as raízes

novas, promovendo a fertilidade do solo. As leguminosas têm por finalidade sustentar estas últimas nas necessidades de nitrogênio através de fixação simbiótica.

Neste capítulo, refere-se as principais medidas para o restabelecimento vegetal, após o preparo das superfícies degradadas antes, durante e depois da retirada/deposição de material (substrato terroso). Serão realizados monitoramentos “in loco” na área em recuperação, visando a estabilidade do solo e taludes; controle de erosão; aspectos paisagísticos e estéticos e similaridade com o relevo original.

Na reabilitação de áreas degradadas, geralmente observa-se que estas áreas não possuem solo ideal para o crescimento das plantas, por serem desprovidos de nutrientes adequados, em função da degradação antrópica anterior ao projeto. Neste caso, análises físico-químicas irão fornecer dados sobre a necessidade ou não de correção, sendo dada preferência para a adubação orgânica, quando da necessidade de fertilização do solo.

A análise química do solo será realizada 60 dias que antecede o plantio das espécies escolhidas.

### **5.3.1. Escolha da Espécie a Ser Implantada**

São citados a seguir alguns fatores intervenientes considerados como determinantes na coleção de espécies vegetais:

- Longevidade: A longevidade depende do objetivo temporário ou definitivo da revegetação, podendo-se selecionar as espécies vegetais anuais, bianuais, perenes, de ciclo de vida curto ou longo.
- Produção de biomassa: Este fator dependerá do nível de matéria orgânica desejado no solo, o nível de recobrimento e a profundidade necessária das raízes para a estabilidade das encostas e taludes.
- Efeitos paisagísticos: Este fator retrata a necessidade de se obter alto índice de crescimento das espécies vegetais, em especial na criação de tufo de vegetação e vegetação rasteira.
- Fixação de Nitrogênio no solo: É o fator necessário para os solos estéreis que necessitam de melhoria dos níveis de nitrogênio, o qual é obtido no desenvolvimento das leguminosas.
- Palatabilidade da fauna: Como suprimento alimentar da fauna podem ser selecionadas espécies vegetais que fornecem frutos, grãos e pastagem.

- Dormência das sementes: Buscando-se épocas diferentes para a germinação, em particular, a competitividade inicial entre plantas. Podem ser selecionadas sementes com dormência, vigor, resistência a pragas e doenças

Em áreas decorrentes a frente de lavras após a extração, a empresa optou para cobertura vegetal, espécies de *Eucalyptus grandis*. Em áreas de taludes, serão utilizadas hidrossemeadura de *Brachiaria brizantha vr marandu*.

As espécies de eucalipto destacam-se como grande alternativa para a produção de madeira nos próximos anos e a indústria madeireira prepara-se, gradativamente, para sua utilização, contando com sua disponibilidade para os futuros suprimentos de matéria-prima. A representatividade do setor florestal catarinense, no valor bruto da produção agrícola e na pauta de exportações, é bastante expressiva. Outro fator a ser colocado, são as características topográficas acidentadas na região de Urussanga, especificamente na localidade de Santana.

A utilização de madeira de eucalipto, a princípio para fins energéticos (lenha e carvão) e como madeira roliça, tem aumentado rapidamente na indústria de celulose e papel, de placas, aglomerados e, mais recentemente, para serraria, na construção civil e fabricação de móveis.

O *Eucalyptus grandis* é uma árvore em geral de 42 a 54 m de altura e tronco com 1,20 a 1,80 m, em seu país de origem, Austrália, da mesma forma que o eucalipto saligna, desenvolvendo-se bem em planícies, encostas baixas e margem da floresta pluvial; é exigente de solos bons, úmidos e possui fuste direito até dois terços da altura total. Possui madeira rosa-forte ou vermelha pardacenta clara, sendo moderadamente dura, e entre as congêneres, uma das mais leves, macias e friáveis, embora bastante durável e com aplicação nas construções civis e em geral na caixotaria (caixas de frutas), neste caso quando extraídas de árvores novas.

É relativamente resistente à geada, possuindo o melhor crescimento em solo úmido e fértil, profundo e bem drenado, de preferência em região onde a umidade atmosférica é constantemente elevada. Este tipo de eucalipto suporta solo pesado ocasionalmente alagado e invasão por submata de floresta pluvial.

### **5.3.2. Cultivo e Manejo de *Eucalyptus Grandis***

#### **5.3.2.1. Épocas para o Plantio do Eucalipto**

Preferencialmente entre o final de agosto e dezembro terão crescimento mais rápido, importante para evitar o ataque de formigas; o plantio nos meses de calor mais intenso requer cuidados, pois os riscos de mortalidade das mudas por secamento serão maiores.

### **5.3.2.2. Combate Preventivo a Formiga**

Localizar os formigueiros ou carreiros. Nos formigueiros de “monte” encontrados, aplicar, direto no ninho, inseticida, gasolina ou óleo diesel. Aplicar o ‘produto’ e recobrir com enxada. Se for utilizada isca formicida, aplicar ao lado da entrada ou do carreiro.

### **5.3.2.3. Cuidados na Obtenção das Mudas**

O sucesso da atividade florestal para produção de madeira depende muito da qualidade da semente e da muda; portanto, a obtenção das mudas deve ser cuidadosa e feita com antecedência.

- Procurar viveiros florestais legalmente estabelecidos e produtores de mudas de qualidade, que forneçam toda a documentação exigida, incluindo-se o certificado de origem da semente.
- Assim mesmo são recomendados alguns cuidados, tais como: – tamanho da muda: 15 a 25cm de altura e com espessura de caule correspondente (15 a 25mm).
- Estado nutricional equilibrado, pois mudas muito viçosas podem ocasionar problemas de pegamento e mudas mal nutridas (amareladas ou arroxeadas) podem comprometer o desenvolvimento.
- Adaptação ao sol: é importante que a muda tenha sido “endurecida” ou aclimatada ao sol (teste: na bandeja ou caixa, passar a mão horizontalmente, forçando as mudas a se acamarem; as mudas devem voltar rapidamente à posição vertical).

### **5.3.2.4. Densidade de Plantio e Espaçamento**

O espaçamento será de 2,0m entre plantas e 2,0 entre linhas para obter o número de 2.500 plantas por hectare.

### **5.3.2.5. Sulcagem na Linha de Plantio**

A sulcagem das linhas de plantio é feita com equipamento especial que sulca e nivela a linha em uma só operação. Pode ser feita com subsolador comum de um dente e uma gradagem para nivelar ou assentar os torrões levantados na linha de sulcagem. Essa operação promove melhor enraizamento e crescimento inicial mais rápido.

#### 5.3.2.6. Adubação

A adubação adequada deverá ser baseada na análise de solo. Em regra geral nas áreas fracas ou erodidas, usar de 120 a 150g/cova de adubo químico da fórmula 05-20-10 ou similar. A aplicação de adubos para o plantio, será ao fundo da cova, a adubação poderá ser realizada antes da operação de plantio ou durante a mesma.

#### 5.3.2.7. Plantio

As mudas produzidas em tubetes facilitam todas as operações relacionadas ao plantio. Abrir uma coveta no local já demarcado utilizando chuço (figura 1) (vara de 3cm de diâmetro e 1,2 a 1,5m de comprimento, com uma das pontas afinadas conicamente).

Cuidados:

- O torrão deve estar úmido; regar se for necessário.
- Pressionar levemente o tubete para soltar o torrão.
- Extrair suavemente o torrão puxando a muda.



Figura 56: Modelo de Chuço utilizado para abertura das covas no momento do plantio de Eucalipto.

#### 5.3.2.8. Replantio

Vistoriar a área cerca de 60 dias após o plantio e marcar com estacas os locais a serem replantados. Proceder ao replantio assim que as condições forem favoráveis.

### **5.3.2.9. Controle das Plantas Daninhas**

O coroamento das mudas deve ser mantido até que as próprias plantas controlem as plantas indesejáveis por sombreamento. Este período será menor para espécies com crescimento mais rápido, como os eucaliptos. A vegetação entre as plantas do cultivo deve ser controlada por roçadas, mantendo sua altura sempre inferior à altura das plantas cultivadas.

### **5.3.2.10. Adubação de Cobertura**

A aplicação de nitrogênio (uréia) em cobertura no cultivo do eucalipto em geral é indispensável, sobretudo em solos de baixa fertilidade. A aplicação deve ser feita entre 60 e 90 dias após o plantio, simultaneamente com um dos coroamentos (capina), aplicando o adubo na área correspondente ao terço externo da projeção da copa. Aplicar 100 a 120g de uréia por planta.

### **5.3.3. Semeadura de Vegetação Herbácea**

A redução da cobertura vegetal resulta em erosão do solo. Por esse processo, ocorre a mobilização e transporte de partículas do solo, causando principalmente perdas das frações de partículas finas e menos densas, incluindo partículas de húmus e argila, ambas importantes transportadoras de nutrientes do solo e agentes estabilizadores para propriedades físicas dos solos. A maior exposição do solo a erosão facilita o arrasto de sedimentos até atingirem os corpos d'água através de canais laterais, afetando a qualidade dos recursos hídricos; os solos são contaminados; parte ou total da flora e fauna se perde; e o ar fica poluído. Por estas razões, a cobertura vegetal tem um papel fundamental e é considerado como um indicador desejável da qualidade ambiental.

As soluções de revegetação têm sido predominantemente adotadas em minas médias e grandes, situadas em zonas urbanas no país. Porém, a recuperação de áreas degradadas no âmbito urbano tende a exigir, deste o seu planejamento, soluções sintonizadas com a destinação futura do local e compatível com as demandas de uso do solo das cidades.

O objetivo da revegetação varia desde o simples controle da erosão até a restauração das comunidades nativas. As abordagens e protocolos utilizados, portanto, são específicos para cada região, local e uso da terra. O mais comum é que a revegetação vise o desenvolvimento de uma comunidade de plantas que se mantenha indefinidamente sem atenção ou ajuda artificial e favoreça a fauna nativa. Os melhores resultados da revegetação ocorre quando variáveis ecológicas, tais como: capacidade de estabilizar o solo; a matéria orgânica do solo: os nutrientes disponíveis no solo: e a capacidade de explorar água e nutrientes do subsolo

são consideradas ao selecionar as espécies vegetais. Nas fases iniciais de revegetação, são recomendadas gramíneas de crescimento rápido com ciclo de vida curto, leguminosas e forrageiras, além de buscar melhorar a nutrição e o índice de matéria orgânica no solo. A plantação de espécies mistas de importância econômica devem ser feitas após 2-3 anos de gramíneas (poaceas) em crescimento.

Em locais da lavra de mineração que necessitam a construção de diques de contenção, bermas e taludes, serão introduzidas vegetação herbáceas das famílias das poaceas, *Brachiaria brizantha* vr *Marandu*. Recomenda-se em áreas de drenagens superficiais, o plantio em leivas de grama-sempre-verde (*Axonopus compressus*).

#### **5.3.4. Cultivo e Manejo**

##### **5.3.4.1. Problema do Solo**

Ao término das atividades de mineração, a cobertura do solo que receberá a vegetação herbácea, será utilizado plantio direto sem remoção do solo. Motiva-se esse método pelo dificultamento de manejo de máquinas agrícolas nessas áreas de declive.

##### **5.3.4.2. Correção e Adubação do Solo**

Para maior sucesso na reposição da vegetação herbácea, a análise de solo será de suma importância para obter melhores resultados. A análise do solo, funciona como a principal ferramenta, para indicar quanto o solo pode fornecer um determinado nutriente. Esse trabalho é realizado por meio de coleta de amostras de terra, que representarão as respectivas áreas. Portanto, é indispensável que a amostragem seja feita com muito critério.

Os solos brasileiros são caracterizados pelo alto intemperismo, baixo pH (solos ácidos) e altos teores de alumínio e manganês, que podem ser tóxicos as plantas. Solos ácidos não permitem que boa parte dos nutrientes estejam disponíveis para as plantas, o que resulta em baixo potencial de crescimento da vegetação herbácea.

Para correção do solo, a empresa optou em utilizar calcário de conchas marinha, por possuir menor tempo de reação ao solo e utilizar menor quantidade comparando ao calcário dolomítico convencional. A quantidade será baseada no laudo resultante do solo, embora podemos utilizar a quantidade sugerida de 350 Kg por ha.

A adubação de plantio sugerida será de cama de aviário na quantidade sugerida de 8m<sup>3</sup> por ha. A adubação será realizada após a aplicação do calcário, a lançar no momento que antecede a semeadura. A adição de matéria orgânica neste projeto terá como objetivo melhorar as características físicas, químicas e biológicas do substrato. Este material terá

papel fundamental no processo inicial de revegetação da área a ser recuperada, reduzindo assim, o risco de erosão após a disposição do substrato que irá formar o solo.

