

EIA

ESTUDO DE
IMPACTO
AMBIENTAL

CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR COMPATIBILIZAÇÃO COM DIRETRIZES METROPOLITANAS

VOLUME II
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
DO MEIO FÍSICO

AGOSTO
2012



Meio Ambiente & Projetos



**Autopista
Régis Bittencourt**
Grupo OHL

SUMÁRIO GERAL

VOLUME I - CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

- I.1. INFORMAÇÕES GERAIS
- I.2. DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO
- I.3. ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS
- I.4. ÁREAS DE INFLUÊNCIA

VOLUME II - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

- II.1. INTRODUÇÃO
- II.2. CLIMA E QUALIDADE DO AR
- II.3. RUÍDOS E VIBRAÇÕES
- II.4. GEOLOGIA
- II.7. APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS
- II.8. RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA
- II.9. PASSIVOS AMBIENTAIS
- II.10. CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

III. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO BIÓTICO

- III.1 INTRODUÇÃO
- III.2 AUTORIZAÇÕES AMBIENTAIS
- III.3 FLORA
- III.4 HERPETOFAUNA - ANFÍBIOS
- III.5 HERPETOFAUNA - RÉPTEIS
- III.6 AVIFAUNA
- III.7 MASTOFAUNA
- III.8 ARTRÓPODES DE INTERESSE MÉDICO-SANITÁRIO
- III.9 ICTIOFAUNA
- III.10 CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO BIÓTICO

IV. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO SOCIOECONÔMICO

- IV.1 INTRODUÇÃO
- IV.2 ÁREAS DE INFLUÊNCIA INDIRETA E DIRETA

- IV.2.1 ESTRUTURAÇÃO ESPACIAL E HISTÓRICO DE FORMAÇÃO
- IV.2.2 CARACTERIZAÇÃO POPULACIONAL
- IV.2.3 ESTRUTURA PRODUTIVA E DE SERVIÇOS
- IV.2.4 VETORES DE CRESCIMENTO REGIONAL
- IV.2.5 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
- IV.2.6 ORGANIZAÇÃO SOCIAL
- IV.2.7 COMUNIDADES TRADICIONAIS E/OU QUILOMBOLAS E COMUNIDADES INDÍGENAS
- IV.2.8 PATRIMÔNIO HISTÓRICO, CULTURAL E ARQUITETÔNICO
- IV.3 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA
 - IV.3.1 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA
 - IV.3.2 PATRIMÔNIO HISTÓRICO, CULTURAL E ARQUEOLÓGICO NA ADA
- IV.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO DO MEIO SOCIOECONÔMICO

V ANÁLISE INTEGRADA, PROGNÓSTICO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

- V.1 ANÁLISE INTEGRADA
- V.2 PROGNÓSTICO AMBIENTAL
- V.3 DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
- V.4 MATRIZ DE IMPACTOS

VI MEDIDAS MITIGADORAS, COMPENSATÓRIAS E PROGRAMAS AMBIENTAIS PROPOSTOS

- VI.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PROGRAMAS PROPOSTOS
- VI.2 OUTRAS MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS
- VI.3 COMPENSAÇÃO AMBIENTAL
- VI.4 CONCLUSÕES



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	II-viii
LISTA DE GRÁFICOS	II-xii
LISTA DE MAPAS.....	II-xiv
LISTA DE TABELAS.....	II-xv
LISTA DE QUADROS	II-xvii
LISTA DE APÊNDICES.....	II-xviii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	II-xix
II. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO	II-22
II.1. Introdução	II-22
II.2. Clima e qualidade do ar.....	II-26
II.2.1. Aspectos legais	II-26
II.2.2. Caracterização regional	II-28
II.2.3. Metodologia	II-30
II.2.4. Locais de monitoramento	II-30
II.2.5. Equipamentos de medição.....	II-32
II.2.6. Dados meteorológicos – condições de dispersão durante a campanha de monitoramento	II-32
II.2.7. Condições climáticas da região	II-34
II.2.7.1. Temperatura.....	II-36
II.2.7.2. Umidade	II-38
II.2.7.3. Precipitação.....	II-38
II.2.7.4. Velocidade do vento.....	II-40
II.2.7.5. Direção do vento	II-41
II.2.7.6. Radiação solar	II-42



II.2.7.7.	Concentrações de poluentes.....	II-43
II.2.8.	Diagnóstico da qualidade do ar.....	II-47
II.3.	Ruídos e vibrações.....	II-49
II.3.1.	Aspectos legais.....	II-50
II.3.2.	Caracterização regional.....	II-52
II.3.3.	Área de monitoramento.....	II-56
II.3.4.	Metodologia.....	II-56
II.3.5.	Equipamentos de medição.....	II-57
II.3.6.	Escolha dos pontos de monitoramento.....	II-57
II.3.7.	Diagnóstico do monitoramento de ruídos e vibrações.....	II-59
II.3.8.	Apresentação conjunta dos resultados.....	II-70
II.3.9.	Resultados do monitoramento.....	II-72
II.4.	Geologia.....	II-74
II.4.1.	Litoestratigrafia.....	II-75
II.4.2.	Geologia regional – Área de Influência Indireta.....	II-76
II.4.2.1.	Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba.....	II-78
II.4.2.2.	Grupo Açungui.....	II-79
II.4.2.3.	Província Graciosa.....	II-81
II.4.2.4.	Intrusivas Básicas.....	II-81
II.4.2.5.	Bacia de Curitiba.....	II-82
II.4.2.6.	Aluviões atuais e terraços aluvionares.....	II-83
II.4.3.	Geologia local – Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada.....	II-84
II.4.3.1.	Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba.....	II-87
II.4.3.2.	Intrusivas básicas.....	II-90
II.4.3.3.	Bacia de Curitiba.....	II-90
II.4.3.4.	Aluviões atuais e terraços aluvionares.....	II-93



II.4.3.5.	Aspectos geotécnicos	II-93
II.4.4.	Cavidades naturais	II-95
II.4.5.	Recursos minerais.....	II-96
II.5.	Geomorfologia.....	II-102
II.5.1.	Cinturão Orogênico do Atlântico.....	II-102
II.5.1.1.	Primeiro Planalto Paranaense	II-102
II.5.1.2.	Bacia Sedimentar Cenozóica e Depressões Tectônicas.....	II-111
II.6.	Pedologia.....	II-112
II.6.1.	Metodologia	II-112
II.6.2.	Análises laboratoriais	II-113
II.6.2.1.	Análises físicas	II-113
II.6.2.2.	Análises químicas	II-114
II.6.3.	Crítérios adotados no estabelecimento e divisão das classes de solos	II-115
II.6.3.1.	Características diagnósticas	II-115
II.6.3.2.	Horizontes diagnósticos de superfície.....	II-115
II.6.3.3.	Horizontes diagnósticos de subsuperfície.....	II-116
II.6.3.4.	Crítérios adicionais utilizados na divisão de classes.....	II-117
II.6.3.5.	Crítérios para distinção de fases de unidades de mapeamento	II-117
II.7.	Aptidão agrícola das terras.....	II-120
II.7.1.	Crítérios básicos	II-120
II.7.2.	Níveis de manejo considerados.....	II-120
II.7.3.	Grupos, subgrupos e classes de aptidão agrícola das terras.....	II-122
II.7.3.1.	Grupo de aptidão agrícola	II-122
II.7.3.2.	Subgrupo de aptidão agrícola.....	II-123
II.7.3.3.	Classe de aptidão agrícola	II-124
II.7.4.	Representação cartográfica	II-126

II.7.4.1.	Simbologia	II-126
II.7.4.2.	Análise das condições agrícolas das terras.....	II-126
II.7.4.3.	Fatores de limitação	II-127
II.7.4.4.	Avaliação das classes de aptidão agrícola das terras	II-133
II.7.5.	Resultados	II-136
II.7.5.1.	Área de Influência Indireta (AII)	II-136
II.7.5.2.	Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA).....	II-143
II.8.	Recursos hídricos e qualidade da água	II-170
II.8.1.	Metodologia	II-171
II.8.2.	Obtenção e análise de dados secundários	II-171
II.8.3.	Campanha de monitoramento da qualidade da água <i>in situ</i>	II-171
II.8.4.	Caracterização regional	II-172
II.8.5.	Caracterização da área de estudo	II-174
II.8.6.	Hidrografia.....	II-175
II.8.6.1.	Bacia do rio Atuba	II-176
II.8.6.2.	Bacia do rio Palmital.....	II-176
II.8.6.3.	Bacia do rio Iraí.....	II-177
II.8.7.	Hidrologia	II-178
II.8.8.	Hidrogeologia	II-184
II.8.8.1.	Sistemas aquíferos.....	II-185
II.8.8.2.	Principais usos atuais e potenciais da água subterrânea	II-197
II.8.9.	Qualidade da água.....	II-203
II.8.9.1.	Monitoramento da qualidade da Água <i>in situ</i>	II-211
II.8.9.2.	Ponto OHL 01.....	II-213
II.8.9.3.	Ponto OHL 02.....	II-215
II.8.9.4.	Ponto OHL 03.....	II-216



II.8.9.5.	Ponto OHL 04.....	II-216
II.8.9.6.	Ponto OHL 05.....	II-217
II.8.9.7.	Ponto OHL 06.....	II-219
II.8.9.8.	Ponto OHL 07.....	II-220
II.8.9.9.	Ponto OHL 08.....	II-220
II.8.9.10.	Resultados analíticos do monitoramento da qualidade das águas <i>in situ</i>	II-222
II.9.	Passivos ambientais.....	II-233
II.10.	Considerações sobre o diagnóstico ambiental do meio físico	II-237
II.10.1.	Suscetibilidade à erosão e movimentos de massa dos terrenos	II-239
REFERÊNCIAS	II-243
GLOSSÁRIO	II-255
APÊNDICES.....	II-258



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rodovias existentes no entorno do traçado do Contorno Norte de Curitiba	II-30
Figura 2 – AGV-PTS instalado na Escola Estadual de Guaraituba.....	II-32
Figura 3 – Classificação climática do estado do Paraná segundo o sistema de Köppen.....	II-35
Figura 4 – Carta climática da temperatura média do ar para o mês de fevereiro no Paraná.....	II-37
Figura 5 – Carta climática da temperatura média do ar para o mês de junho no Paraná	II-37
Figura 6 – Carta climática de precipitação acumulada anual no Paraná	II-39
Figura 7 – Rosa dos Ventos de Curitiba.....	II-42
Figura 8 – Bairros interceptados pelo Contorno Norte de Curitiba	II-53
Figura 9 – Zoneamento Urbano de Colombo nas imediações do Contorno Norte de Curitiba	II-55
Figura 10 – Decibelímetro (a), Calibrador (b) e GPS de navegação (c)	II-57
Figura 11 – Pontos de monitoramento de níveis de pressão sonora.....	II-59
Figura 12 – Afloramento do Complexo Atuba refletindo o bandamento composicional original.....	II-87
Figura 13 – Contato entre níveis arcoseanos (esquerda) e argilosos (direita), representativos do bandamento composicional do Complexo Atuba	II-87
Figura 14 – Saprólito derivado da decomposição das rochas do Complexo Atuba	II-88
Figura 15 – Intercalação de níveis argilosos provenientes da decomposição das rochas do Complexo Atuba	II-88
Figura 16 – Níveis de quartzo intercalados a níveis argilosos vermelho-esbranquiçados presentes no Complexo Atuba.....	II-89
Figura 17 – Granito gnaisse migmatítico com bandamento composicional definido pela alternância de níveis quartzosos e argilosos.....	II-90
Figura 18 – Matacões de granulito migmatítico intemperizados	II-90
Figura 19 – Afloramento de níveis argilosos intercalados a níveis arcoseanos da Formação Guabirotuba	II-91
Figura 20 – Intercalação de camadas centimétricas de argila amarela, vermelha e cinza	II-92



Figura 21 – Camada centimétrica de argila cinza intercalada a argila amarela	II-92
Figura 22 – Microconglomerado sobreposto a camada de argila vermelha.....	II-93
Figura 23 – Microconglomerado suportado pela matriz argilo-arenosa	II-93
Figura 24 – Relevo do Planalto Dissecado de Tunas do Paraná	II-105
Figura 25– Relevo do Planalto de Curitiba esculpido em rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba	II-107
Figura 26– Relevo do Planalto de Curitiba esculpido em sedimentos da formação Guabirotuba ..	II-107
Figura 27– Superfície com desenvolvimento de ravina, presente na Formação Guabirotuba, Planalto de Curitiba	II-108
Figura 28 – Superfície com desenvolvimento de erosão em sulcos e ravinas, presente na Formação Guabirotuba, Planalto de Curitiba.....	II-109
Figura 29 – Planície fluvial do rio Palmital na área de implantação do empreendimento	II-111
Figura 30 – Rio Palmital na área de implantação do empreendimento	II-111
Figura 31 – Perfil de Latossolo Bruno.....	II-148
Figura 32 – Cobertura florestal nativa sobre o perfil de Latossolo Bruno e cultivo de olerícolas ...	II-148
Figura 33 – Perfil de Latossolo	II-150
Figura 34 – Vista sobre o Perfil de Latossolo.....	II-150
Figura 35 – Perfil de Cambissolo	II-153
Figura 36 – Vista da cobertura vegetal sobre o perfil de Cambissolo.....	II-153
Figura 37 – Perfil de Cambissolo	II-155
Figura 38 – Vista sobre o perfil de Cambissolo	II-155
Figura 39 – Perfil de Argissolo	II-157
Figura 40 – Vista sobre o perfil de Argissolo	II-157
Figura 41 – Perfil de Argissolo	II-159
Figura 42 – Pastagem sobre o perfil de Argissolo	II-159
Figura 43 – Perfil de Organossolo	II-163



Figura 44 – Vista da cobertura vegetal sobre o perfil de Organossolo	II-163
Figura 45 – Inserção do empreendimento na bacia do Alto Iguaçu com destaque às sub-bacias interceptadas.....	II-173
Figura 46 – Área de estudo regional considerada para análise de dados históricos de vazões e de qualidade da água	II-174
Figura 47 – Hidrografia da região que abrigará o Contorno Norte de Curitiba	II-175
Figura 48 – Banco de areia em trecho do rio Atuba.....	II-176
Figura 49 – Vista panorâmica do vale do rio Palmital	II-177
Figura 50 – Localização das estações fluviométricas com séries históricas de vazões	II-179
Figura 51 – Pontos de monitoramento de qualidade da água.....	II-212
Figura 52 – Confluência do rio Arruda, proveniente do norte da bacia do rio Atuba, com pequenos córregos que drenam da PR-417. Destaque às ocupações irregulares.....	II-214
Figura 53 – Detalhe de montante.....	II-214
Figura 54 – Detalhe de jusante.....	II-214
Figura 55 – Coleta no ponto OHL 01, no rio Arruda.....	II-215
Figura 56 – Córrego formador do rio Atuba no ponto OHL 02, a montante da rua Pedro Costa	II-215
Figura 57 – Detalhe do córrego formador do rio Atuba no ponto OHL 02, a montante da rua Pedro Costa.....	II-215
Figura 58 – Detalhe da porção a montante do ponto OHL 03, no rio Cachoeira.....	II-216
Figura 59 – Detalhe da porção a jusante do ponto OHL 03, no rio Cachoeira.....	II-216
Figura 60 – Detalhe da porção a montante do ponto OHL 04, na rua Francisco Baggio, no rio Palmital	II-217
Figura 61 – Vala de drenagem com grande aporte de matéria orgânica, na confluência com o afluente do rio Palmital, a montante do ponto OHL 05	II-218
Figura 62 – Detalhe da vala de drenagem com grande aporte de matéria orgânica na confluência com o afluente do rio Palmital a montante do ponto OHL 05.....	II-218
Figura 63 – Detalhe da vala de drenagem com grande aporte de matéria orgânica na confluência com o afluente do rio Palmital a montante do ponto OHL 05.....	II-218

Figura 64 – Calibração para medição da concentração de oxigênio dissolvido no ponto OHL 05 .. II-218

Figura 65 – Transbordo de amostra de água para frascos com reagentes preservantes no ponto OHL 05 II-218

Figura 66 – Drenagem do rio Palmital sobre a BR-476 (estrada da Ribeira) nas imediações do ponto ohl 06..... II-219

Figura 67 – Detalhes da drenagem do rio Palmital sobre a BR-476 (estrada da Ribeira) nas imediações do ponto OHL 06 II-219

Figura 68 – Monitoramento de oxigênio dissolvido no ponto OHL 06 II-220

Figura 69 – Coleta de amostra para análise laboratorial no ponto OHL 06 II-220

Figura 70 – Detalhe do rio Canguiri no ponto OHL 07, a montante da Travessa Ferrarini II-220

Figura 71 – Detalhe do rio Canguiri no ponto OHL 07, a jusante da Travessa Ferrarini II-220

Figura 72 – Afluente do rio Palmital (ponto OHL 08) II-221

Figura 73 – Confluência de drenagens a montante do ponto OHL 08 II-221

Figura 74 – Detalhe da confluência de drenagens a montante do ponto OHL 08 II-221

Figura 75 – Confluência de drenagens a montante do ponto OHL 08 II-222

Figura 76 – Macrófitas a montante do ponto OHL 08..... II-222

Figura 77 – Concentração de óxido ferroso a montante do ponto OHL 08 II-222

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura média mensal do ar em Curitiba.....	II-36
Gráfico 2 – Umidade relativa média mensal do ar em Curitiba	II-38
Gráfico 3 – Precipitação acumulada mensal em Curitiba	II-40
Gráfico 4 – Velocidade média mensal do ar em Curitiba	II-41
Gráfico 5 – Radiação solar média mensal em Curitiba.....	II-43
Gráfico 6 – Concentração média anual para o PTS em comparação com o padrão primário	II-44
Gráfico 7 – Concentração média anual para o PI em comparação com o padrão primário	II-45
Gráfico 8 – Concentrações de PTS durante a campanha de monitoramento.....	II-46
Gráfico 9 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 01R.....	II-60
Gráfico 10 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 02R.....	II-60
Gráfico 11 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 03R.....	II-61
Gráfico 12 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 04R.....	II-61
Gráfico 13 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 05R.....	II-62
Gráfico 14 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 06R.....	II-62
Gráfico 15 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 07R.....	II-63
Gráfico 16 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 08R.....	II-63
Gráfico 17 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 09R.....	II-64
Gráfico 18 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 10R.....	II-64
Gráfico 19 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 11R.....	II-65
Gráfico 20 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 12R.....	II-65
Gráfico 21 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 13R.....	II-66
Gráfico 22 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 14R.....	II-66
Gráfico 23 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 15R.....	II-67
Gráfico 24 – Registros das medições diurna no ponto OHL 16R.....	II-67



Gráfico 25 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 17R.....	II-68
Gráfico 26 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 18R.....	II-68
Gráfico 27 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 19R.....	II-69
Gráfico 28 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 20R.....	II-69
Gráfico 29 – Registros das medições diurna e noturna no ponto OHL 21R.....	II-70
Gráfico 30 – Resumo dos resultados do monitoramento do nível de pressão sonora.....	II-72
Gráfico 31 – Média mensal, variação média mensal e registros extremos da vazão do rio Iraí no posto Olaria do Estado	II-180
Gráfico 32 – Média mensal, variação média mensal e registros extremos da vazão do rio Iraí no posto Pinhais	II-181
Gráfico 33 – Média mensal, variação média mensal e registros extremos da vazão do rio Atuba com série híbrida dos postos Terminal Afonso Camargo e Autódromo	II-182
Gráfico 34 – Média mensal, variação média mensal e registros extremos da vazão do rio Palmital no posto Vargem Grande	II-183
Gráfico 35 – IQA das amostras realizadas no posto Pinhais, rio Iraí.....	II-208
Gráfico 36 – IQA das amostras realizadas no posto Olaria do Estado, rio Iraí.....	II-209
Gráfico 37 – IQA das amostras realizadas no posto Afonso Camargo, rio Atuba	II-210
Gráfico 38 – IQA das amostras realizadas no posto Autódromo, rio Atuba	II-211
Gráfico 39 – Panorama do IQA nos oito pontos de monitoramento de qualidade da água.....	II-231



LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa da Área de Influência Indireta para o meio físico do Contorno Norte de Curitiba..	II-24
Mapa 2 – Mapa da Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada para o meio físico do Contorno Norte de Curitiba.....	II-25
Mapa 3 – Mapa geológico da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba	II-77
Mapa 4 – Mapa geológico da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba.....	II-86
Mapa 5 – Mapa dos processos minerários identificados na Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba.....	II-97
Mapa 6 – Mapa geomorfológico da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba...	II-103
Mapa 7 – Mapa geomorfológico da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba.....	II-106
Mapa 8 – Mapa de declividade da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba	II-110
Mapa 9 – Mapa de solos da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba	II-137
Mapa 10 – Mapa de solos da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba	II-144
Mapa 11 – Mapa de aptidão do solo da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba	II-165
Mapa 12 – Mapa das unidades aquíferas da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba	II-187
Mapa 13 – Mapa das unidades aquíferas da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba	II-188



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar (Resoluções CONAMA 003/90 e SEMA 054/06)	II-28
Tabela 2 – Período do monitoramento	II-45
Tabela 3 – Resultados do monitoramento e condições meteorológicas	II-46
Tabela 4 – Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos em dB(A) – NBR 10151/2000	II-52
Tabela 5 – Nível de critério de avaliação NCA definidos para os pontos monitorados	II-58
Tabela 6 – Resultados dos níveis L_{Aeq} , $L_{Amáx}$ e L_{Amin} para o monitoramento diurno.....	II-71
Tabela 7 – Resultados dos níveis L_{Aeq} , $L_{Amáx}$ e L_{Amin} para o monitoramento noturno	II-71
Tabela 8 – Substâncias minerais cadastradas junto ao DNPM nas áreas de influência do CNC.....	II-98
Tabela 9 – Substâncias minerais cadastradas junto ao DNPM nas áreas de influência do CNC.....	II-99
Tabela 10 – Situação dos processos minerários nas áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba	II-100
Tabela 11 – Níveis de manejo considerados	II-121
Tabela 12 – Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.....	II-122
Tabela 13 – Alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola ...	II-123
Tabela 14 – Guia de avaliação da aptidão agrícola das terras – região clima subtropical.....	II-135
Tabela 15 – Análises físicas e químicas do Perfil nº1 (número de campo P01)	II-147
Tabela 16 – Análises físicas e químicas do Perfil nº2 (número de campo P04)	II-149
Tabela 17 – Análises físicas e químicas do Perfil nº 3 (número de campo P07)	II-152
Tabela 18 – Análises físicas e químicas do Perfil nº4 (número de campo P08)	II-154
Tabela 19 – Análises físicas e químicas do Perfil nº5 (número de campo P06)	II-157
Tabela 20 – Análises físicas e químicas do Perfil nº6 (número de campo P02)	II-159
Tabela 21 – Análises físicas e químicas do Perfil nº7 (número de campo P05)	II-162
Tabela 22 – Processo de avaliação da aptidão agrícola das terras – Área de Influência Direta	II-167
Tabela 23 – Informações dos postos fluviométricos utilizados no estudo	II-179



Tabela 24 – Resumo da população abastecida com águas subterrâneas na RMC	II-199
Tabela 25 – Disponibilidade hídrica dos cenários considerados.....	II-200
Tabela 26 – Resultados de análises bioquímicas do rio Iraí para o posto Pinhais	II-204
Tabela 27 – Resultados de análises bioquímicas do rio Atuba no posto Afonso Camargo.....	II-204
Tabela 28 – Peso dos parâmetros de qualidade das águas para o IQA.....	II-206
Tabela 29 – Categorias do Índice de Qualidade da Água (IQA).....	II-207
Tabela 30 – Pontos amostrados	II-212
Tabela 31 – Resultados para os pontos monitorados na bacia do rio Atuba.....	II-223
Tabela 32 – Resultados para os pontos monitorados na bacia do rio Palmital	II-226
Tabela 33 – Resultados para os pontos monitorados na bacia do rio Iraí	II-229



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Coluna estratigráfica simplificada da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba..... II-75



LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I – Estudo de dispersão atmosférica de poluentes para o Contorno Norte de Curitiba. II-258

APÊNDICE II – Estudo de modelagem matemática de ruídos para o Contorno Norte de Curitiba.. II-258

APÊNDICE III – Registro fotográfico do monitoramento de ruídos e vibrações para o Contorno Norte de Curitiba II-258



LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADA	Área Diretamente Afetada
AGV-PTS	Amostrador de Grande Volume de Partículas Totais em Suspensão
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CECAV	Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas.
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNC	Contorno Norte de Curitiba
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CPVGV	Calibrador Padrão de Vazão para Grande Volume
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DER	Departamento de Estradas e Rodagens
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DOU	Diário Oficial da União
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
GPS	Global Positioning System
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas
IAP	Instituto Ambiental do Paraná



IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social.
IQA	Índice de Qualidade da Água
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geociências do Paraná
LQ	Limite de Quantificação
MINEROPAR	Minerais do Paraná S.A.
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NCA	Nível de Critério de Avaliação
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PCPV	Plano de Controle de Poluição Veicular
pH	Potencial Hidrogeniônico
PI	Partículas Inaláveis
PMP	Província Magmática do Paraná
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição Veicular por Motociclos e Veículos Similares
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

SUREHMA	Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UTM	Universal Transversa de Mercator
VMP	Valor Máximo Permitido



II. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

II.1. INTRODUÇÃO

Neste volume é apresentado o diagnóstico ambiental referente ao levantamento e análise dos componentes do meio físico para compor o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento Contorno Norte de Curitiba (CNC).

Conforme exposto no Volume I deste Estudo, este diagnóstico foi realizado em dois tempos, tendo em vista a necessidade de adequação de determinados levantamentos por ocasião da mudança de alternativa locacional selecionada e apresentada em Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 22 de novembro de 2011 (Documento nº 02001.057826/2011-27).

A mudança de traçado é resultado de tratativas realizadas entre os agentes institucionais envolvidos com a implantação do CNC que, conjuntamente, propuseram modificações visando sua compatibilização com outro projeto viário planejado para a mesma região no âmbito do Programa Pró-Transporte do Ministério das Cidades/PAC da Mobilidade da COPA 2014, denominado de Corredor Metropolitano.

Considerando que o novo arranjo para o CNC permanece integralmente no município de Colombo e entremeia as quatro alternativas locais já analisadas no Estudo outrora apresentado (e referidas no volume I deste EIA), parte significativa do diagnóstico do Meio Físico se repete.

Os critérios de delimitação das Áreas de Influência permanecem os mesmos, com três níveis de abrangência dos possíveis impactos do empreendimento:

- ⇒ **Área de Influência Indireta (AII)** – permanece a delimitação das bacias hidrográficas nas quais o empreendimento se localiza, sendo elas as bacias dos rios Atuba, Palmital e Iraí (Mapa 1);
- ⇒ **Área Influência Direta (AID)** – o espaço destinado às instalações da rodovia acrescido de uma faixa de transição circunscrita numa extensão de 500 m a partir do término da faixa de domínio, isto é, 450 m a partir da zona de amortecimento da ADA (Mapa 2);
- ⇒ **Área Diretamente Afetada (ADA)** – compreende a faixa de domínio com 80 m (definida pelo Projeto Funcional, incluindo o leito da rodovia e suas estruturas componentes), acrescida

de uma faixa de 100 m no entorno imediato, delimitada como zona de amortecimento, totalizando 180 m (vide Mapa 2).

As áreas de influência são tratadas de maneira diferenciada quanto à metodologia de abordagem, sendo que a análise da AII é fundamentada em dados secundários, enquanto que a análise da AID e, principalmente, da ADA é suportada essencialmente em dados primários, obtidos a partir de campanhas de campo.








Considerando a mudança do traçado do CNC, o diagnóstico do meio físico foi reformulado a partir da consulta a novas fontes de dados, realização de novas investigações em campo e reformulação das modelagens matemáticas para os estudos de dispersão atmosférica e análise de ruídos.

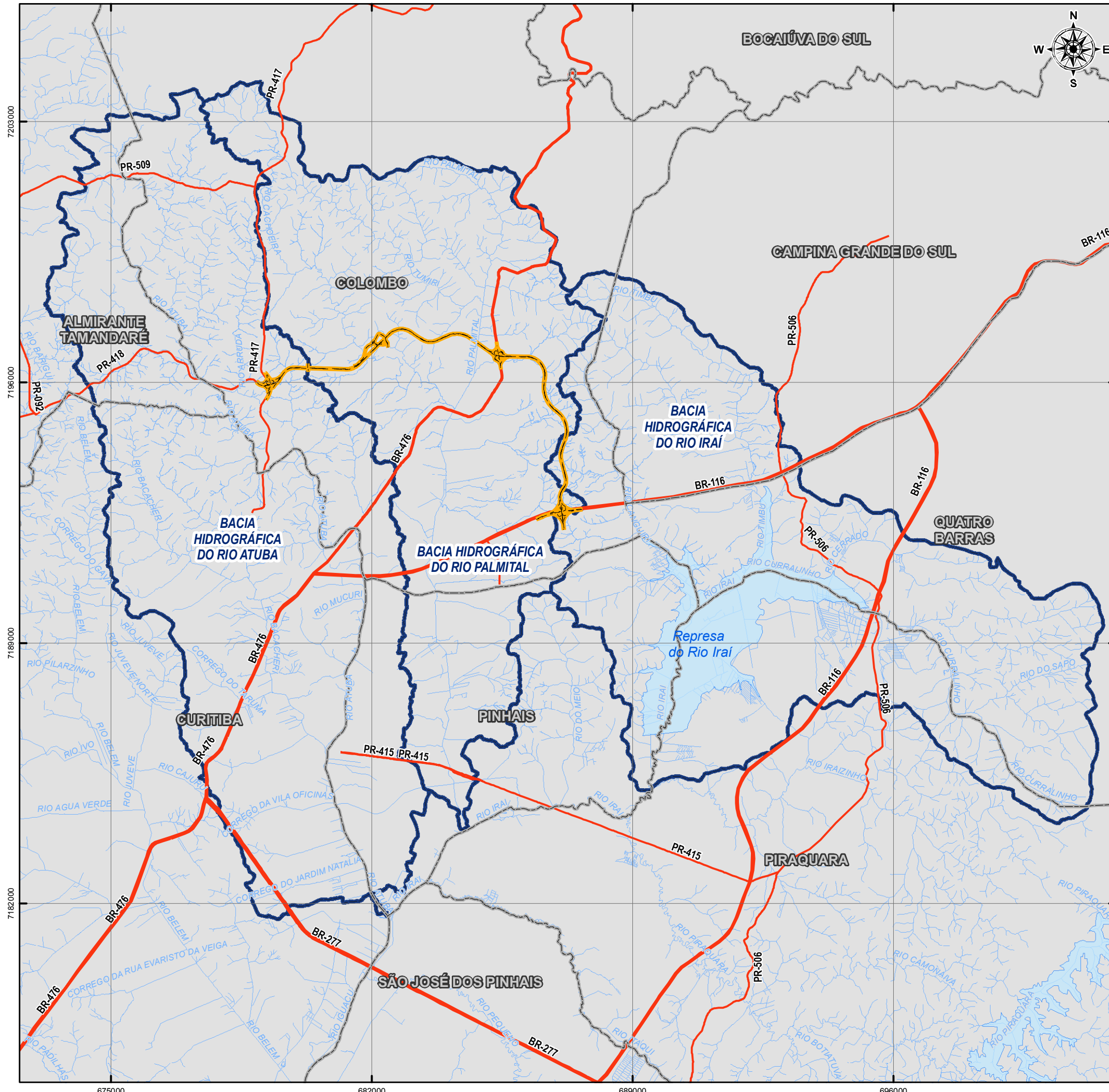
Embora as áreas de influência do meio físico sejam delimitadas de forma idêntica para todos os componentes do meio, o diagnóstico deve relevar as especificidades de cada um, considerando sua distribuição espacial e relevância em relação ao sítio do empreendimento.



ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA PARA O MEIO FÍSICO CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:


-  CONTORNO NORTE DE CURITIBA
-  ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII
-  HIDROGRAFIA
-  CORPOS D'ÁGUA
-  RODOVIAS ESTADUAIS
-  RODOVIAS FEDERAIS
-  LIMITES MUNICIPAIS



LOCALIZAÇÃO










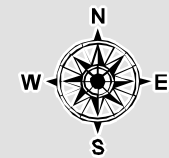
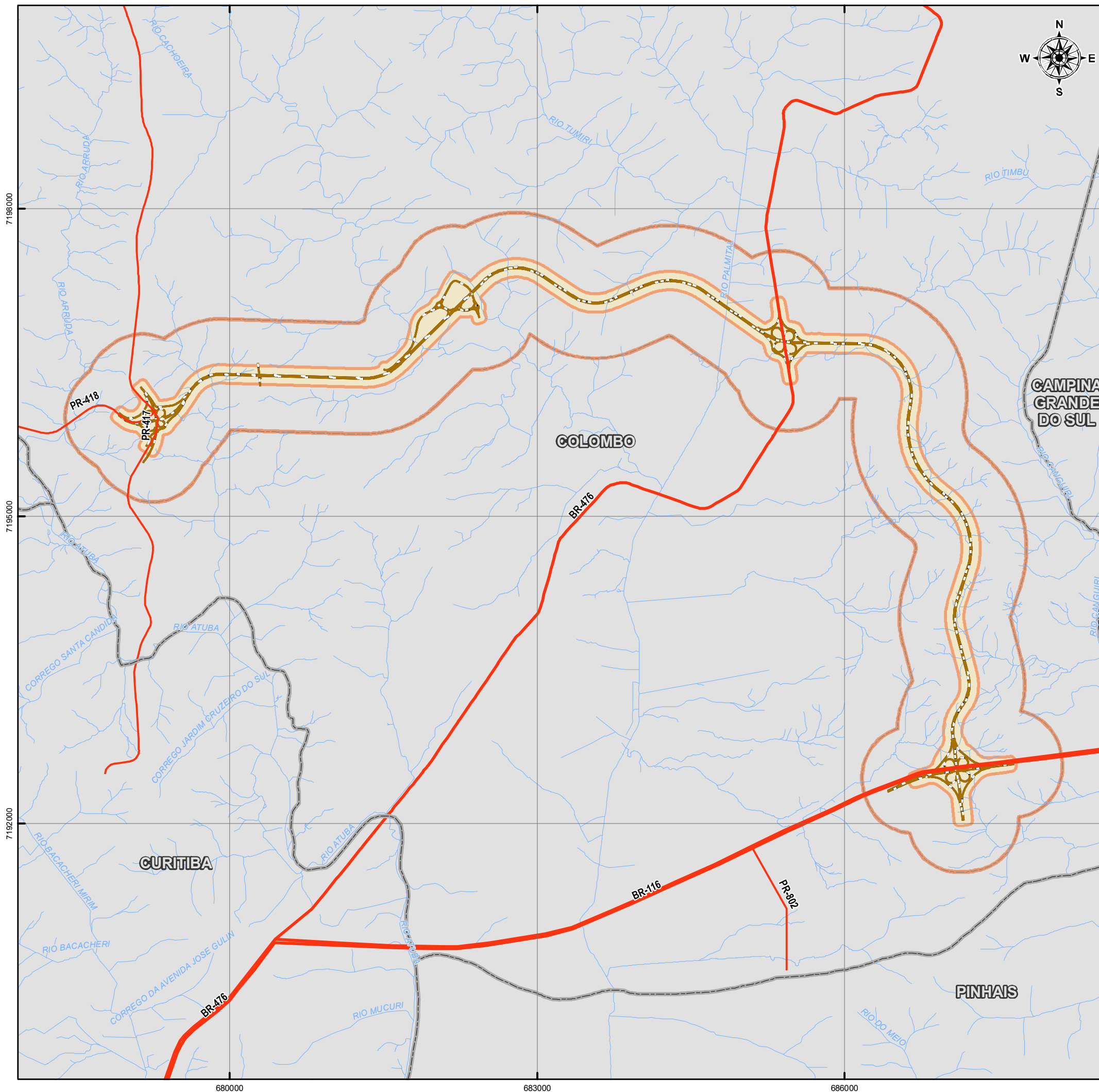
CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO:	EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012
TÍTULO:	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA PARA O MEIO FÍSICO CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA:	UTM SAD69 22S	FONTE: ITCG
ESCALA:	1:105.000	BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D	ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D

**ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA
ÁREA DIRETAMENTE AFETADA
CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR**

LEGENDA:


-  CONTORNO NORTE DE CURITIBA
-  ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
-  ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
-  RODOVIAS ESTADUAIS
-  RODOVIAS FEDERAIS
-  LIMITES MUNICIPAIS
-  HIDROGRAFIA



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - ÁREA DIRETAMENTE AFETADA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FONTE: ITCG
ESCALA: 1:38.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D	BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
	ELABORAÇÃO MAPA: SÔNIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D	

II.2. CLIMA E QUALIDADE DO AR

A poluição atmosférica é resultado do lançamento de gases e partículas a partir de fontes diversas, tais como veiculares e industriais, que representam a maior porção de poluição existente na atmosfera.

A principal origem da emissão veicular é da queima de combustíveis, mas também há emissão de poeiras provenientes da circulação dos veículos, potencializada em vias não pavimentadas, e ressuspensão de partículas diversas por ação do vento.

Nas áreas de Influência Indireta e Direta do Contorno Norte de Curitiba existem diversos tipos de fontes de emissão de poluentes atmosféricos, industriais e veiculares. No município de Colombo destacam-se as emissões de material particulado das atividades de mineração. Além disso, o tráfego em vias não pavimentadas é outra fonte de emissão observada como de grande importância na AID do empreendimento.

Durante a fase de obras, pode haver alteração da qualidade do ar quanto às partículas totais em suspensão na atmosfera, pela emissão resultante das diversas etapas de implantação do empreendimento. Na fase de operação, são os gases de combustão emitidos pela frota circulante no trecho que podem alterar a qualidade do ar no entorno da via. Por isso, o presente estudo traz um diagnóstico da região, descrito neste capítulo, sendo posteriormente apresentados, de maneira quantitativa, os impactos gerados na operação do empreendimento. As orientações quanto à necessidade de acompanhamento dos níveis de poluição atmosférica durante a construção ou operação constam nos planos e programas de monitoramento, apresentados no Volume VI deste EIA.

II.2.1. ASPECTOS LEGAIS

A qualidade do ar do local do empreendimento é avaliada neste estudo com base nos padrões de qualidade do ar estabelecidos pelas resoluções CONAMA 003/90 e SEMA 054/06. Para a caracterização regional, o presente estudo baseia-se em dados secundários da rede de qualidade do ar da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Para avaliação da Área de Influência Direta foi realizado o monitoramento de partículas totais em suspensão, realizado em locais próximos ao traçado do Contorno Norte de Curitiba.

A legislação impõe que nenhuma fonte ou conjunto de fontes pode emitir matéria ou energia em quantidades e condições que possam resultar em concentrações superiores aos limites estabelecidos: os padrões de qualidade do ar. Além dos impactos no seu entorno, as fontes de lançamento de qualquer tipo de matéria ou energia só pode ser realizada observando-se os limites de emissões, as condições e parâmetros de localização, implantação e operação das fontes potenciais de poluição do ar, além dos padrões de qualidade do ar.

No Brasil, a Resolução CONAMA 003/90 estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar. No estado do Paraná a Lei 13.806/02 “dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar”. Os padrões estaduais para qualidade do ar, constantes na Resolução SEMA 054/06, são os mesmos valores estabelecidos pelo CONAMA, cujos limites máximos de concentrações para as substâncias tidas como indicadores da qualidade do ar estão indicados na Tabela 1.

A legislação paranaense traz três tipos de padrões: (a) Padrões de Qualidade do Ar, que representam limites de concentrações ambientais resultantes de todas as fontes em uma determinada região; (b) Padrões de Emissões para Fontes Estacionárias, que são limites de emissões (lançamentos) pelas indústrias; (c) Padrões de Condicionamento de Fontes, que são condições técnicas de implantação ou de operação que devem ser observadas pelas fontes potenciais de poluição atmosférica.

No caso das emissões veiculares, os limites de emissão originaram-se na implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), fortalecido posteriormente pelo Programa de Controle da Poluição Veicular por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT). Esses programas, estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 018/1986 e 297/2002, respectivamente, esta complementada pela Resolução CONAMA 342/2003, limitam as emissões de veículos novos. Como veículos em uso tendem a aumentar a poluição ao longo de sua vida útil, a Resolução CONAMA 418/2009 dispõe sobre a elaboração do PCPV (Plano de Controle de Poluição Veicular) nos estados, obrigando que fossem definidas estratégias para a redução da poluição veicular, especialmente em áreas urbanas, através de um Plano de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso (I/M).

Para a implantação da rodovia e pelas características da área de estudo, a substância de maior interesse de monitoramento é PTS (partículas totais em suspensão), pela sua importância em relação à emissão das demais substâncias. Na sua operação, além de material particulado, há

emissão dos gases de combustão dos veículos. Atualmente, apenas em alguns trechos menos urbanizados da Área de Influência Direta a emissão de gases de combustão é reduzida na Área de Influência Direta do empreendimento, a menos de alguns locais em que já existem rodovias com fluxo de veículos mais significativo.

As concentrações observadas no meio ambiente podem ser classificadas em duas categorias: padrão primário ou secundário, conforme consta na Tabela 1. O padrão primário de qualidade do ar, menos rígido, determina o valor máximo estabelecido, com o objetivo de proteger a saúde humana. O padrão secundário é mais rígido e determina valores abaixo dos quais os danos sejam mínimos ao bem-estar da população, sobre a biota, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Aplicam-se na área do empreendimento os padrões primários de qualidade do ar.

TABELA 1 – PADRÕES DE QUALIDADE DO AR (RESOLUÇÕES CONAMA 003/90 E SEMA 054/06)

POLUENTES	PADRÃO PRIMÁRIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PADRÃO SECUNDÁRIO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TEMPO DE MÉDIA
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240 ^(a)	150 ^(a)	24 h
	80	60	anual ^(c)
Partículas Inaláveis (PI)	150 ^(a)	150 ^(a)	24 h
	50	50	anual ^(b)
Fumaça	150 ^(a)	100 ^(a)	24 h
	60	40	anual ^(b)
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	365 ^(a)	100 ^(a)	24 h
	80	40	anual ^(b)
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	320 ^(a)	190 ^(a)	1 h
	100	100	anual ^(b)
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 ^(a)	40.000 ^(a)	1 h
	10.000	10.000	8 h
Ozônio (O ₃)	160 ^(a)	160 ^(a)	1 h

NOTAS: (A) NÃO DEVE SER EXCEDIDO MAIS DO QUE UMA VEZ AO ANO

(B) MÉDIA ARITMÉTICA

(C) MÉDIA GEOMÉTRICA

II.2.2. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

O diagnóstico de qualidade do ar foi desenvolvido visando caracterizar a Área de Influência Direta (AID) do empreendimento. A AID do Contorno Norte de Curitiba está completamente inserida no município de Colombo, Estado do Paraná, cruzando os seguintes bairros:

- Roça Grande;
- Osasco;
- São Gabriel;



- Itajacuru;
- Santa Gema;
- Das Graças;
- Guaraituba;
- Paloma;
- São Dimas;
- Colônia Faria;
- Rincão;
- Canguiri;
- Mauá;
- Palmital.

Nesta região, porção sul do município, observa-se grande adensamento residencial fruto da expansão do crescimento norte de Curitiba e já existe atualmente uma malha rodoviária considerável, o que inclusive justifica a implantação deste empreendimento objeto de estudo, o Norte. Na Área de Influência Direta do empreendimento estão situados trechos das seguintes rodovias, citadas de oeste para leste:

- PR-418 (Contorno Norte);
- PR-417 (rodovia da Uva);
- BR-476 (estrada da Ribeira);
- BR-116 (rodovia Régis Bittencourt).

Tais empreendimentos, apresentados na Figura 1, já contribuem para um nível de emissão atmosférica alterado em diversas porções do traçado previsto para o Contorno Norte de Curitiba.



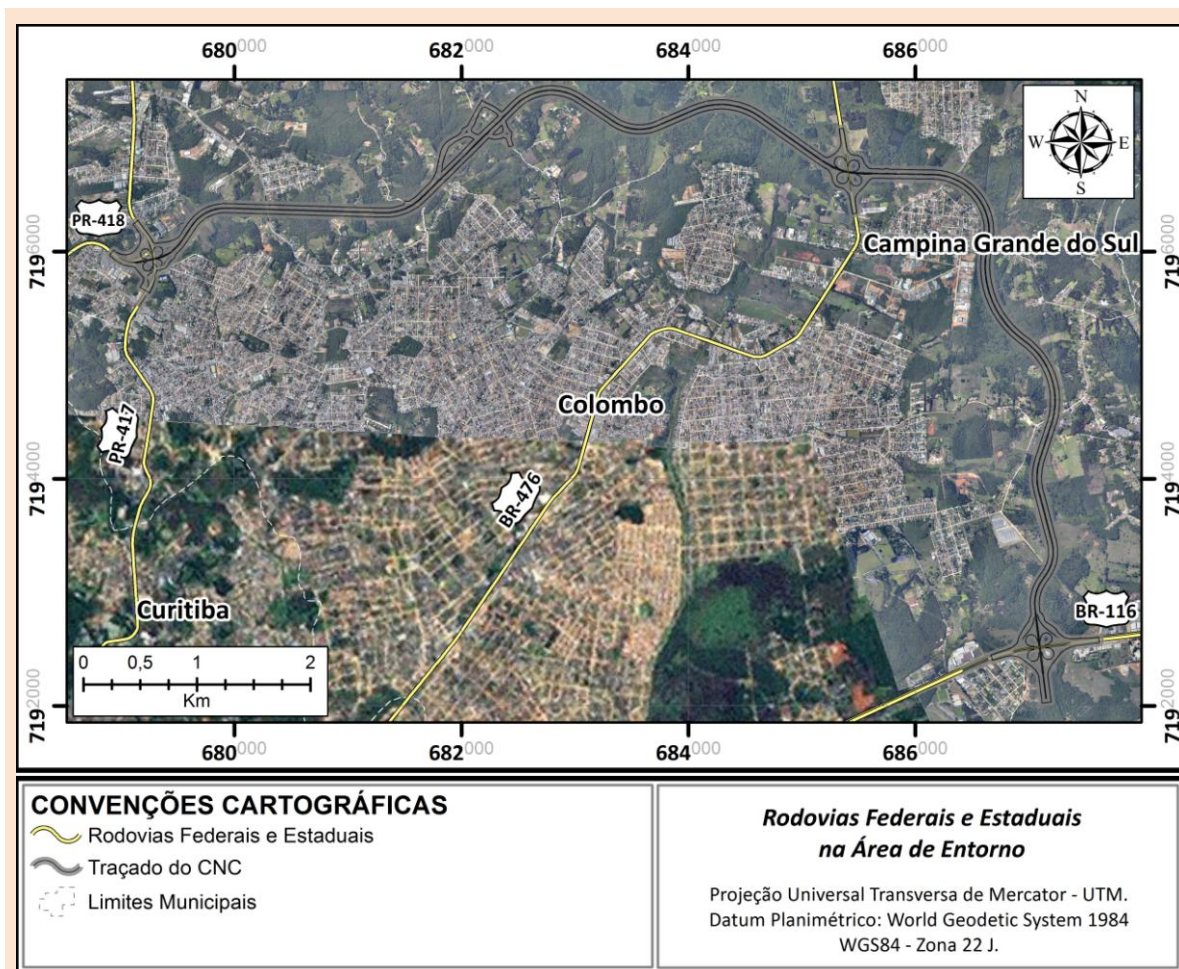


FIGURA 1 – RODOVIAS EXISTENTES NO ENTORNO DO TRAÇADO DO CONTORNO NORTE DE CURITIBA

II.2.3. METODOLOGIA

Os níveis atuais de qualidade do ar em escala regional e a variação histórica são avaliados com base nos relatórios do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), que é responsável pelo monitoramento no estado do Paraná e através de uma campanha de monitoramento que foi realizada próximo da AID do empreendimento.

Para análise local, foi realizada uma campanha de monitoramento, para verificação da qualidade do ar de acordo com as Resoluções SEMA 054/06 e CONAMA 003/90.

II.2.4. LOCAIS DE MONITORAMENTO

A estação de monitoramento mais próxima do local do empreendimento operada pelo IAP é a Estação Manual de Colombo, localizada a aproximadamente 5 km do local do empreendimento,

nas proximidades de empresas de cal e calcário. As coordenadas e altitude da estação Colombo são:

- 25°17'35.96" S;
- 49°13'49.99" O;
- Altitude: 997 m.

Nessa estação do IAP, o parâmetro PTS (Partículas Totais em Suspensão) é monitorado desde 2006, sendo que em 2007 esta estação passou a monitorar também o parâmetro PI (Partículas Inaláveis).

Para uma maior representatividade da qualidade do ar foi realizada uma campanha de medição próximo da AID, com duração de 7 dias consecutivos. A estação de monitoramento foi instalada na Escola Estadual de Guaraituba, no bairro Guaraituba, a escola fica localizada a aproximadamente 1600 metros de distância da ADA do empreendimento. As coordenadas e altitude do ponto de monitoramento são:

- 25°20'48.5" S;
- 49°10'35.1" O;
- Altitude: 912 m.

O ponto de monitoramento escolhido fica numa área de grande densidade de residências, portanto, neste estudo tem-se uma boa representatividade da qualidade do ar da população que sofrerá influência direta do empreendimento. Além da ocupação por residências e o fluxo de veículos, principalmente nas rodovias, destaca-se que na região do monitoramento existem outras fontes de poluição: por ressuspensão de poeira de vias não pavimentadas, uma empresa de terraplenagem em operação, uma marmoraria, uma empresa de lajes, obras de construção civil de cunho residencial e ainda a BR-476 (estrada da Ribeira) que são fontes significativas de material particulado. Todas essas fontes estão em um raio de menos de 1000 metros do ponto de monitoramento.

A seleção deste ponto, além de ser um local com segurança e estrutura para a instalação da estação de medição, caracteriza-se por ser um local representativo para a qualidade do ar a que a

população está exposta. A alteração dos níveis de poluição em função da implantação ou operação do empreendimento deverá manter a qualidade do ar em concentrações abaixo dos padrões já mencionados.

II.2.5. EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

A estação de Colombo do IAP possui um Amostrador de Grande Volume de Partículas Totais em Suspensão (AGV-PTS) e um outro amostrador com separação de Partículas Inaláveis. A estação instalada exclusivamente para este diagnóstico é um AVG-PTS, como da estação do IAP, fabricado pela ENERGÉTICA IND. E COM. LTDA, número de série HVP-0802, que atende as exigências da NBR-9547/97. A Figura 2 mostra o AGV-PTS no local de medição.



FIGURA 2 – AGV-PTS INSTALADO NA ESCOLA ESTADUAL DE GUARAITUBA

O AGV-PTS deve ser calibrado no local de operação e, para isso, foi utilizado um Calibrador Padrão de Vazão para Grande Volume (CPVGV) tipo orifício, número de série CPV-0491.

II.2.6. DADOS METEOROLÓGICOS – CONDIÇÕES DE DISPERSÃO DURANTE A CAMPANHA DE MONITORAMENTO

Para os cálculos das concentrações de PTS e para a calibração do AGV-PTS são necessárias informações da pressão atmosférica e temperatura do ar do local de monitoramento, para o período da campanha. Além disto, para a análise dos resultados são necessários dados de direção e velocidade do vento e de precipitação. Os dados de temperatura do ar, de pressão atmosférica e de direção e velocidade do vento foram adquiridos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O CPTEC possui uma estação meteorológica do tipo METAR localizada no Aeroporto Internacional Afonso Pena em São José dos Pinhais na RMC, que fica a 20 km do local onde foi instalado o AGV-PTS e pode, portanto, representar de forma satisfatória as condições do tempo do local de monitoramento. Os dados desta estação são de frequência horária. A estação METAR do CPTEC não registra dados quantitativos de precipitação, desta forma, recorreu-se à estação meteorológica manual do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, e que fica cerca de 12 km do local de monitoramento de PTS. Os dados fornecidos por esta estação são de precipitação acumulada em 24 horas e tem leitura realizada às 9 horas da manhã no horário de Brasília.

Para a caracterização climática, que será apresentada a seguir, foram utilizados dados meteorológicos históricos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, no mesma área em que a estação manual citada anteriormente, a 12 km. A estação meteorológica automática de Curitiba do INMET registra leitura de frequência horária das seguintes variáveis:

- Temperaturas instantânea, máxima e mínima do ar, em °C;
- Umidades relativas instantânea, máxima e mínima do ar, em %;
- Radiação solar incidente instantânea, em KJ/h.m²;
- Pressões Atmosféricas instantânea, máxima e mínima, em hPa;
- Velocidade do vento, em m/s;
- Direção do Vento, em graus com relação ao norte verdadeiro no sentido horário;
- Pontos de orvalho instantâneo, máximo e mínimo, em °C; e
- Precipitação horária acumulada, em mm.

Essas variáveis possuem leituras de hora em hora, porém para a análise é mais interessante que se disponha de médias diárias e/ou mensais, dependendo do caso. Para tanto, os dados foram processados quando necessário. O período da série de dados utilizada é de quase três anos, a partir de 01/01/2008 até 29/11/2010.



Para auxiliar na análise meteorológica da região, foram utilizadas também as Cartas Climáticas do Estado do Paraná, desenvolvidas no ano 2000 pelo IAPAR. Para o desenvolvimento dessas Cartas o IAPAR utilizou-se de dados das 33 estações agrometeorológicas do próprio instituto que ficam distribuídas ao longo de todo o Estado, estações estas que possuem séries de dados mais longas, permitindo uma análise mais embasada o que enriquece o estudo. Além de suas estações, para o desenvolvimento das cartas pluviométricas, o IAPAR utilizou dados de 144 pontos de coleta distribuídos dentro do Estado do Paraná. E ainda, foram acrescentados dados de 125 postos pluviométricos locados no Estado de São Paulo, próximos à divisa dos estados e dados de 16 postos pluviométricos locados no Estado de Santa Catarina, também próximos à divisa com o Paraná.

II.2.7. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO

As condições climáticas da região são fatores preponderantes para a definição das características de seu meio ambiente. Além disso, as variáveis que regem o clima – principalmente a intensidade e direção do vento, temperatura do ar, precipitação de água, altura da camada-limite atmosférica e estabilidade atmosférica –, bem como as características físicas do local, como o relevo, têm grande influência na forma de dispersão de material particulado gerado por um empreendimento, tanto em sua implantação quanto em sua operação. Portanto, faz-se necessária a presente caracterização e análise do clima da região que será influenciada pela atividade do empreendimento a fim de avaliar o impacto que este pode ocasionar ao meio ambiente de seu entorno.

De acordo com os estudos desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), baseados em dados coletados por estações agrometeorológicas do Instituto, a região do empreendimento está classificada como tipo Cfb segundo o sistema de classificação climática de Köppen. Este tipo refere-se a um clima temperado propriamente dito em que a temperatura do ar no mês mais frio fica abaixo de 18°C e, no mês mais quente, inferior a 22°C. Neste tipo ainda, os verões tendem a ser frescos, e não há estação de seca definida, apesar da tendência de maior concentração de chuvas no verão.

O sistema de classificação climática de Köppen foi desenvolvido com base na análise da vegetação, da temperatura e da precipitação, e é por meio dessas informações que o IAPAR

apresenta duas classificações para o Estado do Paraná: Cfa e Cfb (que é a classificação da área em estudo). Na Figura 3 observa-se a distribuição desses dois tipos de clima no Estado do Paraná.

A identificação do tipo de clima da região do empreendimento é crucial para que se tenha uma noção das características climáticas às quais o empreendimento estará submetido. Além disso, essas características são preponderantes para a forma como ocorre a dispersão dos poluentes atmosféricos que possam ser emitidos pela atividade de um empreendimento. Também é através destas informações que se possibilita a modelagem de dispersão de poluentes.

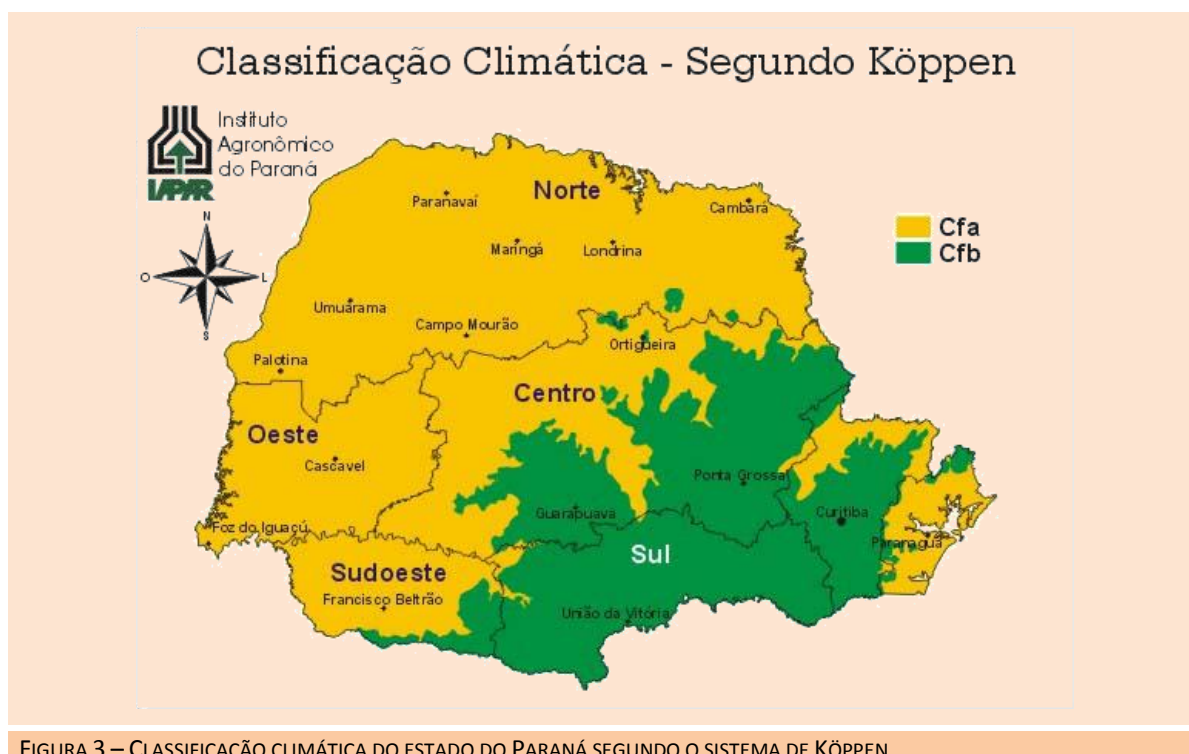


FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DO PARANÁ SEGUNDO O SISTEMA DE KÖPPEN

Apesar de sua eficiência, as características definidas pelo sistema de Köppen não são suficientes para uma análise mais detalhada da dispersão de poluentes em uma região por serem, de certa forma, genéricas. Para uma análise mais contundente, faz-se necessário analisar também dados meteorológicos históricos da região. Como não há registro da existência de uma estação de coleta de dados meteorológicos que possua dados disponíveis no Município de Colombo, utilizou-se a série de dados disponível da estação mais próxima possível. Devido à proximidade da estação do INMET e, pelo fato do clima de Curitiba corresponder ao mesmo tipo segundo o sistema de Köppen, os dados desta estação podem representar de forma satisfatória a região do empreendimento.

II.2.7.1. Temperatura

A variação da temperatura média mensal do ar no Município de Curitiba, de acordo com os dados disponíveis pelo INMET é mostrada no Gráfico 1. Observa-se que a maior temperatura média mensal do ar foi de 23,7°C e ocorreu no mês de fevereiro de 2010. A menor média mensal da temperatura do ar registrada foi de 12,8°C e ocorreu no mês de junho do ano de 2009.

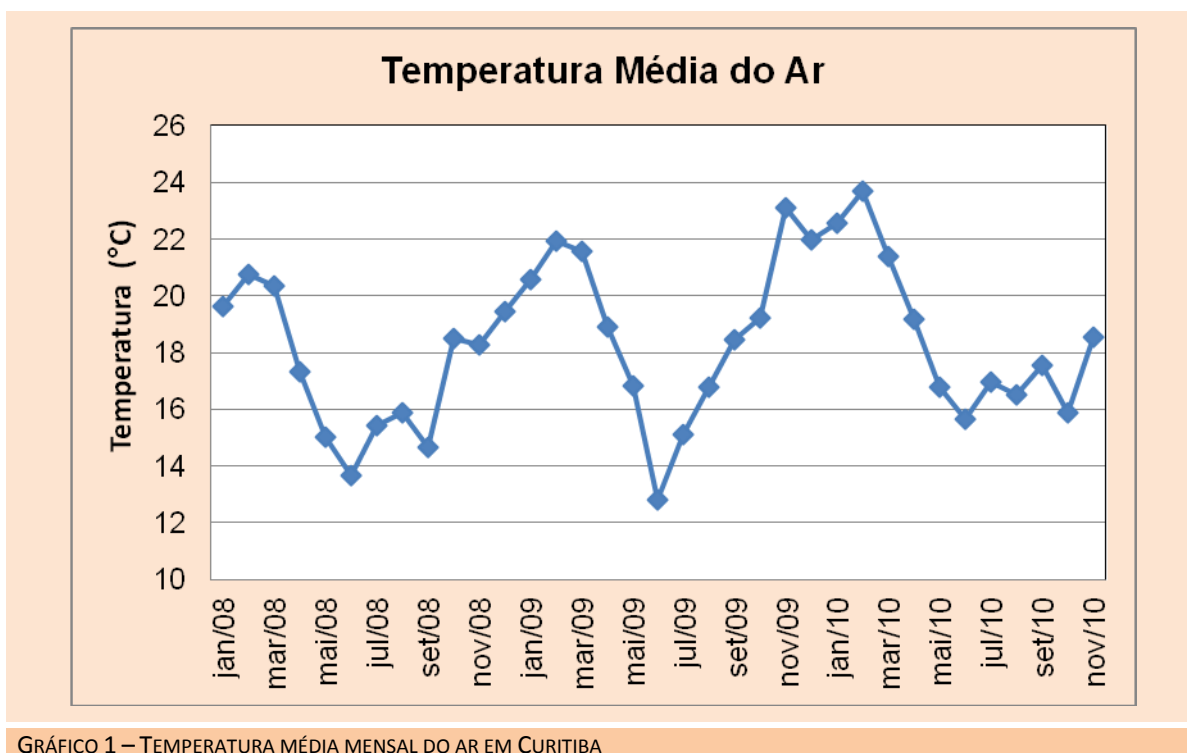


GRÁFICO 1 – TEMPERATURA MÉDIA MENSAL DO AR EM CURITIBA

Esses dados demonstram que a região possui um verão com temperatura condizente à classificação pelo sistema de Köppen definida para a região, apesar de no último verão haver registros de temperaturas médias superiores a 22°C. Ainda neste gráfico pode-se observar que o mês de junho tende a ser o mês mais frio, com um valor médio mensal de 14°C para a temperatura do ar. Já o mês de fevereiro tende a ser o mais quente e registra em média 22,1°C. Este valor supera em apenas 0,1°C o limite definido pela classificação climática de Köppen, e justifica-se pelo último verão ter sido atípico, com temperaturas superiores ao que se observa normalmente.

A Figura 4 e a Figura 5 apresentam as cartas isotermas geradas pelo IAPAR para os meses de fevereiro e junho, respectivamente. As cartas apontam que tanto Curitiba quanto o local do empreendimento tentem a ter uma temperatura média do ar, no mês mais quente, próximo ao

limite estabelecido por Köppen, e, no mês mais frio, temperatura média relativamente mais baixa que o limite.

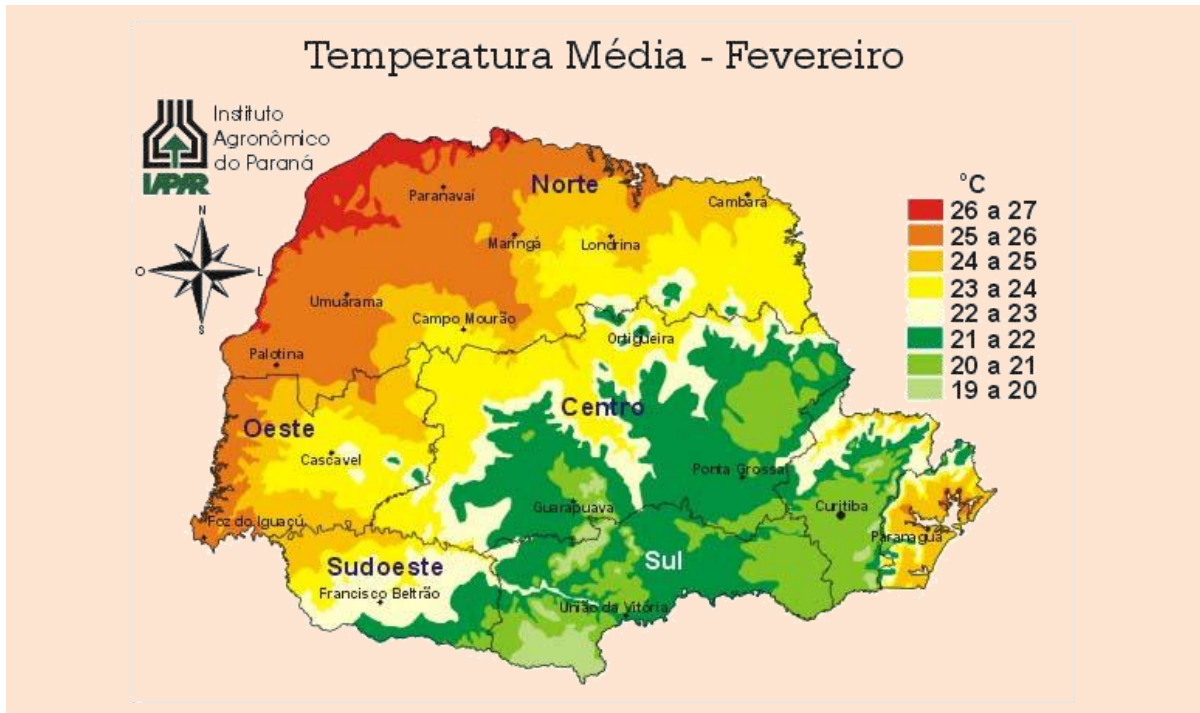


FIGURA 4 – CARTA CLIMÁTICA DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR PARA O MÊS DE FEVEREIRO NO PARANÁ

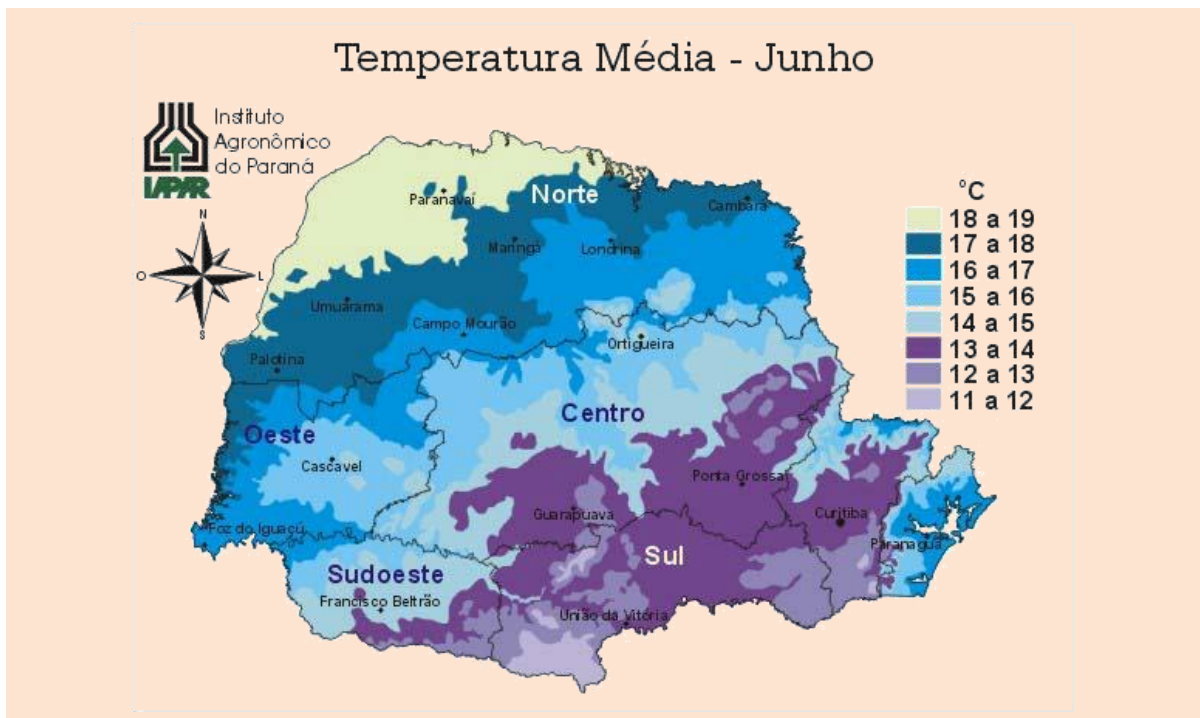


FIGURA 5 – CARTA CLIMÁTICA DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR PARA O MÊS DE JUNHO NO PARANÁ

II.2.7.2. Umidade

A umidade atmosférica é preponderante para a manutenção do meio ambiente. Não fosse a sua presença, não haveria a chuva. Ela é responsável crucial para o conforto térmico do meio e sua regulação. A umidade, em conjunto com outros fatores como relevo, vegetação, posição geográfica, por exemplo, é responsável para regular a amplitude térmica. No Gráfico 2, gerado a partir dos dados meteorológicos da estação do INMET, observa-se que a umidade relativa varia entre 71% e 79,4% em sua média mensal. A média anual calculada é superior a 76% de umidade relativa.

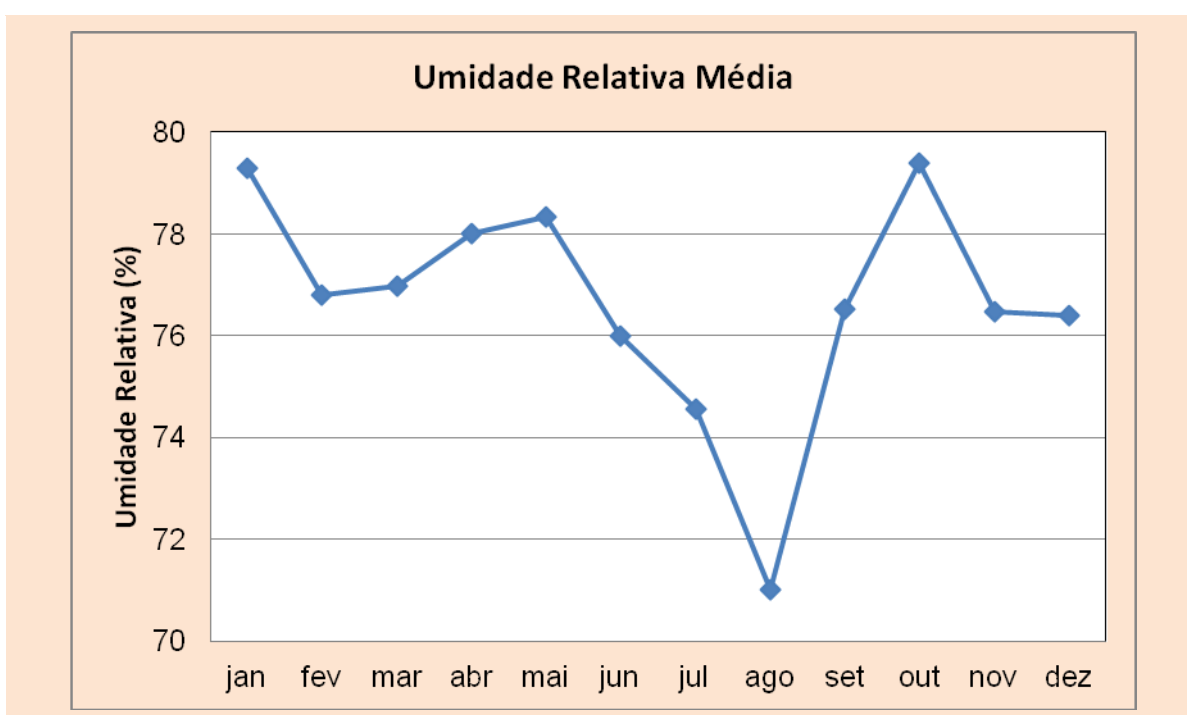


GRÁFICO 2 – UMIDADE RELATIVA MÉDIA MENSAL DO AR EM CURITIBA

II.2.7.3. Precipitação

As precipitações que ocorrem na região de estudo são na maioria das vezes provocadas pelo avanço de frentes frias, caracterizando assim chuvas frontais, causadas pelo encontro de uma massa fria de ar com uma massa de ar quente, típicas de latitudes médias. De acordo com os dados de precipitação da estação meteorológica de Curitiba do INMET, a pluviosidade acumulada anual média para o período de dados disponibilizados foi de cerca 990,2 mm, abaixo do esperado que é entre 1400 mm e 1600 mm, como se pode ver na carta climática da Figura 6. Estes valores acumulados abaixo do esperado não são interessantes do ponto de vista da qualidade do ar

atmosférico, tendo em vista que a chuva é um mecanismo natural importante à medida que realiza a filtragem do ar o que acarreta na diminuição dos níveis de concentração de material particulado em suspensão.

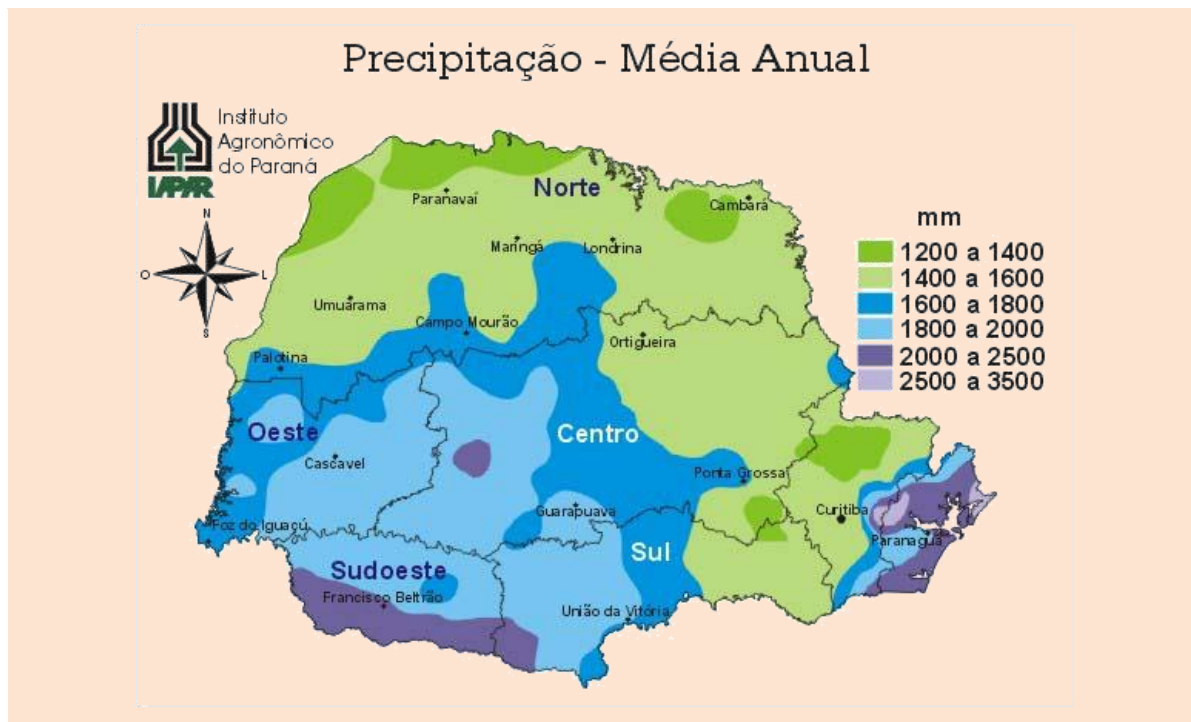


FIGURA 6 – CARTA CLIMÁTICA DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ANUAL NO PARANÁ

Observando os dados de precipitação acumulada mês a mês dos dados disponíveis percebe-se que os meses que impulsionaram a precipitação média anual para baixo foram os meses correspondentes ao outono e ao inverno. Historicamente esses meses realmente são os menos chuvosos, porém, nos últimos anos, principalmente 2009 e 2010 e também 2008, mas neste com menos intensidade, houve meses de estiagem excessiva.

Da Gráfico 3 tem-se que em seis meses dos últimos dois anos a precipitação acumulada em Curitiba foi inferior a 20 mm e em mais cinco deles, foi inferior a 40 mm. Se analisar ano a ano, os últimos dois anos mantiveram-se atípicos quanto ao nível de chuvas, enquanto que 2008 teve uma precipitação acumulada de 1350,2 mm, pouco abaixo do sugerido pela carta gráfica do IAPAR.

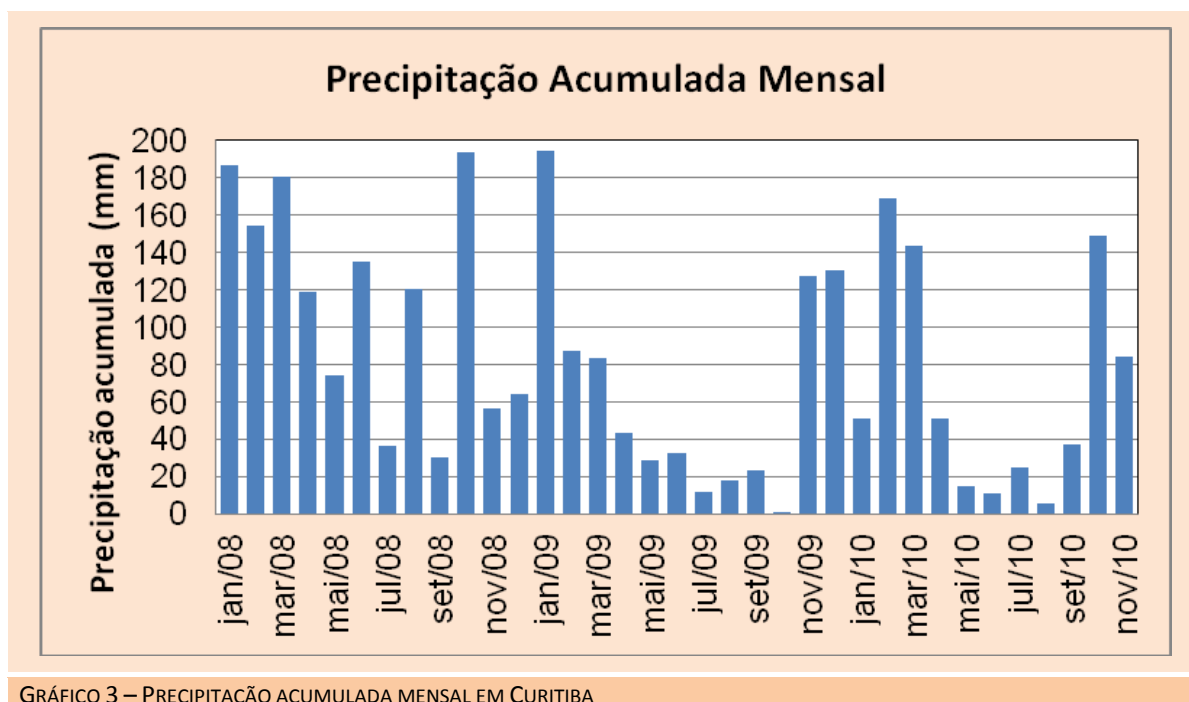


GRÁFICO 3 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL EM CURITIBA

II.2.7.4. Velocidade do vento

A velocidade do vento é um fator fundamental para a sensação térmica, para a evaporação e para a dispersão de poluentes. Casos de calmarias, períodos com velocidades de vento muito baixas, tendem a produzir um aumento na concentração ambiental de contaminantes atmosféricos, pela falta de um fluxo médio que os transportem para longe, e da turbulência que é produzida pelo atrito do vento na superfície da terra.

O Gráfico 4 apresenta as médias mensais de intensidade do vento segundo a estação meteorológica do INMET em Curitiba. Na figura, observa-se que os meses mais frios tendem a ter ventos menos intensos com relação aos meses mais quentes. Pelos dados disponibilizados, o mês que registra menor média de intensidade do vento é o mês de abril, com velocidade do vento em média de 1,79m/s. Já, o mês com maior intensidade do vento é o mês de janeiro com 2,59m/s em média.

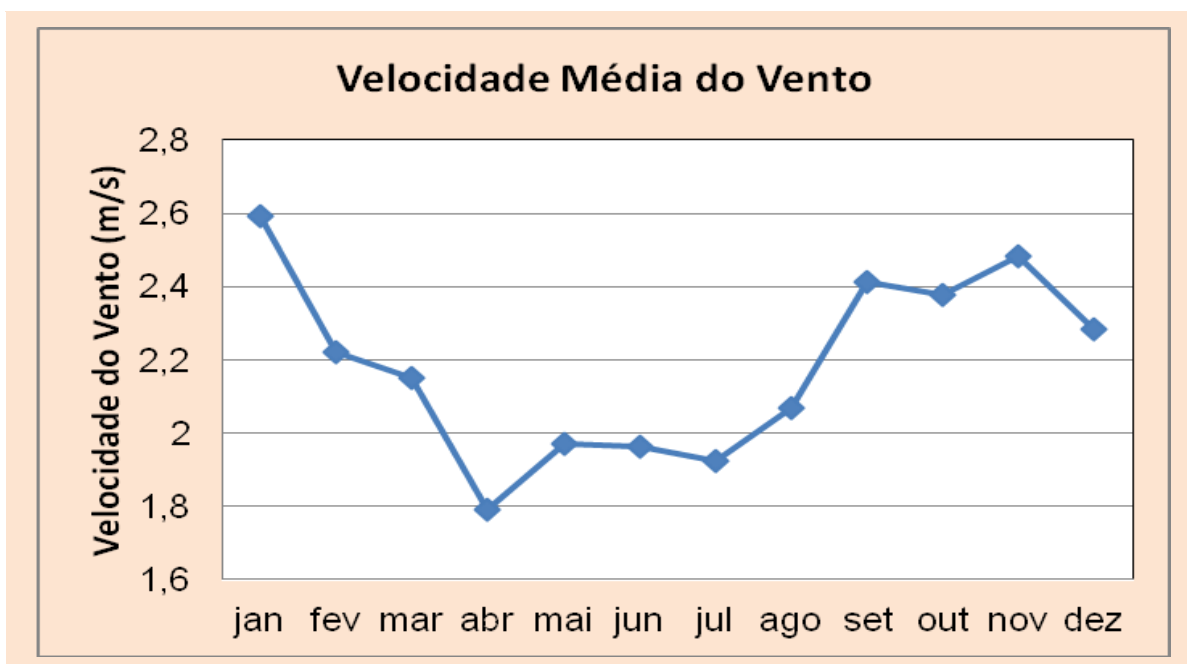


GRÁFICO 4 – VELOCIDADE MÉDIA MENSAL DO AR EM CURITIBA

II.2.7.5. Direção do vento

De acordo com dados da estação meteorológica do INMET, apresentados na Figura 7, a direção predominante do vento na região é de Leste-Nordeste, Leste e Leste-Sudeste, responsáveis por aproximadamente 13,4%, 18,4% e 10,1% das ocorrências, respectivamente, totalizando quase 42% do total de registros. Do restante, mais de 8% das ocorrências são de calmarias e menos de 50% são registros de ventos de outras direções. O estudo da direção do vento é importante afinal é através desta variável que se determina as principais direções para as quais os poluentes atmosféricos irão se dispersar. Neste caso, a tendência é que a dispersão se dê, principalmente, para Oeste.