Outra fonte de adubo é a cinza da casca de arroz. O material citado, é um resíduo agroindustrial liberado da queima da casca do arroz, sendo formado em sua composição de 89% de Sílica – SiO<sub>2</sub> (Neto, 2007). Segundo o autor citado, o Silício (Si), não é considerado um elemento essencial para o crescimento da planta, embora algumas Poaceas e não Poaceas, apresentam aumento na produtividade, com aumento da disponibilidade de Si ao solo. A recomendação para a quantidade de cinza de casca de arroz a ser aplicada é em torno de 6 toneladas por hectare. Outrossim, uma consideração importante é o custo financeiro, e principalmente o aproveitamento do material, que é descartado nas agroindústrias.

#### **5.3.4.3. Semeadura**

A semeadura da *Brachiaria brizantha* serão realizadas em épocas chuvosas, nos meses de setembro. A quantidade será de 60kg/ha, espalhadas ao solo a lanço. A escolha dessa espécie é devido ser uma planta perene que sobrevivem anualmente ao solo, rústica e de fácil adaptação ao clima.

#### **5.3.4.4. Adubação e Cobertura**

A adubação de cobertura (uréia 45% N), será realizada 90 dias após a semeadura, geralmente, quando em torno de 70% da área já estiver com as sementes germinadas, sendo realizada a lanço e de maneira uniforme em toda a área. A época para aplicação da Uréia, necessita-se de umidade no solo para evitar perdas do N por volatilização. A quantidade sugerida será de 100kg/ha.

#### **5.3.5. Plantio em Leivas *Axonopus compressus* – Grama-sempre-verde**

O plantio em leivas de grama-sempre-verde, tem a finalidade de revestir às margens dos canais de drenagens artificiais. Atenção primordial deve ser dada ao preparo do solo, quanto à limpeza de torrões de argilas e pedras existentes e/ao nivelamento ou modelagem do terreno, pois estas duas atividades iniciais são responsáveis pelo bom aspecto do tapete verde almejado.

O plantio de leivas de gramas, não exige uma atenção na aplicação de adubação e correção ao plantio. Geralmente as leivas de grama, vem adicionadas com uma camada de solo orgânico de 15cm, ideal para o transplatio nas margens dos canais de drenagens. As leivas

de gramas podem ser retiradas em áreas de empréstimo de argilas, ou adquiridas por jardinagens da região.

Recomenda-se que as leivas extraídas sejam imediatamente transplantadas, preferencialmente em dias úmidos. Em caso de seca prolongada, recomenda-se irrigação preliminar abundante por aspersão sobre a superfície das leivas, de no máximo 12 horas de antecedência da retirada das leivas. Em áreas de alto declive, recomenda-se aplicar estacas de 50cm de altura com 5 cm de largura para fixação das leivas ao solo. No momento do enraizamento das leivas de grama, podem ser retiradas as estacas.

#### **5.4. Incrementação de Espécies Arbóreas nas Áreas de Preservação Permanente**

##### **5.4.1. Considerações Iniciais**

Segundo a lei 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como novo "Código Florestal", estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e prevenção dos incêndios florestais, e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. Seu texto original foi modificado em alguns pontos pela Lei 12.727 de 17 de outubro de 2012. Algumas regulamentações foram dadas pelo Decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012.

Sua aplicação se insere no arcabouço jurídico e instrumentos legais que orientam e disciplinam o uso da terra e a conservação dos recursos naturais no Brasil, como, por exemplo, da Lei 6.938 de 31/08/1981 que trata da Política Nacional do Meio Ambiente; da Lei 9.605 de 12/02/1998, também conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, e do Decreto 6.514 de 22/07/2008 que a regulamenta; das Leis 9.985 de 18/07/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e da Lei 11.428 de 22/12/2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, além de outras.

A aplicação de estratégias para a restauração florestal visa restabelecer os processos e a estrutura do ecossistema original, garantindo incrementos em biodiversidade nos ecossistemas degradados (Kageyama & Gandara, 2005). Atualmente, diversas técnicas de restauração têm sido propostas visando maximizar os benefícios e acelerar o processo como, por exemplo, o plantio de mudas, o plantio de materiais vegetativos (estacas) diretamente no campo, a semeadura direta, a chuva de sementes, a colocação de poleiros artificiais, entre outros, e alguns estudos que visam avaliar técnicas ou métodos têm sido realizados (p. ex., Araujo et al., 2004; Reis et al., 2007; Rodrigues et al., 2007). A técnica adequada a cada

área depende dos níveis de degradação e fonte de propágulos, sendo necessário o acompanhamento e a avaliação dos resultados da implantação das medidas de recuperação. No entanto, o monitoramento raramente é implementado de modo sistemático em razão da dificuldade de se estabelecerem parâmetros ou critérios para avaliação do desempenho da restauração (Almeida & Sánchez, 2005), sendo poucas as avaliações a médio e longo prazo dessas áreas (p. ex., Valcarcel & D'Altério, 1998; Durigan & Silveira, 1999; Almeida & Sánchez, 2005; Alvarenga et al., 2006; Santos & Valcarcel, 2011), especialmente no estado de Santa Catarina (p. ex., Figueiredo, 2005).

As matas ciliares ou de galeria são de fundamental importância para manutenção dos recursos hídricos, já que possuem funções relacionadas à manutenção do equilíbrio ecológico nas bacias hidrográficas, através da proteção dos cursos d'água contra o assoreamento causado pela erosão laminar ou superficial das encostas, devido ao escoamento das águas pluviais, assim como regulando estes fluxos de águas superficiais e subsuperficiais, que carregam sedimentos, das partes mais altas da bacia para o sistema aquático.

A relação da floresta com os recursos hídricos pode ser compreendida por sua influência no ciclo hidrológico, pois a chuva que cai numa floresta é parte interceptada pelas copas das árvores (ramos e folhas), para ser evaporada depois para a atmosfera. Contudo, a maior parte da precipitação penetra através das copas, atingindo a camada superficial para se infiltrar e abastecer o aquífero. A parcela de chuva que não penetra no solo escoam superficialmente para os canais, com velocidade reduzida devido à presença das raízes e da cobertura morta. A ausência da cobertura vegetal propicia o aumento do escoamento superficial, maior desagregação das partículas do solo e conseqüente acréscimo da erosão. Também ocorre uma redução substancial na taxa de infiltração da água que deveria realimentar o aquífero e promover a regularização da vazão dos cursos d'água (dependendo da pujança do aquífero e de sua relação com as águas superficiais), uma vez que o fluxo subterrâneo é bem mais lento que o superficial.

Neste capítulo do projeto, sintetiza o enriquecimento de árvores nativas as margens da Área de Preservação Permanente no interior da futura extração de carvão a céu aberto.

#### **5.4.2. Legislação Ambiental e Recuperação da Mata Ciliar**

A partir de 1990, em virtude do processo de conscientização da sociedade e da exigência legal com a edição do Novo Código Florestal – Lei 12.651/2012, estabelecendo a zona ciliar como uma área de preservação permanente, estimularam-se as iniciativas de recuperação e restauração de matas ciliares. Conforme o artigo 2º desta lei, a Área de Preservação Permanente

(APP) caracteriza-se como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas e sua preservação está relacionada com qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular (Tabela 17), em larguras variadas; e em 1991, com a criação da Lei 8.171/1991 ou Lei da Política Agrícola, foi estabelecida então, a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP), em um período de 30 anos para recuperar a vegetação nativa onde foram eliminadas (BRASIL, 2011).

Tabela 17: Largura da faixa de vegetação ciliar segundo lei 12.651/2012

| LARGURA MINIMA DA FAIXA  | SITUAÇÃO   |
|--|--|
| 30m em cada margem   | Cursos d'água com até 10m de largura   |
| 50m em cada margem   | Cursos d'água de 10 a 50m de largura   |
| 100m em cada margem  | Cursos d'água de 50 a 200m de largura  |
| 200m em cada margem  | Cursos d'água de 200 a 600m de largura   |
| 500m em cada margem  | Cursos d'água com mais de 600m de largura  |
| 30m ao redor do espelho d'água   | Lagos e lagoas naturais em zona urbana   |
| 50m ao redor do espelho d'água   | Lagos e lagoas naturais em zona rural com até 20 (vinte) hectares de superfície  |
| 100m ao redor do espelho d'água  | Lagos e lagoas naturais em zona rural acima de 20 (vinte) hectares de superfície |
| 100m, redor do espelho d'água  | Represas de hidrelétricas  |
| Áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento |  |
| Raio de 50m  | Nascente (mesmo intermitentes) e olhos d'água                                    |

Fonte: Lei 12.651/2012 (Código Florestal)

#### 5.4.3. Características Gerais

A visita preliminar foi realizada em julho de 2018, com o intuito de reconhecer a área e seu entorno. A área de preservação permanente formada, é resultado do desvio do atual canal de drenagem existente no interior da área onde se pretende lavrar a camada de carvão Barro Branco a céu aberto. A imagem abaixo, retrata o canal de drenagem proposto, formando uma área de preservação permanente.



Figura 57: Localização do futuro canal hídrico (em azul), formando a faixa de APP.

#### 5.4.4. Cultivo e Manejo das Espécies Arbóreas Nativas

##### 5.4.4.1. Espécies a Serem Utilizadas

A sistemática adotada para a escolha das espécies, foram utilizar árvores nativas que compõe a Floresta Ambrófila Densa, da Mata Atlântica local e de rápido crescimento e desenvolvimento vegetativo. As espécies escolhidas são provenientes de viveiros da região.

Tabela 18: Relação de mudas por espécie a serem plantadas

| Nome comum     | Nome científico                 | Grupo sucessional  | Nº de indivíduos |
|----------------|---------------------------------|--------------------|------------------|
| Araçá          | <i>Psidium cantelanium</i>      | Secundária tardia  | 190              |
| Aroeira        | <i>Schinus terebinthifolius</i> | Pioneira           | 200              |
| Bracatinga     | <i>Mimosa scarabela</i>         | Pioneira           | 100              |
| Camboatá       | <i>Cupania vernalis</i>         | Secundária tardia  | 62               |
| Canela-amarela | <i>Nectandra lanceolata</i>     | Clímax             | 60               |
| Canema         | <i>Solanum pseudoquina</i>      | Pioneira           | 50               |
| Canjerana      | <i>Cabralea canjerana</i>       | Clímax             | 100              |
| Capororoca     | <i>Myrsinea coriaceae</i>       | Pioneira           | 40               |
| Caroba         | <i>Jacaranda micranta</i>       | Pioneira           | 30               |
| Cedro          | <i>Cedrela fissilis</i>         | Secundaria tardia  | 50               |
| Chá-de-bugre   | <i>Casearia sylvestris</i>      | Secundária tardia  | 30               |
| Chal-chal      | <i>Allophilus endulis</i>       | Secundária inicial | 40               |
| Cocão          | <i>Erythroxylum deciduum</i>    | Pioneira           | 70               |
| Figueira-miúda | <i>Ficus enormis</i>            | Secundária inicial | 40               |
| Fruta-do-conde | <i>Annona squamosa</i>          | Secundária inicial | 60               |
| Goiabeira      | <i>Psidium guajava</i>          | Secundária tardia  | 60               |

| Nome comum    | Nome científico                 | Grupo sucessional  | Nº de indivíduos |
|---------------|---------------------------------|--------------------|------------------|
| Grandiúva     | <i>Trema micantha</i>           | Pioneira           | 90               |
| Guabiroba     | <i>Campomanesia xanthocarpa</i> | Secundária inicial | 90               |
| Ingá-banana   | <i>Inga vera</i>                | Pioneira           | 190              |
| Ingá-feijão   | <i>Inga marginata</i>           | Pioneira           | 180              |
| Jerivá        | <i>Syagrus romanzoeffiana</i>   | Pioneira           | 100              |
| Paineira-rosa | <i>Chorisia speciosa</i>        | Secundária tardia  | 50               |
| Pal-formiga   | <i>Cecropia glaziovii</i>       | Pioneira           | 100              |
| Pal-jacaré    | <i>Piptadenia gonoacantha</i>   | Pioneira           | 80               |
| Pal-leiteiro  | <i>Sapium glandulatum</i>       | Pioneira           | 50               |
| Palmiteiro    | <i>Eusterpe endulis</i>         | Clímax             | 60               |
| Pitanga       | <i>Eugenia uniflora</i>         | Climax             | 80               |
| Sena          | <i>Senna multijuga</i>          | Pioneira           | 50               |
| Tanheiro      | <i>Alchornea glandulosa</i>     | Secundária inicial | 150              |
| Tarumã        | <i>Vitex montevidensis</i>      | Secundária inicial | 50               |
| <b>Total</b>  |                                 |                    | <b>2.502</b>     |

#### 5.4.4.1.1. Araçá - *Psidium cantelanium*, Família: Myrtaceae

O araçazeiro, cujo fruto é o araçá, é uma árvore de copa esparsa, muitas vezes com porte arbustivo, alcançando de 1 a 9 metros de altura. Ocorre naturalmente da Bahia ao Rio Grande do Sul, na Mata Atlântica. Seu tronco é tortuoso e apresenta casca lisa, escamosa, na cor cinza a marrom avermelhada, com ramos pubescentes quando jovens. As folhas são opostas, coriáceas, glabras, simples, inteiras, com forma elíptica a oblonga, e 5 a 10 cm de comprimento. As flores são solitárias, axilares e brancas, com longos estames. O período de florescimento é longo, estendendo-se de junho a dezembro.