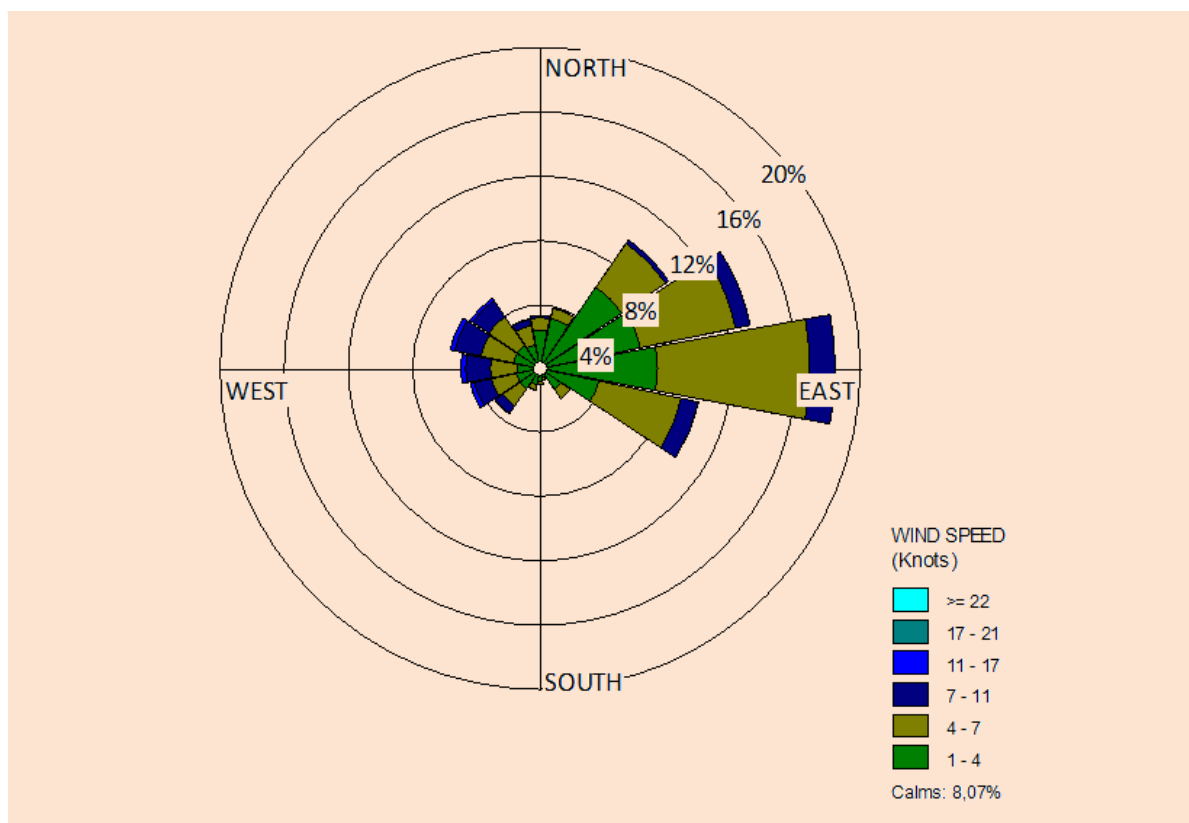


FIGURA 7 – ROSA DOS VENTOS DE CURITIBA

II.2.7.6. Radiação solar

A radiação solar tem importância fundamental no desenvolvimento do meio ambiente, tanto para a fotossíntese da flora local, quanto para a evapotranspiração que é responsável por lançar umidade à atmosfera, e também tem importância na regulação da temperatura do meio. A partir dos dados da estação do INMET tem-se que o mês com maior radiação solar é dezembro, com média igual a 271,7 W/m², enquanto que o mês com menor radiação é junho, com valor médio de 160,3 W/m², como indicado no Gráfico 5. Observa-se, ainda, que nos meses de inverno são registrados os menores valores de radiação solar incidente, o que é justificado pelo maior distanciamento com relação ao Sol neste período.

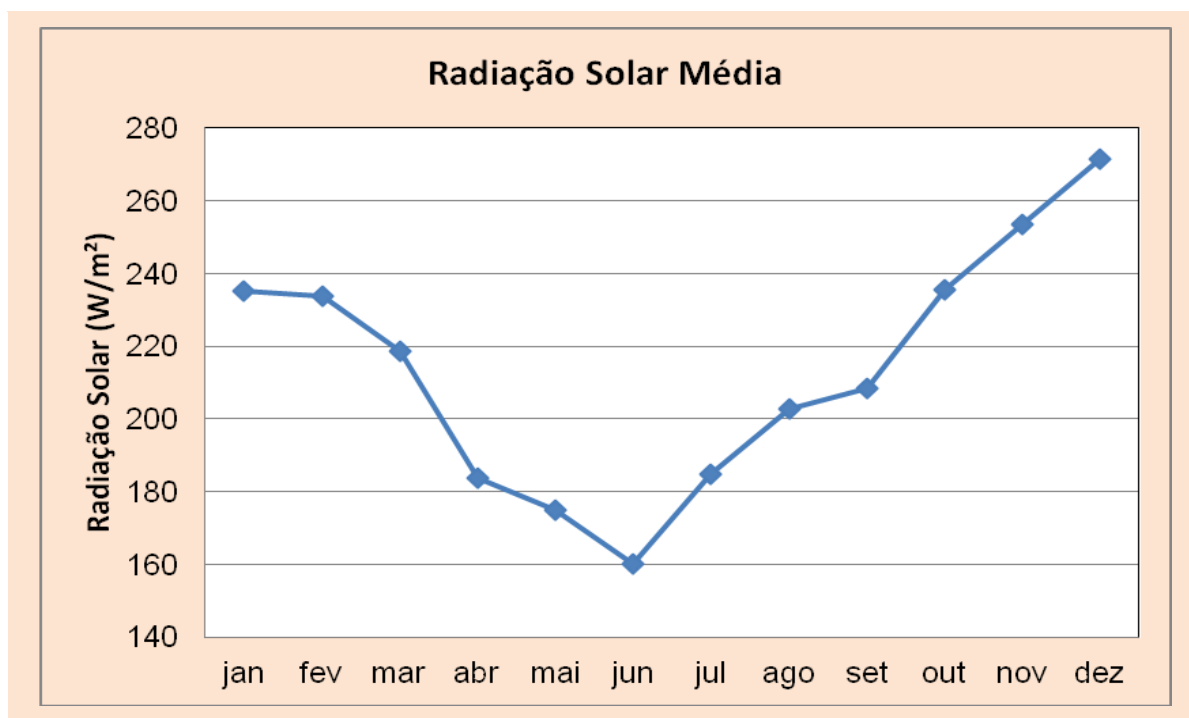


GRÁFICO 5 – RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA MENSAL EM CURITIBA

II.2.7.7. Concentrações de poluentes

Inicialmente, apresentam-se os dados regionais com base no relatório mais recente do IAP e, em seguida, os resultados obtidos pela campanha de monitoramento próximo à AID do empreendimento.

O último relatório de qualidade do ar da Região Metropolitana de Curitiba publicado pelo IAP em 2010 (dados do ano de 2009) apresentou uma média anual de $65,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o PTS. Portanto, pode-se concluir que, em 2009, a média anual esteve abaixo do permitido pela legislação, que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para este parâmetro. Nesta estação, entretanto, a concentração média diária máxima de 2009 ocorreu no dia 18 de maio e foi de $368 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta concentração de PTS está acima da média diária máxima estabelecida pela Resolução SEMA 054/06, que é de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ao longo de todo o ano, a média diária máxima foi ultrapassada dez vezes. Estas violações foram observadas nos meses de inverno e início de primavera, que coincidiram com uma menor quantidade de chuva, ocasionando geralmente condições menos favoráveis à dispersão de poluentes, conforme mostraram as condições meteorológicas regionais.

Para o ano de 2009, de janeiro a dezembro, a média diária foi classificada como Boa em 208 dias, como Regular em 119 e como Inadequada em dez dias, totalizando 337 dias de monitoramento nesse ano.

Já em relação às Partículas Inaláveis (PI), a média anual registrada em 2009 foi $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo a média diária máxima de $203 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada no dia 13 de agosto. A média anual está abaixo do padrão primário de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ao longo do ano, a média diária enquadrou-se como “Boa” em 220 dias, “Regular” em 58 dias e “Inadequada” em três dias, sendo que estes três dias de violação ocorreram em julho, agosto e setembro, meses nos quais as condições à dispersão de poluentes não estava favorecida.

O Gráfico 6 e o Gráfico 7 mostram que apresentam as concentrações médias anuais para todo o histórico de medição da estação Colombo, obtidas a partir dos relatórios de qualidade do ar elaborados pelo IAP, para os parâmetros PTS e PI, para todos os anos em que foram monitorados.

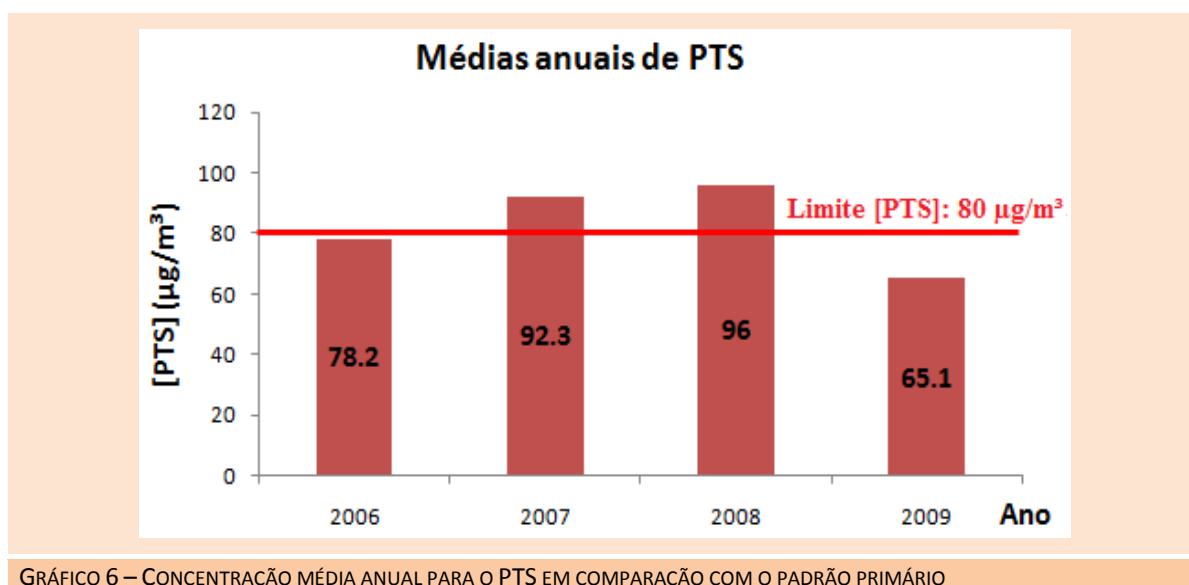


GRÁFICO 6 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL PARA O PTS EM COMPARAÇÃO COM O PADRÃO PRIMÁRIO

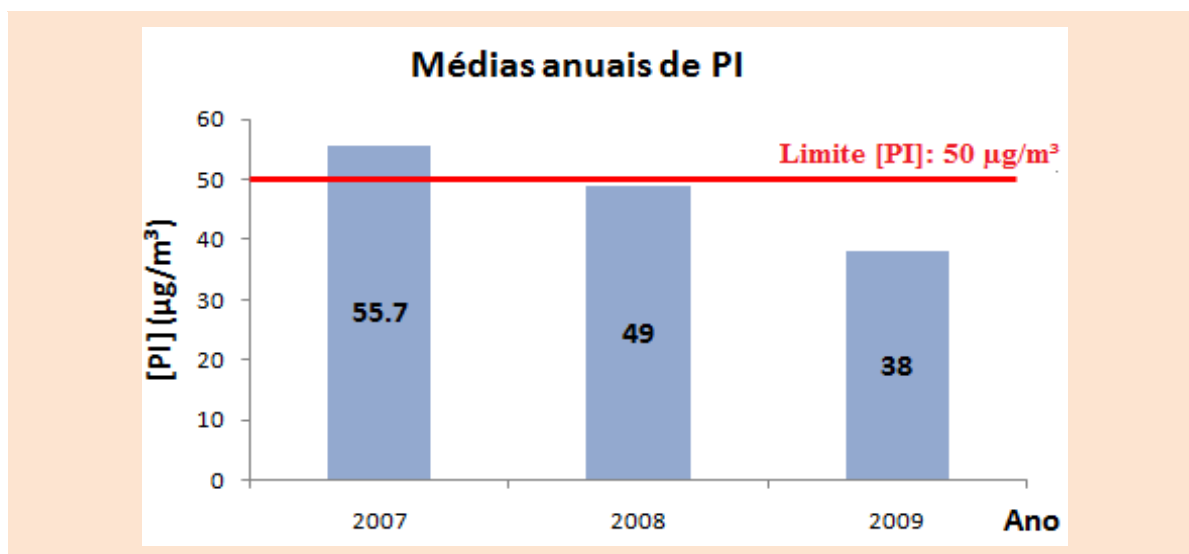


GRÁFICO 7 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA ANUAL PARA O PI EM COMPARAÇÃO COM O PADRÃO PRIMÁRIO

De 2006 a 2008 houve tendência de aumento das concentrações médias anuais de PTS comparativamente aos anos subsequentes. Nos anos de 2007 e 2008, houve extrapolação dos limites estabelecidos para a qualidade do ar para PTS, em 2007 o padrão de PI também foi superado. Já em 2009, conforme mencionado anteriormente, as concentrações anuais atendem aos padrões de qualidade e mostram significativa redução da poluição. Parcialmente, o aumento da poluição em 2007 e 2008 se deu pelas condições meteorológicas desfavoráveis, principalmente pela precipitação, que foi abaixo da média histórica. A melhoria em 2009 também pode ser reflexo da redução de emissões de fontes fixas industriais, pelas exigências legais da Resolução SEMA 054/06.

Para o monitoramento de PTS próximo à AID foi realizada uma campanha de sete dias que compreendeu o período entre 01 de agosto de 2011 (segunda-feira) e 08 de agosto de 2011, conforme descrito na Tabela 2.

TABELA 2 – PERÍODO DO MONITORAMENTO

DIA	INÍCIO	FIM
1	01/08/2011 08:44	02/08/2011 08:35
2	02/08/2011 08:39	03/08/2011 08:39
3	03/08/2011 08:44	04/08/2011 08:42
4	04/08/2011 08:46	05/08/2011 08:58
5	05/08/2011 09:02	06/08/2011 08:55
6	06/08/2011 08:59	07/08/2011 09:11
7	07/08/2011 09:16	08/08/2011 10:16

Os resultados de concentração de PTS obtidos nesta campanha de monitoramento estão dispostos na Tabela 3. Nesta mesma tabela encontram-se as informações meteorológicas mais relevantes do período da campanha. Na sequência, o Gráfico 8 mostra a variação das concentrações ao longo dos sete dias de monitoramento.

TABELA 3 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

DIA	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s)	DIREÇÃO PREDOMINANTE DO VENTO (SETOR)	TEMPERATURA MÉDIA DO AR (°C)	PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ^(A) (mm)
1	9,19	3,89	Noroeste	13,38	28,8
2	69,30	8,74	Oeste	8,54	0
3	105,86	8,02	Oeste	7,04	0
4	157,53	4,40	Oeste / Leste	6,17	0
5	63,84	2,38	Norte / Leste	10,96	0
6	123,14	3,38	Oeste	16,92	0
7	85,61	3,36	Norte-Nordeste / Leste-Nordeste	22,94	0
Média	87,78	4,88	-	12,28	28,8 ^(b)

NOTAS: (A) REFERENTE AO PERÍODO DE 24 HORAS A PARTIR DAS 09H00 DO DIA DE INÍCIO DO MONITORAMENTO

(B) ACUMULADO PARA TODO O PERÍODO DE MONITORAMENTO

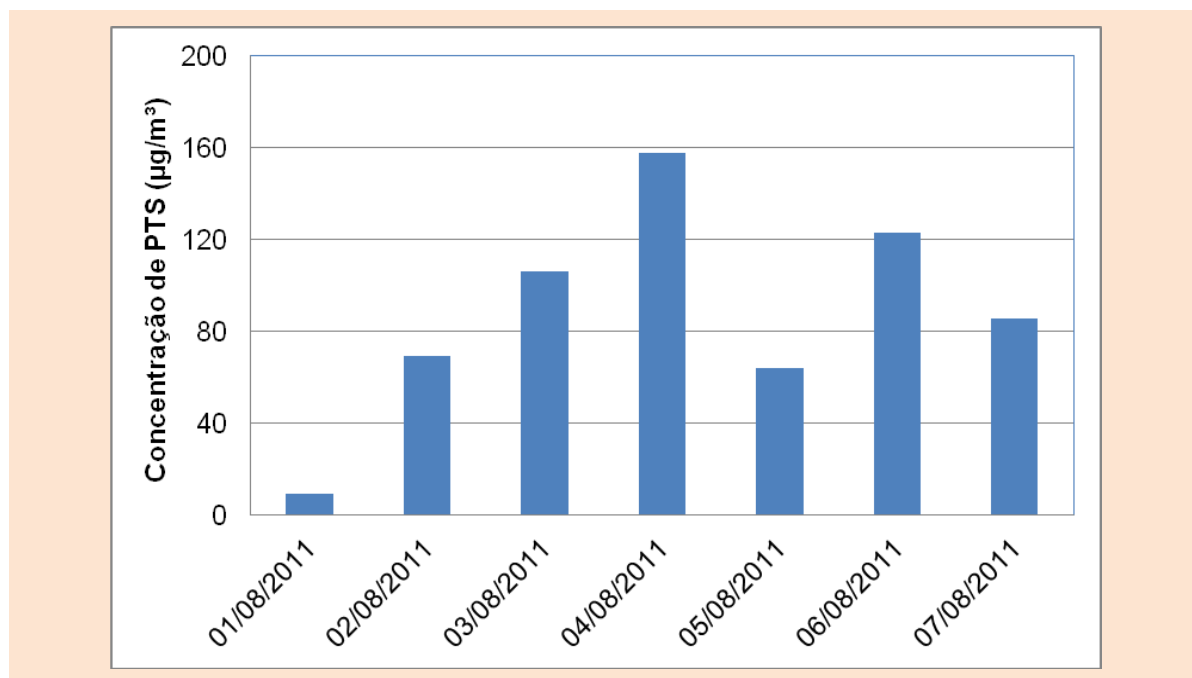


GRÁFICO 8 – CONCENTRAÇÕES DE PTS DURANTE A CAMPANHA DE MONITORAMENTO

Nesta campanha de monitoramento observou-se que houve grande variação nas concentrações de PTS. Enquanto o menor valor foi de $9,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 01/08/2011 (segunda-feira), o maior foi de

157,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 04/08/2011 (quinta-feira). Tal discrepância de resultados pode ser explicada através das observações meteorológicas. Como observado na Tabela 3, o primeiro dia de monitoramento foi predominantemente chuvoso. Vale ressaltar que os dias que antecederam o monitoramento também registraram precipitação.

A chuva é um importante agente de atenuação de concentração de PTS, pois funciona como um mecanismo de filtragem do ar. Além disso, a ocorrência de precipitação atenua ações de fontes fugitivas como, por exemplo, vias não pavimentadas ou solo descoberto e/ou sem vegetação. Para tanto, a chuva mantém as vias e o solo úmidos, dificultando, portanto, que haja suspensão de material particulado, seja por tráfego de pessoas, de automóveis ou por ação do próprio vento.

Dos resultados obtidos ainda pode-se destacar que em nenhum dia de monitoramento a concentração de PTS ultrapassou o valor limite diário máximo de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definido pelas resoluções CONAMA 003/90 e SEMA 054/06. Porém deve-se atentar que a média aritmética de concentração de PTS da campanha foi de 87,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Embora não se devam comparar os valores obtidos durante a campanha de sete dias com a média anual devido à falta de representatividade, a média geométrica da campanha de monitoramento é de 68,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e tende a um valor inferior ao limite anual médio de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definido pela legislação.

A velocidade média do vento do período foi de 4,88 m/s, portanto, consideravelmente alta se analisarmos a média esperada para a região. Apesar de o vento ser uma variável importante para a dispersão de poluentes atmosféricos, ele também pode se tornar um agente negativo para a qualidade do ar.

O local do monitoramento conta com fontes fugitivas como terrenos sem vegetação e vias não pavimentadas. A ocorrência de vento de maior intensidade neste tipo de relevo favorece a ressuspensão de material particulado aumentando, assim, as concentrações de PTS.

II.2.8. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR

Observa-se que as concentrações ambientais medidas na estação de Colombo, pertencente à rede de monitoramento da qualidade do ar do IAP, estão com valores dentro dos padrões anuais de qualidade para o último ano com dados divulgados. Mas ao longo do ano os dados diários

mostram que em 38% e 22% dos dias a qualidade do ar foi classificada como regular ou inadequada para os parâmetros PTS e PI, respectivamente.

Entretanto, a estação está localizada próxima a indústrias de cal e calcário – um tipo de atividade minerária intensa na região – na Área de Influência Indireta, a mais de 5 km do eixo do Contorno Norte de Curitiba.

Com relação ao monitoramento realizado no entorno da AID observa-se que, das concentrações de PTS apresentadas no período, em três dias a qualidade do ar classificou-se como boa, enquanto que nos outros quatro dias a qualidade foi classificada como regular – em nenhum caso o padrão foi violado. A maior concentração de PTS foi de 157,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o padrão diário é de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Destaca-se que o período de monitoramento (início do mês de agosto) compreende a estação de inverno, que historicamente é um período de concentrações mais elevadas com relação à média anual, pois as condições climáticas geralmente são menos favoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera.

Outro ponto relevante que deve ser observado é a ação do vento nas fontes fugitivas durante o período de monitoramento. De acordo com os dados meteorológicos, os ventos foram de intensidade acima do esperado para esta época do ano, o que, combinados à presença de fontes que possibilitam a suspensão de material particulado por ação de ventos mais fortes (como as vias não pavimentadas, por exemplo), permitiram o acréscimo nas concentrações registradas.

O estudo completo (modelagem) da dispersão atmosférica de poluentes para a região de implantação do CNC consta no Apêndice I.

II.3. RUÍDOS E VIBRAÇÕES

Num sentido mais amplo, uma *onda sonora* é qualquer perturbação que se propaga através de um meio elástico, o qual pode ser um gás, um líquido ou um sólido, a uma velocidade característica deste meio. Ondas ultrassônicas, sônicas e infrassônicas são incluídas nesta definição, sendo as sônicas aquelas que podem ser percebidas pelo senso auditivo do ser humano. Neste contexto, o *ruído* é definido como qualquer som que é censurável ao ser humano (BERANEK, 2005).

Mackenzie e Cornwell (1998) definem formalmente ruído como um som – independente de sonoridade – que pode produzir um efeito psicológico ou fisiológico indesejado em um indivíduo e que pode interferir em atividades de um indivíduo ou grupo, tais como comunicação, descanso, trabalho e recreação.

Os estudos de licenciamento ambiental têm cada vez mais abordado a questão da poluição sonora de forma mais detalhada devido à sua relevância. Esse tipo de poluição se faz cada dia mais presente, em particular nas áreas mais urbanizadas, seja pelo grande tráfego de veículos e pessoas, presença de aeroportos, indústrias ou outros fatores emissores.

Praticamente todo problema de ruído envolve um sistema composto de três elementos básicos: uma fonte, um meio de transmissão, e um receptor. Antes que a solução para um problema sonoro complexo seja projetada, a fonte dominante do ruído deve ser conhecida, as características dos meios de transmissão significantes devem ser compreendidas e um critério para o nível permissível do ruído considerado ou desejado naquela situação deve ser disponível.

Estes três elementos do problema sonoro não necessariamente atuam independentemente. A potência sonora que é radiada depende do ambiente da vizinhança da fonte. Por exemplo, uma máquina pode radiar mais som se é colocada no canto de uma sala ao invés de outro lugar. Um interlocutor aumenta ou diminui sua voz dependendo do tamanho e das características de reverberação de um lugar no qual ele está falando. O meio de propagação do som pode ser afetado por detalhes acústicos da fonte e do receptor, como também por suas alturas em relação ao solo. O julgamento de um ouvinte acerca de incômodo sonoro depende do fato de ele estar realizando trabalhos manuais, concentrado numa tarefa criativa, conversando, ouvindo música ou tentando dormir.

A atitude do ouvinte com relação ao ruído pode ser influenciada não apenas pela natureza do meio de propagação e pelo espectro sonoro, mas também por fatores econômicos e psicológicos tais como um bônus por horas gastas trabalhando com ruídos, ou o receio de consequências audiológicas ou financeiras. Todas estas considerações enfatizam que cada problema de ruído envolve um complexo sistema de elementos de interação (BERANEK, 1971).

O presente estudo visa apresentar a condição dos níveis de ruído atuais na AID do Contorno Norte de Curitiba mediante a medição dos níveis de pressão sonora. Tal avaliação, além de compor o diagnóstico ambiental, proverá informações que subsidiarão a elaboração do prognóstico ambiental mediante simulação matemática dos níveis de ruído. Adicionalmente, confrontada a alternativa de disposição linear do empreendimento com o zoneamento do município de Colombo-PR, tal panorama também subsidia a observação com respeito ao atendimento ou não aos limites estabelecidos pelas legislações vigentes, bem como pela indicação dos programas de controle a serem implementados.

II.3.1. ASPECTOS LEGAIS

No local onde o empreendimento está instalado, a poluição sonora e o seu controle são regulamentados apenas por leis/normas na esfera federal. São elas:

- Resolução CONAMA Nº 001/1990- "Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais" - Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU, de 02/04/1990, pág. 6408;
- Resolução CONAMA Nº 001/1993 - "Estabelece, para veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado - Resolução aprovada em 1992 e publicada em 1993" - Data da legislação: 11/02/1993 - Publicação DOU nº 031, de 15/02/1993, págs. 2037-2040;
- Resolução CONAMA Nº 002/1993 - "Estabelece, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado - (*) Resolução aprovada em 1992 e publicada em 1993" - Data da legislação: 11/02/1993 - Publicação DOU nº 031, de 15/02/1993, págs. 2041-2044;



- Resolução CONAMA Nº 006/1993 - "Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infra-estrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído" - Data da legislação: 31/08/1993 - Publicação DOU nº 250, de 01/10/1993, págs. 21533-21534;
- Resolução CONAMA Nº 017/1995 - "Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução nº 018/86, 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" - Data da legislação: 13/12/1995 - Publicação DOU nº 249, de 29/12/1995, págs. 22878-22879;
- Resolução CONAMA Nº 230/1997 - "Proíbe o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de ruído e poluentes" - Data da legislação: 22/08/1997 - Publicação DOU nº 163, de 26/08/1997, págs. 18603-18604;
- Resolução CONAMA Nº 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" - Data da legislação: 30/06/1998 - Publicação DOU nº 148, de 05/08/1998, pág. 043;
- Resolução CONAMA Nº 268/2000 - "Método alternativo para monitoramento de ruído de motocicletas" - Data da legislação: 14/09/2000 - Publicação DOU nº 237, de 11/12/2000, pg. 029;
- Resolução CONAMA Nº 272/2000 - "Define novos limites máximos de emissão de ruídos por veículos automotores" - Data da legislação: 14/09/2000 - Publicação DOU nº 007, de 10/01/2001, pg. 024;
- Resolução Nº 204/2006 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN);
- NBR 10151/2000 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento;



- NBR 10152/1987 – Níveis de ruído para conforto acústico.

Dentre estas, a NBR 10151/2000 estabelece o procedimento e os padrões para “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade”. Esses padrões são mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 – NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO (NCA) PARA AMBIENTES EXTERNOS EM DB(A) – NBR 10151/2000

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO (dB)	NOTURNO (dB)
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Além da legislação brasileira, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece o valor de 55 dB(A) como o valor limítrofe para um período de 16 horas, nível sonoro este que pode determinar o aparecimento de desconforto com a classificação forte desconforto. Para um nível de 50 dB(A) para um período de 16 horas a classificação da Organização Mundial da Saúde é de desconforto moderado.

II.3.2. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

O traçado do Contorno Norte de Curitiba está completamente inserido no município de Colombo, Estado do Paraná, percorrendo 14 bairros, cuja disposição é mostrada na Figura 8.

Nesta região, porção sul do município, observa-se grande adensamento residencial, fruto da expansão do crescimento norte de Curitiba e a existência atual de uma malha rodoviária considerável, fato que, inclusive, justifica a implantação do empreendimento objeto de estudo. Na Área de Influência Direta do empreendimento estão situados trechos das seguintes rodovias, citadas de oeste para leste:

- PR-418 (Contorno Norte);
- PR-417 (rodovia da Uva);
- BR-476 (estrada da Ribeira);
- BR-116 (rodovia Régis Bittencourt).



A Zona de Uso Diversificado 1 (ZUD 1) e a Zona de Parques (Z-PARQUES) pode ser enquadrada pela NBR 10151:2000 como sendo “Área mista, predominantemente residencial” a julgar pelo que consta no Plano Diretor Municipal de Colombo, Lei N° 875/2004:

“Art. 75. As Zonas de Uso Diversificado 1 são aquelas cujas condições ambientais exigem controle no adensamento, destinando-se basicamente ao uso residencial e turístico...”

Com relação à Zona de Uso Diversificado 3 (ZUD 3), fica definido que pode ser enquadrada como sendo “Área mista, com vocação comercial e administrativa” conforme a NBR 10151:2000, mediante interpretação do disposto no Plano Diretor Municipal:

“Art. 76. As Zonas de Uso Diversificado 2 e 3 caracterizam-se por:

- I. Potenciais construtivos de terrenos médios, condicionados à implantação de infra- estrutura urbana;*
- II. Edificação horizontal ou verticalização baixa condicionada às declividades dos terrenos.*

Parágrafo único. São prioridades para as Zonas de Uso Diversificado 2 e 3 para implantação de Infra- Estrutura Urbana:

- I. Ampliação do saneamento básico, com investimentos públicos em áreas ocupadas por população de baixa renda;*
- II. Valorização de área de concentração comercial para formação de subcentros.”*

Nesta mesma Lei as Zonas de Uso Predominantemente Industrial são diferenciadas apenas pela possibilidade ou não de localizarem-se próximo às Zonas de Uso Diversificado e ambas podem enquadrar-se na tipologia “Área predominantemente industrial” constante na NBR 10151:2000.

Vale salientar que tal definição subjetiva que se dá mediante interpretação da norma NBR 10151:2000 e do Plano Diretor só se faz necessária devido à inexistência de legislação municipal que discorra especificamente sobre os níveis permitidos de pressão sonora de acordo com o zoneamento.

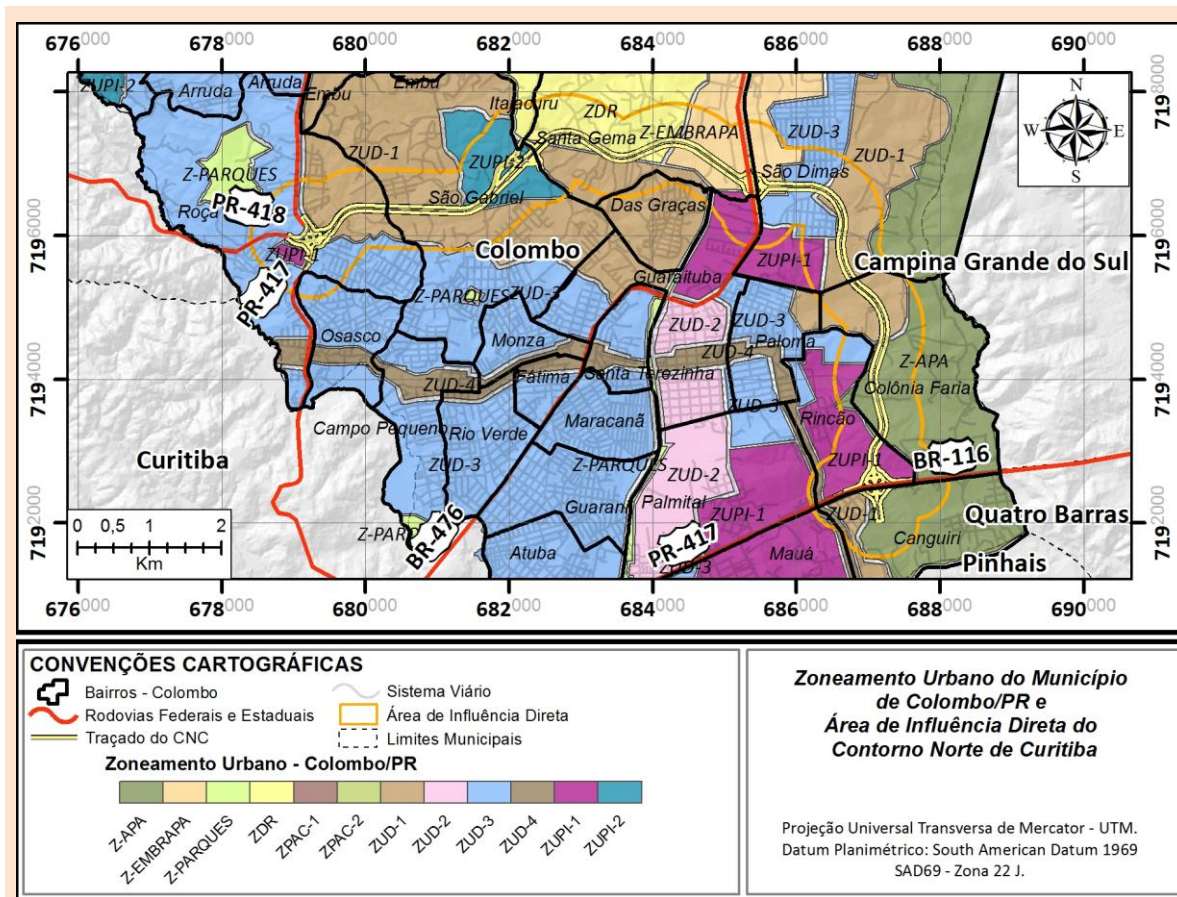


FIGURA 9 – ZONEAMENTO URBANO DE COLOMBO NAS IMEDIAÇÕES DO CONTORNO NORTE DE CURITIBA

Com relação às zonas da APA do Iraí e da área institucional da Embrapa, o Plano Diretor dispõe o seguinte:

“Art. 70. São condições para a ocupação da Área de Proteção Ambiental do rio Iraí:

- I. Adequação ao Plano de Manejo ou de Ocupação elaborado pelo respectivo órgão gestor;
- II. Na eventual ausência do Plano de Manejo ou de Ocupação serão observados os parâmetros próprios de **ZUD I** para a área delimitada como trecho da APA do Iraí ou da área institucional da Embrapa.”

Com relação a este artigo, vale salientar que a APA do rio Iraí possui zoneamento concluído em 1996 e revisado em 2000. No trecho final do Contorno Norte de Curitiba predominam as seguintes zonas, apresentadas no Decreto 2.200 do ano 2000:

- Corredor Especial de Indústria, Comércio e Serviços – CICS;

- Corredor Especial de Uso Turístico – CEUT;
- Zona de Conservação da Vida Silvestre III - ZCVS;
- Zona de Conservação da Vida Silvestre III – ZCVS III;
- Zona de Ocupação Orientada I- ZOO I;
- Zona de Ocupação Orientada III- ZOO III.

Para tal zoneamento, fica definido aqui que a o CICS é definido como sendo de “Área predominantemente industrial” e as demais zonas, como “Área mista, predominantemente residencial”, em virtude das características regionais observadas *in situ*.

II.3.3. ÁREA DE MONITORAMENTO

Para monitoramento e diagnóstico ambiental ficou definido que a área de estudo para a avaliação do ruído abrangerá a Área de Influência Direta do traçado do Contorno Norte de Curitiba.

II.3.4. METODOLOGIA

Para a elaboração do diagnóstico e, posteriormente, do prognóstico ambiental mediante simulação matemática faz-se necessária a obtenção de dados primários dos níveis de ruídos observados atualmente. Inicialmente, para diagnóstico ambiental, foram monitorados pontos amostrais a fim de caracterizar o chamado “nível de ruído ambiente (L_{ra})”, que é o nível de pressão sonora no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão (futura rodovia). Tal caracterização foi realizada conforme preconiza a NBR 10151:2000 nos períodos diurno e noturno e visaram à avaliação de diversos locais, buscando uma abrangência do entorno tão boa quanto possível.

Como a norma não estipula a duração do monitoramento e o conjunto de pontos definidos para o diagnóstico ambiental contava com 21 pontos locados na AID, optou-se pela medição de cinco minutos (300 segundos) em cada ponto durante o período diurno e um minuto (60 segundos) durante o período noturno.

Isto se deve a diversos fatores, tanto de logística quanto de objetivos, visto que neste diagnóstico são buscadas as magnitudes dos níveis de pressão sonora ambiente, sem a necessidade de um maior detalhamento num ponto específico.

II.3.5. EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Para a realização de um bom monitoramento são necessários instrumentos de medição confiáveis e calibrados. Dessa forma, para a campanha de monitoramento dos níveis de ruído atuais, foi utilizado o seguinte conjunto de equipamentos:

- Medidor de Nível de Pressão Sonora (decibelímetro) com Filtro de Banda de Oitava e Terça de Oitava DEC-5030, marca INSTRUTHERM (Figura 10-a);
- Calibrador MSL-1326, marca MINIPA, com dois níveis de calibração e precisão de $\pm 0,5$ dB para calibrar o decibelímetro antes e depois das medições (Figura 10-b);
- GPS de navegação etrex Vista HCx, marca GARMIN, para registro dos pontos de amostragem (Figura 10-c).



FIGURA 10 – DECIBELÍMETRO (A), CALIBRADOR (B) E GPS DE NAVEGAÇÃO (C)

II.3.6. ESCOLHA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

Previamente ao monitoramento uma análise para a identificação de pontos acessíveis e representativos já foi realizada, ainda em escritório. Para tanto se utilizou de bases cartográficas e do sensoriamento remoto em busca de pontos de amostragem que se mostrassem representativos dos níveis de ruído atuais e que também servissem como uma base consolidada para comparação com resultados futuros de monitoramentos nas fases de construção e/ou operação da nova rodovia. Além disto, buscou-se ainda nesta locação proximidade das

amostragens com os adensamentos residenciais e futuras interseções situadas na Área Diretamente Afetada.

Com base nestes critérios, foram definidos ao todo 21 pontos de monitoramento de níveis de pressão sonora, cujas definições quanto à adoção do Nível de Critério de Avaliação (NCA) da norma NBR 10151:2000 constam na Tabela 5. Tais pontos são apresentados na Figura 11.

TABELA 5 – NÍVEL DE CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO NCA DEFINIDOS PARA OS PONTOS MONITORADOS

PONTO	ZONEAMENTO	TIPOS DE ÁREAS (NBR 10.151:2000)
OHL 01R	CICS*	Área Predominantemente Industrial
OHL 02R	CEUT*	Área mista, predominantemente residencial
OHL 03R	ZCVS III*	Área mista, predominantemente residencial
OHL 04R	ZOO III*	Área mista, predominantemente residencial
OHL 05R	ZOO I*	Área mista, predominantemente residencial
OHL 06R	ZCVS III*	Área mista, predominantemente residencial
OHL 07R	ZUD-3	Área mista, com vocação comercial e administrativa
OHL 08R	Z- EMBRAPA (ZUD 1)	Área mista, predominantemente residencial
OHL 09R	ZUD-3	Área mista, com vocação comercial e administrativa
OHL 10R	ZUD-3	Área mista, com vocação comercial e administrativa
OHL 11R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 12R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 13R	ZDR	Área de Sítios e Fazendas
OHL 14R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 15R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 16R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 17R	ZUPI-2	Área Predominantemente Industrial
OHL 18R	ZUPI-2	Área Predominantemente Industrial
OHL 19R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 20R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial
OHL 21R	ZUD-1	Área mista, predominantemente residencial



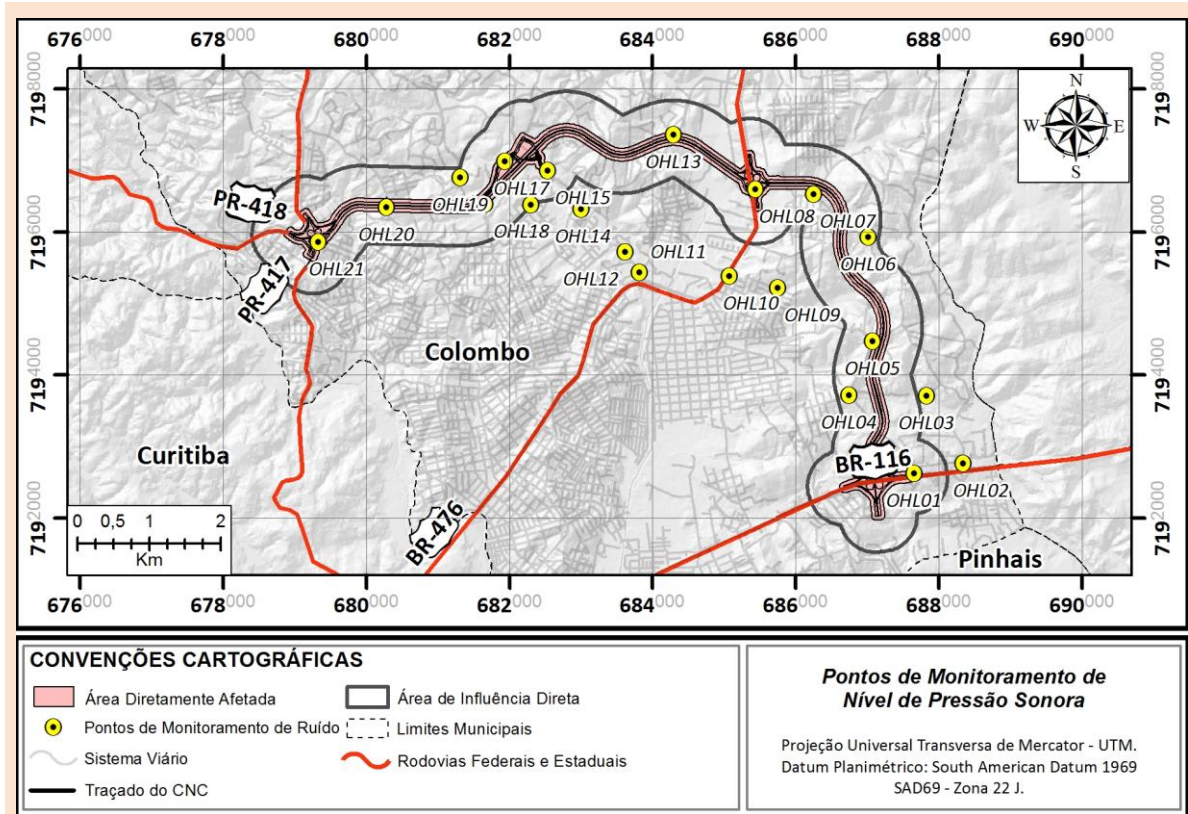


FIGURA 11 – PONTOS DE MONITORAMENTO DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

O estudo de modelagem matemática de ruídos e o registro fotográfico dos pontos de monitoramento de ruídos são apresentados no Apêndice II e Apêndice III, respectivamente.

II.3.7. DIAGNÓSTICO DO MONITORAMENTO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES

Do Gráfico 9 ao Gráfico 29 são apresentados os registros instantâneos, com frequência de 1 segundo, para cada um dos 21 pontos monitorados, sendo que estes ficaram subdivididos nas seguintes áreas: OHL 03, 09, 10, 12 e 14 (área de interesse), OHL 04, 06, 11, 16 e 19 (Área de Influência Direta) e OHL 01, 05, 07, 08, 13, 15, 17, 18, 20 e 21 (Área Diretamente Afetada). Conforme discutido anteriormente, ficou definido um período de medição de 300 segundos durante o período diurno e 60 segundos para o período noturno, salvo aqueles pontos próximos a vias com grande circulação, onde o período monitorado à noite também foi de 300 segundos.

Os registros do monitoramento noturno do ponto OHL 16R não são apresentados em virtude de problemas na operação do Medidor do Nível de Pressão Sonora. Todavia, a exemplo dos demais, seus níveis de L_{Aeq} , $L_{Amáx}$ e $L_{Amín}$, calculados pelo equipamento foram anotados tão logo terminou a medição e são apresentados em seguida, no resumo dos resultados.

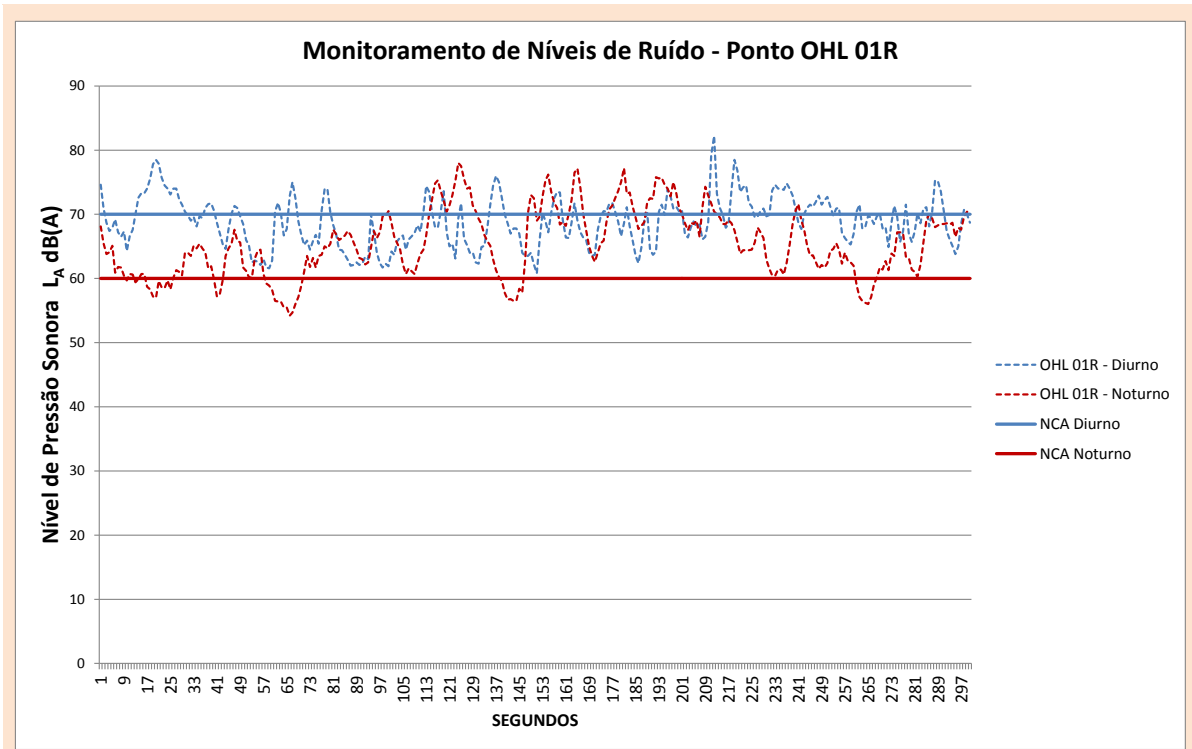


GRÁFICO 9 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 01R

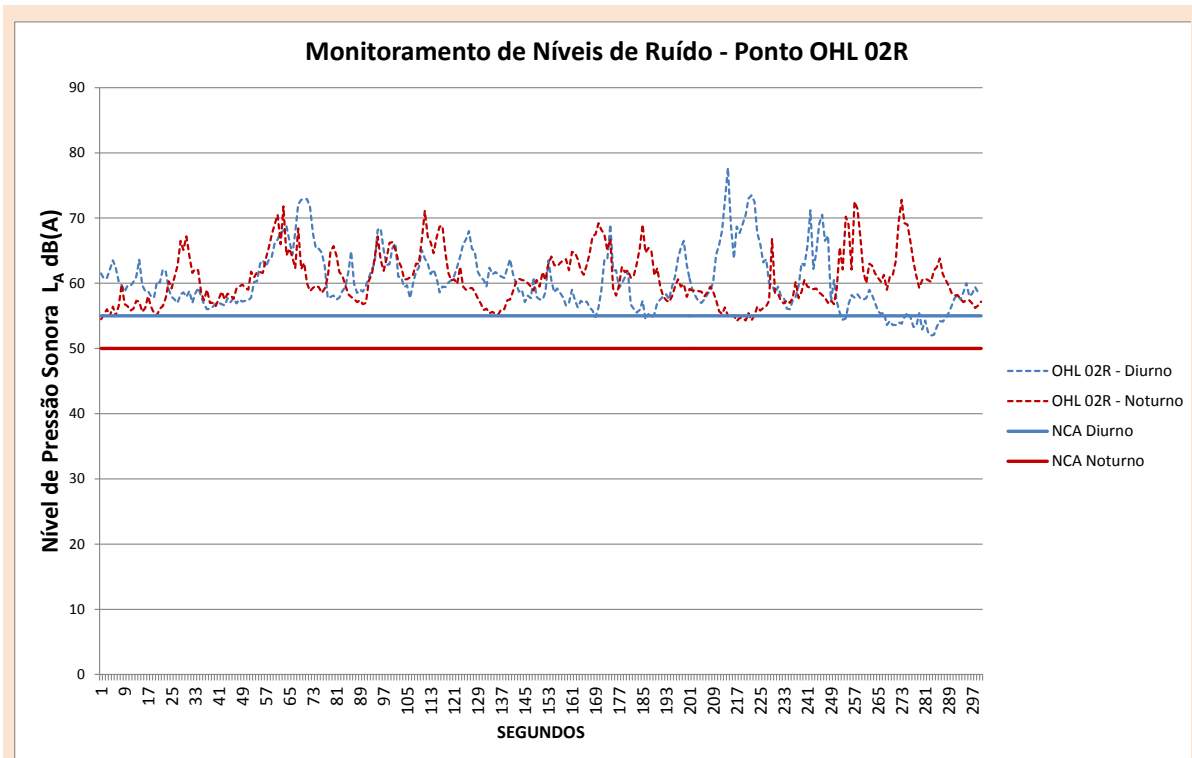


GRÁFICO 10 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 02R

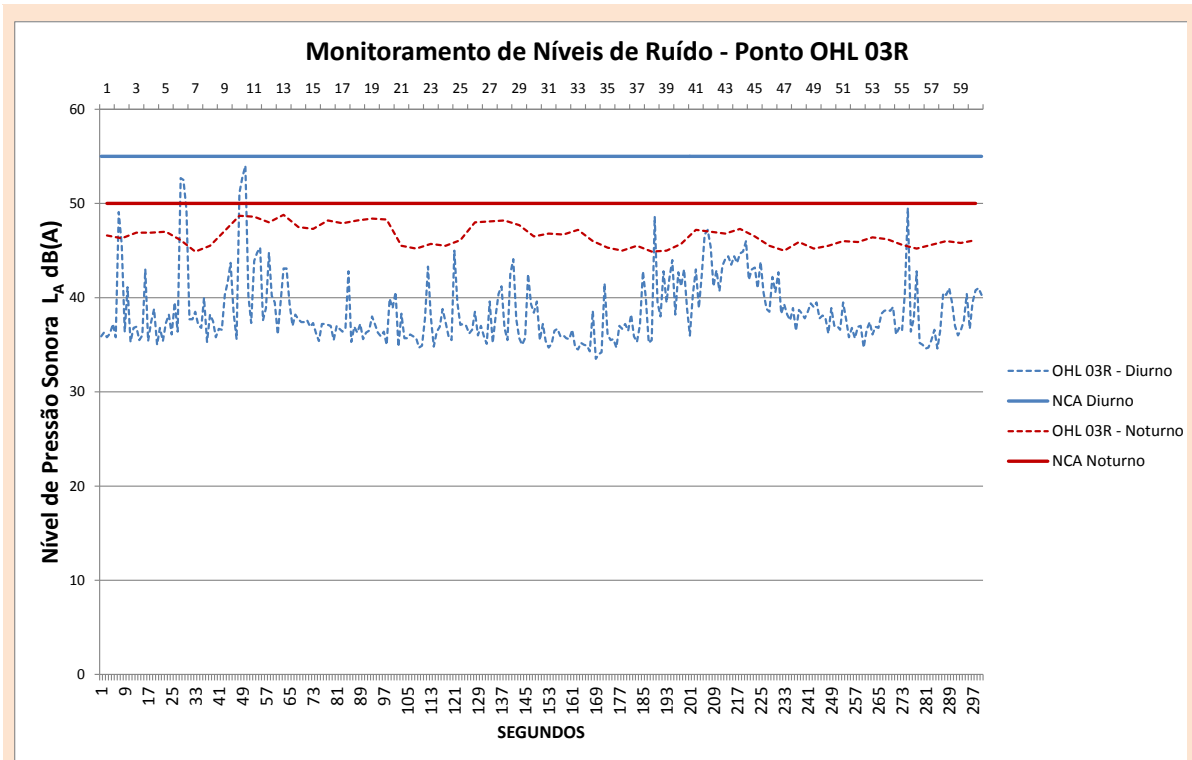


GRÁFICO 11 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 03R

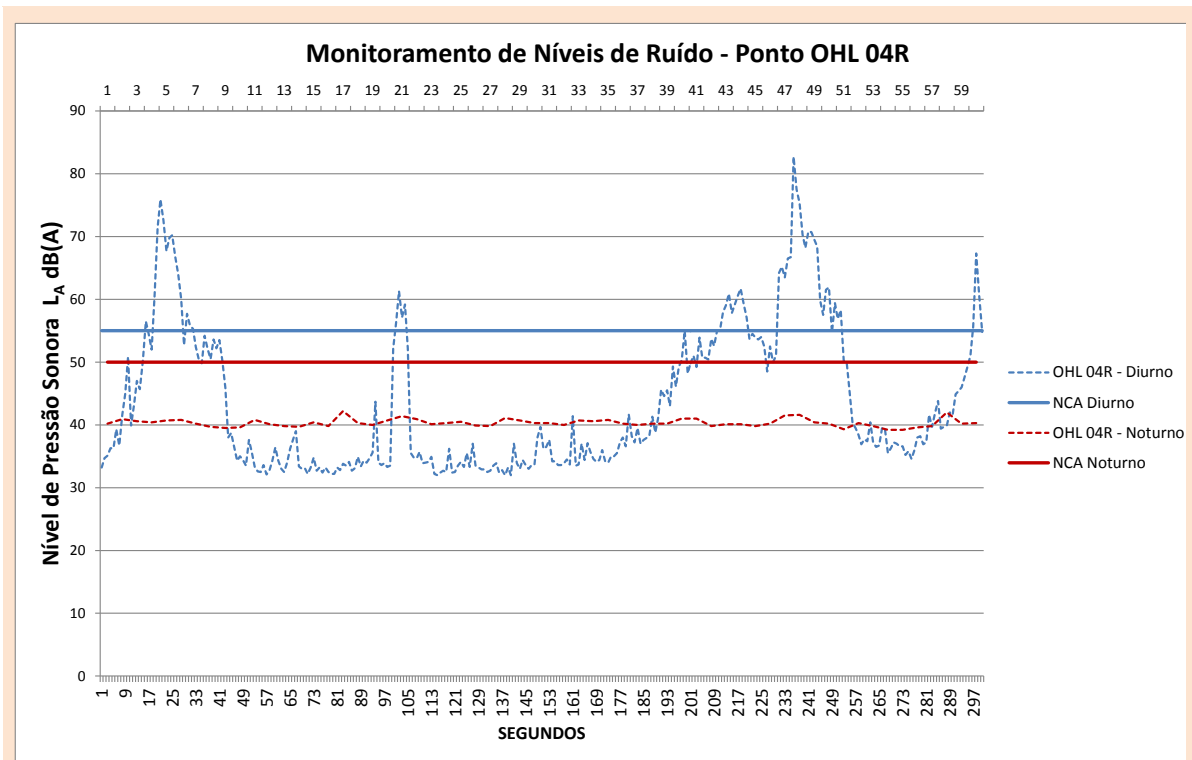


GRÁFICO 12 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 04R

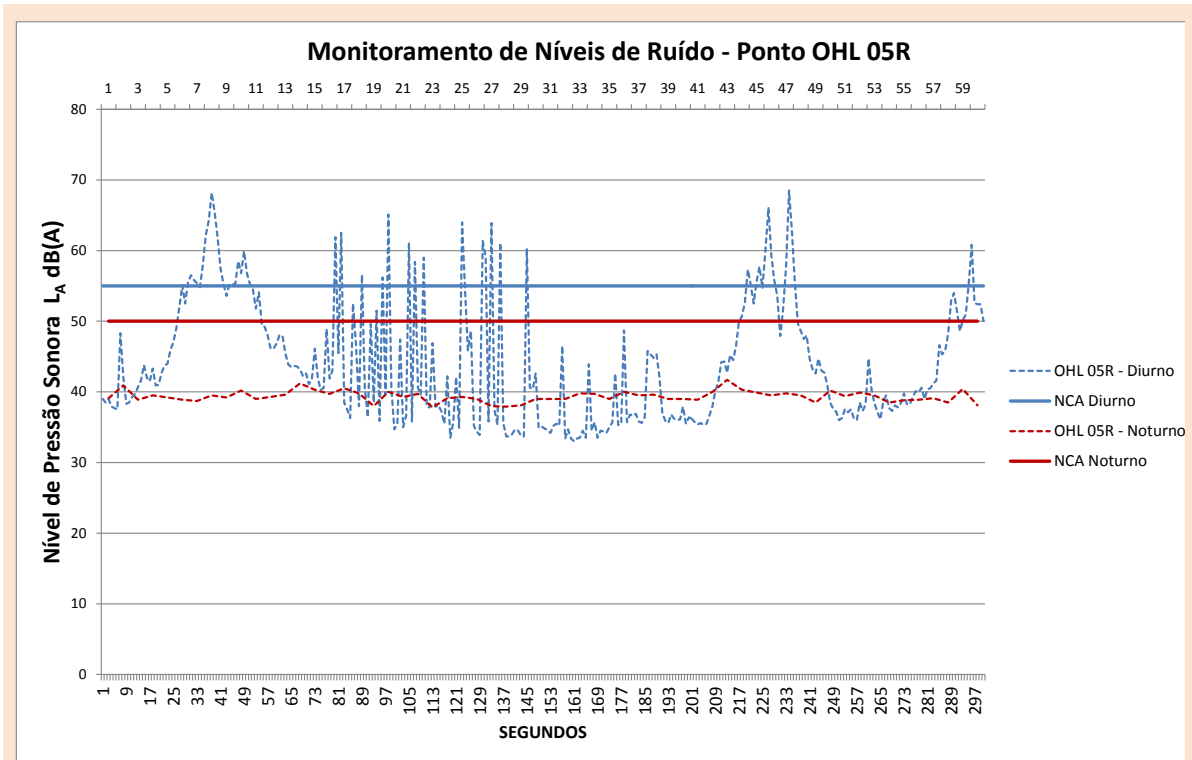


GRÁFICO 13 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 05R

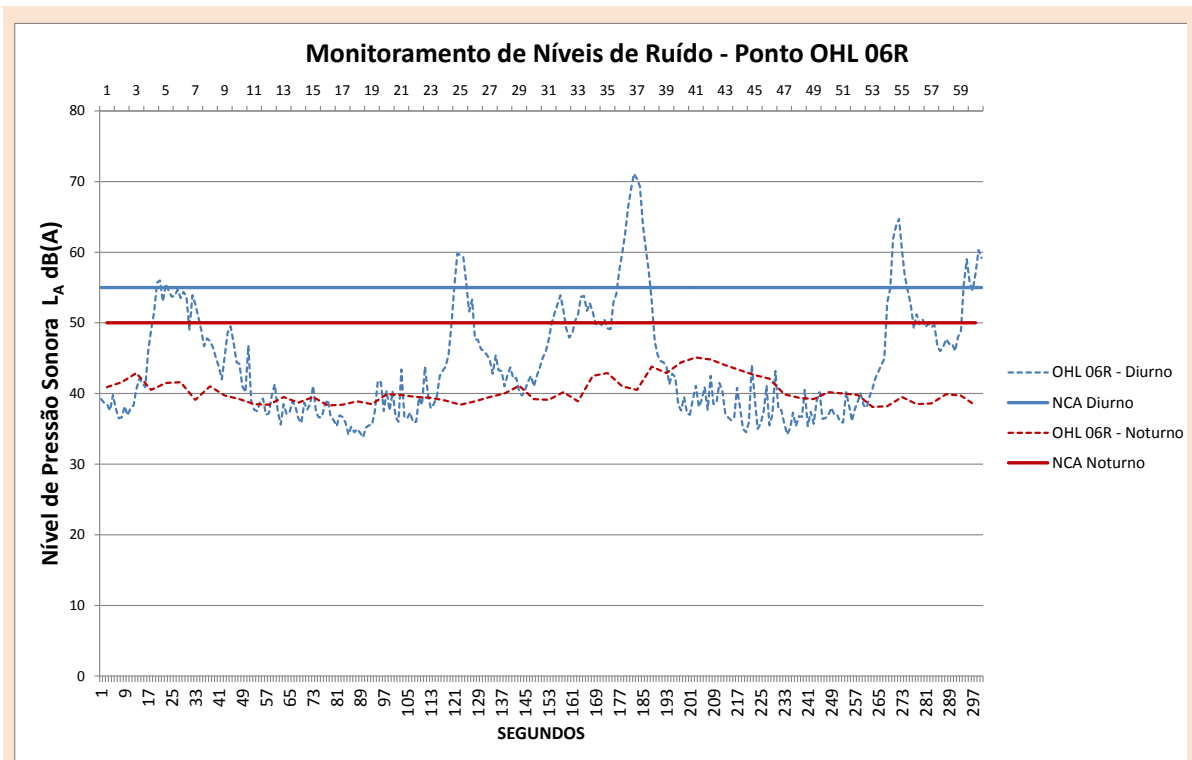


GRÁFICO 14 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 06R

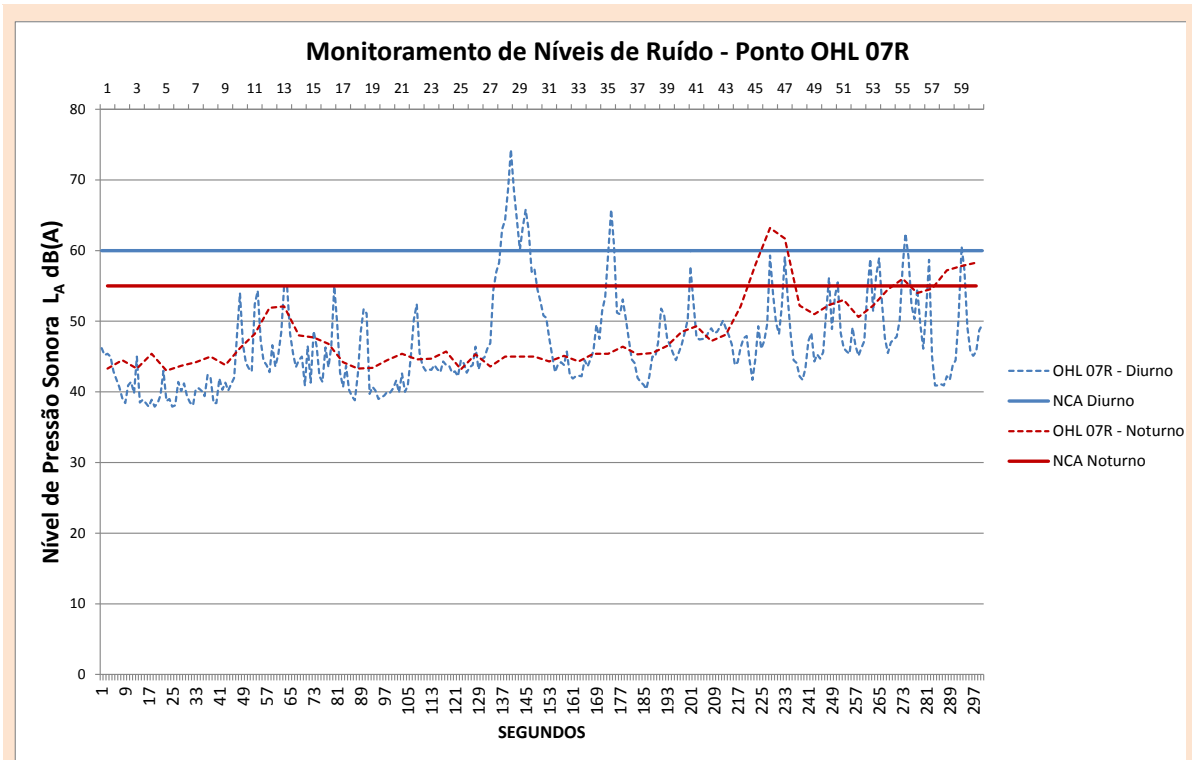


GRÁFICO 15 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 07R

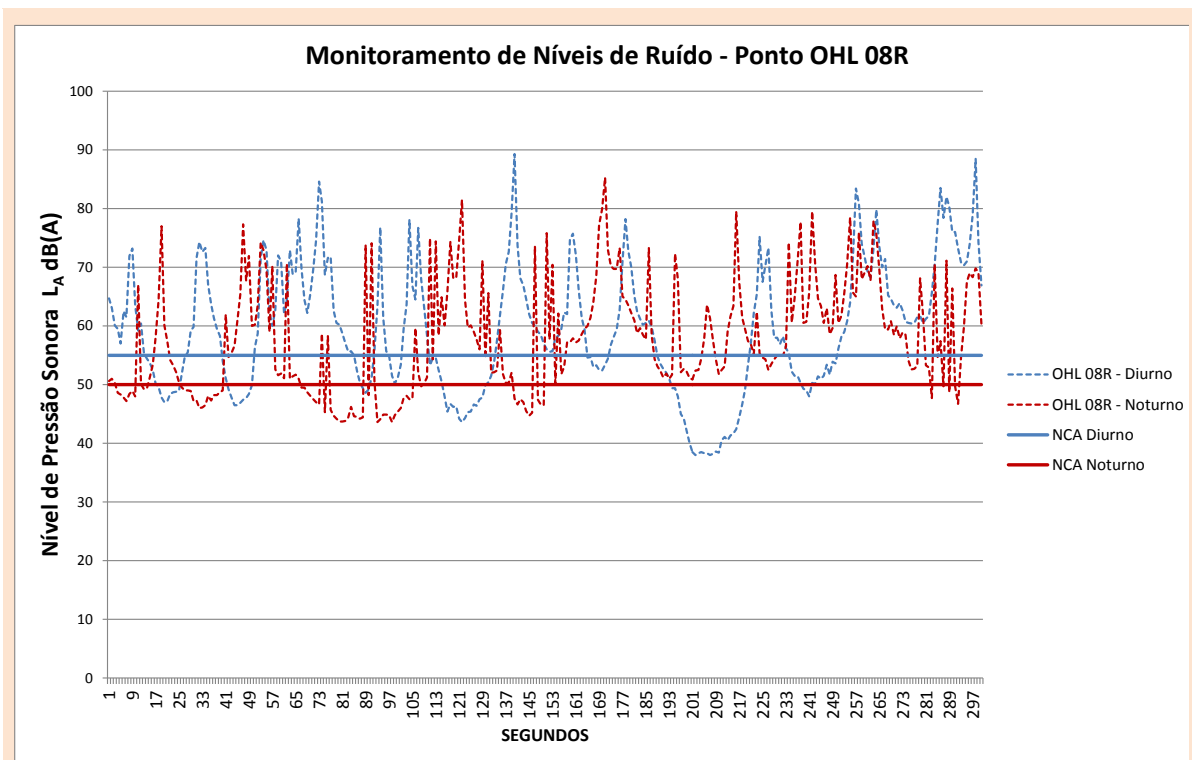


GRÁFICO 16 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 08R

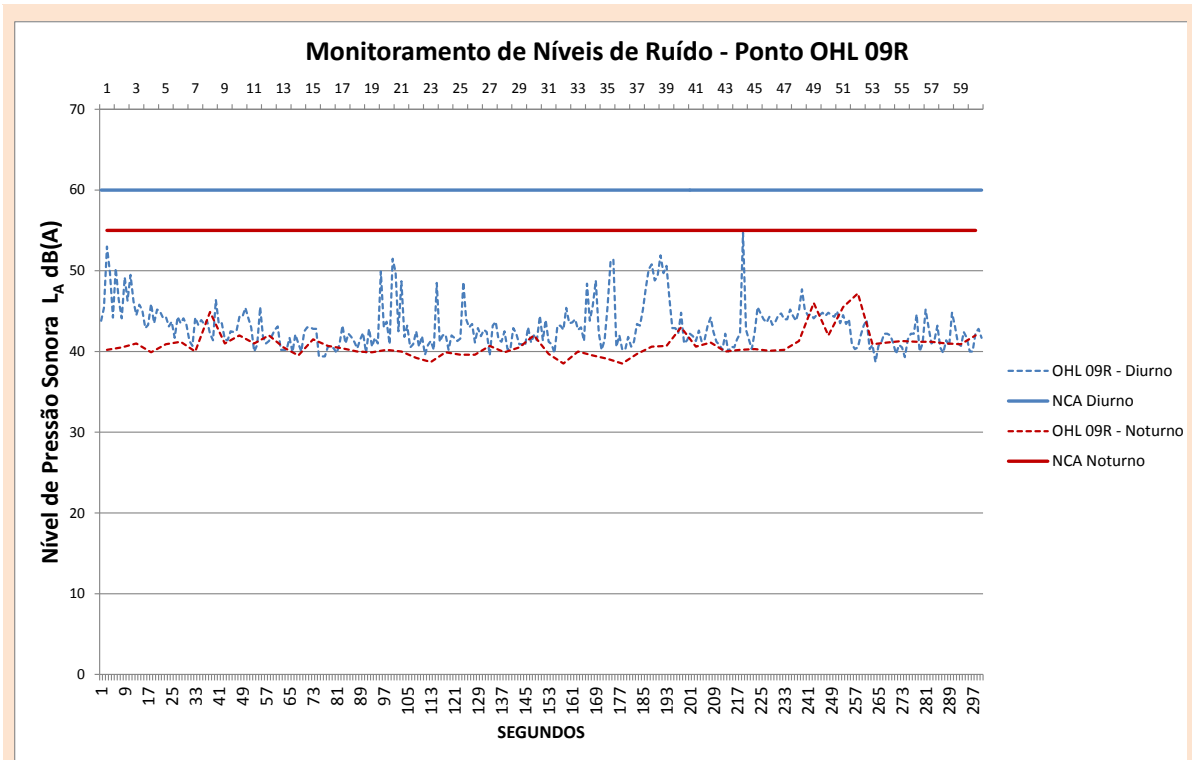


GRÁFICO 17 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 09R

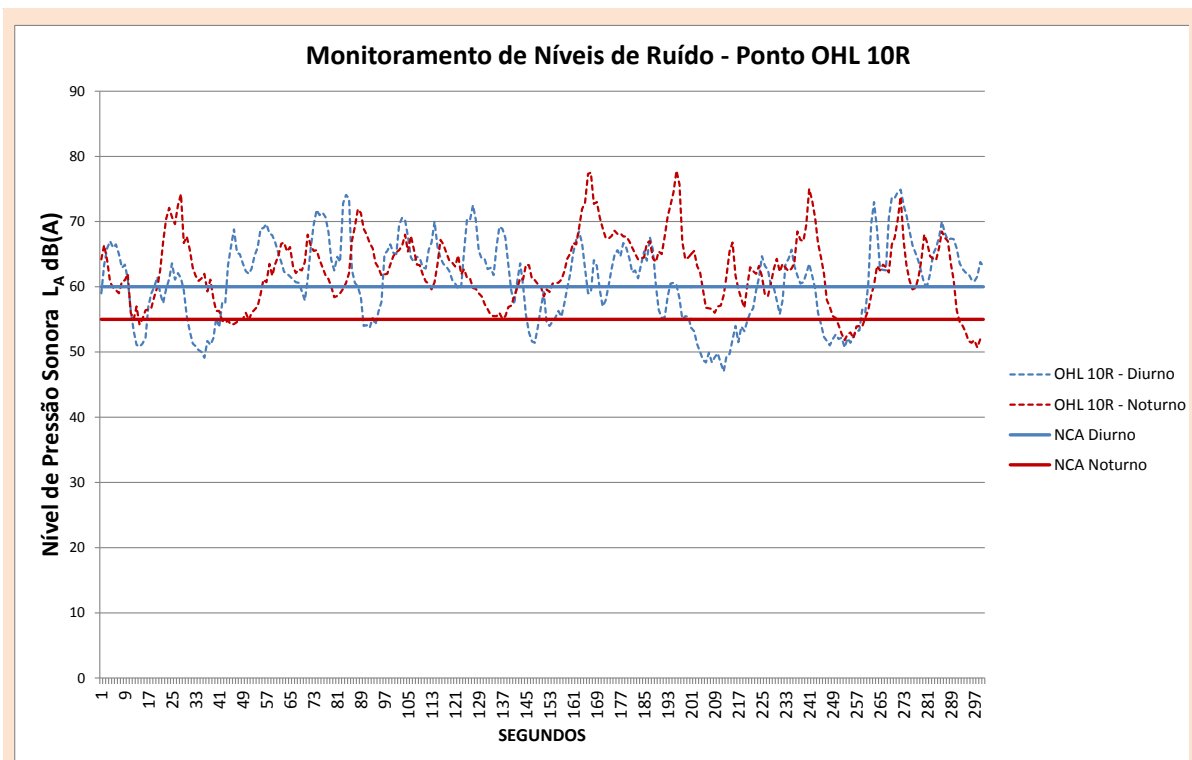


GRÁFICO 18 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 10R

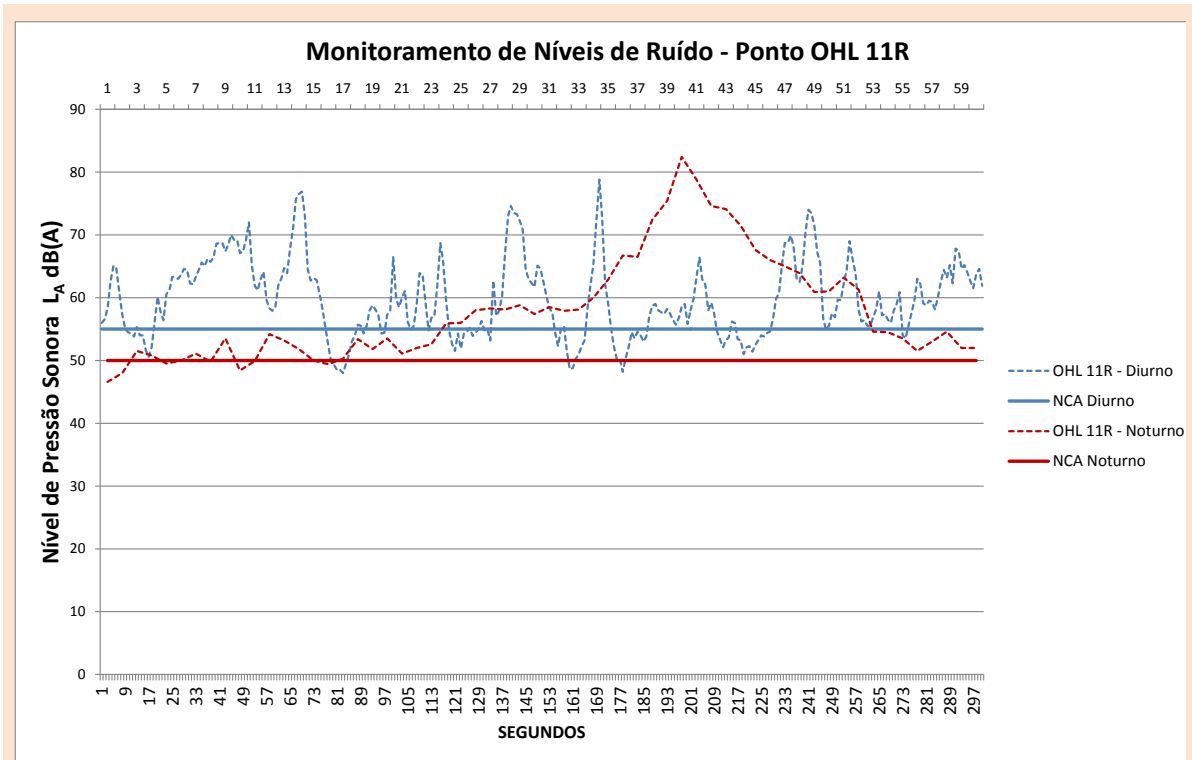


GRÁFICO 19 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 11R

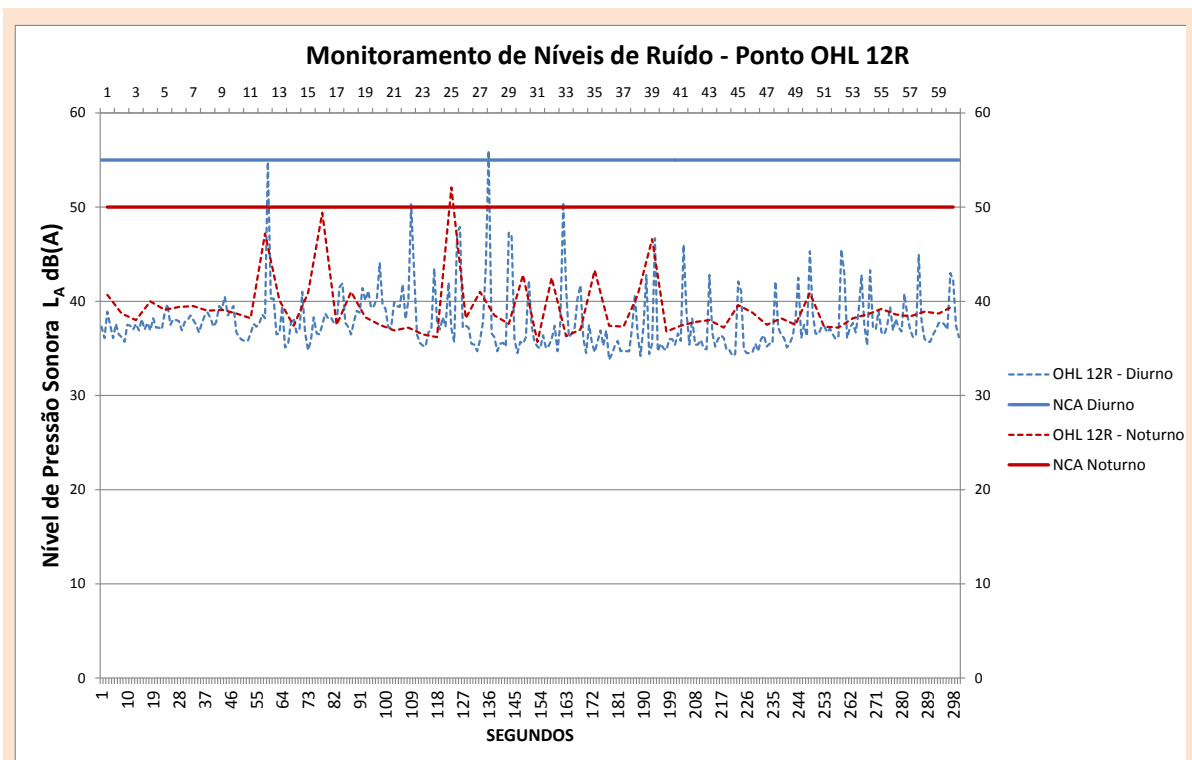


GRÁFICO 20 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 12R

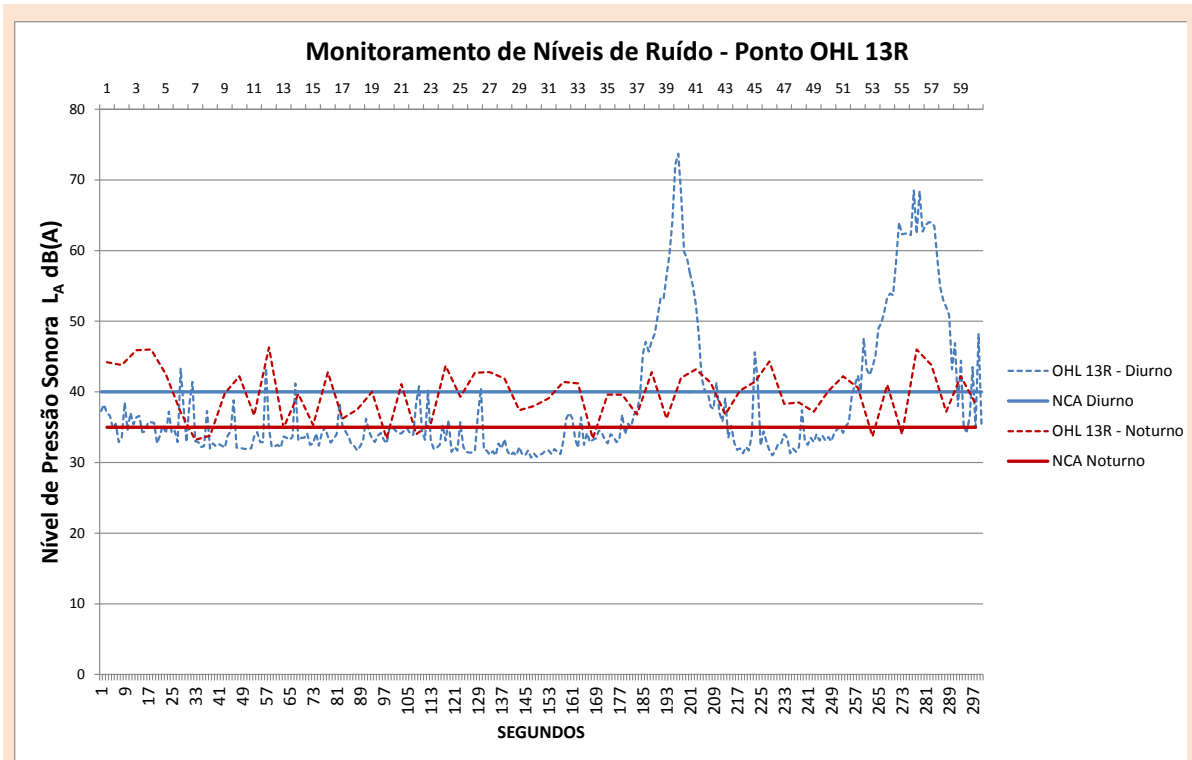


GRÁFICO 21 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 13R

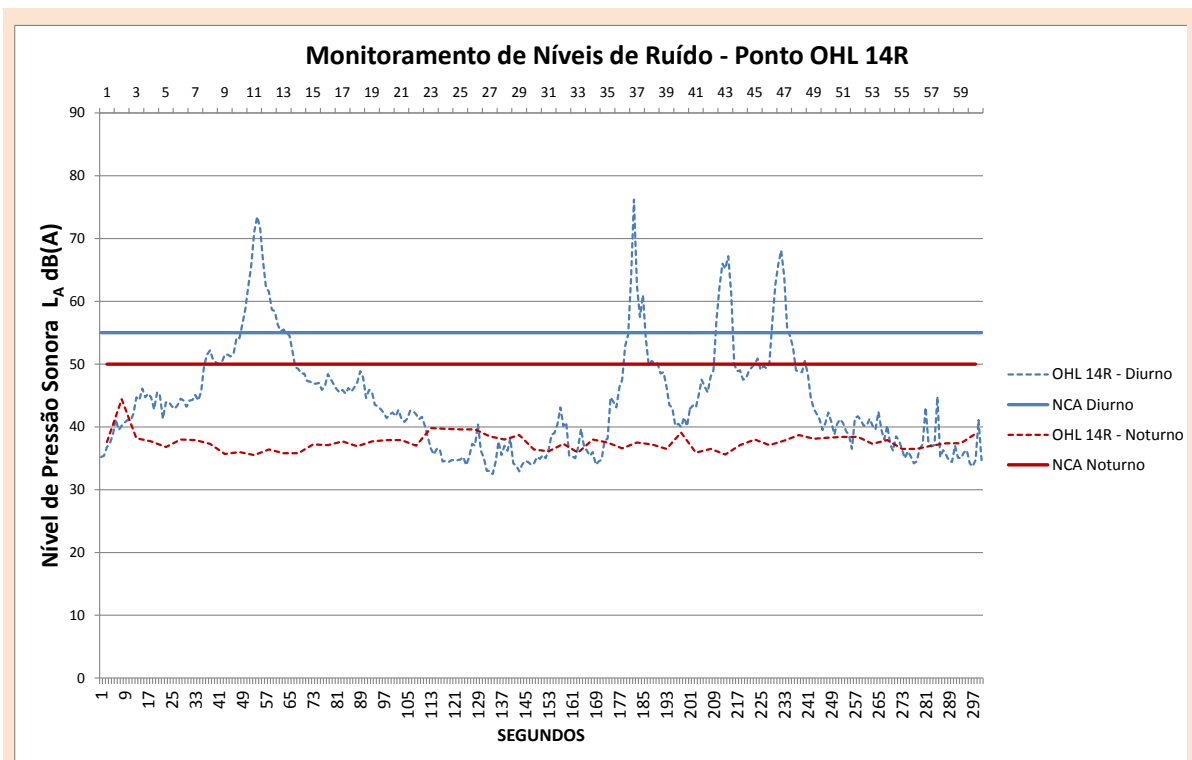


GRÁFICO 22 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 14R

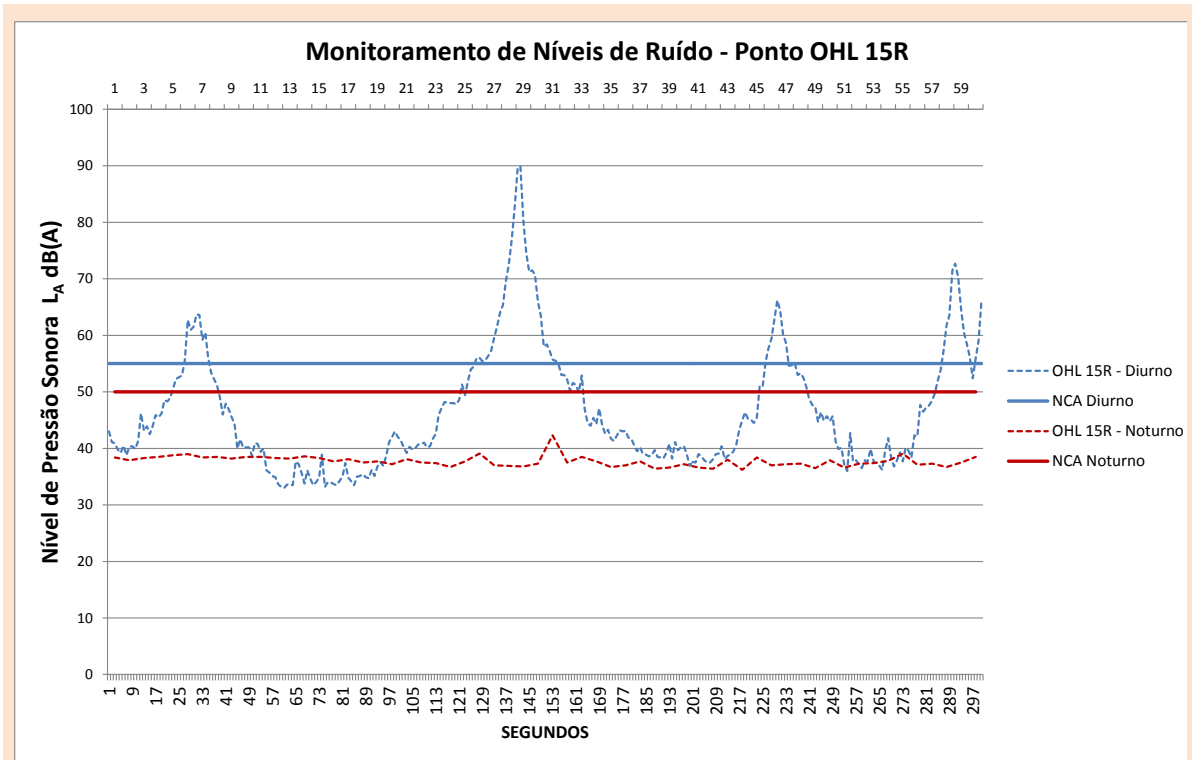


GRÁFICO 23 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 15R

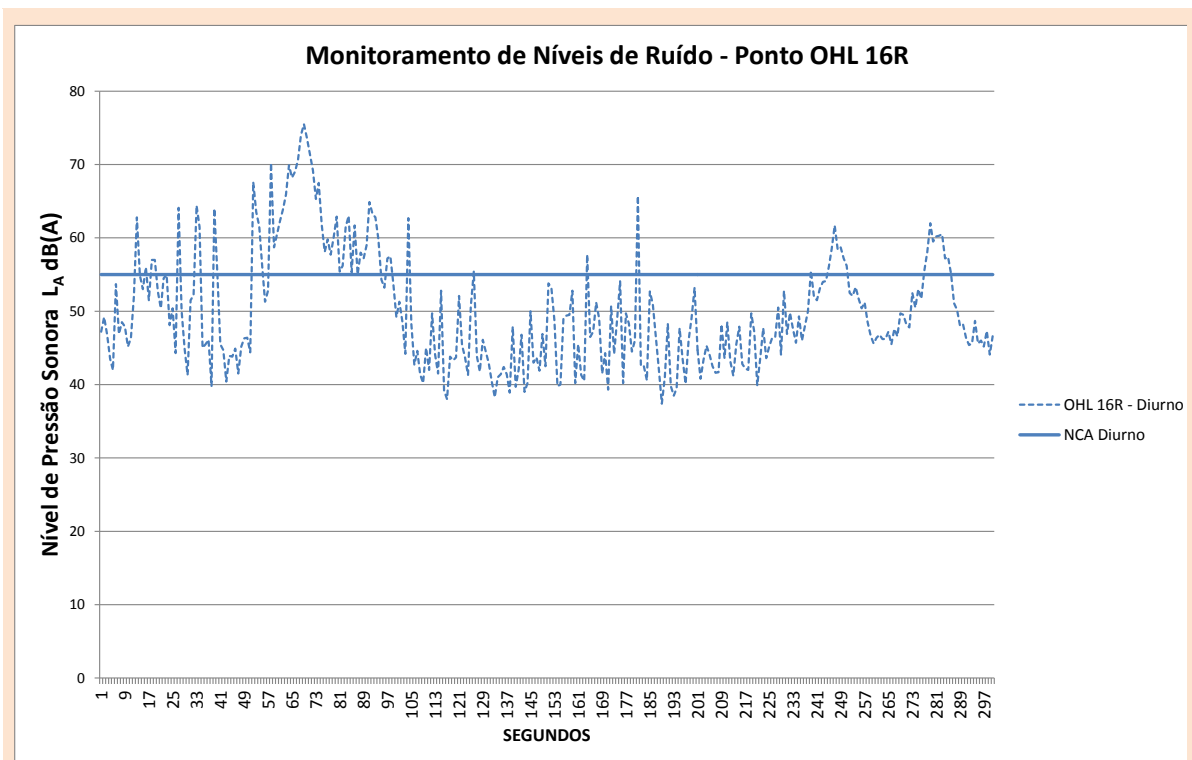


GRÁFICO 24 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA NO PONTO OHL 16R

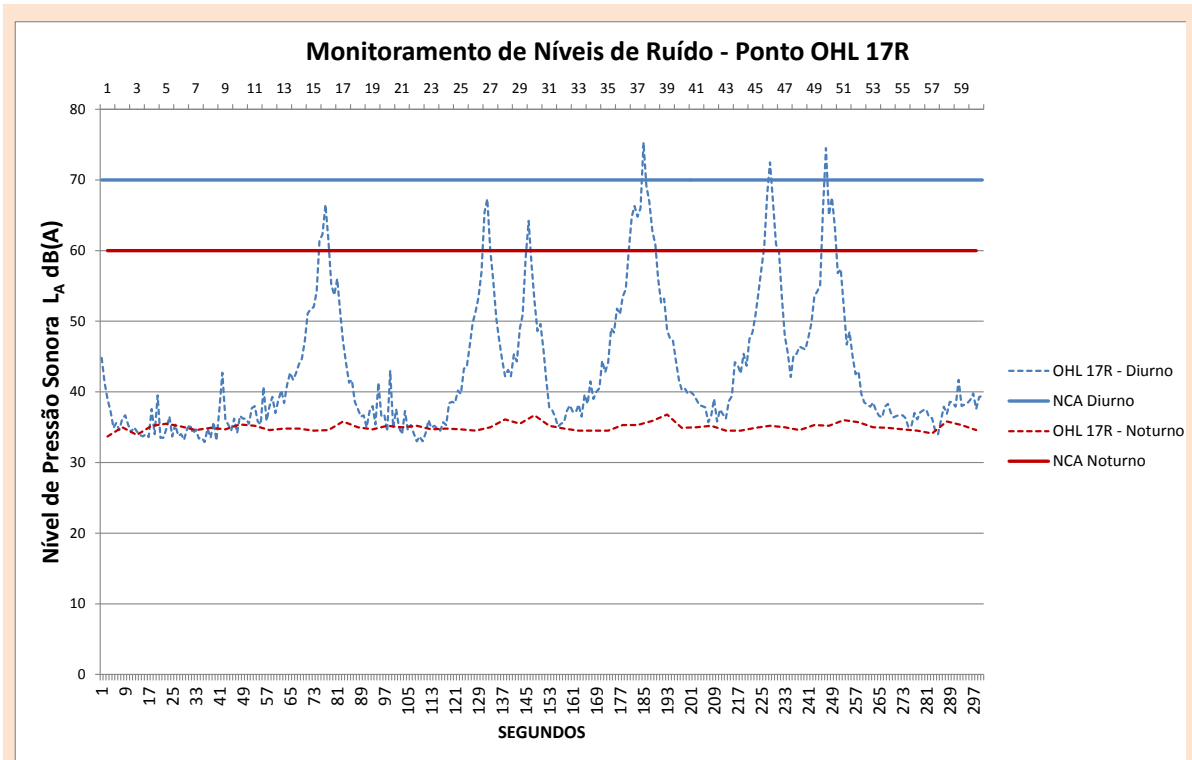


GRÁFICO 25 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 17R

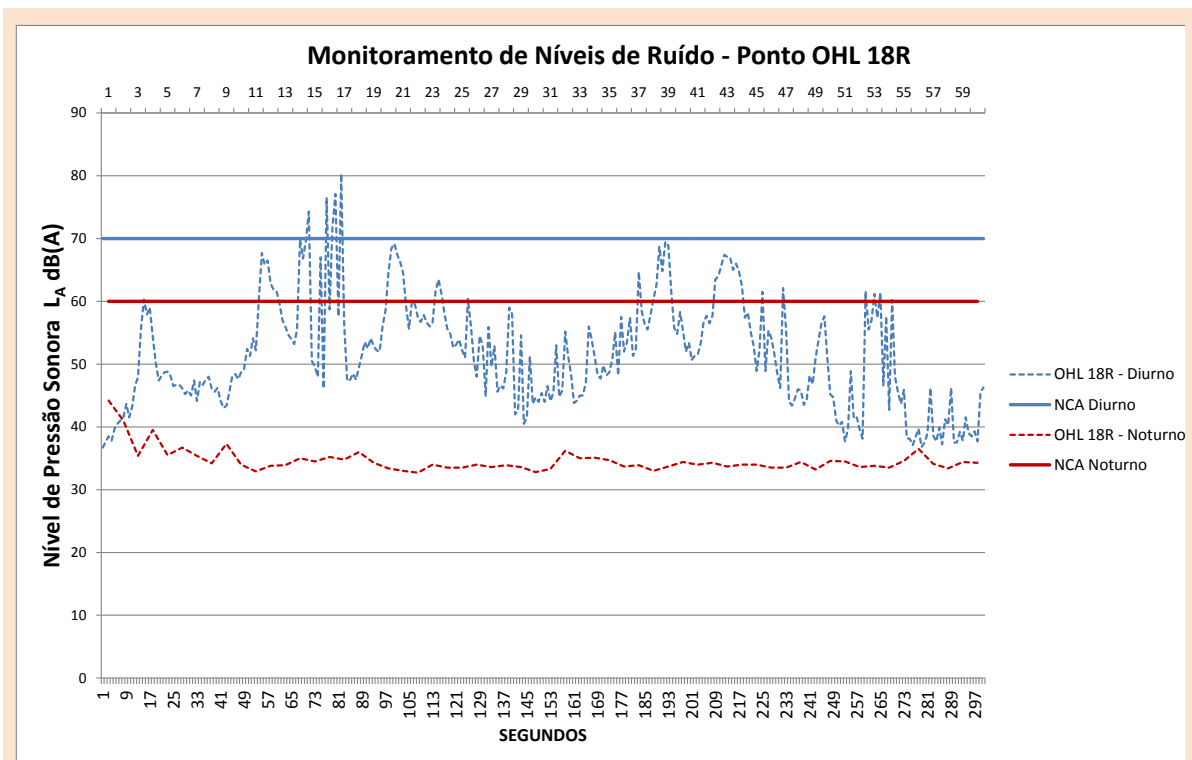


GRÁFICO 26 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 18R

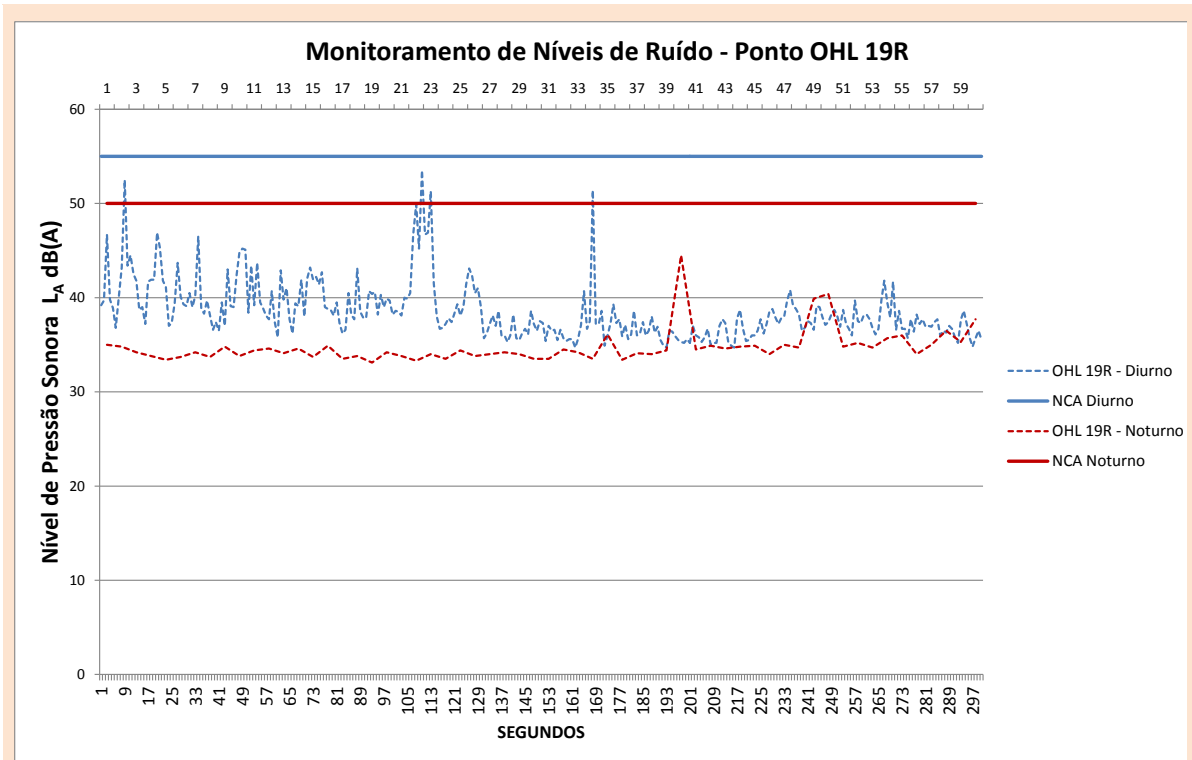


GRÁFICO 27 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 19R

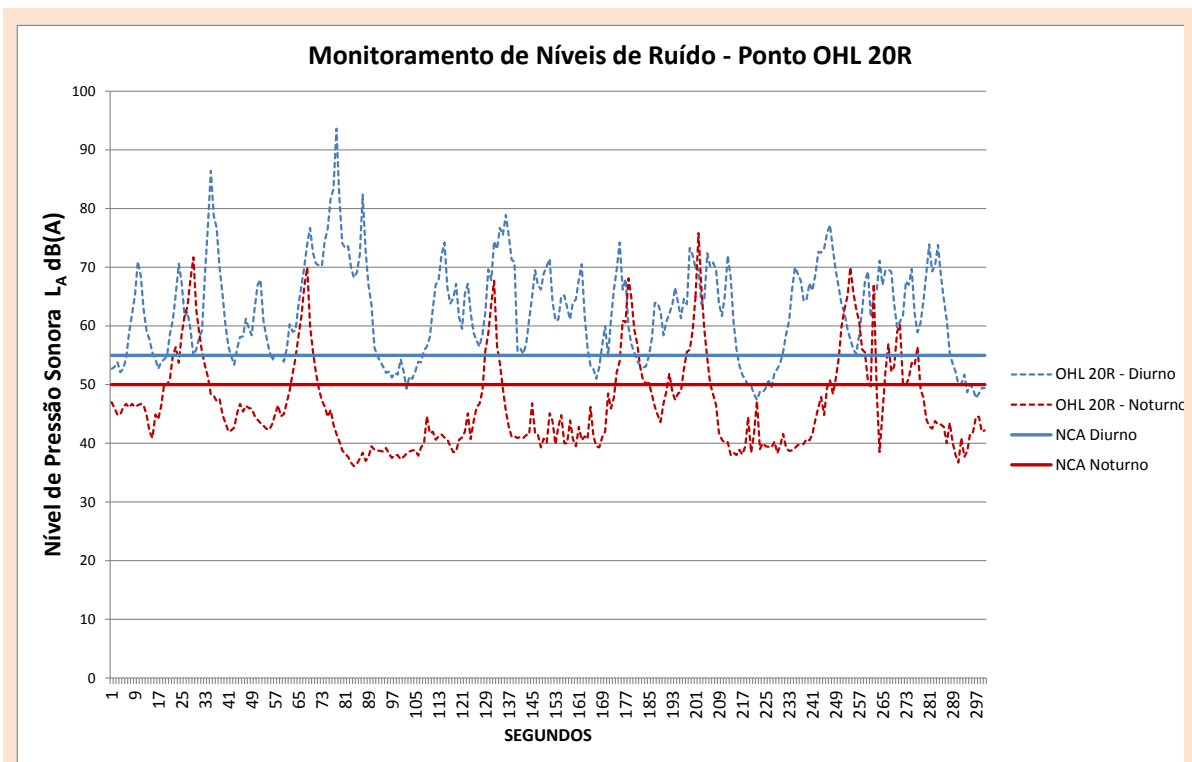


GRÁFICO 28 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 20R

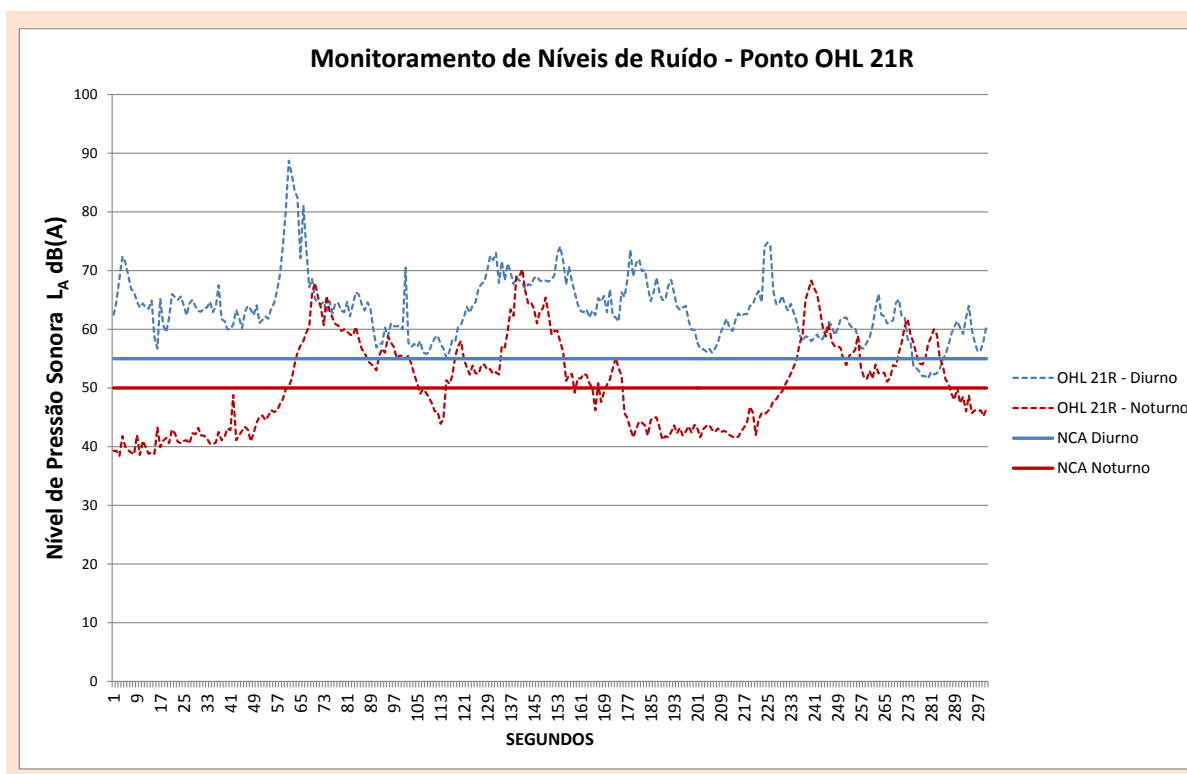


GRÁFICO 29 – REGISTROS DAS MEDIÇÕES DIURNA E NOTURNA NO PONTO OHL 21R

Tais panoramas da evolução dos registros dos níveis de pressão sonora observados são instantâneos e revelam, acima da magnitude, a oscilação. Observa-se que os pontos OHL 01R, OHL 02R, OHL 08R, OHL 10R e OHL 21R que se localizam próximos às rodovias BR-116 (rodovia Régis Bittencourt), BR-476 (estrada da Ribeira) e PR-417 (rodovia da Uva) são os que apresentam as maiores magnitudes e os maiores regimes de oscilação. Locais mais pacatos, tal como o ponto OHL 13R, apresentam menos oscilações, que são observadas apenas com a passagem esporádica de pedestres ou veículos.

II.3.8. APRESENTAÇÃO CONJUNTA DOS RESULTADOS

Apresentados os registros de níveis de pressão sonora de cada ponto, optou-se por resumi-los e apresentar o L_{Aeq} calculado pelo equipamento na Tabela 6 e na Tabela 7, apresentando ainda os valores mínimo (L_{Amin}) e máximo (L_{Amax}) observados para os 21 pontos avaliados. Em seguida, o Gráfico 30 apresenta o resumo dos resultados.

TABELA 6 – RESULTADOS DOS NÍVEIS L_{AEQ} , L_{AMAX} E L_{AMIN} PARA O MONITORAMENTO DIURNO

PONTO	DIURNO	PERÍODO (S)	L_{AEQ}	$L_{A(MAX)}$	$L_{A(MIN)}$	NCA
OHL 01R	11/12/07---15:15:43	300	70,6	82,9	59,9	70,0
OHL 02R	11/07/12---11:42:31	300	63,5	77,9	51,8	55,0
OHL 03R	11/07/12---12:16:45	300	40,9	54,2	33,4	55,0
OHL 04R	11/07/12---12:33:18	300	61,7	83,0	31,6	55,0
OHL 05R	11/07/12---12:43:11	300	54,3	69,8	32,6	55,0
OHL 06R	11/07/12---12:58:04	300	54,4	71,9	33,7	55,0
OHL 07R	11/07/12---13:11:05	300	54,6	74,3	36,8	60,0
OHL 08R	11/07/12---13:30:03	300	72,0	92,1	37,7	55,0
OHL 09R	11/12/07---16:32:42	300	43,7	59,7	38,5	60,0
OHL 10R	11/12/07---16:44:30	300	64,9	76,1	47,0	60,0
OHL 11R	11/07/13---15:16:57	300	64,9	79,3	47,0	55,0
OHL 12R	11/07/13---15:06:00	300	39,2	57,0	33,5	55,0
OHL 13R	11/07/13---15:46:25	300	56,3	83,0	30,5	40,0
OHL 14R	11/07/13---16:04:10	300	56,7	76,2	32,4	55,0
OHL 15R	11/07/13---16:16:02	300	70,5	95,4	32,7	55,0
OHL 16R	11/07/13---16:34:55	300	59,3	77,0	37,2	55,0
OHL 17R	11/07/13---16:51:55	300	57,5	77,5	32,7	70,0
OHL 18R	11/07/13---17:03:05	300	62,2	82,6	35,8	70,0
OHL 19R	11/07/13---17:31:54	300	39,7	53,7	33,6	55,0
OHL 20R	11/07/13---17:48:47	300	72,0	94,3	46,7	55,0
OHL 21R	11/07/13---18:13:52	300	69,6	88,7	51,3	55,0

TABELA 7 – RESULTADOS DOS NÍVEIS L_{AEQ} , L_{AMAX} E L_{AMIN} PARA O MONITORAMENTO NOTURNO

PONTO	NOTURNO	PERÍODO (S)	L_{AEQ}	$L_{A(MAX)}$	$L_{A(MIN)}$	NCA
OHL 01R	11/07/20---20:27:30	300	68,6	78,5	54,0	60,0
OHL 02R	11/07/20---20:39:01	300	62,8	74,1	53,7	50,0
OHL 03R	11/07/20---20:56:44	60	46,7	59,5	43,7	50,0
OHL 04R	11/07/20---21:08:59	60	40,4	44,6	39,0	50,0
OHL 05R	11/07/20---21:25:00	60	39,3	43,7	37,2	50,0
OHL 06R	11/07/20---21:33:40	60	40,7	47,2	37,2	50,0
OHL 07R	11/07/20---21:43:17	60	51,9	64,1	42,5	55,0
OHL 08R	11/07/20---21:53:29	300	68,4	89,3	42,7	50,0
OHL 09R	11/07/20---22:08:38	60	40,7	49,0	38,4	55,0
OHL 10R	11/07/20---22:15:56	300	65,8	80,5	50,6	55,0
OHL 11R	11/07/20---22:28:54	60	61,5	72,9	46,9	50,0
OHL 12R	11/07/20---23:04:09	60	40,1	54,3	35,3	50,0
OHL 13R	11/07/20---23:23:50	60	40,9	50,3	32,9	35,0
OHL 14R	11/07/20---23:31:49	60	38,2	53,0	34,9	50,0
OHL 15R	11/07/20---23:41:26	60	37,9	45,0	36,0	50,0
OHL 16R	11/07/20 --23:52*	60	39,0	45,0	36,0	50,0



PONTO	NOTURNO	PERÍODO (S)	L_{AEQ}	$L_A(MÁX)$	$L_A(MÍN)$	NCA
OHL 17R	11/07/21---00:03:38	60	35,1	42,0	33,5	60,0
OHL 18R	11/07/21---00:24:30	60	36,5	55,3	32,5	60,0
OHL 19R	11/07/21---00:17:57	60	35,4	52,8	33,0	50,0
OHL 20R	11/07/21---00:33:58	300	56,9	76,4	35,9	50,0
OHL 21R	11/07/21---00:47:49	300	57,2	71,8	37,8	50,0

*RESULTADOS ANOTADOS EM CAMPO

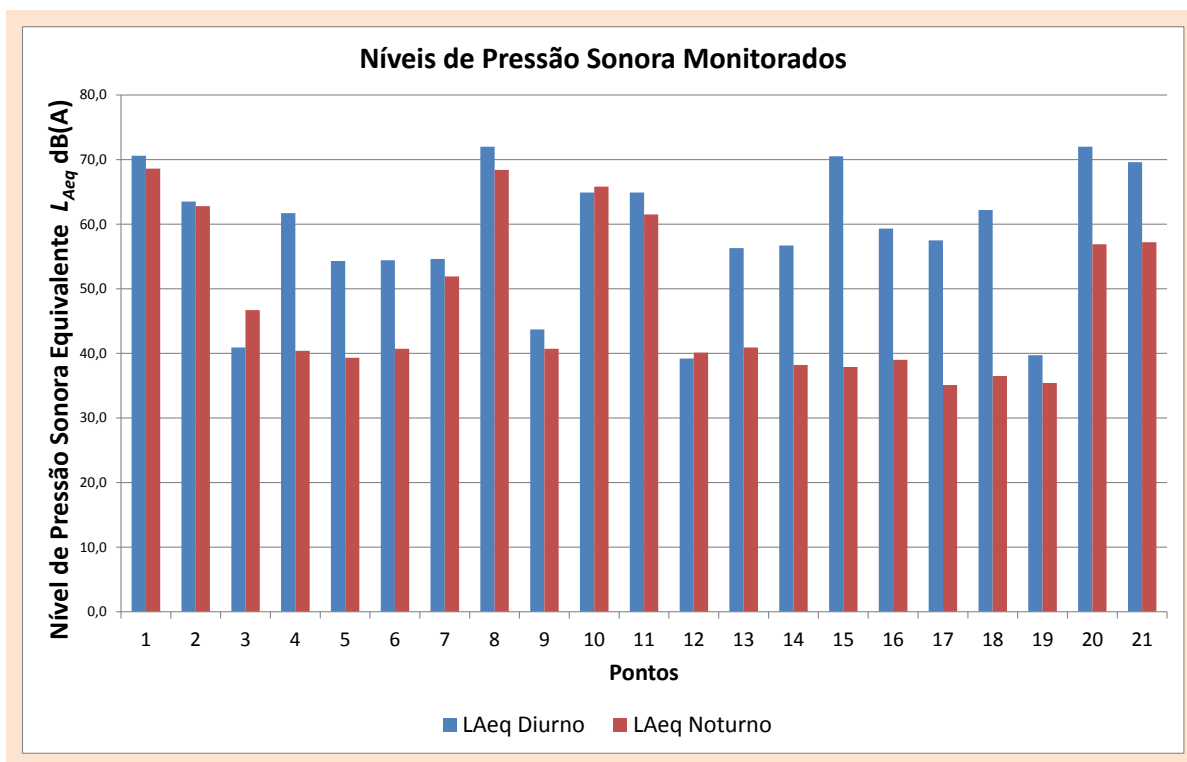


GRÁFICO 30 – RESUMO DOS RESULTADOS DO MONITORAMENTO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

II.3.9. RESULTADOS DO MONITORAMENTO

Em virtude do empreendimento em questão apresentar disposição linear, o enquadramento dos locais monitorados já exigiu numa etapa preliminar esforços para análise e interpretação dos zoneamentos urbano do município de Colombo e da APA do Iraí. Isto foi necessário em virtude do município não possuir nenhuma legislação local que trate de níveis de pressão sonora permissíveis.

Buscou-se, então, com base nos referidos zoneamentos, reduzir a subjetividade das tipologias de áreas constantes na NBR 10.151:2000. A questão mostrou-se delicada, pois como o município

encontra-se em expansão, o uso e a ocupação do solo frequentemente não condizem na atualidade com as definições das respectivas Zonas.

Todavia, julga-se que ficaram definidos Níveis de Critério de Avaliação (NCA) condizentes com os usos atuais e futuros para cada ponto monitorado, os quais já foram anteriormente apresentados.

Frente a estes limites, observa-se que os resultados de nível de pressão sonora equivalentes, L_{Aeq} , excedem os limites em 12 dos 21 pontos durante o período diurno e em oito no período noturno. Uma análise espacial destes resultados, considerando a locação dos pontos de monitoramento, revela que, com exceção do ponto OHL 13R, em todos os demais foram registrados níveis excessivos de pressão sonora em virtude da presença de vias de circulação nas proximidades.

O monitoramento noturno confirma tal fato visto que, novamente com exceção ao ponto OHL 13R, todos os pontos monitorados e que excederam os NCA noturnos localizavam-se numa das rodovias da região ou em vias de distribuição (principais) do município de Colombo.

Com respeito ao ponto OHL 13R, o mesmo revelou que embora situado na Zona de Desenvolvimento Rural do município de Colombo e com uso e ocupação condizentes, os níveis de pressão sonora regionais (*background*) mantêm-se acima do NCA para “Áreas de sítios e fazendas” da NBR 10.151/2000.

Esta observação é relevante visto que o tráfego nas rodovias adjacentes, mesmo que distante, aliado à topografia e à cobertura do solo, colabora pela manutenção de tais níveis. Resultados semelhantes podem ser esperados dos estudos de prognóstico ambiental mediante simulação matemática e de programas futuros monitoramentos, cujos detalhamentos constam na sequência deste Estudo de Impacto Ambiental.

II.4. GEOLOGIA

A caracterização da geologia tem por objetivo diagnosticar as condições do substrato e das coberturas superficiais do sítio do empreendimento, com o intuito de identificar possíveis fragilidades do terreno, dando subsídios ao prognóstico e à identificação dos impactos decorrentes da implantação e operação do Contorno Norte de Curitiba.

O trabalho teve início a partir da consulta à literatura especializada e revisão de trabalhos anteriores desenvolvidos na região de interesse, com o intuito de reconhecer a distribuição das principais unidades geológicas presentes na região do empreendimento, posicionando-as estratigraficamente. Os dados secundários obtidos na literatura embasaram a descrição da geologia regional, cuja análise é realizada considerando-se a Área de Influência Indireta do CNC.

O reconhecimento preliminar da região do empreendimento objetivou a identificação dos locais de acesso, dando subsídios para as atividades de campo, e teve como base os dados cartográficos do Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA, 2006) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2006). Estes dados também serviram como base para a construção dos mapas temáticos. Foi consultado, também, o Mapa Geológico do Estado do Paraná, elaborado pela MINEROPAR (2001). O reconhecimento preliminar contou, ainda, com a análise de fotografias aéreas e imagens de sensores remotos da região.

Após o reconhecimento preliminar, foram realizadas as visitas ao sítio de implantação do empreendimento, que contemplaram a descrição dos litotipos presentes, sua forma de ocorrência e características diagnósticas e posicionamento estratigráfico das unidades geológicas. Na ausência de afloramentos de rocha, procedeu-se ao reconhecimento dos horizontes saprolíticos e de solos e dos produtos de alteração. Foi realizado, ainda, o registro fotográfico das feições investigadas, privilegiando-se as mais representativas do local de implantação do empreendimento.

Os dados obtidos nas visitas de campo foram compilados, correlacionados aos trabalhos anteriores consultados e, por fim, analisados de forma sistêmica, dando origem ao diagnóstico da Área de Influência Direta e Área Diretamente Afetada pelo CNC. Os dados primários complementam, ainda, os mapas temáticos, presentes na descrição dos principais componentes do meio físico.

II.4.1. LITOESTRATIGRAFIA

A sequência estratigráfica identificada na Área de Influência Indireta do empreendimento compreende quatro unidades geológicas distintas, cuja gênese distribui-se entre o Paleoproterozóico e o Quaternário, sendo elas: Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, Grupo Açungui (Formação Capiru), Bacia de Curitiba (Formação Guabirotuba) e sedimentos aluvionares recentes.

A coluna estratigrafia simplificada da Área de Influência Indireta do empreendimento é apresentada no Quadro 1.

QUADRO 1 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA SIMPLIFICADA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA DO CONTORNO NORTE DE CURITIBA

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA		LITOTIPOS
			GRUPO	FORMAÇÃO	
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	PLEISTOCENO			SEDIMENTOS ALUVIONARES E COLUVIONARES
	NEÓGENO	MIOCENO		GUABIROTUBA	CAMADAS ARGILOSAS, SÍLTICAS, ARCOSEANAS, ARENOSAS E DEPÓSITOS RUDÁCEOS
	PALEÓGENO	OLIGOCENO			
PALEOZÓICO	CAMBRIANO		PROVÍNCIA GRACIOSA		GRANITOS E SIENITOS ALCALINOS
NEO-PROTEROZÓICO	EDIACARANO		AÇUNGUI	CAPIRU	FILITOS, QUARTZITOS, MÁRMORES E META-CALCÁRIOS
			COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO ATUBA		BIOTITA-ANFIBÓLIO-GNAISSES BANDADOS, MIGMATÍTICOS, INTERCALADOS A ANFIBOLITOS E XISTOS MAGNESIANOS
PALEO-PROTEROZÓICO	OROSIRIANO				
	RYACIANO				

FONTE: BIGARELLA E SALAMUNI (1962), FIORI (1990), FIORI E GASPAR (1993), SIGA JR. ET AL. (1995), SALAMUNI ET AL. (2004), MINEROPAR (2006A), SIGA JR. ET AL. (2007)

As unidades geológicas proterozóicas (Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba e Grupo Açungui) são produtos de eventos tectônicos controlados por zonas de cisalhamento regionais, com transporte de material em direção sul-sudeste, e consequente acreção dos terrenos à borda da Microplaca Luis Alves. De acordo com Siga Jr. et al. (2007), este quadro tectônico, definido entre o



Neoproterozóico e o Cambro-Ordoviciano, parece ser o resultado de processos relacionados à aglutinação de massas continentais, que culminaram com a formação do Gondwana Ocidental.

No Cretáceo inferior, a abertura do oceano Atlântico Sul desencadeou uma série de processos tectônicos, que envolveram soerguimentos e rifteamentos da crosta, geração de horstes e grábens, expansão do assoalho oceânico e conseqüente deriva continental. É neste contexto que se posiciona a Formação Guabirota, pertencente à Bacia de Curitiba, cuja morfogênese inicial está condicionada por uma tectônica regional distensiva, com eixo de abertura WNW-ESE e E-W, representando os reflexos da abertura do Atlântico Sul na vertente ocidental da Serra do Mar.

A deposição dos sedimentos que compõem a Formação Guabirota teve início na transição Oligoceno-Mioceno, sendo as principais áreas-fonte o Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, o Grupo Açungui e a Província Granítica Graciosa (MACHADO, 2009).

Os sedimentos recentes, originados no Quaternário, são representados por depósitos aluviais e coluviais, que recobrem as unidades do embasamento e da Bacia de Curitiba. Caracterizam a unidade geológica mais jovem nas áreas de influência do empreendimento, gerada por processos erosivos e intempéricos que permanecem ativos.

II.4.2. GEOLOGIA REGIONAL – ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

A Área de Influência Indireta do meio físico, definida como os limites espaciais das bacias hidrográficas dos rios Atuba, Palmital e Iraí, está inserida no compartimento geotectônico denominado Domínio Curitiba (BASEI *et al.*, 1992; SIGA Jr. *et al.*, 1995). O Domínio Curitiba limita-se no setor noroeste com as sequências metassedimentares dos grupos Açungui e Setuva, e a sudeste com os gnaisses granulíticos do Domínio Luis Alves. Tais contatos se fazem por meio de zonas de cisalhamento, marcadas por importantes anomalias gravimétricas negativas (SIGA Jr. *et al.*, *op. cit.*).

O Domínio Curitiba é dividido em dois conjuntos de rochas: Complexo Atuba e Suíte Rio Piên (SIGA Jr. *et al.*, 1995). A Suíte Rio Piên é restrita à borda meridional do Domínio Curitiba, e é representada por granitóides cálcio-alcálicos heterogeneamente deformados (MACHIARELLI *et al.*, 1993). O Complexo Atuba, no entanto, é predominante no Domínio Curitiba, e nele está inserida a Área de Influência Indireta do CNC. As unidades geológicas reconhecidas na AII do Contorno Norte de Curitiba são apresentadas no Mapa 3, e descritas na sequência.

GEOLOGIA

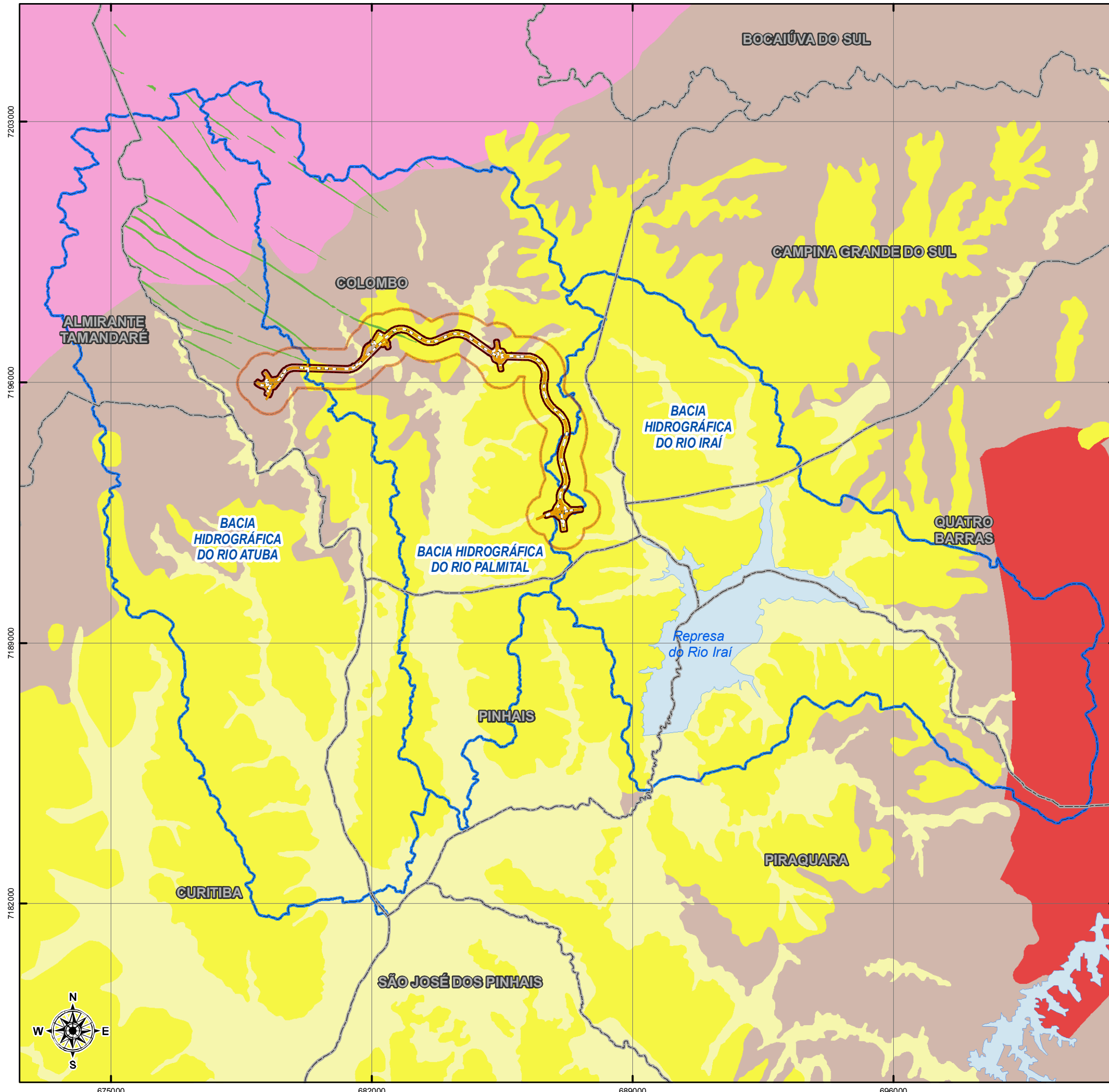
ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- LIMITES MUNICIPAIS
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII
- CORPOS D'ÁGUA

GEOLOGIA:

- ALUVIÕES ATUAIS E TERRAÇOS ALUVIONARES
- BACIA DE CURITIBA - FORMAÇÃO GUABIROTUBA
- INTRUSIVAS BÁSICAS
- PROVÍNCIA GRACIOSA - GRANITO ANHANGAVA
- GRUPO AÇUNGUI - FORMAÇÃO CAPIRÚ
- COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO ATUBA



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: GEOLOGIA - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FUNTE: ITCG
ESCALA: 1:105.000		BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D		ELABORAÇÃO MAPA: SÔNIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D



II.4.2.1. Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba

O Complexo Atuba corresponde ao Complexo Gnáissico-Migmatítico, definido por Dantas *et al.* (1987), e adaptado pela MINEROPAR (2006a) como Complexo Gnáissico-Migmatítico Costeiro; corresponde também ao Complexo Pré-Setuva, conforme proposto por Biondi (1983). Siga Jr. *et al.* (2007) passam a denominar esta sequência de rochas de Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, sendo esta a nomenclatura adotada no presente trabalho.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba representa o embasamento das demais unidades litológicas presentes na área de implantação do empreendimento. Possui características geológicas, geocronológicas e estruturais distintas dos terrenos adjacentes (domínios Luis Alves e Paranaguá). As rochas pertencentes ao Complexo Atuba representam terrenos relativamente profundos, de fácies anfibolito, intensamente retrabalhados, migmatizados e granitizados, acrescidos à borda do Domínio Luis Alves (SIGA Jr. *et al.*, 1995; SIGA Jr. *et al.*, 2007).

Predominam no Complexo Atuba rochas gnáissicas bandadas, migmatíticas, de fácies anfibolito, representadas, principalmente, por biotita-anfibólio-gnaisses, contendo leucossomas de composições tonalito-granodioríticas e graníticas. São frequentes as intercalações de corpos anfibolíticos e de xistos magnesianos (SIGA Jr. *et al.*, 1995).

Do ponto de vista estrutural, verifica-se que os litotipos do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba possuem orientação predominante nordeste, com caimento para NW e SE, definindo a superfície principal Sn dos leucogranitos, gnaisses granulíticos e gnaisses bandados migmatíticos. Essa superfície corresponde a uma foliação de transposição, paralela ao bandamento, sugerindo uma deformação controlada predominantemente por cisalhamento dúctil, com feldspatos rotacionados e forte estiramento dos anfibólios e quartzo (SIGA Jr. *et al.*, 1995).

Lineações de estiramento estão presentes na forma de cristais de quartzo, feldspato, anfibólio ou agregados minerais estirados nos planos da foliação Sn. Lineações *b* podem representar eixos de dobras tardias, intersecções de superfícies Sn/Sn+1 ou mesmo lineações de estiramento (SIGA Jr. *et al.*, 1995).

Em geral, as rochas do Complexo Atuba possuem coloração cinza esbranquiçada a cinza escura ou rósea, com bandas de espessura centimétrica a métrica. As bandas claras neoformadas são de

provável composição granodiorítica a granítica. A foliação NE-SW constitui o principal padrão estrutural, marcado pelo achatamento e estiramento dos minerais (MINEOPAR, 2006a).

Nas áreas de influência do empreendimento, as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba apresentam-se, em sua maior parte, em avançado estado de alteração intempérica. Os processos de intemperismo geraram saprólitos argilosos, castanhos a vermelho-amarelados, por vezes cinza-escuro e pretos, a depender do teor em matéria orgânica. São raros os afloramentos de rocha sã, restritos às pedreiras da região.

Dados geocronológicos obtidos por Siga Jr. *et al.* (1995) sugerem que as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba foram formadas no Paleoproterozóico, durante o Ciclo Transamazônico, com idades Rb-Sr distribuídas no intervalo de 2,0 –1,8 G.a., e idades U-Pb próximas de 2,1 G.a. Durante o Ciclo Brasileiro, no Neoproterozóico, as rochas do Complexo Atuba foram intensamente remigmatizadas. O resfriamento dos terrenos teria ocorrido por volta de 640 e 560 M.a., como indicam os dados K-Ar.

II.4.2.2. Grupo Açungui

Na Área de Influência Indireta do CNC também ocorrem rochas do Grupo Açungui, especificamente da Formação Capiru. O Grupo Açungui foi originalmente proposto por Oliveira (1925), com base em trabalhos de Derby (1878) sobre as Séries Crystallinas. Em 1953, Maack apresenta o “Mapa geológico do Estado do Paraná”, onde constam, esquematicamente, as unidades litológicas da Série Açungui, individualizando-a com relação ao Complexo Cristalino. As primeiras estruturas fósseis pré-cambrianas reconhecidas na Série Açungui foram identificadas por Almeida em 1944.

Bigarella e Salamuni (1958) definem para a Série Açungui três formações: Setuva, Capiru e Votuverava, da base para o topo. A Formação Capiru é correlacionada pelos autores à Formação Itaiacoca, proposta por Almeida em 1956.

Em 1967, Marini *et al.* adotam o termo Grupo para a Série Açungui, e o dividem em quatro unidades distintas, da base para o topo: formações Setuva, Capiru, Votuverava e Água Clara. Os autores apontam descontinuidades estratigráficas modificadas posteriormente por meio de falhas. Os autores atribuem a formação do Grupo Açungui ao Proterozóico superior.

Por sua vez, Fritzsos Jr. *et al*, em 1982, subdividem o Grupo Setuva nas Formações Perau e Água Clara, da base para o topo respectivamente, de acordo com critérios metamórficos e estruturais. O Grupo Açungui é subdividido nas formações Capiru/Itaiacoca e Votuverava.

Em 1990, Fiori define o Grupo Açungui como formado por um conjunto de rochas metamórficas de baixo grau, tendo como principais litotipos metassedimentos clásticos finos (filitos e metassiltitos) e de origem química (metacalcários e metadolomitos). Essas rochas estão associadas a quartzitos, calcioxistos, metaconglomerados e metabasitos. Segundo o autor, o grupo divide-se em Formação Capiru na base, seguida da Formação Votuverava e Sequência Antinha no topo. Segundo o autor, a deposição dos sedimentos, hoje metamorfizados, do Grupo Açungui ocorreu em um mar epicontinental parcialmente penecontemporâneo.

Na Área de Influência Indireta do CNC, o Grupo Açungui está representado apenas pela Formação Capiru, de acordo com a proposição de Fiori (1990) e Fiori e Gaspar (1993). A Formação Capiru engloba todos os metassedimentos do Grupo Açungui ao sul da falha da Lancinha. Os litotipos reconhecidos nesta formação incluem filitos avermelhados intercalados a quartzitos (Conjunto Juruqui); mármore e meta-calcários com intercalações de filitos e quartzitos (Conjunto Rio Branco); quartzitos, filitos e mármore (Conjunto Morro Grande).

Estruturas sedimentares preservadas, porém marcadas pela deformação, podem ainda ser observadas nas rochas do Grupo Açungui. Entre as estruturas presentes na Formação Capiru, destacam-se as estratificações cruzadas de pequeno porte, plano-paralela, gradacional e rítmica; brechas intraformacionais; pisólitos e oólitos; e estruturas estromatolíticas (FIORI e GASPAR, 1993).

Em 1990, Fiori define que a evolução tectono-estrutural do Grupo Açungui é resultado de três eventos deformacionais: o primeiro é chamado de Sistema de Cavalgamento Açungui, o segundo, Sistema de Dobramentos Apiaí e o terceiro, Sistema de Transcorrência Lancinha. O autor propõe o modelo tectônico de *duplex* para explicar a evolução do primeiro evento deformacional, que empilhou fatias de rocha, limitadas acima e abaixo por falhas de cavalgamento. Segundo o autor, este evento é o responsável pela atual organização estratigráfica do Grupo Açungui.



II.4.2.3. Província Graciosa

A Província Graciosa, anteriormente chamada de Suíte Granítica Serra do Mar (KAUL, 1984), representa um dos mais expressivos eventos de formação de granitos e sienitos alcalinos com associação aluminosa da região sul do Brasil. Cinco corpos (plútons) graníticos distintos são reconhecidos na Província, sendo eles: Marumbi, Anhangava, Capivari, Órgãos e Farinha Seca (GUALDA e VLACH, 2005).

Segundo Gualda e Vlach (2005), os plútons graníticos estão distribuídos na forma de arco, disposto subparalelo à costa, ao longo da escarpa Serra do Mar, que compreende a parte nordeste do Estado de Santa Catarina até a porção sudeste do Estado de São Paulo.

Ainda de acordo com os autores, os corpos graníticos possuem formato elíptico, com orientação geral N-NE e S-SW, e são classificados em duas associações litogeoquímicas: associação alcalina, que inclui álcali-feldspato granitos e sienitos *hipersolvus*, peralcalinos a metaluminosos (Anhangava, Farinha Seca, Órgãos); e associação aluminosa, formada por granitos *subsolvus* metaluminosos a marginalmente peraluminosos (Capivari, Órgãos, Anhangava e Marumbi).

Dados geocronológicos obtidos pelo método Rb-Sr em rocha total apontam idades de 520–600 M.a. para as rochas da Província Graciosa (SIGA JR *et al.*, 1995; KAUL e CORDANI, 2000).

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, a Província Graciosa está representada pelo plúton Anhangava, que ocorre de forma restrita na porção leste, completando o embasamento da região estudada. O plúton Anhangava possui uma área de aproximadamente 52 km², cuja orientação se dá na direção norte-sul. É caracterizado por uma ampla variedade de fácies petrográficas, que incluem álcali-feldspato sienitos com anfibólio, clinipiroxênio e olivina, álcali feldspato granitos com biotita e sienogranitos com biotita e anfibólio (GUALDA e VLACH, 2005). A alteração destas rochas dá origem a espessas camadas de regolito, que possuem em sua porção inferior estratos saprolíticos.

II.4.2.4. Intrusivas Básicas

As intrusivas básicas que ocorrem na Área de Influência Indireta do empreendimento são representantes de um dos eventos magmáticos continentais mais expressivos do planeta, que deu origem à Província Magmática do Paraná – PMP (PEATE *et al.*, 1992). Tal evento, ocorrido no Juro-Cretáceo, no intervalo entre 130–146 Ma (KIRK *et al.*, 2008), foi caracterizado pelo

extravasamento de substanciais volumes de lava, que cobriram as rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Parte das rochas da PMP é correlacionada à Formação Serra Geral, proposta originalmente por White (1908).

O episódio magmático que deu origem à PMP está associado à abertura do oceano Atlântico Sul e consequente separação do supercontinente Gondwana (ERNESTO, 1985). As lavas que cobrem a Bacia do Paraná possuem caráter bimodal, sendo predominantemente básicas com caráter toleítico e, secundariamente, ácidas.

Os derrames formados pelo extravasamento da lava possuem, em média, 660 m de espessura (LEINZ *et al.*, 1966), podendo atingir mais de 1700 m individualmente (PEATE, 1989). Atividade ígnea intrusiva também se fez presente na forma de diques e soleiras de composição básica. Na Área de Influência Indireta do empreendimento, as intrusivas básicas ocorrem na forma de diques, constituídos predominantemente por basaltos e andesi-basaltos.

Os diques representam porções do magma que intrudiram em descontinuidades da crosta, encaixando-se em meio às rochas do embasamento à época, representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. Uma vez que as principais falhas regionais, quando da intrusão das lavas, possuíam direção predominante NW-SE, os diques assumiram também esta direção preferencial.

II.4.2.5. Bacia de Curitiba

A Bacia de Curitiba ocorre sobreposta ao Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. Constitui uma depressão alongada com direção ENE, cuja origem tectônica está relacionada ao Sistema de Riftes Cenozóicos do Sul do Brasil, conforme proposto por Zalán e Oliveira (2005).

Salamuni *et al.* (1999) propõe que sedimentação na Bacia de Curitiba foi controlada por movimentações tectônicas importantes do substrato, o que provocou a mudança na orientação do tensor principal de deformação regional, marcando o fim de um pulso tectônico extensional e iniciando outro. Blocos tectônicos sofreram ajuste em seu arranjo espacial e em seu posicionamento, por processos transpressionais, que proporcionaram abatimentos locais e, possivelmente, um basculamento generalizado da bacia de nordeste para sudeste.

A deposição da Formação Guabirota se deu após sucessivas fases erosivas que desenvolveram a superfície do Alto Iguaçu, seguida por uma fase erosiva de clima úmido que dissecou esta

superfície. Na sequência, iniciou-se a deposição em ambiente semi-árido, com chuvas torrenciais formando depósitos do tipo *playa-lake*, constituídos por argilitos, arcósios, depósitos rudáceos e margas (MINEROPAR, 2006a).

Bigarella e Salamuni (1962) atribuem o ambiente de deposição à sistemas de leques aluviais coalescentes e rios entrelaçados efêmeros nas bordas, passando a contextos deposicionais de menor energia, relacionados a processos de suspensão ou condições evaporíticas, no centro na bacia.

Como resultado, a Bacia de Curitiba é composta por associações de fácies predominantemente argilosas e silticas esverdeadas, com aumento de intercalações de areias e cascalhos em direção aos limites atuais da bacia, dando origem a camadas essencialmente arcoseanas, areias e depósitos rudáceos basais. Os depósitos atingem espessuras de, no máximo, 80 m em seu depocentro. As intercalações de sedimentos mais grossos apresentam contatos interdigitados e abruptos, estes últimos associados frequentemente a feições de corte-e-preenchimento associadas a paleocanais (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962; SALAMUNI *et al.*, 2004).

A Bacia de Curitiba é dividida em duas associações faciológicas: Formação Guabirota e Formação Tinguis. Esta última representa o preenchimento mais recente, correspondendo a depósitos de planícies de inundação e baixos terraços holocênicos. Já a Formação Guabirota está depositada predominantemente sobre o Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, e de forma restrita sobre o Grupo Açungui (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962).

Salamuni *et al.* (1999) admitem, a partir de palinórfos de polens de angiospermas, que a deposição da Formação Guabirota iniciou-se entre o Eomioceno e o Mesomioceno, concluindo no Mesopleistoceno.

II.4.2.6. Aluviões atuais e terraços aluvionares

Os aluviões atuais são constituídos por areias, siltes, argilas e cascalhos com litificação variável, depositados nas margens dos rios e córregos no último 1.8 M.a. Os terraços aluvionares são constituídos por material aluvionar mais antigo, e em nível mais alto do que o da atual planície aluvionar, e que permanece como testemunho de um período da evolução desta planície. Os aluviões e os terraços aluvionares representam a unidade geológica mais jovem da área de implantação do empreendimento.

Esta unidade recobre as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba e do Grupo Açungui, bem como os sedimentos da Bacia de Curitiba. Estes sedimentos foram gerados por meio da erosão e deposição dos produtos do intemperismo de litotipos do embasamento. Os processos que deram origem a estes sedimentos são definidos como hidráulico-deposicional e fluvial no interior do continente, condicionados às calhas de drenagem dos rios e planícies de inundação (MINEROPAR, 2006a).

Depósitos coluviais, provenientes de movimentos de massa, também ocorrem nas áreas de influência do empreendimento, dispostos em encostas. Sua formação teve início no período Quaternário, por meio da ação da erosão e retrabalhamento dos sedimentos e rochas preexistentes, e permanece atuante devido ao avanço do intemperismo (MINEROPAR, 2006a).

II.4.3. GEOLOGIA LOCAL – ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

Para a caracterização geológica da área de implantação do Contorno Norte de Curitiba foram analisadas fotografias aéreas e percorridos em campo os trechos do traçado que interceptam vias locais principais e secundárias, bem como visitadas áreas específicas de interesse geológico. A descrição das unidades geológicas identificadas nas áreas de Influência Direta e Diretamente Afetada pelo empreendimento, correlacionadas às informações obtidas em trabalhos anteriores desenvolvidos na região, resulta na análise do contexto geológico do sítio de implantação do CNC.

Na AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba são raros os afloramentos de rocha sã, restritos aos cursos das principais drenagens. Na área predominam extensos horizontes saprolíticos e de solos (residuais e transportados), variáveis em espessura, dependendo da inclinação das vertentes em que ocorrem. Quando aflorantes, as rochas ocorrem, na maioria das vezes, na forma de blocos e matacões intensamente intemperizados em meio aos estratos saprolíticos ou maciços terrosos.

Na Área de Influência Direta do empreendimento – na qual se insere a ADA – predominam os sedimentos da Formação Guabirota, da Bacia de Curitiba, que perfazem 52% da área. A segunda unidade mais expressiva na AID/ADA é o Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, que representa 36%, seguido pelos aluviões atuais e terraços aluvionares (11,5%) e intrusivas básicas (0,5%).

Cabe ressaltar que os valores calculados no presente estudo para a distribuição das unidades geológicas na AID/ADA do empreendimento divergem dos encontrados no Projeto Funcional III do

CNC (ENGEFOTO, 2012), apresentados no Volume I deste EIA. Esta diferença, embora de pequena expressão, pode ser resultante das diferentes metodologias de análise espacial empregadas em ambos os estudos, bem como da definição dos limites das áreas de influência consideradas neste diagnóstico.

Reitera-se que a análise espacial utilizada no presente trabalho para o cálculo dos quantitativos das unidades geológicas foi realizada em plataforma ArcGis, por meio da sobreposição de informações de localização do traçado do CNC, das áreas de influência do empreendimento e da base geológica disponível para a região.

As unidades geológicas identificadas na AID e ADA do empreendimento são descritas na sequência, conforme ordem litoestratigráfica apresentada no Quadro 1. O mapa geológico da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba é apresentado no Mapa 4.



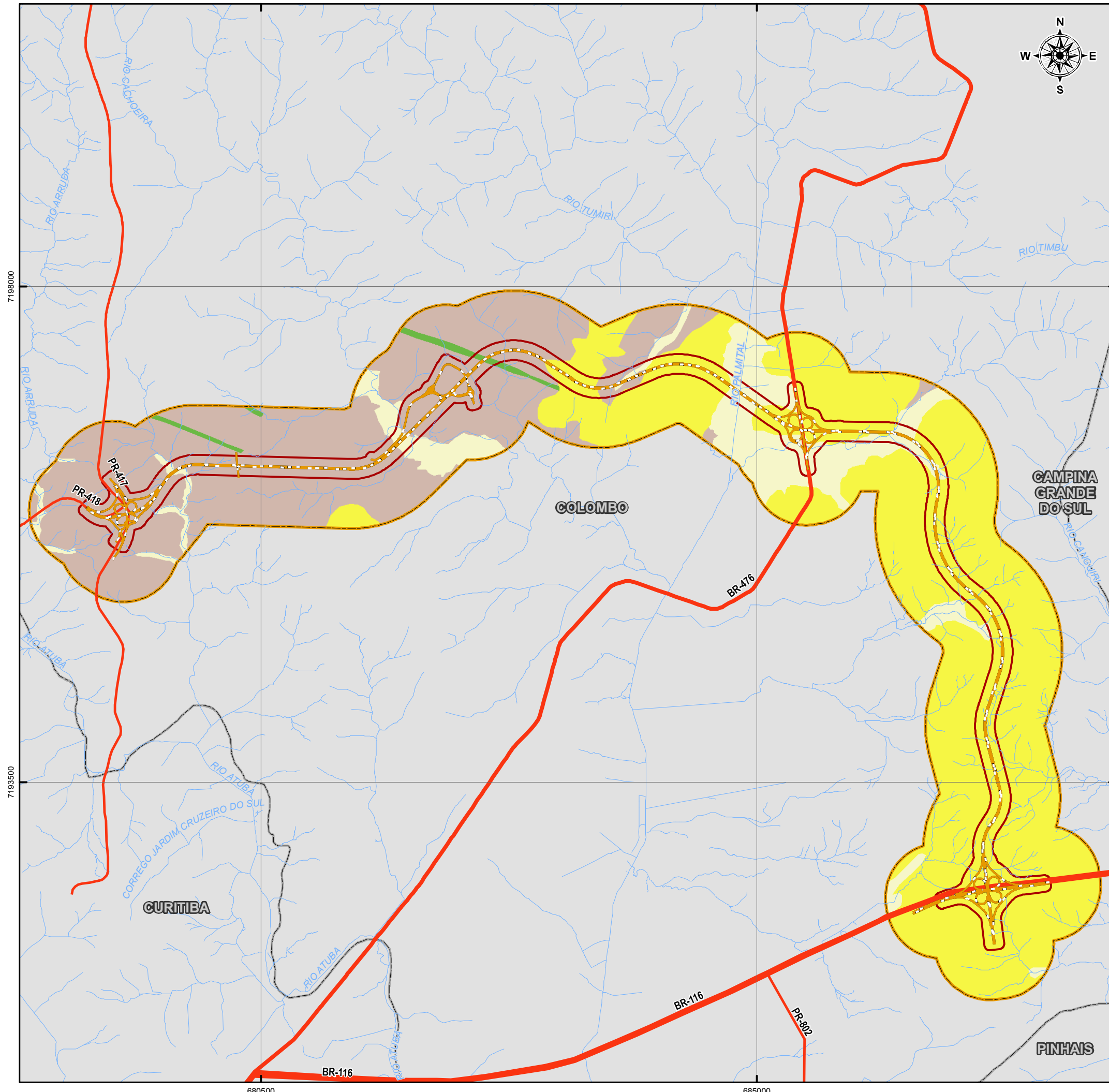
GEOLOGIA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- RODOVIAS ESTADUAIS
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITES MUNICIPAIS
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- HIDROGRAFIA

GEOLOGIA:

- ALUVIÕES ATUAIS E TERRAÇOS ALUVIONARES
- BACIA DE CURITIBA - FORMAÇÃO GUABIROTUBA
- INTRUSIVAS BÁSICAS
- COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 254 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: GEOLOGIA - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
ESCALA: 1:35.500	RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D	BASE CARTOGRÁFICA: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D		

II.4.3.1. Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba

O Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba está presente em 36% da Área de Influência Direta, incluindo a ADA. Esta unidade concentra-se do trecho inicial do traçado, no cruzamento com a PR-417 (rodovia da Uva), à porção central do CNC, conforme demonstra o Mapa 4.

Da mesma forma que na Área de Influência Indireta, na AID/ADA do empreendimento, os litotipos do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba (ou Complexo Atuba) ocorrem predominantemente alterados, principalmente na forma de saprólitos e camadas de solo com espessuras variáveis. Dessa forma, é rara a preservação completa ou até mesmo parcial das estruturas internas características dos litotipos, que incluem gnaisses e granulitos migmatíticos e granito-gnaisses migmatíticos.

Os horizontes saprolíticos, quando expostos de maneira contínua, permitem a identificação do bandamento composicional dos litotipos originais, refletido nas diferenças de composição, cor e textura entre os níveis (Figura 12). A composição dos níveis que formam o bandamento varia entre essencialmente argilosos ou arcoseanos, passando por termos argilo-arenosos e areno-argilosos.

Em geral, o contato entre os níveis do bandamento é difuso, sem clara distinção entre seus limites. No entanto, contatos bem definidos e contínuos são observados, principalmente, quando estes ocorrem entre níveis argilosos e arcoseanos (Figura 13).



FIGURA 12 – AFLORAMENTO DO COMPLEXO ATUBA REFLETINDO O BANDAMENTO COMPOSICIONAL ORIGINAL

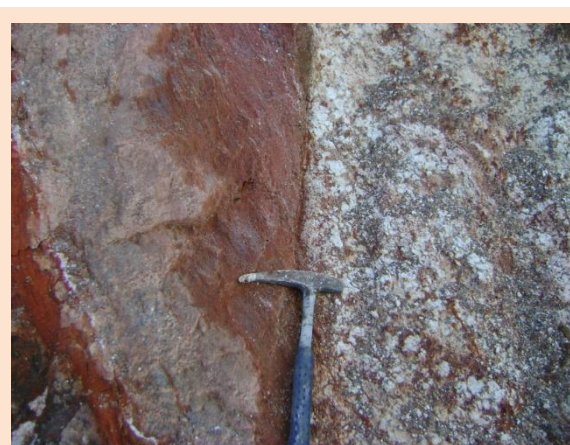


FIGURA 13 – CONTATO ENTRE NÍVEIS ARCOSEANOS (ESQUERDA) E ARGILOSOS (DIREITA), REPRESENTATIVOS DO BANDAMENTO COMPOSICIONAL DO COMPLEXO ATUBA

Os contatos observados são predominantemente subverticais (diagonais) a verticais, refletindo as estruturas pretéritas e ambientes de sedimentação da rocha, bem como o retrabalhamento resultante dos eventos tectônicos tardios.

Os saprólitos derivados do intemperismo das rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba são predominantemente argilosos, e apresentam-se em diversas cores, que variam em função da composição da rocha original. As cores vermelha e rósea e os tons esbranquiçados e amarelados representam saprólitos argilosos derivados da decomposição de termos graníticos e sieníticos (Figura 14). Já os saprólitos com cor preta ou castanha denotam a presença de matéria orgânica em diferentes teores.

Frequentemente os estratos argilosos pretos possuem intercalações e interdigitações de argila branca plástica, conferindo textura variegada (Figura 15). Tais feições refletem a alteração de rochas félsicas do Complexo Atuba.



FIGURA 14 – SAPRÓLITO DERIVADO DA DECOMPOSIÇÃO DAS ROCHAS DO COMPLEXO ATUBA



FIGURA 15 – INTERCALAÇÃO DE NÍVEIS ARGILOSOS PROVENIENTES DA DECOMPOSIÇÃO DAS ROCHAS DO COMPLEXO ATUBA

Em meio aos estratos saprolíticos – especialmente dos argilosos – é possível observar níveis descontínuos de quartzo, com espessura centimétrica, dispostos paralelamente ao bandamento original e à superfície Sn. A presença destes níveis indica a atuação de eventos hidrotermais posteriores à gênese da rocha, que propiciaram a percolação de fluidos ricos em sílica (e outros elementos), cristalizando quartzo e outros minerais secundários em fraturas pré-existentes. A Figura 16 mostra veios de quartzo paralelos ao bandamento, observado em saprólitos argilosos do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba.



FIGURA 16 – NÍVEIS DE QUARTZO INTERCALADOS A NÍVEIS ARGILOSOS VERMELHO-ESBRANQUIÇADOS PRESENTES NO COMPLEXO ATUBA

Quando aflorantes e parcialmente preservadas, as rochas do Complexo Atuba apresentam-se comumente na forma de blocos e matacões ou como níveis em meio aos estratos saprolíticos. Dependendo da composição original e da atuação dos agentes intempéricos, as rochas apresentam-se em maior ou menor estado de alteração intempérica.

Nos domínios da AID e ADA do empreendimento ocorrem gnaisses, granito gnaisses e granulitos migmatíticos, que se apresentam em avançado estado de alteração intempérica. Estas rochas apresentam bandamento gnáissico heterogêneo, em níveis milimétricos a centimétricos, cuja granulação varia entre fina à média.

Em alguns afloramentos de granito-gnaisses migmatíticos é possível observar estruturas reliquiares, como bandamento composicional – paralelo à superfície Sn –, definido pela alternância de bandas quartzo-feldspáticas com espessura milimétrica a centimétrica, e bandas argilosas milimétricas (Figura 17).

Os granulitos migmatíticos ocorrem mais frequentemente na forma de blocos e matacões (Figura 18), por vezes apresentando decomposição esferoidal – estrutura resultante da ação do intemperismo em que o núcleo da rocha é preservado enquanto suas bordas são decompostas em camadas concêntricas. Apesar do aspecto coerente, os granulitos migmatíticos também se apresentam intensamente intemperizados. No entanto, quando parcialmente preservados, o bandamento composicional pode ser observado por meio da alternância entre níveis milimétricos a centimétricos cinza escuro a preto, contendo essencialmente minerais máficos (compondo o mesossoma), e níveis esbranquiçados quartzo-feldspáticos (formando o leucossoma).



FIGURA 17 – GRANITO GNAISSE MIGMATÍTICO COM BANDAMENTO COMPOSICIONAL DEFINIDO PELA ALTERNÂNCIA DE NÍVEIS QUARTZOSOS E ARGILOSOS



FIGURA 18 – MATAÇÕES DE GRANULITO MIGMATÍTICO INTEMPERIZADOS

II.4.3.2. Intrusivas básicas

As intrusivas básicas ocorrem de forma restrita no trecho inicial do CNC, perfazendo apenas 0,5% da AID (vide Mapa 4). Esta unidade ocorre na forma de diques de basalto e andesi-basalto, cuja extensão muitas vezes é reduzida.

Os basaltos e andesi-basaltos pertencem à Província Magmática do Paraná, e comumente ocorrem em avançado estado de alteração intempérica. Em alguns afloramentos é possível observar rochas com típica decomposição esferoidal, evidenciando os processos intempéricos atuantes. Em raros locais são observadas fraturas de contração, típicas das rochas básicas, frequentemente obliteradas por fraturas tectônicas tardias.

Os basaltos e andesi-basaltos alterados dão origem a espessas camadas de solo argiloso (Latossolos), onde não são mais observados resquícios das estruturas da rocha original. Dessa forma, o contato entre os diques e as rochas encaixantes é evidenciado, na maior parte dos afloramentos, por diferenças nas cores e texturas dos solos derivados.

II.4.3.3. Bacia de Curitiba

A Bacia de Curitiba é representada na área de implantação do CNC pela Formação Guabirotuba, que se constitui como a unidade geológica predominante, representando 52% da AID, incluindo ADA (vide Mapa 4).

No sítio de implantação do empreendimento, a Formação Guabirota é composta essencialmente por argilas, areias, arcóseos e conglomerados, que ocorrem, frequentemente, intercalados em níveis com espessuras e continuidade variáveis.

Na AID/ADA do empreendimento, os afloramentos da Formação Guabirota exibem, caracteristicamente, intercalações de camadas argilosas, arenosas, arcoseanas, conglomeráticas e microconglomeráticas. A espessura das camadas varia entre milimétrica a métrica, e os contatos entre estas podem ser subhorizontalizados ou subverticalizados (laterais).

As camadas argilosas apresentam cores cinza, preto, vermelho e amarelo, que variam em função dos diferentes teores de matéria orgânica e elementos químicos, como ferro e manganês. A Figura 19 exhibe afloramento típico da Formação Guabirota na área pretendida para instalação do empreendimento, sobreposto por horizonte de solo.



FIGURA 19 – AFLORAMENTO DE NÍVEIS ARGILOSOS INTERCALADOS A NÍVEIS ARCOSEANOS DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA

As camadas argilosas de espessura milimétrica ocorrem, mais frequentemente, intercaladas a níveis arenosos e microconglomeráticos, ou ainda, alternadas de forma descontínua a outros níveis argilosos. As camadas de espessura centimétrica ocorrem, preferencialmente, intercaladas a níveis argilosos de diferentes cores. É comum observar camadas argilosas subhorizontalizadas com extensa continuidade (Figura 20 e Figura 21).

Intercalados às camadas argilosas, em contato subhorizontal, ocorrem níveis arenosos, arcoseanos e conglomeráticos, de cor castanha ou amarela. Os estratos arenosos possuem espessura centimétrica, e neles predominam grãos quartzosos com granulometria fina à média, subangulosos a angulosos, com esfericidade baixa.

Os níveis arcoseanos possuem espessura centimétrica e granulação média, sendo predominante a fração quartzo, seguida pela fração feldspática (em torno de 20%). Tanto os grãos de feldspato quanto os de quartzo são subangulosos a angulosos e exibem esfericidade baixa.



FIGURA 20 – INTERCALAÇÃO DE CAMADAS CENTIMÉTRICAS DE ARGILA AMARELA, VERMELHA E CINZA



FIGURA 21 – CAMADA CENTIMÉTRICA DE ARGILA CINZA INTERCALADA A ARGILA AMARELA

Os estratos conglomeráticos possuem espessura predominante centimétrica, e são formados por fragmentos e clastos de quartzito e carbonato com dimensões milimétricas a centimétricas, subangulosos a subarredondados, com esfericidade moderada a baixa. Os conglomerados ocorrem tanto suportados por clastos quanto pela matriz, sendo esta argilo-arenosa.

Ocorrem ainda níveis centimétricos a métricos de microconglomerados, formados por fragmentos heterogêneos com no máximo 1,5 cm, essencialmente quartzosos. Os fragmentos são predominantemente subarredondados, em alguns casos angulosos, com esfericidade variando entre baixa a alta.

Os microconglomerados são essencialmente suportados pela matriz, constituída por material argilo-arenoso (Figura 22 e Figura 23). Por vezes, os estratos microconglomeráticos possuem níveis conglomeráticos na base.



FIGURA 22 – MICROCONGLOMERADO SOBREPOSTO A CAMADA DE ARGILA VERMELHA



FIGURA 23 – MICROCONGLOMERADO SUPORTADO PELA MATRIZ ARGILO-ARENOSA

II.4.3.4. Aluviões atuais e terraços aluvionares

Na AID e ADA do empreendimento os aluviões concentram-se às margens do rio Palmital e de seus afluentes pela margem esquerda, próximo à interseção com a BR-476 (estrada da Ribeira), e nas margens do rio Cachoeira. Os sedimentos que compõem estes aluviões são areias, siltes, argilas e cascalhos com litificação variável.

Os terraços aluvionares ocorrem de forma restrita nas margens imediatas do rio Palmital, associados aos aluviões atuais, e representam superfícies antigas de deposição. Os sedimentos que os compõem são areias, siltes, argilas e cascalhos em níveis homogêneos de litificação.

II.4.3.5. Aspectos geotécnicos

A análise dos aspectos geotécnicos referentes à área de implantação do Contorno Norte de Curitiba tem como base o Projeto Funcional III, elaborado pela ENGEFOTO (2012), bem como observações de campo constantes no diagnóstico geológico.

O Projeto Funcional III prevê que traçado do CNC terá como arcabouço predominante as rochas sedimentares da Formação Guabirota, seguido pelas regiões onde aflora o Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. Aproximadamente 8 % do traçado será instalado em trechos sobre aluviões recentes.

As obras de implantação do CNC, que exigem o corte e aterro de porções significativas de solo, podem alterar a dinâmica de instabilidade das encostas, dando origem a processos erosivos e de movimentação de massa gravitacionais.

Em termos de extração em corte (coesão do material), a dificuldade de trabalhabilidade tende a ser maior para as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, principalmente na primeira metade do traçado, onde também podem ocorrer porções de rocha sã ou pouco alterada. Os sedimentos da Formação Guabirota, por outro lado, depois de desagregados costumam ser de melhor qualidade.

No entanto, os cortes realizados na Formação Guabirota costumam apresentar maiores problemas de estabilidade, se comparados aos executados no Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. Isso decorre das características friáveis e facilmente desagregáveis dos sedimentos que compõem a Formação Guabirota, bem como da presença de níveis freáticos “suspensos” nos estrados mais permeáveis, e consequentes fluxos percolantes de alto gradiente.

Em relação às áreas aluviais, a dificuldade de extração se refere à presença de solos hidromórficos e nível freático elevado, o que exige a utilização de equipamentos e métodos especiais. Entretanto, de acordo com o Projeto Funcional III, para as estas áreas está prevista a implantação de aterros, justamente em função das características pouco favoráveis, que promovem sua instabilidade.

Ainda segundo o Projeto Funcional III do CNC, para as áreas aluviais, os problemas de execução de cortes dizem respeito à estabilidade do corpo estradal, devido à baixa resistência e compressibilidade dos materiais de fundação. Além disso, a terraplenagem a ser executada nesses segmentos possivelmente será descompensada, exigindo a instalação de caixas de empréstimo concentradas.

Entretanto, conforme indicado no Projeto Funcional III, a implantação de aterros se garante como uma medida de controle estrutural bastante eficiente para compensar a travessia sobre áreas aluvionares.

Em termos de erodibilidade, a camada alterada e edafizada, resultante da alteração das rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, costuma ser mais espessa do que a gerada a partir dos sedimentos da Formação Guabirota. No entanto, se a camada alterada pouco espessa da

Formação Guabirota poderia ser assumida como uma vantagem para esta, os materiais que a compõem costumam ser muito mais erodíveis, desqualificando-a no que concerne à estabilidade.

Adicionalmente, a alta densidade de drenagem das áreas compostas pela Formação Guabirota contribui para o aumento das taxas de percolação e infiltração de água, promovendo o aumento da instabilidade das encostas e dos cortes executados sobre esta unidade. Já os movimentos de massa gravitacionais têm pouca propensão a ocorrer na área de implantação do empreendimento, uma vez que não são encontradas declividades maiores que 45%.

Cabe ressaltar que o monitoramento das condições de estabilidade das encostas durante a implantação do empreendimento é imprescindível, uma vez que a modificação local das características do relevo resultantes das obras de implantação (cortes e aterros) do CNC pode alterar a dinâmica de estabilidade das encostas mais suscetíveis.

Entretanto, a ocorrência destes fenômenos pode ser prevenida ou contida pela execução de ações e medidas de controle durante a implantação das obras, como proteção das encostas e vertentes íngremes, incluindo revegetação e adequação do sistema de drenagem (provisório e permanente).

II.4.4. CAVIDADES NATURAIS

Das unidades presentes nas áreas de influência do CNC, apenas a Formação Capiru (Grupo Açungui), localizada no extremo noroeste da AII, é propensa ao desenvolvimento de cavidades naturais, uma vez que compõe o sistema cárstico. De acordo com o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas do Estado do Paraná (CECAV, 2008), a probabilidade de existência de cavidades naturais na Formação Capiru é alta (70-90%).

O relevo cárstico é caracterizado por partes mais arrasadas que sofreram abatimento, intercaladas por elevações constituídas por rochas menos solúveis. Essas porções mais planas são as áreas de maior fragilidade que, se ocupadas, poderão apresentar grande vulnerabilidade e susceptibilidade a comportamentos geotécnicos indesejáveis, com abatimentos de terreno, trazendo riscos às comunidades instaladas, bem como a necessidade de desocupação de construções (ARAÚJO, 2006).

Já na Formação Guabirota, predominante na área de implantação do CNC, a probabilidade para a ocorrência de cavernas e grutas é baixa (10-40%). Ainda de acordo com o CECAV (2008), a

ocorrência de cavidades naturais é improvável (0-10%) para as demais unidades geológicas presentes nas áreas de influência do CNC – Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, intrusivas básicas, Granito Anhangava, aluviões e terraços aluvionares.

Portanto, de acordo com levantamento realizado junto ao CECAV (2008), tanto na AII quanto na AID/ADA do empreendimento não há cavernas, grutas ou unidades de conservação de cavernas mapeadas, mesmo naquelas áreas cujo substrato é a Formação Capiru.

II.4.5. RECURSOS MINERAIS

A potencialidade mineral de uma região está diretamente associada à composição do seu substrato. O embasamento da AII do Contorno Norte de Curitiba é formado pelas rochas cristalinas paleoproterozóicas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, sobrepostas pelas rochas calcárias da Formação Capiru (Grupo Açungui) e sedimentos da Formação Guabirota. Recobrimo tais unidades ocorrem, ainda, sedimentos holocênicos que compõem as áreas de várzeas.

Em função da composição do substrato e dos processos geológicos que nele agiram ao longo do tempo, o potencial mineral da região onde será instalado o CNC refere-se essencialmente a substâncias para uso na construção civil e industrial, tais como: areia, argila, agregados, saibro e calcário. Registra-se também o potencial para exploração de água mineral na região, em função dos aquíferos porosos hospedados na Formação Guabirota e aquífero fraturado hospedado nas rochas cristalinas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba.

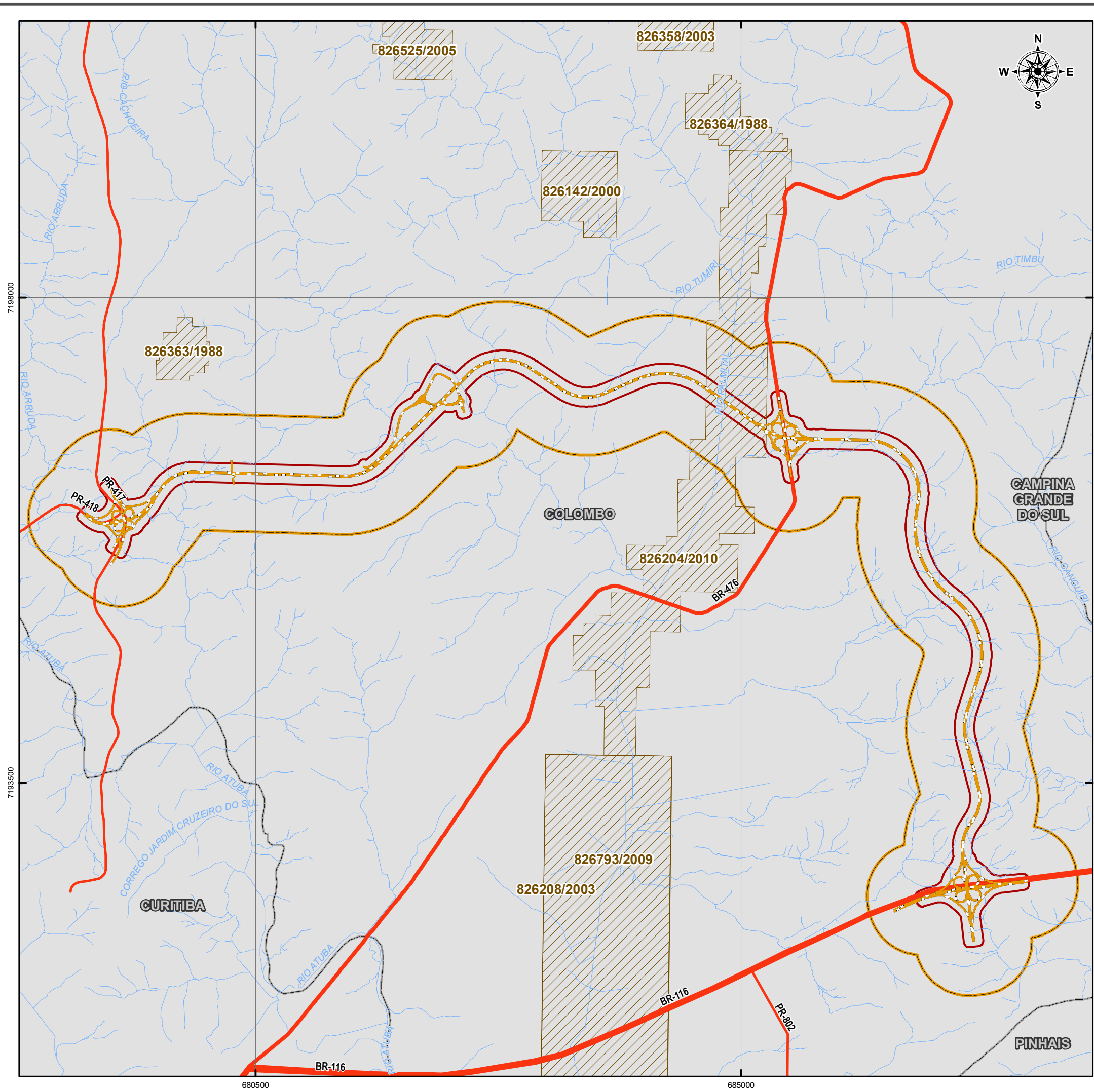
Nas áreas de influência do CNC estão cadastrados 54 processos minerários junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Apesar do potencial mineral da região, na AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba há apenas um processo minerário cadastrado junto ao DNPM. Este título minerário, registrado sob número 826.206/2010, refere-se à solicitação de Autorização de Pesquisa para a substância areia.

A Tabela 8 mostra as substâncias minerais cadastradas junto ao DNPM na AII e AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba, conforme consulta realizada no Sistema de Informações Geográficas de Mineração – SIGMINE (DNPM, 2012). Os processos minerários identificados na AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba e em seu entorno imediato são mostrados no Mapa 5.

PROCESSOS MINERÁRIOS ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- RODOVIAS ESTADUAIS
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITES MUNICIPAIS
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- HIDROGRAFIA
- DNPM 2012



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 254 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt Grupo OHL		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
TÍTULO: PROCESSOS MINERÁRIOS - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR	FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER	BASE CARTOGRÁFICA: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S	ESCALA: 1:35.500	RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D

TABELA 8 – SUBSTÂNCIAS MINERAIS CADASTRADAS JUNTO AO DNPM NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO CNC

ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII		
PROCESSOS	SUBSTÂNCIAS	FASES DO PROCESSO
811.874/1972	ARGILA	CONCESSÃO DE LAVRA
801.042/1976	CALCÁRIO	CONCESSÃO DE LAVRA
821.031/1981	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.363/1988	MIGMATITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.297/1992	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.132/1989	SAIBRO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.073/1989	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.053/1988	DOLOMITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.074/1989	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.364/1988	MIGMATITO	CONCESSÃO DE LAVRA
802.698/1978	CALCÁRIO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.358/2003	ÁGUA MINERAL	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.616/2006	GRANITO	LICENCIAMENTO
826.317/2005	ÁGUA MINERAL	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.154/2003	ÁGUA MINERAL	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.674/2006	BENTONITA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.667/2007	GRANITO	LICENCIAMENTO
826.973/1994	GRANITO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.719/2006	CALCÁRIO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.627/2002	ARGILA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.020/2000	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.192/2009	GRANITO	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.137/2009	CALCÁRIO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.186/2009	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.525/2005	SAIBRO	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.658/2009	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.142/2000	GNAISSE	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.043/2010	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.040/1990	GRANITO	CONCESSÃO DE LAVRA
826.076/2010	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.590/2010	ARGILA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.208/2003	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.320/2004	ARGILA BENTONÍTICA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.227/2010	GRANITO	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO
826.142/1990	GRANITO	REQUERIMENTO DE LAVRA
826.256/2011	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.793/2009	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.200/2010	ARGILA	REQUERIMENTO DE PESQUISA
826.369/2011	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.200/2010	ARGILA	REQUERIMENTO DE PESQUISA



ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII		
PROCESSOS	SUBSTÂNCIAS	FASES DO PROCESSO
826.352/2011	QUARTZITO	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.204/2010	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.918/2011	GRANITO	REQUERIMENTO DE PESQUISA
826.087/2012	GRANITO	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO
826.163/2012	ARGILA	REQUERIMENTO DE PESQUISA
826.164/2012	ARGILA	REQUERIMENTO DE PESQUISA
826.336/2012	AREIA	REQUERIMENTO DE PESQUISA
826.404/2011	BENTONITA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA
826.770/1996	DOLOMITO	DISPONIBILIDADE
826.578/2006	ARGILA	DISPONIBILIDADE
826.473/2000	GRANITO	DISPONIBILIDADE
826.474/2000	GRANITO	DISPONIBILIDADE
826.112/2009	SAIBRO	DISPONIBILIDADE
ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA – AID/ÁREA DIRETAMENTE AFETADA – ADA		
PROCESSOS	SUBSTÂNCIAS	FASES DO PROCESSO
826.204/2010	AREIA	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

FONTE: DNPM/SIGMINE, JULHO DE 2012

As substâncias mais requeridas e exploradas nas áreas de influência do empreendimento pertencem ao grupo dos não-metálicos, e são empregadas, principalmente, na construção civil e em atividades industriais. A Tabela 9 aponta os quantitativos referentes à ocorrência de cada substância mineral cadastrada junto ao DNPM na AII e AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba.