O araçazeiro é uma árvore ideal para pomares domésticos. Também possui o poder de atrair uma infinidade da fauna. Por este entre outros motivos, ele não deve faltar em programas de recuperação de áreas degradadas da mata atlântica.



#### 5.4.4.1.2. Aroeira - *Schinus terebinthifolius*. Família: *Anacardiaceae*

A aroeira é uma árvore de pequeno a médio porte, capaz de alcançar de 5 a 9 metros de altura. Seu caule é um pouco tortuoso e a casca escura e fissurada. As folhas são imparipinadas, com 8 a 12 centímetros de comprimento e 7 a 13 folíolos verdes, elípticos a obovados, com nervuras claras. A aroeira-mansa é dióica, isto é, há árvores fêmeas e árvores machos. As flores são pequenas, branco-esverdeadas, dispostas em inflorescências axilares e terminais do tipo rácemo, e são muito atrativas para abelhas. Os frutos são pequenas drupas, esféricas, rosadas a avermelhadas, que servem como condimento e alimentam as aves silvestres. O florescimento ocorre na primavera e no outono e o pólen abundante pode provocar reações alérgicas e irritações em pessoas sensíveis.

A aroeira é uma árvore bastante interessante para arborização urbana. Seu porte médio e a frutificação ornamental, aliados à rusticidade da planta, fazem com que ela seja uma excelente escolha para o paisagismo, prestando-se como arvoreta e cerca-viva. Ela também é indicada para reflorestamento de áreas degradadas, pois é uma árvore pioneira.



#### 5.4.4.1.3. Bracatinga - *Mimosa scrabela*. Família: *Mimosaceae*

Árvore nativa das regiões mais frias do Sul do Brasil, é uma excelente espécie a ser usada em recuperação de áreas degradadas, pois possui um rápido crescimento. A bracatinga é uma importante forrageira melífera, visto que floresce em períodos de escassez de pólen e atrai cochonilhas que secretam um líquido açucarado, utilizado pelas abelhas para a fabricação do "mel de casca de bracatinga".

Sua madeira tem alto poder calorífico, podendo ser aproveitada como um excelente combustível, potencial que pode ser explorado em reflorestamentos desta espécie. A recomposição das florestas do Sul pode ser acelerada com o uso da bracatinga, diversificando a renda do homem do campo e permitindo outras formas de uso renovável das matas nativas.



#### 5.4.4.1.4. Camboatá - *Cupania vernalis*. Família: Sapindaceae

Árvore com até 9 m de altura, perenifólia, com folhas alternas, compostas, pinadas, com até 18 folíolos. Os frutos são do tipo seco e deiscente. Ocorre em diferentes extratos da floresta, comportando-se às vezes como uma espécie esciófita. Ocorre na Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual.

As folhas são utilizadas na medicina popular para o tratamento da hipertensão. A madeira, de cor vermelha, é utilizada em construções internas, confecção de varas leves e marcenaria, adquirindo facilmente o polimento, no entanto, a madeira resiste pouco tempo. É uma espécie recomendada para arborização urbana e reflorestamentos de reservatórios e matas ciliares. As sementes são utilizadas em artesanatos em algumas comunidades indígenas.



#### 5.4.4.1.5. Canela-amarela - *Nectandra lanceolata*. Família: Lauraceae

Árvore perenifólia, heliófita, espécie secundária tardia ou clímax tolerante a sombra. Sua altura atinge 20 metros e seu diâmetro 60 cm. Folhas simples alternas. Sua lâmina foliar mede até 20 cm de comprimento, e 8 cm de largura, obovada e oblonga. Ocorrência Floresta

Estacional Decidual e Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, e outras Formações Florestais, de Rondônia ao Rio Grande do Sul.



#### 5.4.4.1.6. Canema - *Solanum pseudoquina*. Família: Solanaceae

Alcança uma altura entre 4 e 7 metros. Seu tronco é reto e tem formato aproximadamente cilíndrico, casca fina e textura lisa. As folhas são simples, sem pêlos, de bordas lisas e a mesma coloração em ambas as faces. Suas flores são brancas e perfumadas e seus frutos são arredondados e amarelados quando maduros, muito procurados por pássaros e outros animais silvestres. É uma árvore de rápido crescimento e por isso recomendada para restauração de áreas degradadas. Sua madeira é empregada na confecção de caixotaria, lápis, palitos, além do uso como lenha de qualidade inferior. Sua casca possui uso medicinal com propriedades febrífugas.



#### 5.4.4.1.7. Canjerana - *Cabralea Canjerana*. Família: Meliaceae

A canjerana, também conhecida como canjarana, ocorre desde Minas Gerais e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul. Apresenta ampla dispersão em Santa Catarina, sendo bastante comum em todas as formações florestais do estado. Ocorre naturalmente em vários

tipos de solos, de férteis aos de baixa fertilidade, principalmente os situados no alto dos morros, porém prefere solos úmidos e profundos, em terrenos planos ou suavemente ondulados, onde a drenagem é lenta.

Sua árvore é de grande porte, podendo atingir até 18 metros de altura e 100 cm de diâmetro. Sua casca é de cor cinzenta escura, resinosa, com até 2 cm de espessura; levemente fendilhada e um pouco fibrosa.

A espécie é indicada para recuperação de matas ciliares por suportar bem áreas sujeitas à inundação temporária.



#### 5.4.4.1.8. Capororoca - *Myrsine coriacea*. Família: Primulacaceae

Planta que ocorre preferencialmente em encostas e beira de córregos. Sua altura varia de 6 a 20 metros, seu tronco é canelado, de casca externa acinzentada, com pequenas escamas. Ela é certamente umas das frutíferas nativas mais importantes, pois é consumida por galhas, sabiás, jacus, bugios e cerca de 30 outras espécies de pássaros. Como espécie indiferente ao tipo de solo, costuma formar caules subterrâneos horizontais em dunas arenosas. É uma importante pioneira, formadora de florestas diretamente sobre o campo, que merece mais atenção quanto às suas propriedades.

Participa da alimentação de muitas aves regionais e/ou migratória, e apresenta potencial para uso em projetos de recuperação de áreas degradadas.



#### 5.4.4.1.9. Caroba - *Jacarandá micantha*. Família: **Bignoniaceae**

Árvore que podem chegar de 10 a 25 metros de altura. Suas folhas são compostas, opostas, bipinadas, imparipinadas, medem de 50 a 80 cm de comprimento, possuem 4 a 10 pares de pinas de 20 a 30 cm de comprimento e até 21 folíolulos. Os folíolulos são membranáceos, glabros, elípticos a oblongo-elípticos, com base assimétrica, ápice agudo a acuminado e medem de 0,7 a 2,5 cm de largura por 4 a 7 cm de comprimento.

Planta decídua durante o inverno, heliófita, característica de matas secundárias. Seu tronco é revestido por casca acinzentada com ritidoma fissurado longitudinalmente e escamante por placas finas. Prefere solos úmidos, férteis e profundos da mata latifoliada da bacia do Alto Uruguai e mais raramente na floresta semidecídua da bacia do Paraná e mata pluvial atlântica. É planta em geral pouco frequente, podendo ocorrer também no interior da mata primária densa.



**5.4.4.1.10. Cedro - *Cedrela fissilis*. Família: Meliaceae**

O Cedro é uma árvore que atinge 35 metros de altura, com tronco cilíndrico, longo, de casca acinzentada com longas fissuras longitudinais muito características. A copa tipicamente arredondada com folhagem abundante e densa na primavera, verão e até início do outono. Floresce durante os meses de setembro a dezembro, amadurecendo os frutos depois das quedas das folhas.

*Cedrela fissilis* é também uma espécie importante para recuperação florestal de áreas degradadas e de matas ciliares, onde não ocorrem inundações. Esta essência também é promissora para a recuperação de solos contaminados por metais pesados.



**5.4.4.1.11. Chá-de-bugre - *Casearia sylvestris*. Família: Salicaceae**

Planta lenhosa, arbustiva, com folhas inteiras, de disposição alternadas, em geral dística, com estípulas caducas encontrada especialmente nas regiões tropicais da América do Sul.

Produz flores pequenas, de coloração creme-esbranquiçada, cujo aroma reflete um cheiro forte, como se fora uma mistura de mel e ácido úrico. As flores apresentam-se num formato de cachos, as quais surgem nos galhos e nas porções axilares das folhas. Após a floração, que pode ocorrer já no segundo ano, aparecem seus pequenos frutos verdes, redondos, de 3-4 mm em diâmetro, que ao amadurecerem se tornam vermelho-alaranjados, deiscentes, que se abrem e mostram três sementes de coloração marrom. O chá-de-bugre é uma planta rústica e produtora de grande quantidade de sementes, sendo bastante comum em beira de estradas e ao longo de cercas de arame farpado.



**5.4.4.1.12. Chal-chal - *Allophilus endulis*. Família: Sapindaceae**

Espécie colonizadora de áreas abertas. No entanto, pode ser encontrada no interior de matas primárias mais preservadas, em capoeiras, capoeirões e em beiras de rio. Tem preferência por solos úmidos e tolera bem o calor e o frio. Ocorre na maioria das formações florestais brasileiras, desde a floresta Amazônica até a Mata Atlântica, bem como em outras formações da América do Sul.

Pode ser encontrado como árvore ou arbusto, geralmente tendo entre 6 e 10 metros de altura e até 45cm de diâmetro. É uma espécie de uso ornamental e paisagístico e sua madeira tem valor econômico secundário, sendo utilizada para lenha e também para confecção de cabos de ferramentas. Apresenta tronco ereto, descamante em placas, casca fina de coloração pardo-escura e ramos acinzentados com lenticelas. A copa fechada tem formato piramidal.



**5.4.4.1.13. Cocão - *Erythroxylum deciduum*. Família: Erythroxylaceae**

Árvore que mede aproximadamente 4 a 8 metros de altura. Seu habitat é diversificado podendo ser encontrado em beira de matas, beira de rios, regiões alagadiças, em campos e em encostas de morros. As folhas são simples, alternadas e com bordos inteiros. As flores são amareladas e os frutos tipo drupa (carnosos com uma única semente) que, quando maduros, são vermelhos. O florescimento começa no mês de agosto e os frutos amadurecem de outubro a janeiro.



**5.4.4.1.14. Figueira-miúda - *Ficus enormis*. Família: Moraceae**

Árvores que podem chegar até 15 metros de altura, e suas espécies ocorrem desde o Amazonas até Rio Grande do Sul. As folhas são grandes de formato obovado. Seus figos são globosos, diâmetro 7-14mm, aglomerados no ápice de ramos. Os figos imaturos possuem a coloração verde-clara com máculas brancas e os maduros bruno-avermelhados com manchas vermelhas, e mais tarde, bruno-violáceos.



**5.4.4.1.15. Fruta-do-conde - *Annona squamosa*. Família: Annonaceae**

As árvores da família Annonaceae são conhecidas pela produção de seus frutos exóticos. São árvores de médio e pequeno porte, alcançando até 10 metros de altura e 40 cm de diâmetro de tronco, de acordo com a espécie. As folhas são lisas, alternas, ovaladas a lanceoladas, cerosas, com margens lisas e nervuras bem marcadas. As flores são discretas, com seis pétalas livres entre si, de coloração creme ou verde ferrugínea.

Os frutos tem um aspecto rústico, com formato de pinha, e apresentam tamanhos variados, desde pequenos com 250 gramas de peso como a fruta-do-conde (*Annona squamosa*). A casca dos frutos é áspera e esverdeada e a polpa é geralmente branca e macia. As sementes são em geral numerosas, brilhantes e castanhas, com cerca de 1,5 cm de comprimento.



**5.4.4.1.16. Goiabeira - *Psidium guajava*. Família: Myrtaceae**

Árvore de pequeno porte, tipicamente tropical. A goiabeira apresenta tronco tortuoso, com casca lisa, que quando envelhece se desprende em finas lâminas de cor castanha. Suas folhas são elípticas, de coloração verde clara, pilosas quando jovens e com nervuras bem marcadas. As flores são axilares, hermafroditas, de coloração branca, com longos e numerosos estames. A floração ocorre na primavera, apenas nos ramos produzidos durante o ano corrente.

As goiabas são frutos do tipo baga, ovóides, de casca fina, lisa e verde, que torna-se amarela quando bem amadurecida. A polpa é delicada, doce e perfumada, e pode ser vermelha ou branca, de acordo com variedade. Suas sementes são pequenas, duras, de cor amarelo claro, em formato de rim. A frutificação da goiabeira se estende desde o verão até o outono, mas pode ser conduzida através de podas para que dure o ano todo. Muito usado na recuperação de áreas degradadas, por serem ótimo atrativo para a fauna local.



**5.4.4.1.17. Grandiúva - *Trema micantha*. Família: Cannabaceae**

Árvore de pequeno porte, 2 a 5 metros de altura. Pioneira e rústica, de madeira fraca. Folhas simples, ásperas, de nervuras marcadas, 12 cm. Flores em cacho, pequenas, claras. Frutos em cachos agarrados aos galhos, pequenos, 0,3 cm, vermelhos quando maduros. Uma única semente, com fina polpa externa adocicada. Muito atrativa a fauna, especialmente pássaros. Pioneira e rústica, ocupa espaços em áreas degradadas. Floresce e frutifica em várias épocas, mas especialmente no início do ano.



**5.4.4.1.18. Guabiroba - *Campomanesia xanthocarpa*. Família: Myrtaceae**

A guabirobeira é um arbusto lenhoso, ornamental e frutífero nativo de áreas de cerrado da América do Sul. Seu tronco é curto, tortuoso, com copa bastante ramificada e ramos cilíndricos e pubescentes. As folhas são opostas, lanceoladas a obovadas, coriáceas, simples, verdes e pubescentes. A floração ocorre na primavera, despontando flores grandes axilares, hermafroditas, pentâmeras e brancas, com um denso tufo de estames longos no centro. Os

frutos surgem no verão, e são bagas semelhantes a uma pequena goiaba, globosos, verdes a amarelos, com cálice persistente, polpa doce e delicada e casca fina. As sementes são de cor creme, achatadas e com formato de ferradura.

Com a crescente busca por jardins mais sustentáveis e ecológicos, a gabioba vem ganhando lugar de destaque no paisagismo brasileiro, pois além de ser frutífero, ele ainda atrai a fauna silvestre e apresenta uma floração espetacular. O crescimento é moderado e apresenta baixa manutenção, que se restringe a podas de formação, adubações anuais e remoção de ramos secos e mal formados. Seu uso deve ser ampliado para projetos de recuperação ambiental.



#### 5.4.4.1.19. Ingá–banana - *Inga vera*. Família: Mimosaceae

Árvore de 3 a 5 metros nos campos ou quando plantada, atingindo até 8 a 20 metros quando no habitat florestal. As folhas são compostas com 2 a 4 pares de folíolos com raque ou nervura central lisa e com pequenas glândulas interpeciolares (entre os pecíolos). A folha tem textura papirácea (semelhante a papel), é glabra (sem pelos) e tem forma oblonga (mais longa que larga) com base cuneada (forma de cunha) e ápice ou ponta apiculada (com ponta curta). As flores nascem em espiga no ápice dos ramos ou brotações novas e chegam a conter quase uma centena de flores brancas e perfumadas. As flores são protegidas por bráctea (tipo de folha modificada) e são formadas de cálice (invólucro externo) inteiro de forma tubular, com corola (invólucro interno) cônica de 1,5 cm de comprimento de cor amarelada e revestida de pelos muito finos. O fruto é uma vagem levemente curva, inflada, medindo 5 a a 23 cm de comprimento, com casca fina e de cor amarelo claro que é facilmente descascada igual banana, expondo arilo flocoso semelhante a algodão doce, envolvendo sementes verdes.

Planta de fácil cultivo e rápido crescimento, bastante resistente a baixas temperaturas (até – 3 graus). Pode ser cultivada em todo o Brasil, e em qualquer altitude.



**5.4.4.1.20. Ingá-feijão - *Inga marginata*. Família: Mimosaceae**

Árvore de 5 a 15 metros de altura, com tronco geralmente reto e curto. A casca é áspera e de coloração marron-escuro. Suas folhas são compostas, alternas, paripinadas, com 2-3 pares de folíolos glabros, cartáceos, verde-escuros. Apresentam ráquis alada e uma glândula entre cada par de folíolos. O par terminal de folíolos tem de 7-18 cm de comprimento e o par basal de 4-12 cm.

Pioneira a secundária inicial. Heliófila e seletiva higrófila. Relativamente indiferente às condições de fertilidade do solo. Ocorre preferencialmente em capoeiras e capoeirões situados em solos úmidos. É também comum na orla de florestas e margens de rios. Dentro da floresta clímax ocorre apenas de forma esparsa. Por quase todo o território brasileiro, sendo mais comum em florestas ciliares. No Paraná ocorre nas Florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, e Estacional Semidecidual.



**5.4.4.1.21. Jerivá - *Syagrus romanzoffiana*. Família: *Arecaceae***

Árvore pode alcançar de 8 a 15 metros de altura e podendo chegar a 60 cm de diâmetro. Palmeira nativa da mata atlântica brasileira, pode ser plantada separadamente, em grupos ou renques. Ideal para projetos paisagísticos suntuosos e sofisticados, pela imponência da espécie comparada a outras palmeiras. O Jerivá produz inflorescências o ano todo, e costumam atrair abelhas, maritacas, papagaios, caturritas e esquilos. Suas flores se revelam em cachos pendentes, grandes e ramificados, de coloração amarelo creme.



**5.4.4.1.22. Paineira-rosa - *Chorisia speciosa*. Família: *Malvaceae***

A paineira-rosa é uma árvore bastante popular, e isto se deve principalmente à sua beleza extraordinária e seu curioso fruto. O tronco é cinzento-esverdeado e recoberto de acúleos grandes e piramidais. A madeira da paineira-rosa é bastante leve, mole e pouco resistente,

além de não ter boa durabilidade. Pode ser utilizada na confecção de calçados, caixotaria, celulose e artesanato. As folhas são compostas palmadas, com 5 a 7 folíolos. As flores pintalgadas de vermelho, podem se apresentar em diversas tonalidades de rosa, de acordo com a variedade.

O fruto é bastante grande e se abre quando maduro, liberando boa quantidade de paina-sedosa, entremeada com as sementes que são carregadas pelo vento.



#### 5.4.4.1.23. Pal-formiga - *Cecropia glaziovii*. Família: Urticaceae

Árvore que pode chegar a 16 metros de altura. Espécie de hábito arbóreo que possui folhas muito apreciadas por bicho preguiça. Sua infrutescência é carnosa, comestível e muito doce quando madura. É uma espécie endêmica do Brasil, com rápido desenvolvimento em campo. A Embaúba vermelha é uma espécie pioneira, heliófita e seletiva higrófito. Possuem em todo bioma brasileiro,

Esta espécie, que costuma surgir em grande quantidade nas matas secundárias, pode abrigar formigas agressivas no interior do seu tronco. As folhas ásperas são usadas como lixa de madeira e são o principal alimento do bicho-preguiça. De crescimento muito rápido, atinge o porte adulto em menos de 10 anos.



**5.4.4.1.24. Pal-jacaré - *Piptadenia gonocantha*. Família: Mimosaceae**

O pal-jacaré é uma espécie pioneira, que pode atingir alturas de 10 a 20 metros de altura, com tronco bastante áspero e descamante, de 30-40 cm de diâmetro. Madeira moderadamente pesada, dura ao corte, porém mole para trabalhar, medianamente resistente ao ataque de fungos e cupins.

É uma das melhores madeiras para lenha e carvão. As flores são de grande valor melífero. Como planta pioneira de rápido crescimento, pode ser usada nos reflorestamentos mistos destinados a recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente.



**5.4.4.1.25. Pal-leiteiro - *Sapium glandulatum*. Família: Euphorbiaceae**

Árvore lactecente, decídua que pode alcançar até 20 metros de altura, com troncos retos e cilíndricos que podem atingir até 0,5m de diâmetro. As folhas são longas, com espinhos,

lanceoladas, simples, alternadas, com margens finamente serrilhadas, atingindo um comprimento acima de 15 cm. Floresce de outubro a janeiro, e frutifica de janeiro a março.

Como são plantas heliófilas ou de luz difusa são encontradas em florestas não muito densas. No Brasil é registrado a presença da planta no sul e sudeste. A madeira é indicada para a produção de caixotaria e como lenha para carvão. O seu latex característico pode ser usada para a produção de borracha. A planta também pode ser usada em paisagismo e reflorestamento.



#### 5.4.4.1.26. Pitangueira - *Eugenia uniflora*. Família:

A pitangueira é uma árvore frutífera e ornamental, nativo da mata atlântica e conhecido principalmente pelos frutos doces e perfumados que fazem parte da cultura dos brasileiros. O nome “pitanga” é de origem tupi e significa vermelho-rubro, uma alusão à cor dos frutos maduros. O porte pode ser arbustivo, entre 2 a 4 metros de altura, ou arbóreo, chegando nestes casos entre 6 e 12 metros. A copa é densa e arredondada. O florescimento é errático, e pode ocorrer duas ou mais vezes ao ano, dependendo na maioria das vezes do clima da região de plantio e da variedade da planta. As flores são pequenas, hermafroditas, brancas, perfumadas, com longos estames e muito melíferas, atraindo abelhas. As folhas são opostas, simples, ovais, acuminadas, glabras, avermelhadas quando jovens, e que gradativamente vão tomando a cor verde. Os frutos são bagas globosas, deprimidas nos polos, com sulcos longitudinais e quando maduros ficam de cor vermelha, vinho e até mesmo negra, de acordo com a variedade. A polpa é macia, suculenta e vermelha, recoberta por uma casca muito fina e delicada. Carrega entre 1 a 3 sementes grandes. No Brasil não há uma grande diferenciação de variedades, mas temos o maior banco de germoplasma da espécie e algumas cultivares importantes desenvolvidas no IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária). Já

no exterior, para onde a pitangueira foi amplamente difundida, houve uma preocupação maior em selecionar as melhores plantas e desenvolver novas cultivares.

A pitanga é consumida geralmente ao natural. Seu sabor é doce, ácido, pungente e com aroma muito característico. Ela também é muito nutritiva, sendo rica em vitaminas e minerais. Além de haver poucos produtores, ela é uma fruta frágil e de baixa durabilidade, por este motivo dificilmente é encontrada nas gôndolas dos supermercados. É mais fácil encontrar produtos artesanais de pitanga em mercados regionais, como licores, cachaças aromatizadas, geléias e vinhos. No entanto, é crescente a produção industrial de polpas, sucos e picolés preparados à base de pitanga.



#### 5.4.4.1.27. Senna - *Senna multijuga*. Família: Fabaceae

Normalmente de pequeno a médio porte (altura de 2 a 10 metros), extremamente ornamental por suas flores perfumadas de cor amarelo ouro. Ela ocorre preferencialmente em solos úmidos com drenagem regular. Seu tronco é reto a levemente tortuoso, com casca externa de coloração acinzentada e textura levemente áspera, com manchas e cicatrizes. Está praticamente em todo bioma brasileiro.

Pela rusticidade, bom crescimento e versatilidade em termos de ambientes é indicada para compor a diversidade de espécies na recomposição florestal. Apresenta interação com a cigarra e com os tatus que cavam o seu tronco em busca das ninfas de cigarra. Suas folhas, flores e frutos são alimento para a fauna local.



**5.4.4.1.28. Tanheiro - *Alchornea glandulosa*. Família: Euphorbiaceae**

Espécie arbórea de 15-30 metros de altura e tronco de 40-100 cm de diâmetro, revestido por casca acinzentada e provida de fissuras. Folhas simples, alternas espiraladas, de margem denteada e três nervuras principais saindo da base, onde se inserem 2-4 glândulas avermelhadas. As flores, de pequena dimensão, agrupam-se em ráculos axilares solitares ou emparelhados, que atingem os 20 cm de comprimento. Os frutos, de cor verde-escura, têm a forma de cápsulas arredondadas e carnosas que atingem cerca de 1 cm de comprimento. Possuem duas sementes castanhas de 3 a 6 mm de comprimento.