TABELA 9 – SUBSTÂNCIAS MINERAIS CADASTRADAS JUNTO AO DNPM NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO CNC

SUBSTÂNCIAS	PERCENTUAL
Construção Civil	
Granito	30%
Areia	20%
Saibro	6%
Argila	4%
Migmatito	4%
Gnaise	2%
Industrial	
Argila industrial	11%
Calcário	7%
Água mineral	6%
Bentonita	6%
Dolomito	4%
Quartzito	2%

FONTE: DNPM/SIGMINE, JULHO DE 2012



A substância mais requerida junto ao DNPM nas áreas de influência do CNC é o granito, que representa 30% do total de processos, seguido das substâncias areia (20%) e argila industrial (11%).

Granitos, gnaisses, quartzitos e migmatitos, quando são ou pouco alterados, são extraídos diretamente do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, e destinam-se essencialmente à construção civil. Quando alteradas, as rochas do Complexo Atuba dão origem aos saibros. Já as rochas calcárias e dolomíticas provêm da Formação Capiru, do Grupo Açungui, e são empregadas para uso industrial.

As substâncias areia e argila (incluindo bentonita) são extraídas dos sedimentos depositados em áreas de várzea e ao longo do leito de rios e córregos, e são utilizadas tanto na construção civil quanto para uso industrial. Em relação às três bacias que compõem a AII do CNC, a que mais possui títulos minerários cadastrados é do rio Iraí.

O aproveitamento do recurso mineral, ou seja, sua extração para fins comerciais, só é permitido mediante portaria do Ministério das Minas e Energia (MME). Para a expedição de tal portaria, é necessário que a área requerida tenha passado por diferentes regimes de autorização e concessão junto ao DNPM, que compreendem desde a declaração de disponibilidade da substância, passando pelo seu licenciamento até a concessão do direito de lavra. A distribuição dos processos minerários registrados nas áreas de influência do CNC conforme os regimes de autorização e concessão são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 – SITUAÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO CONTORNO NORTE DE CURITIBA

REGIMES DE AUTORIZAÇÃO E CONCESSÃO	PERCENTUAL
Disponibilidade	9%
Requerimento de pesquisa	11%
Autorização de pesquisa	37%
Requerimento de licenciamento	4%
Licenciamento	4%
Requerimento de lavra	11%
Concessão de lavra	24%

FORNTE: DNPM/SIGMINE, JULHO DE 2012

Da totalidade dos processos minerários cadastradas nas áreas de influência do CNC, 9% encontram-se na fase de *disponibilidade*, que caracteriza a etapa inicial dos regimes de autorização e concessão. Se o DNPM declarar a área livre e disponível, o requerente procede à solicitação do *requerimento de pesquisa*, etapa na qual 11% dos processos cadastrados na AII do

CNC se encontram. Caso a *autorização de pesquisa* seja concedida, o requerente da área obtém o direito de pesquisar e confirmar (ou não) a presença de uma jazida, por meio da qualificação, quantificação e espacialização da ocorrência mineral. Nas áreas de influência do CNC, 37% dos processos minerários estão nesta etapa, onde aguardam a devolutiva do DNPM para dar continuidade às fases seguintes.

Apenas 4% dos processos minerários nas áreas de influência do CNC estão na fase de *requerimento de licenciamento*, em que são analisados os procedimentos necessários ao licenciamento ambiental da área com reserva comprovada. Caso aprovado o requerimento, procede-se à fase de *licenciamento*, na qual 4% dos processos se encontram, onde o requerente deverá atender aos requisitos ambientais imperativos à permissão para exploração da área.

Aprovado o licenciamento, faz-se o *requerimento de lavra*, onde deve ser apresentado o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida em questão. Nesta etapa estão 11% dos processos cadastradas nas áreas de influência do CNC. Da totalidade dos títulos minerários registrados, 24% encontram-se na fase de *concessão de lavra*, que se configura como a última etapa, quando o Ministério das Minas e Energia expede portaria permitindo a extração e exploração do bem mineral requerido.

O processo minerário cadastrado na AID/ADA do empreendimento (826.204/2010) encontra-se na fase de *autorização de pesquisa*, que segue à confirmação da disponibilidade da substância mineral e aprovação do requerimento de pesquisa. Dessa forma, nenhuma área com atividade minerária de extração (ou seja, na fase de concessão de lavra) ou na fase de requerimento de lavra ou licenciamento será impactada pela implantação do CNC.

Cabe ressaltar que o acompanhamento do processo minerário identificado na AID/ADA junto ao DNPM será realizado no âmbito do Programa de Gestão e Supervisão Ambiental.

II.5. GEOMORFOLOGIA

As unidades geomorfológicas presentes na área investigada estão compreendidas, predominantemente, no domínio morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, também conhecido como Planalto Atlântico. Subordinadamente ocorrem unidades morfoesculturais relacionadas à morfoestrutura Bacia Sedimentar Cenozóica e Depressões Tectônicas.

A seguir são descritos os domínios morfoestruturais e respectivas unidades morfoesculturais presentes nas áreas de Influência Indireta, Direta e Diretamente Afetada pelo CNC. O mapa geomorfológico da AII do empreendimento também é apresentado na sequência (Mapa 6).

II.5.1. CINTURÃO OROGÊNICO DO ATLÂNTICO

O Cinturão Orogênico do Atlântico, também conhecido como Planalto Atlântico, é uma morfoestrutura cuja natureza é poliorogênica, tendo sua gênese vinculada a vários ciclos geotectônicos acompanhados de sedimentação, metamorfismo regional, falhamentos, dobramentos e extensas intrusões. Essa evolução geológica termina com a consolidação ou cratonização da Plataforma Sul-Americana (SANTOS *et al.*, 2006).

O modelado dominante do Cinturão Orogênico do Atlântico é representado por formas de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos. Esta morfoestrutura caracteriza-se por um conjunto de serras com cerca de 1000 km de extensão, indo desde o Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina. No Paraná, é constituído por duas unidades morfoesculturais: Primeiro Planalto Paranaense e Serra do Mar e Morros (MINEROPAR, 2006b).

II.5.1.1. Primeiro Planalto Paranaense

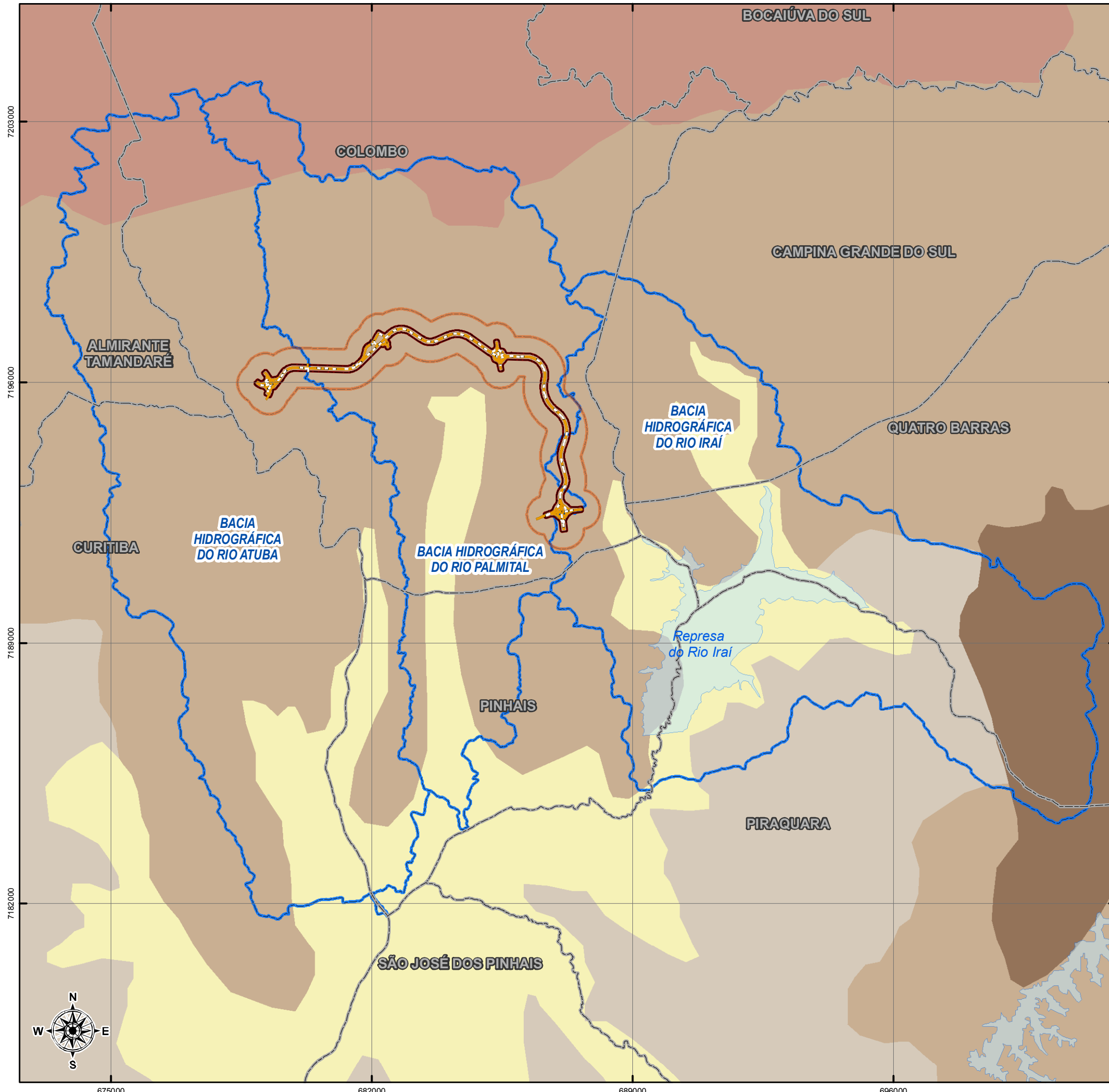
A região que abrigará o CNC está contida no Primeiro Planalto Paranaense. A sua extensão abrange desde a região de Jaguariaíva, Tibagi e Purunã, nos sopés da escarpa da Serra do Purunã, até a vertente leste da Serra do Mar (SANTOS *et al.*, 2006).

As superfícies do Primeiro Planalto têm sua morfogênese caracterizada por pediplanação intermontana. Suas superfícies aplainadas são oriundas de processos morfoclimáticos com alternância de climas secos e úmidos (SANTOS *et al.*, 2006).

GEOMORFOLOGIA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- LIMITES MUNICIPAIS
 - CONTORNO NORTE DE CURITIBA
 - ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
 - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII
 - CORPOS D'ÁGUA
- GEOMORFOLOGIA**
- PLANÍCIES FLUVIAIS
 - PLANALTO DISSECADO DE TUNAS DO PARANÁ
 - PLANALTO DO ALTO IGUAÇU
 - PLANALTO DE CURITIBA
 - BLOCOS SOERGIDOS DO PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt Grupo OHL		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO:	EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012
TÍTULO:	GEOMORFOLOGIA - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA:	UTM SAD69 22S	FONTE: ITCG
ESCALA:	1:105.000	BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D	ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D



Desta forma, o relevo do Primeiro Planalto Paranaense apresenta-se relativamente uniforme, esculpido em rochas cristalinas, tais como xistos metamórficos e gnaisses, cortados por diques de pegmatitos e intrusões graníticas. As altitudes médias da região variam entre 850-950 m, formando uma paisagem suavemente ondulada, com planícies e várzeas intercaladas, constituídas por sedimentos colúvio-aluvionares recentes e paludais, distribuídos ao longo dos principais cursos de água (MINEROPAR, 2006b).

O Primeiro Planalto subdivide-se nas seguintes subunidades geomorfológicas: Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto, Planalto do Complexo Gnáissico Migmatítico, Planalto Dissecado de Adrianópolis, Planalto de Curitiba, Planalto do Alto Iguaçu, Planalto Dissecado de Tunas do Paraná, Planalto Dissecado de Rio Branco do Sul, Planalto Dissecado do Alto Ribeira, Planalto do Alto Jaguariaíva e Planalto de Castro.

Na Área de Influência Indireta do CNC, as subunidades correspondem ao Planalto Dissecado de Tunas do Paraná e ao Planalto de Curitiba, além das Planícies Fluviais. Na sequência são descritas as subunidades presentes na AII do empreendimento.

II.5.1.1.1. *Planalto Dissecado de Tunas do Paraná*

O Planalto Dissecado de Tunas do Paraná, exposto na Figura 24, é modelado em rochas da Formação Capiuru (Grupo Açungui), cuja morfologia possui direção geral entre NW-SE e NE-SW. Esta subunidade apresenta dissecação alta e nos domínios da AII ocupa uma área de 1250,20 km². As classes de declividade predominantes são menores que 6% em uma área de 548,66 km², e entre 12 e 30% em uma área de 437,58 km².

Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 760 m, com altitudes variando entre 640 e 1400 m. As formas de relevo predominantes são topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e vales em “V” (MINEROPAR, 2006b).

Esta unidade ocorre apenas ao norte da AII do empreendimento, não sendo encontrada nas áreas de Influência Direta e Diretamente Afetada.



FIGURA 24 – RELEVO DO PLANALTO DISSECADO DE TUNAS DO PARANÁ

II.5.1.1.2. *Planalto de Curitiba*

O Planalto de Curitiba, na qual a AID/ADA está integralmente contida (Mapa 7), foi esculpido nas rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba e, posteriormente, modelado em áreas de sedimentos da Formação Guabirotuba (Bacia de Curitiba).

As formas predominantes no Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba são topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, com direção predominante da morfologia entre N-S e NW-SE (Figura 25).

A Formação Guabirotuba, conjuntamente com a Formação Tinguis, preenchem a Bacia de Curitiba com depósitos sedimentares de origem fluvial, lacustre e aluvionar. A Bacia de Curitiba constitui uma depressão rasa e alongada controlada estruturalmente pelas falhas antigas do embasamento, posteriormente reativadas. Caracteriza-se como uma área de relevo de colinas que se articulam às planícies fluviais mediante suaves rampas (MINEROPAR, 2006b).

O relevo esculpido nas rochas da Bacia de Curitiba distribui-se na forma de grábens e semigrábens com preenchimento continental, com influência fluvial e lacustre, marcado por amplas colinas, vales em “V” aberto e de fundo plano (Figura 26). Dessa forma, os sedimentos quaternários jazem diretamente sobre as rochas cristalinas (MAACK, 1981).

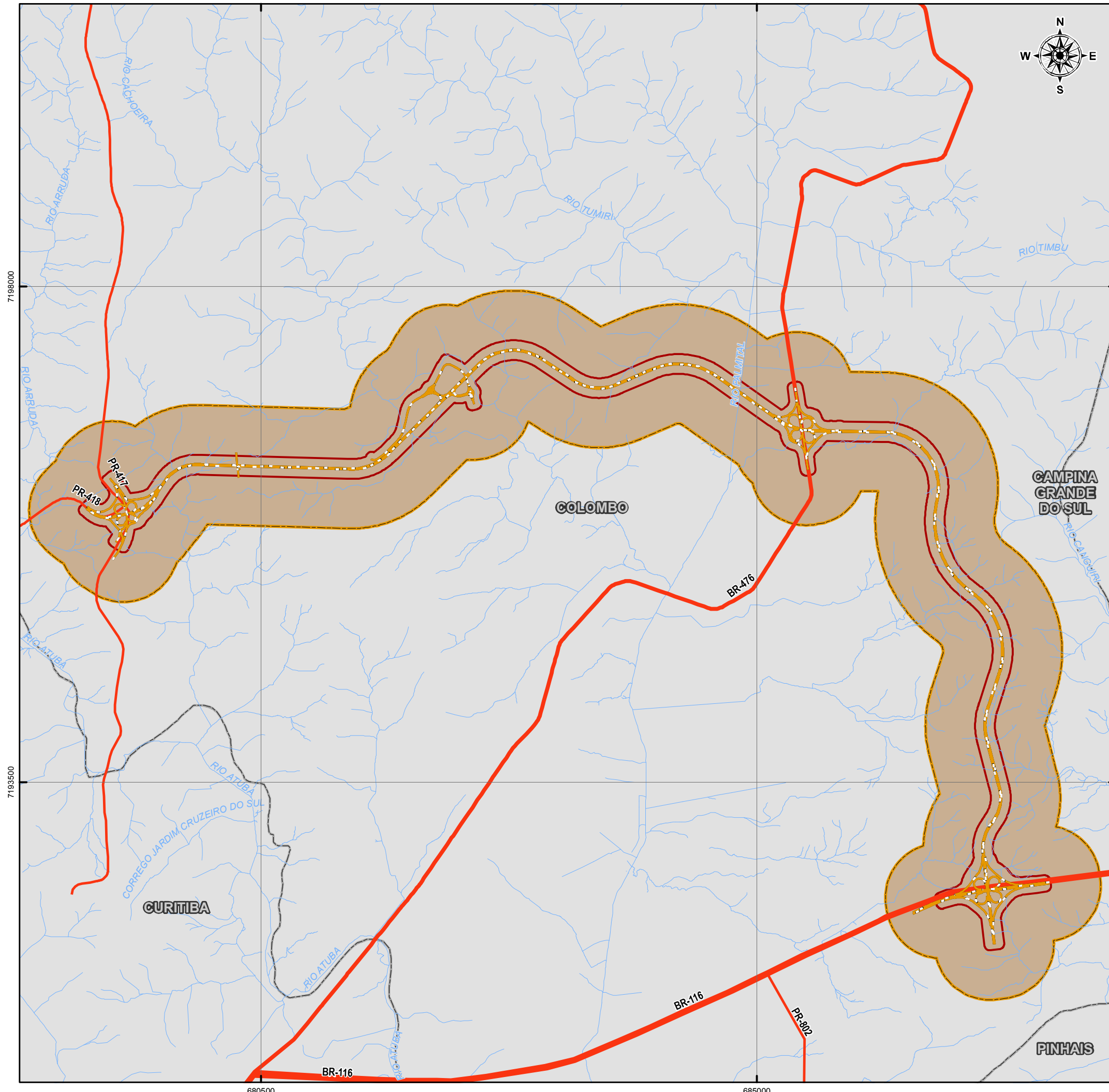
GEOMORFOLOGIA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- RODOVIAS ESTADUAIS
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITES MUNICIPAIS
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- HIDROGRAFIA
- PLANALTO DE CURITIBA

GEOMORFOLOGIA

- PLANALTO DE CURITIBA



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
TÍTULO: GEOMORFOLOGIA - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR	FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER	BASE CARTOGRÁFICA: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S	ESCALA: 1:35.500	RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D



FIGURA 25– RELEVO DO PLANALTO DE CURITIBA ESCULPIDO EM ROCHAS DO COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO ATUBA



FIGURA 26– RELEVO DO PLANALTO DE CURITIBA ESCULPIDO EM SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA

O Planalto de Curitiba é caracterizado por apresentar dissecação média, que ocorre em uma área de 2664,09 km². As classes de declividade predominantes são: menores que 6%, ocorrendo em uma área de 1634,42 km²; e entre 6 e 30%, que ocorre em uma área de 1.004,32 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 680 m, com altitudes variando entre 560 e 1240 m. (MINEROPAR, 2006b).

Especificamente na AID/ADA do empreendimento, a classe de declividade predominante varia entre 3 e 8%, o que representa 43% da área total prevista para implantação da rodovia. Apenas 3% da área apresenta classe de declividade acima de 20%. As classes de declividade presentes na AID/ADA do empreendimento são apresentadas no Mapa 8.

Por conseguinte, o CNC será instalado sobre superfícies predominantemente aplainadas, cuja altitude varia entre 890 e 985 m sob o nível do mar, entremeadas a colinas que se ligam aos rios e córregos por meio de rampas suaves.

A área prevista para instalação da rodovia apresenta drenagem com padrão dendrítico, desenvolvido em função da das diferentes resistências presentes em cada uma das formações rochosas subjacentes, aliadas à dinâmica superficial. Os seus canais distribuem-se em todas as direções sobre a superfície, predominando em vales encaixados.

Na AID/ADA do empreendimento, o relevo é o principal fator condicionante ao desenvolvimento de processos erosivos e movimentos de massa, uma vez que influencia diretamente a capacidade do agente erosivo em realizar trabalho. Estes processos têm maior probabilidade de ocorrer em

locais com declividade mais acentuada, o que favorece a concentração do fluxo de água superficial, podendo dar origem a sulcos, ravinas e voçorocas.

Nos extremos do traçado proposto para o CNC, onde o relevo é mais acentuado (com declividade acima de 20%) e a densidade de drenagem é média, observa-se que a concentração do fluxo de água superficial deu origem a feições erosivas, como sulcos e ravinas. Tais feições são observadas na porção leste, próximo à divisa das bacias dos rios Palmital e Iraí (Figura 28), e no extremo oeste do traçado do CNC, no cruzamento deste com a PR-417 (rodovia da Uva, Figura 27).

No entanto, na área de implantação do CNC não são observadas classes de declividade maiores que 45%, conferindo baixa propensão aos movimentos de massa gravitacionais, do tipo queda ou destacamento de blocos. As propriedades geológico-estruturais das unidades que compõem o substrato corroboram a baixa suscetibilidade ao desenvolvimento destes processos.

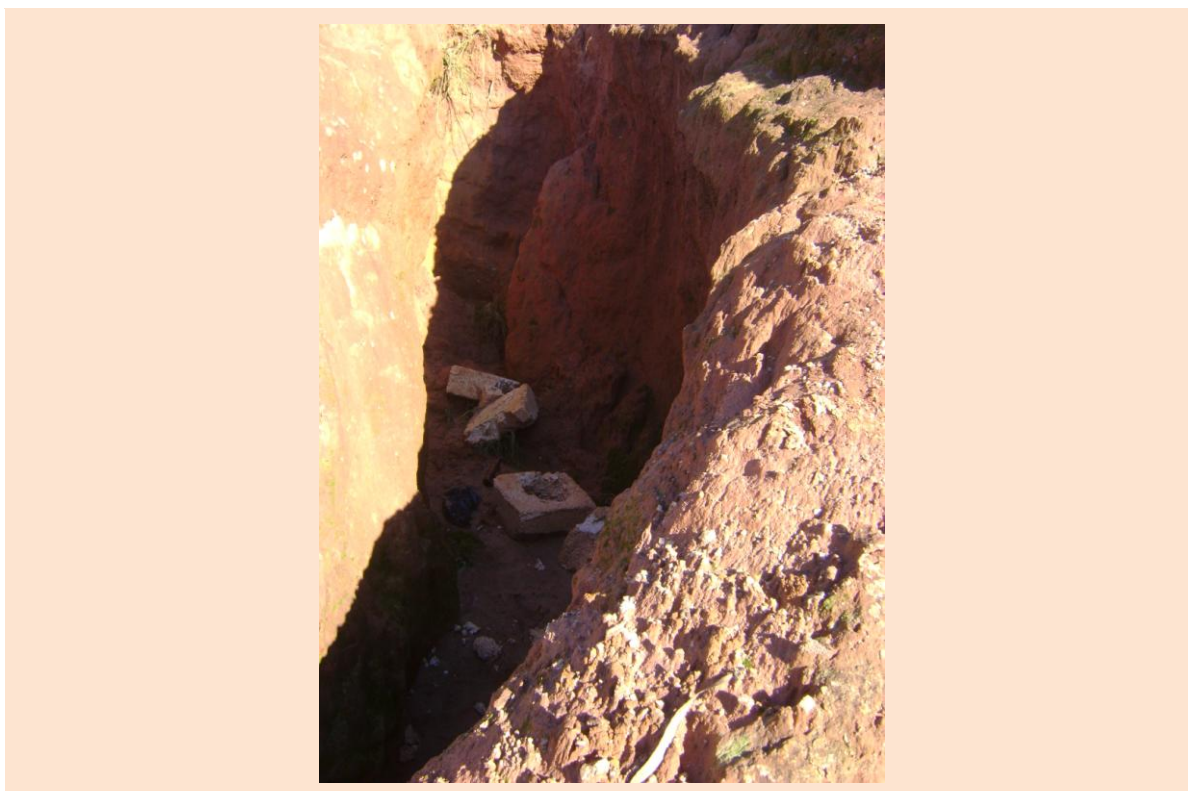


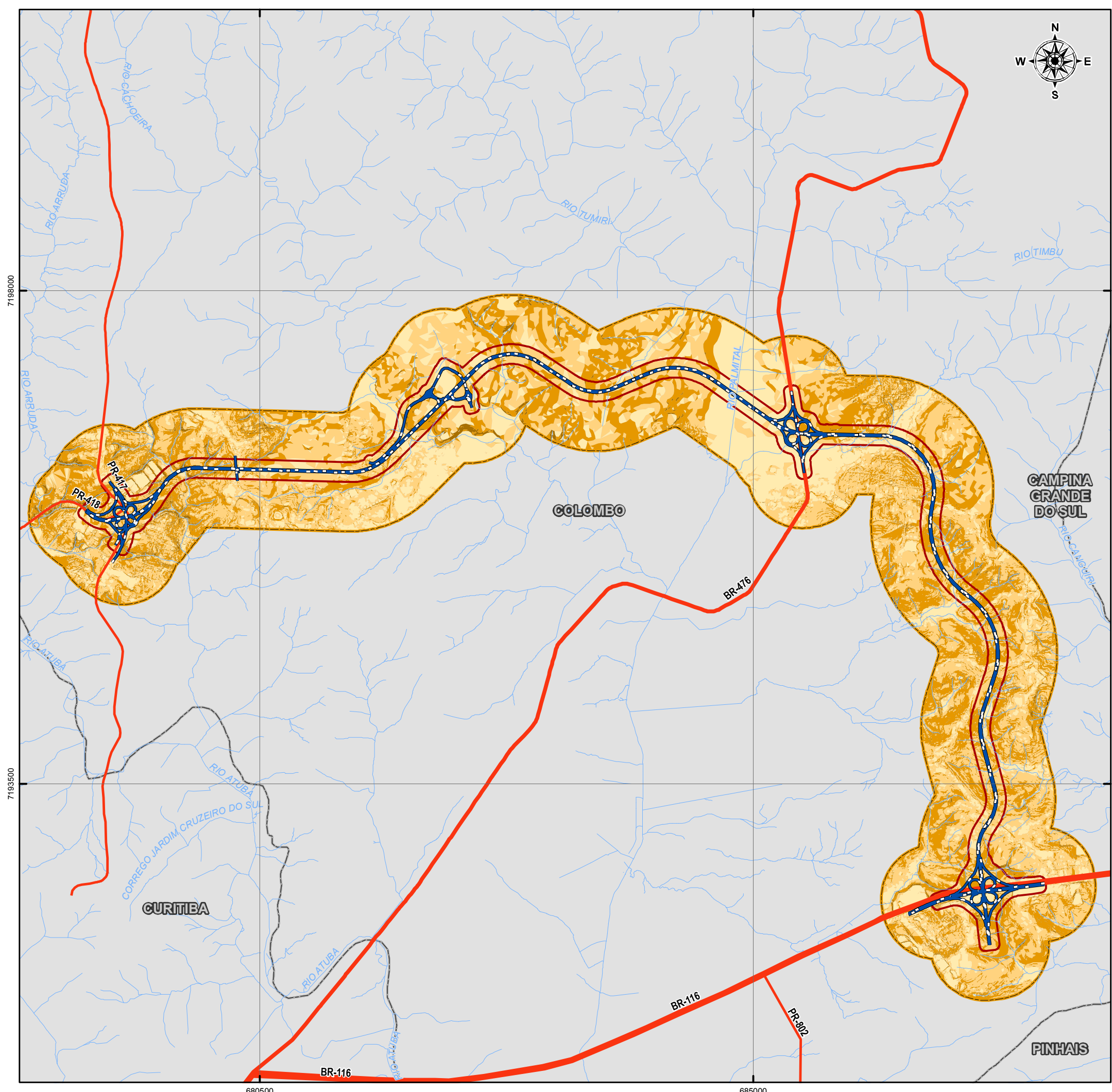
FIGURA 27– SUPERFÍCIE COM DESENVOLVIMENTO DE RAVINA, PRESENTE NA FORMAÇÃO GUABIROTUBA, PLANALTO DE CURITIBA



FIGURA 28 – SUPERFÍCIE COM DESENVOLVIMENTO DE EROSIÃO EM SULCOS E RAVINAS, PRESENTE NA FORMAÇÃO GUABIROTUBA, PLANALTO DE CURITIBA

DECLIVIDADE ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

- LEGENDA:**
- RODOVIAS ESTADUAIS
 - RODOVIAS FEDERAIS
 - LIMITES MUNICIPAIS
 - CONTORNO NORTE DE CURITIBA
 - ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
 - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
 - HIDROGRAFIA
- DECLIVIDADE**
- 0 - 3%
 - 3 - 8%
 - 8 - 20%
 - 20 - 45%



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 254 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
TÍTULO: DECLIVIDADE - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S	ESCALA: 1:35.500	RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D
		ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D

II.5.1.2. Bacia Sedimentar Cenozóica e Depressões Tectônicas

II.5.1.2.1. *Planícies Fluviais*

As Planícies Fluviais ocorrem em áreas restritas, associadas aos depósitos a montante de níveis de base locais e regionais. Esta unidade corresponde às áreas essencialmente planas, formadas por deposição de origem fluvial de sedimentos do período Quaternário, onde ocorre o predomínio dos processos agradacionais (acumulação) em formas de relevo essencialmente planas, conforme demonstrado na Figura 29 (MINEROPAR, 2006b).

As Planícies Fluviais são sujeitas a inundações periódicas nas suas áreas de várzea atuais. O risco de inundação pode ser agravado nestes locais, uma vez que a AID se caracteriza por apresentar locais com urbanização intensa que, associada à supressão da cobertura vegetal para implantação de pavimentações, impermeabiliza o solo, concentrando, conseqüentemente, o escoamento superficial.

Esta unidade predomina na área de implantação do empreendimento, concentrando-se, principalmente, no vale do rio Palmital (Figura 30). Apresenta, caracteristicamente, um padrão de drenagem retilíneo, com forte controle estrutural na morfologia dos canais, sendo um indicativo característico de movimentos neotectônicos.



FIGURA 29 – PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PALMITAL NA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

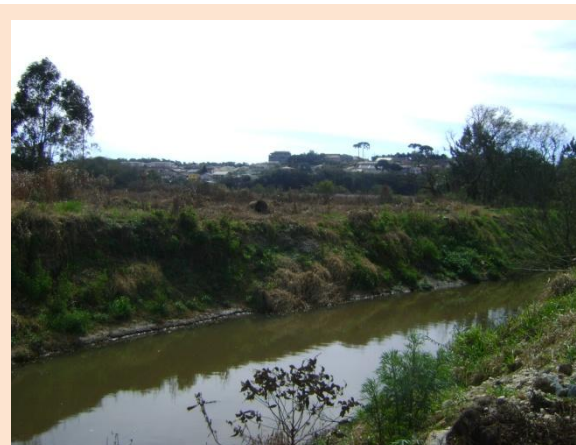


FIGURA 30 – RIO PALMITAL NA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

II.6. PEDOLOGIA

O estudo sistemático das condições de solos, no contexto de um Estudo de Impacto Ambiental, é necessário para identificar a importância dos solos da região e constitui um dos principais instrumentos para a definição de seu possível aproveitamento.

Baseado no exposto acima, o levantamento de solos nas áreas de Influência Indireta e Direta do empreendimento Contorno Norte de Curitiba/PR é uma das bases fundamentais para o planejamento do uso do solo, uma vez que, através dele, são localizadas e mapeadas as classes de solos existentes na área, diferenciadas pelas suas características morfológicas, físicas e químicas, fundamentais para utilização adequada desse recurso natural.

O presente trabalho objetiva caracterizar os solos da área em que os mesmos serão potencialmente atingidos pelo empreendimento, incluindo a definição de classes de solos ao nível taxonômico das séries, caracterizadas morfológicas e analiticamente, a distribuição espacial nas áreas de influência do empreendimento, assim como a elaboração de mapa de solos da AII e da AID. Em relação às classes de solos identificadas e mapeadas para as áreas de influência do empreendimento são apresentadas a área e a respectiva percentagem com a finalidade de quantificar as perdas por classe de solo.

II.6.1. METODOLOGIA

Os critérios para descrição, coleta e identificação de classes de solos foram estabelecidos de acordo com as normas sugeridas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS & SANTOS, 1996) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Como material básico disponível para a prospecção dos solos foram utilizadas imagens de satélite, cartas planialtimétricas do IBGE na escala E=1:100.000 e mapa de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999), Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA, 2000) e Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG (2006).

Os trabalhos de campo foram efetuados percorrendo-se as principais vias de acesso e arruamentos situados às margens do traçado para a implantação do Contorno Norte de Curitiba (CNC), situado no município de Colombo - PR.

Os locais amostrados foram identificados com o auxílio de aparelho GPS de marca “Garmim” para conferência com o mapa de campo e definição da área em que o ponto amostrado estava situado (Área Diretamente Afetada).

Para a Área de Influência Direta e a Área Diretamente Afetada foram descritos oito pontos de amostragem. Cada ponto amostrado teve o material coletado e separado por horizonte para posterior envio ao laboratório, onde foram realizadas análises físicas e químicas. Foram ainda efetuadas diversas sondagens complementares por meio de trado e observações em mini trincheiras e cortes de estradas.

II.6.2. ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, no município de São José dos Pinhais, Estado do Paraná, onde se procederam as determinações físicas e químicas, ou seja, granulometria, complexo sortivo, pH e matéria orgânica.

Em seguida será descrita de maneira sucinta, a metodologia empregada nas referidas análises, sendo que a descrição detalhada pode ser encontrada no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

II.6.2.1. Análises físicas

- Análise granulométrica – Foi utilizado o método da pipeta, que se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon). Pipeta-se um volume de suspensão, para determinação da argila, que após seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% e é obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.



II.6.2.2. Análises químicas

- pH em CaCl_2 , H_2O e KCl 1N – determinados potenciométricamente na suspensão solo/líquido, na proporção de 1:2,5; com tempo de contato não inferior a meia hora e agitação da suspensão imediatamente antes da leitura.
- Carbono orgânico – determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,4 N em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso 0,1 N.
- Matéria orgânica – obtida a partir do teor do carbono orgânico e calculada pela fórmula:

$$\text{MO (\%)} = \text{Carbono (\%)} \times 1,724$$

- Fósforo sóluvel e Potássio – extraídos conjuntamente no extrato de ácido duplo de Mehlich-I (HCl 0,05N e H_2SO_4 0,025N) também conhecido como solução de Carolina do Norte. O Fósforo é determinado por colorimetria, em presença de molibdato de amônia e ácido ascórbico e o Potássio é determinado por fotometria de chama.
- Cálcio, Magnésio e Alumínio – extraídos com solução de KCl na proporção de 1:10. O cálcio e magnésio são determinados através de titulação com EDTA e o alumínio com titulação com NaOH 0,025 N.
- Acidez total – extraída com acetato de cálcio 1 N a pH 7. O H^+ é obtido por diferença.
- Valor de S (Soma de Bases) – calculado pela fórmula:

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$$

- Valor da Capacidade de Troca Catiônica (T ou CTC) – calculado pela fórmula:

$$T = \text{valor de S} + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$$

- Valor da Percentagem de Saturação de Bases (V) – calculado pela fórmula:

$$V \% = 100 S/T$$



II.6.3. CRITÉRIOS ADOTADOS NO ESTABELECIMENTO E DIVISÃO DAS CLASSES DE SOLOS

A classificação dos solos foi efetuada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

No processo de agrupamento dos solos em classes, foi fundamental proceder a uma identificação precisa das características e horizontes diagnósticos dos solos estudados. Dessa maneira, as características e horizontes diagnósticos identificados serão descritos sucintamente a seguir.

II.6.3.1. Características diagnósticas

- a) Argila de atividade alta (Ta) e de atividade baixa (Tb) – refere-se à capacidade de troca de cátions (valor T) da fração mineral (< 0,002 mm). O símbolo Ta expressa argila de atividade alta, designando valor igual ou superior a 24cmol_c/Kg de argila e Tb argila de atividade baixa com valor de T inferior a 24 cmol_c/Kg de argila.
- b) Caráter eutrófico e distrófico – o termo eutrófico foi utilizado para caracterizar solos com saturação por bases alta (V ≥ 50%); distrófico para solos com saturação por bases baixa (V < 50%).
- c) Caráter álico – especifica a distinção da relação alumínio/bases, calculada pela fórmula $(100 \text{ Al}^{3+}) / (\text{Al}^{3+} + \text{S})$ igual ou superior a 50%. Para essa distinção é considerada a relação alumínio/bases no horizonte B, ou no C quando não existe B, sendo levada em conta também essa característica no horizonte A de alguns solos, principalmente no caso de Neossolos Litólicos.

II.6.3.2. Horizontes diagnósticos de superfície

- a) Horizonte A Chernozêmico – é um horizonte mineral superficial, relativamente espesso, de cor escura, com alta saturação por bases, predominantemente saturado com cátions bivalentes.
- b) Horizonte A Proeminente – é um horizonte mineral superficial que satisfaz as condições de cor, carbono orgânico, consistência, estrutura e espessura requeridas para o horizonte A chernozêmico, diferindo deste essencialmente por apresentar saturação por bases inferior a 50%, podendo ser de espessura crescente quanto menos rico for em matéria orgânica.



- c) Horizonte A Húmico – é um horizonte mineral superficial, com valor e cromas (cor do solo úmido) igual ou inferior a 4 e saturação por bases (V%) inferior a 65%, apresentando espessura e conteúdo de carbono orgânico dentro de limites específicos.
- d) Horizonte A Antrópico – é um horizonte formado ou modificado pelo uso contínuo do solo, pelo homem, como lugar de residência ou cultivo, por períodos prolongados, com adições de material orgânico em mistura ou não com material mineral. O horizonte A antrópico assemelha-se aos horizontes A chernozêmico ou A húmico, já que a saturação por bases é variável, e, geralmente, difere destes por apresentar teor de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico mais elevado que na parte inferior do solo, em geral superior a 250 mg/Kg de solo.
- e) Horizonte A moderado – é um horizonte superficial que apresenta teores de carbono orgânico variáveis, espessura e/ou cor que não satisfaça as condições requeridas para caracterizar um horizonte A chernozêmico, proeminente ou húmico, além de não satisfazer, também, os requisitos para caracterizar um A antrópico.

II.6.3.3. Horizontes diagnósticos de subsuperfície

- a) Horizonte B textural (Bt) – é um horizonte mineral subsuperficial com textura franco-arenosa ou mais fina onde houve incremento ou não, desde que não exclusivamente por descontinuidade, resultante de acumulação ou concentração absoluta ou relativa de processos de iluviação e/ou formação *in situ* e/ou herdada de material de origem e/ou infiltração de argila ou argila mais silte, com ou sem matéria orgânica e/ou destruição de argila no horizonte A e/ou perda de argila no horizonte A por erosão diferencial. O conteúdo de argila do horizonte B textural é maior que o do horizonte A e pode, ou não, ser maior que o do horizonte C.
- b) Horizonte B latossólico (Bw) – é um horizonte mineral subsuperficial, cujos constituintes evidenciam elevado estágio de intemperismo, explícita pela alteração quase completa dos minerais primários menos resistentes ao intemperismo e/ou minerais de argila 2:1, seguida de intensa dessilicificação, lixiviação de bases e concentração residual de sesquióxidos, argila do tipo 1:1 e minerais primários resistentes ao intemperismo. Em geral é constituído por quantidades variáveis de óxidos de ferro e de alumínio, minerais de argila 1:1, quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo, podendo haver a predominância de quaisquer desses materiais.
- c) Horizonte B incipiente (Bi) – trata-se de um horizonte subsuperficial, subjacente ao A, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o



desenvolvimento de cor ou de estrutura e no qual mais da metade do volume de todos os sub-horizontes não deve consistir de rocha original.

d) Horizonte B espódico – horizonte mineral subsuperficial, com espessura mínima de 2,5 cm, que apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica, associada a complexos de sílica-alumínio ou húmus-alumínio, podendo ou não conter ferro. Em função dos compostos iluviais dominantes e do grau de cimentação, no horizonte podem ser identificados alguns sufixos aplicados aos símbolos de horizontes, associados ou não ao perfil de solo. Para este trabalho, o sufixo “s” é utilizado (Bs) para representar, normalmente, cores vivas de croma alto, indicando que os compostos de ferro são dominantes ou co-dominantes e que há pouca evidência de matéria orgânica iluvial, exceto por padrões descontínuos na transição entre os horizontes A ou E para o B espódico. Em geral, os horizontes identificados como Bs tem matiz de 5YR, 7YR ou 10YR, valor 4 ou 5 (no máximo 6), e croma 4 a 8.

II.6.3.4. Crítérios adicionais utilizados na divisão de classes

a) Textura – para efeito de divisão de classes de solos de acordo com a textura, foram considerados os seguintes grupamentos de classes texturais:

- Textura arenosa – compreende as classes texturais areia e areia franca.
- Textura média – compreende composições granulométricas com menos de 35% de argila e mais de 15% de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca.
- Textura argilosa – compreende classes texturais ou parte delas tendo composição granulométrica de 35% a 60% de argila.

Para as classes de solos com significativa variação textural entre os horizontes, foram consideradas as texturas do horizonte superficial e subsuperficial, sendo as designações feitas sob a forma de fração. Exemplo: textura média/argilosa.

II.6.3.5. Crítérios para distinção de fases de unidades de mapeamento

As fases são estabelecidas para divisão das unidades de mapeamento, segundo a seleção de critérios referentes às condições das terras e que interferem, direta ou indiretamente, no

comportamento e qualidade de solos, no que respeita às possibilidades de alternativas de uso e manejo para fins essencialmente agrícolas.

a) Fases de Vegetação

A vegetação primária é utilizada com o objetivo de suprir insuficiência de dados referentes às condições térmicas e hídricas do solo. Na área em estudo foram considerados os seguintes tipos de vegetação primária:

- Floresta subtropical perenifólia (Ombrófila mista);
- Campo subtropical (Estepe gramíneo lenhosa);
- Campos hidrófilos de várzea.
- Áreas Antrópicas.

b) Fases de Relevô

Foram reconhecidas as seguintes classes de relevô na região da futura implantação do CNC:

- Plano – superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.
- Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 a 100 m), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3 a 8%.
- Ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8 a 20%.
- Forte ondulado – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros ou morros (elevações de 50 a 100 m e de 100 a 200 m de altitudes relativas) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%.

c) Fases de substrato

Qualifica distinções pertinentes aos solos compreendidos na classe dos Neossolos (Litólicos e Regossólicos) e Cambissolos. Visam discriminações dentre os solos de cada classe, devido a



variações de atributos, em razão de herança concernente a constituição e propriedades do material de origem.



II.7. APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

II.7.1. CRITÉRIOS BÁSICOS

A metodologia de interpretação utilizada nesse estudo foi desenvolvida por Ramalho Filho e Beek (1995), e segue orientações contidas no *Soil Survey Manual* (1951) e na metodologia da FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (1976), que recomendam que a avaliação da aptidão agrícola das terras seja baseada em resultados de levantamentos sistemáticos, realizados com base nos vários atributos das terras: solo, clima, vegetação, geomorfologia, etc.

Como a classificação da aptidão agrícola¹ das terras é um processo interpretativo, seu caráter é efêmero, podendo sofrer variações com a evolução tecnológica. Portanto, é função da tecnologia vigente na época de sua realização.

A classificação da aptidão agrícola, como tem sido empregada, não é precisamente um guia para obtenção do máximo benefício das terras, e sim, uma orientação de como devem ser utilizados seus recursos, no nível de planejamento regional e nacional. Cabe ressaltar que o termo terra está sendo considerado no seu mais amplo sentido, incluindo todas as suas relações ambientais.

No decorrer do texto serão mencionados os principais aspectos da referida metodologia que, na sua íntegra, pode ser encontrada na publicação “Sistema de avaliação agrícola das terras” (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

II.7.2. NÍVEIS DE MANEJO CONSIDERADOS

Tendo em vista técnicas agrícolas ao alcance da maioria dos agricultores, num contexto específico, técnico, social e econômico, são considerados três níveis de manejo, visando diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Sua indicação é feita através das letras A, B e C, as quais podem aparecer na simbologia da classificação escritas de diferentes formas, segundo as classes de aptidão que apresentem as terras em cada um dos níveis adotados. Os níveis de adoção de tecnologia são definidos por Ramalho Filho e Beek (1995) conforme Tabela 11.

¹ O termo agrícola, conforme está expresso, inclui todas as formas de utilização agrônômica das terras.



TABELA 11 – NÍVEIS DE MANEJO CONSIDERADOS

NÍVEL TECNOLÓGICO	DEFINIÇÃO
Nível de manejo A (primitivo)	Pressupõe práticas agrícolas que demonstram baixo nível tecnológico e cultural. Praticamente não há aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas dependem, fundamentalmente, do trabalho braçal podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples.
Nível de manejo B (pouco desenvolvido)	Pressupõe práticas agrícolas que demonstram médio nível tecnológico e cultural. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas neste nível de manejo incluem calagem e adubação com NPK, tratamentos fitossanitários simples, mecanização com base na tração animal ou na tração motorizada, apenas para desbravamento e preparo inicial do solo.
Nível de manejo C (desenvolvido)	Pressupõe práticas agrícolas que demonstram alto nível tecnológico e cultural. Caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisa de manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e lavouras. A motomecanização está presente nas diversas fases de operação agrícola.

FORTE: RAMALHO FILHO E BEEK, 1995

Os níveis B e C envolvem melhoramentos tecnológicos em diferentes modalidades, contudo não levam em conta a irrigação na aptidão agrícola das terras.

No caso de pastagem plantada e de silvicultura, é prevista uma modesta aplicação de fertilizantes, defensivos e corretivos, que corresponde ao nível de manejo B. Para a pastagem natural, está implícita uma utilização sem melhoramentos tecnológicos, condição que caracteriza o nível de manejo A.

As terras consideradas viáveis, de total ou parcial melhoramento mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos, ou o emprego de técnicas como drenagem, controle da erosão, proteção contra inundações, remoção de pedras, etc., são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que esse nível não implica em técnicas de melhoramento.

Em função dos graus de limitação atribuídos a cada uma das unidades das terras, resultará a classificação de sua aptidão agrícola. As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos em maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização, conforme pode ser observado na Tabela 12.

A ausência de letras representativas das classes de aptidão agrícola na simbolização dos subgrupos indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Essa situação não exclui, necessariamente, um tipo de utilização menos intensivo da terra.

TABELA 12 – SIMBOLOGIA CORRESPONDENTE ÀS CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

CLASSE DE APTIDÃO AGRÍCOLA	TIPOS DE UTILIZAÇÃO					
	Lavouras			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

FONTE: RAMALHO FILHO E BEEK, 1995

II.7.3. GRUPOS, SUBGRUPOS E CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

Um aspecto importante no desenvolvimento deste método é o fato de poder ser apresentado, em um só mapa, a classificação da aptidão agrícola das terras para diversos tipos de utilização, sob os três níveis de manejo considerados. As principais vantagens de apresentação dos resultados em um só mapa são as seguintes:

- Visualização conjunta da aptidão das terras para os diversos tipos de utilização e níveis de manejo considerados, o que facilita o planejamento espacial em nível estadual ou regional;
- Possibilidades de apresentação das áreas aptas a um determinado tipo de utilização adaptado às condições físicas, de acordo com diferentes níveis de manejo, sem a necessidade de se superpor diversos mapas de aptidão;
- Considerável redução dos custos de impressão.

II.7.3.1. Grupo de aptidão agrícola

Trata-se de mais um artifício cartográfico, que identifica no mapa o tipo de utilização mais intensivo das terras, ou seja, sua melhor aptidão. Os grupos 1, 2 e 3, além da identificação de lavouras como tipo de utilização, desempenham a função de representar, no subgrupo, as melhores classes de aptidão das terras indicadas para lavouras, conforme os níveis de manejo. Os grupos 4, 5 e 6 apenas identificam tipos de utilização (pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e da fauna respectivamente), independente da classe de

aptidão. A representação dos grupos é feita com algarismos de 1 a 6, em escalas decrescentes segundo as possibilidades de utilização das terras. As limitações, que afetam os diversos tipos de utilização, aumentam do grupo 1 para o grupo 6, diminuindo, conseqüentemente, as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, conforme demonstra a Tabela 13.

TABELA 13 – ALTERNATIVAS DE UTILIZAÇÃO DAS TERRAS DE ACORDO COM OS GRUPOS DE APTIDÃO AGRÍCOLA

GRUPO DE APTIDÃO AGRÍCOLA		AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO				
		→				
		Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras	
Aptidão restrita	Aptidão regular				Aptidão boa	
Aumento da intensidade da limitação Diminuição das alternativas de uso	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

FORNTE: RAMALHO FILHO E BEEK, 1995

Com base na tabela acima, observa-se que os três primeiros grupos são aptos para lavouras, o grupo 4 é indicado, basicamente, para pastagem plantada e o grupo 5 para silvicultura e/ou pastagem natural, enquanto que o grupo 6, reunindo terras sem aptidão agrícola, não apresenta outra alternativa senão a preservação da natureza. Para atender às variações que se verificam dentro de cada grupo, adotou-se a categoria de subgrupo de aptidão agrícola.

II.7.3.2. Subgrupo de aptidão agrícola

É o resultado conjunto da avaliação da classe de aptidão relacionada com o nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras. No exemplo 1(a)bC, o algarismo 1, indicativo de grupo, representa a melhor classe de aptidão dos componentes do subgrupo, uma vez que as terras pertencem à classe de aptidão boa no nível de manejo C (grupo 1); classe de aptidão regular, no

nível de manejo B (grupo 2); e classe de aptidão restrita, no nível de manejo A (grupo 3). Em certos casos, o subgrupo refere-se somente a um nível de manejo, relacionado a uma única classe de aptidão agrícola.

II.7.3.3. Classe de aptidão agrícola

Uma última categoria constitui a tônica da avaliação da aptidão agrícola das terras nesta metodologia, sendo representada pelas classes de aptidão denominada boa, regular, restrita e inapta, para cada tipo de utilização indicado.

As classes expressam a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. Elas refletem o grau de intensidade com que as limitações afetam as terras, sendo definidas em termos de graus, referentes aos fatores limitantes mais significativos. Esses fatores, que podem ser considerados subclasses, definem as condições agrícolas das terras. Os tipos de utilização em pauta são lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural. Com base no boletim da FAO (1976), as classes foram definidas em:

Classe boa – Terras sem limitações significativas para produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições de manejo considerado. Há um mínimo de restrições que não reduz a produtividade ou benefícios expressivamente e não aumenta os insumos acima de um nível aceitável. Nessa classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos símbolos:

- A, B e C – lavouras
- P – pastagem plantada
- S – silvicultura
- N – pastagem natural

Classe regular – Terras que apresentam limitações moderadas para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. As limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, elevando a necessidade de insumos de forma a aumentar as vantagens globais a serem obtidas do uso. Ainda que atrativas essas vantagens são



sensivelmente inferiores às aquelas auferidas das terras da Classe boa. Nesta classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

- a, b e c – lavouras
- p – pastagem plantada
- s – silvicultura
- n – pastagem natural

Classe restrita – Terras que apresentam limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, observando-se as condições do manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios, ou então aumentam os insumos necessários de tal maneira que os custos só seriam justificados marginalmente. Nessa classe, os diversos tipos de utilização das terras são representados pelos seguintes símbolos:

- (a), (b) e (c) – lavouras
- (p) – pastagem plantada
- (s) – silvicultura
- (n) – pastagem natural

Classe inapta – Terras apresentando condições que parecem excluir a produção sustentada do tipo de utilização em questão. Ao contrário das demais, essa classe não é representada por símbolos. Sua interpretação é feita pela ausência das letras do tipo de utilização considerado. As terras consideradas inaptas para lavouras têm suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm como alternativa serem indicadas para a preservação da flora e da fauna, recreação ou algum outro tipo de uso não agrícola. Tratam-se de terras ou paisagens pertencentes ao grupo 6, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal, não só por razões ecológicas, como também para proteção de áreas contíguas agricultáveis.



O enquadramento das terras em classes de aptidão resulta da interação de suas condições agrícolas, do nível de manejo considerado e das exigências dos diversos tipos de utilização. As terras de uma classe de aptidão são similares quanto ao grau, mas não quanto ao tipo de limitação ao uso agrícola. Cada classe inclui diferentes tipos de solo, muitos requerendo tratamento distinto.

II.7.4. REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

II.7.4.1. Simbologia

De acordo com o exposto, os algarismos de 1 a 5 que aparecem na simbolização cartográfica representam os grupos de aptidão agrícola que identificam os tipos de utilização indicados para as terras – lavouras, pastagem plantada, silvicultura e pastagem natural. As terras que não se prestam para nenhum desses usos constituem o grupo 6, o qual deve ser bem estudado por órgãos específicos, que poderão decidir pela sua melhor destinação. Esses mesmos algarismos dão uma visão, no mapa, da ocorrência das melhores classes dentro do subgrupo. Portanto, identificam o tipo de utilização mais intensivo permitido pelas terras. As letras A, B ou C, que acompanham os algarismos referentes aos três primeiros grupos, expressam a aptidão das terras para lavouras em pelo menos um dos níveis de manejo considerados. Conforme as classes de aptidão boa, regular ou restrita, essas letras podem ser maiúsculas, minúsculas entre parênteses, utilizando-se as letras P, S e N.

II.7.4.2. Análise das condições agrícolas das terras

Para a análise das condições agrícolas das terras toma-se hipoteticamente como referência, similarmente ao que tem sido feito até então pelo SNLCS/EMBRAPA, um solo que não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e oxigênio, que não seja suscetível à erosão e nem ofereça impedimentos à mecanização. Como normalmente as condições das terras fogem a um ou a vários desses aspectos, estabeleceram-se diferentes graus de limitação em relação ao solo de referência para indicar a intensidade dessa variação. Os cinco fatores tomados tradicionalmente para avaliar as condições agrícolas das terras foram também aqui considerados:

- Deficiência de fertilidade;
- Deficiência de água;



- Excesso de água ou deficiência de oxigênio;
- Suscetibilidade à erosão;
- Impedimentos de mecanização.

Além das características inerentes ao solo, implícitas nesses cinco fatores, tais como textura, estrutura, profundidade efetiva, capacidade de troca de cátions, saturação de bases, teor de matéria orgânica, pH, etc., outros fatores ecológicos (temperatura, umidade, pluviosidade, luminosidade, topografia, cobertura vegetal, etc.) são considerados na avaliação da aptidão agrícola.

De modo geral, a avaliação das condições agrícolas das terras é feita em relação a vários fatores, muito embora alguns deles atuem de forma mais determinante, como a declividade, pedregosidade ou profundidade, que por si já restringem certos tipos de utilização, mesmo com tecnologia avançada.

II.7.4.3. Fatores de limitação

a) Deficiência de fertilidade

A fertilidade está na dependência, principalmente, da disponibilidade de macro e micronutrientes, incluindo, também a presença ou ausência de certas substâncias tóxicas, solúveis, como alumínio e manganês, que diminuem a disponibilidade de alguns minerais importantes para as plantas, bem como a presença ou ausência de sais solúveis, especialmente sódio. Os graus de limitação por deficiência de fertilidade são os seguintes:

- Nulo (N) – esse grau refere-se a terras que possuem elevadas reservas de nutrientes para as plantas, sem apresentar toxidez por sais solúveis, sódio trocável ou outros elementos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. Praticamente não respondem à adubação e apresentam ótimos rendimentos durante muitos anos, mesmo com culturas mais exigentes em nutrientes. Solos pertencentes a esse grau apresentam ao longo do perfil mais de 80% de saturação de bases; soma de bases acima de 6mE/100g de solo e são livres de alumínio trocável (Al^{3+}) na camada arável. A condutividade elétrica é menor que 4 mmhos/cm a 25°C.



- Ligeiro (L) – terras com boa reserva de nutrientes para as plantas, sem a presença de toxidez por excesso de sais solúveis ou sódio trocável, devendo apresentar saturação por bases (V%) maior que 50%, saturação por alumínio menor que 30% e soma de base trocáveis (S) sempre acima de 3mE por 100g de T.F.S.A. (Terra Fina Seca ao Ar). A condutividade elétrica do extrato de saturação deve ser menor que 4 mmhos/cm a 25°C e a saturação com sódio inferior a 6%.
- Moderado (M) – terras com limitada reserva de nutrientes para as plantas, referente a um ou mais elementos, podendo conter sais tóxicos capazes de afetar certas culturas. A condutividade elétrica no solo pode situar-se entre 5 e 8 mmhos/cm a 25°C e a saturação com sódio entre 6 e 15%.
- Forte (F) – terras com reservas muito limitadas de um ou mais elementos nutrientes, podendo conter sais tóxicos em quantidade tais que permitam apenas o desenvolvimento de plantas com tolerância. Normalmente se caracterizam pela baixa capacidade de soma de bases trocáveis (S), podendo estar a condutividade elétrica quase sempre entre 8 e 15 mmhos/cm a 25°C e a saturação com sódio acima de 15%.
- Muito Forte (MF) – terras mal providas de nutrientes, com remotas possibilidades de ser explorada com quaisquer tipos de utilização agrícola. Podem ocorrer, nessas terras, grandes quantidades de sais solúveis, chegando até a formar desertos salinos. Apenas plantas com muita tolerância conseguem adaptar-se a essas áreas. Podem incluir terras em que a condutividade elétrica seja maior que 15 mmhos/cm a 25°C, compreendendo solos salinos, sódicos e tiomórficos.

b) Deficiência de água

É definida pela quantidade de água armazenada no solo possível de ser aproveitada pelas plantas, a qual está na dependência de condições climáticas (especialmente precipitação e evapotranspiração) e edáficas (capacidade de retenção de água no solo). A capacidade de armazenamento de água disponível, por sua vez, é decorrente de características inerentes ao solo, como textura, tipo de argila, teor de matéria orgânica, quantidade de sais e profundidade efetiva. Além dos fatores mencionados, a duração do período de estiagem, distribuição anual de precipitação, características da vegetação natural e comportamento das culturas são também utilizados para determinar os graus de limitação por deficiência de água. Os graus de limitação por deficiência de água são:



- Nulo (N) – terras em que não há falta de água disponível para o desenvolvimento das culturas em nenhuma época do ano. Terras com boa drenagem interna ou livres de estação seca, bem como aquelas com lençol freático elevado, típicas de várzeas, devem estar incluídas nesse grau de limitação. A vegetação natural é normalmente de floresta perenifólia, campos hidrófilos e higrófilos e campos subtropicais sempre úmidos.
- Ligeiro (L) – terras sujeitas à ocorrência de uma pequena falta de água disponível durante período de um a três meses, limitando o desenvolvimento de culturas mais sensíveis, principalmente as de ciclo vegetativo longo. A vegetação normalmente é constituída de floresta e Cerrado Subperenifólios e de alguns campos.
- Moderado (M) – terras em que ocorre uma considerável deficiência de água disponível durante período de três a seis meses por ano, o que elimina as possibilidades de grande parte das culturas de ciclo longo e reduz significativamente as possibilidades de dois cultivos de ciclo curto, anualmente. Não se preveem, em áreas com esse grau de limitação irregularidades durante o período de chuvas. As formações vegetais que normalmente se relacionam a esse grau de limitação são o cerrado e a floresta subcaducifólia, bem como a floresta caducifólia em solos com alta capacidade de retenção de água disponível.
- Forte (F) – terras nas quais ocorre uma acentuada deficiência de água durante um longo período, normalmente de seis a oito meses. As precipitações oscilam de 600 a 800 mm por ano, com irregularidade em sua distribuição, e predominam altas temperaturas. A vegetação que ocupa as áreas dessas terras é constituída, normalmente, de floresta caducifólia, transição de floresta e cerrado para caatinga hipoxerófila, ou seja, de caráter seco menos acentuado. Terras com estação seca menos marcante, porém com baixa disponibilidade de água, pertencem a esse grau.
- Muito Forte (MF) – terras com uma severa deficiência de água durante um período seco que oscila de oito a dez meses. A precipitação está compreendida entre 400 e 600 mm por ano, com muita irregularidade em sua distribuição e com altas temperaturas. A vegetação é tipicamente de caatinga hiperxerófila ou outras espécies de caráter seco muito acentuado, equivalente à do sertão do rio São Francisco. Terras com estação seca menos pronunciada, porém com baixa disponibilidade de água para as culturas, estão incluídas nesse grau, bem como aquelas que apresentem alta concentração de sais solúveis, capazes de elevar o ponto de murchamento. Está



implícita a eliminação de quaisquer possibilidades de desenvolvimento de culturas de ciclo longo não adaptadas à falta de água.

c) Excesso de água ou deficiência de oxigênio

Normalmente relaciona-se com a classe de drenagem natural do solo que, por sua vez resulta da interação de vários fatores (precipitação, evapotranspiração, relevo local e propriedades do solo). Estão incluídos na análise desse aspecto os riscos, frequência e duração das inundações a que pode estar sujeita a área. Observações da estrutura, permeabilidade do solo, a presença e a profundidade de um horizonte menos permeável são importantes para o reconhecimento desses problemas.

O fator limitante excesso de água ou deficiência de oxigênio tem grande importância na avaliação da aptidão agrícola. Áreas com sérios problemas de drenagem podem ser assinaladas no mapa de aptidão, por apresentarem tendência para algumas culturas adaptadas, embora não se prestem para culturas em geral. Os graus de limitação são os seguintes:

- Nulo (N) – terras que não apresentam problemas de aeração ao sistema radicular da maioria das culturas durante todo o ano. São classificadas como excessivamente e bem drenadas.
- Ligeiro (L) – terras que apresentam certa deficiência de aeração às culturas sensíveis ao excesso de água, durante a estação chuvosa, sendo em geral moderadamente drenadas.
- Moderado (M) – terras onde a maioria das culturas sensíveis não se desenvolve satisfatoriamente, em decorrência da deficiência de aeração durante a estação chuvosa. São consideradas imperfeitamente drenadas, estando sujeitas a riscos ocasionais de inundação.
- Forte (F) – terras que apresentam sérias deficiências de aeração, só permitindo o desenvolvimento de culturas não adaptadas, mediante trabalho de drenagem artificial, envolvendo obras ainda viáveis ao nível de agricultor. São consideradas, normalmente, mal drenadas e muito mal drenadas, estando sujeitas a inundações frequentes, prejudiciais à maioria das culturas.
- Muito Forte (MF) – terras que apresentam praticamente as mesmas condições de drenagem do grau anterior, porém, os trabalhos de melhoramento compreendem grandes obras de engenharia, no nível de projetos, fora do alcance do agricultor, individualmente.



d) Suscetibilidade à erosão

Diz respeito ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas, estando na dependência das condições climáticas (especialmente do regime pluviométrico), do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compactada e de pedregosidade), do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal. São os seguintes os graus de limitação:

- Nulo (N) – terras não suscetíveis à erosão. Geralmente, ocorrem em relevo plano ou quase pleno, com boa permeabilidade. Quando cultivadas por 10 a 20 anos, podem apresentar erosão ligeira, que pode ser controlada com práticas simples de manejo.
- Ligeiro (L) – terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão. Normalmente, possuem boas propriedades físicas, variando os declives de 3 a 8%. Quando utilizadas com lavouras por um período de 10 a 20 anos mostram, geralmente, uma perda de 25% ou mais de horizonte superficial. Práticas conservacionistas simples podem prevenir esse tipo de erosão.
- Moderado (M) – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão. Seu relevo é normalmente ondulado, com declives de 8 a 20%. Esses níveis de declive podem variar mais, quando as condições físicas forem muito favoráveis, ou para menos de 8%, quando muito desfavoráveis, como é o caso de solos com horizonte A arenoso e mudança textural abrupta para o horizonte B. Se utilizadas sem adoção de princípios conservacionistas, essas terras podem apresentar sulcos e voçorocas, requerendo, pois, práticas intensivas de controle à erosão, desde o início de sua utilização agrícola.
- Forte (F) – terras que apresentem grande suscetibilidade à erosão. Ocorrem em relevo forte ondulado, com declives normalmente de 20 a 45%, os quais podem ser maiores ou menores, dependendo de suas condições físicas. Na maioria dos casos, a prevenção à erosão é difícil e dispendiosa, podendo ser antieconômica.
- Muito Forte (MF) – terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão. Não são recomendáveis para o uso agrícola, sob pena de serem totalmente erodidas em poucos anos. Tratam-se de terras ou paisagens com declives superiores a 45%, nas quais deve ser estabelecida uma cobertura vegetal que evite o seu arrasamento.



e) Impedimentos à mecanização

Como o próprio nome indica, referem-se às condições apresentadas pelas terras para uso de máquinas e implementos agrícolas. A extensão e forma das pendentes, condições de drenagem, profundidade, textura, tipo de argila, pedregosidade e rochiosidade superficial condicionam o uso ou não de mecanização. Esse fator é relevante no nível de manejo C, ou seja, o mais avançado, no qual está previsto o uso de máquinas e implementos nas diversas fases de operação agrícola. São os seguintes os graus de limitação:

- Nulo (N) – terras que permitem, em qualquer época do ano, o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas ordinariamente utilizados. São, geralmente, de topografia plana e praticamente plana, com declividade inferior a 3%, não oferecendo impedimentos relevantes à mecanização. O rendimento do trator (número de horas de trabalho usadas efetivamente) é superior a 90%.
- Ligeiro (L) – terras que permitem, durante quase todo o ano, o emprego da maioria das máquinas agrícolas. São quase sempre de relevo suave ondulado, com declives de 3 a 8%, profundas a moderadamente profundas, podendo ocorrer em áreas de relevo mais suaves, apresentando, no entanto, outras limitações, como textura muito arenosa ou muito argilosa, restrição de drenagem, pequena profundidade, pedregosidade, sulcos de erosão, etc. O rendimento do trator deve estar entre 75 e 90%.
- Moderado (M) – terras que não permitem o emprego de máquinas ordinariamente utilizadas durante todo o ano. Essas terras apresentam relevo ondulado com declividade de 8 a 20% ou topografia mais suave, no caso de ocorrência de outros impedimentos a mecanização (pedregosidade, rochiosidade, profundidade exígua, textura muito arenosa ou muito argilosa do tipo 2:1, grandes sulcos de erosão, drenagem imperfeita, etc.). O rendimento do trator normalmente está entre 50 e 75%.
- Forte (F) – terras que permitem, em quase sua totalidade, apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais. Caracterizam-se pelos declives acentuados (20 a 45%) em relevo forte ondulado. Sulcos e voçorocas podem constituir impedimentos ao uso de máquinas, bem como pedregosidade, rochiosidade, pequena profundidade, má drenagem, etc. O rendimento do trator é inferior a 50%.



- Muito Forte (MF) – terras que não permitem o uso de maquinário, sendo difícil até mesmo o uso de implementos de tração animal. Normalmente, são de topografia montanhosa, com declives superiores a 45%, com impedimentos muito fortes devido à pedregosidade, rochiosidade, profundidade ou problemas de drenagem. Convém enfatizar que uma determinada área, do ponto de vista de mecanização, para ter importância agrícola, deve possuir dimensões mínimas de utilização capazes de propiciar um bom rendimento ao trator.

II.7.4.4. Avaliação das classes de aptidão agrícola das terras

A avaliação das classes de aptidão agrícola das terras e, por conseguinte dos grupos e subgrupos, é feita através do estudo comparativo entre os graus de limitação atribuídos às terras e os estipulados na Tabela Guia (Tabela 14), elaborados para atender regiões de clima subtropical. A Tabela-Guia de avaliação da aptidão agrícola, também conhecida como tabela de conversão, constitui uma orientação geral para a classificação da aptidão agrícola das terras em função de seus graus de limitação, relacionados com o nível de manejo A, B e C. Na referida tabela, constam os graus de limitação máximos que as terras podem apresentar com relação a cinco fatores, para pertencer a cada uma das categorias de classificação definidas. Assim, a classe de aptidão agrícola das terras, de acordo com os diferentes níveis de manejo, é obtida em função do grau limitativo mais forte referente a qualquer um dos fatores que influenciam a sua utilização agrícola: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água (deficiência de oxigênio), suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização.

Nesta avaliação, visa-se diagnosticar o comportamento das terras para lavouras, nos níveis de manejo A, B e C; para pastagem plantada e silvicultura, no nível de manejo B; e para pastagem natural, no nível de manejo A. A adoção dos cinco fatores limitantes mencionados tem, por finalidade, representar as condições agrícolas das terras no que concerne à suas propriedades físicas e químicas e suas relações com o ambiente. A Tabela-guia deve ser utilizada para uma orientação geral, face ao caráter interpretativo e subjetivo atribuído pelo usuário.

II.7.4.4.1. *Viabilidade do melhoramento das condições agrícolas das terras*

Os graus de limitação são atribuídos às terras em condições naturais e, também, após o emprego de práticas de melhoramento compatíveis com os níveis de manejo B e C. Da mesma forma, na Tabela-Guia, estão às classes de aptidão de acordo com a viabilidade ou não de melhoramento da

limitação. A irrigação não está incluída entre as práticas de melhoramento previstas para os níveis de manejo B e C. Consideram-se três classes de melhoramento, conforme as condições especificadas para os níveis de manejo B e C:

Classe 1 – Melhoramento viável, com práticas simples e pequeno emprego de capital. Essas práticas são suficientes para atingir o grau indicado na Tabela-Guia.

Classe 2 – Melhoramento viável, com práticas intensivas e mais sofisticadas e considerável aplicação de capital. Essa classe ainda é considerada, economicamente, compensadora.

Classe 3 – Melhoramento viável, somente com práticas de grande vulto, aplicadas a projetos de larga escala, que estão, normalmente, além das possibilidades individuais dos agricultores.

Classe 4 – Sem viabilidade técnica ou econômica de melhoramento. A ausência de algarismo, acompanhando a letra representativa do grau de limitação, indica não haver possibilidades de melhoramento daquele fator limitativo.



TABELA 14 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS – REGIÃO CLIMA SUBTROPICAL

Aptidão Agrícola			Graus de Limitação das Condições Agrícolas das Terras para os Níveis de Manejo A, B e C.															Tipo de Utilização Indicado	
Grupo	Subgrupo	Classe	Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Susceptibilidade à Erosão			Impedimentos à Mecanização				
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
1	1 ABC	Boa	N/L	N/L ₁	N ₂	L	L	L	L	L ₁	N/L ₁	L/M	N/L ₁	N ₂	M	L	N	Lavouras	
2	2 abc	Regular	L	L ₁	L ₂	M	M	M	M	L/M ₁	L ₂	M	L/M ₁	N ₂ /L ₂	M/F	M	L		
3	3(abc)	Restrita	M	M ₁	L ₂	M/F	M/F	M/F	M/F	M ₁	L ₂ /M ₂	F*	M ₁	L ₂	F	M/F	M		
4	4P	Boa	M ₁			M			F ₁			M/F ₁			M/F			Pastagem Plantada	
	4p	Regular	M ₁ /F ₁			M/F			F ₁			F ₁			F				
4(p)	Restrita		F ₁			F			F ₁			MF			F				
5	5S	Boa	M/F			M			L ₁			F ₁			M/F			Silvicultura e/ou Pastagem Natural	
	5s	Regular	F			M/F			L ₁			F ₁			F				
5(s)	Restrita		MF			MF			L/M ₁			MF			F				
5	5N	Boa	M/F1	M/F			M/F			M/F			F			MF			
	5n	Regular	F1	F			F			F			F			MF			
5(n)	Restrita		MF	MF			MF			F			F			MF			
6	6	Sem aptidão agrícola	-			-			-			-			-			Preservação da Flora e da Fauna	

NOTAS:

- Os algarismos sublinhados correspondem aos níveis de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras.
- Terras sem aptidão para lavouras em geral, devido ao excesso de água, podem ser indicadas para arroz de inundação.
- * No caso de grau forte por susceptibilidade à erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior do que ligeiro a moderado para classe restrita – 3(a)
- A ausência de algarismos acompanhando as letras, indica não haver possibilidade de melhoramento daquele nível de manejo.

FONTE: RAMALHO FILHO E BEEK, 1995

- Graus de Limitação:
- N – Nulo
 - L – Ligeiro
 - M – Moderado
 - F – Forte
 - MF – Muito Forte
 - / - Intermediário

II.7.5. RESULTADOS

Os resultados estão separados em Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento. Na área de influência, estão descritas as principais classes de solos encontradas nas bacias hidrográficas dos rios Atuba, Iraí e Palmital, em acordo com o material disponível para a prospecção dos solos foram utilizadas imagens de satélite, cartas planialtimétricas do IBGE na escala E=1:100.000, mapa de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999), Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA, 2000), Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG (2006) e o mapa de solos do estado do Paraná da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e Instituto Agrônomo de Paraná – IAPAR (2008).

Para a AID e ADA do empreendimento, inicialmente, foram caracterizadas as classes de solos identificadas em amostragem realizada a campo e, posteriormente, foram apresentadas as descrições morfológicas e os resultados analíticos de perfis representativos de cada uma delas, onde se pode obter informações sobre as condições do local da coleta, características do meio físico, dados sobre a sua morfologia e características físico-químicas.

II.7.5.1. Área de Influência Indireta (AII)

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, foram identificadas, através de revisão bibliográfica, seis classes de solos e/ou tipos de terrenos, que estão mapeadas na escala de 1:150.000 (Mapa 9).
















As classes são descritas de maneira sucinta quanto as suas principais características e limitações, as informações detalhadas da descrição das classes e de perfis representativos amostrados são apresentadas na Área de Influência Direta e na Área Diretamente Afetada do empreendimento.

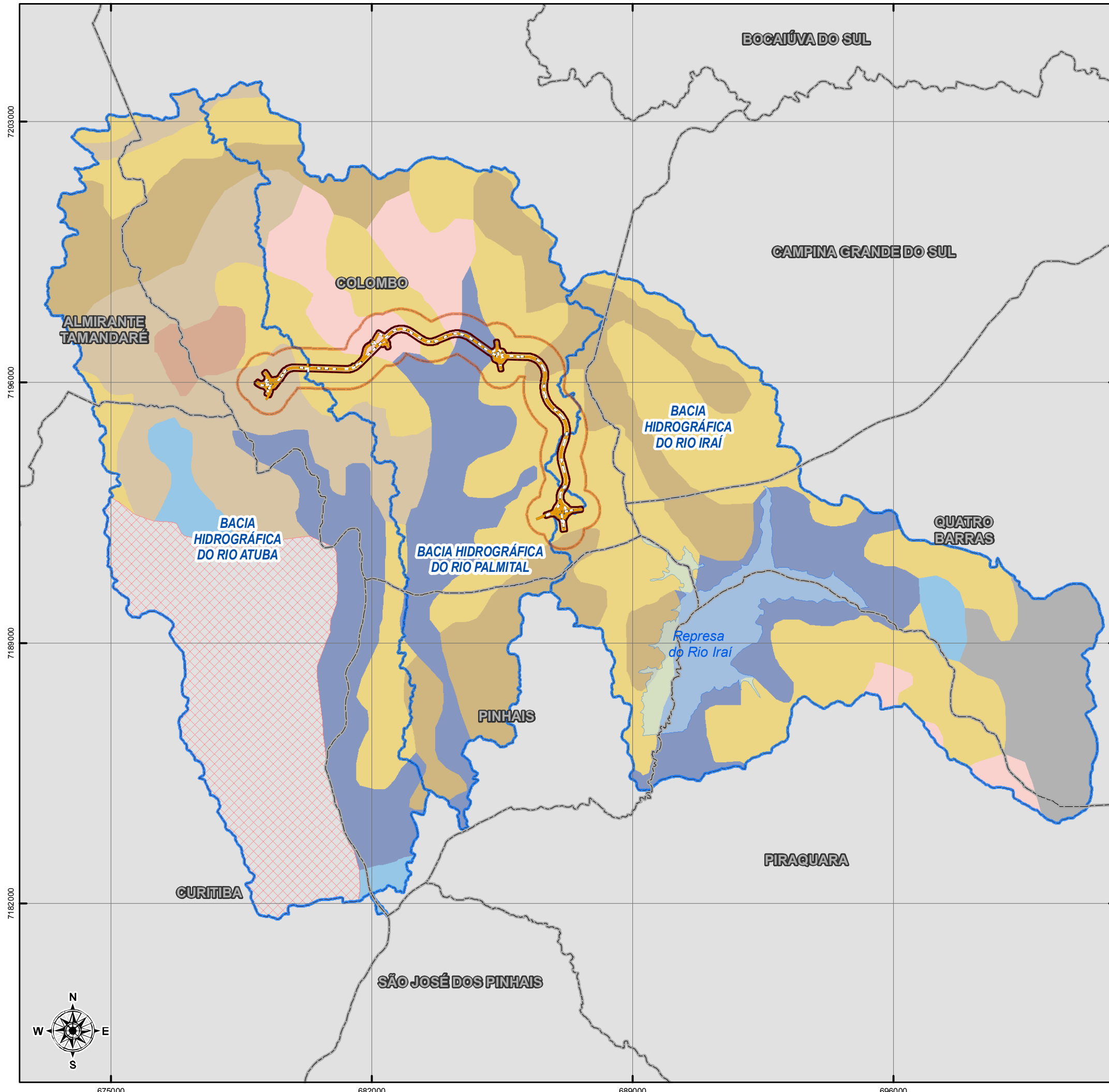
SOLOS

ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:


-  LIMITES MUNICIPAIS
-  CONTORNO NORTE DE CURITIBA
-  ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
-  ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
-  ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA
-  CORPOS D'ÁGUA
- SOLOS:**
- ARGISSOLOS
 -  ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS
- CAMBISSOLOS
 -  CAMBISSOLOS HÁPLICOS
 -  CAMBISSOLOS HÚMICOS
- GLEISSOLOS
 -  GLEISSOLOS MELÂNICOS
- LATOSSOLOS
 -  LATOSSOLOS BRUNOS
- NITOSSOLOS
 -  NITOSSOLOS VERMELHOS
- ORGANOSSOLOS
 -  ORGANOSSOLOS HÁPLICOS
- OUTROS
 -  ÁREA URBANA
 -  AFLORAMENTOS DE ROCHA



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUN/2012
TÍTULO: SOLOS - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FONTE: ITCG
ESCALA: 1:105.000	RESPONSÁVEL TÉCNICO: LUCIANA MACIEL CARDON - CREA PR 69.522/D	BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D		

Para essa área adotou-se como delimitação das bacias hidrográficas nas quais o empreendimento se localiza, considerando essencialmente o aspecto legal, descrito na Resolução nº 001 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, em seu Artigo 5º, o qual estabelece como uma das cinco diretrizes gerais para o desenvolvimento de estudos de impacto ambiental, o seguinte: “...III: Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”. Sendo assim, está se adotando como All as bacias hidrográficas dos rios Atuba, Iraí e Palmital que totalizam uma área aproximada de 216.730 ha.

II.7.5.1.1. *Caracterização das classes de solos*

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, foram identificadas, através de revisão bibliográfica, 06 classes de solos. As classes são descritas de maneira sucinta quanto as suas principais características e limitações.

a) Latossolos

São solos profundos e altamente intemperizados, resultantes da remoção de sílica e bases trocáveis do perfil. No perfil de um latossolo, a transição entre os horizontes é gradual e difusa, e a textura, geralmente, grumosa ou granular média a fina exibe-se de maneira homogênea, não havendo transporte de argila de horizontes superficiais para horizontes mais profundos. Nessas coberturas, os solos apresentam elevada acidez, onde os ácidos orgânicos ocorrem como fração mais expressiva da porção húmica, visto que esta é, rapidamente, decomposta e lixiviada, o que acaba por impossibilitar um acúmulo representativo.

Quando a vegetação associada apresenta maior densidade foliar, o latossolo tende a apresentar menor distrofismo ou maior disponibilidade de bases. Não é rara a presença de horizontes superficiais eutróficos.

Ocorrem, na área de influência do empreendimento, relevo suave ondulado a ondulado, com boa permeabilidade e porosidade. Apresentam textura argilosa, variando de bem à acentuadamente drenados.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, estima-se uma ocorrência de, aproximadamente 20,2% da superfície total com essa classe de solo.

Essa classe é representada pelo Latossolo Bruno (LB). Cabe ressaltar que o Latossolo Bruno é a unidade dominante na área em estudo e que a composição mineralógica desses solos é dominada por saprolito resultante da alteração de rochas referidas ao Paleozóico e pertencentes ao Grupo de Castro (granitos, argilitos e andesitos entre outras), quanto de rochas do Pré-Cambriano, representadas por granitos subalcalinos e alcalinos, migmatitos e sienitos.

As principais limitações ao uso agrícola deste tipo de solo a baixa fertilidade, toxidez com alumínio, riscos com erosão e impedimentos à mecanização.

b) Argissolos

São solos profundos a pouco profundos, bem a moderadamente drenados, ocorrendo, ocasionalmente, solos rasos com transição abrupta e argila de atividade alta (Ta) e, também, solos com teores variáveis de cascalho e estrutura em blocos subangulares e angulares.

São solos que formam classes bastante heterogêneas, que tem em comum aumento substancial no teor de argila com a profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte superficial, denominado de B textural.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, estima-se uma ocorrência de 2,7% da superfície total da área com essa classe, predominando o Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

As principais limitações ao uso agrícola são: o relevo movimentado, baixa fertilidade natural (solos álicos e distróficos) e, em alguns solos, a ocorrência de fase cascalhenta.

c) Nitossolos

São solos derivados de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos, ou com influência de carbonatos no material de origem, apresentam semelhança com os Argilossolos, porém, com gradiente textural menos expressivo. Sua cor vermelha-escura tende a arroxeada. Possui estrutura, normalmente, bem desenvolvida no horizonte B textural (Bt), conferida por ser prismática ou em blocos subangulares. A cerosidade em geral é expressiva.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, estima-se uma ocorrência de, aproximadamente, 0,3% de Nitossolo Vermelho (NV). As maiores frequências aparecem em relevo ondulado, com horizonte A moderado e textura, normalmente, argilosa, apresenta alta



fertilidade natural (classes com baixo a muito baixo para o valor m% e alto a médio para o valor de V%) e, boas características físicas.

Estes solos possuem boas condições físicas e químicas para o aproveitamento agrícola. Entretanto, ocorrem em relevo um tanto acidentado, o que limita a mecanização das lavouras, e esta é a principal limitação desses solos.

d) Cambissolos

Essa é uma classe formada por solos pouco desenvolvidos, cuja pedogênese já alterou o material de origem, mas ainda são encontrados fragmentos de minerais primários e materiais pedregosos e rochosos. O horizonte diagnóstico é o B incipiente (Bi) e apresenta espessura máxima de 50 cm e, em geral, não há acumulação de argila em horizontes superficiais. Na Área de Influência Indireta do empreendimento, correspondem a 36,9% da área, sendo, predominante o Cambissolo Háptico (CX). Geralmente, estão associados a relevos mais movimentados, o que não exclui o seu aparecimento em relevos planos a suave ondulados.

De um modo geral, são solos bastante suscetíveis à erosão, por ocuparem áreas de relevo ondulado a forte ondulado. Características de pequena profundidade, baixa fertilidade natural, ocorrência em relevo declivoso, presença de cascalhos para alguns são as principais limitações ao uso agrícola apresentada por essa classe. Isto faz com que o uso mais intensivo verificado sobre os mesmos seja com pastagens.

e) Organossolos

São solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos e provenientes de depósitos de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados.

Considera-se como material orgânico aquele constituído por compostos orgânicos, com proporção variavelmente maior ou menor de material mineral, desde que satisfaça os requisitos: conter 12% ou mais de carbono orgânico (expresso em peso) se a fração mineral tiver 60% ou mais de argila; 8% ou mais de carbono orgânico se a fração mineral não tiver argila; e, proporções intermediárias de carbono orgânico para teores intermediários de argila.



Em qualquer dos casos, o conteúdo de constituintes orgânicos impõe preponderância de suas propriedades sobre os constituintes minerais. Estes solos se desenvolveram sob condições de permanente encharcamento, com lençol freático à superfície, ou próximo dela, durante a maior parte do ano, a menos que tenham sido artificialmente drenados.