Em Santa Catarina, é bastante comum em ambientes florestais e suas bordas, onde costuma ser um dos principais elementos da sucessão secundária, também é bastante comum em margens de rios. Suas flores são visitadas por insetos, especialmente abelhas (melitofilia) e os frutos são consumidos por dezenas de espécies de aves.



#### 5.4.4.1.29. Tarumã - *Vitex montevidensis*. Família: Lamiaceae

A árvore atinge de 4 a 12 metros quando isolada e no meio da floresta chega a 20 metros de altura. A copa tem forma de taça e é pouco arredondada nas bordas. A casca é acinzentada e escura e desprende-se em laminais longitudinais, já o tronco é reto e mede de 30 a 60 cm de diâmetro. As folhas são compostas e digitadas (com 5 a 7 folíolos semelhantes a dedos), sob pecíolo ou haste de 6 a 8 cm de comprimento, são velutinos (cobertos de pequenos pelos), e tem coloração marrom avermelhada no início da brotação.

É uma árvore de grande rusticidade, adaptando-se a solos ácidos de terrenos vermelhos ou arenosos que drenem bem a água, embora a planta tolere alguma umidade, pois habita as matas de galeria onde a altitude varia de 200 a 1.600 metros acima do nível do mar. Aprecia solos profundos, com fertilidade natural, com pH em torno de 5,0 a 5,5 e climas muito variados, suportando temperaturas mínimas de até - 3 graus no inverno e máximas de até 44 graus no verão; com índice de chuvas variando desde 800 a 2.200 mm anuais.



#### 5.4.4.2. Execução do Plantio

As matas ciliares ou de galeria são de fundamental importância para manutenção dos recursos hídricos, já que possuem funções relacionadas à manutenção do equilíbrio ecológico nas bacias hidrográficas, através da proteção dos cursos d'água contra o assoreamento causado pela erosão laminar ou superficial das encostas, devido ao escoamento das águas pluviais, assim como regulando estes fluxos de águas superficiais e subsuperficiais, que carregam sedimentos, das partes mais altas da bacia para o sistema aquático. São

fundamentais para o restabelecimento da biodiversidade de ecossistemas de matas ciliares as seguintes condições, de acordo com KAGEYAMA et alii. (1989):

- Proteção das áreas ribeirinhas, de modo a evitar as explorações florestais, agricultura e pastagem, fogo, caça e outras perturbações antrópicas, possibilitando a sua renovação natural através de fragmentos florestais adjacentes.
- Estabelecimento de plantações, no caso de ausência de banco de sementes e/ou de fonte de sementes, ou para a reintrodução de espécies localmente extintas.
- O plantio de espécies pioneiras e não pioneiras deve fornecer material básico para a sucessão, visando colaborar com e acelerar esse processo. Os ajustes mais finos devem ficar por conta da própria natureza com seu efeito estocástico e com suas interações múltiplas e complexas.

A recomposição das matas ciliares tem por objetivo a conservação dos recursos hídricos de superfície, manutenção e melhoria dos níveis de qualidade ambiental nos ecossistemas ribeirinhos; portanto, devem-se recompor as matas ciliares nos segmentos junto às pontes dos rios transpostos pelas rodovias, introduzindo espécies nativas da região, objetivando a conservação e proteção natural dos solos contra a erosão e assoreamento, também a sua funcionalidade em permitir a manutenção de corredores de dispersão da flora e fauna regional.

A fim de obter sucesso na implantação de árvores nativas, as mudas foram escolhidas com a altura do fuste de 1 metro. Além dos requisitos descritos anteriormente, para que as mudas apresentem melhor e mais rápido crescimento, estas deverão estar livres de pragas e doenças; possuir raízes bem formadas e com vitalidade; apresentar vigor vegetativo; serem originárias de viveiro cadastrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, possuir Responsável Técnico, estarem devidamente cadastradas no Registro Nacional de Sementes e Mudas e possuírem certificação; o fuste deverá apresentar-se retilíneo e sem deformações; e o sistema radicular deverá vir embalado corretamente.

Nas Áreas de Preservação Permanente, o plantio que visa o enriquecimento de um ecossistema peculiar que abriga uma diversidade florística e faunística é de suma importância para o equilíbrio de toda uma região. Com a finalidade de proteger de forma indireta a fauna aquática e funcionar como obstáculo natural ao escoamento das águas, que ficam retidas e são absorvidas pela mata, evitando que as partículas sólidas sejam arrastadas para os cursos d'água.

Como foi mencionado no capítulo das escolhas das espécies nativas, foram escolhidas algumas frutíferas, ou seja, objetivar a volta da fauna local da região com o atrativo das frutas.

O local da construção do canal de desvio, em decorrência resulta a formação de uma faixa APP, possuem em seu trajeto reflorestamento de Eucalipto, onde essas espécies exóticas deveram ser suprimidas. Os restos vegetais dos eucaliptos não aproveitáveis para o comércio poderão servir como amontoamento de galharia.

#### **5.4.4.3. Abertura das Covas**

Para haver maior uniformidade e gerando um desenvolvimento propicial das mudas nativas, foram estipulados alguns parâmetros quanto ao tamanho das covas. O coveamento deverá ter dimensões de 40x40x40 centímetros. Para o trabalho, será realizado com o auxílio de cavadeiras manuais e pás.

#### **5.4.4.4. Adubação de Crescimento**

Consiste em adicionar, 350g de esterco curtido de aves de poedeiras, por possuir maior teor de Nitrogênio e adubo químico 100 gramas de NPK – 4:14:8. A adubação será realizada após a abertura das covas, momento que antecede o plantio das espécies nativas.

#### **5.4.4.5. Plantio das Espécies Nativas**

O plantio deve ser realizado no início da estação chuvosa, normalmente nos meses de outubro e novembro. Dessa forma, as mudas terão umidade suficiente para o estabelecimento inicial. Imediatamente após o plantio, as mudas devem ser irrigadas. Quando o plantio for realizado corretamente, no início das chuvas, e quando essas são abundantes, apenas uma irrigação de plantio é suficiente para o pegamento das mudas. O espaçamento escolhido entre plantas e fileiras foram de 3,5m respectivamente. A distribuição das espécies serão combinações de espécies pioneiras, secundárias iniciais/tardias e climáticas.

#### **5.4.4.6. Adubação de Manutenção**

Operação que será realizada 90 dias após o plantio em 3 parcelas, cada aplicação será de 90 gramas de adubação química NPK: 5:20:20

#### **5.4.4.7. Adubação de Cobertura (Nitrogenada – Uréia)**

Operação de suma importância para o desenvolvimento vegetativo das espécies arbóreas nativas. A aplicação será 45 dias após o plantio, no fim do dia em épocas de bastante umidade no solo.

#### **5.4.4.8. Replântio de Mudás**

A cada 30 dias, será realizado monitoramento “in loco”, para analisar a porcentagem de mortandade das espécies nativas, após, será realizado o plantio das espécies que não se desenvolveram vegetativamente.

#### **5.4.4.9. Controle de Formigas**

Consiste na eliminação e ou controle de formigas cortadeiras e cupins existentes nas áreas. Para maior eficácia, colocar iscas nos carreiros de deslocamentos das formigas.

#### **5.4.4.10. Coroamento das Mudás**

A operação de coroamento ao redor das mudas tem de ser observada e deve ser capinada, eliminando a vegetação em um raio de 60 cm ao redor das mudas. É importante frisar que, a eliminação da vegetação deve se concentrar somente ao redor das mudas, visto que, onde já existe algum tipo de cobertura, a vegetação preferencialmente não deve ser completamente eliminada, pois estas plantas exercem um papel importante na proteção e conservação dos solos. Para a realização dos trabalhos, utilizam-se enxadas e roçadeiras costais mecanizadas.

### **5.5. Criação de Atrativos para a Fauna**

Neste item objetiva criar atrativos para a fauna onde deverão ser implantadas em locais previamente delimitados. As áreas destinadas a estruturas, os atrativos deverão ser criados inicialmente em seu entorno imediato, em uma faixa de largura média de 50 metros e assim que for finalizado o uso da área, em seu interior também deverão ser criados os atrativos convenientes.

Ressaltamos que as áreas consideradas como de uso permanente terão seu uso finalizado quando do fechamento da mina. Nesses casos, um plano específico de fechamento de mina deverá ser elaborado, considerando a necessidade da criação de atrativos para a fauna, da forma mais adequada a atender ao proposto no referido plano, considerando as características específicas da área.

### 5.5.1. Poleiros Artificiais

A colocação de varas secas ao longo de áreas degradadas, oferece opções de pouso para aves com características de locais abertos, ao ficarem pousadas mais tempo nestes poleiros artificiais, deixarão sementes trazidas em seu intestino.

Muitos autores relatam que essas estruturas podem ser utilizadas como ferramentas para a recuperação de áreas degradadas, pois quando a complexidade estrutural de campos recém-abandonados é aumentada com poleiros artificiais, a dispersão de sementes nesses locais é incrementada (McCLANAHAN & WOLFE 1993, GUEDES et al., 1997).

Nessa situação de sinergia, a deposição de sementes por aves influencia a vegetação, e, reciprocamente, a presença de focos de recrutamento na vegetação pode influenciar os padrões de distribuição das aves que dispersam sementes. Portanto, alternativas de atrair de forma artificial as aves para uma área degradada, devem ser prioridade na busca de retornar a resiliência de áreas degradadas (REIS et al. 1999).

### 5.5.2. Amontoamento de Galharia

Prática que consiste em amontoar galhos das árvores suprimidas das frentes de supressão vegetal em montes de 3 x 3 x 3 metros nas áreas a serem revegetadas. No caso da vegetação sobre canga os montes deverão apresentar dimensão menor (1 x 1 x 1 metro). Essas estruturas deverão ser em número de aproximadamente 3 por hectare. Troncos ocos obtidos durante a supressão vegetal deverão ser intercalados aos galhos amontoados, obtidas nas operações de supressão.



Figura 58: Exemplo de atrativos da fauna local (esquerda – poleiros artificiais, direita – amontoamento de galharia)

### 5.5.3. Amontoamento de Serapilheira

A transposição da serapilheira, compostos pelo banco de sementes, folhas, ramos, flores, frutos, depositados ao longo do tempo na superfície do solo, que, quando transposto para a área degradada incorpora matéria orgânica e microrganismos essenciais para a recuperação da fertilidade e da atividade biológica do solo. A serapilheira auxilia nas condições microclimáticas do solo, produzindo maior sombreamento e retendo a umidade, dessa forma, favorecendo a germinação das sementes e o estabelecimento de plântulas na área sob processo de restauração.

## 6. MONITORAMENTO AMBIENTAL

### 6.1. Monitoramento Geotécnico

O monitoramento geotécnico em atividades mineiras, se justifica pelo impacto gerado por meio da modificação do relevo natural, onde podem ocorrer possíveis instabilidades na frente de lavra, ao longo do período de instalação e operação da atividade.

Em conformidade com o objetivo geral deste Programa pode-se destacar a necessidade de:

- Avaliar os possíveis surgimentos de processos físicos passíveis de instabilidades;
- Identificar os processos físicos principais como trincas e fraturas nos taludes em solo e rochas, processos erosivos e de deslizamentos localizados nos taludes da mina;
- Atuar na prevenção e controle das áreas de potencial risco de deslizamentos.

O monitoramento deve ser iniciado na fase de implantação, seguindo durante todo período de operação da atividade e após a sua desativação.

### 6.2. Monitoramento do Solo

O processo de transformação de um solo em recuperação, em um solo propriamente dito, é lento. A recuperação do solo demandará forte ação antrópica sobre o mesmo, como adubações, prevendo-se que após um espaço de 5 anos os processos naturais se encarreguem de levar o solo a uma condição estável e adequada ao desenvolvimento da vegetação.

O que se exigirá do solo em recuperação é que ele permita o pleno estabelecimento da vegetação a ser implantada, não comprometendo a recuperação ambiental da área por crescimento insuficiente da vegetação, o que poderia acelerar a ação de processos erosivos. O estabelecimento do solo exigirá correção e adubação para que a vegetação nele implantada

se desenvolva. Intervenções futuras em termos de adubação e correções de nutrientes deverão ser executadas, apenas se as condições locais implicarem em perda da vegetação. O controle da ocorrência ou não de desestruturação física do solo é baseado na taxa de infiltração, que é dependente da porosidade, estrutura, granulometria e compactação. Para a determinação do coeficiente de infiltração do solo é recomendado o uso de infiltrômetro de anéis concêntricos.

### 6.2.1. Parâmetros de Monitoramento do Solo

No que diz respeito aos parâmetros químicos, serão levantados parâmetros de fertilidade (Tabela 19). A informação obtida auxiliará na decisão por adubações ou não na área durante o período de descomissionamento. As amostras deverão ser encaminhadas a laboratórios de solos com qualidade reconhecida no mercado.

Tabela 19: Parâmetros para monitoramento químico dos solos.

| Parâmetro          |                        |
|--------------------|------------------------|
| Textura (argila)   | %                      |
| pH                 | -                      |
| Índice SMP         | -                      |
| Fósforo            | mg dm <sup>-3</sup>    |
| Potássio           | mg dm <sup>-3</sup>    |
| Matéria orgânica   | %                      |
| Alumínio trocável  | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| Cálcio trocável    | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| Magnésio trocável  | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| AL + H             | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| CTC                | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| Soma de Bases      | cmolc dm <sup>-3</sup> |
| Saturação alumínio | %                      |
| Saturação de bases | %                      |

Com respeito a parâmetros físicos, estes são ótimos indicadores da evolução da recuperação do solo, neste caso deverão ser coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas as quais devem ser enviadas a laboratório de física de solos o qual analisará os parâmetros listados na Tabela 20.

Tabela 20: Parâmetros para monitoramento da qualidade física dos solos.

| Parâmetro                  | Método                           |
|----------------------------|----------------------------------|
| Agregados estáveis em água | Via úmida                        |
| Textura                    | Método da pipeta ou densimétrico |
| Porosidade total           | mesa de tensão                   |
| Macro e microporosidade    | mesa de tensão                   |
| Densidade do solo          | anel volumétrico                 |

Por último, parâmetros biológicos devem ser incluídos no monitoramento já que a evolução da microbiota indica se haverá ciclagem de nutrientes e mesmo restauração ecológica do solo. Os parâmetros para monitoramento biológico do solo são:

- Respiração microbiana do solo e
- Biomassa microbiana.

### 6.2.2. Metodologia de Monitoramento

A área recuperada deverá ter seus parâmetros químicos, físicos e biológicos monitorados por um período mínimo de 4 anos podendo este prazo vir a ser prorrogado caso o órgão ambiental competente assim o solicitar. Espera-se que o solo, no decorrer deste período, apresente qualidade química estável e qualidades física e biológica não sendo necessariamente iguais às de solos naturais, mas crescentes.

A área minerada deverá ser dividida em quatro subáreas para efeito de monitoramento do solo, sendo:

- Área com cobertura vegetal nativa (controle);
- Bancadas em recuperação;
- Taludes em recuperação e
- APP em recuperação.

Para o monitoramento químico coletar uma amostra de solo composta em cada subárea por ano. Amostras compostas são o resultado da mistura e quarteamento de pelo menos 20 subamostras (400 g cada). Após quarteamento a amostra composta deverá ter 400 g.

Os resultados indicarão se haverá necessidade de adubação a qual deverá ser realizada, preferencialmente, no primeiro e segundo ano após a recuperação. No terceiro e quarto ano somente áreas com problemas evidentes na cobertura vegetal deverão receber adubação.

Para o monitoramento físico coletar duas amostras compostas deformadas (400 g cada) e quatro amostras indeformadas (anéis volumétricos) em cada subárea, anualmente. Os resultados indicarão se há compactação (o que é um problema) ou se o solo está aumentando a porosidade enquanto diminui sua densidade (o que é indica sua recuperação).

Caso o solo apresente compactação e adensamento, e em havendo condições de relevo para tanto, poderá ser utilizado subsolador ou arado para revolver o solo. Ainda, a adição de fonte de matéria orgânica em cobertura como o uso de lodos de ETE ou cama de aviário (este deverá ser incorporado ao solo) podem ajudar a reverter problemas físicos. Quantitativos

exatos ou outros métodos devem ser discutidos pelo responsável técnico ambiental da empresa com o órgão ambiental licenciador.

Para monitoramento biológico do solo coletar duas amostras compostas (600 g) em cada subárea. Os resultados indicarão se está havendo evolução do solo construído em termos biológicos. Caso o resultado não apresente evolução, verificar se há necessidade de transplante de solo, adubação ou incorporação de fonte de matéria orgânica. A metodologia exata ou alternativas devem ser discutidas pelo responsável técnico ambiental da empresa com o órgão ambiental licenciador.

### 6.3. Monitoramento da Vegetação

O presente programa visa o monitoramento da flora, através de acompanhamento do desenvolvimento das espécies introduzidas e de regeneração natural na área a ser minerada. Nestes locais serão investigadas as espécies vegetais bioindicadoras, endêmicas, de valor científico, protegidas por lei, raras e/ou ameaçadas de extinção constantes na lista do Conseta/MMA/IBAMA, tendo como foco, a lista das espécies citadas no estudo fitossociológico do EIA/RIMA., que também estejam classificadas nas condições especificadas acima.

A pesquisa bibliográfica e consultas com especialistas de Universidades, herbários e IBGE para posterior confirmação. As plantas amostradas deve identificadas “in loco” em nível específico, quando possível, e as famílias classificadas de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009).

A identificação taxonômica seguirá os sistemas de Tryon. Tryon (1982) para Pteridophyta e de APG II para Magnoliophyta. Serão realizadas análises de similaridade florística entre as transecções na comunidade herbáceo-arbustiva por meio do Índice de Similaridade de Sorensen – ISs (MÜLLER-DOMBOIS. ELLENBERG, 1974), como segue:

$$ISs = \frac{2c}{a + b + 2c} \times 100$$

Onde:

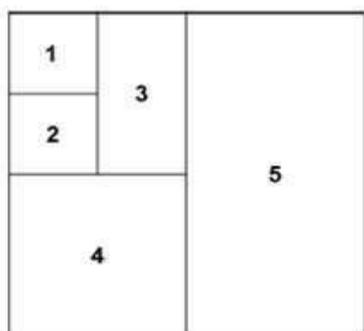
a = número total de espécies exclusivas da área a

b = número total de espécies exclusivas da área b

c = número de espécies comum às duas áreas

Como indicadores de diversidade biológica serão utilizados os índices de diversidade de Shannon (H') e de equabilidade (E) de Pielou descrito em Magurran (1988), baseados na frequência de cada espécie vegetal.

Para o levantamento florístico-fitosociológico da vegetação herbácea terrícola deverá ser estimado a cobertura das espécies com base na escala de cobertura proposta por Causton (1988).



$$FA = \frac{P_i}{P} \times 100$$

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \times 100$$

$$CA = C1 \times M1 + C2 \times M2 + \dots + C5 \times M5$$

$$CR = \frac{CA}{\sum CA} \times 100$$

$$IVI = \frac{CR + FR}{2}$$

Onde:

- 1 – Até 5% de cobertura da parcela
- 2 – 6% -12% de cobertura da parcela
- 3 – 13% - 25% de cobertura da parcela
- 4 – 26% - 50% de cobertura da parcela
- 5 – 51% - 100% de cobertura da parcela

As fórmulas para cálculo referem-se

Pi: Número de parcela com ocorrência da espécie i

P: Número total de parcelas

C1...C5: Número de estimativas de cobertura de espécies nos intervalos de classes 1 a 5.

Para o levantamento florístico-fitosociológico da regeneração natural das espécies arbustivo-arbóreas será utilizado o método de parcelas (MUELLER-DOMBOIS. ELLENBERG, 1974).

Será utilizada a metodologia empregada por Finol (1971), modificada por Volpato (1994), por obter a estimativa da regeneração natural baseada em valores de frequência, densidade e classe de tamanho em seus valores absolutos e relativos.

Para os parâmetros fitossociológicos, serão estimadas as densidades e as frequências absolutas e relativas de cada espécie em cada classe de altura. para as densidades e frequências relativas, o denominador foi constituído pela soma das densidades absolutas (DA)

e freqüências absolutas (FA) de todas as espécies, em todas as classes de altura. Em seguida, será estimada a regeneração natural por classe de altura dos indivíduos, somando-se os valores parciais de freqüência e densidade relativas da regeneração natural, por classe de altura da espécie estudada, combinando-os como segue (VOLPATO, 1994):

$$RNCit = \frac{(DRit + FRit)}{2}$$

Onde:

RNCit = estimativa da regeneração natural da espécie i, na t classe em altura, em percentagem.

DRit = densidade relativa para a espécie i, na t classe de altura de regeneração natural.

FRit = freqüência relativa da espécie i, na t classe de regeneração natural.

i = 1, 2, 3, ..., espécie amostrada.

t = 1, 2 e 3 (classes de altura).

Com este procedimento, obterá, para cada espécie, um índice de regeneração natural por classe de altura das populações. A seguir, será estimado a regeneração natural total por espécie, somando-se os índices de regeneração natural por classe de altura, como segue:

$$RNTi = \sum_{t=1}^3 RNCit$$

Onde:

RNTi = estimativa da regeneração natural total da espécie i, expresso em percentagem.

RNTit = estimativa da regeneração natural da espécie i, na classe de altura t.

i = 1, 2, 3, ..., espécie amostrada.

t = 1, 2 e 3 (classes de altura).

Serão elaborados gráficos do número cumulativo de espécies por unidades amostrais, levantadas nas classes de altura para avaliar a suficiência amostral e/ou representatividade florística. Os parâmetros de regressão para ajuste das curvas aos pontos observados serão determinados utilizando o modelo ajustado de raiz quadrada, para cada classe, pela equação:

$$y = b\sqrt{X} + cX$$

Onde:

b = coeficiente da raiz quadrada

c = coeficiente linear

X = número de unidades amostrais.

$$H' = \sum_{i=1}^s (pi \cdot \ln pi)$$

Onde:

$H'$  = índice de diversidade de Shanon-Wiener  
 $p_i$  = proporção de ocorrência da espécie  $i$  na amostra  
 $S$  = número total de espécies na amostra.

#### 6.4. Monitoramento da Fauna

É proposto o levantamento qualitativo, por meio de listas de espécies e quantitativo, por meio de índices de diversidade, aplicados aos ecossistemas terrestres e aquáticos levantados nas áreas de influência direta da área de estudo.

São propostos para fauna:

- Determinação da diversidade da ictiofauna (peixes) nas lagoas, córregos e poças.
- Determinação da diversidade da avifauna (aves).
- Determinação da diversidade da herpetofauna (anfíbios).
- Comparação da diversidade das áreas em recuperação (área de influência direta) com outras áreas remanescentes (área de influência indireta) próximas.

##### 6.4.1. Coletas de Material Biológico

Todos os procedimentos para coleta e sacrifício de animais deverão ser licenciados pelo IBAMA de acordo com a Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente, número 146, de 10 de janeiro de 2007, que estabelece critérios e padrões para levantamento, monitoramento, salvamento, resgate e destinação da fauna silvestre.

##### 6.4.2. Ictiofauna

Para as coletas de peixes poderão ser utilizadas as seguintes artes de pesca: rede tipo puçá malha ¼ mm. rede tipo picaré de malha 5 mm. rede de espera malha 3 cm. e anzóis e covos, tanto para as coletas exploratórias quanto para as sistemáticas.

Os espécimes coletados serão fixados em solução de formalina 10% e posteriormente acondicionados em frascos de vidro com álcool etílico 70%. A identificação será feita com base em bibliografia especializada e consulta à especialistas.

A nomenclatura seguirá aquela proposta por Reis et al. (2003).

##### 6.4.3. Avifauna

Para realizar os levantamentos da avifauna, será utilizado o método de caminhamento (transects). Os indivíduos serão identificados por meio de gravações das vocalizações e dos que forem visualizados nos remanescentes florestais e áreas abertas com o auxílio de guias

de campo específicos para aves (BELTON, 1994. ROSÁRIO, 1996. SICK, 1997. PEÑA & RUMBOLL, 1998. EFE et al. 2001. FRISH & FRISH, 2005).

Os transects serão percorridos sempre por uma única pessoa, a partir das 07:00h da manhã até as 10:00h da manhã tentando priorizar o horário de maior atividade das espécies da avifauna.

A nomenclatura seguirá aquela proposta pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (2005).