Constam, basicamente, de um horizonte hístico (horizonte H) sobre camadas orgânicas com grau variável de decomposição, satisfazendo os requisitos mínimos de espessura (40cm) e teor de carbono, já especificados. Estas camadas orgânicas, por sua vez, estão assentes em substrato mineral de textura variável.

No que se refere à espessura, pode-se considerá-la tanto de forma contínua como cumulativa, dentro de 80 cm contados a partir da superfície. Presentemente, existem casos, inclusive, em que estes solos se encontram recobertos por deposição pouco espessa de material mineral. Em geral, são fortemente ácidos, com alta capacidade de troca de cátions, alta saturação com alumínio trocável e baixa saturação por bases. Ocorrem predominantemente nas partes mais baixas das várzeas, em cotas altimétricas muito próximas às dos rios. Sua profundidade varia até 100cm ou mais, predominando os casos em que a espessura da camada orgânica se situa em torno dos 50cm. São solos com bom potencial para culturas anuais, desde que adequadamente drenados e convenientemente manejados.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, correspondem a 16,8% da área, sendo, predominante o Organossolo Háptico (OX).

Quando sob cultivo, após a retirada do excesso d'água pela drenagem, estes solos tendem a diminuir de volume, causando um rebaixamento superficial bastante acentuado. Este rebaixamento é devido, também, à ação dos microrganismos responsáveis pela decomposição dos compostos orgânicos.

f) Gleissolos

Sob esta denominação estão compreendidos solos mal drenados ou muito mal drenados, nos quais as características zonais, determinadas pela ação do clima e vegetação, não se desenvolvem integralmente em virtude da restrição imposta pela grande influência da água no solo, condicionada sempre pelo relevo e natureza do material originário. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por apresentar cores neutras nos horizontes subsuperficiais, geralmente

com mosqueados proeminentes sob fundo de cromas baixas, em virtude da redução do ferro, indicativo de gleização. Apresenta ainda, em alguns casos, acúmulo superficial de matéria orgânica.

São solos minerais hidromórficos, com horizonte glei abaixo do horizonte superficial (A ou H com menos de 40 cm) e cores de redução (normalmente cinzentas e azuladas) em decorrência do ferro em sua forma reduzida.

São encharcados, ocorrendo em áreas baixas, com textura variável, argila de atividade baixa, saturação por bases normalmente baixa, quase sempre distróficos.

Na Área de Influência Indireta do empreendimento, estima-se uma ocorrência de, aproximadamente, 1,4% de Gleissolo Melânico (GM).

As principais limitações ao uso agrícola decorrem da má drenagem, com presença de lençol freático alto, e dos riscos de inundação que são freqüentes. Há, também, algumas limitações ao emprego de máquinas agrícolas. Em alguns locais mais bem drenados ou artificialmente drenados são utilizados com culturas anuais.

g) Afloramentos de rocha

Representam unidades onde rochas encontram-se expostas na superfície do terreno, tanto em forma descontínua (matacões e/ou *boulders*), como em forma contínua (lageado). São locais onde os vegetais superiores não encontram meios para se desenvolver e constituem apenas “tipos de terreno”.

Não se prestam à utilização agrícola, levando-se em consideração os aspectos físicos, químicos e mineralógicos. Ocorrem como manifestações de vários tipos de rochas. A cobertura vegetal predominante é a formação rupestre. Na maior parte das vezes, chegam a estar associados a solos desenvolvidos, porém, com distribuição dispersa o suficiente para constituir uma mancha independente.

Tem ocorrência limitada na área de estudo, sendo mais comuns em áreas acidentadas. Na Área de Influência Indireta do empreendimento, correspondem a 4,5% da área em estudo.



II.7.5.2. Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA)

Na Área de Influência Direta e Diretamente Afetada do empreendimento CNC, foram identificadas, caracterizadas e mapeadas quatro classes de solos e/ou tipos de terrenos, em escala 1:41.000 (Mapa 10).

A seguir é apresentada a caracterização das classes de solos identificadas na amostragem realizada a campo, as descrições morfológicas e os resultados analíticos de perfis representativos de cada uma delas, onde se pode obter informações sobre as condições do local da coleta, características do meio físico, dados sobre a sua morfologia e características físico-químicas.

II.7.5.2.1. *Descrição e caracterização das classes de solos*

a) Latossolos

São formados pelo processo denominado latolização, que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , etc.), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes. O processo de lixiviação de bases ao longo do seu perfil resulta em um manto de alteração no qual o material encontra-se altamente intemperizado, com alteração intensa dos silicatos e concentração residual de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Tratam-se de solos envelhecidos, normalmente ácidos a fortemente ácidos (com exceção de alguns eutróficos), de boa drenagem apesar de serem, muitas vezes, bastante argilosos.

O teor de argila pode variar bastante nesses solos, o que possibilita a sua diferenciação textural em textura média, com teor de argila no horizonte B variando de 15 a 35% e textura argilosa, com teor de argila variando de 35 a 60%.

O horizonte diagnóstico é o B latossólico (Bw) e é constituído por uma espessura mínima de 50 cm que apresenta, em geral, textura franco arenosa a argilosa, baixa capacidade de troca de bases, grande estabilidade dos agregados, microestrutura ou blocos subangulares fracos a moderados e poucos minerais resistentes ao intemperismo.



SOLOS ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

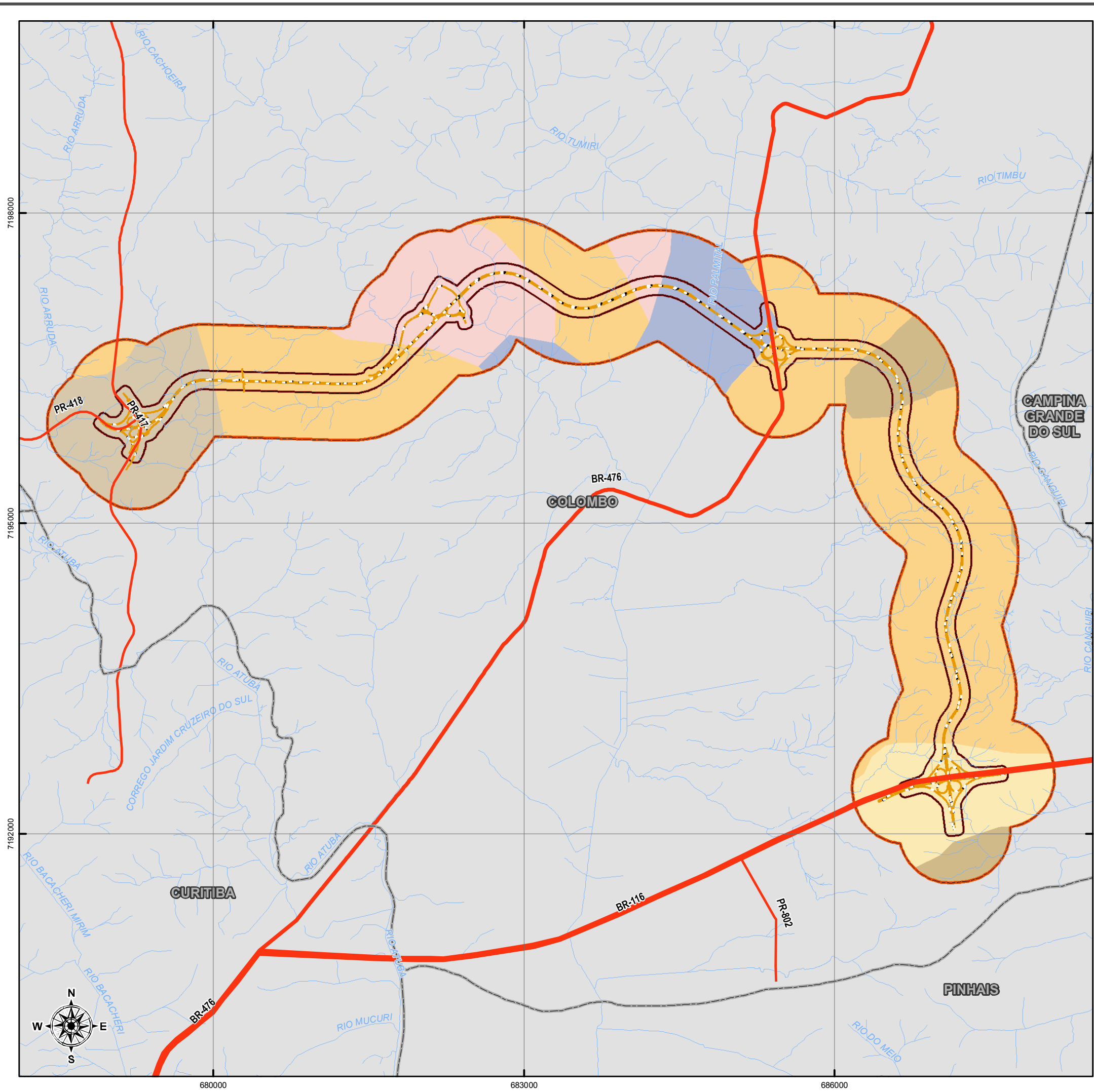
- RODOVIAS ESTADUAIS
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITES MUNICIPAIS
- HIDROGRAFIA
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- ARGISSOLOS
 - ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS DISTRÓFICOS
- CAMBISSOLOS
 - CAMBISSOLOS HÁPLICOS TB DISTRÓFICOS
 - CAMBISSOLOS HÚMICOS ALUMÍNICOS
- LATOSSOLOS
 - LATOSSOLOS BRUNO DISTRÓFICOS
 - LATOSSOLOS BRUNOS ÁCRICOS
- ORGANOSSOLOS
 - ORGANOSSOLOS HÁPLICO SÁPRICO

LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

	CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC	DATA: JUL/2012
TÍTULO: SOLOS - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR	MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S	FONTE: ITCG
ESCALA: 1:37.000	BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: LUCIANA MACIEL CARDON - CREA PR 69.522/D	ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D



As principais características desta classe de solos são a transição difusa ou gradual entre os horizontes, exceto quando existir Ap (Horizonte superficial utilizado para designar modificações da camada superficial por aração ou outras pedoturbações), ausência ou escassez de cerosidade nos horizontes, baixa capacidade de troca catiônica das argilas, colorações vermelhas, avermelhadas, amareladas ou brunadas no horizonte B, ausência ou quase ausência de desenvolvimento estrutural, solo friável a friável quando úmido, apresenta alta porosidade e alta permeabilidade, normalmente possui baixo conteúdo de fósforo assimilável, relação silte/argila deve ser menor que 0,7 nos solos de textura média e 0,6 nos solos de textura argilosa, etc.

A principal limitação ao uso agrícola é a baixa fertilidade, pois possuem ótimas condições físicas que aliadas ao relevo plano e suave ondulado onde ocorrem, favorecem a sua utilização com as mais diversas culturas adaptadas à região.

Em relação à erosividade os latossolos de textura média, com teores elevados de areia, são muito suscetíveis, requerendo tratos conservacionistas e manejo cuidadoso, com os latossolos argilosos, o cuidado com a erosão não é menos importante. A estrutura forte, muito pequena e granular leva os latossolos argilosos a apresentar comportamento semelhante aos solos arenosos. Além disso, nos latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, a estrutura é destruída, levando à redução da porosidade do solo e consequente formação de uma camada compactada, o que facilita a erosão, além de reduzir a produtividade, dificultando o enraizamento das plantas e a infiltração da água da chuva.

De forma geral, os latossolos apresentam baixo potencial de perda de solos, pois ocupam áreas de relevo plano a suave ondulado e apresentam certa estruturação e drenagem muito eficiente. Entretanto, quando submetidos a desmatamento e concentração de escoamento superficial, o risco de desenvolvimento de processos erosivos, principalmente do tipo linear, é incrementado de forma significativa.

Na Área de Influência Direta e diretamente afetada pelo empreendimento estima-se uma ocorrência de 62,5% dessa classe. A porcentagem de ocorrência de cada subordem é encontrada abaixo.

- LATOSSOLO BRUNO Distrófico, textura argilosa – 53,1 %.

- LATOSSOLO BRUNO Ácrico, textura argilosa – 9,4%.

Na área estudada, esses solos apresentam ampla ocorrência associados a pastagens, áreas em pousio e antropizadas, que substituem a vegetação natural de campos subtropicais e às florestas subtropicais perinifólias, são observadas também culturas anuais e permanentes, em áreas geralmente de relevo suave ondulado a ondulado, o que acaba por diminuir o uso de maquinário agrícola.

Os perfis de número 1 e 2 (Tabela 15 e Tabela 16) apresentados a seguir são representativos dos solos desta ordem. Sintetizam as principais características morfológicas, físicas e químicas dos mesmos.

PERFIL nº 1 (número de campo P01)

DATA – 20/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO BRUNO Distrófico álico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado e ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LBd

LOCALIZAÇÃO – Colombo, Rua Presidente Farias

COORDENADAS – 0687454 e 7195488 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Cobertura Vegetal Nativa.

ALTITUDE – 940 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Guabirotuba e sedimentos recentes

PEDREGOSIDADE – Aparente nos horizontes A e B.

ROCHOSIDADE – Não aparente.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Não aparente.

USO ATUAL – Plantio olerícolas.



DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 – 30 cm; Preto-avermelhado (2.5 YR 2.5/1); textura argilosa; blocos angulares; tamanho média; grau da estrutura moderada; muito pequena; fraca; ligeiramente dura; não plástica; ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

Bw – 30 – 95 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 2.5/2); textura argilosa; blocos angulares; tamanho das estrutura média; grau da estrutura moderada; muito pequena; cerosidade fraca; dura; não plástica; não pegajoso; transição gradual e plana.

B2 – 95+ cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura argilosa; blocos angulares; tamanho das estrutura muito pequena; grau da estrutura moderada; muito pequena; cerosidade fraca; dura; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso.

Raízes: Raízes aparentes em A1 e A2.

TABELA 15 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL nº1 (NÚMERO DE CAMPO P01)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
Ap	0 – 30	32,46	20,02	3,73	5,36			
Bw	30-95	38,83	17,95	43,22	0,41			
B2	95+	38,04	15,48	46,49	0,33			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
Ap	0 – 30	0,23	0,47	0,07	12,08	4,25	0,8	0,63
Bw	30-95	0,88	0,58	0,05	7,07	1,93	1,5	0,78
B2	95+	0,75	0,92	0,05	6,79	0,97	1,7	0,63
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
Ap	0 – 30	17,1	4,5	84,8	5,12	8,82	3,73	
B1	30-95	10,5	14,4	56,0	9,73	16,77	4,25	
B2	95+	9,5	18,1	35,9	10,71	18,46	4,31	

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 1 de Latossolo Bruno. Na Figura 31 e na Figura 32, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal encontrada sobre o perfil em estudo e o uso feito sobre o mesmo.





FIGURA 31 – PERFIL DE LATOSSOLO BRUNO



FIGURA 32 – COBERTURA FLORESTAL NATIVA SOBRE O PERFIL DE LATOSSOLO BRUNO E CULTIVO DE OLERÍCOLAS

PERFIL nº 2 (número de campo P04)

DATA – 20/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – LATOSSOLO BRUNO Distrófico álico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado e ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – LBd

LOCALIZAÇÃO – Município de Colombo, estrada da Ribeira

COORDENADAS – 0685210 e 7195801 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Área em pousio.

ALTITUDE – 945 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Guabirotuba

PEDREGOSIDADE – Aparente.

ROCHOSIDADE – Não aparente.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Aparente.

DRENAGEM – Duas à esquerda (aberta).

USO ATUAL – Pousio, depósito de lixo.



DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 – 23 cm; Bruno muito escuro (7.5 YR 2.5/2); textura arenosa; granular; muito pequena; fraca; muito pequena; moderada; ligeiramente dura; não plástica; não pegajoso; transição abrupta e plana.

Bw – 23 – 60 cm; Bruno muito escuro (7.5 YR 2.5/3); textura argilosa; granular; muito pequena; fraca; média; forte; macia; não plástica; ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

B – 60+ cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura argilosa; blocos subangulares; pequena; fraca; muito pequena; fraca; ligeiramente dura; não plástica; não pegajoso.

Raízes: Raízes aparentes em A.

TABELA 16 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº2 (NÚMERO DE CAMPO P04)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
Ap	0 – 23	50,04	20,90	29,05	0,71			
Bw	23-60	43,94	17,22	38,84	0,44			
B2	60+	45,91	13,15	40,94	0,32			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
Ap	0 – 23	5,28	5,61	0,13	6,68	0,01	11,0	1,73
Bw	23-60	0,31	0,46	0,03	13,93	3,67	0,8	0,71
B	60+	0,35	0,27	0,02	5,44	0,77	0,6	0,71
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
Ap	0 – 23	17,7	62,2	0,1	28,76	49,58	4,66	
Bw	23-60	18,4	4,3	82,2	6,91	11,91	4,03	
B	60+	6,8	9,3	54,9	5,62	9,68	4,19	

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 2 de Latossolo. Na Figura 33 e na Figura 34, encontra-se a caracterização da região onde é encontrado o perfil em estudo.





FIGURA 33 – PERFIL DE LATOSSOLO



FIGURA 34 – VISTA SOBRE O PERFIL DE LATOSSOLO

b) Cambissolos

Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Têm seqüência de horizontes A ou hístico, Bi, C com ou sem R.

São solos pouco profundos a rasos, com pequena diferenciação de horizontes, sem acumulação de argila, textura franco-arenosa ou mais argilosa. As cores são variáveis, desde amareladas até avermelhadas.

Podem apresentar-se distróficos ou eutróficos. Quando eutróficos, mesmo que os minerais primários, que se decompõem relativamente rápidos, apareçam em porcentagem baixa na fração areia e/ou cascalho, quando for o caso, esses solos devem sempre apresentar atividade de argila de média a alta.

As principais limitações ao uso agrícola são: pequena profundidade, baixa fertilidade natural e ocorrência em relevo declivoso. Para alguns a presença de cascalhos são as principais limitações. Essas características fazem com que o tipo de uso mais intensivo verificado sobre os mesmos seja com pastagem.

De maneira geral são solos muito susceptíveis a erosão, principalmente pela presença de elevados teores de silte e pequena profundidade. Sulcos de erosão são muito comuns sobre os mesmos, sendo de grande importância o uso de práticas conservacionistas.



Nas áreas de influência direta e diretamente afetada do empreendimento estima-se uma ocorrência de 17,2 % dessa classe, onde foram identificadas as subordens abaixo, que seguem com as porcentagens de ocorrência na área.

- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, textura argilosa – Ocorrência de 11,6%.

- CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico, textura argilosa – Ocorrência de 5,6%.

O material de origem desses solos é representado por substratos de migmatitos.

Em condições naturais, estes solos são inaptos para agricultura pela sua baixa fertilidade natural e pelos elevados teores de alumínio trocável. Para sua utilização, necessitam grandes quantidades de corretivos e fertilizantes além de práticas intensivas de controle à erosão.

Os perfis de solos de número 3 e 4 (Tabela 17 e Tabela 18) apresentados a seguir são representativos dos solos desta ordem. Sintetizam as principais características morfológicas, físicas e químicas dos mesmos.

PERFIL nº 3 (número de campo P07)

DATA – 25/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo suave ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CXbd

LOCALIZAÇÃO – Colombo, Av. Santos Dumont próxima a empresa Herbarium

COORDENADAS – 0679685 e 7196878 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – área em pousio

ALTITUDE – 973 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba

PEDREGOSIDADE – Aparente.

ROCHOSIDADE – Sim (intemperizada).

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.



EROSÃO – Sim.

DRENAGEM – Não.

USO ATUAL – Pousio.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 30 cm; Vermelho (2.5 YR 4/6); textura argilosa; Blocos subangulares; pequena; fraca; média; moderada; ligeiramente dura; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

B1 – 30 – 60 cm; Vermelho (2.5 YR 5/6); textura arenosa; blocos subangulares; pequena; forte; média; fraca; dura; não plástica; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

B2 – 60 – 100 cm; Vermelho muito escuro-acinzentado (2.5 YR 2.5/2); textura argilosa; blocos subangulares; muito pequena; fraca; pequena; forte; macio; ligeiramente plástica; pegajoso; transição clara e plana.

C – 100+ cm; Vermelho (2.5 YR 5/8); textura arenosa; granular; muito pequena; moderada; muito pequena; moderada; macia; não plástica; não pegajoso.

Raízes: Aparentes.

TABELA 17 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº 3 (NÚMERO DE CAMPO P07)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
A	0 – 30	41,25	21,02	37,73	0,55			
Bi	30 – 60	63,29	14,42	22,29	0,64			
B2	60 – 100	28,99	13,57	57,44	0,23			
C	100+	45,20	33,27	21,53	1,54			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
A	0 – 30	3,83	4,41	0,06	9,25	4,83	8,3	1,18
Bi	30 – 60	3,76	4,65	0,06	4,42	0,19	8,5	1,26
B2	60 – 100	0,88	1,23	0,13	13,37	7,05	2,2	0,31
C	100+	0,09	0,05	0,10	7,72	21,91	0,2	0,78
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
A	0 – 30	22,4	37,1	36,8	16,48	28,41	4,30	
Bi	30 – 60	13,1	64,8	2,2	14,06	24,23	4,75	
B2	60 –	22,7	9,9	75,9	17,79	30,66	3,76	



	100						
C	100+	29,9	0,8	98,9	5,16	8,89	3,87

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 3 de Cambissolo . Na Figura 35 e Figura 36, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal encontrada sobre o perfil em estudo.



FIGURA 35 – PERFIL DE CAMBISSOLO



FIGURA 36 – VISTA DA COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL DE CAMBISSOLO

PERFIL nº 4 (número de campo P08)

DATA – 25/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – CHa

LOCALIZAÇÃO – São Gabriel

COORDENADAS – 0678510 e 7196283 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Terreno baldio.

ALTITUDE – 955 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Aparente.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.



EROSÃO – Não.

DRENAGEM – Não.

USO ATUAL – Pousio.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 37 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4); textura argilosa; Blocos subangulares; pequena; moderada; muito pequena; fraca; solta; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B – 37 – 85 cm; Bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4); textura argilosa; granular; pequena; moderada; muito pequena; moderada; macia; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

C – 85+ cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura argilosa; blocos subangulares; média; fraca; muito pequena; fraca; solta; ligeiramente plástica; não pegajoso.

Raízes: Aparentes.

TABELA 18 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº4 (NÚMERO DE CAMPO P08)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
A	0 – 37	19,02	33,97	47,01	0,72			
Bi	37 – 85	19,34	26,17	54,49	0,48			
C	85+	20,22	26,10	53,68	0,49			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
A	0 – 37	1,51	1,29	0,09	9,00	1,45	2,9	1,96
Bi	37 – 85	0,38	0,70	0,02	7,94	1,06	1,1	0,71
C	85+	0,42	0,52	0,03	6,20	0,01	1,0	24,25
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
A	0 – 37	13,3	21,7	33,3	29,58	50,99	4,34	
Bi	37 – 85	10,1	10,9	49,0	17,77	30,63	4,55	
C	85+	7,2	13,4	1,0	12,66	21,82	4,45	

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 4 de Cambissolo. Na Figura 37 e Figura 38, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal na região do perfil em estudo.





FIGURA 37 – PERFIL DE CAMBISSOLO

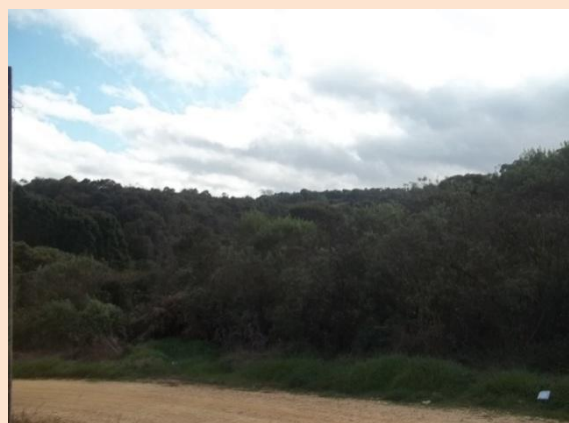


FIGURA 38 – VISTA SOBRE O PERFIL DE CAMBISSOLO

c) Argissolos

Compreende solos constituídos por material mineral ou argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Em geral, são solos com grande variação em características morfológicas, físicas e químicas, com o horizonte B textural contrastando com o A e/ou com o E, tanto em cor como em relação à textura, estrutura e consistência.

A sequência de horizontes mais comumente encontrada é A, Bt, C ou A, E, Bt, C. Sendo a diferenciação de horizontes mais acentuada neste último caso. A profundidade do solum (A+B) é variável, desde 100cm ou menos até 200cm ou mais.

No caso dos Argissolos Vermelho-Amarelos, que são os de ocorrência mais comum na área, a cor é de matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (Embrapa, 1999).

O horizonte superficial apresenta estrutura fraca em forma de grãos simples com aspecto de maciça porosa; consistência solta com solo seco e úmido, não plástico e não pegajoso. Para o horizonte B, a estrutura varia entre fraca e moderada, em blocos subangulares, enquanto que a consistência varia de macio a ligeiramente duro, muito friável a friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso.

Nas áreas de influência direta e diretamente afetada do empreendimento, estima-se uma ocorrência de 12,5 % da superfície total da área com essa classe, predominando o Argissolo Vermelho – Amarelo Distrófico (PVA).

As principais limitações ao uso agrícola são: o relevo movimentado, baixa fertilidade natural (solos álicos e distróficos) e, em alguns solos, a ocorrência de fase cascalhenta.

A seguir são apresentados os perfis de solos de número 5 e 6 (Tabela 19 e Tabela 20) são representativos dos solos desta ordem e sintetizam as principais características morfológicas, físicas e químicas dos mesmos.

PERFIL nº 5 (número de campo P06)

DATA – 25/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – PVAd

LOCALIZAÇÃO – Chácara.

COORDENADAS – 0681945 e 7196973 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Piquete de pastejo.

ALTITUDE – 957 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba

PEDREGOSIDADE – Aparente no horizonte E (fase cascalhenta).

ROCHOSIDADE – Não aparente.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Não.

DRENAGEM – Não.

USO ATUAL – Entrada da propriedade.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – 0 – 27 cm; Preto (5 YR 2.5/1); textura argilosa; granular; muito pequena; fraca; muito pequena; moderada; solta; não plástica; não pegajoso; transição clara e plana.



E – 27 – 68 cm; Vermelho (2.5 YR 4/6); textura argilosa; blocos subangulares; média; forte; muito pequena; moderada; dura; ligeiramente plástica; não pegajoso; transição gradual e ondulada.

B – 68+ cm; Vermelho-amarelo (5 YR 4/6); textura argilosa; blocos subangulares; média; moderada; muito pequena; moderada; ligeiramente dura; ligeiramente plástica; muito pegajoso.

Raízes: Raízes aparentes em A e E.

TABELA 19 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº5 (NÚMERO DE CAMPO P06)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
Ap	0 – 27	44,33	13,57	42,10	0,32			
E	27-68	37,76	34,12	28,12	1,21			
B	68+	25,79	27,91	46,30	0,60			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
Ap	0 – 27	4,79	4,85	0,12	8,42	0,58	1,2	1,65
E	27-68	0,71	1,17	0,08	11,42	6,18	2,0	2,28
B	68+	0,38	0,88	0,06	15,72	6,28	1,3	0,08
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
Ap	0 – 27	18,8	52,0	5,6	28,14	48,51	4,42	
E	27-68	19,6	10,0	75,9	20,31	35,01	4,10	
B	68+	23,3	5,7	82,5	7,84	13,51	3,81	

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 5 de Argissolo. Na Figura 39 e na Figura 40, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal encontrada sobre o perfil em estudo.



FIGURA 39 – PERFIL DE ARGISSOLO



FIGURA 40 – VISTA SOBRE O PERFIL DE ARGISSOLO



PERFIL nº 6 (número de campo P02)

DATA – 20/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico típico, textura média, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado

UNIDADE DE MAPEAMENTO – PVAd

LOCALIZAÇÃO – Colônia Faria - Propriedade do Sr. Mauris

COORDENADAS – 0687290 e 7194367 UTM

SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Pastagem e tanques.

ALTITUDE – 928 m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Complexo Gnáissico Migmatítico Atuba

PEDREGOSIDADE – Não.

ROCHOSIDADE – Não aparente.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO – Sim.

DRENAGEM – Sim.

USO ATUAL – Pastagem.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A – 0 – 37 cm; Bruno (7.5 YR 4/4); textura siltosa; blocos subangulares; tamanho das estrutura pequena; grau da estrutura fraca; muito pequena; fraca; consistência macia; não plástica; não pegajoso; transição gradual e ondulada.

E – 37 – 60 cm; Vermelho-amarelado (5 YR 4/6); textura argilosa; blocos angulares; média; moderada; muito pequena; fraca; dura; não plástica; ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.



Bt – 60+ cm; Rosado (5 YR 7/3); textura argilosa; blocos subangulares; grande; moderada; pequena; fraca; ligeiramente dura; friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso.

Raízes: Raízes aparentes em A.

TABELA 20 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº6 (NÚMERO DE CAMPO P02)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
A	0 – 37	52,96	19,75	27,29	0,72			
E	37-60	53,06	14,66	3,76	3,89			
Bt	60+	31,55	17,96	50,49	0,35			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
A	0 – 37	0,77	0,92	0,13	7,01	1,35	1,8	1,73
E	37-60	1,92	2,13	0,26	12,75	2,41	4,3	3,92
Bt	60+	0,45	0,48	0,06	9,14	2,12	1,0	0,47
Símbolo	Prof. (cm)	CTC (cmol _c /dm ³)	V (%)	m (%)	C (g/dm ³)	Matéria orgânica	pH	
							CaCl ₂	
A	0 – 37	10,2	17,9	42,6	12,55	21,63	4,08	
E	37-60	19,5	22,1	35,9	43,93	75,73	3,76	
Bt	60+	12,2	8,1	68,2	8,59	14,08	3,94	

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 6 de Argissolo. Na Figura 41 e Figura 42, encontra-se a caracterização da cobertura vegetal encontrada sobre o perfil em estudo.



FIGURA 41 – PERFIL DE ARGISSOLO



FIGURA 42 – PASTAGEM SOBRE O PERFIL DE ARGISSOLO



d) Organossolos

São solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos e provenientes de depósitos de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados.

Considera-se como material orgânico aquele constituído por compostos orgânicos, com proporção variavelmente maior ou menor de material mineral, desde que satisfaça os requisitos: conter 12% ou mais de carbono orgânico (expresso em peso) se a fração mineral tiver 60% ou mais de argila; 8% ou mais de carbono orgânico se a fração mineral não tiver argila; e, proporções intermediárias de carbono orgânico para teores intermediários de argila. Em qualquer dos casos, o conteúdo de constituintes orgânicos impõe preponderância de suas propriedades sobre os constituintes minerais.

Estes solos se desenvolveram sob condições de permanente encharcamento, com lençol freático à superfície, ou próximo dela, durante a maior parte do ano, a menos que tenham sido artificialmente drenados.

Constam, basicamente, de um horizonte hístico (horizonte H) sobre camadas orgânicas com grau variável de decomposição, satisfazendo os requisitos mínimos de espessura (40cm) e teor de carbono, já especificados. Estas camadas orgânicas, por sua vez, estão assentes em substrato mineral de textura variável.

No que se refere à espessura, pode-se considerá-la tanto de forma contínua como cumulativa, dentro de 80 cm contados a partir da superfície. Presentemente, existem casos, inclusive, em que estes solos se encontram recobertos por deposição pouco espessa de material mineral. Em geral, são fortemente ácidos, com alta capacidade de troca de cátions, alta saturação com alumínio trocável e baixa saturação por bases. Estima-se que na área de solos em questão predomine a variedade constituída por material orgânico relativamente bem de composto (muck), de cor preta e com substrato argiloso.

Além das características comuns à classe Organossolo, esses solos são muito mal drenados, ocorrem em relevo plano e possuem substrato com textura argilosa; condicionantes capazes de interferir, em maior ou menor grau, sobre a praticabilidade de emprego de máquinas agrícolas e sobre o comportamento desses solos ante às alternativas de uso e manejo adotadas.

Ocorrem predominantemente nas partes mais baixas das várzeas, em cotas altimétricas muito próximas às dos rios. Sua profundidade varia até 100 cm ou mais, predominando os casos em que a espessura da camada orgânica se situa em torno dos 50 cm.

São solos com bom potencial para culturas anuais, desde que adequadamente drenados e convenientemente manejados.

Para utilização destes solos, deve-se observar alguns aspectos, entre os quais: a posição topográfica da superfície orgânica e da superfície do substrato em relação ao nível de base da drenagem regional, natureza desse substrato e a espessura e natureza da camada orgânica.

Quando sob cultivo, após a retirada do excesso d'água pela drenagem, estes solos tendem a diminuir de volume, causando um rebaixamento superficial bastante acentuado. Este rebaixamento é devido, também, à ação dos microrganismos responsáveis pela decomposição dos compostos orgânicos.

Cuidados especiais devem ser tomados no que diz respeito ao manejo da água, uso de máquinas pesadas (baixa capacidade de suporte) risco de fogo e perigo de dessecação irreversível, com a consequente formação de torrões.

Nas áreas de influência direta e diretamente afetada do empreendimento, estima-se uma ocorrência de 7,8 % da superfície total da área com essa classe, predominando o Organossolo Háptico sáprico – (OX).

O perfil de solo de número 7 (Tabela 21) apresentado a seguir é representativo dos solos desta ordem. Sintetizam as principais características morfológicas, físicas e químicas dos mesmos.

PERFIL nº 7 (número de campo P05)

DATA – 20/07/2011

CLASSIFICAÇÃO – ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical de Várzea, relevo plano.

UNIDADE DE MAPEAMENTO – OXs

LOCALIZAÇÃO – Terreno em construções, perto da terraplanagem Bertolin.

COORDENADAS – 0683472 e 7195529 UTM



SITUAÇÃO (cobertura vegetal, particularidades e obs.) – Gramíneas.

ALTITUDE – 953m.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sedimentos recentes

PEDREGOSIDADE – Aparente.

ROCHOSIDADE – Não aparente.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não.

DRENAGEM – Não.

USO ATUAL – Construção.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O – 0 – 25 cm; Preto (10 YR 2/1); textura siltosa; blocos angulares; pequena; fraca; muito pequena; forte; solta; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso; transição clara e irregular.

A – 25 – 70 cm; Preto (10 YR 2/1); textura siltosa; blocos angulares; média; moderada; pequena; forte; macia; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B – 70+ cm; Amarelo-brunado (10 YR 6/6); textura arenosa; prismática; grande; forte; média; forte; dura; ligeiramente plástica; muito pegajoso.

Raízes: Raízes aparentes.

TABELA 21 – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO PERFIL Nº7 (NÚMERO DE CAMPO P05)

Símbolo	Prof. (cm)	Granulometria (%)			% Silte / % argila			
		Areia	Silte	Argila (NaOH)				
O	0 – 25	35,78	10,56	3,90	2,70			
A	25-70	48,12	16,88	35,00	0,48			
B	70+	42,83	29,43	27,74	1,06			
Símbolo	Prof. (cm)	Complexo Sortivo (cmol _c /kg)					SB (cmol _c /kg)	P (mg/dm ³)
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	H ⁺	Al ⁺³		
O	0 – 25	0,31	0,46	0,02	9	1,45	0,8	0,16
A	25-70	0,21	0,95	0,08	11,79	4,54	1,2	0,86
B	70+	0,24	0,46	0,06	14,53	9,17	0,8	0,47
Símbolo	Prof.	CTC	V (%)	m (%)	C	Matéria	pH	



	(cm)	(cmol _c /dm ³)			(g/dm ³)	orgânica	CaCl ₂
O	0 – 25	11,2	7,0	64,9	11,56	19,92	3,90
A	25-70	17,6	7,1	78,5	22,85	39,39	3,80
B	70+	24,5	3,1	92,4	5,53	9,53	3,85

A seguir encontra-se a representação fotográfica do perfil nº 7 de Organossolo. Na Figura 43 e na Figura 44 encontra-se a caracterização da cobertura vegetal encontrada sobre o perfil em estudo.



FIGURA 43 – PERFIL DE ORGANOSSOLO



FIGURA 44 – VISTA DA COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL DE ORGANOSSOLO

II.7.5.2.2. *Legenda de identificação das unidades de mapeamento*

A presente legenda de identificação dos solos corresponde ao mapa de solos apresentado no (Mapa 10).

LATOSSOLO

LBd – LATOSSOLO BRUNO Distrófico álico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado e ondulado

LBw – LATOSSOLO BRUNO Ácrico típico, textura argilosa, fase Campo Tropical, relevo suave ondulado

CAMBISSOLO

CXbd – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo suave ondulado



CHa – CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado

ARGISSOLO

PVAd – ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico típico, textura média a argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado

ORGANOSSOLO

OXs – ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical de Várzea, relevo plano.

II.7.5.2.3. *Aptidão agrícola das terras*

a) Avaliação da aptidão agrícola das terras

A presente interpretação visou avaliar as condições agrícolas das terras, levando-se em consideração as características do meio ambiente, propriedades físicas e químicas das diferentes classes de solos com base em cinco qualidades básicas: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou falta de oxigênio, suscetibilidade a erosão e impedimentos a mecanização. O mapa que representa a aptidão agrícola da Área de Influência Direta e Diretamente Afetada, na escala de 1:41.000, é mostrado na sequência (Mapa 11).



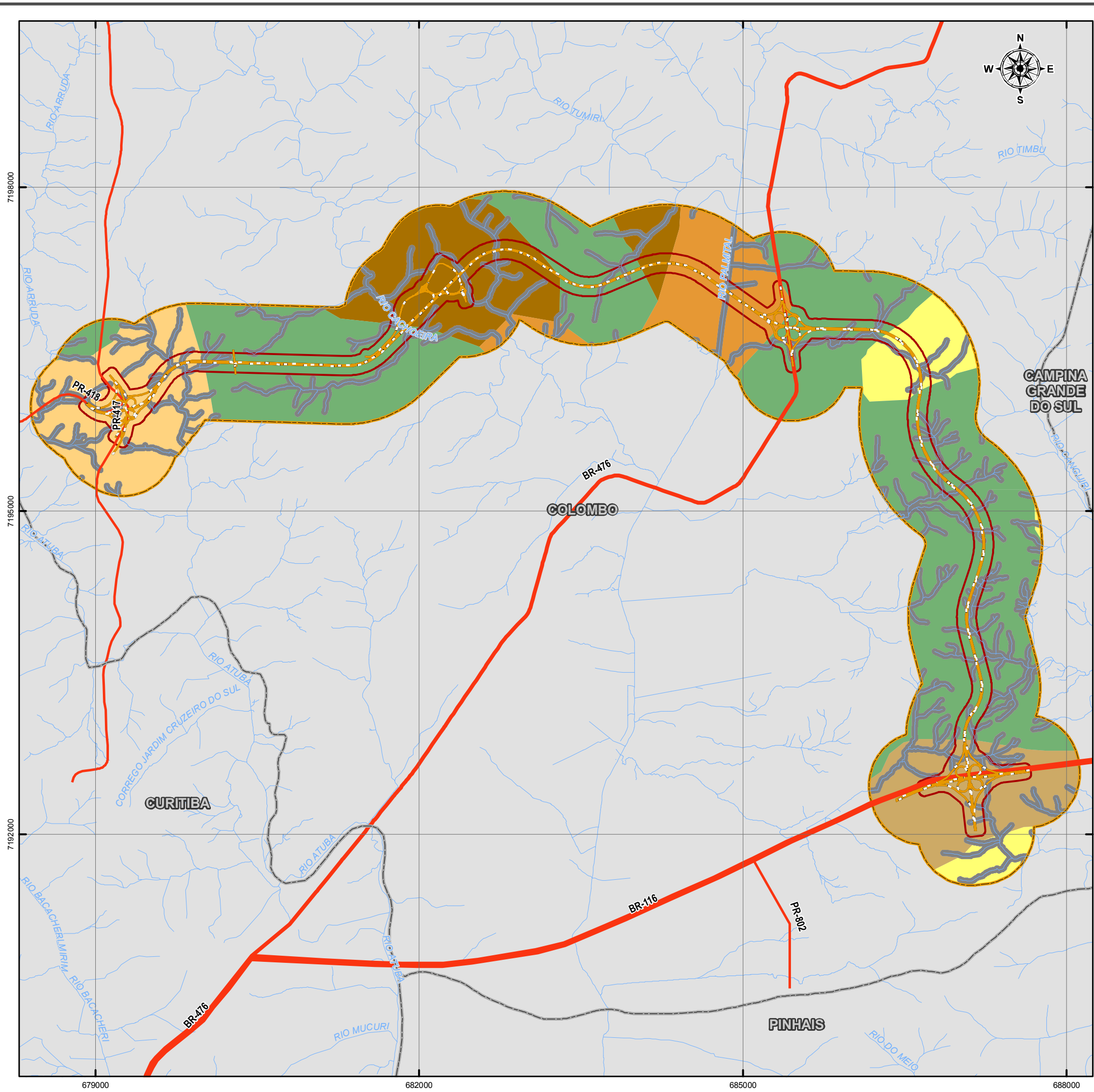
APTIDÃO DO SOLO ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- RODOVIAS ESTADUAIS
- RODOVIAS FEDERAIS
- LIMITES MUNICIPAIS
- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
- ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
- ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
- HIDROGRAFIA

APTIDÃO DOS SOLOS:

- 1 ABC
- 2 ABC
- 2(A)BC
- 3(ABC)
- 3(BC)
- 4P
- 6



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: APTIDÃO DO SOLO - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
ESCALA: 1:35.500	RESPONSÁVEL TÉCNICO: LUCIANA MACIEL CARDON - CREA PR 69.522/D	
		ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D

Dessa forma será apresentado na Tabela 22 o processo de avaliação da aptidão agrícola das unidades de mapeamento de solos na Área de Influência Direta e da Área Diretamente Afetada do empreendimento em estudo.

Cabe ressaltar que as áreas passíveis de preservação permanente (APP), foram enquadradas como áreas sem aptidão para uso agrícola atribuindo-se ao grupo 6, independentemente aos solos componentes das unidades de mapeamento a qual se enquadram. A APP é constituída pela flora - florestas e demais formas de vegetação (Art. 2º caput e 3º caput do Código Florestal) - fauna, solo, ar e águas (Lei 4.771/1965 e 7.803/1989 e ainda Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002) e conforme institui a Resolução CONAMA 302 de 20/03/2002 que estabelece que a APP tem a “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”, portanto estas áreas são caracterizadas como áreas que devem ser preservadas da ação antrópica, ou seja, livres de exploração econômica.



TABELA 22 – PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS – ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

UNIDADES DE MAPEAMENTO	Solos componentes das unidades de mapeamento	Estimativa dos graus de limitação das principais condições agrícolas das terras															Classificação da Aptidão Agrícola
		Deficiência de Fertilidade			Deficiência de Água			Excesso de Água			Susceptibilidade à Erosão			Impedimento à Mecanização			
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
LBd	LATOSSOLO BRUNO Distrófico álico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado e ondulado	L	N1	N	M	M	M	N	N	N	L	N	N	N	N	N	1 aBC
LBw	LATOSSOLO BRUNO Ácrico típico, textura argilosa, fase Campo Tropical, relevo suave ondulado	M	L1	N2	M	M	M	N	N	N	L	L1	N2	N	N	N	2(a)bc
CXbd	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo suave ondulado	M	M1	L2	M	M	M	N	N	N	F	M1	L2	F	F	M	3(bc)
CHa	CAMBISSOLO HÚMICO Aluminico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical, relevo suave ondulado	M	L1	N2	M	M	M	L	L	L	F	F	F	F	F	F	4 P
PVAd	ARGISSOLO VERMELHO - AMARELO Distrófico típico, textura média a argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado	L	L1	L2	M	M	M	M	L	L	M	L1	N2	M	M	L	2 abC
OXs	ORGANOSSOLO HÁPLICO Sáprico típico, textura argilosa, fase Campo Subtropical de Várzea, relevo plano.	M	M2	L2	M	M	M	N	N	N	F	M1	L1	F	M	M	3(abc)



II.7.5.2.4. *Caracterização das Classes de Aptidão Agrícola das Terras*

A presente legenda de caracterização das Classes de Aptidão Agrícola das Terras corresponde ao Mapa 10.

GRUPO 1 – Terras com aptidão BOA para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis.

Subgrupo

1 aBC – Terras com aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo B e C e regular no nível de manejo A .

GRUPO 2 – Terras com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis.

Subgrupo

2 (a)bc – Terras com aptidão regular para lavouras no níveis de manejo B e C e restrita no nível de manejo A.

2 abC – Terras com aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo C regular para lavouras no níveis de manejo A e B.

GRUPO 3 – Terras com aptidão restrita para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo.

Subgrupo

3 (abc) – terras com aptidão restrita para lavouras nos níveis de manejo A, B e C.

GRUPO 4 – Terras com aptidão boa, regular ou restrita para pastagem plantada.

Subgrupo

4 P – Terras com aptidão boa para pastagem plantada.

GRUPO 6 – Terras sem aptidão para uso agrícola.



Subgrupo

6 – Terras com aptidão para preservação da flora e da fauna.



II.8. RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA

O processo de implantação e operação de uma rodovia pode ser visto como resposta a uma demanda resultante de estudos de planejamento de vias e da circulação de trânsito elaborados pela Engenharia de Tráfego, com vistas ao seu emprego por transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente, econômica e segura (DNIT, 2006).

No que concerne aos recursos hídricos, assim como qualquer outra grande obra de implantação e também como consequência do próprio tráfego, sua finalidade de operação, a rodovia apresenta-se como fonte de poluição difusa e possível fonte de contaminação pontual aos recursos hídricos inseridos nas bacias de drenagem interceptadas por seu percurso linear. Adicionalmente, sua disposição pode alterar padrões de drenagem, podendo colaborar por auxiliar o escoamento ou agravar processos de inundações em ocasiões de cheias nas áreas urbanas.

Tendo este fato em vista, o conhecimento detalhado da disposição do empreendimento frente à hidrografia regional, bem como as características físicas e de ocupação das bacias hidrográficas se revelam de grande relevância à compreensão do estado atual das condições de dinâmica e disponibilidade hídrica e, principalmente, do panorama da qualidade das águas na área de influência da rodovia. Tais informações subsidiam, ainda neste estudo, a execução de um prognóstico tão realístico quanto possível acerca da condição dos recursos hídricos durante as obras para implantação da rodovia e, posteriormente, durante sua operação.

Neste capítulo são apresentadas a hidrografia regional e as características das bacias hidrográficas interceptadas pela futura rodovia Contorno Norte de Curitiba, a ser implantada pela OHL Brasil como compromisso decorrente de sua concessão Autopista Régis Bittencourt (BR-116/ São Paulo - Curitiba). Tais informações resultam da compilação de dados obtidos no Instituto das Águas do Paraná (Águas Paraná), autarquia da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, da análise da restituição aerofotogramétrica e respectivas ortofotos disponibilizadas pelo Empreendedor, e também da reunião de demais dados gerais obtidos em campo, de bases cartográficas e de pesquisas bibliográficas.

Adicionalmente, é apresentado neste capítulo o comportamento hidrológico e de qualidade das águas dos principais rios a partir de dados secundários também disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná através do portal HIDROWEB, mantido pela Agência Nacional das Águas – ANA.

Por fim, consta neste capítulo o diagnóstico da qualidade das águas mediante discussão dos resultados da campanha de monitoramento realizada para este estudo em rios de três bacias hidrográficas que são interceptadas pelos aproximadamente 13,3 km de extensão do traçado do CNC no município de Colombo.

II.8.1. METODOLOGIA

O trabalho de elaboração do diagnóstico ambiental dos recursos hídricos foi iniciado com uma caracterização regional, baseada em dados secundários. Esses dados buscam caracterizar a Área de Influência Indireta do empreendimento, enquanto o foco para a Área de Influência Direta e diretamente afetada foram as informações obtidas *in situ*, com medições executadas em campo.

II.8.2. OBTENÇÃO E ANÁLISE DE DADOS SECUNDÁRIOS

A primeira etapa contou com a busca de dados da hidrografia – dados cartográficos de bases oficiais. Foram utilizados nesta etapa dados disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná – Águas Paraná, antiga SUDERHSA. O trabalho e elaboração de mapas a partir desta base permitiu definir as principais bacias da região do entorno do empreendimento, parcialmente já apresentadas anteriormente neste relatório.

A partir destes estudos iniciais, ficaram definidas que as sub- bacias mais relevantes ao estudo são as dos rios Atuba, Palmital e Iraí, cujos corpos d'água sofrerão direta ou indiretamente os efeitos da instalação e operação do empreendimento, visto que nelas será inserido o traçado.

Feito isto, trabalhou-se para definição da hidrografia e pela busca das estações fluviométricas localizadas nestas bacias que se mostrassem relevantes ao estudo e com série representativa de dados históricos de vazões e de monitoramento de qualidade da água. Os dados foram então obtidos por meio de acesso ao sistema HIDROWEB (ANA) e posteriormente tabulados, processados e analisados pela equipe do EIA.

II.8.3. CAMPANHA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA *IN SITU*

Num segundo momento, já de posse da hidrografia, das áreas de drenagem e das localizações das estações com dados secundários, foram definidos oito ponto de monitoramento de qualidade das águas para refinamento do diagnóstico ambiental no interior e no entorno da Área de Influência Direta do futuro Contorno Norte de Curitiba. Nestes pontos houve nos dias 27 e 28 de julho de 2010

monitoramento *in situ* da concentração de Oxigênio Dissolvido com um oxímetro portátil e adicional coleta de amostras de água para análises laboratoriais de outros 22 parâmetros.

A listagem de parâmetros foi definida pela equipe do EIA, levando-se em consideração uma listagem relevante ao diagnóstico da condição atual da qualidade da água dos corpos d'água e passíveis de serem utilizados como base para futura comparação. Em resumo, ficou definida a análise de parâmetros físico- químicos e microbiológicos representativos à avaliação da magnitude da poluição causada pela ocupação urbana e carência de saneamento urbano municipal.

Além disso, a exemplo do que é trabalhado na literatura, buscou-se analisar um conjunto de metais a fim de prover uma base para estudo da poluição difusa.

II.8.4. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL

A disposição linear do futuro Contorno Norte de Curitiba encontra-se completamente inserida no município de Colombo, no qual se localiza o divisor de águas entre as bacias hidrográficas do rio Iguaçu, sub-bacia do rio Paraná, e do rio Ribeira do Iguape, sub-bacia da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste. O empreendimento e suas áreas de influência, todavia, se localizam na porção sul do município, em uma área de drenagem que se convencionou denominar bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, próximo às nascentes deste rio na Região Metropolitana de Curitiba.

Dentro da bacia do Alto Iguaçu, o empreendimento intercepta três bacias: a sub-bacia do rio Atuba; a sub-bacia do rio Iraí; e a micro-bacia do rio Palmital, afluente de margem direita do rio Iraí. A jusante da foz do rio Palmital, os rios Iraí e Atuba confluem para formar o rio Iguaçu, já na divisa entre os municípios de Curitiba e São José dos Pinhais.

Com relação à classificação destes corpos hídricos, conforme proposição da Resolução CONAMA N° 20/1986 – atualizada pela CONAMA N° 357/2005 – os mesmos são enquadrados como sendo “Classe 2” pela Portaria N° 020/1992 da extinta SUREHMA (Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente). Tal assunto será tratado no subitem que apresenta os resultados do diagnóstico de qualidade da água.

As áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba se confundem com a área urbana do município de Colombo, mais densa ao sul do município, onde é limítrofe com a divisa norte de Curitiba. Nesta região, a mancha de expansão urbana já acaba por praticamente unir as áreas urbanas destes municípios, e também com as de outros.

Isto se revela um fato importante, visto que a própria área urbana do município de Colombo drena para os mesmos rios interceptados pelo Contorno Norte de Curitiba. Em Colombo, segundo o último censo do IBGE de 2010, 95,1% dos domicílios localizam-se nesta área urbana e, segundo a Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, apenas 27,8% das unidades são atendidas pela rede de coleta e tratamento de esgoto e apenas 25% estão ligadas a esta rede (IPARDES, 2011).

Com tais dados, já é esperada grande pressão de poluição sobre os rios objetos deste estudo. A disposição da Área de Influência Direta do traçado do CNC frente à bacia do Alto Iguaçu pode ser observada através da Figura 45, onde são destacadas as sub-bacias anteriormente mencionadas.

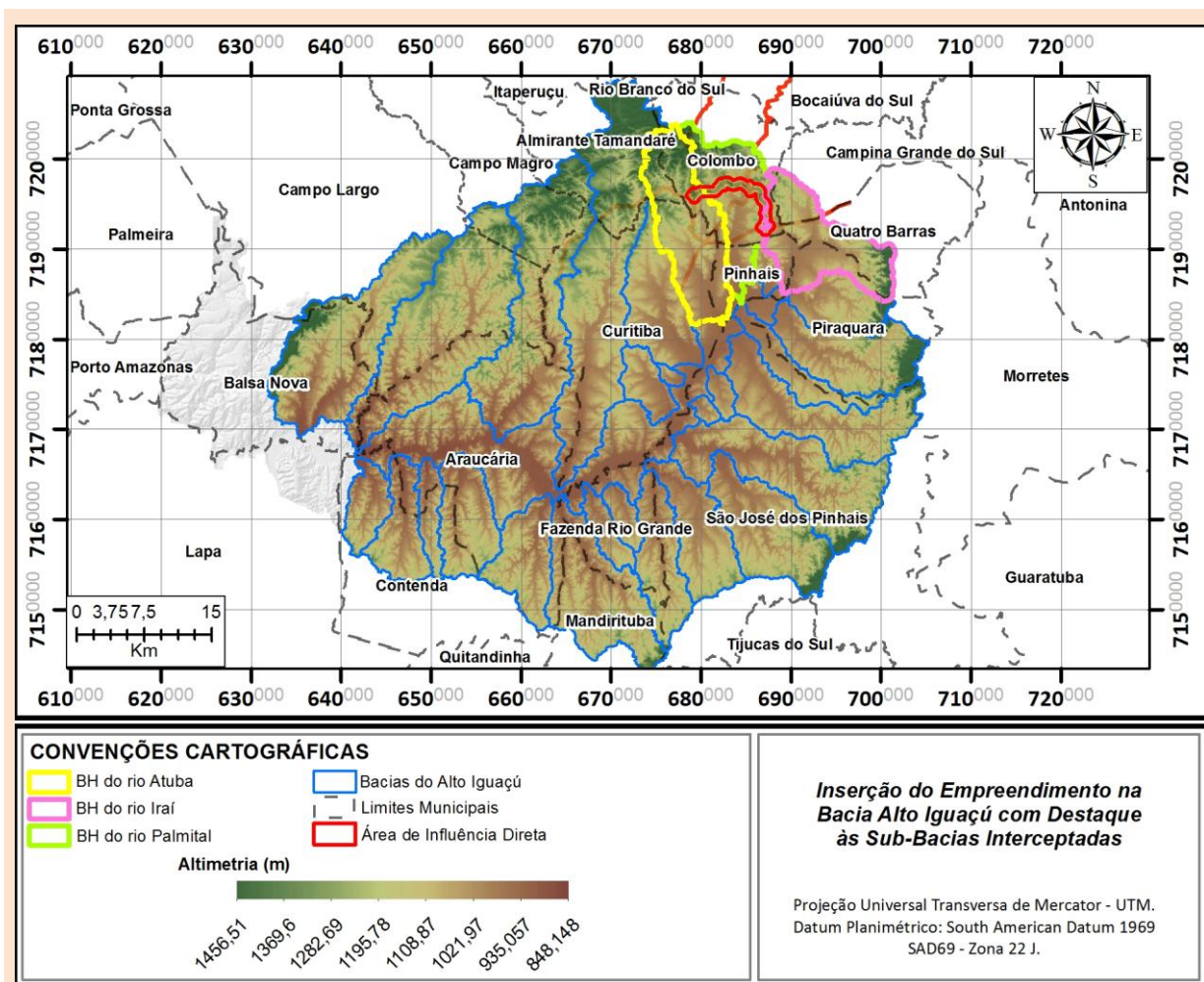


FIGURA 45 – INSERÇÃO DO EMPREENDIMENTO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU COM DESTAQUE ÀS SUB-BACIAS INTERCEPTADAS

II.8.5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo dos aspectos do meio físico relacionados aos recursos hídricos, ficaram determinadas duas áreas de estudo distintas, visando uma melhor abrangência no diagnóstico ambiental.

Em um primeiro momento, optou-se pelo estudo das áreas das sub-bacias dos rios Atuba, Iraí e Palmital, visando à caracterização hidrográfica e hidrológica regional que transcendesse espacialmente as áreas de influência do empreendimento e, temporalmente, a campanha de monitoramento de qualidade da água, por meio do aproveitamento de séries históricas de estações representativas da região (Figura 46).

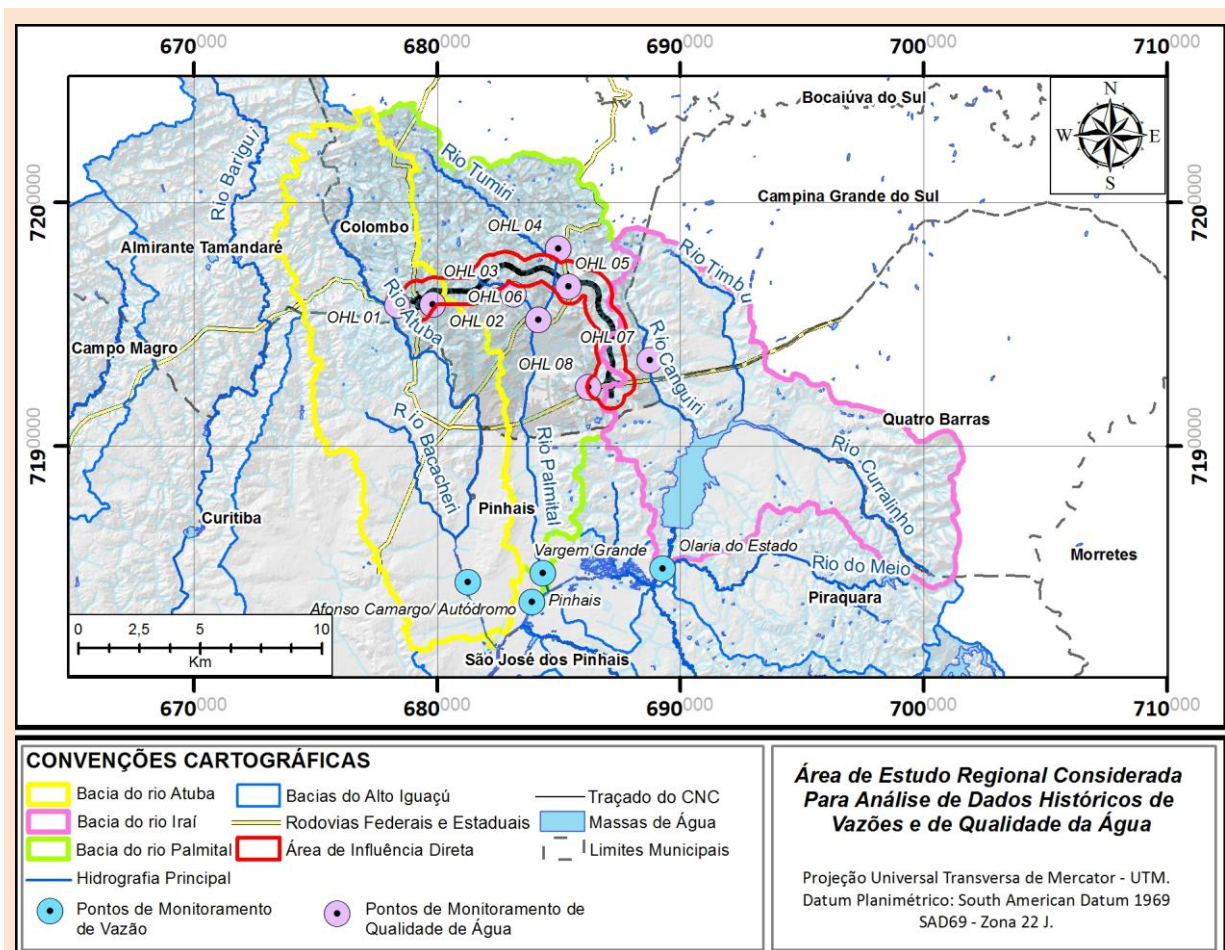


FIGURA 46 – ÁREA DE ESTUDO REGIONAL CONSIDERADA PARA ANÁLISE DE DADOS HISTÓRICOS DE VAZÕES E DE QUALIDADE DA ÁGUA

Feito isto, a área de estudo foi, então, restringida ao entorno imediato da Área de Influência Direta do traçado do Contorno Norte de Curitiba. Para esta área de estudo foram definidos pontos de monitoramento, tão abrangentes quanto possível, a montante e a jusante do empreendimento nas

bacias de drenagem. Vale ressaltar que a AID apresenta-se como um entorno de 500 m, e os pontos de monitoramento foram definidos de modo a serem representativos de suas abrangências.

II.8.6. HIDROGRAFIA

Os rios inseridos nas sub-bacias do Alto Iguaçu e objetos de estudo são apresentados na Figura 47, que mostra a hidrografia da região. Dentre estes, pode-se destacar o rio Arruda e outro pequeno afluente da margem esquerda do rio Atuba; o rio Palmital e seu principal afluente de margem direita (rio Cachoeira); além do rio Canguiri, afluente do rio Iraí.

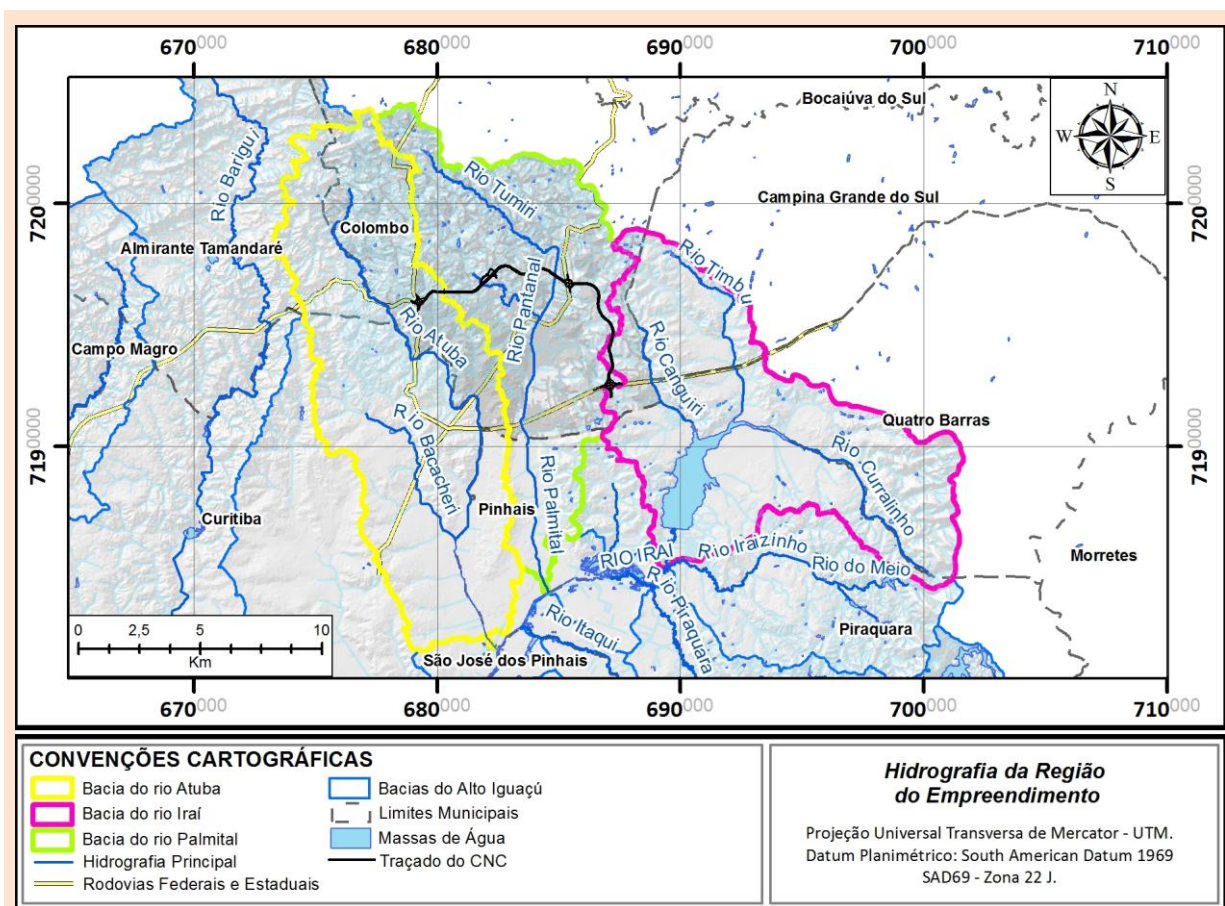


FIGURA 47 – HIDROGRAFIA DA REGIÃO QUE ABRIGARÁ O CONTORNO NORTE DE CURITIBA

Estes rios são aqueles passíveis de sofrer diretamente com a poluição difusa proveniente principalmente da operação da rodovia e poluição pontual durante as obras e em possíveis acidentes com derramamento de contaminantes na operação. Após apresentada esta hidrografia, são descritas brevemente cada uma das três sub-bacias em questão.

II.8.6.1. Bacia do rio Atuba

As nascentes do rio Atuba localizam-se a 1150 m de altitude entre os municípios de Colombo e Almirante Tamandaré, na região metropolitana de Curitiba, e se desenvolvem por aproximadamente 25 km até sua confluência com o rio Iraí, que dá origem ao rio Iguaçu. Suas margens fazem fronteira natural entre os municípios de Pinhais e Curitiba. Suas águas encontram-se poluídas devido ao grave problema de ordenamento territorial em suas margens, prejudicando gravemente sua mata ciliar e o leito do rio. A bacia hidrográfica do rio Atuba drena uma área de 126 km².

A margem do rio Atuba pertencente a Pinhais é pouco inclinada, sendo que o divisor d'água entre sua bacia e a bacia do rio Palmital apresenta declividades inferiores a 20%. A foto da Figura 48 mostra um trecho do rio Atuba onde é clara a presença de um banco de areia, possivelmente associado ao grande aporte e decantação de sólidos suspensos no leito do corpo hídrico, que podem ter origem em erosões na bacia ou ainda produtos da drenagem urbana errônea.



FIGURA 48 – BANCO DE AREIA EM TRECHO DO RIO ATUBA

O rio Iguaçu, que é o maior rio do estado do Paraná, é formado pelo encontro das águas dos rios Iraí e Atuba na parte leste de Curitiba, junto à divisa com os municípios de Pinhais e São José dos Pinhais.

II.8.6.2. Bacia do rio Palmital

O rio Palmital nasce no município de Colombo e se desenvolve por aproximadamente 18 km predominantemente no sentido N-S até sua foz na margem esquerda do rio Iraí. Possui uma área de drenagem de 85,7 km² e um desnível superior a 300 metros desde suas nascentes próximas à cota 1170 m até sua foz na cota 873 m.

O corpo hídrico sofre problemas de assoreamento de seu leito devido a ocupações irregulares e à destruição da sua mata ciliar em algumas áreas, especialmente a partir da porção meridional da bacia. Este corpo hídrico também recebe grande carga de esgoto doméstico, visto que drena boa parte da área urbana do município de Colombo e, conforme apresentado anteriormente na caracterização regional, este ainda possui uma rede de saneamento precária, com apenas 25% dos domicílios ligados à rede.

Na porção inferior desta bacia, o terreno apresenta inclinações entre 10 e 20%, ocorrendo pequenas regiões de declividade entre 20 e 30% também. A Figura 49 mostra uma vista panorâmica do vale do rio Palmital.



FIGURA 49 – VISTA PANORÂMICA DO VALE DO RIO PALMITAL

II.8.6.3. Bacia do rio Iraí

O rio Iraí tem suas nascentes na porção leste do município de Piraquara, na borda ocidental da Serra do Mar a aproximadamente 1400 metros de altitude. Formado pela confluência dos rios Timbu e Curralinho, desenvolve-se tortuosamente no sentido SE-NW até sua porção meridional e posteriormente NE-SW, imediatamente a montante do reservatório do Iraí.

Este reservatório é destinado ao abastecimento de águas da Região Metropolitana de Curitiba, e se estende pelos municípios de Pinhais, Piraquara e Quatro Barras.

Devido às peculiaridades desta bacia hidrográfica do rio Iraí, optou-se pela sua delimitação até a foz do rio Iraizinho, seu afluente de margem esquerda, a aproximadamente 18 km das nascentes e totalizando 111,8 km². Todavia o rio desenvolve-se por mais 8,5 km recebendo afluência dos rios Iraizinho, Piraquara, rio do Meio, do próprio rio Palmital e do rio Itaqui. Por fim, o rio Iraí conflui com

o rio Atuba e forma o rio Iguçu, que desenvolve-se por todo o estado do Paraná no sentido predominante E-W.

A represa do Iraí foi concluída em 1998, com área inundada de 14,2 km² e possui uma vazão de aproximadamente 1,5 m³/s. O lago recebe o volume d'água oriundo dos 112 km² da área da bacia, até a represa. A proposta da barragem do rio Iraí começou em 1975, com os estudos desenvolvidos para elaboração de um plano diretor para abastecimento de águas da Região Metropolitana de Curitiba. O lago do Iraí se localiza principalmente no município de Piraquara, mas também se estende por uma parte dos municípios de Pinhais, Quatro Barras e Colombo. O lago também cumpre a função de controle das cheias. A barragem serve para conter a água em excesso, nos períodos de muita chuva, contribuindo para evitar as inundações nas áreas que ficam a jusante do reservatório. O principal uso do reservatório é o abastecimento público de água de mais de um milhão de pessoas da RMC.

A bacia do Iraí possui a Área de Preservação Ambiental (APA do Iraí), de grande importância para Curitiba e para toda a Região Metropolitana, formada por mananciais que são responsáveis por grande parte do abastecimento de água potável para estas regiões.

II.8.7. HIDROLOGIA

O regime hidrológico da região é observado por postos de monitoramento sob a tutela de diversas agências governamentais. Nestes postos são registrados dados diários do nível dos rios, e os mesmos são transformados em vazão através das curvas de descarga construídas para cada um. Os dados apresentados neste trabalho são provenientes tanto da consulta ao Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA), como também da concessão de registros armazenados pela SUDERHSA. Para o diagnóstico final desse tema a busca por informações ainda será refinada.

No total, foram obtidas as séries de vazão de cinco postos fluviométricos, sendo dois deles localizados no rio Atuba, dois sobre o rio Iraí e um sobre o rio Palmital. Vale salientar, todavia que as estações Autódromo e Terminal Afonso Camargo, no rio Atuba, possuem praticamente a mesma localização, e portanto suas séries históricas (complementares) são passíveis de serem mescladas.

As estações podem ser observadas através da Figura 50, sendo que demais informações relevantes de tais estações fluviométricas são apresentadas posteriormente na Tabela 23.

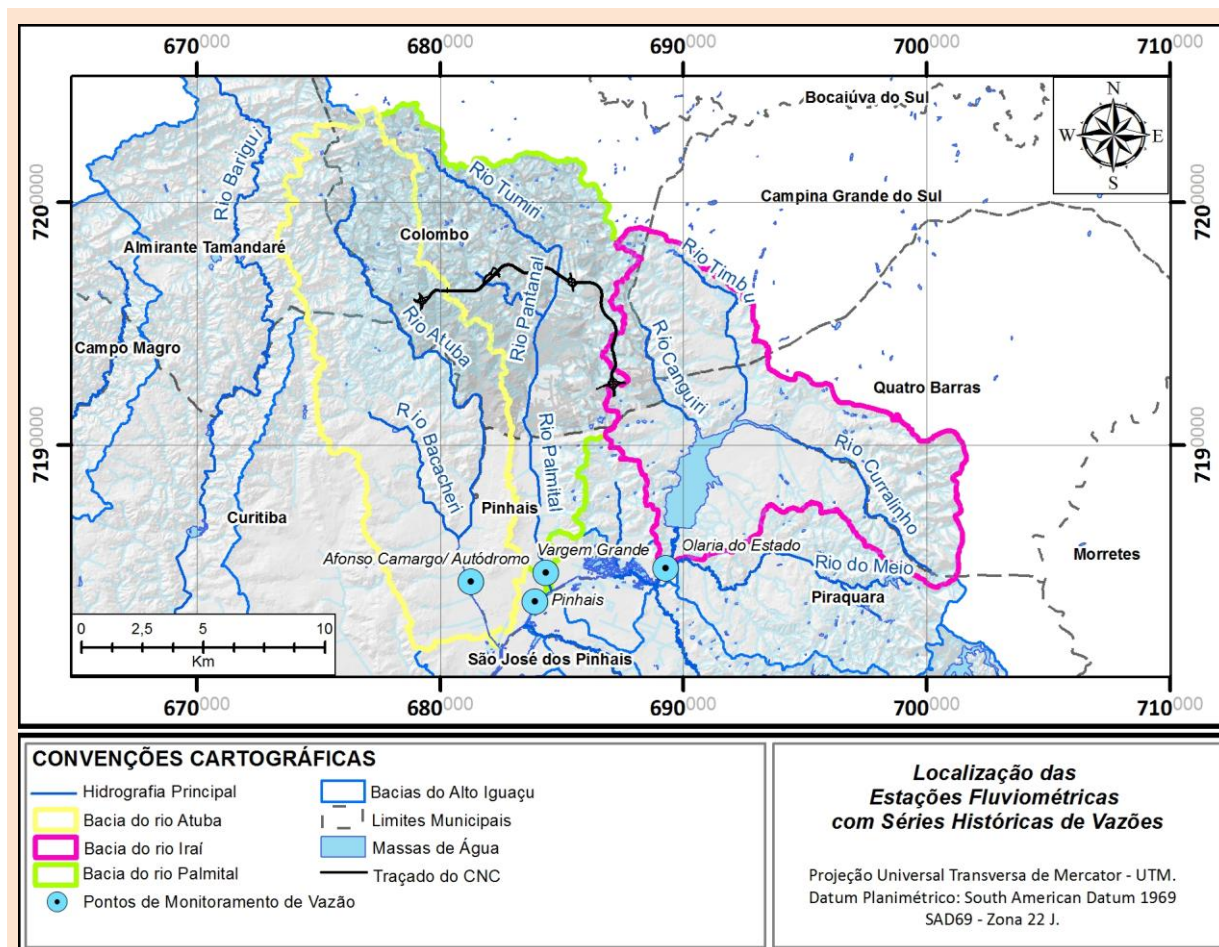


FIGURA 50 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS COM SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES

TABELA 23 – INFORMAÇÕES DOS POSTOS FLUVIOMÉTRICOS UTILIZADOS NO ESTUDO

ESTAÇÃO	OLARIA DO ESTADO	PINHAIS	AFONSO CAMARGO	AUTÓDROMO	VARGEM GRANDE
Código ANEEL	65003950	65006075	65007045	65007046	65006055
Rio	rio Iraí	rio Iraí	rio Atuba	rio Atuba	rio Palmital
Latitude	-25:26:27	-25:27:14	-25:26:33	-25:26:48	-25:26:35
Longitude	-49:07:06	-49:10:17	-49:11:59	-49:11:52	-49:10:02
Altitude (m)	876	872	882	873,86	872
Área de Drenagem (km ²)	182	425,82	127	127,73	101,9
Período obtido	Mai/84 – Jan/96 Set/99 – Dez/2010	Mar/84 – Dez/2010	Mar/84 – Mar/99	Ago/99 – Mar/02 Jan/05 – Dez/08	Mar/84 – Dez/08

Para todos os dados de vazão de todos os postos foram obtidos: média climatológica da vazão de cada mês; média climatológica da vazão máxima de cada mês; média climatológica da vazão mínima de cada mês; vazões máximas e mínimas já registradas em cada mês. Estes cinco parâmetros

estatísticos, para os doze meses do ano, são apresentados para o monitoramento de cada posto, nas figuras 4 a 8. Nestas figuras a vazão média de cada mês é representada por pontos pretos, ligados entre si por uma linha espessa de mesma cor. As barras coloridas informam a variação média climatológica da vazão, que é dada pelo intervalo entre as médias climatológicas de vazão mínima e máxima de cada mês. Os dados de máximos e mínimos já registrados em cada mês são representados pelos limites das linhas verticais que partem do ponto da média mensal.

Dentre os dois postos de monitoramento do rio Iraí, Olaria do Estado encontra-se mais a montante. As propriedades estatísticas dos dados de vazão obtidos neste posto são exibidas no Gráfico 31.

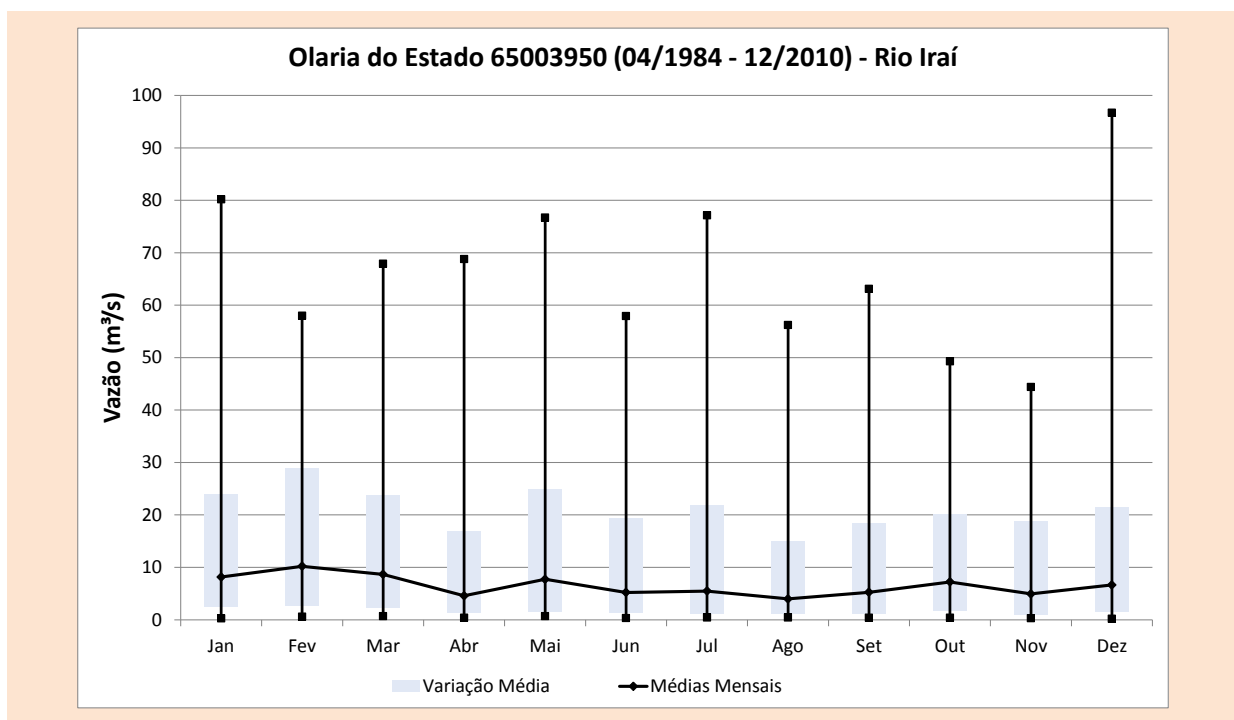


GRÁFICO 31 – MÉDIA MENSAL, VARIAÇÃO MÉDIA MENSAL E REGISTROS EXTREMOS DA VAZÃO DO RIO IRAÍ NO POSTO OLARIA DO ESTADO

A vazão média mensal no posto Olaria do Estado varia pouco ao longo do ano, pois conforme mostra o Gráfico 32, as médias mensais variam entre 4 m³/s em agosto e pouco mais de 10 m³/s em fevereiro. As variações médias mensais apresentam intensidades de vazão máxima mensais mais destoantes entre os meses do ano. Nota-se que em fevereiro, o maior registro do mês, e também do ano, costuma ser por volta de 29 m³/s, além das máximas típicas nos meses de janeiro, março e maio, que são levemente superiores a 20 m³/s, porém ainda acima da média anual. abril, agosto e setembro, apresentam variações um pouco menos intensas, onde a vazão máxima do mês é normalmente entre 15 e 20 m³/s.

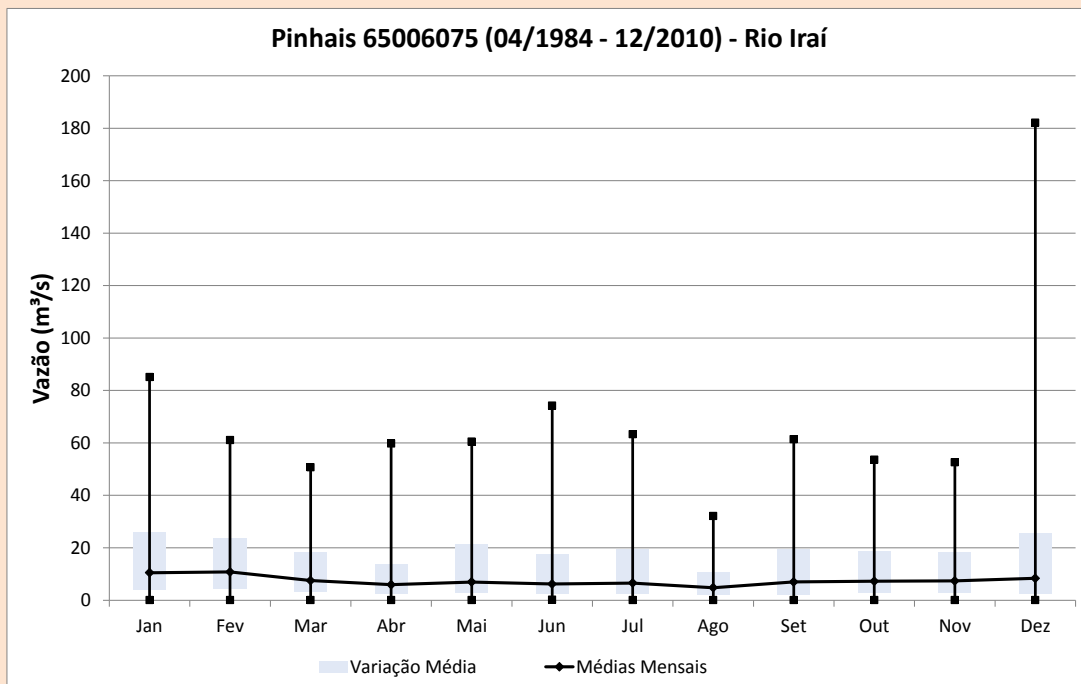


GRÁFICO 32 – MÉDIA MENSAL, VARIAÇÃO MÉDIA MENSAL E REGISTROS EXTREMOS DA VAZÃO DO RIO IRAÍ NO POSTO PINHAIS

Os menores valores da vazão em cada mês são normalmente entre 1 e 3 m³/s, para todos os meses do ano. Os maiores registros obtidos para cada mês já apontaram uma vazão próxima dos 80 m³/s nos meses de janeiro, maio e julho. Contudo o maior registro de toda a série história foi em um mês de dezembro, em que a vazão do rio Iraí no posto Olaria do Estado chegou a aproximadamente 96 m³/s. Os menores registros já observados em cada mês foram todos inferiores a 1 m³/s, já tendo sido inferior à metade disso nos meses de janeiro, junho e julho, novembro e dezembro.

A vazão média do rio Iraí, no posto de Pinhais, é próxima dos 10 m³/s nos meses de janeiro e fevereiro, e em torno de 7 m³/s no restante do ano, conforme mostra o Gráfico 33. Dezembro, janeiro, fevereiro e maio normalmente registram máximos mensais entre 20 e 25 m³/s, enquanto que em abril e agosto são observadas as menores vazões máximas, normalmente próximo aos 11 m³/s. A média das vazões mínimas é bastante uniforme ao longo do ano, variando entre 2 e 4,5 m³/s durante todo o ano.