#### **6.4.4. Herpetofauna**

Para a obtenção dos dados referentes à riqueza específica, deve-se aplicar dois métodos de amostragem. O Levantamento em sítios reprodutivos (LSR) (sensu SCOTT JR.; WOODWARD, 1994), que consistia no caminhamento exploratório lento do pesquisador no entorno do corpo hídrico (margens, projetando-se até uma faixa de 3 metros ou até que se localize uma zona de interface não favorável). Durante os procedimentos de prospecção dos distintos sítios se efetuava o registro de machos em atividade de vocalização/canto, além da presença de posturas/ninhos e/ou larvas de anuros. Os sítios reprodutivos estão representados pelos córregos presentes na área.

Para amostrar a riqueza de anfíbios que habitam o chão da floresta (ou que habitam o estrato arbóreo) será aplicado o método de Transecção linear utilizando as técnicas de busca ativa, busca aural e visual (TR) (HEYER et al. 1994). Deve-se efetuar tal técnica em trechos pré-estabelecidos nos diferentes tipos de ambientes encontrados na área de estudo (remanescente de Floresta Ombrófila Densa, bordas de floresta, plantação de banana e áreas abertas), onde eram percorridos lentamente, em linha reta, sendo registradas as espécies avistadas ou cujos machos vocalizam distantes de corpos d'água. Na técnica de busca ativa se procurava por anfíbios embaixo de troncos, galhos e pedras, no interior de bromélias e demais refúgios encontrados.

No que se refere à identificação das espécies localizadas durante as atividades prospectivas, deve-se proceder, quando possível, o registro fotográfico do(s) espécime(s), utilizando-se dispositivo fotográfico digital (ex: Nikon, modelo D90). Para os registros das vocalizações sugere-se como ferramenta auxiliar gravador digital estéreo, Olympus, modelo - LS10. Os registros digitais das vocalizações devem ser comparados com gravações de referência, permitindo a confirmação taxonômica das espécies. A nomenclatura das espécies de anfíbios seguiu a proposta da Sociedade Brasileira de Herpetologia (SEGALLA et al. 2014).

#### **6.4.5. Mamíferos Terrestres**

As amostragens serão realizadas com esforço padronizado para a área de estudo, segundo a metodologia descrita a seguir:

- Procura ativa - será realizada em períodos diurnos e noturnos, através de deslocamento a pé, lentamente, em trilhas preexistentes nas áreas à procura de indivíduos (transecções lineares), bem como de rastros e outros sinais indiretos da presença destes mamíferos.
- Câmeras automáticas - Serão utilizadas duas câmeras automáticas que permanecerão abertas ininterruptamente durante todo o período do monitoramento (24h/dia) durante os 60 meses. As mesmas serão instaladas em locais potencialmente favoráveis ao registro de representantes da fauna silvestre existente, ou seja, locais próximos a corpos d'água, árvores frutíferas e corredores de passagem (trilhas). Buscando ainda, aumentar as chances de captura fotográfica desses indivíduos serão utilizados iscas (sardinha, banana e óleo de fígado de bacalhau) em frente às câmeras automáticas.
- Amostragens de carro - consistem em procura visual durante deslocamentos de carro pelas estradas que dão acesso à área vistoriada.

A nomenclatura seguirá aquela proposta por Reis et al. (2006).

#### **6.4.6. Análises Estatísticas**

As análises ecológicas e estatísticas seguirão os conceitos adotados por Krebs (1998).

### **6.5. Monitoramento dos Recursos Hídricos**

#### **6.5.1. Recursos Hídricos Subterrâneos**

A área onde será implantada a Mina Santana Céu Aberto encontra-se circundada por passivos ambientais deixados por antigas lavras de carvão a céu aberto, realizadas por terceiros entre as décadas de 1970 e 1980, e por antigas minas subterrâneas que remontam às décadas de 1950 a 1980.

Em conformidade com a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, os usos múltiplos da água devem ser preservados, desta forma, os dados adquiridos pelo monitoramento norteiam a tomada de ação para pesquisa, exploração, desenvolvimento e gerenciamento do recurso mineral, bem como para o delineamento de ações mitigatórias, nos casos de poluição dos recursos hídricos subsuperficiais.

O monitoramento da qualidade dos recursos hídricos e do efluente líquido da mina são condições obrigatórias para a manutenção da qualidade ambiental local. Os indicadores definidos no plano estão voltados ao monitoramento da qualidade ambiental dos recursos hídricos subterrâneos e também à avaliação da eficácia do tratamento de efluentes líquidos a ser executado pela Carbonífera Siderópolis.

Os parâmetros selecionados para compor o monitoramento são os mesmos definidos pelo GTA no monitoramento regional da bacia carbonífera. Esses parâmetros são mostrados na Tabela 21. Em campo, além da coleta de amostras, deverão ser realizadas medições de vazão em cada ponto amostrado.

Tabela 21: Parâmetros físico-químicos a serem analisados no monitoramento dos hídricos subsuperficiais.

| Parâmetro                          | Limite de Detecção | Método de Análise                    |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| pH (23 °C)                         | 0,1                | Potenciométrico                      |
| Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> .L-1) | 1                  | Titulométrico                        |
| Condutividade (S.cm-1)             | 0,001              | Condutivimétrico                     |
| Sulfato (mg.L-1)                   | 0,1                | Espectofotométrico ou turbidimétrico |
| Ferro (mg.L-1)                     | 0,02               | Espectometria ou absorção atômica    |
| Alumínio (mg.L-1)                  | 0,1                | Espectometria ou absorção atômica    |
| Manganês (mg.L-1)                  | 0,01               | Espectometria ou absorção atômica    |

Os recursos hídricos subsuperficiais serão monitorados mediante instalação de poços de monitoramento (piezômetros), de acordo com a NBR 15495-1:2007, conforme rede de monitoramento indicada na Planta de Monitoramento (Volume IV - Anexo I).

A Tabela 22 mostra a localização dos piezômetros que serão construídos, além daqueles já implantados. A frequência de amostragem será semestral e realizada por laboratório especializado a ser contratado, que da mesma forma será responsável pela realização das análises físico- químicas.

Tabela 22: Pontos de monitoramento de recursos hídricos subsuperficiais.

| PONTO     | COORDENADAS<br>UTM SIRGAS 2000 |         | Descrição e Localização do Ponto de Amostragem                     |
|-----------|--------------------------------|---------|--|
|           | E                              | N       |  |
| PZ-01     | 661910                         | 6850071 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado      |
| PZ-02     | 661796                         | 6850300 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado      |
| PZ AU 03  | 661805                         | 6851736 | Sugerido para monitorar o aquífero profundo na jusante da Frente G |
| NSC-F01   | 661766                         | 6850017 | Nascente situada na Frente F                                       |
| NSC-F02   | 662053                         | 6850347 | Nascente situada na Frente F                                       |
| PZ-SCA-01 | 661337                         | 6851073 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado      |
| PZ-SCA-05 | 661633                         | 6851215 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado      |
| PZ-SCA-06 | 661381                         | 6851364 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado      |
| PZ-SCA-08 | 662399                         | 6850866 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Molha        |

| PONTO       | COORDENADAS<br>UTM SIRGAS 2000 |         | Descrição e Localização do Ponto de Amostragem                       |
|-------------|--------------------------------|---------|--|
|             | E                              | N       |  |
| PZ-SCA-09   | 662921                         | 6849913 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Molha          |
| PZ - 03     | 661945                         | 6849953 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Carvão         |
| PZ SCA 10   | 661385                         | 6850647 | Sugerido para monitorar o aquífero freático na jusante da porção SW. |
| PZ SRA - 01 | 661860                         | 6849930 | Piezômetro localizado na bacia de contribuição do rio Carvão         |

O monitoramento deve ser iniciado na fase de LAP e mantido com a mesma periodicidade durante a implantação da expansão da operação e durante 5 anos após a sua desativação em conformidade com os balizamentos do PRAD. As metodologias de monitoramento deverão ser as mesmas já empregadas para o programa em vigor. A frequência de amostragem será semestral e realizada por laboratório especializado a ser contratado, que da mesma forma será responsável pela realização das análises físico-químicas.

#### 6.5.2. Recursos Hídricos Superficiais

A área de estudo está localizada em divisores de águas, tendo-se identificado três sub-bacias. As drenagens direcionadas para N/NW são formadoras da sub-bacia do rio Lajeado, as drenagens direcionadas para NE são formadoras da sub-bacia do rio Molha. As drenagens direcionadas para S/SW são formadoras da sub-bacia do rio Carvão.

O monitoramento hídrico em atividades mineiras se justifica pelo potencial impacto em suas características quali-quantitativas, oriundos de atividades e fatores como: abastecimento e manutenção e maquinários, desvios de águas de montante, abertura de acessos, supressão da vegetação, avanço da lavra, direcionamento das águas que infiltram e precipitam para o interior da mina ao beneficiamento, beneficiamento de minerais e efluentes hidrossanitários.

O monitoramento da qualidade dos recursos hídricos e do efluente líquido da mina são condições obrigatórias para a manutenção da qualidade ambiental local. Os indicadores definidos no plano estão voltados ao monitoramento da qualidade ambiental dos recursos hídricos superficiais e também à avaliação da eficácia do tratamento de efluentes líquidos a ser executado pela Carbonífera Siderópolis.

Os parâmetros selecionados para compor o monitoramento são os mesmos definidos pelo GTA no monitoramento regional da bacia carbonífera. Esses parâmetros são mostrados na Tabela 23. Em campo, além da coleta de amostras, deverão ser realizadas medições de vazão em cada ponto amostrado.

Tabela 23: Parâmetros físico-químicos a serem analisados no monitoramento dos hídricos superficiais

| Parâmetro                          | Limite de Detecção | Método de Análise                    |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| pH (23 °C)                         | 0,1                | Potenciométrico                      |
| Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> .L-1) | 1                  | Titulométrico                        |
| Condutividade ( S.cm-1)            | 0,001              | Condutivimétrico                     |
| Sulfato (mg.L-1)                   | 0,1                | Espectofotométrico ou turbidimétrico |
| Ferro (mg.L-1)                     | 0,02               | Espectometria ou absorção atômica    |
| Alumínio (mg.L-1)                  | 0,1                | Espectometria ou absorção atômica    |
| Manganês (mg.L-1)                  | 0,01               | Espectometria ou absorção atômica    |
| Oxigênio dissolvido (mg.L-1)       | 0 a 20             | Célula de Clark                      |

A primeira campanha de amostragem de recursos hídricos superficiais foi realizada em função dos estudos ambientais para instalação da Mina Frente F - Céu Aberto, concentrando-se nas sub-bacias dos rios Lajeado e Carvão. Para caracterização dos recursos hídricos superficiais daquela área de estudo foram realizadas 26 coletas de amostras das águas de superfície ao longo da sub-bacia destes dois rios.

A frequência de amostragem será semestral, devendo iniciar antes da implantação de cada bloco de lavra, e se estender pelo período mínimo de 5 anos após encerrados os trabalhos de recuperação ambiental. As amostragens e as análises devem ser realizadas por laboratório especializado a ser contratado.

Os recursos hídricos locais serão monitorados pela rede de monitoramento indicada na Planta de Monitoramento (Volume IV - Anexo I), e os efluentes serão monitorados em no mínimo dois pontos, um na saída da mina, e outro na saída da ETE. No efluente final da ETE, antes do descarte na drenagem local, deverá ser realizado o ensaio de ecotoxicidade, de acordo com a Portaria 017/2002 da FATMA.

Na Tabela 24 são apresentados todos os pontos que constituirão a rede de monitoramento dos recursos hídricos superficiais.

Tabela 24: Pontos de monitoramento de recursos hídricos superficiais

| PONTO      | COORDENADAS |         | Descrição e Localização do Ponto de Amostragem                            |
|------------|-------------|---------|---|
|            | UTM<br>2000 | SIRGAS  |   |
|            | E           | N       |   |
| STN - L01  | 661824      | 6850263 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado |
| STN - L04  | 661782      | 6850104 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado |
| STN - L08  | 661567      | 6850572 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado |
| STN - L13  | 661613      | 6850819 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado |
| STN - L15  | 661544      | 6851274 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Lajeado |
| STN - L16  | 661265      | 6851449 | Ponto sugerido para complementação da rede na sub-bacia do rio Lajeado    |
| STN - Mo01 | 661926      | 6851313 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Molha   |
| STN - Mo02 | 662415      | 6850903 | Ponto de monitoramento localizado na bacia de contribuição do rio Molha   |
| STN - Mo03 | 662420      | 6850141 | Ponto sugerido para complementação da rede na sub-bacia do rio Molha      |
| STN - Mo04 | 663062      | 6820124 | Ponto sugerido para complementação da rede na sub-bacia do rio Molha      |

| PONTO     | COORDENADAS |         | Descrição e Localização do Ponto de Amostragem                        |
|-----------|-------------|---------|---|
|           | UTM         | SIRGAS  |   |
|           | 2000        |         |   |
|           | E           | N       |   |
| NSC - G01 | 661926      | 6851281 | Ponto sugerido para complementação da rede na sub-bacia do rio Molha  |
| NSC – F01 | 661766      | 6850017 | Lagoa junto à nascente de um tributário do rio Carvão                 |
| STN – C01 | 661008      | 6849748 | Ponto sugerido para complementação da rede na sub-bacia do rio Carvão |

Alguns dos pontos de monitoramento propostos correspondem a pontos utilizados no Diagnóstico dos Recursos Hídricos Superficiais, apresentando nomenclatura diferenciada, porém, as mesmas coordenadas. Outros pontos foram deslocados para uma melhor representatividade, ou para adequá-los às situações de montante ou jusante das futuras frentes de lavra da Mina Santana Céu Aberto.