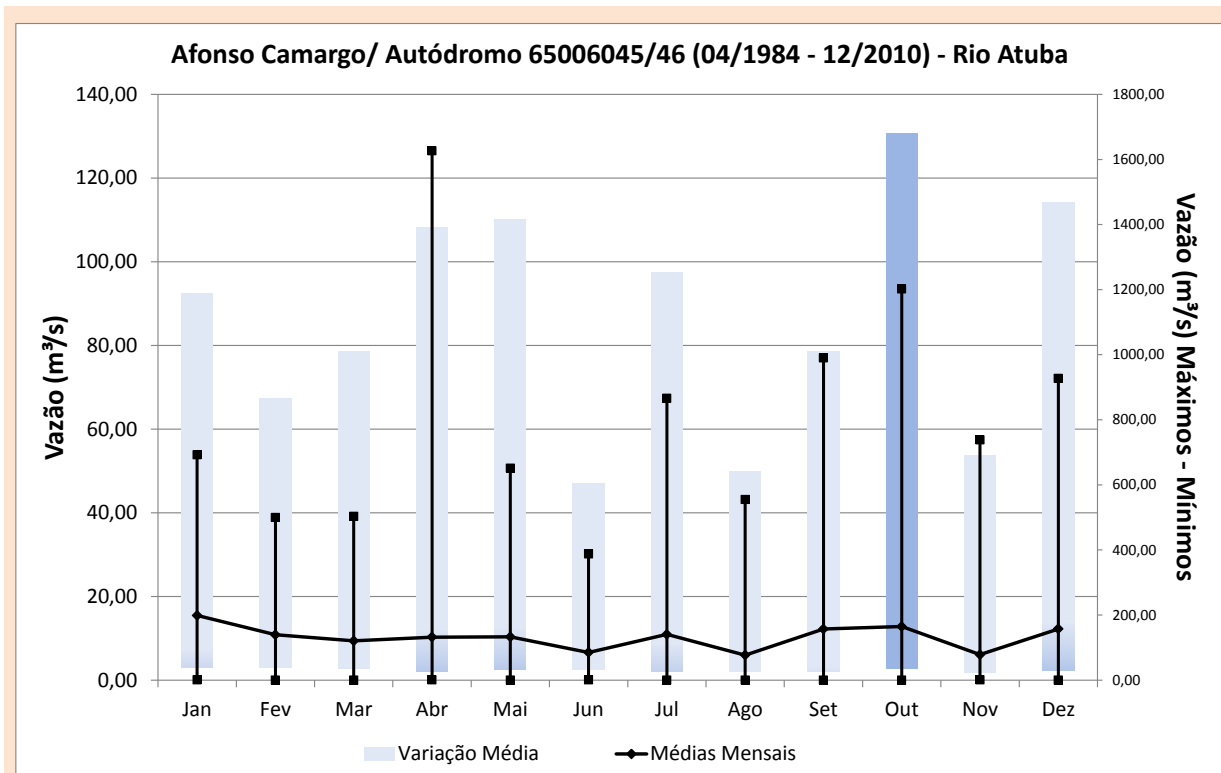


GRÁFICO 33 – MÉDIA MENSAL, VARIAÇÃO MÉDIA MENSAL E REGISTROS EXTREMOS DA VAZÃO DO RIO ATUBA COM SÉRIE HÍBRIDA DOS POSTOS TERMINAL AFONSO CAMARGO E AUTÓDROMO

As maiores vazões já registradas em cada mês variam de 32 m³/s, em agosto, a mais de 180 m³/s em dezembro de 1986. Quanto aos menores registros já observados, todos os meses já apresentaram leituras muito próximas ao nível zero da régua do rio.

Em virtude destes dois postos apresentados anteriormente localizarem-se quase na mesma posição geográfica e possuírem séries de vazões do rio Atuba complementares, optou-se pela mescla entre os dados de ambas.

Pelos dados de vazão registrados nota-se que a vazão média do rio varia de 6 m³/s em agosto até cerca de 15 m³/s em janeiro. A média dos menores valores de vazão mensais são muito próximas e ligeiramente inferiores aos 3 m³/s. Todavia, ao focar apenas a média dos maiores registros, percebe-se situações bastante diferentes ao longo do ano. Outubro é o mês que apresenta a média mais elevada da maior vazão, 130 m³/s, principalmente devido a cheias nos últimos dez anos.

Em dezembro, abril e maio também ocorreram vazões máximas da ordem de 110 m³/s. Outro fato relevante também diz respeito às máximas, porém as absolutas. Embora a curva-chave de tais rios não apresente histórico para que possa se confiar fielmente nos registros, eventos de cheias extremas tem se tornado mais frequentes nos últimos 10 anos. Dentre estas, vale salientar a de

outubro de 2001, com estimativa de mais de 1200 m³/s, e uma enxurrada em 23 de abril de 2010 que resultou numa vazão superior a 1500 m³/s, destruindo imóveis e deixando desaparecidos.

Isto revela que a expansão da mancha urbana, com grande índice de ocupação e impermeabilização das bacias hidrográficas destes rios formadores do Iguaçu, tem sido agravante em situações de regimes severos de chuvas. Os registros das maiores cheias datam dos últimos dez anos, período em que as cidades da Região Metropolitana de Curitiba cresceram em população.

O último posto a ser analisado, Vargem Grande, monitora o nível do rio Palmital próximo a sua afluição para o rio Iraí, ao sul do Município de Pinhais. As informações estatísticas sobre o comportamento climatológico da vazão neste posto são mostradas pelo Gráfico 34.

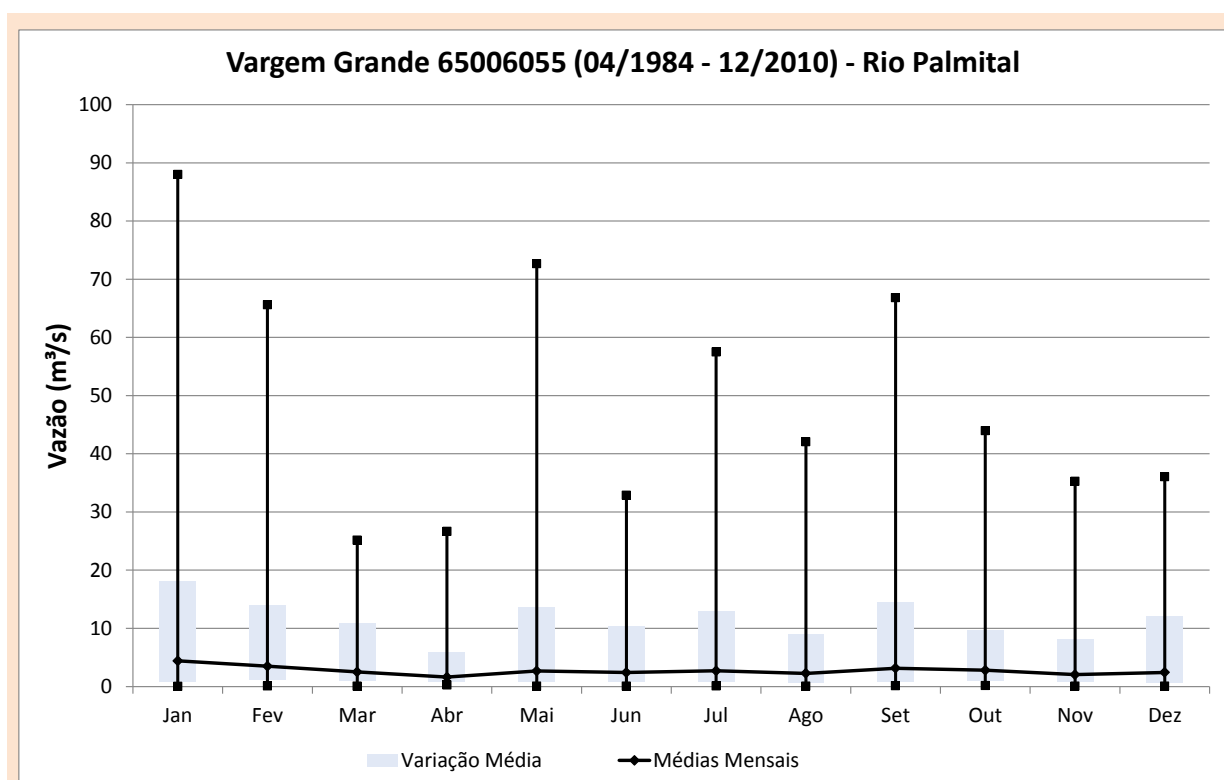


GRÁFICO 34 – MÉDIA MENSAL, VARIAÇÃO MÉDIA MENSAL E REGISTROS EXTREMOS DA VAZÃO DO RIO PALMITAL NO POSTO VARGEM GRANDE

A vazão média mensal do rio Palmital costuma variar ao longo do ano, entre 1,6 m³/s da média de abril a 4,4 m³/s da média em janeiro. Nos meses de janeiro a março e maio e setembro, são registradas as maiores variações médias da vazão. Janeiro é o mês de maior variação, entre 1 e 18 m³/s, aproximadamente, enquanto que em fevereiro, março, maio e setembro, o maior registro do mês é pouco superior a 10 m³/s. A menor vazão do mês, pela média climatológica, é normalmente próxima a 1 m³/s em todos os meses do ano. Sete dos doze meses do ano já registraram uma vazão

superior a 40 m³/s, sendo o maior valor observado de toda a série histórica próximo de 88 m³/s, em um mês de janeiro. Do contrário, as menores observações já registradas próximas às de régua seca em todos os meses do ano.

De um modo geral, considerando-se as informações obtidas nos cinco postos fluviométricos, observa-se uma sazonalidade da vazão dos rios da região. Em todos os postos, os meses de janeiro a março constituem um trimestre de grande variação de vazão, o que indica a existência de uma época de maior disponibilidade hídrica. Além deste trimestre, maio e outubro também costumam apresentar variações de grande intensidade. Do oposto, os meses de abril, junho e agosto são normalmente os meses de menor vazão média mensal, além de apresentarem variações médias de baixa intensidade, caracterizando as estações sazonais de Outono e Inverno como de baixa disponibilidade hídrica, por parte dos rios locais.

Contudo, em todos os postos a média da menor vazão mensal costuma ser muito semelhante para todos os meses. Os registros extremos mostram que podem ocorrer casos em que a vazão máxima mensal é muito superior à média climatológica, de modo que a ocorrência de eventos extremos de chuva pode vir a elevar os níveis dos rios, bastante acima da sua cota normal de cheias.

II.8.8. HIDROGEOLOGIA

Estima-se, em nível mundial, que o percentual atual da população que consome exclusivamente água subterrânea é superior a 50% e que aproximadamente 90 milhões de hectares têm sido irrigados com águas do subsolo (SOLLEY *et al.*, 1993 *in* ROSA FILHO *et al.*, 2002). De acordo com dados do IBGE (2003), aproximadamente 61% da população é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se autoabastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

O número de poços tubulares em operação no Brasil está estimado em cerca de 300.000, com um número anual de perfurações de aproximadamente 10.000, o que pode ser considerado irrisório diante das necessidades de água potável das populações e se comparado com outros países (MMA, 2003).

Neste cenário, torna-se essencial o entendimento da dinâmica e funcionamento dos diferentes sistemas aquíferos dos quais a captação de água é possível, servindo de alicerce ao planejamento

estratégico para o abastecimento público, principalmente das regiões com grande adensamento populacional.

Os sistemas aquíferos se configuram, ainda, como importantes indicadores da qualidade ambiental de uma determinada região, uma vez que eventuais alterações na qualidade das suas águas podem ser indicativas de áreas (solo ou rocha) ou cursos hídricos superficiais contaminados.

A seguir são caracterizados os sistemas aquíferos presentes nas áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba, com ênfase na sua gênese e nos principais mecanismos hidráulicos de funcionamento. São também abordados os principais usos atuais e potenciais da água subterrânea para a região de implantação do empreendimento.

II.8.8.1. Sistemas aquíferos

A caracterização hidrogeológica das áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba é baseada no diagnóstico e no mapeamento geológico executado no sítio de implantação empreendimento, constante no item II.4 deste volume, bem como na consulta à literatura especializada e específica para a área de estudo.

A identificação e análise dos sistemas aquíferos, bem como sua representação em mapas temáticos, consideram duas escalas, de acordo com as áreas de influência do CNC. Para a AII, o reconhecimento e descrição dos aquíferos teve por base o Atlas de Recursos Hídricos do Paraná (SUDERSHA, 1998), na escala 1:1.000.000, enquanto que para a AID e ADA a base utilizada foi o mapeamento geológico, na escala 1:20.000, que deu subsídios à construção do diagnóstico geológico. Procedeu-se dessa forma em função do mapeamento geológico ser mais detalhado para a AID/ADA do empreendimento, comparativamente ao Atlas de Recursos Hídricos do Paraná, cuja escala é menor.

II.8.8.1.1. *Aquífero Embasamento Cristalino*

O Aquífero Embasamento Cristalino está hospedado nas rochas proterozóicas do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba, conforme proposto por Siga Jr. *et al.* (2007). Esta unidade ocupa uma área de aproximadamente 7500 km², no Primeiro Planalto Parananense, abrangendo o município de Curitiba e parte dos municípios de Araucária, Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Piraquara, Quatro Barras e São José dos Pinhais (ROSA FILHO *et al.*, 2002).

No Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba predominam rochas gnáissicas bandadas, migmatíticas, de fácies anfibolito, representadas principalmente por biotita-anfibólio-gnaisses, contendo leucossomas de composições tonalito-granodioríticas e graníticas. São frequentes as intercalações de corpos anfibolíticos e de xistos magnesianos (SIGA Jr. *et al.*, 1995).

Na área de implantação do CNC, o Complexo Atuba é representado por gnaisses, granito-gnaisses e granulitos migmatíticos, que ocorrem predominantemente alterados, dando origem a saprólitos e mantos de alteração com diferentes espessuras. Dessa forma, é rara a preservação, mesmo que parcial, das estruturas internas características dos litotipos desta unidade.

Na Área de Influência Indireta do CNC, este aquífero está compreendido na unidade Pré-Cambriana, e posiciona-se na porção centro-norte da bacia do rio Atuba, porção norte da bacia do rio Palmital e extremo leste da bacia do rio Iraí, representando 21% da AII, conforme indica o Mapa 12. Já na AID/ADA do empreendimento, concentra-se no trecho centro-oeste, entre as rodovias da Uva e da Ribeira, perfazendo 36% da AID (incluindo ADA), conforme mostra o Mapa 13.

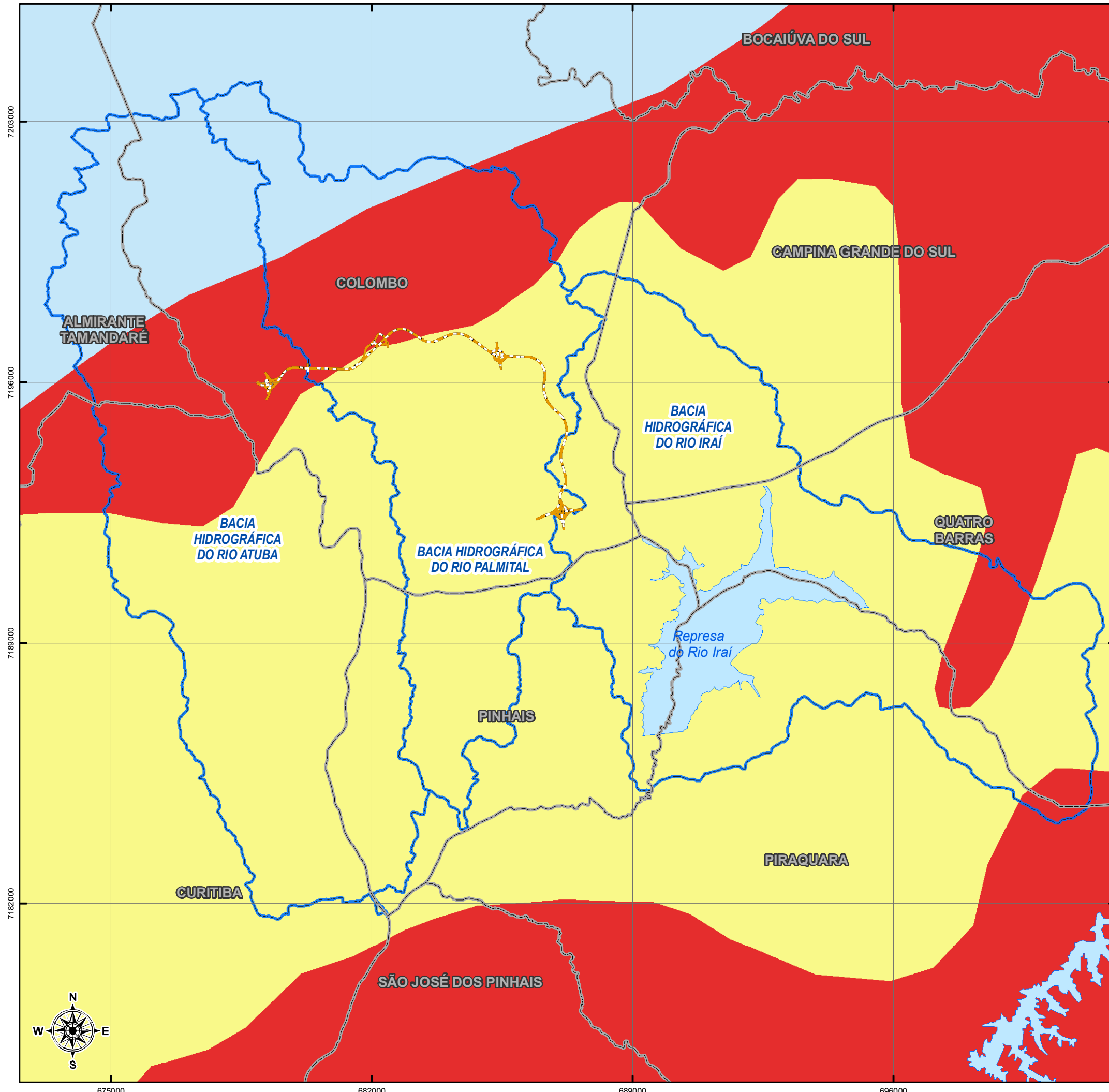
No aquífero cristalino a porosidade é secundária, uma vez que a infiltração e a percolação das águas ocorrem através de descontinuidades geológicas, como falhas, fraturas e diáclases. Dessa forma, a unidade é classificada como um aquífero fissural ou fraturado. De acordo com Rosa Filho *et al.* (2002), as principais fraturas neste aquífero distribuem-se, preferencialmente, entre 60 e 150 m de profundidade. Salamuni (1981) aponta fraturas de interesse hidrogeológico localizadas aos 335 m de profundidade. Portanto, no aquífero cristalino inexistente uma rede de fluxo regional. Assim, os poços exploram apenas descontinuidades geológicas isoladas (ANA, 2007).

Uma vez que este sistema é tipicamente fissural, com porosidade primária praticamente inexistente, os reservatórios tendem a ser aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Os aquíferos fissurais possuem como características a heterogeneidade e a anisotropia, resultando em condutividade hidráulica muito variável, complexa e de difícil avaliação (VIANA e CELIGOI, 2002; FRAGA, 1986). Por conta destas características, e por comporem maciços extensos, o aquífero cristalino tende a apresentar o menor potencial hidrogeológico dentre todos os aquíferos fissurais (BOMFIM, 2010).

UNIDADES AQUÍFERAS ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- CONTORNO NORTE DE CURITIBA
 - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII
 - CORPOS D'ÁGUA
 - LIMITES MUNICIPAIS
- UNIDADES AQUÍFERAS:**
- AQUÍFERO GUABIROTUBA
 - AQUÍFERO CÁRSTICO
 - AQUÍFERO PRÉ-CAMBRIANA



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 2554 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

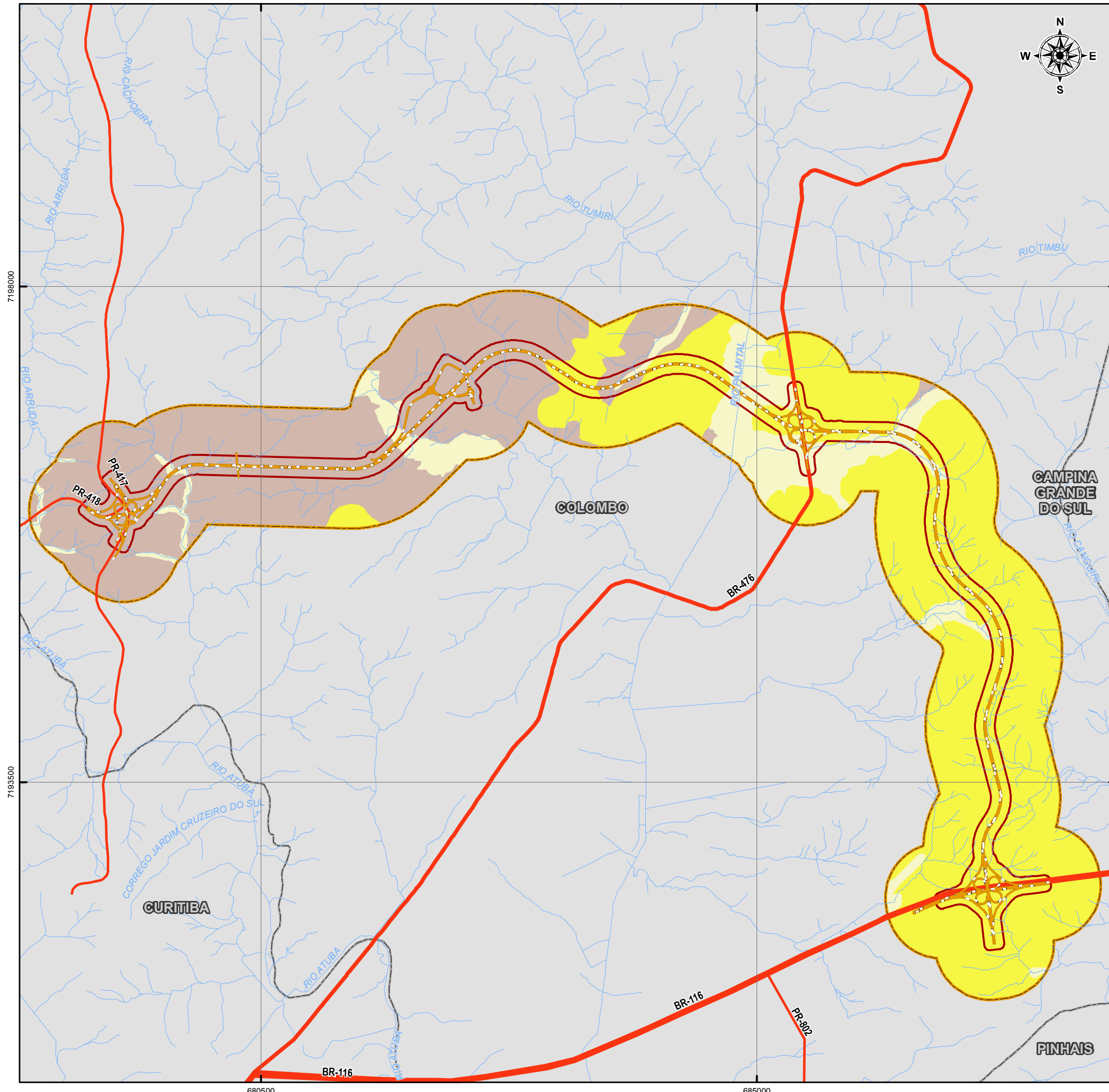
Autopista Régis Bittencourt Grupo OHL		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: UNIDADES AQUÍFERAS - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S		FUNTE: ITCG
ESCALA: 1:105.000		BASE CARTOGRÁFICA: MINEROPAR, ITCG, IBGE, SUDERHSA
RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D		ELABORAÇÃO MAPA: SÔNIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D



UNIDADES AQUÍFERAS ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR

LEGENDA:

- RODOVIAS ESTADUAIS
 - RODOVIAS FEDERAIS
 - LIMITES MUNICIPAIS
 - CONTORNO NORTE DE CURITIBA
 - ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA
 - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID
 - HIDROGRAFIA
- UNIDADES AQUÍFERAS:**
- AQUÍFERO ALUVIONAR
 - AQUÍFERO GUABIROTUBA
 - AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO



LOCALIZAÇÃO



CONSILIU **CONSILIU MEIO AMBIENTE & PROJETOS**
 R. SALDANHA MARINHO, 254 - CEP 80730-180
 FONE/FAX: (41) 3388-7573 e-mail: geral@consiliu.com.br
 www.consiliu.com.br

Autopista Régis Bittencourt <small>Grupo OHL</small>		CÓDIGO CONSILIU: T428
PROJETO: EIA-RIMA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/CNC		DATA: JUL/2012
TÍTULO: UNIDADES AQUÍFERAS - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR		MUNICÍPIO/ESTADO: COLOMBO/PR
REFERÊNCIA: UTM SAD69 22S	ESCALA: 1:35.500	FONTE: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
RESPONSÁVEL TÉCNICO: CRISTIANE R. DUTRA - CREA PR 90.519/D		BASE CARTOGRÁFICA: SUDERHSA; ITCG; IBGE, DER
ELABORAÇÃO MAPA: SONIA B. DO AMARAL - CREA PR 28.698/D		

Regiões de clima tropical, como as observadas na área de implantação CNC, oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento do intemperismo químico, que resulta em perfis de alteração com solos que atingem algumas dezenas de metros de espessura, que acabam por recobrir as rochas cristalinas. Nestas áreas forma-se, então, um sistema de dupla porosidade, que conecta hidraulicamente a porção fraturada mais profunda, de rocha não alterada, e o meio poroso, no manto intempérico (ANA, 2007).

Dessa forma, o manto atua como um aquífero de porosidade granular, influenciando as condições de circulação, armazenamento e infiltração da água subterrânea antes de atingir a rocha fraturada não alterada. Frequentemente, os mantos de alteração com porosidade granular possuem coeficiente de armazenamento maior que a da própria rocha cristalina fraturada.

A recarga do Aquífero Embasamento Cristalino é realizada por meio dos mantos de alteração das próprias rochas cristalinas e através dos sedimentos holocênicos saturados em água, que na AID/ADA do empreendimento são representados pelos depósitos aluvionares. Estas coberturas funcionam como reguladores da recarga dos aquíferos durante todo o ano. No entanto, a recarga dos aquíferos é dificultada pela crescente impermeabilização do solo, provocada pela expansão urbana, especialmente sobre as áreas de mananciais.

Quanto ao nível do freático, Chavez-Kus e Salamuni (2003) apontam que o horizonte onde a água subterrânea circula no aquífero fraturado não se limita apenas a profundidades específicas, em função, principalmente das estruturas geradas pela tectônica rúptil, sugerindo que a variabilidade do fenômeno na área é bastante grande.

Portanto, a determinação de um nível freático médio para o Aquífero Cristalino tornar-se de difícil caracterização, uma vez que deve levar em consideração, principalmente, as especificidades geológico-estruturais responsáveis pela geração das estruturas que armazenam e transmitem a água. A partir da análise estatística de poços tubulares profundos perfurados no município de Curitiba e arredores, Chavez-Kus e Salamuni (2003) calculam que a média do nível estático dos poços analisados situa-se entre 5 e 24 m de profundidade, com média em torno de 11 m. Cabe ressaltar que esta análise compreende tanto poços perfurados no Aquífero Cristalino quanto no Aquífero Guabirota, cuja média deve servir apenas como indicativa de um nível freático regional.

A vazão média deste aquífero é da ordem de 13.000 L/h/poço e os valores máximos de capacidades específicas raramente superam 300 L/h/m. A compilação de dados disponibilizados pela SUDERHSA e

a consulta às informações constantes nos cadastros de poços das empresas Acquasul, Tecnopoços, Kupersul e Hidropoços, até o ano de 1995, permitiram a identificação de aproximadamente 1500 poços perfurados no Aquífero Embasamento Cristalino (ROSA FILHO *et al.*, 2002).

Ainda segundo os autores, a produção média desses poços é 4000 L/h, sendo estes utilizados, na maioria dos casos, para atender condomínios, hospitais e postos de serviços em geral. As águas do embasamento cristalino abastecem 24 localidades, que em 2002 representavam 76.285 habitantes, correspondendo a 7189 ligações.

Considerando uma taxa média de bombeamento dos poços de 16 h/dia, o volume de água extraída por ano atinge 549.234 m³/ano. Acrescentando ainda os 1500 poços utilizados por vários condomínios e postos de serviços da RMC, com uma taxa média de bombeamento de aproximadamente 10 h/dia, explora-se desse aquífero mais 5.184.000 m³/ano. O volume explotado através dos dois grupos de poços, da SANEPAR e privados, é da ordem de 5.733.234 m³/ano (ROSA FILHO *et al.*, 2002).

As águas do embasamento cristalino são consideradas de boa qualidade, não oferecendo restrições ao consumo humano. De acordo com Rosa Filho *et al.* (2002), as águas são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas e contém teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mg/L, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg/L de CaCO₃. Entre os cátions, predominam o cálcio (2 a 20 mg/L) e o magnésio (0,5 a 12 mg/L) em relação ao sódio (1 a 3 mg/L) e ao potássio (1 a 2 mg/L).

Por conta de suas características intrínsecas, como baixa permeabilidade e dificuldade de perfuração e instalação de poços, o potencial de exploração dos aquíferos cristalinos foi, por muito tempo, considerado baixo. No entanto, o aumento expressivo da demanda para abastecimento público fez com que a exploração de poços nestes aquíferos fosse reavaliada, incentivando o desenvolvimento de métodos eficazes e de baixo custo para a extração da água.

II.8.8.1.2. Aquífero Cárstico

O Aquífero Cárstico está associado às rochas da Formação Capiru, que compreende os metassedimentos do Grupo Açungui localizados ao sul da Falha da Lancinha (FIORI, 1990; FIORI e GASPAR, 1993). A unidade aquífera está hospedada nos mármores calcíticos e dolomíticos que ocorrem segundo faixas contínuas de extensão lateral de 15 km, associados a filitos e quartzitos

numa sequência diferencialmente dobrada da Formação Capiru (BIGARELLA, 1948 *in* ROSA FILHO *et al.*, 2002).

Este aquífero ocorre restrito ao extremo noroeste da Área de Influência Indireta do CNC, representando apenas 10% desta (vide Mapa 12). Não há ocorrência desta unidade aquífera na AID/ADA do empreendimento.

O Aquífero Cárstico pode ser considerado um tipo específico de aquífero fraturado (ou fissural). Diferentemente da maioria destes, onde as descontinuidades estruturais que armazenam água são geradas por processos tectônicos, as descontinuidades no aquífero cárstico têm origem na dissolução do carbonato presente nas rochas pela água. O processo de dissolução dá origem a aberturas na rocha que podem atingir grandes dimensões, criando condutos subterrâneos com fluxos de água consideráveis, assemelhando-se a rios. Entretanto, nos casos que a velocidade dos fluxos subterrâneos é demasiadamente alta, o comportamento do aquífero cárstico afasta-se daquele observado nos tipos fraturados.

Trata-se de um aquífero heterogêneo e anisotrópico e, portanto, o fluxo subterrâneo varia entre laminar e turbulento (HINDI *et al.*, no prelo). Do ponto de vista hidráulico, os diques de diabásio possuem fundamental importância neste sistema aquífero, uma vez que representam estruturas impermeáveis que condicionam e limitam o armazenamento da água subterrânea.

A partir de estudos desenvolvidos na bacia de Tranqueira, entre Almirante Tamandaré e Colombo, Bonacim (1996) estima que a profundidade média da carstificação, com base nos poços perfurados e em perfis de resistividade aparente, apresenta-se em torno de 50 m. Já a profundidade máxima do sistema cárstico varia em torno de 100 m. Ainda segundo a autora, os condutos de circulação da água apresentam diâmetros entre 0,2 e 8 m, e sua ocorrência concentra-se, preferencialmente, entre 30 e 60 m de profundidade.

Quando a permeabilidade secundária é reduzida, na maioria das vezes em regiões cársticas jovens, o nível freático tende a ser mais raso, uma vez que há pouca infiltração de água. A partir da ação continuada do processo de dissolução sobre as rochas calcárias, a permeabilidade secundária aumenta por meio da abertura de canais de drenagem subterrânea, o que acaba por aprofundar o nível freático. A dinâmica de variação do nível freático, que pode registrar oscilações significativas em um curto período, também compromete sua determinação. Portanto, a determinação do nível freático em sistemas cársticos deve relevar as especificidades locais da área de interesse,

especialmente os índices pluviométricos e as estruturas geológicas que compõem a paisagem cárstica.

Com base em estudos desenvolvidas na região de Tranqueira, Bonacim (1996) estimou que a superfície da lâmina d'água que satura o aquífero cárstico desenvolve-se em uma altitude mínima de 940 m, junto à linha de contato com o Embasamento Cristalino, atingindo até 1100 m nas áreas localizadas próximas ao interflúvio entre as bacias do Iguaçu e do Ribeira. Respeitando-se as especificidades de cada área, os dados levantados pela autora podem servir como indicativos do nível freático de áreas cársticas.

O principal processo de recarga do aquífero cárstico é por infiltração difusa (autogênica e alogênica) da precipitação atmosférica através do manto de intemperismo (HINDI *et al.*, 2002). Outra forma de recarga dos aquíferos cársticos dá-se por meio de estruturas denominadas sumidouros, que são condutos através das quais as águas dos rios se infiltram e atingem os aquíferos de forma direta, sem qualquer possibilidade de filtragem. Esses pontos, portanto, representam “caminhos” para a contaminação das estruturas aquíferas a partir das águas contaminadas da drenagem superficial. Essas estruturas são, relativamente, comuns às margens dos próprios rios que escoam sobre as rochas carbonatadas (SUDERHSA, 2010).

A vazão média dos poços perfurados nas rochas carbonatadas carstificadas é de aproximadamente 160.000 L/h ou 44 L/s, sendo que os valores de capacidade específica variam de 20 L/h/m a 100.000 L/h/m. A população abastecida com águas do aquífero cárstico, até o ano de 2002, aproximava-se de 185.515 habitantes, sendo que aproximadamente 84.000 deste total residia na cidade de Curitiba. O total de ligações neste período atingia 20.302 unidades. A taxa média de bombeamento dos poços nesta unidade posiciona-se em torno de 16 h/dia, o que corresponde a um volume explotado da ordem de 9.028.153 m³/ano (ROSA FILHO *et al.*, 2002).

As águas do aquífero cárstico são de ótima qualidade para o consumo humano. As águas são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas, cujo teor médio de cálcio é igual a 27 mg/L, de magnésio 14 mg/L, de sódio 1,0 mg/L e de potássio 0,99 mg/L. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de aproximadamente 181 mg/L, de sulfato 3,8 mg/L e de cloreto 1,7 mg/L. O pH varia 7,1 a 8,6, sendo a média em torno de 8,2 (ROSA FILHO *et al.*, 2002). De acordo com Bonacim (1996), a dureza total (CaCO₃) varia de 104 mg/L a 262 mg/L. Segundo a classificação de Szikszay (1993), tais valores enquadram este tipo de água como mediantemente a bastante duras.

De acordo com Plano Estadual de Recursos Hídricos (SUDERHSA, 2010), o Aquífero Cárstico constitui uma reserva estratégica para o abastecimento público, tanto sob o aspecto qualitativo quanto quantitativo. No entanto, devido à fragilidade natural das regiões cársticas, a maior restrição ao uso desse aquífero está relacionada aos riscos geotécnicos tais como subsidências ou solapamentos de terreno. O gerenciamento da exploração da água desta unidade considerando a priorização da locação de poços em áreas rurais com baixa densidade habitacional diminuem os riscos geotécnicos associados.

O horizonte de solo e a zona de aeração funcionam como uma faixa protetora do aquífero contra a poluição das águas subterrâneas. A vulnerabilidade do aquífero cárstico está associada aos locais onde o nível freático é raso e as faixas de aeração são pouco espessas. Devido às características hidráulicas do sistema, contaminantes ou poluentes que eventualmente atingirem o aquífero podem migrar por longas distâncias em direção ao gradiente hidráulico, ou então se depositar na base do aquífero, caso sejam imiscíveis.

Quando o fluxo de água subterrânea ocorre através de fraturas e canais de dissolução, que são irregulares em dimensão e direção e de alta velocidade, a migração dos poluentes é semelhante dos aquíferos fraturados. Já a contaminação biológica (bactérias, vírus, poros e outros) é muito comum em sistemas cársticos bem desenvolvidos, que possuam cavernas e grandes condutos, principalmente quando as áreas de recarga do aquífero são ocupadas por atividade antrópicas ou urbanas.

II.8.8.1.3. *Aquífero Guabirota*

O Aquífero Guabirota integra o domínio dos Sistemas Aquíferos Sedimentares, uma vez que ocorre nas rochas da Formação Guabirota, que configura a base da Bacia de Curitiba. A Formação Guabirota é composta por estratos essencialmente argilosos, arcoseanos e rudáceos, que se somados aos depósitos de topo da bacia (Formação Tinguis) podem atingir 80 m de espessura (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962). Na área de implantação do CNC, a Formação Guabirota é representada por intercalações de camadas argilosas, arenosas, arcoseanas e conglomeráticas, que ocorrem com espessuras variáveis. Esta unidade aquífera ocupa uma área de aproximadamente 900 km² na RMC (SUDERHSA, 2010).

Embora a Formação Guabirotuba seja composta por camadas com composições variadas, o Aquífero Guabirotuba está hospedado nas lentes arcoseanas relativamente contínuas, com espessuras variáveis entre 4 e 18 m, que ocorrem intercaladas a argilitos e siltitos (ROSA FILHO *et al.*, 1998).

O Aquífero Guabirotuba está presente na porção centro-sul das bacias dos rios Atuba e Palmital, e na quase totalidade da bacia do rio Iraí, com exceção do seu extremo leste, representando 43% da AII do empreendimento (vide Mapa 12). Já na AID e ADA, o aquífero concentra-se, majoritariamente, na porção centro-sul, representando 52% da AID, incluindo ADA (vide Mapa 13).

O Aquífero Guabirotuba é do tipo poroso, ou seja, o armazenamento e fluxo da água estão associados à porosidade natural das lentes de areias arcoseanas. Portanto, a porosidade neste tipo de aquífero é primária e isotrópica (homogeneamente distribuída), permitindo que a água escoe para qualquer direção, em função especificamente dos diferenciais de pressão hidrostática. Do ponto de vista hidráulico, este aquífero pode apresentar caráter livre, semi-confinado a confinado (SUDERHSA, 2004).

De maneira geral, os aquíferos porosos constituem-se como os mais importantes reservatórios de água subterrânea, em decorrência da espessura das camadas de sedimentos e das suas propriedades intrínsecas, como alta porosidade e permeabilidade, o que permite a exploração de vazões significativas. O potencial para exploração desta unidade aquífera, portanto, está diretamente relacionado à espessura e continuidade das camadas arcoseanas saturadas.

No entanto, uma vez que as camadas armazenadoras de água na Formação Guabirotuba ocorrem sob a forma de lentes esparsas em meio aos níveis pelíticos, a possibilidade de resultados positivos na perfuração de poços é bastante incipiente, a não ser nas bordas da Bacia de Curitiba (próxima da barragem do Iraí), onde existem poços que produzem até 80 m³/h. Nesses casos, as camadas de arcóseos atingem até 10 m de espessura (SUDERSHA, 2010).

No entanto, segundo dados levantados por Rosa Filho *et al.* (2002), a vazão média dos poços perfurados na parte central da bacia de Curitiba, onde a distribuição das lentes de arcóseos é significativamente irregular, é da ordem de 5000 L/h. Na região nordeste do município, especificamente na área de abrangência da bacia hidrográfica do Iraí, os arenitos arcoseanos ocorrem sob a forma de camadas contínuas próximas ao contato com o embasamento cristalino, com espessuras que variam de quatro a 15 m. Alguns dos poços que seccionaram essas camadas produzem vazões de até 80.000 L/h.

Os autores estimam que as camadas aquíferas do Guabirotuba, ainda na área de abrangência da bacia do rio Iraí, tenham capacidade para produzir até 2160 m³/h o que, em um regime de 16 h/dia de bombeamento, representa uma produção de aproximadamente 12.600.000 m³/ano. Com este volume, é possível abastecer uma população de mais ou menos 172.800 pessoas (ROSA FILHO *et al.*, 2002).

A posição do nível freático na Formação Guabirotuba é variável, dependendo a posição em que as camadas aquíferas se encontram em relação à Bacia de Curitiba (próximo ao depocentro ou às bordas). Dessa forma, o nível freático pode ser encontrado tanto próximo à superfície quanto em profundidades da ordem de 10 a 15 m (KORMANN, 1999). De acordo com Talamini Neto (2001), o nível freático ocorre com maior frequência entre um e cinco metros de profundidade.

A água deste aquífero é do tipo bicarbonatada calco-sódica, sendo o grau de mineralização diretamente proporcional ao grau de confinamento das areias arcoseanas pela cobertura argilosa. Em geral, as águas não necessitam de tratamento para abastecimento doméstico, e raramente apresentam restrições para fins industriais ou irrigação (SUDERHSA, 2004).

As águas do aquífero Guabirotuba apresentam concentração média de sólidos totais dissolvidos é da ordem de 150 mg/L, com dureza total variando entre 30 a 230 mg/L de CaCO₃ e pH é entre 6,8 a 8,1. A concentração de bicarbonatos atinge valores de até 195 mg/L, a de sulfato varia de 1,2 a 4,5 mg/L e a de cloretos gira em torno de 2 mg/L. Predominam os teores de cálcio até 30 mg/L, sendo que o magnésio varia entre 8 a 15 mg/L, o sódio entre 18 a 24 mg/L e o potássio entre 1,2 a 2,3 mg/L. Algumas áreas apresentam valores anômalos de ferro, que variam entre 0,05 a 5 mg/L, e de manganês, que atingem até 1,5 mg/L (ROSA FILHO *et al.*, 2002). Supõe-se que os teores anômalos de ferro e manganês estejam associados às argilas orgânicas que ocorrem intercaladas aos níveis de areias arcoseanas (SUDERHSA, 2004).

Dessa forma, os teores anômalos de ferro e manganês são os que mais interferem no aproveitamento das águas deste aquífero para o abastecimento da RMC. Nos casos em que a concentração destes elementos está acima do permitido pela legislação (Portaria nº 518/2004), a água deve passar por tratamento antes de ser consumida. As águas deste aquífero só não são potáveis quanto estão presentes teores elevados do íon flúor, caso da região do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, na região leste de Curitiba (SUDERHSA, 2010).

A recarga deste aquífero é realizada essencialmente através da superfície freática e das águas das chuvas (ROSA FILHO *et al.*, 1996). Da mesma forma que para os demais aquíferos presentes na região, o adensamento populacional e a consequente expansão da malha urbana aumentam a impermeabilização do solo, comprometendo os processos hidráulicos que viabilizam a recarga dos aquíferos.

O grau de vulnerabilidade do aquífero quanto à contaminação orgânica é baixo em razão de estar, na maior parte de sua extensão, capeado por cobertura argilosa, o que permite a ação dos processos de depuração dos eventuais efluentes lançados na superfície do terreno (SUDERHSA, 2004).

II.8.8.1.4. *Aquífero Aluvionar*

De acordo com Rosa Filho *et al.* (2002), os sedimentos aluvionares que merecem destaque sob o ponto de vista hidrogeológico são representados pelas camadas de areias e de cascalhos existentes na calha do rio Iguaçu.

Segundo Rocha (1996 *in* ROSA FILHO *et al.*, 2002), os sedimentos aluvionares do rio Pequeno, afluente do Iguaçu, possuem até 5 m de espessura e armazenam um volume de água igual a 4.048.335 m³. Ainda segundo Rocha (*op. cit.*), de uma única cava com dimensão de 320 m x 80 m x 2,5 m, cujo volume armazenado é alimentado por águas oriundas do freático, foram extraídos aproximadamente 360.000 L/h. Após 24 horas de bombeamento, o rebaixamento resultante foi igual a 0,41 m.

Para Rocha Filho *et al.* (2002), embora estes resultados sejam indicativos de que esses sedimentos representem excelentes reservatórios de água, os mesmos não são reconhecidos como tal. Não se cogita, por esta razão, a possibilidade de preservar essas áreas para o aproveitamento do seu potencial hídrico. Corroborando os autores, o Atlas de Recursos Hídricos do Paraná (SUDERHSA, 1998), não lista os depósitos aluvionares como unidade aquífera.

Diferentemente do rio Iguaçu, que possui depósitos aluvionares com significativa espessura e continuidade, na AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba as camadas de sedimentos aluvionares são de pequena expressão, estando concentradas ao longo do rio Palmital e de seu afluente imediato pela margem esquerda e do rio Cachoeira (vide Mapa 13). Na AID/ADA do empreendimento, depósitos sedimentares representam 11%.

Em função da reduzida extensão e espessura dos depósitos aluvionares na área de implantação do Contorno Norte de Curitiba, estes não são, a princípio, considerados como unidade aquífera com favorabilidade hidrogeológica. São necessários estudos mais aprofundados no tema para que se conclua sobre a favorabilidade hidrogeológica da unidade.

Entretanto, a importância dos depósitos aluvionares reside na sua função como zonas de recarga ou estoque temporário para os aquíferos subjacentes. A crescente impermeabilização do solo, resultante do expressivo aumento populacional na região onde o CNC será implantado, compromete a recarga dos aquíferos Embasamento Cristalino, Cárstico e Guabirota. Dessa forma, os depósitos aluvionares se constituem como importantes regulares das zonas de recargas destes aquíferos.

II.8.8.2. Principais usos atuais e potenciais da água subterrânea

O cenário básico estabelecido para os principais usos atuais da água nas bacias dos rios Atuba, Palmital e Iraí – que configura a Área de Influência Indireta do CNC – compreende majoritariamente o abastecimento público para fins domésticos, comerciais e industriais. Destaca-se também a irrigação de áreas agrícolas, concentradas no Cinturão Verde de Curitiba, cujas práticas referem-se ao plantio de hortifrutigranjeiros. Pode ser citado, ainda, o controle de cheias e o uso da água para turismo e lazer, por meio da criação de parques recreativos com áreas alagadas.

No entanto, tais usos referem-se essencialmente à disponibilidade hídrica em superfície. Destes, somente o abastecimento público se utiliza de mananciais subterrâneos. Dessa forma, a análise dos principais usos atuais e potenciais da água subterrânea será concentrada na esfera do abastecimento público, que se caracteriza como o principal uso, tanto na AI do empreendimento quanto na Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

Esta análise é dependente, muitas vezes, de fatores externos aos limites geográficos definidos para a AI do empreendimento, que compreende as bacias dos rios Atuba, Palmital e Iraí. Portanto, para esta análise foram considerados também dados referentes à Região Metropolitana de Curitiba.

A demanda total de água da população da Região Metropolitana de Curitiba em 1995, que contava com aproximadamente 2,6 milhões de habitantes, situava-se em torno de 6400 L/s. O consumo doméstico estimado *per capita* variava entre 180 a 200 L/dia, sendo que somente as indústrias consumiam, nesta época, cerca de 200 L/s (DALARMI, 1995).

Os principais mananciais de abastecimento da RMC localizam-se na bacia do rio Iguaçu, na Serra do Mar. Os mananciais captados na Serra do Mar, da ordem de 120 L/s, foram suficientes para abastecer Curitiba até o ano de 1945. Nessa época a população era de apenas 150.000 pessoas. O aumento populacional exigiu que o abastecimento passasse também a ser feito através da captação do rio Iraí, com uma produção máxima de 800 L/s, e através do rio Iguaçu, com mais 3000 L/s. No final da década de 80, foi concluída a barragem do Passaúna, a qual possui uma capacidade nominal de 2000 L/s (ROSA FILHO *et al.*, 2002), incrementando a demanda, mesmo que temporariamente.

As taxas de crescimento populacional da RMC destacam-se desde que esta foi constituída, uma vez que constantemente mantêm-se acima da média das demais regiões metropolitanas brasileiras, conforme indicado no diagnóstico do meio socioeconômico apresentado no Volume IV deste EIA. Na criação da RMC, a população era de 821.233 habitantes para 14 municípios. Com o passar dos anos, pela incorporação de novos municípios, mas, sobretudo pelas significativas taxas de crescimento populacional de determinados municípios, a população quase quadruplicou, chegando a 3.174.201 de habitantes em 2010. Considerando os municípios recentemente incorporados à RMC, são 3.223.836 de habitantes atualmente.

Embora a introdução da legislação de parcelamento do solo urbano federal (Lei n.º 6.766/79) e da legislação ambiental a partir dos anos 1980 tenham imposto limites à ocupação ordenada e planejada, é relevante o número de ocupações irregulares do solo. Tais ocupações concentram-se, principalmente, em áreas frágeis do ponto de vista ambiental, normalmente desvalorizadas em função das exigências legais para seu parcelamento, conforme apontado no diagnóstico do meio socioeconômico apresentado no Volume IV deste EIA. A pressão das ocupações se concentrou, principalmente, em Curitiba e na franja metropolitana leste, onde se encontram os principais mananciais de abastecimento da RMC.

Dessa forma, considerando simplesmente o aumento populacional, excetuando-se o consumo de água para fins industriais, estima-se que a demanda por água na RMC tenha crescido na ordem de 23% entre 1995 e 2010. De acordo com levantamento realizado por Rosa Filho *et al.* em 2002, o total de água disponível para captação, considerando os rios Passaúna, Iraí e Iguaçu, correspondia a uma vazão de 5800 L/s, já resultando em um déficit da ordem de 600 L/s.

Dos municípios que representam a RMC, os que compõem o denominado Núcleo Urbano Central (NUC) são os que apresentam a demanda mais expressiva por água. O NUC compreende as cidades de Almirante Tamandaré, Araucária, Campinha Grande do Sul, Campo Largo, Campo magro,

Colombo, Curitiba, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras, Rio Branco do Sul e São José dos Pinhais. Ao total, estes municípios contam com 2.993.678 habitantes, representando 93% da RMC.

De acordo com Rosa Filho *et al.* (2002), a população abastecida com águas subterrâneas na RMC é de aproximadamente 434.315 habitantes. A distribuição da população abastecida de acordo com o sistema aquífero do qual a água é extraída é apresentada na Tabela 24. Consta ainda o volume anual aproximado produzido pelos poços tubulares profundos perfurados até o ano 1996.

TABELA 24 – RESUMO DA POPULAÇÃO ABASTECIDA COM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA RMC

AQUÍFERO	POPULAÇÃO ABASTECIDA	VOLUME PRODUZIDO (m ³ /ano)
Cristalino	76.000	5.733.234
Cárstico	185.515	9.028.153
Guabirotuba	178.800	12.600.000
TOTAL	434.315	27.361.367

FONTE: ROSA FILHO *ET AL.*, 2002

Andreoli *et al.* (2000) estabelecem três cenários de disponibilidade hídrica na RMC, com o intuito de avaliar as limitações impostas pelo crescimento urbano, agrícola e industrial sobre os mananciais de abastecimento. Os cenários investigados são: i) cenário do Plano Diretor de 1992; ii) cenário dos recursos hídricos aproveitáveis para a RMC em 1999; e iii) disponibilidade de recursos hídricos considerando a ocupação desordenada dos mananciais.

Para os autores, o cenário do Plano Diretor de 1992 é extremamente otimista, pois considera a preservação dos mananciais perante o crescimento urbano. Dessa forma, somente os mananciais já degradados seriam desconsiderados como áreas de abastecimento público. Este cenário conta, ainda, com a recuperação do rio Palmital, o aproveitamento do rio Pequeno e a utilização integral das captações das bacias do rio da Várzea.

O cenário dos recursos hídricos aproveitáveis para a RMC (1999) é considerado como o mais realista pelos autores, visto que considera a implantação de programas efetivos de conservação das áreas de mananciais. Por outro lado, este cenário define a perda das bacias mais sujeitas às pressões antrópicas, em decorrência da expansão urbana, como as bacias dos rios Iraí, Iraizinho, Piraquara, Palmital, Itaquí, Pequeno, Cotia, Piunduva entre outros. Prevê, ainda, a exploração do Aquífero Cárstico.

O cenário de disponibilidade de recursos hídricos considerando a ocupação desordenada dos mananciais prevê a manutenção apenas daqueles menos sujeitos às pressões antrópicas. Este

cenário, avaliado como o mais pessimista, resulta da influência direta da conurbação da RMC sobre as áreas de mananciais. Portanto, desconsidera parte dos mananciais do Altíssimo Iguaçu, como os rios Iraí, Itaqui e Pequeno (na porção a jusante do distrito industrial de São José dos Pinhais). São mantidas, apenas, as vazões correspondentes às barragens de Piraquara I, Piraquara II e do rio Pequeno (este último ainda não está em operação).

Ainda neste cenário, prevê-se a exclusão de alguns rios da bacia do Alto Iguaçu, como o das Onças, Maurício, Cotia e Despique (a jusante do oleoduto). Parte do manancial da bacia da Várzea também é desconsiderada. Quanto ao Aquífero Cárstico, a vazão de exploração de 600 L/s, definida em 1999, é mantida tanto neste cenário quanto no Plano Diretor de 1992, já com reflexos ambientais negativos na região.

A disponibilidade hídrica avaliada para cada um dos cenários acima considerados é apresentada na Tabela 25.

TABELA 25 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS CENÁRIOS CONSIDERADOS

MANANCIAIS	PLANO DIRETOR DE 1992		RECURSOS HÍDRICOS APROVEITÁVEIS EM 1999		OCUPAÇÃO DESORDENADA DOS MANANCIAIS	
	Capac. Prod.	Prod. Acum.	Capac. Prod.	Prod. Acum.	Capac. Prod.	Prod. Acum.
	Vazão em L/s					
Aquífero Cárstico	600	600	600	600	200	200
Altíssimo Iguaçu	7.525	8.125	4.500	5.100	3.200	3.400
Alto Iguaçu	10.210	18.335	4.321	9.421	4.621	8.021
Rio da Várzea	8.780	27.115	8.780	18.201	3.600	11.621
Rio Açungui	11.475	38.590	14.400	32.601	14.400	26.021

FONTE: ANDREOLI *ET AL.*, 2000

A partir da disponibilidade hídrica admitida para os cenários futuros avaliados e considerando taxas de crescimento populacionais máxima e mínima, Andreoli *et al.* (2000) estabelecem cenários de demanda futura, que incluem consumo doméstico e industrial, adotando um horizonte de 50 anos. Os cenários de demanda futura compreendem: i) Cenário do Plano diretor de 1992; ii) Cenário dos Recursos Hídricos aproveitáveis para a RMC (1999); e iii) Cenário de disponibilidade de Recursos Hídricos, considerando a ocupação desordenada dos mananciais.

Para o cenário do Plano Diretor, que considera a preservação da disponibilidade hídrica de 1992 até o ano de 2050, aproximadamente 100% da disponibilidade seria utilizada na projeção de população máxima, e 83% para a população mínima.

Para o cenário de recursos hídricos aproveitáveis para a RMC (1999), os mananciais atenderão à demanda até o ano de 2050 para o crescimento populacional mínimo, e até 2040 para o crescimento máximo. Se considerada a demanda máxima, a captação das águas do rio Açungui será necessária próximo ao de 2020.

Na inexistência de programas de conservação de mananciais, o cenário de disponibilidade de recursos hídricos considerando a ocupação desordenada destas áreas, implica que toda a potencialidade das bacias indicadas seria esgotada entre 2030 e 2035 para o crescimento máximo, e entre 2035 e 2040 para o crescimento mínimo.

Considerando-se o crescimento populacional expressivo da RMC, sobretudo dos municípios do NUC, e os cenários projetados de disponibilidade hídrica, é impreterível o planejamento estratégico para a captação de água visando o abastecimento público, ponderando-se as limitações impostas pelos mananciais superficiais e subterrâneos.

Já em 1995, Dalarmini propõe a ampliação dos sistemas de captação de água no Plano Diretor de Curitiba, por meio da construção de mais cinco barragens para captação dos seguintes rios: Iraí, Piraquara, Pequeno, Miringuava e Cotia/Despique. Novos barramentos para captação de água também são propostos pela Japan International Cooperation Agency (JICA, 2005 *in* ROSA FILHO et al., 2002), que indicam a construção das seguintes barragens: Piraquara II, Cotia/Despique, alto Miringuava, Onças, Pequeno e Faxinal. Dos barramentos propostos, apenas as represas dos rios Iraí, Piraquara I e Piraquara II estão, atualmente, em funcionamento.

Visando garantir a proteção das áreas de mananciais da RMC, na década de 90 foram propostas as Áreas de Proteção Ambiental (APA), com o objetivo de conservar a diversidade dos ambientes, espécies e processos naturais. No mesmo período foram criadas as Unidades Territoriais de Planejamento (UTP), como as UTP's do Guarituba e do Itaqui, em Piraquara, com o objetivo de assegurar as condições ambientais adequadas à preservação dos mananciais, por meio do ordenamento territorial em áreas com pressão por ocupação (LIMA, 2001).

Nesse contexto, destaca-se Piraquara, que tem 91,16% do seu território instalado sobre áreas de mananciais, sendo responsável por aproximadamente 70% da água distribuída à população da RMC (COMEC, 2001). Em seu território localizam-se os reservatórios de Piraquara I (Caigava), Piraquara II e parte do reservatório do Iraí. O município compreende, ainda, as APA's do Iraí e Piraquara; a Área

Especial de Interesse Turístico (AEIT) do Marumbi; área de preservação da Serra do Mar e a Floresta Metropolitana (LIMA, 2001).

Para Dalarmi (1995 in ANDREOLI, 2000), a maior ameaça à qualidade da água bruta dos mananciais reside na expansão urbana sobre suas bacias. Na bacia do Alto Iguaçu, os rios Palmital, Irai, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Itaquí e Pequeno estão sob ameaça permanente de degradação de suas águas pela ocupação urbana.

O crescimento populacional sobre mananciais gera a impermeabilização do solo, remoção florestal, aumento de lançamento direto de lixo e esgoto e a localização de aterros sanitários em mananciais. Se o grau de deterioração da água bruta for mais acentuado, as características de projeto das estações de tratamento tornam-se inadequadas, exigindo novos investimentos para alteração das estações ou dos pontos de captação. Além da justificativa financeira deve ser avaliada a inviabilidade de sustentação deste processo a longo prazo, além das implicações éticas de tal prática (ANDREOLI et al., 2000).

Andreoli *et al.* (2000) concluem que medidas de conservação de mananciais devem ser tomadas, pois sua deterioração, além de causar o aumento do consumo de produtos químicos para o tratamento, apresenta reflexos diretos na qualidade da água bruta e conseqüentemente na qualidade da água tratada.

Antevendo necessidade de ampliar a captação de água dos mananciais, Andreoli *et al.* (2000) propõem a revisão do Plano Diretor de Mananciais para orientar não somente o plano de obras de captações, mas também para ser utilizado como base para negociação da revisão dos Planos Diretores Municipais da RMC, de forma a definir critérios ambientais para o uso urbano, agrícola e industrial destas áreas.

Diante de tal situação, conforme pontua Rosa Filho *et al.* (2002), tornam-se imprescindíveis investimentos na busca de novas alternativas para o abastecimento de água da Região Metropolitana de Curitiba. Entre as alternativas, os autores citam os mananciais subterrâneos armazenados nas rochas carstificadas da Formação Capiru, nas lentes e camadas arcoseanas da Formação Guabirotuba, nas rochas do embasamento cristalino e nos aluviões do rio Iguaçu.

Portanto, frente aos cenários futuros de potencial déficit de disponibilidade hídrica, em consequência da degradação acelerada dos recursos hídricos superficiais, a extração de água de mananciais subterrâneos é considerada como uma alternativa possível e até mesmo emergencial,

embora alguns tipos de aquífero possuam limitações severas, como é o caso do cárstico. Entretanto, estudos desenvolvidos pela Japan International Cooperation Agency (JICA, 2005 in ROSA FILHO et al., 2002) propõem a perfuração de 28 poços tubulares com profundidade de 80 m/unidade para captar uma vazão de 1,3 m³/s no Aquífero Cárstico.

Conclui-se, portanto, que a extração de água de mananciais subterrâneos para abastecimento público constitui-se como o principal uso potencial da água subterrânea, tanto na Área de Influência Indireta do CNC quanto no restante da Região Metropolitana de Curitiba.

Para Andreoli *et al.* (2000), a definição de uma bacia como manancial de abastecimento estabelece a mais nobre e importante vocação desta área, que é a de produzir água de boa qualidade, a qual todos os demais usos devem estar subordinados. Dessa forma, para os autores, é essencial a definição de restrição de uso, expressa por meio da delimitação de Áreas de Proteção Ambiental como instrumentos de manutenção da qualidade destas bacias. A definição de mananciais deve ser revestida de garantias legais, institucionais e políticas para garantir a sua manutenção frente às pressões desenvolvimentistas. Trata-se de realizar um estudo estratégico e buscar o consenso político através da participação pública.

A gestão equilibrada pressupõe um sistema integrado entre componentes urbanos, sociais e ambientais, onde cada elemento que compõe a paisagem interage com os demais e com o todo. Dessa forma, as estratégias de planejamento do espaço devem ser compartilhadas e comuns a todos os componentes. Assim, é fundamental que o planejamento dos usos atuais e potenciais dos mananciais, sobretudo dos subterrâneos, seja cuidadosamente avaliado, levando em consideração o atendimento à demanda aliado à preservação das condições ambientais vigentes e, em alguns casos, condicionado à recuperação das bacias já degradadas.

II.8.9. QUALIDADE DA ÁGUA

Além das informações de cota/vazão, dos rios Atuba e Iraí, foram consultados dados referentes à análise de qualidade da água nos pontos de monitoramento. Estas informações consistem de amostragens realizadas em diversas campanhas, das quais foram analisadas a concentração de oxigênio dissolvido, nitrogênio, fósforo, coliformes fecais e sólidos suspensos. Destas amostras também foram analisados, para alguns períodos, a DBO e turbidez, e medidos a temperatura da água e seu pH. Os resultados de cada campanha, e o valor médio computado para cada parâmetro, são apresentados na Tabela 26 para o posto Pinhais e na Tabela 27 para o posto Afonso Camargo.

TABELA 26 – RESULTADOS DE ANÁLISES BIOQUÍMICAS DO RIO IRAÍ PARA O POSTO PINHAIS

DATA	Temperatura da água (°C)	pH	Turbidez (UNT)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Fosfato Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)
24/3/1987	24	7,60	4,5	3	10	75	0,076	1,07	24
25/3/1987	23	7,10	12	2	9,2	78	0,126	1,84	5
11/5/1987	14	6,60	4	5	6,7	72	0,052	0,88	24
3/9/1987	15	7,00	15	3	7,3	116	0,093	2,4	240
30/6/1988	16	6,80	7,1	2	8,1	90	0,072	2,25	50
3/2/1992	27	6,80	33	6	5,7	231	0,017	0,46	13
4/4/1994	22	7,30	8,6	2	7,7	82	0,101	1,45	30
10/8/1994	15	7,10	19	3	8	47	0,181	1,98	110
Média	19,5	7,04	12,9	3,2	7,8	98,9	0,0897	1,541	62

TABELA 27 – RESULTADOS DE ANÁLISES BIOQUÍMICAS DO RIO ATUBA NO POSTO AFONSO CAMARGO

DATA	Temperatura da água (°C)	pH	Turbidez (UNT)	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Fosfato Total (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)
14/9/1993	16	7,2	22	12	2,6	157	0,778	8,03	
19/10/1993	20	7,5	110	35	3,2	488	0,65	6,84	900
6/12/1993	22	7,6	43	8	5,1	155	0,403	7,72	4
6/2/1994	21	7,1	47	8	4,1	241	0,246	7,77	20
28/3/1994	20	7	9,9	7	4,2	88	0,431	2,4	280
7/4/1994	21	7,5	9	14	2,7	235	0,793	8,02	80
10/4/1994	26	7,5	25	8	1,1	236	0,886	9,05	
29/6/1994	10	6,7	11	5	6,6	113	0,38	6,71	120
17/7/1994	17	7,2	14,8	19	3,8	248	0,44	6,42	
1/8/1994	22	7,6	56	44	0,7	287	0,527	10,65	23
27/9/1994	17	7,2	71	42	1,9	276	1,19	8,6	
24/10/1994	20	7,3	17	9	2,1	170	0,901	9,39	
17/10/1995	17	7,3	185	11	5,5	586	0,52	6,37	500
Média	19,1	7,3	47,7	17,1	3,35	252,3	0,6265	7,536	241

Para o posto Pinhais, há um conjunto de dez campanhas de amostragem da água do rio Iraí, enquanto que no posto Afonso Camargo foram realizadas treze amostragens da água do rio Atuba, conforme pode ser visualizado na Tabela 26 e Tabela 27 respectivamente. A temperatura da água

nestes corpos hídricos apresentou valores entre 10 e 27 °C, sendo que em ambos os postos, a média dentre todas as campanhas foi ligeiramente acima de 19 °C. O pH variou pouco em ambos os postos, sempre em torno do valor neutro, pH igual a 7, nunca tendo sido menor que 6,6 ou maior que 7,6. As análises de turbidez mostraram níveis médios diferentes entre os postos, sendo que as análises do rio Iraí apontam uma turbidez média de 12,9 UNT, ao passo que para o rio Atuba a média deste parâmetro é quase quatro vezes maior, 47,7 UNT.

No caso da demanda bioquímica de oxigênio, também se percebe uma diferença considerável entre o valor médio para os postos em estudo. As amostras no posto Pinhais apresentaram uma DBO entre 2 e 5 mg/L, sendo a média de 3,2 mg/L. Em Afonso Camargo as análises de DBO apontaram valores entre 5 e 35 mg/L, resultando em um valor médio de 17,1 mg/L. Quanto à quantidade de oxigênio dissolvido, as análises do rio Iraí mostram uma maior disponibilidade de oxigênio na água, do que as análises do rio Atuba. Em média, a concentração de OD no posto de Pinhais foi de 7,8 mg/L, enquanto que no posto Afonso Camargo foi de 3,35 mg/L.

Os demais parâmetros analisados: sólidos totais, fosfato total, nitrogênio total e coliformes fecais; também mostraram, em média, maior concentração no rio Atuba do que no rio Iraí. Para sólidos totais as concentrações médias no posto Pinhais e Afonso Camargo foram, respectivamente, 98,9 e 252,3 mg/L. Na mesma ordem, as médias para fosfato total foram 0,089 e 0,626 mg/L, e para o nitrogênio total de 1,54 e 7,54 mg/L. Na contagem dos coliformes fecais, o rio Iraí apresentou uma média de 62 NMP/100 mL, enquanto que no rio Atuba a média foi de 240 NMP/100 mL.

Estes dados de análises bioquímica da água em dois rios do município de Pinhais mostram que o rio Atuba apresenta concentrações maiores do que as observadas no rio Iraí. Este fato está provavelmente associado ao local geográfico em que estes rios percorrem. O rio Iraí provém de áreas pouco povoadas, sendo que a barragem deste rio, poucos quilômetros acima da confluência com o rio Atuba, conta com vasta área de proteção ambiental do seu entorno. Contudo, o rio Atuba percorre uma área tipicamente urbana e densamente povoada, pois o mesmo é utilizado como divisa entre os municípios de Curitiba e Pinhais. Portanto, a maior concentração humana às margens do rio Atuba, e conseqüentemente a maior descarga de carga orgânica no corpo hídrico, é provavelmente o responsável pelas altas concentrações dos parâmetros bioquímicos apresentadas nas análises da água deste rio.

A partir de um estudo realizado em 1970 pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA - Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove

parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores *rating*. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na tabela a seguir.

TABELA 28 – PESO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA O IQA

PARÂMETROS	PESO
Coliformes Fecais	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08
Oxigênio Dissolvido	0,17

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde o IQA é o Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; q_i é a qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida. O parâmetro w_i é o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Em que n é o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100. A CETESB emprega categorias para faixas de valores do IQA, a fim de facilitar a classificação da amostra da água, conforme tabela a seguir.

TABELA 29 – CATEGORIAS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Categoria	Valores do IQA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Bom	$51 < IQA \leq 79$
Aceitável	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$0 \leq IQA \leq 19$

Utilizando os resultados das análises químicas apresentadas na Tabela 26 e na Tabela 27 foram calculados os valores de IQA para cada amostragem. Além das informações obtidas nos postos Pinhais e Afonso Camargo, foram adquiridas as informações do IQA em outros dois postos, concedidos pela SUDERSHA.

Os resultados obtidos para as amostras de água coletadas no rio Iraí, no posto Pinhais, mostram que na média a qualidade da água vem caindo com passar do tempo, conforme aponta o Gráfico 35. No período de 1987 a 1994, a qualidade da água do rio Iraí, no posto Pinhais era considerada boa. Nas amostragens realizadas entre 2000 e 2005 o IQA médio foi aceitável, ao passo que de 2006 a 2008, houve uma redução para o nível ruim. Essa degradação da qualidade da água está provavelmente associada ao aumento da ocupação urbana na região, e consequente aumento do lançamento de resíduos líquidos e sólidos ao corpo d'água.

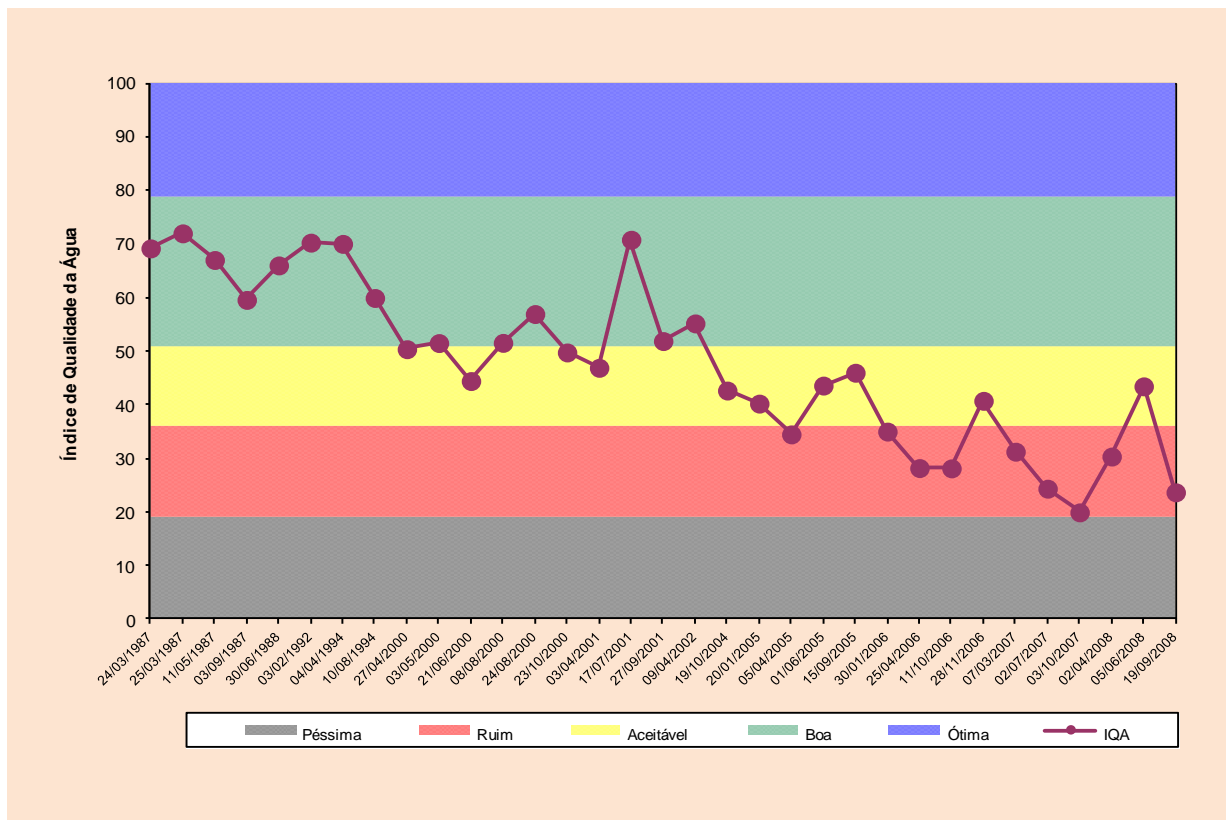


GRÁFICO 35 – IQA DAS AMOSTRAS REALIZADAS NO POSTO PINHAIS, RIO IRAÍ

Os resultados do valor do IQA para as amostras realizadas no posto Olaria do Estado também mostram uma degradação contínua da qualidade do rio Iraí, com o tempo. Percebe-se pelo Gráfico 36 que a qualidade média do IQA reduziu de uma condição boa para aceitável, de 2000 para 2008.

A qualidade da água no rio Iraí apresenta uma tendência de piora para o futuro caso a ocupação da bacia hidrográfica deste corpo hídrico continue se dando como nos últimos anos. Em ambos os postos de monitoramento sobre este rio, há uma clara redução, ano após ano, do valor médio do IQA.

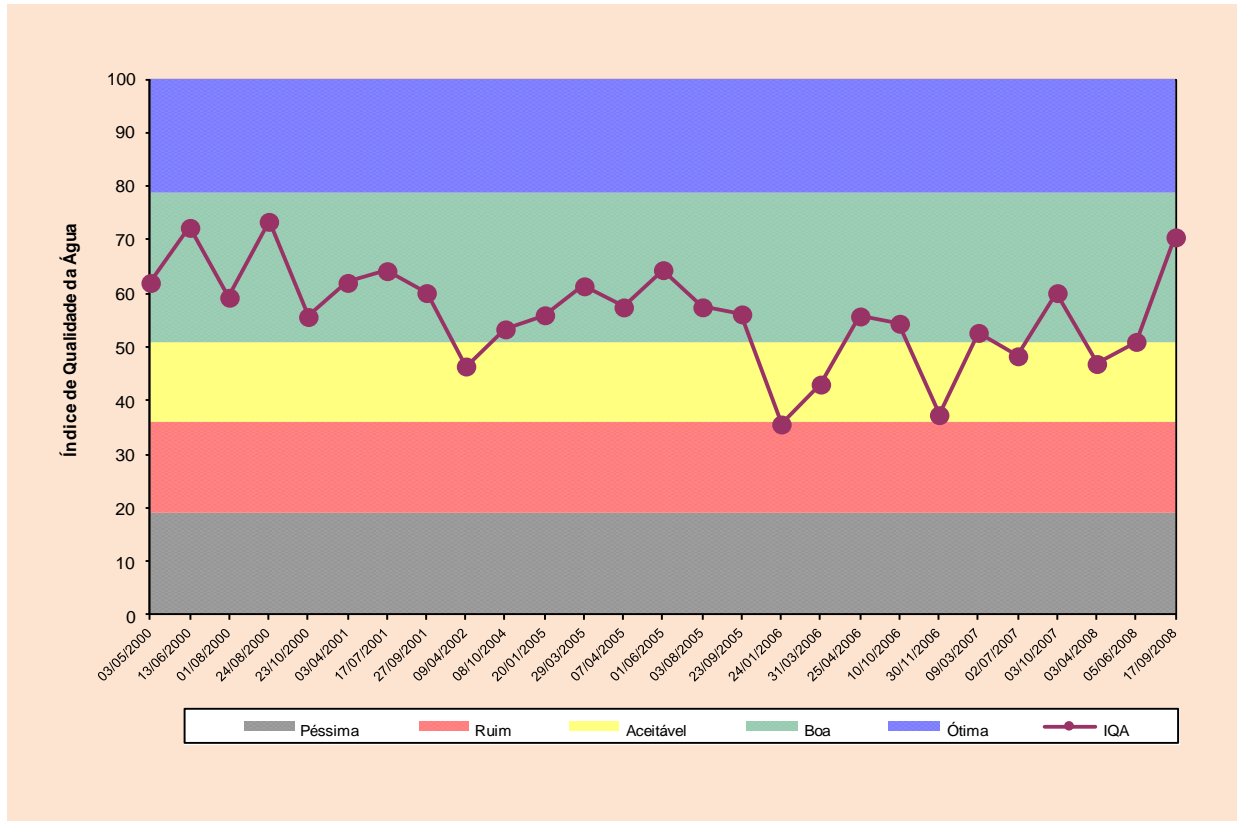


GRÁFICO 36 – IQA DAS AMOSTRAS REALIZADAS NO POSTO OLARIA DO ESTADO, RIO IRAÍ

Para o rio Atuba, as amostragens realizadas no posto Afonso Camargo apresentaram resultados do IQA que merecem bastante atenção. Na média, o IQA ficou dentro da faixa aceitável, porém houve dois casos em que o IQA esteve na zona de valores considerados ruins para este indicador. Quantitativamente, o IQA variou entre aproximadamente 21 e 60, conforme aponta o Gráfico 37, mostrando que a qualidade da água do rio Atuba varia entre ruim e boa.

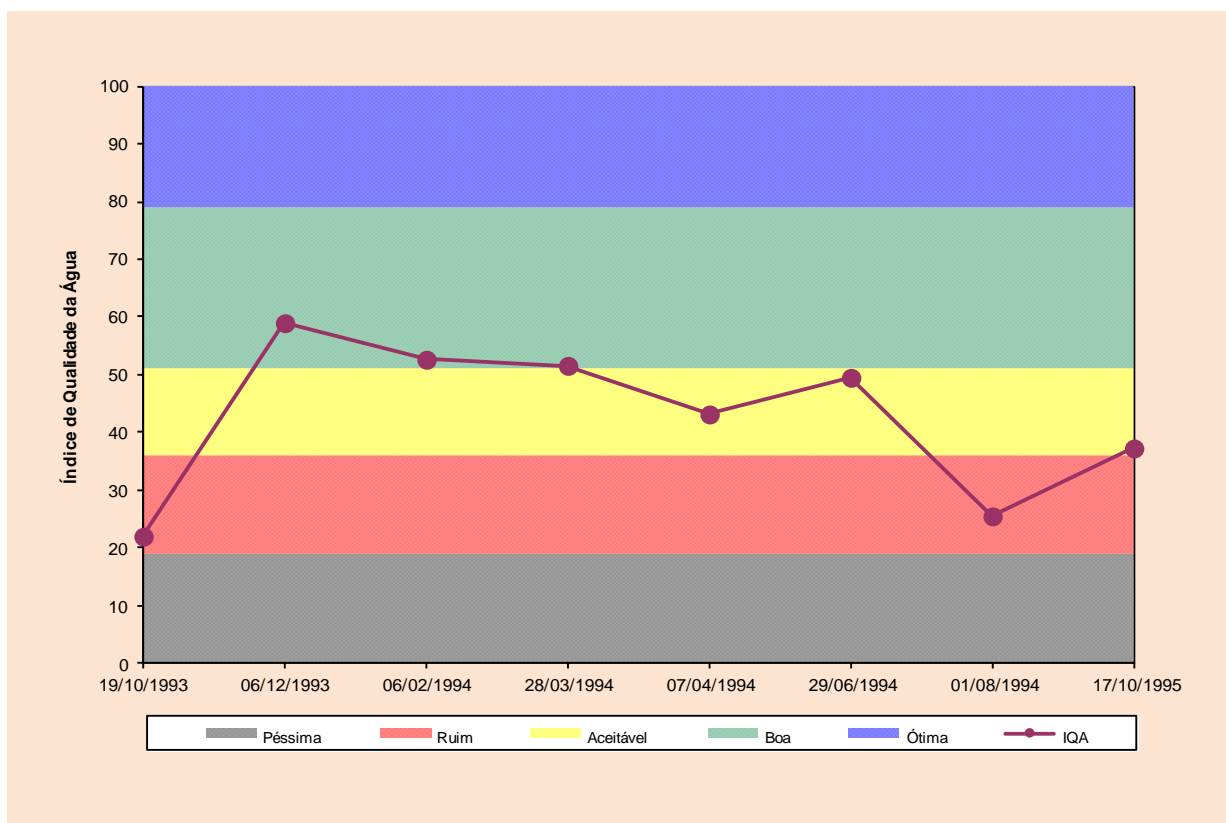


GRÁFICO 37 – IQA DAS AMOSTRAS REALIZADAS NO POSTO AFONSO CAMARGO, RIO ATUBA

Os resultados do IQA para as amostras de água no rio Atuba, no posto Autódromo, também mostram uma situação preocupante quanto à qualidade da água deste corpo hídrico. Conforme indica o Gráfico 38, em média, o IQA resultante encaixa-se na faixa de qualidade ruim, sendo que os casos em que atingiu a classe aceitável, o valor foi próximo à interface com a faixa inferior.

Para os dois postos situados no rio Atuba, os resultados do IQA mostram claramente que este rio encontra-se degradado, certamente devido à ocupação antrópica.

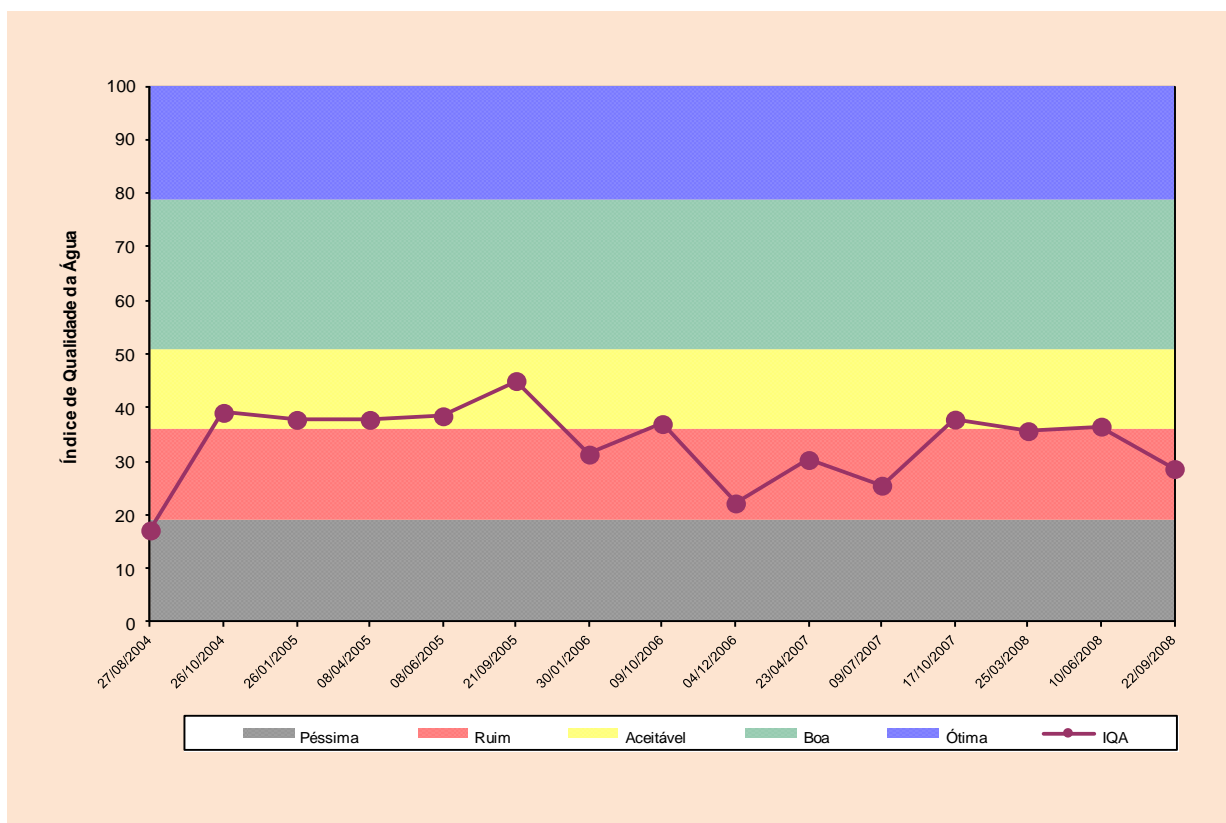


GRÁFICO 38 – IQA DAS AMOSTRAS REALIZADAS NO POSTO AUTÓDROMO, RIO ATUBA

II.8.9.1. Monitoramento da qualidade da Água *in situ*

Após definida a hidrografia das áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba, e obtidos e analisados seus dados hidrológicos de vazões e de qualidade da água, procedeu-se à caracterização mais detalhada do entorno da área de interesse.

Dessa forma, ficou definido um conjunto de oito pontos a serem amostrados, que se encontram especializados na Figura 51 e cujas coordenadas constam, na sequência, na Tabela 30.

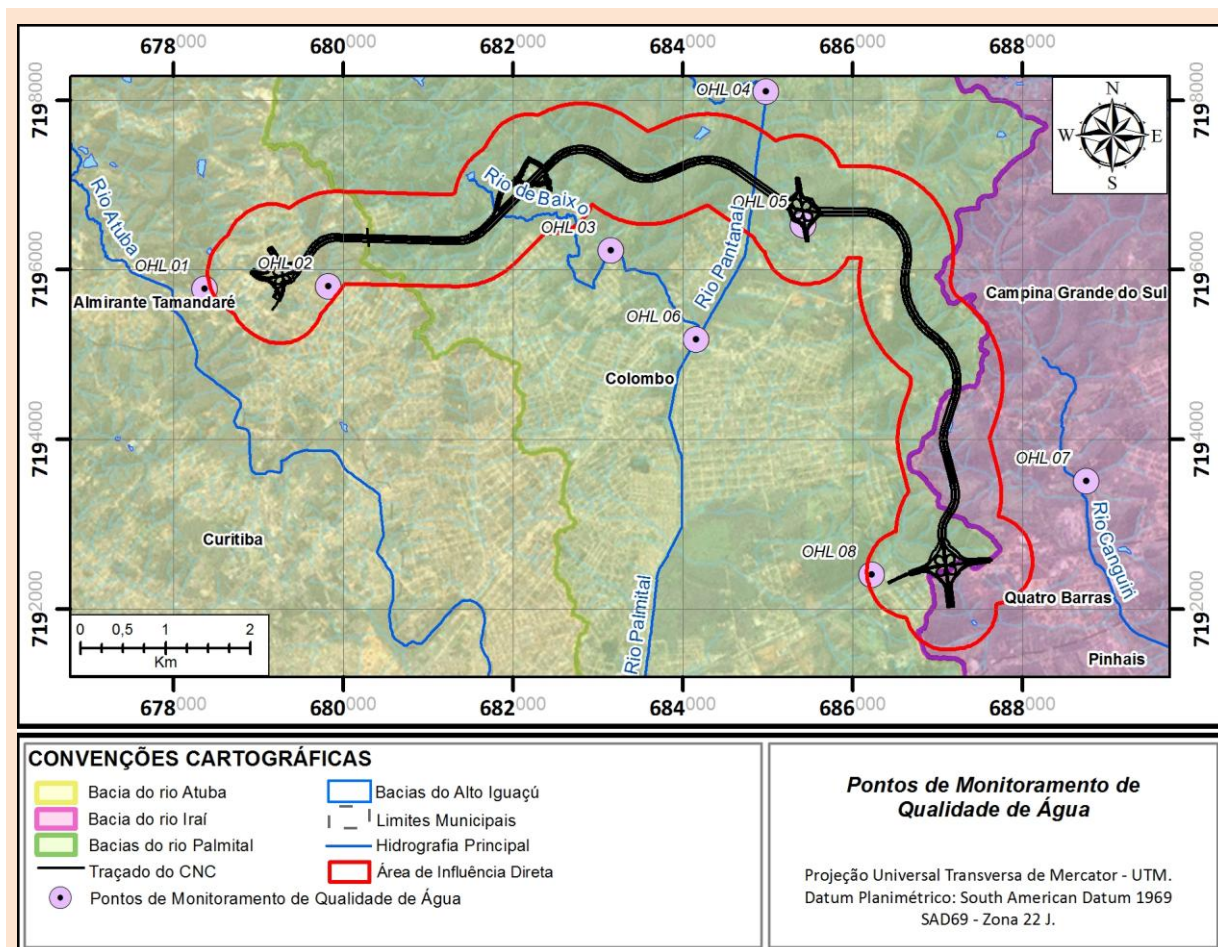


FIGURA 51 – PONTOS DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA

TABELA 30 – PONTOS AMOSTRADOS

PONTOS	COORDENADAS UTM – DATUM SAD69, ZONA -22		ALTITUDE (m)
	E	N	
OHL 01	678366,746	7195779,573	924,427
OHL 02	679822,648	7195804,088	928,031
OHL 03	683153,968	7196227,234	909,286
OHL 04	684981,750	7198100,938	916,255
OHL 05	685419,276	7196535,246	917,457
OHL 06	684158,611	7195179,399	896,549
OHL 07	688756,396	7193515,382	908,565
OHL 08	686228,313	7192408,048	909,766

O monitoramento se deu nos dias 27 e 28 de julho de 2011, sob condições de tempo aberto e com ausência de chuva nas últimas 24 horas. A equipe responsável pela coleta realizou a mesma levando em consideração os cuidados para evitar a contaminação e/ou comprometimento da amostra,

principalmente através de ambientação do material de coleta, trabalho com luvas, preenchimento dos frascos no local da coleta e preservação das amostras.

Em suma, foram seguidas as recomendações constantes na ABNT NBR 9898:1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, bem como aquelas também citadas por Santos *et al.* (2001). Ainda *in situ*, a equipe monitorou a concentração de Oxigênio Dissolvido das amostras através de um oxímetro da marca Lutron, modelo DO-5519, o qual era calibrado para a condição atmosférica antes de cada medição. Através do mesmo equipamento foram registradas as temperaturas das amostras no momento da coleta.

Apresentados brevemente a localização dos pontos e os cuidados com a coleta, faz-se necessário a apresentação de cada um dos pontos monitorados, anteriormente à apresentação dos resultados, propriamente ditos. A disposição dos pontos segue a orientação oeste-leste ao longo do Contorno Norte de Curitiba, embora a cronologia da coleta não tenha seguido a mesma ordenação, conforme pode ser constatado na sequência através do registro dos horários do monitoramento.

II.8.9.2. Ponto OHL 01

O primeiro ponto monitorado localiza-se na rua Néelson Argenta, no bairro Roça Grande (Jardim João Paulo II) do município de Colombo, nas imediações da rodovia PR-418, a oeste da rodovia da Uva (PR-417). A região é caracterizada por grande incidência de ocupações irregulares e ausência de sistema de coleta e tratamento de esgoto.

O ponto monitorado localiza-se no rio Arruda, afluente do rio Atuba, num trecho em que este rio drena águas provenientes do norte da bacia de pequenos córregos a leste desde o trevo entre as rodovias PR-418 e PR-417.

Na Figura 52 pode ser observada a condição do rio Arruda a montante do ponto monitorado. Observa-se grande pressão devido a ocupações irregulares sobre o rio Arruda, que intercepta a PR-418 por uma galeria de drenagem, e sobre seu pequeno afluente de margem esquerda.



FIGURA 52 – CONFLUÊNCIA DO RIO ARRUDA, PROVENIENTE DO NORTE DA BACIA DO RIO ATUBA, COM PEQUENOS CÓRREGOS QUE DRENAM DA PR-417. DESTAQUE ÀS OCUPAÇÕES IRREGULARES

No ponto de coleta, as margens do rio Arruda são completamente ocupadas, em um lado pela rua Néelson Argente e no outro por moradias, também irregulares, cujas águas residuárias são lançadas diretamente *in natura* na calha do rio. Tal situação é ilustrada na Figura 53, Figura 54 e Figura 55, onde se observam estruturas de acesso às casas sobre o rio e diversas tubulações de deságue no rio.

Trata-se de uma região de alto risco à inundação e de contaminação devido ao aporte de esgoto *in natura* por diversos domicílios.



FIGURA 53 – DETALHE DE MONTANTE



FIGURA 54 – DETALHE DE JUSANTE



FIGURA 55 – COLETA NO PONTO OHL 01, NO RIO ARRUDA

II.8.9.3. Ponto OHL 02

O segundo ponto localiza-se já a oeste da rodovia da Uva (PR-417), porém ainda no bairro Roça Grande (Jardim Solimões), na esquina entre as ruas Pedro Costa e Alexandre Machado dos Santos. Tal ponto localiza-se num rio sem nomenclatura, mas que mais a jusante torna-se o rio Atuba. Embora menos comparativamente ao ponto OHL 01, neste ponto o corpo d'água também sofre com os domicílios sem rede de coleta e tratamento de esgoto. Trata-se de uma área também susceptível a inundações em períodos de cheias. Na Figura 56 pode ser observado o local de coleta do ponto OHL 02.



FIGURA 56 – CÓRREGO FORMADOR DO RIO ATUBA NO PONTO OHL 02, A MONTANTE DA RUA PEDRO COSTA



FIGURA 57 – DETALHE DO CÓRREGO FORMADOR DO RIO ATUBA NO PONTO OHL 02, A MONTANTE DA RUA PEDRO COSTA

II.8.9.4. Ponto OHL 03

O terceiro ponto monitorado, OHL 03, localiza-se no rio Cachoeira, afluente de margem direita do rio Palmital. O acesso ao ponto se deu através da rua Teodoro Soppa, que localiza-se no bairro São Gabriel, jardim Guarujá. Em tal ponto também há ocupação até as proximidades das margens do rio.

Conforme pode ser observado nas imagens da Figura 58 e Figura 59, a vegetação marginal indica a ocorrência de inundações e também pode ser observado um acúmulo de resíduos às suas margens.



FIGURA 58 – DETALHE DA PORÇÃO A MONTANTE DO PONTO OHL 03, NO RIO CACHOEIRA

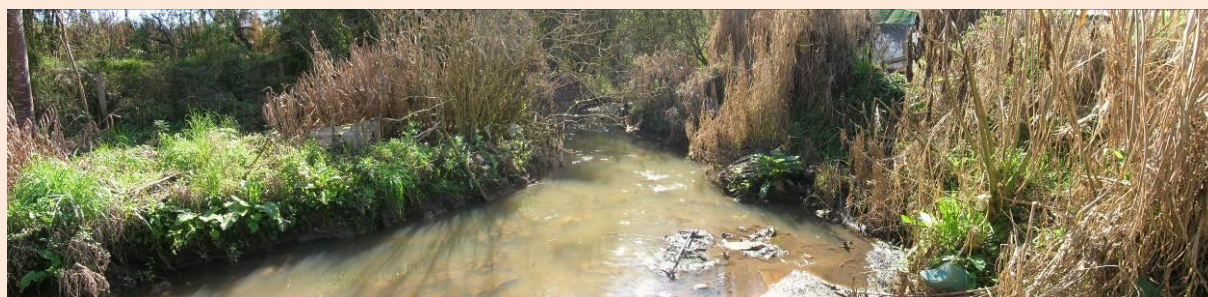


FIGURA 59 – DETALHE DA PORÇÃO A JUSANTE DO PONTO OHL 03, NO RIO CACHOEIRA

II.8.9.5. Ponto OHL 04

O quarto ponto de monitoramento, situado ao Norte da Área de Influência Direta do Contorno Norte de Curitiba, localiza-se no mesmo ponto da estação fluviométrica Embrapa-Suderhsa Telemétrica, no rio Palmital. Trata-se de um ponto que pode ser considerado como um branco da condição do rio Palmital, visto que está a montante tanto da área urbana do município de Colombo, quanto da disposição da futura rodovia. A coleta foi realizada numa ponte sobre o rio na rua Francisco Baggio. Diferentemente dos demais pontos até então apresentados, neste ponto a vegetação ciliar do rio encontra-se preservada em ambas as margens, até por estar neste trecho inserido na área da Embrapa Florestas. Na Figura 60 pode ser observado o trecho a montante da rua Francisco Baggio do

rio Palmital. Exceto por um galho de uma bracatinga que se partiu e caiu sobre o rio, observa-se que suas margens são razoavelmente protegidas nas proximidades da estação fluviométrica Embrapa-Suderhsa.



FIGURA 60 – DETALHE DA PORÇÃO A MONTANTE DO PONTO OHL 04, NA RUA FRANCISCO BAGGIO, NO RIO PALMITAL

II.8.9.6. Ponto OHL 05

O quinto ponto definido para o monitoramento revelou-se bastante peculiar. Localizado às margens da BR-476 (estrada da Ribeira), o mesmo ainda localiza-se também nos limites da propriedade da Embrapa Florestas, o que caracteriza seu entorno por presença de densa vegetação, e pouca ocupação, excetuadas a própria faixa de domínio da rodovia e algumas residências.

Todavia a visita ao ponto OHL 05, localizado num afluente da margem esquerda do rio Palmital sob uma pequena ponte da BR-476, revelou que este recebe o aporte de águas de uma vala de drenagem paralela à rodovia com alta carga poluidora. Esse aporte gera água notadamente turva e com odor característico de processos de degradação. A Figura 61 e a Figura 63 colaboram por apresentar tais características da vala e apresentar sua confluência com o pequeno rio afluente do Palmital.

Na sequência, na Figura 64 pode ser observado o procedimento de calibração do oxímetro e de transbordo da amostra do frasco plástico para o frasco com reagente preservante da amostra no ponto OHL 05, a jusante da ponte da BR-476 sobre o afluente do rio Palmital.



FIGURA 61 – VALA DE DRENAGEM COM GRANDE APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA, NA CONFLUÊNCIA COM O AFLUENTE DO RIO PALMITAL, A MONTANTE DO PONTO OHL 05



FIGURA 62 – DETALHE DA VALA DE DRENAGEM COM GRANDE APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA NA CONFLUÊNCIA COM O AFLUENTE DO RIO PALMITAL A MONTANTE DO PONTO OHL 05



FIGURA 63 – DETALHE DA VALA DE DRENAGEM COM GRANDE APORTE DE MATÉRIA ORGÂNICA NA CONFLUÊNCIA COM O AFLUENTE DO RIO PALMITAL A MONTANTE DO PONTO OHL 05



FIGURA 64 – CALIBRAÇÃO PARA MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO PONTO OHL 05



FIGURA 65 – TRANSBORDO DE AMOSTRA DE ÁGUA PARA FRASCOS COM REAGENTES PRESERVANTES NO PONTO OHL 05

II.8.9.7. Ponto OHL 06

O ponto OHL 06 encontra-se completamente inserido na área urbana do município de Colombo, no bairro Santa Terezinha. Situado no rio Palmital, a jusante deste cruzar a estrada da Ribeira e próximo ao Terminal de Transporte Coletivo, este ponto também estará a jusante da drenagem da futura rodovia Contorno Norte de Curitiba.

O rio Palmital neste trecho foi bastante alterado por obras de drenagem urbana, conforme pode ser visto na Figura 66 e Figura 67. A Figura 68 mostra os procedimentos de coleta de água no ponto OHL 06.



FIGURA 66 – DRENAGEM DO RIO PALMITAL SOBRE A BR-476 (ESTRADA DA RIBEIRA) NAS IMEDIAÇÕES DO PONTO OHL 06



FIGURA 67 – DETALHES DA DRENAGEM DO RIO PALMITAL SOBRE A BR-476 (ESTRADA DA RIBEIRA) NAS IMEDIAÇÕES DO PONTO OHL 06



FIGURA 68 – MONITORAMENTO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO PONTO OHL 06



FIGURA 69 – COLETA DE AMOSTRA PARA ANÁLISE LABORATORIAL NO PONTO OHL 06

II.8.9.8. Ponto OHL 07

O ponto OHL 07 situa-se no rio Canguiri, sob a Travessa Ferrarini no bairro Colônia Farias, imediatamente antes da entrada da Associação Paranaense do Ministério Público.

Neste trecho o rio Canguiri encontra-se consideravelmente preservado, apresentando densa vegetação às suas margens, conforme pode ser visto na Figura 70.



FIGURA 70 – DETALHE DO RIO CANGUIRI NO PONTO OHL 07, A MONTANTE DA TRAVESSA FERRARINI



FIGURA 71 – DETALHE DO RIO CANGUIRI NO PONTO OHL 07, A JUSANTE DA TRAVESSA FERRARINI

II.8.9.9. Ponto OHL 08

O último ponto definido para o monitoramento da qualidade das águas no entorno da Área de Influência Direta do Contorno Norte foi localizado num afluente de margem direita do rio Palmital que intercepta a rua Cerro Azul.

A coleta, a exemplo das demais, foi realizada a jusante da rua e as imediações de tal ponto podem ser observadas através da Figura 72. A montante de tal ponto ocorre o aporte de diversas galerias de drenagem (Figura 73, Figura 74 e Figura 75). Observa-se, ainda, a ocorrência de macrófitas e acúmulo de óxido ferroso, conforme mostram a Figura 76 e Figura 77, respectivamente.



FIGURA 72 – AFLUENTE DO RIO PALMITAL (PONTO OHL 08)



FIGURA 73 – CONFLUÊNCIA DE DRENAGENS A MONTANTE DO PONTO OHL 08



FIGURA 74 – DETALHE DA CONFLUÊNCIA DE DRENAGENS A MONTANTE DO PONTO OHL 08



FIGURA 75 – CONFLUÊNCIA DE DRENAGENS A MONTANTE DO PONTO OHL 08



FIGURA 76 – MACRÓFITAS A MONTANTE DO PONTO OHL 08



FIGURA 77 – CONCENTRAÇÃO DE ÓXIDO FERROSO A MONTANTE DO PONTO OHL 08

II.8.9.10. Resultados analíticos do monitoramento da qualidade das águas *in situ*

Durante a realização da campanha de campo, por meio do monitoramento da condição de Oxigênio Dissolvido nos pontos monitorados, percebe-se que os pontos OHL 05 e OHL 08 apresentam problemas com poluição. Adicionalmente, outras análises foram realizadas em laboratório para subsídio de uma avaliação mais completa.

Para uma melhor apresentação dos resultados, julgou-se conveniente a divisão dos mesmos em sub-bacias. Portanto, na Tabela 31 são apresentados os resultados para os pontos OHL 01 e OHL 02, situados nos rios Arruda e Atuba, inseridos na sub-bacia do rio Atuba. Na Tabela 32 constam os resultados obtidos nos rios Palmital e em dois de seus efluentes, incluindo o rio Cachoeira (pontos OHL 03, OHL 04, OHL 05 e OHL 06), na sub-bacia do rio Palmital. Já na Tabela 33 são apresentados os

dados referentes ao rio Canguiri (ponto OHL 07), que integra a bacia do rio Iraí e é passível de interferência pelo traçado do CNC.

Constam nas tabelas dados das coletas, os resultados e o método de análise dos ensaios, as incertezas dos ensaios (I.E.), unidade de cada resultado, Limite de Quantificação do ensaio (L.Q) e o Valor Máximo Permitido (V.M.P.) de acordo com os limites da Resolução CONAMA nº357 de 2005 para rios Classe 2.

Os parâmetros encontram-se agrupados sequencialmente em Físicos, Químicos (exceto metais), Microbiológicos e Metais. Foram destacados pela cor vermelha os resultados que ultrapassaram os limites da Classe 2 da CONAMA 357/2005 e ao fim da listagem de parâmetros consta o valor do IQA calculado para o ponto de monitoramento.

II.8.9.10.1. Bacia do rio Atuba

Os resultados obtidos para análise da qualidade da água dos rios Atuba e Arruda, compreendidos na sub-bacia do rio Atuba, são apresentados na Tabela 31 e discutidos na sequência.

TABELA 31 – RESULTADOS PARA OS PONTOS MONITORADOS NA BACIA DO RIO ATUBA

PARÂMETROS	RESULTADOS		I.E.	UN.	L.Q.	V.M.P.	MÉTODOS
	OHL 01	OHL 02					
Corpo d'Água	Rio Arruda	Rio Atuba					
Data de Coleta	28/7	28/7					
Hora da Coleta	12:12	11:35					
Temperatura	17,1	16,1	±0,8 °C	° C	0,1	---	DO 5519
Sólidos Dissolvidos Voláteis – SDV (550 ± 10 °C) ^(a)	133,3	140	±1,1mg/L	mg/L	1	---	SM 2540/C
Sólidos Dissolvidos Totais - SDT (180° C) ^(a)	133,3	113,3	±1,1 mg/L	mg/L	1	500	SM 2540/C
Sólidos Totais – ST (103-105°C) ^(a)	146,6	153,3	±1,2%	mg/L	1	---	SM 2540/D
Sólidos Totais Voláteis – STV (550° C) ^(a)	100	113,3	±7,3 %	mg/L	1	----	SM 2540/E
Turbidez ^(a)	20,03	19,33	NE	UNT	1	100	SM 2130
Cor	32	37	NE	Hz	1	---	SM 2120
pH ⁽¹⁾	7,1	7,2	±1,2 U pH	U pH	0,1	6,0 - 9,0	SM 4500-H ⁺ /B
Oxigênio Dissolvido ^(a)	8,2	7,1	± 0,4 mg/L	mg O ₂ /L	0,1	> 5,0	DO 5519
Demanda Química de Oxigênio (DQO) ^(a)	20,5	26,5	± 43,0mg/L	mg O ₂ /L	2	---	SM 5220/D
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ₅	8,7	10,5	±3,3 mg/L	mg O ₂ /L	2	< 5,0	SM 5220/D
Nitratos ^(a)	1,797	1,55	±0,12 mg/L	mg N - NO ₃ /L	0,01	10,0	IAL/4 edição
Nitritos	0,151	0,143	± 0,14 %	mg N- NO ₂ /L	0,002	1,0	SM 4500-NO ₂ ⁻ /B
Nitrogênio Amoniacal ^(a)	0,21	0,7	±0,024 mg/L	mg N- NH ₄ ⁺ /L	0,03	^(b)	SM 4500-NH ₃ /F

PARÂMETROS	RESULTADOS		I.E.	UN.	L.Q.	V.M.P.	MÉTODOS
Nitrogênio Total	3,2	4,9	NE	mg N/L	0,5	---	SM 4500-N
Fósforo Total	< 0,05	< 0,05	NE	mg P/L	0,05	0,050	SM 3111/C
Óleos e Graxas Totais ^(a)	12	10	±5,8 mg/L	mg/L	5	V.A. ^(c)	SM 5520/B
Surfactantes	0,22	0,11	NE	mg MBAS/L	0,01	---	SM 5540
Coliformes Termotolerantes	7200	6400	±0,61UFC	UFC/100mL	1	1000 ^(d)	SM 9225
Cádmio	0,001	< 0,001	±0,93 %	mg Cd/L	0,001	0,001	SM 3500- Cd
Cromo	< 0,01	< 0,01	±1,0 %	mg Cr /L	0,01	0,05	SM 3500- Cr
Níquel	< 0,01	0,011	±0,93 %	g Ni/L	0,01	0,025	SM 3500-Ni
Chumbo	0,011	0,011	±2,5 %	mg Pb /L	0,01	0,01	SM 3500- Pb
Cobre	< 0,05	< 0,05	±2,5 %	mg Cu/L	0,05	0,009	SM 3500- Cu
Zinco	0,021	0,04	±1,0 %	mg Zn/L	0,01	0,18	SM 3500-Zn
IQA	60,92	60,42					

(A) MONITORADO *IN SITU* COM OXÍMETRO DIGITAL

(B) NITROGÊNIO AMONIACAL (MG N- NH₄⁺/L): <3,7 PARA PH ≤7,5; <2 PARA 7,5 ≤ PH ≤8; <1 PARA 8 ≤ PH ≤8,5; <0,5 PARA PH ≥ 8,5

(C) V.A. VIRTUALMENTE AUSENTE

(D) O LIMITE DE PARA COLIFORMES TOLERANTES É VÁLIDO PARA MONITORAMENTO ANUAL, COM FREQUÊNCIA BIMESTRAL

A análise dos resultados para a bacia do rio Atuba, que drena para estes pontos, principalmente, o bairro Roça Grande, em Colombo, indica que, embora haja ocupações irregulares nos rios, a condição da qualidade da água no momento da coleta pode ser considerada como “Boa”, mediante o cálculo do IQA.

Excetuadas a DBO e a concentração de Chumbo, todos os parâmetros estiveram em acordo com a CONAMA n°357/2005. Ainda com relação à DBO, a razão DQO/DBO₅ próxima a 2,5 revela que se trata de uma carga com elevada fração biodegradável. A análise dos sólidos revela que a maior parcela diz respeito àqueles dissolvidos, principalmente matéria orgânica (sólido dissolvido volátil). O ponto OHL 02 apresenta uma parcela de sólidos fixos maior provavelmente por estar a jusante de um grande vale de solo exposto, desde o trevo da rodovia da Uva.

A distribuição relativa das formas de nitrogênio indica que o curso d’água encontra-se em um estágio intermediário da poluição, com poluição levemente remota (VON SPERLING, 2005).

As concentrações de óleos e graxas, surfactantes e coliformes termotolerantes reforçam a tese de que a poluição local é essencialmente devida ao aporte de esgotos direta ou indiretamente no corpo hídrico.

Com relação aos metais, que foram analisados a fim de se estudar a poluição difusa, o chumbo excedeu o limite para Classe 2 da CONAMA 357/2005 e o Cádmio esteve no limiar. Vários autores estudam a poluição difusa a fim de compreender efeitos indiretos advindos da ocupação do solo. Pusch (2007) estudou chuvas sintéticas e o arraste de metais pesados de diversos tipos de materiais,

e concluiu que as construções devem ser as principais responsáveis pelas cargas de chumbo e cádmio, contribuindo com cerca de 40 % da carga total para cada um destes metais. Destas construções, pode-se citar como as principais responsáveis aquelas de madeira tratada e os telhados. Ainda segundo Pusch (2007), a contribuição de óleos lubrificantes, pneus e freios diz respeito, principalmente, à liberação de cobre e zinco, sendo que os valores observados nos centros urbanos normalmente apresentam a seguinte tendência: Zn>>Pb>Cu>Cd.

Frente a estas considerações e com a análise dos resultados para a bacia do rio Atuba, novamente é reforçada a influência das ocupações às margens dos rios Arruda e Atuba na qualidade das águas.

II.8.9.10.2. *Bacia do rio Palmital*

Os resultados dos monitoramentos nos cinco pontos na bacia do rio Palmital, cuja área de drenagem engloba a maior porção do traçado do Contorno Norte de Curitiba, são apresentados na Tabela 32 e discutidos na sequência.

TABELA 32 – RESULTADOS PARA OS PONTOS MONITORADOS NA BACIA DO RIO PALMITAL

PARÂMETRO	RESULTADOS					I.E	UNIDADES	L.Q.	V.M.P.	MÉTODOS
	OHL 03	OHL 04	OHL 05	OHL 06	OHL 08					
Corpo d'Água	Rio Cachoeira	Rio Palmital	Afluente Palmital	Rio Palmital	Afluente Palmital					
Data de Coleta	28/7	27/7	27/7	27/7	27/7					
Hora da Coleta	11:00	16:25	16:10	16:56	14:20					
Temperatura	16,3	16,3	17,2	16,2	16,1	± 0,8 °C	° C	0,1	---	DO 5519
Sólidos Dissolvidos Voláteis – SDV (550 ± 10 °C) ^(a)	140	83,4	143,3	153,3	93,3	± 1,1mg/L	mg/L	1	---	SM 2540/C
Sólidos Dissolvidos totais - SDT (180° C) ^(a)	93,3	73,3	< 1,0	133,3	73,3	± 1,1 mg/L	mg/L	1	500	SM 2540/C
Sólidos Totais – ST (103-105°C) ^(a)	153,3	100	146,6	173,3	93,3	±1,2%	mg/L	1	---	SM 2540/D
Sólidos Totais Voláteis – STV (550° C) ^(a)	93,3	73,3	120	133,3	73,3	± 7,3 %	mg/L	1	----	SM 2540/E
Turbidez ^(a)	19,52	21,73	12,06	52	16,7	NE	UNT	1	100	SM 2130
Cor	47	30	31	46	45	NE	Hz	1	---	SM 2120
pH ⁽¹⁾	7,9	8	7,7	7,5	7,6	± 1,2 U pH	U pH	0,1	6,0 - 9,0	SM 4500-H ⁺ /B
Oxigênio Dissolvido ^(a)	5,9	5,9	3	5,5	4,7	± 0,4 mg/L	mg O ₂ /L	0,1	> 5,0	DO 5519
Demanda Química de Oxigênio (DQO) ^(a)	28	19	31	54	27	± 43,0mg/L	mg O ₂ /L	2	---	SM 5220/D
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ₅	8	5,2	11,3	17,6	10,7	± 3,3 mg/L	mg O ₂ /L	2	< 5,0	SM 5220/D
Nitratos ^(a)	0,612	0,59	0,27	0,45	0,7	± 0,12 mg/L	mg N -NO ₃ /L	0,01	10,0	IAL/4 edição
Nitritos	0,13	0,069	0,114	0,215	0,08	± 0,14 %	mg N- NO ₂ /L	0,002	1,0	SM 4500-NO ₂ ⁻ /B
Nitrogênio Amoniacal ^(a)	1,05	0,25	1,25	1,65	0,75	±0,024 mg/L	mg N- NH ₄ ⁺ /L	0,03	^(b)	SM 4500-NH ₃ /F
Nitrogênio Total	6,2	1,8	5,3	6,9	4,4	NE	mg N/L	0,5	---	SM 4500-N
Fósforo Total	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NE	mg P/L	0,05	0,050	SM 3111/C
Óleos e Graxas Totais ^(a)	10,5	12	12,5	10,5	12	± 5,8 mg/L	mg/L	5	V.A. ^(c)	SM 5520/B
Surfactantes	0,14	0,056	0,09	0,2	0,12	NE	mg MBAS/L	0,01	---	SM 5540
Coliformes Termotolerantes	6800	2400	4000	2800	9800	± 0,61UFC	UFC/100mL	1	1000 ^(d)	SM 9225
Cádmio	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	0,002	± 0,93 %	mg Cd/L	0,001	0,001	SM 3500- Cd

VOLUME II – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO
EIA/RIMA- CONTORNO NORTE DE CURITIBA/PR – COMPATIBILIZAÇÃO COM DIRETRIZES METROPOLITANAS

PARÂMETRO	RESULTADOS					I.E	UNIDADES	L.Q.	V.M.P.	MÉTODOS
	OHL 03	OHL 04	OHL 05	OHL 06	OHL 08					
Cromo	0,4	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01	± 1,0 %	mg Cr /L	0,01	0,05	SM 3500- Cr
Níquel	0,162	0,013	0,015	0,103	0,015	± 0,93 %	g Ni/L	0,01	0,025	SM 3500-Ni
Chumbo	0,011	0,016	0,016	0,016	0,02	± 2,5 %	mg Pb /L	0,01	0,01	SM 3500- Pb
Cobre	0,06	< 0,05	< 0,05	0,097	< 0,05	± 2,5 %	mg Cu/L	0,05	0,009	SM 3500- Cu
Zinco	0,03	0,015	0,021	0,034	0,02	± 1,0 %	mg Zn/L	0,01	0,18	SM 3500-Zn
IQA	58,77	64,76	51,30	48,97	55,31					

(A) MONITORADO *IN SITU* COM OXÍMETRO DIGITAL

(B) NITROGÊNIO AMONICAL (MG N- NH₄⁺/L): <3,7 PARA PH ≤7,5; <2 PARA 7,5 ≤ PH ≤8; <1 PARA 8 ≤ PH ≤8,5; <0,5 PARA PH ≥ 8,5

(C) V.A. VIRTUALMENTE AUSENTE

(D) O LIMITE DE PARA COLIFORMES TOLERANTES É VÁLIDO PARA MONITORAMENTO ANUAL, COM FREQUÊNCIA BIMESTRAL



Nesta bacia observa-se que, além da DBO e do número de coliformes termotolerantes acima dos limites da Resolução CONAMA 357/2005 em todos os pontos, as concentrações de Oxigênio Dissolvido nos pontos OHL 05 e OHL 08 encontravam-se fora de classe. Com relação aos metais, observou-se que além do chumbo, o cromo e o níquel no ponto OHL 03 e o cobre no OHL 06 excederam o limite para Classe 2.

Com respeito aos sólidos, nota uma diminuição dos voláteis (matéria orgânica) em relação ao total, quando comparado aos rios da bacia do rio Atuba. Isto pode representar maior presença de minerais na fração de sólidos, reflexo da grande ocupação da bacia do rio Palmital, especialmente após sua porção meridional.

A razão DQO/DBO₅ já revela padrões diferentes de degradação. Os pontos OHL 03 e OHL 04 possuem uma relação elevada, o que significa que a fração inerte (não biodegradável) é elevada e pode significar aportes de efluentes não domésticos. Os demais pontos ainda apresentam relação intermediária, maior em relação às dos rios da bacia do Atuba.

A distribuição relativa das formas de nitrogênio revela um estado entre poluição recente e estágio intermediário. As concentrações de coliformes sugerem aporte de esgoto doméstico, porém os parâmetros óleos e graxas e surfactantes podem indicar tanto esgoto doméstico, quanto não-doméstico.

A alta concentração de metais no ponto OHL 03 pode indicar algum aporte de especificidade local, por alguma indústria, ou pelas atividades de horticultura passíveis de serem observadas com auxílio das fotos aéreas da região próximo ao rio Cachoeira.

Segundo Baird (2005), o cromo é muito utilizado em aplicações domésticas e industriais. Sais de cromo hexavalente são usados em decapagem de metais, galvanização, indústria do aço inoxidável, tintas, corantes, explosivos, cerâmica e papel. Sais de cromo trivalente são utilizados como fixantes para tingimento de tecidos, cerâmica, vidro e fotografia.

Entre os compostos de níquel salientam-se o sulfato, normalmente usado nas soluções de niquelagem; o acetato, usado como catalisador e mordente para a indústria têxtil; o formiato, intermediário na produção de catalisadores; o isodecilortofosfato e o naftenato, aditivos de óleos de motores e de lubrificantes e muitos outros com aplicações diversas nos laboratórios e na indústria química (BAIRD, 2005).

A presença de chumbo pode ser explicada novamente pela poluição difusa em si, e o cobre elevado no ponto OHL 06 pode ser justificado pelo grande tráfego de veículos na estrada da Ribeira, a montante do local de coleta.

O índice de qualidade das águas calculado está, em geral, um pouco acima do limar do que é considerado como “boa”. Já o ponto OHL 06, no rio Palmital, é classificado como de qualidade “aceitável”, em virtude, principalmente, de sua elevada DBO e elevado Nitrogênio Total.

II.8.9.10.3. *Bacia do rio Iraí*

Os resultados para o monitoramento do ponto OHL 07, localizado no rio Canguiri, único corpo hídrico da bacia do rio Iraí passível de sofrer diretamente com as obras de instalação e com a operação do futuro Contorno Norte de Curitiba, constam na Tabela 33, sendo discutidos na sequência.

TABELA 33 – RESULTADOS PARA OS PONTOS MONITORADOS NA BACIA DO RIO IRAÍ

PARÂMETRO	RESULTADOS	I.E	UM.	L.Q.	V.M.P.	MÉTODO
	OHL 07					
Corpo d'Água	Rio Canguiri					
Data de Coleta	27/7					
Hora da Coleta	15:01					
Temperatura	16,7	± 0,8 °C	° C	0,1	---	DO 5519
Sólidos Dissolvidos Voláteis – SDV (550 ± 10 °C) ^(a)	46,6	± 1,1mg/L	mg/L	1	---	SM 2540/C
Sólidos Dissolvidos totais - SDT (180° C) ^(a)	< 1,0	± 1,1 mg/L	mg/L	1	500	SM 2540/C
Sólidos Totais – ST (103-105°C) ^(a)	46,6	±1,2%	mg/L	1	---	SM 2540/D
Sólidos Totais Voláteis – STV (550° C) ^(a)	< 1,0	± 7,3 %	mg/L	1	----	SM 2540/E
Turbidez ^(a)	15,24	NE	UNT	1	100	SM 2130
Cor	31	NE	Hz	1	---	SM 2120
pH ⁽¹⁾	8,1	± 1,2 U pH	U pH	0,1	6,0 - 9,0	SM 4500-H ⁺ /B
Oxigênio Dissolvido ^(a)	8,9	± 0,4 mg/L	mg O ₂ /L	0,1	> 5,0	DO 5519
Demanda Química de Oxigênio (DQO) ⁽¹⁾	14	± 43,0mg/L	mg O ₂ /L	2	---	SM 5220/D
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ₅	2,5	± 3,3 mg/L	mg O ₂ /L	2	< 5,0	SM 5220/D
Nitratos ^(a)	0,66	± 0,12 mg/L	mg N -NO ₃ /L	0,01	10,0	IAL/4 edição
Nitritos	0,047	± 0,14 %	mg N- NO ₂ /L	0,002	1,0	SM 4500-NO ₂ ⁻ /B
Nitrogênio Amoniacal ^(a)	0,19	±0,024 mg/L	mg N-NH ₄ ⁺ /L	0,03	^(b)	SM 4500-NH ₃ /F
Nitrogênio Total	1	NE	mg N/L	0,5	---	SM 4500-N
Fósforo Total	< 0,05	NE	mg P/L	0,05	0,050	SM 3111/C

PARÂMETRO	RESULTADOS	I.E	UM.	L.Q.	V.M.P.	MÉTODO
	OHL 07					
Óleos e Graxas Totais ^(a)	7	± 5,8 mg/L	mg/L	5	V.A. ^(c)	SM 5520/B
Surfactantes	0,035	NE	mg MBAS/L	0,01	---	SM 5540
Coliformes Termotolerantes	2000	± 0,61UFC	UFC/100mL	1	1000 ^(d)	SM 9225
Cádmio	< 0,001	± 0,93 %	mg Cd/L	0,001	0,001	SM 3500- Cd
Cromo	< 0,01	± 1,0 %	mg Cr /L	0,01	0,05	SM 3500- Cr
Níquel	0,02	± 0,93 %	g Ni/L	0,01	0,025	SM 3500-Ni
Chumbo	0,016	± 2,5 %	mg Pb /L	0,01	0,01	SM 3500- Pb
Cobre	< 0,05	± 2,5 %	mg Cu/L	0,05	0,009	SM 3500- Cu
Zinco	0,02	± 1,0 %	mg Zn/L	0,01	0,18	SM 3500-Zn
IQA	66,84					

(A) MONITORADO *IN SITU* COM OXÍMETRO DIGITAL

(B) NITROGÊNIO AMONIACAL (MG N- NH₄⁺/L): <3,7 PARA PH ≤7,5; <2 PARA 7,5 ≤ PH ≤8; <1 PARA 8 ≤ PH ≤8,5; <0,5 PARA PH ≥ 8,5

(C) V.A. VIRTUALMENTE AUSENTE

(D) O LIMITE DE PARA COLIFORMES TOLERANTES É VÁLIDO PARA MONITORAMENTO ANUAL, COM FREQUÊNCIA BIMESTRAL

Observa-se que de todos os pontos monitorados, este é o com melhor condição de qualidade da água no momento da coleta. Os únicos parâmetros cujos valores excederam os limites da Resolução CONAMA n° 357/2005 foram Coliformes Termotolerantes e o metal chumbo.

A disposição dos sólidos revela que além de apresentarem-se em concentrações mais baixas em relações aos demais pontos, tratam-se predominantemente de partículas minerais. A elevada concentração de oxigênio e a elevada razão DQO/DBO revelam um rio com praticamente ausência de material a ser biodegradado. A grande parcela de nitratos em relação à distribuição das formas de nitrogênio sugere uma poluição bastante remota e de pequena magnitude.

Óleos e graxas, surfactantes e coliformes termotolerantes levam a crer que a pequena poluição existente a montante é de esgoto doméstico. O nível elevado de chumbo pode ser compreendido como resultante da poluição difusa em virtude da ocupação e o IQA calculado foi o mais alto dentre todos os pontos.

Por fim, julga-se válida a plotagem dos valores obtidos para o IQA ao longo dos oito pontos amostrais distribuídos nas três sub-bacias, mostrada no Gráfico 39.

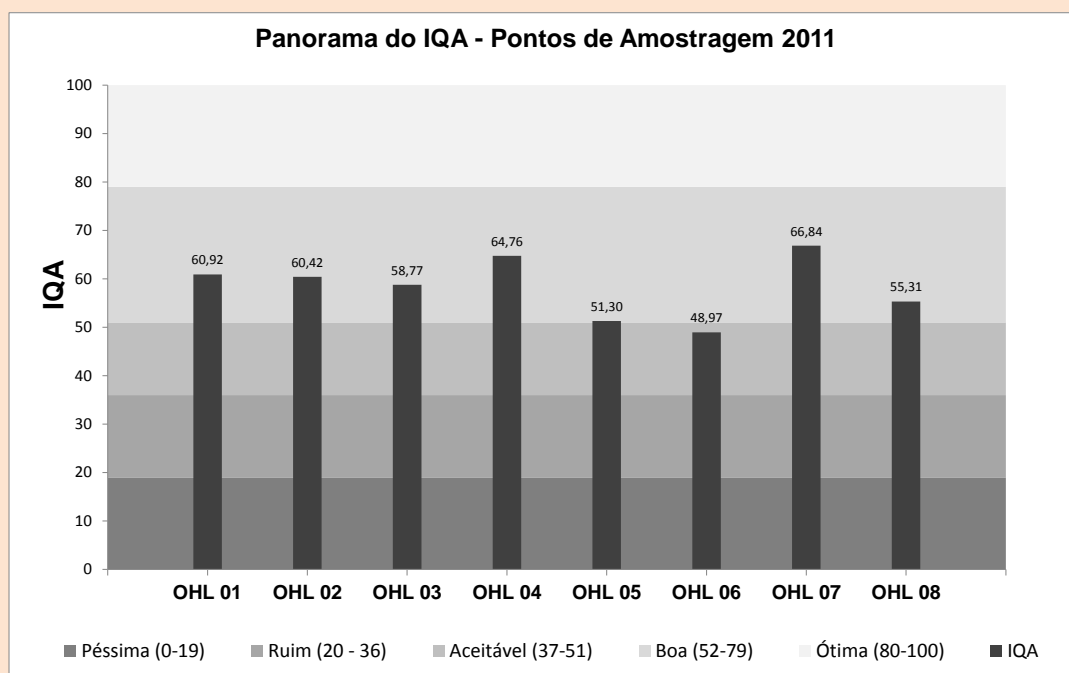


GRÁFICO 39 – PANORAMA DO IQA NOS OITO PONTOS DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os dados secundários levantados permitiram uma caracterização geral da Área de Influência Indireta do Contorno Norte de Curitiba. De forma geral, a área de influência do empreendimento já se mostra bastante antropizada, com exceção de alguns trechos. A área mais sensível da região, e até hoje mais conservada que as demais, é a da bacia do rio Iraí, que se constitui como manancial de abastecimento de Curitiba e RMC. A bacia possui uma pequena área a ser atingida pelo empreendimento, em seu trecho final.

A campanha de monitoramento de qualidade da água veio a reforçar tal panorama. Através dos resultados observou-se que a poluição na bacia do rio Atuba deve-se, principalmente, à grande pressão da ocupação urbana, com aportes de esgoto *in natura* nos cursos d'água e agravamento em situações de cheias, tendo em vista a susceptibilidade das áreas.

Na porção estudada da sub-bacia do rio Palmital (com exceção do ponto OHL 04 na área da Embrapa), que coincide com a área urbana do município de Colombo, observa-se que a condição da qualidade da água já é bastante alterada pela pressão que a ocupação urbana exerce. O estudo detalhado realizado através do monitoramento em campo revelou que, diferentemente da bacia do rio Atuba, os níveis de interferência na bacia do Palmital apresentam maior magnitude e observa-se a divisão da poluição doméstica com a não-doméstica, conforme discutido anteriormente.

Observa-se que tal pressão tem caráter local em virtude dos resultados do ponto OHL 04, na área da Embrapa Florestas (porção mais ao norte da bacia do rio Palmital), apresentar boas condições.

Com relação à boa condição das águas do rio Canguiri, afluente do Iraí, deve-se dedicar especial atenção à porção final do Contorno Norte de Curitiba, próximo à sua confluência com a BR-116. Neste trecho, uma pequena área de drenagem na APA do rio Iraí estará susceptível com obras e a operação e deve ser atenciosamente monitorada, visto que se trata de um dos mananciais de abastecimento de água regional.

II.9. PASSIVOS AMBIENTAIS

A discussão sobre a definição de passivos ambientais é controversa, e envolve critérios não só relacionados diretamente ao meio ambiente, mas também econômicos, jurídicos e legais. De uma forma abrangente, pode-se definir passivos ambientais como danos causados ao meio ambiente de forma voluntária ou involuntária, em decorrência de atividades anteriores ou presentes, que deverão ser indenizados ou compensados economicamente.

São várias as técnicas para avaliação de passivos ambientais, cuja escolha deve levar em consideração o tipo de passivo, as especificidades da área de interesse e histórico das atividades desenvolvidas, recursos disponíveis, entre outros fatores.

A Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) propõe uma série de técnicas para a avaliação de passivos ambientais (*environmental liability*), que incluem, entre outras, o julgamento profissional, estimativa de custos, modelagens e análise estatística.

O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, viabilizado em cooperação técnica entre a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a Sociedade de Cooperação Técnica do governo da Alemanha, também apresenta metodologia para o reconhecimento e cadastramento de áreas potencialmente contaminadas, nas quais os passivos ambientais se enquadram.

O Manual da CETESB indica que os passivos ambientais devam ser levantados por meio da identificação de áreas potencialmente contaminadas, que se inicia a partir do reconhecimento na área de interesse – que, para o CNC, foi definida como a Área Diretamente Afetada – das atividades que possam oferecer risco de contaminação ao meio ambiente.

As atividades potencialmente contaminadoras do solo e das águas subterrâneas são aquelas onde ocorre o manejo de substâncias, cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem ocasionar danos aos bens a proteger, quais sejam:

- Saúde e bem estar da população;
- Fauna e flora;
- Qualidade do solo, das águas e do ar;
- Interesses de proteção à natureza/paisagem;

- Ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- Segurança e ordem pública.

A determinação das atividades comerciais e industriais que podem ser consideradas como potencialmente contaminantes deve levar em consideração:

- A existência de processos produtivos que possam causar contaminação dos solos e águas subterrâneas;
- Presença de substâncias que possuem potencial para causar danos aos bens a proteger via solos e águas subterrâneas;
- Se a atividade industrial e comercial apresenta histórico indicando manuseio, armazenamento e disposição inadequada de matéria-prima, produtos e resíduos;
- Se a atividade industrial e comercial apresenta histórico indicando a ocorrência de vazamentos e acidentes;
- Se a atividade industrial e comercial apresenta histórico na geração de ASs e ACs.

Dessa forma, nem toda atividade industrial pode ser considerada como atividade potencialmente contaminadora, havendo necessidade de serem identificados os processos produtivos e as matérias-primas utilizadas, assim como os produtos e resíduos gerados, para serem definidos quais ramos industriais podem ser enquadrados. Algumas atividades comerciais também devem ser consideradas como potencialmente contaminadoras, especialmente aquelas que manipulam substâncias tóxicas ou inflamáveis.

Na Área Diretamente Afetada pelo CNC, as atividades potencialmente contaminadoras identificadas preliminarmente por meio do diagnóstico socioeconômico, apresentado no volume IV deste EIA, foram:

- Oficinas mecânicas, venda de pneus e borracharia, manutenção de caminhões: tais atividades podem oferecer risco de contaminação por hidrocarbonetos, principalmente ao componente solo, uma vez que nestes estabelecimentos são manuseadas substâncias como combustíveis e óleos lubrificantes;



- Clínica veterinária: serviços médicos incluem o manuseio de substâncias que, caso não dispostas e destinadas corretamente, oferecem risco, principalmente, à saúde humana;
- Indústria de embalagens plásticas: nesta atividade pode haver manuseio de substâncias potencialmente contaminantes da classe dos organoclorados e substâncias estrogênicas;
- Tornearia, serviços de usinagem e metalúrgica: podem oferecer risco de contaminação dos solos e água subterrânea por metais pesados.

As atividades desenvolvidas em lanchonete, supermercado, hotel, restaurante e demais atividades comerciais identificadas na ADA não são consideradas como risco iminente à geração de passivos ambientais. Comumente oferecem risco aos bens a proteger caso a destinação dos seus resíduos sólidos e efluentes não seja realizada corretamente.

Entretanto, é importante ressaltar que as atividades acima listadas constam apenas de uma identificação preliminar de atividades potencialmente contaminantes na ADA, sem, contudo, representar efetivas fontes contaminantes ou passivos ambientais. A confirmação de atividades potencialmente contaminantes e, por conseguinte, de áreas contaminadas e com passivos ambientais, deve ser realizada segundo metodologias consagradas e aceitas pela comunidade científica, como as propostas pela EPA e CETESB.

Além das atividades comerciais e industriais, foram identificadas fossas sépticas para coleta de esgotos domésticos em 13 propriedades da ADA, que também representam potenciais passivos ambientais, em função da alta concentração de matéria orgânica.

As áreas consideradas como passivos ambientais resultantes da supressão da vegetação em Áreas de Preservação Permanente, necessária para a instalação da rodovia, correspondem a 236,16 ha, somando florestas nativas e pioneiras, o que representa 76,39% do total do uso do solo da ADA, conforme consta no diagnóstico ambiental do meio biótico, apresentado no Volume III deste EIA.

A identificação de passivos ambientais é um processo complexo, que exige uma série de recursos, onde as diversas etapas envolvidas no seu reconhecimento e o tempo necessário envolvido são fatores importantes. Dessa forma, entende-se que as ações necessárias à identificação de passivos ambientais devem estar concentradas em um programa específico, a ser desenvolvido previamente à instalação da obra, estendendo-se à sua fase de implantação e, caso estritamente necessário, à fase de operação.

Da mesma forma que as áreas degradadas pela instalação de empreendimentos, as áreas com passivos ambientais carecem de recuperação. A partir desta correlação, entende-se que áreas com passivos ambientais são, portanto, áreas degradadas, as quais devem ser objeto de recuperação por meio de ações e atividades planejadas e desenvolvidas tendo por base a restauração das condições ambientais iniciais.

Dessa forma, cabe ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e Passivos Ambientais o reconhecimento pormenorizado dos passivos ambientais na ADA, por meio da aplicação de técnicas que permitam qualificar, quantificar e espacializar a ocorrência de tais áreas.

Comumente, as técnicas envolvem o levantamento de dados sobre a área de interesse, incluindo investigações em fotografias aéreas, busca por registros sobre possíveis acidentes na área envolvendo materiais perigosos, consulta a documentos na prefeitura e secretarias de meio ambiente, entre outras informações.

Procede-se, então, ao relato das condições observadas nas áreas de interesse por meio de fichas de identificação, que devem conter, no mínimo: localização com coordenadas geográficas dos passivos, mapa georreferenciado dos focos com passivos, descrição das condições encontradas, breve descrição da fisiografia local, proposição de medidas de controle e/ou emergenciais e registro fotográfico detalhado.

Por envolver procedimentos complexos e que demandam significativos recursos, e por considerar que a investigação de passivos requer ações específicas, entende-se que tanto a sua identificação quanto a proposição de medidas necessárias à recuperação ambiental das áreas com passivos/degradadas cabe ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e Passivos Ambientais. O acompanhamento da execução das medidas propostas também deve constar no escopo deste programa.

II.10. CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MEIO FÍSICO

O diagnóstico da qualidade do ar ao longo do traçado do Contorno Norte de Curitiba revela que as concentrações ambientais estão com valores dentro dos padrões anuais de qualidade para o último ano com dados divulgados. A qualidade do ar tende a ser pior próximo às indústrias que desenvolvem atividades minerárias a partir das rochas calcárias.

O monitoramento dos níveis de ruído na área de implantação do CNC mostra que, de maneira geral, os níveis de pressão sonora são excessivos, em virtude da presença de vias de circulação nas proximidades.

O substrato da área de implantação do CNC é composto, predominantemente, por sedimentos argilosos e arcoseanos da Formação Guabirota, pertencente à Bacia de Curitiba. Secundariamente ocorrem rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que ocorrem em avançado estado de alteração intempérica, dando origem a saprólitos e solos com alto teor de argila. Dessa maneira, são raros os afloramentos de rocha sã encontrados na área. Estão presentes também depósitos aluvionares, concentrados, principalmente, na planície do rio Palmital. Intrusões de rocha básica ocorrem de maneira restrita no trecho inicial do CNC.

No que concerne aos aspectos geotécnicos, os materiais que compõem a Formação Guabirota costumam apresentar menor estabilidade em comparação aos do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. Em relação às áreas aluviais, a dificuldade de extração se refere à presença de solos hidromórficos e nível freático elevado.

Em função da composição geológica, a área de instalação do CNC apresenta potencialidade mineral para extração de substâncias empregadas na construção civil e para uso industrial, areia, argila, agregados, saibro e calcário. Registra-se também o potencial para exploração de água mineral nos sistemas aquíferos Embasamento Cristalino e Guabirota.

Embora o substrato da área que abrigará o CNC possua franca potencialidade mineral, nos limites da AID/ADA do empreendimento está registrado apenas um processo minerário junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), referente à solicitação de autorização de pesquisa para a substância areia.

Os diferentes litotipos presentes na área condicionaram o modelado do relevo ao longo da evolução geológica da área. O Planalto de Curitiba, no qual a área de implantação do CNC está integralmente contida, representa uma subunidade geomorfológica do Primeiro Planalto Paranaense, cujo relevo é marcado por amplas colinas, vales em “V” aberto e de fundo plano.

O relevo da área onde o CNC será instalado é caracterizado por superfícies aplainadas entremeadas a colinas com vertentes de suave inclinação. As classes de declividade presentes na AID/ADA posicionam-se, majoritariamente, abaixo dos 20%. Apenas 3% das áreas se encontram em classes de declividade mais altas. O relevo cárstico ocorre apenas no extremo noroeste da AII, portanto, fora dos limites previstos para implantação das estruturas do Contorno Norte de Curitiba.

Embora condicionantes geológicas e geomorfológicas favoráveis à geração de cavernas ou dolinamentos estejam presentes no extremo noroeste da AII, em terrenos cársticos, não são identificadas cavidades naturais nas áreas de influência do Contorno Norte de Curitiba.

Os solos são produtos da ação dos agentes intempéricos e erosivos que atuaram na área de implantação do CNC. As áreas de influência do empreendimento são formadas, predominantemente, por solos distróficos, ou seja, com baixa disponibilidade de nutrientes ou moderadamente férteis. Na Área de Influência Direta do CNC, estima-se uma ocorrência de 53% da classe Latossolo Bruno, textura argilosa. Para a Área Diretamente Afetada, a ocorrência verificada é de 59% desta mesma classe, com maior representatividade, nos dois níveis de abrangência (AID e ADA), do Latossolo Bruno distrófico (LBd).

No que diz respeito à aptidão agrícola, são predominantes as terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo nos níveis de manejo B (pouco desenvolvido) e C (desenvolvido) e aptidão regular no nível de manejo A (primitivo).

A Área de Influência Indireta do CNC é determinada pelos limites geográficos das bacias dos Atuba, Palmital e Iraí que, pertencentes à bacia do alto Iguaçu. Os dados hidrológicos indicam uma sazonalidade da vazão dos rios da região de implantação do CNC. Os meses de janeiro a março apresentam grande variação da vazão. Já os meses de abril, junho e agosto caracterizam as menores vazões. No entanto, eventos extremos de chuva podem ocorrer nos casos em que a vazão máxima mensal é muito superior à média climatológica.

Na área de implantação do CNC estão presentes dois sistemas aquíferos importantes, a saber: aquífero Embasamento Cristalino e aquífero Guabirotuba. Destes, o que predomina na AID/ADA do

empreendimento é o Guabirotuba, hospedado nos arcóseos da formação homônima, onde a infiltração e o armazenamento de água são feitos através dos espaços intergranulares. Já no Aquífero Embasamento Cristalino, do tipo fissural, a água é armazenada nas fraturas existentes nas rochas. Embora não seja considerado como uma unidade aquífera passível de exploração, em função da reduzida espessura das suas camadas, o Aquífero Aluvionar tem grande importância no que tange à água subterrânea, uma vez que representa área de recarga para os demais sistemas.

Os principais usos atuais e potenciais da água subterrânea na área de implantação do CNC dizem respeito ao abastecimento público, uma vez que representam alternativas aos mananciais superficiais, que já sinalizam déficit de disponibilidade hídrica para um futuro próximo.

As análises da qualidade da água dos rios Atuba e Palmital mostram que, em geral, estes cursos hídricos sofrem grande pressão da ocupação urbana, principalmente em decorrência do lançamento direto de esgotos domésticos *in natura*. No entanto, o rio Palmital é o que apresenta maiores níveis de interferência, visto que apresenta também carga de efluentes industriais.

Exceção é feita ao rio Canguiri, afluente do rio Iraí, cuja qualidade da água é considerada boa. Contudo, parte de sua área de drenagem está inserida na APA do rio Iraí, devendo esta ser periodicamente monitorada quando da implantação das obras, uma vez que o rio Iraí se constitui como manancial de abastecimento de água para a RMC.

II.10.1. SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO E MOVIMENTOS DE MASSA DOS TERRENOS

Por entender que a suscetibilidade à erosão e movimentos de massa é o produto de todos os fatores condicionantes envolvidos – sejam eles clima, geologia, relevo, solo e recursos hídricos – optou-se por descrevê-la ao final do diagnóstico de todos os fatores que subsidiaram sua análise.

A caracterização da suscetibilidade à erosão e movimentos de massa permite o reconhecimento de áreas com fragilidades ambientais sujeitas à degradação devido às condicionantes do terreno, devendo, portanto, ser manejadas segundo técnicas específicas e apropriadas ou, em últimos casos, preservadas. Os fatores naturais condicionantes da suscetibilidade à erosão e dos movimentos de massa dos terrenos incluem o clima, relevo, geologia, solos e vegetação. A antropização das áreas se configura como um fator condicionante importante, uma vez que é capaz de provocar alterações significativas nos terrenos, induzindo e acelerando processos que aumentem a suscetibilidade à erosão e aos movimentos de massa.

O clima configura um fator condicionante constante na área de implantação do empreendimento, sendo sua atuação homogênea em toda a extensão do traçado do CNC.

O relevo é o fator condicionante sobre a capacidade do agente erosivo de realizar trabalho. Processos erosivos mais intensos são determinados pela inclinação do terreno, que propicia o aumento na velocidade de escoamento das águas superficiais. Dessa forma superfícies aplainadas, como as áreas de várzea, são menos propensas à erosão do que vertentes íngremes.

Áreas com declividades e densidade de drenagem acentuadas tendem a concentrar o fluxo de água superficial segundo direções preferenciais, favorecendo a instalação de feições erosivas como sulcos e ravinas. Tais processos são ainda mais intensos quando o substrato é formado por materiais erodíveis, como os da Formação Guabirota.

O relevo também representa um importante fator condicionante à instabilidade das encostas, principalmente no que tange à forma das encostas e sua declividade. Estão diretamente associados a este fator as características geológico-estruturais do terreno, a presença/ausência de cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo.

Na AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba predominam relevos aplainados, com declividade predominante abaixo de 20%. Destaca-se, ainda, que aproximadamente 60% da área de implantação são cobertos por vegetação nativa. A associação destes fatores condicionantes minimiza a suscetibilidade à erosão e movimentos de massa na maior parte da área de implantação do CNC.

Áreas com maior suscetibilidade estão restritas aos locais com declividade acima de 20%, representados pelas rampas de drenagem. Tais locais concentram-se na área da divisa entre as bacias dos rios Palmital e Iraí, próximo ao trecho final do traçado; e no seu extremo oeste, onde o CNC cruza com a PR-417 (rodovia da Uva). A associação destes fatores condicionantes confere a estas áreas propensão ao desenvolvimento de movimentos de massa do tipo rastejo e escorregamentos em depósitos inconsolidados. O adensamento populacional contribui grandemente para o aumento da suscetibilidade destas áreas.

Na área de implantação do CNC não são observadas declividades maiores que 45%, o que junto às características geológico-estruturais dos maciços, conferem baixa propensão à ocorrência de erosão e movimentos de massa gravitacionais, do tipo escorregamento, deslizamento ou queda de blocos.

O solo também representa um fator condicionante importante, principalmente no que tange à erodibilidade, diretamente relacionado às suas propriedades, como textura, estrutura e permeabilidade.

Os solos derivados da alteração dos diversos litotipos nas AID/ADA do empreendimento variam entre residuais e transportados (colúvios), em função, principalmente, da tipologia do relevo e da ação dos agentes intempéricos e erosivos. Entretanto, a classe de solo predominante na AID/ADA do empreendimento é o Latossolo, com ocorrência de 62,5%.

De forma geral, os latossolos apresentam baixo potencial de perda de solos, pois ocupam áreas de relevo plano a suave ondulado e apresentam certa estruturação e drenagem muito eficiente. Esta classe somente desenvolverá processos erosivos (principalmente do tipo linear) e de movimentos de massa quando submetidos a desmatamento e concentração de escoamento de água superficial, especialmente nas áreas mais íngremes.

Da análise conjunta dos fatores condicionantes, conclui-se que o relevo é principal fator relacionado com a suscetibilidade à erosão e movimentos de massa na área de implantação do CNC. Portanto, as áreas mais vulneráveis ao desenvolvimento de processos erosivos e movimentações de massa na AID/ADA podem ser classificadas em:

i) Áreas com baixa suscetibilidade: aquelas com declividade abaixo de 20% e densidade de drenagem baixa. O substrato destas áreas é representado pelos depósitos aluvionares, Formação Guabirotuba ou rochas do Complexo Atuba, e podem ser recobertas por todas as classes de solo. Compõem superfícies predominantemente aplainadas, com baixa tendência à concentração de escoamento superficial. Estas áreas representam 97% da AID/ADA do Contorno Norte de Curitiba.

ii) Áreas com média suscetibilidade: aquelas com declividade acima de 20% e densidade de drenagem média. O substrato é composto pelos sedimentos da Formação Guabirotuba ou por saprólitos e solos (Latosolos ou Cambissolos) derivados do Complexo Gnáissico-Migmatítico Atuba. A associação destes fatores condicionantes propicia a concentração do escoamento superficial segundo linhas de fluxo preferenciais, que podem dar origem a feições erosivas lineares, como sulcos e ravinas. Estas áreas representam apenas 3% da AID/ADA do empreendimento.

Feições erosivas resultantes da associação destes fatores condicionantes são observadas no extremo oeste do traçado do CNC, no cruzamento deste com a PR-417, e próximo ao trecho final da rodovia, na divisa entre as bacias dos rios Palmital e Iraí.

A ausência de declividades maiores que 45%, associadas aos fatores condicionantes analisados, não indica para a área de implantação do CNC locais com alta suscetibilidade à erosão ou movimentos de massa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. 2007. **Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos 5. Org. CONEJO, J.G.L. Ministério de Meio ambiente (MMA), Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília-DF.
- ALMEIDA, F.F.M. 1944. *Collenia Itapevensis* sp. n. – um fóssil precambriano no Estado de São Paulo. Fac. Fil. Cienc. Let., USP, **Boletim Geologia**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 89 – 106.
- ALMEIDA, F.F.M. 1956. Novas ocorrências de fósseis no Pré-Cambriano brasileiro. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, **Anais...**, 28:44-45.
- ANDREOLI, C.V.; ANDREOLI, F.N.; IHLENFELD, R.G.K.; RODRIGUES, E.M. 1997. **Influência da deterioração da água bruta no consumo de produtos químicos e na qualidade da água tratada**. Sanare, Curitiba, v.7 n.7, p.28-32.
- ANDREOLI, C.V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. 2000. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. **Anais...** Porto Seguro, p.185-195.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1987. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro-RJ.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1987. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro-RJ.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1997. **NBR 9547**: Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrados de grande volume. Rio de Janeiro-RJ.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 2000. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro-RJ.
- BAIRD, C.; CANN, M. 2005. **Environmental Chemistry**. – 3 ed. New York.

BASEI, M.A.S.; SIGA Jr., O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. 1992. Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). **Rev. Bras. de Geociên.**, v.22, n2, p.216-221.

BERANEK, L.L. 1971. **Noise and Vibration Control**. McGraw-Hill Book Company.

BERANEK, L.L.; VÉR, I.L. 2005. **Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications**. 2.ed. John Wiley & Sons Inc., New York.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. 1958 Estudos preliminares da Série Açungui. VIII . A Formação Votuverava. **Boletim do Instituto de História Natural**. Geologia, 2:1-6.

BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. **Bol. da UFPR – Geologia**, (7):1-164.

BIONDI, J.C. 1983. **Mapa Geológico da Área do Embasamento do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR. Escala: 1:250.000.

BOMFIM, L.F.C. 2010. Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente SIG: concepção e metodologia. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. **Resumos**. São Luís-MA.

BONACIM, E. 1996. **Dinâmica do Sistema Hidrogeológico Cárstico na Área de Tranqueira - Região Metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Mestrado), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 162 p.

BRASIL. CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS. CECAV. 2008. Potencialidade de ocorrência de cavernas baseada na litologia – Primeira aproximação – Estado do Paraná. Brasília-DF. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/>>. Acesso em: jul 2011.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos básicos da política nacional do meio ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 31, 17 de fev 1986, pg. 2548-2549.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 018, de 06 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do programa de controle de poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, (DF), nº 112, 17 de jun. 1986, pg. 8792-8795.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001, de 08 de março de 1990. Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 63, 02 abr 1990, pg. 6408.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 003, de 22 de agosto de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 158, 16 de ago 1990, pg. 15518-15519.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 002, de 11 de fevereiro de 1993. Estabelece, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 31, 15 de fev. 1993, pg. 2041-2044.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. CONAMA. Resolução nº 006, de 31 de agosto de 1993. Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infra-estrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral, das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 250, 01 de out. 1993, pg. 21553-21554.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 001, de 11 de fevereiro de 1993. Estabelece, para veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 31, 15 de fev. 1993, pg. 2037-2040.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 017, de 13 de dezembro de 1995. Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução nº

018/86, 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 249, 29 de dez. 1995, pg. 22878-22879.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 230, de 22 de agosto de 1997. Proíbe o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de ruído e poluentes. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 163, 26 de ago. 1997, pg. 18603-18604.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 242, de 30 de junho de 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 148, 05 de ago. 1998, pg. 43.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 268, de 14 de setembro de 2000. Método alternativo para monitoramento de ruído de motocicletas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 237, 11 de dez. 2000, pg. 29.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 272, de 14 de setembro de 2000. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos para veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 7, 10 de jan. 2001, pg. 24.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 51, 15 de mar. 2002, pg. 86-88.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 342, de 25 de setembro de 2003. Estabelece novos limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, em observância à resolução nº 297, de 26 de fevereiro de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 240, 10 de dez. 2003, pg. 95.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 53, 18 de mar. 2005, pg. 58-63.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 418, de 25 de novembro de 2009. Dispõe sobre critérios para elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular – PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso – I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 226, 26 de nov. 2009, pg. 81-84.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução nº 204, de 20 de outubro de 2006. Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes, a que se refere o art. 228 do Código de Trânsito Brasileiro - CTB. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, (DF), nº 216, 10 de nov. 2006, pg. 70-71.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. **Diário Oficial da União**. Brasília, v. 59, p.266-270, 26 mar. 2004, seção 1.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2003. **Águas subterrâneas**. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em jul 2012.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFAN, J. H. 1987. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.1, p.11-33.

CARVALHO, A.P. 1982. Conceituação de Latossolo Bruno. *In*: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Conceituação sumária de algumas classes de solos recém reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS**. Circular Técnica 1. Rio de Janeiro, p.16-18.

CHAVEZ-KUS, L.; SALAMUNI, E. 2003. Análise estatística de dados hidrogeológicos de poços tubulares profundos do município de Curitiba-Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, 53:59-79. Editora UFPR. Curitiba-PR.

COLOMBO. PREFEITURA MUNICIPAL. **Lei Municipal N° 875, de 16 de fevereiro de 2004.** Institui o Plano Diretor do Município de Colombo, Estado do Paraná, e da outras providências. Disponível em: <http://www.colombo.pr.gov.br/downloads/urbanismo/Lei%20No.%20875-2004_Plano%20Diretor.pdf>. Acesso em: jul 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. 2012. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/manual-de-gerenciamento-de-ACs/7-Manual-de-Gerenciamento-das-ACs>>. Acesso em: jul 2012.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. COMEC. CONSÓRCIO COBRAPE-COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS/SOGREAH-SOCIÉTÉ GRENOBLOISE D'ETUDES ET D'APPLICATIONS HYDRAULIQUES. 2001. **Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba-PR.

DANTAS, A.S.L.; GIMENEZ FILHO, A.; TEIXEIRA, A.L.; NAGATA, N.; FERNANDES, L.A.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; FRASCÁ, M.H.B.O. 1987. **Geologia das folhas Juquiá (SC.23-V-A-I-4) e Miracatu (SG23-V-A-II-3), Estado de São Paulo.** São Paulo-SP, IPT.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRÁFEGO. DNIT. 2006. **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro. 384p

DERBY, O. 1878. **A geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil.** Arch. Mus. Nac., 3, 89-96, Rio de Janeiro.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 1995. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos.** Brasília: EMBRAPA – SPI. 101 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 1997. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. 2002. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Sudeste do Estado do Paraná (áreas 4, 5 e 6)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 143 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. 2008. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. 1 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná. 75p.

ENGEFOTO – ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S.A. 2012. **Plano Funcional do Contorno Norte de Curitiba**. Projeto Funcional III. Curitiba-PR.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA. 2012. **Environmental Liability**. Disponível em: <<http://www.epa.ie/whatwedo/enforce/liab/>>. Acesso em: jul 2012.

ERNESTO, M. 1985. **Paleomagnetismo da Formação Serra Geral: contribuição ao estudo do processo de abertura do Atlântico Sul**. Tese de Ph.D – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil.

FIORI, A.P. 1990. **Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a Norte de Curitiba**. Tese de Livre Docência, USP, São Paulo-SP.

FIORI, A.P.; GASPAR, L.A. 1993. Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, Sul do Brasil. **Bol. IG-USP, Sér. Cient.**, 24:1-19.

FRAGA, C.G. 1986. **Introdução ao zoneamento do Sistema Aquífero Serra Geral no Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, USP, 125 p.

FRITZSONS Jr., O.; PIEKARZ, G.F.; FALCADE, D. 1982. Geologia e potencial econômico do Grupo Setuva (PR). *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, XXXII. Salvador (BA), 1982. **Anais...** Salvador (BA), SBG 3: 991-1001.

GUALDA, G. A. R.; VLACH S. R. F. 2005. The Serra da Graciosa A-type Granites and Syenites, southern Brazil. Part 1: Regional setting and geological characterization. **Anais...** Academia Brasileira de Ciências 79 (3): 405-430.

HINDI, E.C. 1999. **Caracterização Hidroquímica e Hidrogeológica das Fontes Cársticas das Bacias dos Rios Tumiri, Água Comprida, Fervida e das Onças - Colombo, PR.** Dissertação (Mestrado), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 122 p.

HINDI, E.C.; ROSA FILHO, E.F.; LUCENA, R.L.F.; BITTENCOURT, A.V.L.; MANTONVANI, L.E.; XAVIER, J.M.; NADAL, C.A.; GIUSTI, D.A. 2002. **Características hidrogeológicas do aquífero cárstico em Colombo (PR) e impactos ambientais resultantes da sua exploração.** XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, SC.

HINDI, E.C.; ROSA FILHO, E.F.; MANTOVANI, L.E.; de LUCENA, R.L.F. **Proposição de atributos para o aproveitamento de fontes naturais do aquífero cárstico de Curitiba - PR, Brasil.** Laboratório Nacional de Energia e Geologia – LNEG, Portugal. No prelo.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. IAPAR. 2000. **Cartas Climáticas do Paraná.** Londrina-PR.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. IAP. 2010. **Relatório de Qualidade do Ar (Região Metropolitana de Curitiba) – Ano de 2009.** Curitiba-PR.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2003. Censo demográfico 2000: Anuário Estatístico do Brasil 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: jul 2012.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. IPARDES. 2011. **Caderno Estatístico – Município de Colombo.** Curitiba-PR.

KAUL, P.F.T. 1984. **Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG-22, Curitiba e SG-23, Iguape.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXXIII, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, SBG 6: 2815–2825.

KAUL, P.F.T.; CORDANI, U.G. 2000. Geochemistry of the Serra do Mar granitoid magmatism and tectonic implications, Southern Brazil. **Rev. Bras. Geoc.**, v. 30, n.1, p. 15-119.

KER, J.C. 1988. **Caracterização química, física e micromorfológica de solos brunos subtropicais.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, MG. 149 p.

KIRK, J.D.; CORREIA, C.T.; NARDY, A.J.R.; TASSINARI, C.C.G.; GIRARDI, V.A.V.; PETRONILHO, LA. 2008. Re-Os ages and sources of high-ti continental flood basalts of the Paraná Basin, Brazil. **Anais... 44^o** Congr. Bras. Geol., Curitiba, v. 1, p.567.

KORMANN, A.C.M. 1999. Comportamento de argilas rijas: aspectos geotécnicos da Formação Guabirotuba. *In: Mesa Redonda: características geotécnicas da Formação Guabirotuba. Anais...* Curitiba, ABMS/UFPR, p.119-128.

LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; SADOWISKI, G.R.; ISOTTA, C.A.L. 1966. Sobre o comportamento especial do *trapp* basáltico da Bacia do Paraná. **Bol. Soc. Bras. Geol.**, 15, 79-91.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. 1996. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 3 ed. Campinas: SBCS. 84 p.

LIMA, C.A. 2001. Considerações sobre ocupações irregulares e parcelamento urbano em áreas de mananciais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora da UFPR, 3:97-114.

MAACK, R. 1953. Mapa geológico do Estado do Paraná. Curitiba: **Inst. de Pesq. Técn.** 1 mapa: color.; escala 1:750.000.

MAACK, R. 1981. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. 2. Ed.

MACHADO, D.A.M. 2009. **Proveniência de sedimentos da Bacia de Curitiba por estudo de minerais pesados**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 65p.

MACHIAVELLI, A.; BASEI, M.A.S.; SIGA Jr., O. 1993. Suíte Granítica Rio Piên: um arco magmático do Proterozóico Superior na Microplaca Curitiba. **Geochimica Brasiliensis**, v.7, n.2, p.113-129.

MACKENZIE, L.D.; CORNWELL, D. A. 1998. **Introduction to Environmental Engineering**. 3rd Ed, McGraw-Hill in Water Resources and Environmental Engineering.

MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. 1967. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 23 / 25, p. 43-104.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. MINEROPAR. 2006a. **Geologia do Paraná**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em: abr 2006.

MINERAIS DO PARANÁ S.A. MINEROPAR . 2006b. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Escala base 1:250.000, Escala reduzida 1:500.000. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 63p.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Color Soil Charts**. Baltimore, 1975.

OLIVEIRA, E.P. 1925. **Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná**. Serv. Geol. Min., Monografia 6, 178p, Rio de Janeiro-RJ.

PARANÁ. Lei Estadual nº 13806, de 30 de setembro de 2002. Dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar, conforme especifica e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, (PR), nº 6327, 01 out. 2002, pg. 1-3.

PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 054, de 22 de dezembro de 2006. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, (PR), nº 7377, 27 dez. 2006. pg. 32-39.

PEATE, D.W. 1989. **Stratigraphy and petrogenesis of the Paraná Continental Flood Basalts, southern Brazil**. PhD Thesis. The Open University.

PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M. S.M. 1992. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. **Bull. Volcanol**, 55: 119-139.

PUSCH, P.B. 2007. **Inventário de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. 1995. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS. 65 p.

RICCOMINI, C.; PELLOGIA, A.U.G.; SALONI, J.C.L.; KOHNKE, M.W.; FIGUEIRA, R.M. 1989. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift systems (Southeastern Brazil). **J. South Am. Earth Science**, 2(2):191-197.

ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C.; LUCENA, L.R.F. 2002. Os aquíferos que contribuem no abastecimento da cidade de Curitiba-Paraná. **Rev. Águas Subterrâneas**, 16:122-127.

ROSA FILHO, E.F.; LISBOA, A.A.; SCHOENAU, O. 1996. Abastecimento de água de Curitiba – situação atual e proposta de solução. *In: Workshop Internacional de Ampliação dos Sistemas de Abastecimento de Águas Potáveis nas Grandes Metrôpoles*, 1. **Atas...** Belo Horizonte-MG.

ROSA FILHO, E.F.; UDLUFT, P.; HENRICHS, G. 1998. Determinação da recarga das camadas aquíferas da Formação Guabirota na bacia hidrográfica do Iraí. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba-PR. 17:10-27.

SALAMUNI, E. 1998. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista-Rio Claro, 214 p.

SALAMUNI, E.; SALAMUNI, R.; EBERT, H.D. 1999. Contribuição à geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Bol. Paranaen. de Geociên.**, (47):123-142.

SANTOS, I. 2001. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento. 372p.

SANTOS, L. J. C.; FIORI, C. O.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. S. 2006. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 3-11.

SIGA Jr., O.; BASEI, M.A.S.; PASSARELLI, C.R.; HARARA, O.M.; SATO, K.; CURY, L.F.; PRAZERES FILHO, H.J. dos. 2007. Geocronologia de rochas gnássico-migmatíticas e sienograníticas do Núcleo Setuva (PR): implicações tectônicas. **Ver. Bras. de Geociên.** 37(1): 114-128.

SIGA Jr., O.; BASEI, M.A.S.; REIS NETO, J.M.; MACHIAVELLI, A.; HARARA, O.M. 1995. O Complexo Atuba: um cinturão Paleoproterozóico intensamente retrabalhado no Neoproterozóico. **Bol. IG-USP, Sér. Cient.**, 26:68-98.

SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. SUREHMA. 1992. **Portaria nº 20, de 12 de maio de 1992**. Enquadra os cursos d'água da Bacia do Rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná. Disponível em: < <http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/enquadramento-b-iguacu.pdf>>. Acesso em: fev 2011.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. SUDERHSA. 1998. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná: Unidades Aquíferas e Produção**. Curitiba-PR.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. SUDERHSA. 2000. Mapeamentos de abrangência do Estado do Paraná e mapeamentos de abrangência da bacia do Alto Iguaçu. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>>. Acesso: jul 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. SUDERHSA. 2004. **Aquífero Guabirotuba**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=61>>. Acesso em: jul 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. SUDERHSA. 2010. **Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas – Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Produto 1.2 – Parte B)**. Revisão Final. Curitiba-PR. 144p.

TALAMINI NETO, E. 2001. **Caracterização geotécnica do subsolo de Curitiba para o planejamento de ocupação do espaço subterrâneo**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 223p.

VIANA, T.R.; CELLIGOI, A. 2002. **Análises das Reservas de Águas Subterrâneas do Aquífero Serra Geral em Londrina: Recarga e Consumo**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, SC.

VON SPERLING, M. 2005. **Introdução à Qualidade das Águas e de Esgotos**. – 3 ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.

WHITE, I.C. 1908. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617.

ZALÁN, P.V.; OLIVEIRA J.A.B. 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, 13(2): 269–300.

GLOSSÁRIO

Álico: condição química de um solo com muito baixo potencial nutricional abaixo da camada arável com alta saturação por alumínio.

Argila: denominação de uma classe de minerais. No sentido granulométrico (tamanho) refere-se a partículas com diâmetro menor que 0,002 mm.

Areia: constituída predominantemente pelo quartzo, com fração granulométrica de 0,002 a 2 mm de diâmetro.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC): é a capacidade da argila em adsorver elementos químicos e trocá-los por outros elementos na solução do solo.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): representa a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Dendrítrico: padrão de drenagem em que as confluências lembram galhos (dendron) de uma planta quando vista em mapa, comum em terrenos sem estruturas importantes que condicionem a erosão dos vales.

Descrição morfológica: descrição do solo em campo. Compreende o registro das suas características por meio do estudo e do exame do seu perfil em seu meio natural.

Distrófico: condição química do solo abaixo da camada arável, com baixo potencial nutricional, mas com saturação por alumínio média/baixa.

Dobra: feição estrutural de encurvamento de camadas ou bandas rochosas originada por esforços tectônicos ou diastróficos.

Dobramento: processo geológico em que se produz uma dobra por meio de tensões na rocha em ambiente dúctil ou dúctil-rúptil.

Eutrófico: condição química de um solo com elevado potencial nutricional abaixo da camada arável.

Falhamento: processo geológico em que se produz uma falha por meio de tensões na rocha em ambiente rúptil ou rúptil-dúctil.

Fontes Estacionárias: qualquer instalação, equipamento ou processo natural ou artificial, em local fixo, que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera.

Friável: condição fofa de solo úmido que se desfaz com leve pressão entre o polegar e o indicador.

Grábens: Estrutura de falhas gravitacionais com um bloco central abatido. Quando de dimensões maiores corresponde a um rift.

Horizonte: camadas diferenciadas pela cor, textura e estrutura do solo, originadas no processo de intemperização e pedogênese do material de origem (geralmente rocha).

Horste: bloco soerguido entre falhas paralelas ou sub-paralelas com forte ângulo de mergulho. São as estruturas tectônicas positivas dentro de um sistema de falhas gravitacionais em blocos.

Intemperismo: ou meteorização, é o conjunto de alterações físicas, químicas e biológicas que provocam alterações nas rochas e minerais quando expostos à superfície.

Leucossoma: fase granitóide originada por fusão parcial e/ou por metassomatismo e que permeiam porções máficas (paleossoma). Em migmatitos heterogêneos é também chamada de neossoma.

Lineamento: feição isolada ou conjunto de feições de topografia, de drenagem ou de variação de tonalidade em imagem (foto aérea, satélite etc) ou em mapa topográfico que se apresenta como um alinhamento e que reflete elementos da estrutura geológica, como direções de camadas, de xistosidade, de falha, de cinturão de cisalhamento, de sistema de fraturas.

Matacão: ou Boulder, são grandes blocos de rocha arredondados, produzidos pelo processo de intemperismo químico ou pelo desgaste de blocos arrastados por correntes fluviais.

Matéria orgânica: restos vegetais e animais muito decompostos.

Nível Taxonômico: classificação de solos taxonômica é aquela em que o propósito é revelar relações das características mais importantes dos solos.

Ordem: primeiro nível da hierarquia de classificação do solo.

Partículas Inaláveis (PI): podem ser definidas como aquelas que possuem diâmetro aerodinâmico menos que 10 µm. As partículas inaláveis podem ser classificadas como finas (diâmetro <2,5 µm) e grossas (diâmetro maior que 2,5 µm e menor que 10 µm).

Partículas Totais em Suspensão (PTS): podem ser definidas como aquelas que possuem diâmetro aerodinâmico menor que 50 µm.

Pediplanação intermontana: região aplainada (peneplano) localizada em região intermontana, que compreende locais entre 1000 m a 1100 m, caracterizada por apresentar capeamentos pedimentares, litossolos e/ou extensos afloramentos.

Perfil de solo: conjunto de horizontes e/ou camadas até o material de origem.

Permeabilidade: facilidade com que sólidos (raízes), líquidos e gases passam no espaço poroso do solo.

pH: índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer.

Playa-Lake: bacia plana e extensa de região desértica, muitas vezes rebaixada pela deflação eólica, onde se forma lago raso em épocas de chuvas, depositando-se camada superficial de lama que endurece no tempo seco (conceito de playa).

Saprólito: rocha decomposta por intemperismo químico para um material argiloso, variavelmente friável, na dependência da rocha original e do clima, podendo conter quartzo e outros minerais resistentes à alteração e preservando, frequentemente, muitas das estruturas da rocha são subjacente.

Silte: fração granulométrica maior que da argila, mas menor que da areia.

Soerguimento: elevação da superfície terrestre decorrente da ação de processos geológicos.

Terraços aluvionares: depósito de material aluvionar mais antigo e posicionado em nível mais alto do que o da atual planície aluvionar, e que ficou como testemunho de um período da evolução desta planície.

Textura: proporções de argila, silte e areia no solo.

Trado: equipamento utilizado para coleta de amostras de solo.

APÊNDICES

APÊNDICE I – Estudo de dispersão atmosférica de poluentes para o Contorno Norte de Curitiba

APÊNDICE II – Estudo de modelagem matemática de ruídos para o Contorno Norte de Curitiba

APÊNDICE III – Registro fotográfico do monitoramento de ruídos e vibrações para o Contorno Norte de Curitiba



APÊNDICES

APÊNDICE I

APÊNDICE I

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DE POLUENTES PARA O CONTORNO NORTE DE CURITIBA

Execução:

ENVEx ENGENHARIA E CONSULTORIA AMBIENTAL S/S LTDA EPP			
ENGENHEIRO AMBIENTAL, MSc.	HELDER RAFAEL NOCKO	CREA/PR 86.285/D	CTF IBAMA 1563032
ENGENHEIRO CIVIL, MSc.	ANDRÉ LUCIANO MALHEIROS	CREA/PR 67.038/D	CTF IBAMA 924222
OCEANOÓGRAFO, MSc.	JEAN BERNA PAIM		
ANALISTA DE PROJETOS AMBIENTAIS	SANDRO VISSOTTO		



EnvEx Engenharia e Consultoria Ambiental S/S Ltda EPP

Av. Presidente Affonso Camargo, 2307, sala 10

Cristo Rei, Curitiba/PR, CEP 80050-370

www.envexengenharia.com.br

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. METODOLOGIA.....	9
2.1. O modelo matemático: aermod, aermet e aermap.....	9
2.2. Modelo de dispersão – aermod	11
2.3. Processador dos dados meteorológicos – aermet.....	11
2.4. Processador dos dados topográficos – aermap	13
3. ÁREA DE ESTUDO.....	14
4. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO E DADOS DE ENTRADA	17
4.1. Condições meteorológicas e arâmetros superficiais da região.....	17
4.2. Dados Topográficos.....	19
4.3. Estimativa das Emissões Veiculares	22
4.4. Concentrações de Fundo (<i>Background</i>)	24
5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO	25
5.1. Partículas Totais em Suspensão	25
5.2. Monóxido de carbono	28
5.3. Óxidos de nitrogênio	31
5.4. Resumo dos resultados	34

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 34

REFERÊNCIAS 36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de domínio de modelagem	15
Figura 2 – Grades de receptores (a maior com espaçamento de 1000 m e a menor com resolução com 200 m).....	16
Figura 3 – Rosa-dos-ventos para a região	18
Figura 4 – Topografia da região de Estudo.....	21
Figura 5 – Máximas concentrações anuais de PTS.....	27
Figura 6 – Máximas concentrações médias de 24 horas de PTS.....	28
Figura 7 – Máximas concentrações horárias de CO	30
Figura 8 – Máximas concentrações médias de 8 horas de CO	31
Figura 9 – Máximas concentrações anuais de NO _x	32
Figura 10 – Máximas concentrações horárias de NO _x	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parametrização da superfície para modelagem	19
Tabela 2 – Evolução de 10 anos da frota diária estimada no projeto organizada nas categorias de emissão.....	23
Tabela 3 – Fatores de emissão por categoria de veículo	23
Tabela 4 – Taxa de emissão dos veículos para o cenário do ano de 2019	24
Tabela 5 – Pontos de máximas concentrações de PTS.....	26
Tabela 6 – pontos de máximas concentrações de CO.....	29
Tabela 7 – Pontos de máximas concentrações de NO _x	31
Tabela 8 – Resumo dos maiores resultados obtidos.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
CNC	Contorno Norte de Curitiba
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
UTM	Universal Transversa Mercator
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
AMS	American Meteorology Society
AERMIC	American Meteorology Society / EPA Regulatory Model Improvement Committee
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
MMA	Ministério do Meio Ambiente
CO	Monóxido de Carbono

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo complementar refere-se à modelagem de dispersão de poluentes atmosféricos para fins de avaliação quantitativa de impactos ambientais sobre a qualidade do ar provenientes da operação do Contorno Norte de Curitiba (CNC), que está em fase de licenciamento ambiental. As principais conclusões embasam o prognóstico ambiental e análise de impactos do EIA/RIMA.

Os impactos sobre a qualidade do ar ocorrem significativamente nas fases de implantação e operação da rodovia. Na etapa de obras, a qualidade do ar é alterada pela utilização de maquinário e veículos pesados, serviços de terraplenagem e manuseio de material fragmentado (solo, brita, areia, etc.). Nesta etapa são emitidos diversos poluentes para a atmosfera, mas destaca-se o material particulado que é suspenso no ar.

Na etapa de operação, a emissão mais significativa de poluentes é gerada na combustão dos motores dos diferentes tipos de veículos. Outras fontes menos importantes são os desgastes de pneus e dos sistemas de frenagens, além de ressuspensão de material particulado depositado no asfalto. Entretanto, um trecho de contorno rodoviário, como é o caso em estudo, tende a transferir o tráfego de um local para o outro, não sendo geralmente responsável pelo aumento dele de maneira regional. Isso significa que, embora haja aumento de poluição na sua área de influência direta, há, por outro lado, redução da poluição em outras vias, de onde será desviada parte da frota circulante. Sabe-se que o trânsito mais lento em função de congestionamentos e necessidades de acelerações e frenagens tende a gerar mais poluição. O contorno a ser construído privilegiará a melhor fluência do trânsito e, conseqüentemente, a redução da poluição em escala regional, ainda, o contorno, permitirá a distribuição da poluição em uma área maior, reduzindo, portanto, os picos de poluição nas áreas mais próximas do centro urbano que ele circunda.