O monitoramento deve ser iniciado na fase de LAP e mantido com a mesma periodicidade durante a implantação da expansão da operação e durante 5 anos após a liberação da LAO de Recuperação Ambiental em conformidade com os balizamentos do PRAD. As metodologias de monitoramento deverão ser as mesmas já empregadas para o programa em vigor. A frequência de amostragem será semestral e realizada por laboratório especializado a ser contratado, que da mesma forma será responsável pela realização das análises físico-químicas.

É de responsabilidade da empresa a implantação e implementação do PMRHS. Quando não houver um setor capacitado para essas atividades, é imperativo que o acompanhamento deva ser terceirizado e realizado por profissional capacitado.

## 7. CRONOGRAMA FÍSICO DE OPERAÇÃO DA MINA

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas será executado concomitante ao demais planos e programas descritos no Estudo de Impacto Ambiental.

Tabela 25: Cronograma físico anual as atividades descritas no PRAD.

| Etapa | Descrição  |
|-------|--|
| A     | Remoção da cobertura vegetal existente                                       |
| B     | Remoção da camada de solo orgânico   |
| C     | Remoção da camada de solo mineral  |
| D     | Recomposição topográfica do terreno  |
| E     | Recolocação da camada de solo orgânico                                       |
| F     | Implantação do sistema de controle de erosão e drenagem                      |
| G     | Construção dos canais de drenagem  |
| H     | Recuperação da fertilidade do solo   |
| I     | Implantação da vegetação   |
| J     | Implantação de poleiros artificiais  |
| K     | Monitoramento da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos |

| Etapa | Descrição                          |
|-------|------------------------------------|
| L     | Monitoramento da qualidade do solo |
| M     | Monitoramento da flora             |
| N     | Monitoramento da fauna             |

| Etapa | Mês |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|       | 1°  | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° | 12° |
| A     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| B     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| C     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| D     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| E     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| F     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| G     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| H     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| I     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| J     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| K     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| L     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| M     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |
| N     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |

## 8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALEXANDRE, N Z **Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina: Degradação dos Recursos Naturais**. Revista Tecnologia e Ambiente. Criciúma SC, v 5; n 02; p. 35-50; jul/dez. 1999.

ALMEIDA, R.O.P.O.; SÁNCHEZ, L.E. **Revegetação de área de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005

ARAUJO MM, Longhi SJ, Barros PLC, Brena DA. **Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil**. Scientia Florestalis 2004; 66(50): 128-141.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento – NBR 10151**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR **Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas – NBR 9653**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR **Níveis de ruído para conforto acústico – NBR 10.152**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados** – NBR 15495. Rio de Janeiro: ABNT, 2007

BARBOSA, J. P.; SOARES, P. S. M.; NASCIMENTO, F. M. F et al – **Projeto Conceitual para a Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**. Rio de Janeiro: CETEM, CANMET, SIECESC, 312p, 2001.

BELTON, William. **Aves do Rio Grande do Sul**: distribuição e biologia. São Leopoldo, Ed. Unisinos, 1994. 584 p.

BRASIL – Constituição Federal (1988). **Constituição da Republica Federativa do Brasil: promulgada em 05 outubro de 1988** – artigo §1º: I e VII, XI e XII.

BRASIL – Decreto Federal 85.206 – **Enquadra a Região Carbonífera Sul de Santa Catarina como 14ª área Critica Nacional para efeito de Controle Ambiental**. Brasília 1980.

BRASIL – Depto. Nacional de Produção Mineral – **DNPM: Coletânea trabalhos Técnicos sobre controle ambiental na mineração**. Brasília, 1985.

BRASIL, **Resolução CONAMA 001 / 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

BRASIL, **Resolução CONAMA 001 / 1993**. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados, excetuando-se motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 002 / 1993**. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 004 / 1994**. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no estado de Santa Catarina.

BRASIL, **Resolução CONAMA 007 / 1993**. Dispõe sobre as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M.

BRASIL, **Resolução CONAMA 008 / 1993**. Complementa a Resolução no 18/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 017 / 1995**. Dispõe sobre os limites máximos de ruído para veículos de passageiros ou modificados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 020 / 1996**. Define os itens de ação indesejável, referente à emissão de ruídos e poluentes atmosféricos.

BRASIL, **Resolução CONAMA 227 / 1997**. Altera a Resolução no 7/93 que dispõe sobre as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento do Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M.

BRASIL, **Resolução CONAMA 242 / 1998**. Dispõe sobre limites de emissão de material particulado para veículo leve comercial e limite máximo de ruído emitido por veículos com características especiais para uso fora de estradas.

BRASIL, **Resolução CONAMA 252 / 1999**. Dispõe sobre os limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais e importados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 256 / 1999**. Dispõe sobre os limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais e importados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 268 / 2000**. Dispõe sobre limites de emissão de material particulado para veículo leve comercial e limite máximo de ruído emitido por veículos com características especiais para uso fora de estradas.

BRASIL, **Resolução CONAMA 272 / 2000**. Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 272 / 2000**. Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados.

BRASIL, **Resolução CONAMA 429 / 2011** Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APPs.

BRASIL. **Serviço Nacional de Formação Profissional Rural**. Silvicultor. Brasília: 1979. 1v. (Senar, Coleção Básica Rural, 13).

CAMPOS, M. L. et al., Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.9, n.2, p. 198-205, 2010.

CBRO Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Listas das aves do Brasil**. 2005. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 05 de outubro de 2015.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL – CETEM: Projetos I e III.RT33/2000.**Relatório Técnico Elaborado para o SIECESC, CENTRO TECNOLÓGICO MINERAL.**Rio de Janeiro, 2001.

CHRISTMANN, A.; RAMOS, M.G.; CORDINI, S.; FARIAS, J.A.C.; FOSSATI, L.C. Módulo I: **Plantio e manejo de florestas plantadas.** Florianópolis: Epagri, 1997. 77p. (Epagri. Boletim Didático,17).

CORREA, R.S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no cerrado: manual para revegetação.** Brasília: Universa, 2006. 186 p.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. **Conceituação e caracterização de áreas degradadas.** In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V.(Eds.) **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, MG: folha de Viçosa, 1988. 252p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113 p. (Embrapa–CNPQ. Documentos, 21).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FILGUEIRAS, T.S.; BROCHADO, A.L.; NOGUEIRA, P.E. & GUALAIL, G.F. 1994. **Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos.** Cadernos de Geociências, 12: 39-44.

FRISH & FRISH, 2005

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (FATMA). **Estudo sobre o impacto ecológico da mineração e do beneficiamento do carvão na Região Sul do estado de Santa Catarina.** Porto Alegre: UFRGS, 1978.382p.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA (FATMA). **Programa de Conservação e Recuperação Ambiental da Região Sul de Santa Catarina. Recuperação de áreas de disposição de resíduos da mineração do carvão. Volume I.**FINEP/ENGENHEIROS CONSULTORES PROJETISTA S/A. 1982.

GANDOLF, S; RODRIGUES, R. R: **METODOLOGIAS DE RESTAURAÇÃO** In: Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas. Fundação Cargil: São Paulo, 2007. p. 109-139.

GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para a recuperação de áreas degradadas.** Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1999.

GÖETHE, C. A de V. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Indústria Carbonífera nos Recursos Hídricos Superficiais da Região Sul de Santa Catarina. 1983**, Dissertação (Mestrado em Geografia). Curso de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

GRIFFITH, J J. **Recuperação de áreas degradadas em unidade de conservação**. Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal, UFV, 1986. 4p.

GUEDES, M.C., MELO, V.A., GRIFFITH, J.J. **Uso de poleiros artificiais e ilhas de vegetação por aves potencialmente dispersoras de sementes**. Ararajuba, v.5, n.2, 1997.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

KAGEYAMA PY, Gandara FB. **Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas do convênio ESALQ/USP e CESP**. In: Galvão APM, Porfírio-da-Silva V, editores. Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso. Colombo: Embrapa; 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. **Sucessão Secundária, Estrutura Genética e Plantações de Espécies Arbóreas Nativas**. IPEF, nº 41/42, 1989. 83-93p.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. **Áreas degradadas e sua recuperação**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n. 210, v.22, p.10–17, 2001.

MAJER, J. D CONCEITOS. In. MINTER - **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA - 1990. 96p.

McCLANAHAN, T.R., WOLFE, R.W. **Accelerating forest succession in a fragmented landscape: the role of birds and perches**. Conservation Biology, n.7, p.279-288, 1993.

MILIOLI, G **Mineração de Carvão e Desenvolvimento Sustentado no Sul de Santa Catarina. Estudo exploratório de percepção, valores e atitudes do meio ambiente num bairro de no município de Criciúma**. Criciúma: Ed Luana. 1995.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL DE SANTA CATARINA - MP-GTA. **Sétimo relatório de monitoramento dos indicadores ambientais: monitoramento da cobertura do solo**. Criciúma: MP-GTA, 2013

MONTEIRO, M.A. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Revista GEOSUL, nº. 31, jan./jun. 2001, p. 69-78.

NORTCLIFF , S. Standardisation of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.88, p.161–168, 2002

ORTIZ, L. TEIXEIRA, E.C. Influência das atividades de processamento do carvão sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. In: TEIXEIRA, E. C.; PIRES, M. J. R. (Coord.). **Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre: FEPAM/SEMA, 2002, P. 301-340.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G. S.; REIS, A. **Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de floretas tropicais**. *Silvicultura*, v.3, p.672-690, 1989

QUIÑONES, O.R.; INDA JÚNIOR, A.V.; GIASSON, E.; BISSANI, C.A.; DIC, D. Características de solos construídos após mineração de carvão relacionadas ao processo de construção e à composição do material utilizado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1564-1571, set, 2008

REIS, A.; ZAMBONIN, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. 42 p.

REIS, A.R.; BECHARA, F.C.; ESPÍNDOLA, M.B; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais**. *Artigos Científicos 28 Natureza & Conservação* . vol 1 . nº 1. Abril 2003 - pp. 28-36.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; LIMA, I. P.; PEDRO, W. A. **Riqueza de espécies de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em dois diferentes habitats, na região centro-sul do Paraná, sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 23,n.3, 2006.

ROCHA-NICOLEITE, E.; CAMPOS, M.L.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R.; MARTINS, R.; SOUZA SOARES, C.R.F. **Mata Ciliar: implicações técnicas sobre a restauração após mineração de carvão**. Criciúma: SATC, 2013. 80p.

RODRIGUES RR, Gandolfi S, Nave AG, Attanasio CM. **Atividade de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP**. *Pesquisa Florestal Brasileira* 2007; (55): 7-21.

RODRIGUES, R. R. **Matas Ciliares**. Editora Universidade de São Paulo. 2ed. 320p, 2009

RONCHI , D.L. **Restauração de uma área degradada através de poleiros secos como modelos de nucleação**. 2013. Tese (Mestrado em Biologia). Programa de Pós Graduação "Lato Sensu" em Biologia da Conservação, Univerdidade do Vale do Itajaí, Itajaí. 2013.

RONDON Neto RM, Watzlawick LF, Caldeira MVW. **Diversidade florística e síndromes de dispersão de diásporos das espécies arbóreas de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista**. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 2001; 3(2): 167-175.



ROSÁRIO, L. A. 1996. **As aves em Santa Catarina: distribuição geográfica e meio ambiente.** Florianópolis: FATMA. 326 pp.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. Cadernos da Mata Ciliar No 1. São Paulo: SMA Coordenadoria da Biodiversidade e Recursos Naturais, 2009. 33 p.

SICK, H. Ornitologia brasileira. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997, 912 p

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** SB CS Comissão de Química e Fertilidade do Solo – 10ed. Porto Alegre, 2004.