O presente estudo visa avaliar a alteração da qualidade do ar nas áreas diretamente afetada (ADA), de influência direta (AID) e de influência indireta (AII), a fim de garantir que os níveis ambientais se manterão nos padrões de qualidade estabelecidos, garantindo o bem-estar e a saúde da população do entorno do empreendimento.

O estudo é fundamentado a partir do uso da ferramenta de simulação matemática de dispersão de poluentes a partir do modelo AERMOD, um software desenvolvido pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency) e AMS (American Meteorology Society). Este relatório apresenta a metodologia de estudo, os dados utilizados e os cenários simulados, bem como os respectivos resultados, que são

confrontados à luz da legislação. Ao final do texto são apresentadas as conclusões do estudo, as quais são utilizadas para embasar a classificação dos impactos e proposição de medidas de mitigação de impactos e programas de monitoramento ambiental, caso sejam julgados necessários.

2. METODOLOGIA

Conforme mencionado, as previsões de impactos são feitas com o modelo AERMOD, desenvolvido pela EPA e AMS, com os respectivos módulos adicionais (AERMET e AERMAP). Esse sistema de modelagem é amplamente utilizado em diversos países para estudos de impactos sobre a qualidade do ar. O modelo matemático de dispersão permite calcular as concentrações ambientais na área de influência do empreendimento, com base nas características e taxas de emissões das fontes poluentes que, neste caso, são os veículos. A poluição lançada pelos veículos sofre o processo de dispersão em função das condições meteorológicas e da topografia da região.

A modelagem é utilizada para prognóstico da qualidade do ar na região de interesse, para a fase de operação do contorno. Ou seja, o impacto futuro da qualidade do ar ao longo do CNC é avaliado a partir de estimativas de emissão dos veículos para o cenário do ano de 2019, ano de horizonte do projeto definido no projeto da rodovia.

As concentrações calculadas para o novo empreendimento são somadas às existentes (*background*) e o resultado pode ser confrontado com padrões de qualidade do ar, que devem ser atendidos para garantir a saúde das pessoas e minimizar o impacto sobre o meio ambiente.

2.1. O MODELO MATEMÁTICO: AERMOD, AERMET E AERMAP

A concentração ambiental resultante no meio ambiente pode ser calculada em função das suas emissões (taxas de emissão, altura de lançamento, temperatura dos gases lançados, etc.) e das condições de dispersão (estabilidade atmosférica, altura da camada de mistura, velocidade e direção do vento, etc.). A topografia também é importante no processo de dispersão, uma vez que é capaz de influenciar no campo de ventos e na intercepção de plumas de poluição.

Um modelo de dispersão tenta reproduzir física e quimicamente os processos que ocorrem na atmosfera e fornecer como resultado final a concentração gerada a partir das emissões e condições meteorológicas e topográficas.

Desta forma, um modelo é capaz de estimar a concentração para qualquer ponto no entorno de empreendimentos, permitindo a simulação de diferentes cenários, reais ou hipotéticos, como é o caso dos cenários a serem simulados para o CNC. Neste caso, o modelo é muito útil também para a previsão de impactos ambientais de diversos tipos de empreendimentos, permitindo simular os impactos da operação deste trecho de rodovia ainda não existente.

Detalhadamente, o sistema de modelagem é composto de três módulos: AERMOD, AERMET e AERMAP. Opcionalmente, pode-se ainda utilizar o AERSURFACE (para parametrização da superfície) e outros módulos. Eles são programados em linguagem FORTRAN 90 (Compaq Visual Fortran). Resumidamente o processamento computacional de cada módulo de modelagem se dá da seguinte maneira: 1) configuram-se os arquivos de entrada (*input*), em que estão definidos opções de simulação, arquivos de leitura e outras informações sobre as opções de saída (*output*); 2) executa-se o programa, que lê o arquivo de entrada, processa-o e gera o(s) arquivo(s) de saída (*output*).

O sistema geral de modelagem funciona da seguinte maneira:

- Configuram-se as opções de modelagem;
- Inserem-se dados das fontes de emissão;
- Delimita-se o domínio de modelagem e os receptores (pontos onde se realizarão os cálculos de concentrações);
- Configuram-se os arquivos de terreno, que são processados pelo AERMAP;
- Configuram-se os arquivos de meteorologia, que são processados pelo AERMET;
- As características da superfície podem ser fornecidas ao modelo através do módulo AERSURFACE;
- A influência de edificações no processo de dispersão pode ser avaliada pelo programa chamado BPIP;
- Com base nas saídas destes dois programas e dos dados das fontes e dos receptores, executa-se o módulo AERMOD.

Neste trabalho, o AERMOD foi utilizado na sua versão 11103.

A seguir, cada módulo do sistema de modelagem de dispersão utilizado neste estudo é detalhado.

2.2. MODELO DE DISPERSÃO – AERMOD

O nome AERMOD vem da composição do AERMIC – American Meteorology Society / EPA Regulatory Model Improvement Committee. O AERMOD representa a dispersão através da teoria de uma situação de equilíbrio (*steady state*) de pluma gaussiana (função de probabilidade de Gauss – a distribuição normal). O AERMOD é robusto no tratamento das informações meteorológicas (pelo AERMET) e das topográficas (pelo AERMAP).

Em resumo, os passos para a implementação do AERMOD incluem:

- Obtenção de dados meteorológicos, com informações de superfície (estação/torre meteorológica) e de altitude (radiossondagem);
- Obtenção de dados digitais de elevação de terreno;
- Levantamento das emissões e das características das fontes (informações sobre a chaminé e taxas de emissão, por exemplo);
- Caracterização do local, levando em conta o tipo da superfície da região (urbana, floresta, mista, etc.) e outros aspectos importantes para o modelo;
- Processamento de dados meteorológicos e cálculo de variáveis necessárias pelo AERMOD, mas não medidas – AERMET;
- Processamento dos dados topográficos e cálculo de parâmetros que são usados pelo AERMOD para consideração da elevação do terreno – AERMAP;
- Processamento do modelo AERMOD, utilizando todas as informações pré-processadas;
- Pós-processamento dos resultados, cálculo de médias e confecção de mapas e tabelas para melhor interpretação dos resultados.

2.3. PROCESSADOR DOS DADOS METEOROLÓGICOS – AERMET

Como dados de entrada para a simulação com o AERMOD é necessário fornecer arquivos com o histórico de condições meteorológicas, com dados de superfície e de altitude (perfil atmosférico).

Em geral, utilizam-se dados superficiais de pressão, temperatura, radiação solar, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento e outras variáveis superficiais que estejam disponíveis nos dados das estações meteorológicas. As radiossondagens fornecem dados de pressão, temperatura, umidade e vento para várias altitudes, que são utilizados principalmente para o cálculo da altura da camada limite atmosférica e outros parâmetros de turbulência.

Estes dados servem inicialmente para alimentar o módulo AERMET, que é o pré-processador meteorológico. O AERMET tem dois objetivos principais: calcular elementos meteorológicos secundários necessários para o AERMOD e formatação dos arquivos para sua utilização. Os dados mínimos recomendados para a modelagem são (conforme manuais do modelo (EPA, 2004)):

- Velocidade e direção do vento na superfície;
- Temperatura de bulbo seco na superfície e dos níveis da atmosfera até 5000 m de altitude;
- Cobertura de nuvem (total e opaca);
- Altura da base das nuvens (*ceiling height*).

No Brasil, os dados de meteorologia não são originalmente disponibilizados em formatos adequados para a direta utilização nos modelos de origem norte-americana, por isso, precisam ser pré-processados, com alteração de tipos de arquivos de armazenamento (por exemplo CD-144 ou SAMSON para os dados de meteorologia), unidades físicas em que são armazenados (nós ou metros por segundos, para velocidade do vento), etc. Neste trabalho utilizam-se os dados da Estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e a Estação de Radiossondagem localizadas no Aeroporto Internacional de Curitiba.

O AERMET foi desenvolvido para ser processado em três estágios e para operar com vários tipos de dados, tanto de superfície quanto de radiossondagens. O primeiro estágio extrai os dados a partir de dois arquivos nos formatos adequados. Ainda no primeiro estágio, os dados são auditados, passando por um controle de qualidade para verificação de falhas nos arquivos ou nos valores dos dados. Após a extração destes dados, em um segundo estágio, os dados de superfície e radiossondagens, contidos em dois arquivos separados são combinados e escritos em um único arquivo, com variação horária. Este é apenas um arquivo intermediário, lido no terceiro estágio do processamento do AERMET para gerar informações diversas, como parâmetros da camada limite atmosférica para cálculo da dispersão de poluentes. Nesta etapa, geram-se dois arquivos finais, um contendo os dados de

superfície (medidos e calculados) e outro contendo dados do perfil da atmosfera (a partir das informações das radiossondagens e cálculos realizados pelo AERMET).

2.4. PROCESSADOR DOS DADOS TOPOGRÁFICOS – AERMAP

O AERMAP é o módulo computacional que tem a função de receber os dados de topografia, localização das fontes de emissão e receptores e processá-los para serem usados nos arquivos de controle do AERMOD.

A importância da utilização de dados de terreno através do AERMAP ocorre pela necessidade de encontrarem-se pontos influenciados pela dispersão dos poluentes devido à topografia da região estudada.

São preparados dois arquivos de entrada para que o AERMAP gere os resultados necessários ao AERMOD. A seguir são descritos esses arquivos:

➤ Arquivo denominado AERMAP.INP, contendo:

- Nome do arquivo de modelo digital de terreno a ser utilizado;
- Tipo de dado de modelo digital de terreno utilizado;
- Domínio dentro do qual o modelo será implementado e que contém todas as fontes, receptores e locais próximos com elevação significativa;
- Algumas definições quanto ao *datum* utilizado e outras opções do programa; e,
- Definição das coordenadas das fontes de emissão (opcional) e dos receptores de interesse.

➤ Arquivo contendo os dados do modelo digital do terreno, ou seja, com dados de elevação no domínio.

3. ÁREA DE ESTUDO

O domínio de modelagem refere-se a uma área de 20 x 20 km, na qual se distribuíram duas grades de receptores, uma com espaçamento de 1000 m entre os receptores e outra com espaçamento 200 m na Área de Influência Direta, em um buffer de 500 m no entorno da faixa de domínio do CNC. Desta forma, toda a área de 400 km² é modelada e a área efetivamente mais impactada do entorno direto da rodovia é avaliada em maior resolução, suficiente para uma boa análise dos máximos impactos previstos. Para consistência matemática da simulação, não foram considerados receptores que se localizassem sobre a faixa de domínio da rodovia, ou seja, sobre a linha de emissão.

A Figura 1 apresenta a área de domínio da modelagem de dispersão e mostra que existem alguns trechos em que o traçado do CNC passa por locais de alta densidade populacional na sua área de influência, principalmente na porção sudoeste de Colombo, onde se verifica o efeito de conurbação com a cidade de Curitiba. Entretanto, em diversos trechos a densidade habitacional é bastante reduzida. Observam-se na figura as demais rodovias de grande fluxo na região, que também são fontes de poluentes. Conforme já mencionado, parte do fluxo do CNC será desviada dessas outras rodovias. Verificou-se durante dos trabalhos de diagnóstico ambiental, que a Avenida Santos Dumont também possui tráfego intenso, comparável com as demais rodovias (embora com velocidades de tráfego menores), pois é uma ligação importante entre a porção urbana mais adensada de Colombo e a Rodovia da Uva (PR- 417).

Na Figura 2 apresentam-se as malhas de receptores discretizados (pontos onde são calculadas as concentrações geradas pelas emissões da rodovia). No total, são calculadas as concentrações em 1113 pontos. Na seção de resultados, os máximos valores são apresentados em forma de tabela e os 1113 valores são mostrados espacializados em mapas, nos quais são definidas também as respectivas isopletras (linhas de igual concentração).

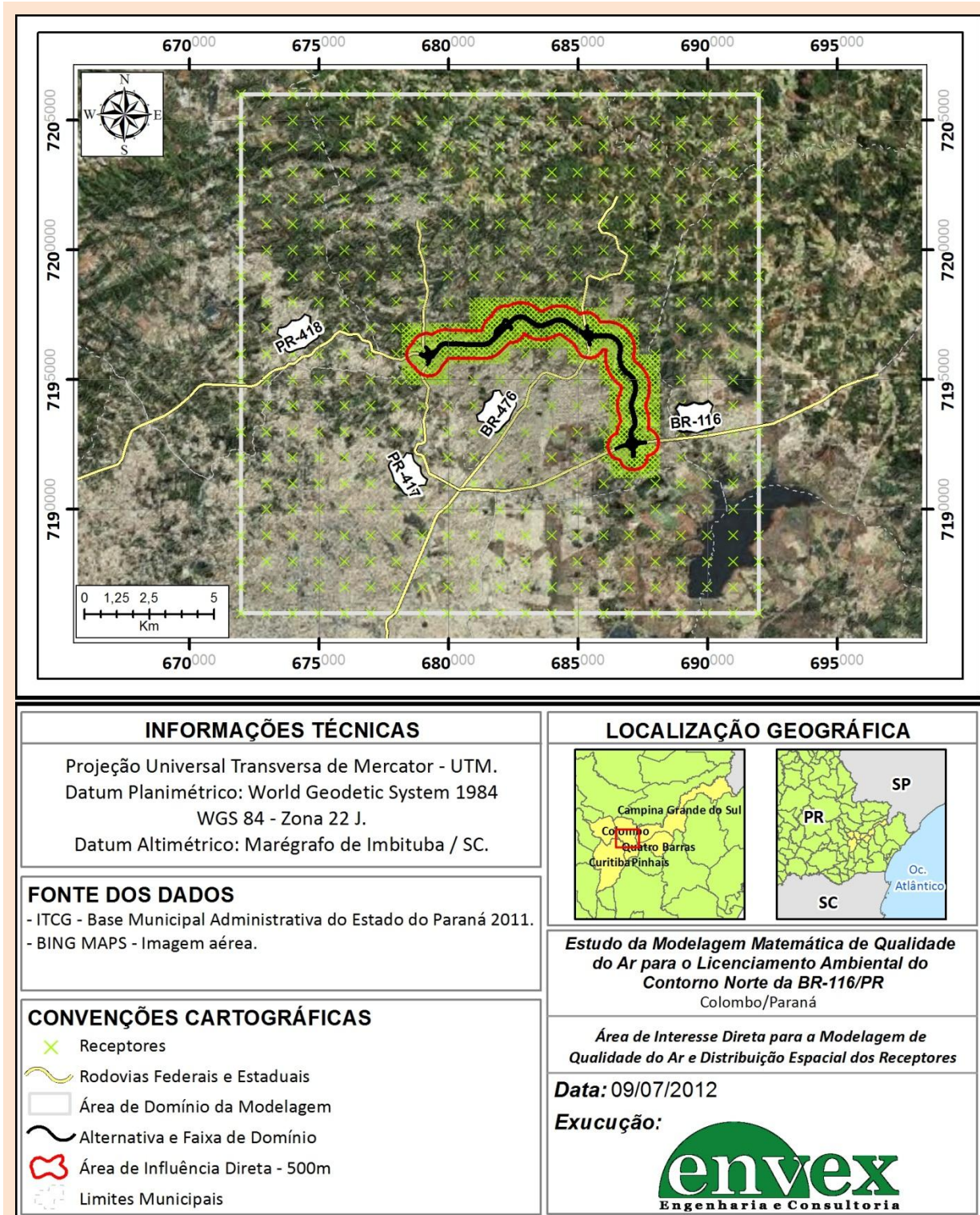


FIGURA 1 – ÁREA DE DOMÍNIO DE MODELAGEM

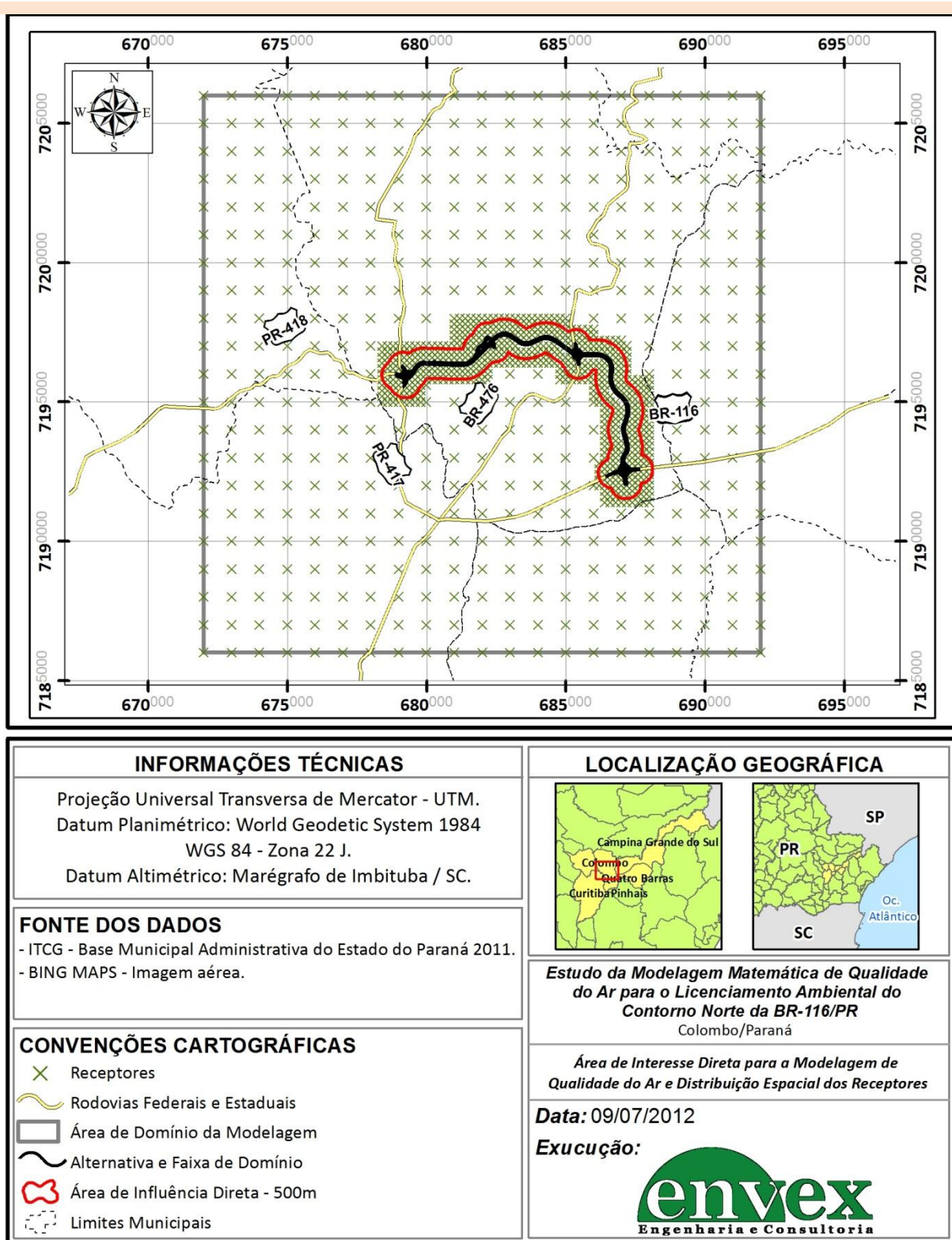


FIGURA 2 – GRADES DE RECEPTORES (A MAIOR COM ESPAÇAMENTO DE 1000 M E A MENOR COM RESOLUÇÃO COM 200 M)

4. PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO E DADOS DE ENTRADA

4.1. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E ARÂMETROS SUPERFICIAIS DA REGIÃO

No diagnóstico de clima e qualidade do ar, constante no Volume II do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) são apresentadas as condições meteorológicas do local. Elas são fundamentais no processo de dispersão de poluentes, pois definem o comportamento da atmosfera e o transporte das substâncias, difusivo, advectivo e turbulento. Dentre as principais variáveis destacam-se a direção e intensidade do vento, a estabilidade atmosférica e a altura da camada de mistura. Para a análise e processamento das concentrações dos poluentes destacados neste estudo foram utilizados os dados da estação meteorológica de Curitiba do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados processados compreendem o período de 01/01/2004 a 31/12/2007, ou seja, quatro anos. Os dados meteorológicos obtidos junto ao INMET, porém, apresentam falhas de inconsistência ou ausência de medição. Do período de dados analisados, 43,2% dos dados apresentaram problemas, ou seja, apenas 56,7% dos dados apresentaram dados válidos para serem utilizados no estudo.

Dentre as condições meteorológicas, é muito importante a direção para onde a poluição é transportada em função do vento. A Figura 3 mostra que a direção predominante do vento na região é do setor Leste-Sudeste, em aproximadamente 19% dos dados válidos. Há também relevância de ventos do setor Leste, com cerca de 16,5% de ocorrências válidas, e relevância dos ventos provenientes da direção Leste-Nordeste, com mais de 10,1%. Dos dados válidos analisados outros 49,8% das ocorrências referem-se aos outros setores predominância do vento, com destaque às direções Nordeste e Sudeste que apresentam maiores valores. Isso significa que as áreas mais impactadas, em geral, estão entre a faixa Noroeste e Sudoeste das fontes. Da Figura 3, observa-se ainda que aproximadamente 4,6% dos registros válidos de vento representam calmarias (intensidades menores do que 0,5 m/s), o baixo percentual de ocorrências calmarias demonstra um cenário favorável à dispersão de poluentes atmosféricos. O estudo da direção do vento é crucial, afinal é através desta variável que se determina as principais direções para as quais os poluentes atmosféricos irão se dispersar. Neste caso, a tendência é que a dispersão ocorra para Oeste principalmente.

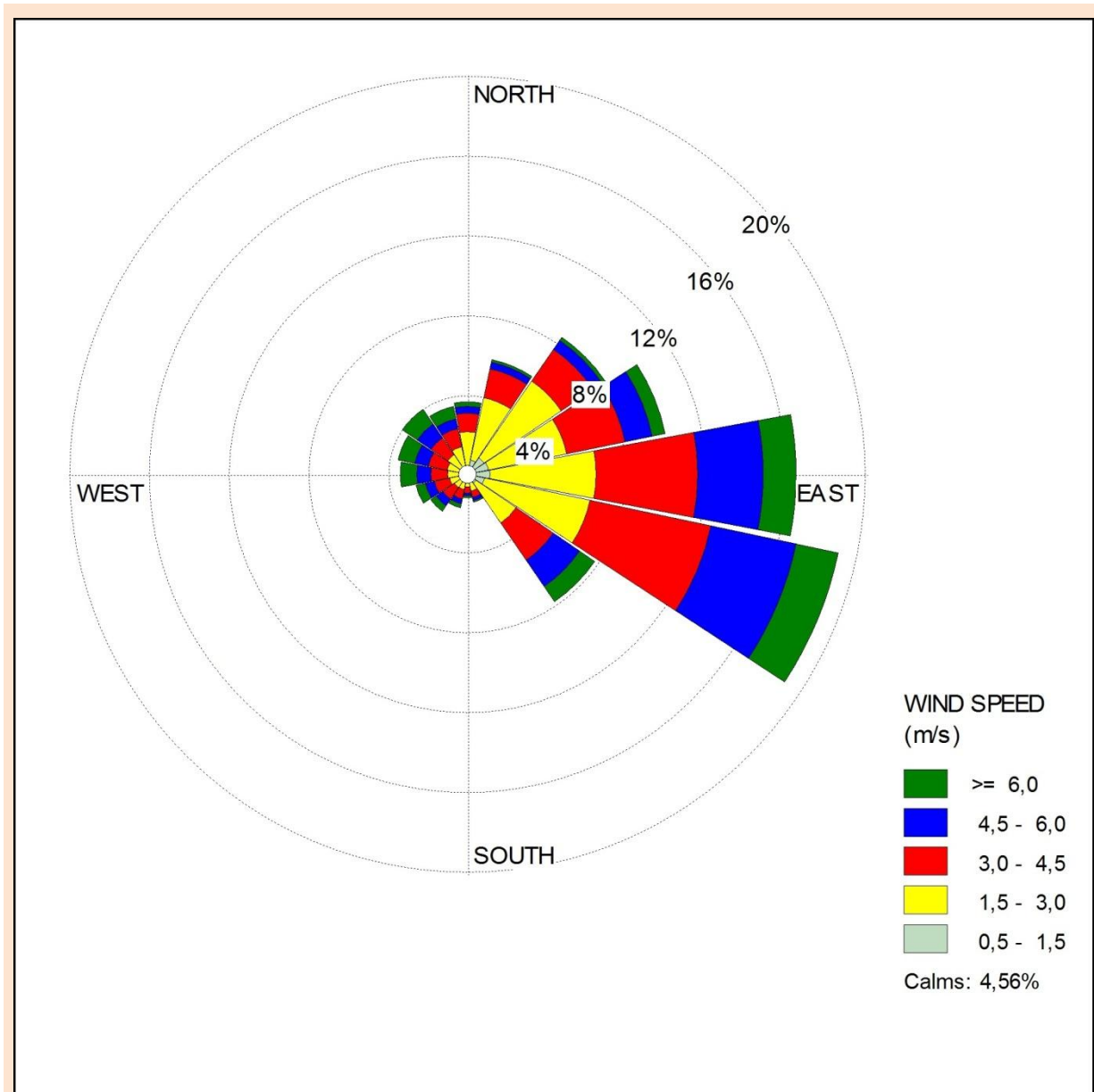


FIGURA 3 – ROSA-DOS-VENTOS PARA A REGIÃO

Além das características climáticas gerais da região, as variações mensal e horária das condições meteorológicas que foram mostradas neste estudo são importantes para a compreensão dos efeitos locais e a influência desses fenômenos nos impactos ambientais do empreendimento, principalmente no meio atmosférico. Os resultados das simulações serão remetidos a essas condições apresentadas no diagnóstico climático, quando necessário.

A interação superfície-atmosfera, principalmente quanto ao balanço de energia e atrito, depende das características da cobertura superficial. A parametrização da superfície é feita com base nas

características de ocupação do entorno. A partir das características do uso do solo predominante e com base na literatura (Stull, 1988; EPA, 2004-a), foram definidos os seguintes parâmetros médios:

- Razão de Bowen – importante na definição de outros parâmetros da camada limite atmosférica, sendo que relaciona o fluxo de calor sensível da superfície (que é um forçante para aquecimento do ar e geração de convecção) com o fluxo de calor sensível (evaporação);
- Rugosidade da Superfície – a rugosidade superficial representa o atrito da superfície em função das suas características. Tem fundamental importância na geração de turbulência por ação de vento;
- Albedo da Superfície – representa a radiação solar refletida pela superfície. Este parâmetro depende da ocupação do solo e em alguns casos da estação do ano, uma vez que a vegetação pode ser bastante diferente entre o ciclo anual.

A Tabela 1 ilustra os valores considerados em função dos setores de vento.

TABELA 1 – PARAMETRIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE PARA MODELAGEM

COBERTURA PREDOMINANTE (raio de 3 km)	SETORES DE VENTO	ALBEDO	RAZÃO DE BOWEN	RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE (m)
Urbano/Rural (poucas edificações)	0° a 360°	0,2075	1,256	1,00

4.2. DADOS TOPOGRÁFICOS

Os dados de topografia da região serão processados com base nos dados de Radar da NASA, a agência espacial norte-americana, disponibilizados pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias). A resolução é de 90 m, suficiente para um bom estudo de modelagem da dispersão atmosférica, uma vez que as duas grades de receptores deste estudo são de 200 m e 1000 m de espaçamento.

O processamento dos dados topográficos é feito através do módulo AERMAP, seguindo-se o seguinte procedimento:

- Obtenção dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que possui informação altimétrica para cada área de 90 m x 90 m do território nacional;

- Seleção da área de interesse – como os dados são disponibilizados para grandes áreas, selecionou-se uma região de 20 x 20 km no entorno do empreendimento para utilização nesse estudo;
- Definição das malhas dos receptores, com resoluções de 200 m x 200 m e 1000 m x 1000 m;
- Montagem final dos arquivos de entrada;
- Geração dos arquivos necessários ao AERMOD (receptores com respectiva topografia).

Observa-se pela Figura 4 que o traçado do CNC passa por terrenos levemente ondulados, com cotas predominantemente de 900 a 970 m. Entretanto, na região noroeste e norte da área de domínio de modelagem as cotas são mais elevadas, passando de 1200 m de altitude. As áreas mais baixas e com topografia menos acidentada encontram-se na porção sul e sudeste do traçado do contorno, com cotas mínimas da ordem de 880 m. Como as fontes de emissão (veículos) estarão no eixo do traçado da rodovia, espera-se que as concentrações sejam mais elevadas onde o terreno é consideravelmente mais alto do que as cotas de emissão. Por outro lado, como o vento sopra pouco para essas direções (para norte e noroeste), as concentrações médias são amenizadas ao longo do ano. O AERMOD processa essas cotas no modo terreno complexo (“COMPLEX”).

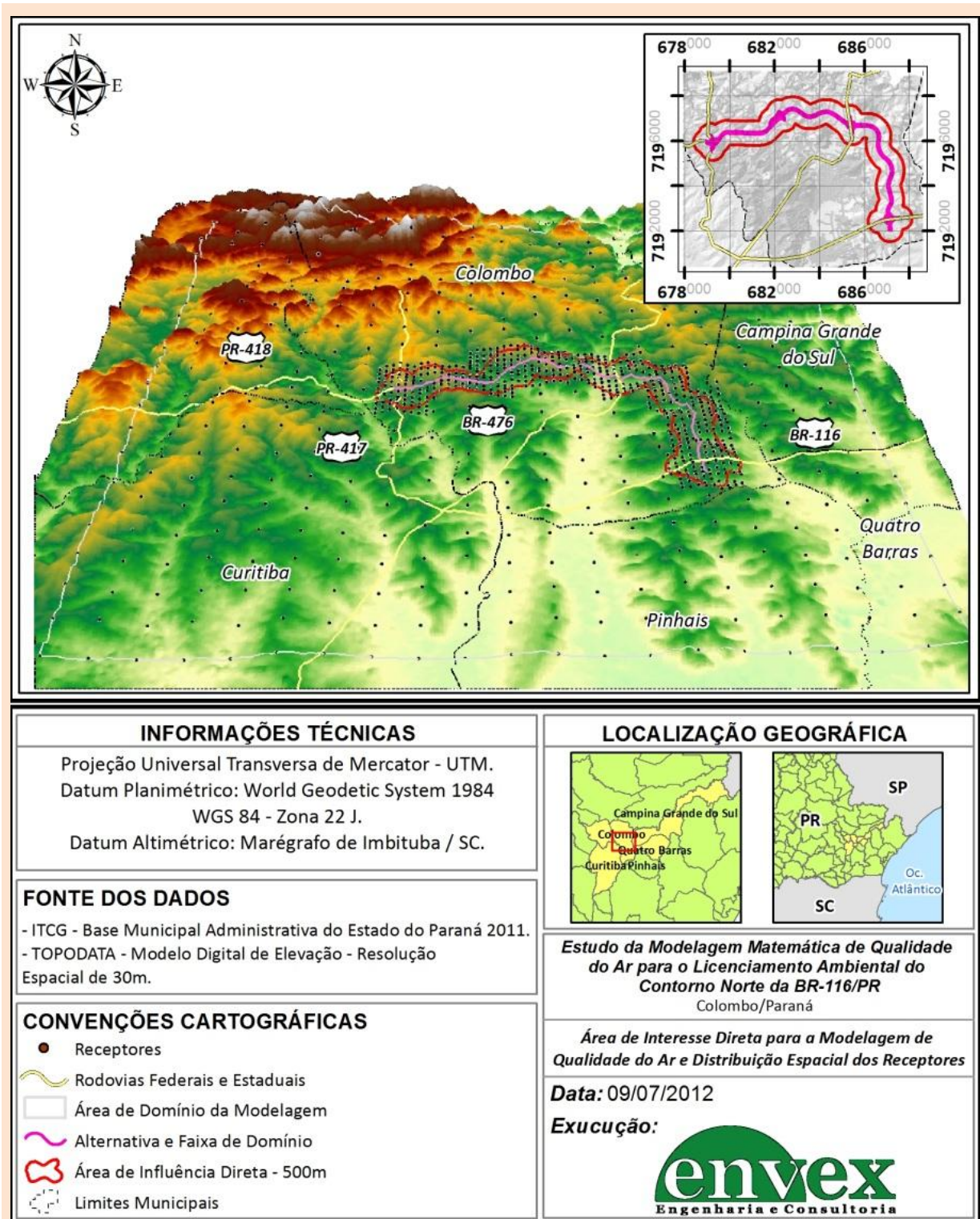


FIGURA 4 – TOPOGRAFIA DA REGIÃO DE ESTUDO

4.3. ESTIMATIVA DAS EMISSÕES VEICULARES

Para a previsão de impactos na fase de operação da rodovia, consideram-se as emissões originadas pela frota circulante, exclusivamente as geradas no processo de queima de combustível. Existem outras fontes que interferem na qualidade do ar regional, dentre elas diversos empreendimentos industriais. Com base nas medições feitas no local e nos dados da rede de monitoramento da qualidade do ar do IAP (Instituto Ambiental do Paraná) essas contribuições estão consideradas nas concentrações de fundo da região.

A partir de dados do estudo de tráfego do projeto funcional do contorno foram determinadas as classes e a quantidade de veículos que irão trafegar pela via ao longo da implantação do projeto. Para estimar as emissões de poluentes utilizou-se a projeção de tráfego diário para os próximos anos no trecho a ser implantado (ENGEFOTO, 2010). Cada tipo de combustível, de acordo com a sua composição, apresenta um fator de emissão para cada substância originada no processo de combustão. Portanto, a partir dos dados da frota circulante e dos fatores de emissão, estimam-se as emissões totais do trecho de rodovia.

Para o cálculo das taxas de emissão que serão empregadas no modelo de dispersão atmosférica foram utilizados os fatores de emissão de poluentes segundo a classificação dos veículos por categoria. Fatores de emissão alternativos devem considerar a idade dos veículos da frota circulante, o respectivo tipo de combustível e a quilometragem rodada. O presente estudo utiliza os fatores de emissão sugeridos no Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA, 2011a) em conjunto com as estimativas de idade da frota, conforme o Programa de Controle de Poluição Veicular do Estado do Paraná (CEMA, 2011). Optou-se por utilizar os fatores classificando os veículos em quatro categorias, conforme Cancelli e Dias (2011):

- automóveis e veículos comerciais leves (CP);
- motocicletas (Moto);
- caminhões leves, médios e pesados (Caminhões);
- ônibus urbanos e rodoviários (Ônibus).

O cenário de emissões estudado corresponde à projeção do tráfego para o ano de 2019, supondo que este é o cenário mais crítico devido ao maior número de veículos no horizonte do projeto.

Segundo o estudo de tráfego do futuro empreendimento é previsto um crescimento de 3% ao ano na frota que se beneficiará com a via. Desta forma, ao longo de 10 anos o tráfego passará de, aproximadamente, 9.281 veículos/dia (em 2010) para 14.324 veículos/dia (em 2019), sendo cerca de 30% desse valor correspondente a veículos pesados. A Tabela 2 mostra a evolução da frota de projeto, organizada nas categorias para posterior cálculo das emissões. A tabela não apresenta a frota de motocicletas por elas serem pouco influentes para os parâmetros de projeto e, por isso, elas não têm suas emissões estimadas neste trabalho.

TABELA 2 – EVOLUÇÃO DE 10 ANOS DA FROTA DIÁRIA ESTIMADA NO PROJETO ORGANIZADA NAS CATEGORIAS DE EMISSÃO

CATEGORIAS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CP	6072	6254	6442	6635	6834	8447	8700	8961	9230	9507
MOTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAMINHÕES	3150	3244	3342	3442	3545	4198	4324	4453	4586	4723
ÔNIBUS	59	61	63	65	67	83	85	88	91	94
TOTAL	9281	9559	9847	10142	10446	12728	13109	13502	13907	14324

Os fatores de emissão para esta classificação são mostrados a seguir (Tabela 3).

TABELA 3 – FATORES DE EMISSÃO POR CATEGORIA DE VEÍCULO

CATEGORIAS	CO	NO _x	RCHO	NMHC	CH ₄	PTS	CO ₂
CP	1,2	0,4	0,01	0,4	0,15	0,015	210,0
MOTO	3,0	0,15	-	0,5	0,1	0,01	210,0
CAMINHÕES	1,0	0,4	-	5,0	-	0,15	445,0
ÔNIBUS	1,1	0,5	-	9,0	-	0,2	445,0

As concentrações que serão estudadas se referem àquelas para as quais a legislação prevê padrões de qualidade do ar e que são mais representativas para a frota veicular. Neste caso, as substâncias analisadas compreendem o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e partículas totais em suspensão (PTS).

De acordo com o 1^o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA, 2011), o teor de enxofre (S) no combustível tem influência significativa nas emissões de MP por motores de ciclo diesel. O enxofre no combustível é oxidado durante a combustão para formar dióxido de enxofre (SO₂), que é o composto sulfuroso primário emitido pelo motor. Parte do SO₂ pode ser oxidada a sulfatos. Sulfatos e água se aglutinam ao redor de núcleos de carbono do material particulado, aumentando a sua massa. Tipicamente, a taxa de conversão de dióxido de enxofre a sulfatos é de 1%. No entanto, com a utilização de catalisadores de oxidação, no sistema pós-tratamento de emissões, pode aumentar a taxa de conversão para até 100%.

Desta forma, com um sistema eficaz de pós-tratamento de emissões, todo o dióxido de enxofre é convertido em sulfato e eliminado sob a forma de material particulado. Em MMA (2011) as emissões de MP são calculadas considerando a conversão do enxofre em sulfatos, através de metodologia específica.

As emissões abordadas neste estudo foram estimadas a partir do pressuposto de que elas são geradas a partir de uma fonte em linha, ou seja, uma taxa de emissão por quilômetro de rodovia. O cálculo da quantidade de poluentes que será emitido pelos veículos ao longo da via poderá então ser obtido segundo a equação:

$$E_{linha,i} = F_{r,j} \times F_{e,i} \times L,$$

onde $E_{linha,i}$ é a quantidade de emissão do poluente i (em g/dia), $F_{r,j}$ é a quantidade total de veículos da categoria j que circulam na via de interesse por dia (veículos/dia), $F_{e,i}$ é o fator de emissão do poluente i (em g/km) e L é o comprimento total da via por onde circulam os veículos (em km).

O comprimento da via será de aproximadamente 12 km, de acordo com dados do projeto. O número de veículos por categoria foi estimado por ENGEFOTO (2010) e são apresentados na Tabela 4, com os respectivos fatores de emissão de cada poluente. Estes são convertidos para g/s (gramas por segundo) segundo a conversão de unidades dada por:

$$E_{linha,i} [g / s] = E_{linha,i} [g / dia] / 86.400$$

TABELA 4 – TAXA DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS PARA O CENÁRIO DO ANO DE 2019

VEÍCULOS	TAXAS DE EMISSÃO (g/s)			
	TRÁFEGO DIÁRIO	CO	NO _x	PTS
CP	9507	1,7646	0,5882	0,0221
CAMINHÕES	4723	0,7306	0,2922	0,1096
ÔNIBUS	94	0,0160	0,0073	0,0029
TOTAL	14324	2,5112	0,8877	0,1346

4.4. CONCENTRAÇÕES DE FUNDO (BACKGROUND)

No diagnóstico de clima e qualidade do ar, constante no Volume II deste EIA constam os detalhes sobre as concentrações regionais, que foram determinadas com base em dados primários monitorados através de uma campanha de monitoramento de partículas totais em suspensão (PTS) e em dados secundários da rede de monitoramento do IAP.

De acordo com o relatório de qualidade do ar da Região Metropolitana de Curitiba referente ao ano 2010, publicado pelo IAP, o PTS apresentou média anual de $62,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Portanto, em 2010, a média anual esteve abaixo do permitido pela legislação, que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para este parâmetro. Nesta estação, entretanto, a média diária máxima para esse ano foi de $539 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em 25 de agosto de 2010. Esta concentração de PTS está acima da média diária máxima estabelecida pela Resolução SEMA 054/06, que é de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ao longo de todo o ano, a média diária máxima foi ultrapassada 11 vezes. Estas violações foram observadas nos meses de inverno, associadas geralmente a condições menos favoráveis para a dispersão de poluentes, conforme mostraram as condições meteorológicas regionais.

Além das partículas totais em suspensão e das partículas inaláveis (que não são simuladas), não foram realizados monitoramentos para outros poluentes na estação de Colombo, no ano de 2010.

5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO

A seguir são apresentados os resultados para os parâmetros com impacto significativo no entorno. São mostradas as máximas concentrações esperadas pela implantação do trecho de rodovia Contorno Norte de Curitiba em forma de tabelas e de isopletras de concentrações. Para comparação com os padrões de qualidade do ar, os resultados obtidos do impacto da rodovia devem ser somados às concentrações de fundo no entorno (concentrações médias regionais), conforme explicado anteriormente.

Apresentam-se os resultados para PTS, CO e NOx que são os poluentes que possuem padrões de qualidade do ar para confrontação dos resultados, e que são os mais importantes a serem avaliados pela frota veicular (MMA, 2011).

5.1. PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO

Os resultados para as concentrações ambientais de PTS são apresentados em função de sua média anual e seus valores máximos diários para todo o período processado (quatro anos).

A Tabela 5 mostra a máxima concentração anual de PTS gerada pelo empreendimento e a máxima média diária obtida para os quatro anos simulados, e os respectivos padrões de qualidade do ar. Indicam-se nas tabelas as coordenadas UTM (em datum WGS 84, zona -22) dos pontos receptores,

que são originados de uma grade com espaçamento de 200 x 200 m no interior da área de impacto direto e de 1000 x 1000 m no restante da área estudada.

TABELA 5 – PONTOS DE MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES DE PTS

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	COORDENADAS (m)		PADRÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Anual	0,37	683000	7197200	80
24 Horas	1,60	679000	7195800	240

Verifica-se que o impacto das emissões automotivas previstas será baixo para as partículas totais em suspensão. Na média anual o maior impacto é de $0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que somado ao background ($62,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), resulta em $62,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que não excede o limite do padrão anual ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para as médias diárias, o impacto máximo é de $1,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que é insignificante perante a concentração já existente e também em relação padrão diário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para as partículas totais em suspensão. No entanto, segundo os dados de background obtidos através do relatório de qualidade do ar da Região Metropolitana de Curitiba referente ao ano 2010, observou-se caso em que o padrão estabelecido para concentração média diária foi excedido em aproximadamente 2,2 vezes. Portanto, espera-se que haja manutenção da qualidade do ar dentro dos níveis estabelecidos, principalmente para as condições adversas de dispersão.

A Figura 5 ilustra os resultados de PTS para os valores máximos anuais. Verifica-se que área de maiores concentrações é a área definida como área de influência direta (500 metros). Para as médias anuais não se observa a dispersão de PTS em direção predominante. Ocorre, no entanto, uma tendência de dispersão mais para o Sul do empreendimento. As concentrações superiores a $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se encontram a uma distância de até 1800 metros ao Sul da rodovia e até 1400 metros para o Norte.

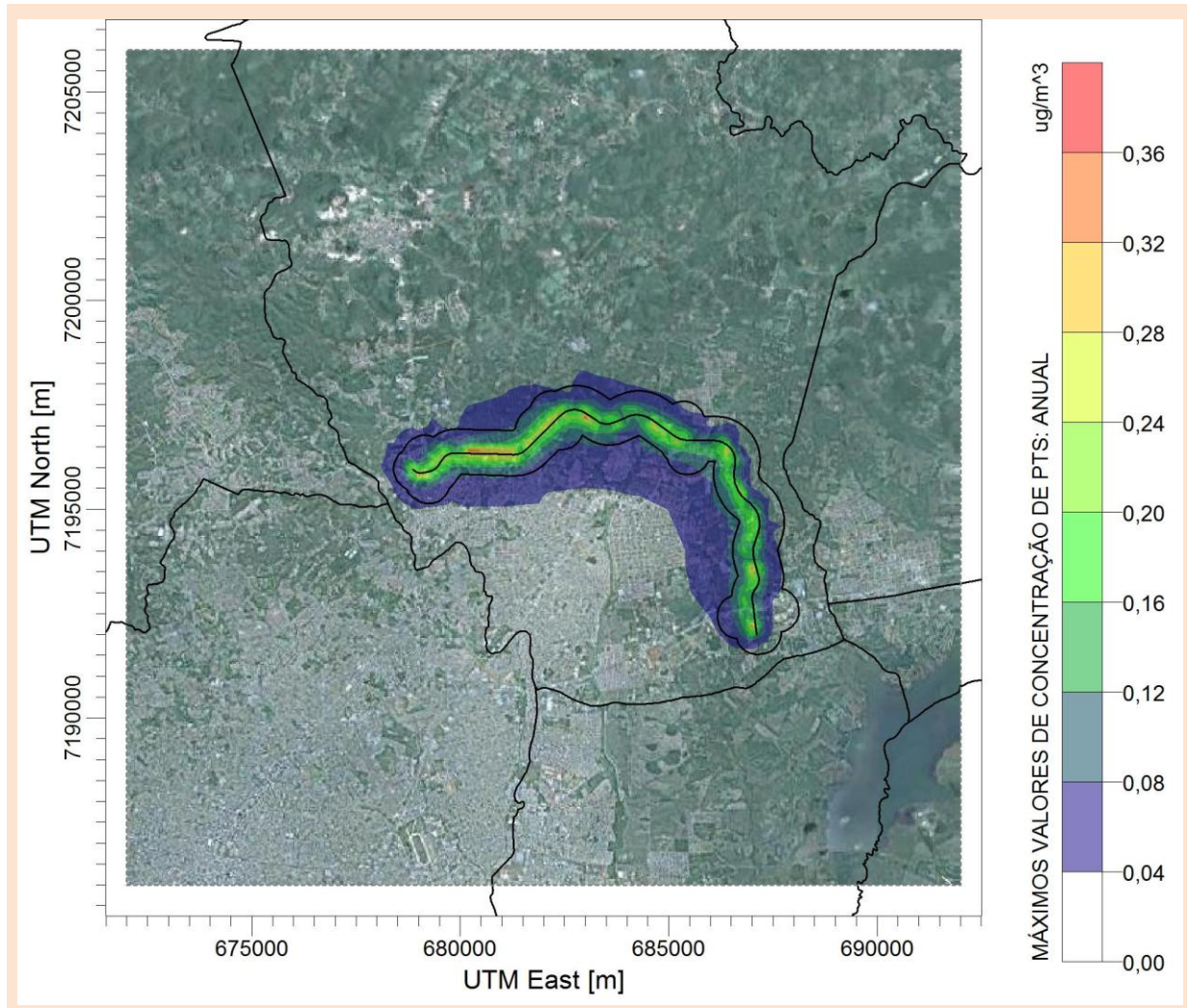


FIGURA 5 – MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES ANUAIS DE PTS

O mapa de isopletas de concentrações médias de 24 h, apresentadas na Figura 6, mostra os máximos valores simulados ao longo dos quatro anos de dados meteorológicos. Há duas situações fundamentais que resultam em áreas com maiores concentrações de curto prazo: proximidade da fonte geradora de poluição e cotas topográficas elevadas em relação à fonte de emissão.

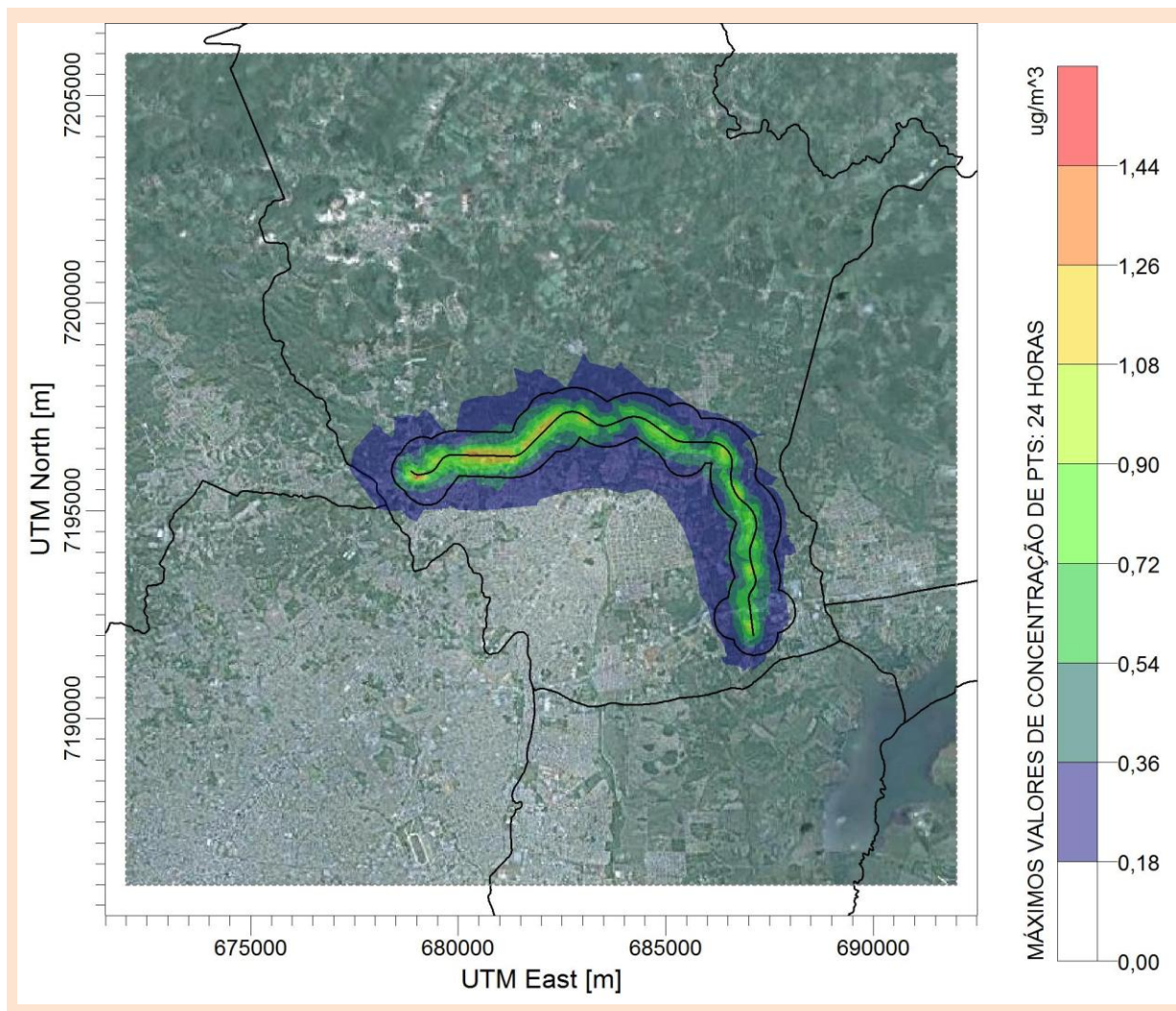


FIGURA 6 – MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE 24 HORAS DE PTS

5.2. MONÓXIDO DE CARBONO

Os resultados de monóxido de carbono são apresentados em médias horárias e de 8 horas, de acordo com a Resolução CONAMA 003/90.

A Tabela 6 apresenta os pontos nos quais foram estimadas as maiores concentrações de CO para as médias horárias e de 8 horas, obtida para os quatro anos de simulação, e o padrão de qualidade do ar. Como não houve monitoramento de emissões de CO durante anos anteriores, na região em questão, não há estimativas de *background* para fins de comparação com a legislação. Na Tabela 6, os pontos receptores de maior concentração são georreferenciados pela mesma grade previamente citada no tópico anterior.

TABELA 6 – PONTOS DE MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES DE CO

PERÍODO	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Coordenadas (m)		Padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1 Hora	119,02	686600	7195600	40.000*
8 Horas	55,86	683000	7197200	10.000*

Verifica-se que as emissões de monóxido de carbono estão bem abaixo dos limites estabelecidos como padrão pela legislação. Para as concentrações horárias de CO, a concentração obtida ($119,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$) corresponde a apenas 0,3% do padrão ($40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e para as concentrações médias de 8 horas a concentração máxima obtida ($55,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$) é inferior a 0,6% da estabelecida como padrão ($10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

A Figura 7 apresenta as isopletras com as máximas concentrações horárias de CO. Observa-se que as emissões estimadas de CO provenientes do empreendimento afetam uma área maior se comparado com a emissão de PTS, principalmente a Oeste e Noroeste da área de influência direta, que são as direções para onde os ventos se deslocam predominantemente. As emissões afetam também para o Norte, podendo alcançar influência significativa há mais de 9Km do empreendimento, extrapolando inclusive o limite da área de modelagem utilizada. Enfatiza-se, entretanto, que mesmo as máximas concentrações podem ser consideradas de baixa magnitude e não são suficientes para causar impactos na saúde das pessoas ou no meio ambiente.

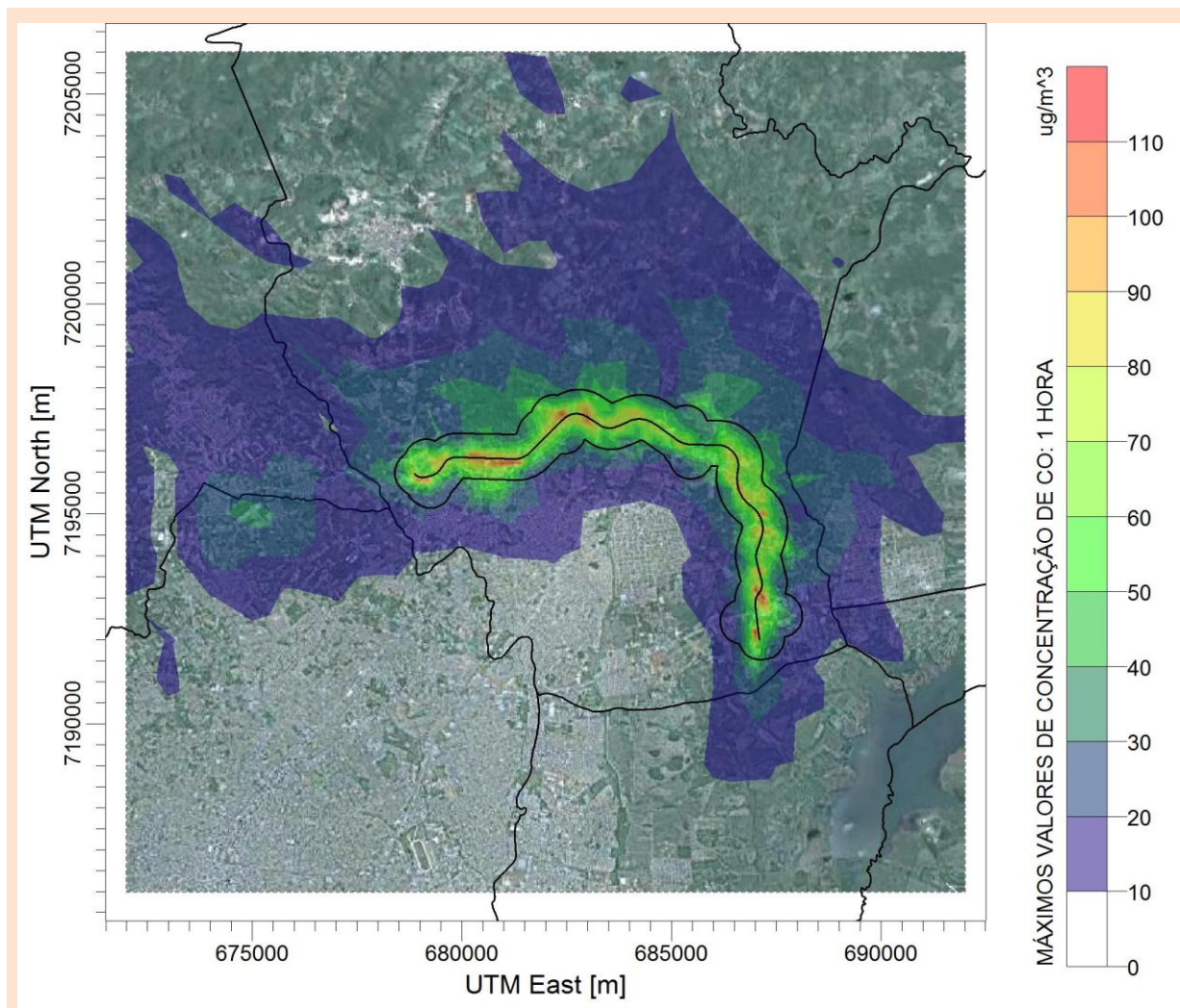


FIGURA 7 – MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES HORÁRIAS DE CO

A Figura 8 representa as concentrações de CO para médias de 8 horas. A predominância da dispersão para as concentrações médias de CO em 8 horas tem tendência para a direção oeste, além disso possui uma maior área afetada pela estimativa de emissão de CO ao sul do empreendimento, o que pode ser explicado pela característica de concavidade da rodovia para esta direção. Observa-se que as maiores concentrações, ainda que de baixa magnitude, se encontram dentro da área de influência direta, sendo que as concentrações acima de $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se restringem às proximidades da rodovia, num raio de aproximadamente 100 metros.

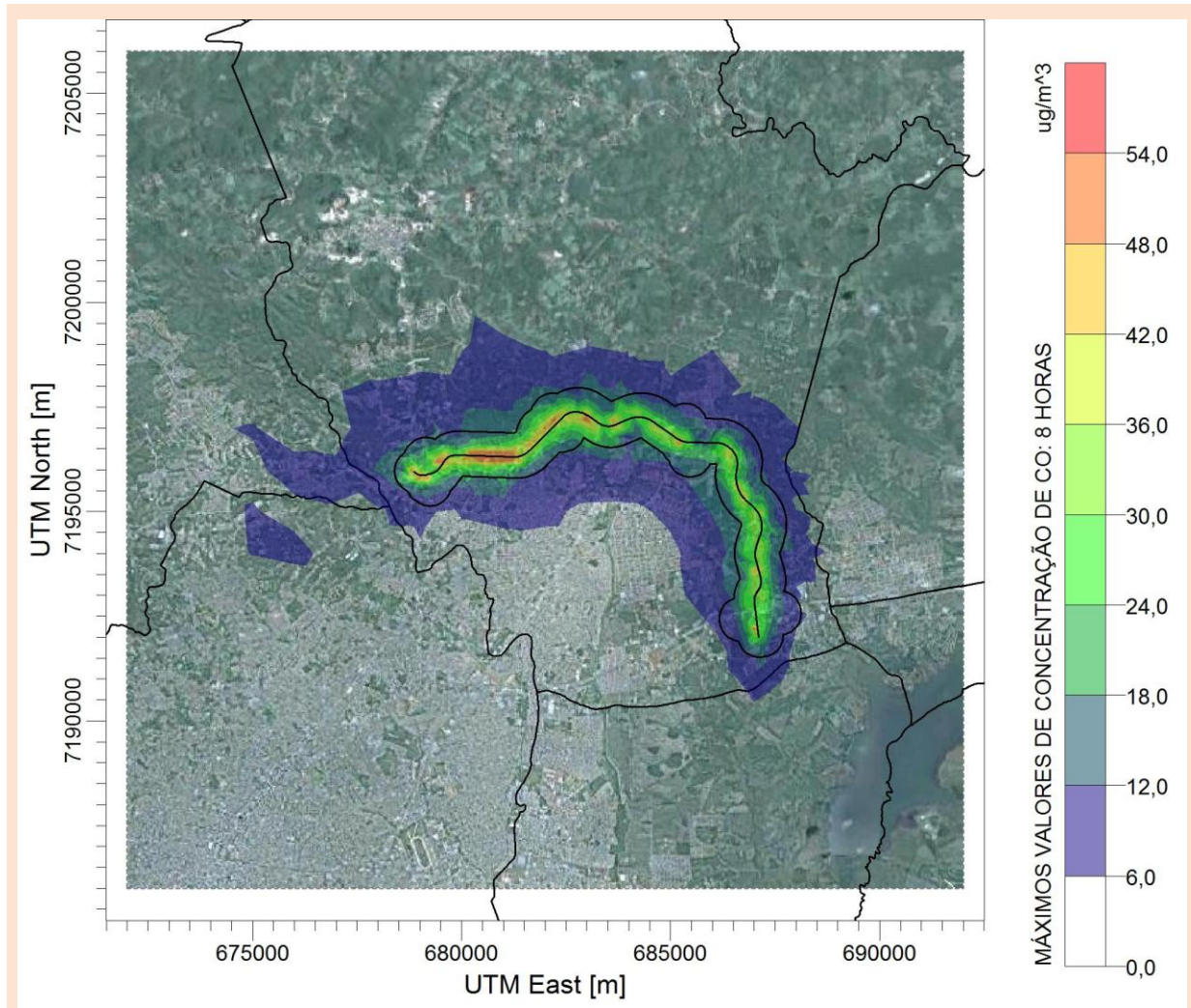


FIGURA 8 – MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE 8 HORAS DE CO

5.3. ÓXIDOS DE NITROGÊNIO

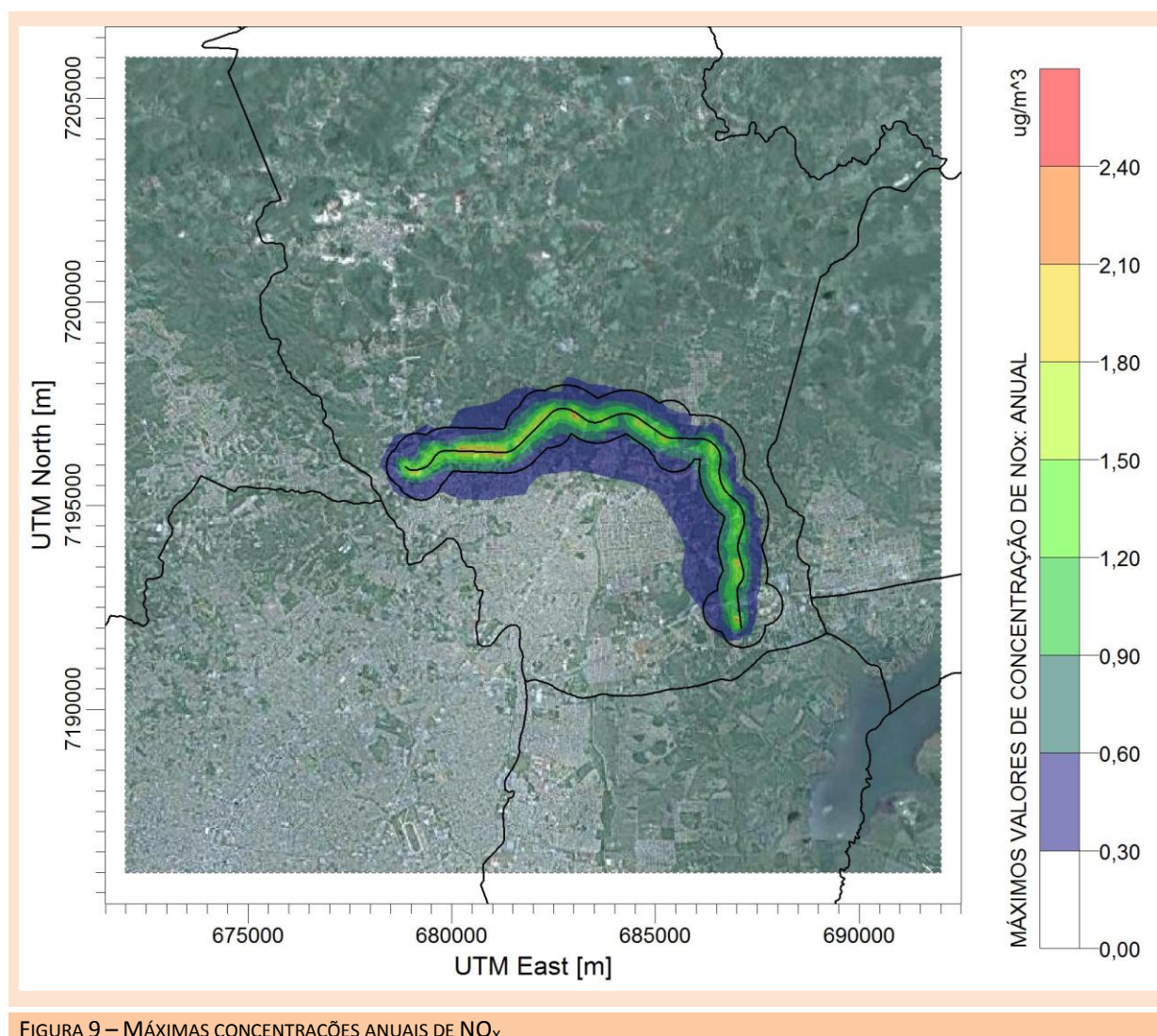
A Tabela 7 apresenta as máximas concentrações anuais e médias horárias para NO_x , assim como a localização do ponto de maior concentração e o padrão estabelecido pela legislação. Foi estimado que a contribuição média anual de NO_x gerado pelo empreendimento será de no máximo $2,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a menos de 2,5% do padrão anual ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

TABELA 7 – PONTOS DE MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES DE NO_x

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	COORDENADAS (m)		BACKGROUND	PADRÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Anual	2,47	687000	7192200	-	100*
1 Hora	42,08	676600	7195600	-	320*

No caso das médias horárias, a contribuição máxima do empreendimento será de pouco mais de 13% ($42,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$) do padrão horário ($320 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Não há estimativas de concentrações de fundo (background) para óxidos de Nitrogênio, ficando limitada a análise apenas às concentrações previstas pelas emissões automotivas decorrentes da implantação da rodovia. Pode-se concluir que na média anual o impacto do NO_x é bastante baixo e possui um pouco mais de significância nas máximas concentrações horárias, para algumas regiões nas proximidades da faixa de domínio da rodovia.

A Figura 9 apresenta os resultados das máximas concentrações anuais. Nota-se que as concentrações máximas anuais de NO_x , assim como para os outros poluentes (PTS e CO), ocorrem nas proximidades da faixa de servidão da rodovia, portanto, dentro da área diretamente afetada.



A região que tende a ser mais afetada pela emissão de NO_x encontra-se ao sul do empreendimento, devido à característica côncava da rodovia para esta direção, conforme já comentado. As maiores

concentrações calculadas não foram encontradas a mais de 150 metros da faixa de servidão da rodovia.

A Figura 10 apresenta a envoltória para máximas concentrações horárias de NO_x . Da mesma forma que para o CO, e diferentemente do PTS, o padrão de curto prazo para o NO_x é horário. Condições adversas que ocorrem em escala horária impactam no resultado. Entre este tipo de condição adversa ressalta-se a variação da altura de mistura e estabilidade atmosférica que podem explicar as áreas maiores com concentrações significativas.

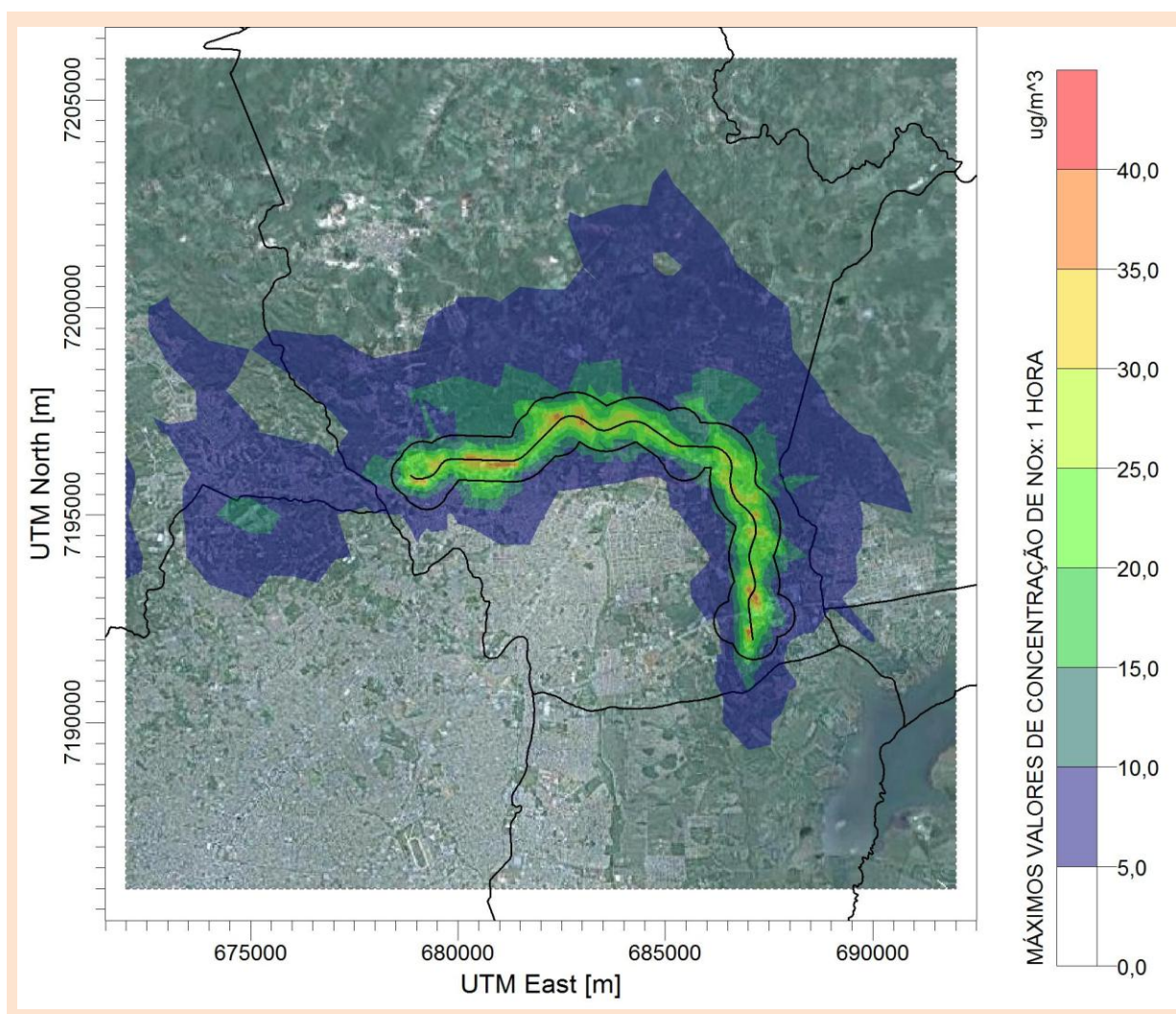


FIGURA 10 – MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES HORÁRIAS DE NO_x

Concentrações de NO_x entre 5 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ são observadas a distâncias de até 6 km ao Norte da rodovia e atinge o limite da área do modelo a oeste. A leste também se observa que estas menores concentrações se localizam cerca de 3,5 km. As máximas concentrações horárias se concentram no interior da área de influência direta, porém, conforme já explicado, a emissão máxima estimada para

este poluente encontrasse bem abaixo dos padrões estabelecidos, o que possibilita mínima influência do empreendimento na qualidade do ar no que se refere a emissão de NO_x .

5.4. RESUMO DOS RESULTADOS

A Tabela 8 mostra um resumo dos maiores resultados obtidos e dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/90.

TABELA 8 – RESUMO DOS MAIORES RESULTADOS OBTIDOS

POLUENTE (média)	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	PADRÃO	MÁXIMOS IMPACTOS DO CNC
PTS (anual)	80	0,37
PTS (24h)	240	1,60
CO (8 h)	10.000	55,86
CO (1h)	40.000	119,02
NO_x (anual)	100	2,47
NO_x (1h)	320	42,08

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O cenário simulado através de modelagem para a previsão das futuras concentrações de poluentes na atmosfera se refere ao tráfego previsto para o ano de 2019 e possibilitou o prognóstico de impactos sobre a qualidade do ar originados pela operação do CNC.

Os resultados obtidos foram apresentados com tabelas para as maiores concentrações de poluentes previstas e mapas de isopleias para todo o entorno do empreendimento, onde mais de 1000 pontos tiveram a concentração calculada para 4 anos de dados meteorológicos. Foram simuladas as concentrações futuras de PTS, CO e NO_x que estão, em todos os casos, abaixo dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 003/90.

Para PTS, as concentrações geradas pelos veículos são de baixa magnitude. A concentração de fundo será alterada para $0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na média anual. Este valor permanece dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 003/90 ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As máximas concentrações diárias atingem valor máximo de $1,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, significando menos de 0,7% do valor estabelecido como padrão ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Algumas áreas mais próximas a indústrias de mineração de cal e calcário do município têm a qualidade do ar comprometida pelas partículas totais em suspensão. Entretanto, o Contorno Norte de Curitiba, além de acrescentar pouca emissão de material particulado, diminuirá a emissão proveniente de vias não pavimentadas ou com condições ruins de pavimentação.

Os caminhões são os veículos que apresentam maior taxa de emissão de PTS (0,1096 g/s). Esse valor corresponde a mais de 4 vezes a taxa de emissão de carros de passeio (0,0221 g/s). O principal motivo é que caminhões têm um fator de emissão deste poluente 15 vezes mais elevado que o fator de emissão de veículos leves, devido à emissão de sulfatos, pelo diesel, acoplados em suas partículas totais em suspensão.

A concentração de CO proveniente das emissões dos veículos que circularão em 2019 pelo CNC são relativamente baixas e não irão alterar os níveis de qualidade do ar, pois o resultado se mostra muito abaixo dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 003/90. A média de 8 horas para CO representa menos de 0,6% (55,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) do padrão de qualidade do ar da legislação (10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e, a média horária máxima contribui com cerca de 0,3% (119,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) do padrão (40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

No caso dos óxidos de Nitrogênio (NO_x), observa-se que a maior contribuição de emissão deste poluente são os veículos leves, com taxa de emissão de 0,5882 g/s, que corresponde aproximadamente ao dobro da taxa de emissão de caminhões. As concentrações obtidas para as médias anuais, no entanto, não ultrapassam 2,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (padrão 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e as médias horárias serão inferiores a 42,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (padrão 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De maneira geral, o impacto mais significativo causado no entorno pela operação em 2019 do CNC limita-se até 500 metros, sendo menor para as direções menos frequentes de dispersão da pluma. Para áreas mais afastadas as concentrações são ainda menos expressivas.

REFERÊNCIAS

CANCELLI, D. M.; DIAS, N. L. 2011. Breve: Uma Metodologia Objetiva de Cálculo de Emissões para a Frota de Veículos Brasileira. Curitiba-PR.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. CEMA. 2011. Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV. Estado do Paraná. Curitiba-PR.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 03 de 28/06/90. Estabelece padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR. Brasília-DF.

ENGEFOTO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS. 2010. Relatório MD-06-116/PR.000-0-J03/501 – Estudos de Tráfego – Contorno Norte de Curitiba. Curitiba-PR.

EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. North Carolina,

EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2008. User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD). North Carolina.

EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2008. User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET). North Carolina.

EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2008. User's Guide for the AERMOD Terrain Preprocessor (AERMAP). North Carolina,

MALHEIROS, A. L.; Avaliação de modelos para a altura da camada-limite atmosférica urbana e seus efeitos sobre a qualidade do ar. Dissertação (Mestrado). UFPR. Curitiba, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. 2011a. Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Relatório Final. Brasília, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. 2011b. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. <http://www.mma.gov.br/port/conama>.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ. SEMA. 2006. Resolução SEMA 054 de 22/12/90. Estabelece padrões de emissão, de qualidade do ar e de condicionamento de fontes. Curitiba-PR.

STULL, R. B. 1988. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer: 666p.

APÊNDICE II

APÊNDICE II

ESTUDO DE MODELAGEM MATEMÁTICA DE RUÍDOS PARA O CONTORNO NORTE DE CURITIBA

Execução:

ENVEX ENGENHARIA E CONSULTORIA AMBIENTAL S/S LTDA EPP			
ENGENHEIRO AMBIENTAL, MSc.	HELDER RAFAEL NOCKO	CREA/PR 86.285/D	CTF IBAMA 1563032
ENGENHEIRO CIVIL, MSc.	ANDRÉ LUCIANO MALHEIROS	CREA/PR 67.038/D	CTF IBAMA 924222
MARGRET ENGEL	ADMINISTRADO, MSc	CRA 22042	CTF IBAMA 5501710



EnvEx Engenharia e Consultoria Ambiental S/S Ltda EPP

Av. Presidente Affonso Camargo, 2307, sala 10

Cristo Rei, Curitiba/PR, CEP 80050-370

www.envexengenharia.com.br

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA.....	9
2.1 O Método de Cálculo Francês NMPB- Routes- 96.....	10
3 ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.1 Zoneamento urbano e NCA (NBR 10.151:2000)	16
4 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO.....	18
4.1 Elementos obstáculos.....	18
4.1.1 Modelo Digital do Terreno	18
4.1.2 Edificações industriais, quadras residenciais e vegetação arbórea	20
4.2 Elementos Fontes Sonoras	22
4.2.1 Dados do sistema viário urbano	24
4.2.2 Dados das rodovias.....	24
4.3 Parâmetros efetivamente utilizados no modelo.....	27
5 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO	28
5.1 Cenário de avaliação da influência das principais fontes sonoras atuais	28
5.2 Cenário de diagnóstico ambiental (<i>background</i>) e de calibração do modelo.....	29
5.3 Cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2015	29

5.4	Cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2019	29
6	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	30
6.1	Resultado da simulação do cenário de avaliação da influência das principais fontes sonoras atuais	30
6.2	Resultado da simulação do cenário de diagnóstico ambiental (<i>background</i>) e de validação do modelo	33
6.3	Resultado da simulação do cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2015	36
6.4	Resultado da simulação do cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2019	39
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	42
	REFERÊNCIAS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de Interesse direta para a Modelagem de Ruídos	13
Figura 2 – Bairros do Município de Colombo na Área de Interesse.....	15
Figura 3 – Zoneamento urbano do município de Colombo na área de interesse.....	17
Figura 4 – Modelo Digital do Terreno Utilizado no Estudo	19
Figura 5 – Demais Grupos de Obstáculos inseridos ao Modelo.....	21
Figura 6 – Fontes sonoras inseridas no modelo	23
Figura 7 – Detalhes do modelo em 3-D nas proximidades da interseção do CNC com a Rodovia da Uva	28
Figura 8 – Resultado da influência em níveis de pressão sonora (NPS) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de avaliação da influência das principais fontes sonoras atuais.....	32
Figura 9 – Resultado dos níveis de pressão sonora (NPS) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de diagnóstico ambiental (background) e de validação do modelo	34
Figura 10 – panoramas do atendimento ao NCA (NBR 10.151:200) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de diagnóstico ambiental (<i>background</i>) e de validação do modelo	35
Figura 11 – Resultado dos níveis de pressão sonora (NPS) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2015.....	37
Figura 12 – Panoramas do atendimento ao NCA (NBR 10.151:200) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2015 – em relação ao background.....	38
Figura 13 – Resultado dos níveis de pressão sonora (NPS) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2019.....	40
Figura 14 – Panoramas do atendimento ao NCA (NBR 10.151:200) diurno (acima) e noturno (abaixo) para o cenário de prognóstico ambiental – estimativa de tráfego desviado em 2019 – em relação ao background.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compatibilização entre o Zoneamento Urbano de Colombo e Tipologia de Áreas e respectivos NCA.....	16
Tabela 2 – Locais e Horários das Realizações dos Levantamentos de Pesquisa de Tráfego	25
Tabela 3 – Dados de Tráfego das Rodovias Atualmente Existentes na AID	26
Tabela 4 – Dados de Tráfego para o futuro Contorno Norte de Curitiba	26

LISTA DE ABREVIATURAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AID	Área de Influência Direta
CNC	Contorno Norte de Curitiba
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
WHO	World Health Organization
NMPB	Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit des Routes
NCA	Níveis de Critério de Avaliação
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
MDT	Modelo Digital do Terreno
PRORODAR	Programa Rodoviário de Ações ao Crescimento Econômico/Social do Estado do Paraná
TDMA	Tráfego Médio Diário Anual
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
NPS	Níveis de Pressão Sonoras

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os estudos de modelagem matemática dos níveis de pressão sonora elaborados para o Estudo de Impacto Ambiental do novo traçado do futuro Contorno Norte de Curitiba - CNC, o qual se pretende instalar no município de Colombo, Estado do Paraná.

Este trabalho se insere no âmbito do Prognóstico Ambiental, tomando por consideração seu objetivo de antecipar a situação ambiental futura com a implantação do empreendimento.

No que concerne aos níveis de ruído ou de pressão sonora, é esperada alteração da condição atual em virtude da presença ou surgimento de novas fontes sonoras na ADA e AID do CNC em suas fases de implantação e operação.

Durante a fase de implantação do CNC, haverá emissão sonora proveniente de todo o maquinário a ser utilizado em todas as etapas do cronograma. Dentre as principais atividades a serem desenvolvidas que resultarão em acréscimo dos níveis de pressão sonora pode-se citar a supressão e remoção vegetal com operação de motosserras; a terraplenagem e a drenagem com operação de escavadeiras, moto niveladoras e pás carregadeiras; e a compactação e a pavimentação com operação de rolos compactadores e máquinas.

Além disso, e com caráter ainda mais relevante, a própria finalidade à qual se destina o empreendimento, que é o desvio/ escoamento de tráfego, promoverá alteração nos níveis de pressão sonora (ruídos) atualmente observados.

A Organização Mundial de Saúde afirma (WHO, 1980) que o tráfego de rodovias é a principal fonte de ruídos à comunidade que pode incomodar grandes segmentos da população urbana.

A fim de avaliar o ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade, e identificando possíveis necessidades de intervenção, o presente estudo explora os aspectos da poluição sonora do futuro Contorno Norte de Curitiba, com predição dos níveis de ruído na fase de operação, e também sugere medidas para o monitoramento da magnitude do impacto gerado na área afetada, sobretudo durante a fase de operação.

Para tanto, será utilizada a ferramenta de simulação matemática de ruídos ambientais CadnaA, um software comercial desenvolvido na Alemanha que traz em sua formulação metodologias adotadas

internacionalmente para predição dos efeitos de ruídos de fontes pontuais (industriais), lineares (rodovias e ferrovias) e de área.

O ruído de veículos rodoviários é principalmente gerado pelo motor e pelo contato friccional entre o veículo, o solo e o ar. Em geral, o contato com a rodovia excede o ruído do motor a velocidades superiores a 60 km/h. O nível de ruído proveniente do tráfego está relacionado com a taxa de fluxo de tráfego, a velocidade dos veículos, e a proporção de veículos pesados.

Além destes fatores, o estudo de propagação do ruído deve levar em consideração fatores de atenuação, tais como pela absorção no ar, por obstáculos ou até mesmo por oscilações em condições meteorológicas.

No estudo de ruído ambiental, entende-se por obstáculo quaisquer elementos físicos que interajam alterando a propagação da onda sonora. Neste grupo são incluídas paredes, edificações, vegetação e o próprio relevo.

Para o desenvolvimento deste estudo foram reunidos dados de projeto do CNC, sobretudo os de dimensionamento de tráfego, bem como demais elementos de caracterização regional, tais como base cartográfica e os próprios resultados do diagnóstico dos níveis de pressão sonora atuais.

Neste relatório serão descritos a metodologia utilizada, os dados utilizados e cenários simulados, bem como os resultados. Ao final do texto são apresentadas as conclusões do estudo.

2 METODOLOGIA

O software CadnaA é referência internacional para cálculo, apresentação, avaliação e predição de ruído ambiental. Como em qualquer estudo complexo que considera diversas interações, a avaliação de ruído ambiental dispõe, internacionalmente, de diferentes padrões e metodologias cabíveis a diferentes cenários e objetivos de predição.

No software encontram-se implementados os algoritmos das principais metodologias para predição dos impactos do ruído plantas industriais, rodovias, ferrovias e áreas urbanizadas, que são avaliados em 3-D, com saídas de resultados em 2-D (plano X-Y) a uma altura de interesse e/ou um perfil de fachada a definir (planos X-Z).

Dentre as principais metodologias consideradas pelo modelo, podem ser citadas:

- Para o Ruído Industrial: ISO 9613-2: Acoustics — Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation;
- Para o Ruído do Tráfego Rodoviário: O método de cálculo francês NMPB-Routes-96 (*Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit des Routes*);
- Para o Ruído do Tráfego Ferroviário: O método de cálculo nacional dos Países Baixos SRM II (Standaard-Rekenmethode II).

Tais metodologias, em conjunto com outra para cálculo do ruído das aeronaves, são, desde 25 de junho de 2002, definidos para a Comunidade Europeia como “métodos de cálculo provisórios recomendados” de acordo com a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, reafirmada através da Recomendação da Comissão (2003/613/CE). Desta maneira, na ausência de um método nacional para o cálculo de níveis de ruído de tráfego rodoviário, recorreu-se neste estudo ao método recomendado pela Directiva 2002/49/CE que recomenda, no seu anexo II, que para o cálculo do ruído de tráfego rodoviário, deve ser utilizado o método NMPB-1996 (Norma XPS 31-133).

Para o estudo de ruídos do Contorno Norte de Curitiba, a análise da restituição aerofotogramétrica, bem como as visitas a campo pela equipe responsável pelos estudos do meio físico, conduziram à definição de que as fontes sonoras significantes responsáveis pelos níveis de ruído atuais da região são o tráfego das rodovias e das ruas principais e secundárias.

Isto se deve ao fato da área de estudo possuir dimensões consideráveis para a consideração de fontes pontuais industriais, e também de a região ser notadamente residencial nas porções ao sul da AID e de vegetação nas porções ao norte.

2.1 O MÉTODO DE CÁLCULO FRANCÊS NMPB- ROUTES- 96

Este método foi desenvolvido por diferentes Institutos Franceses do Ministério dos Equipamentos e representa uma melhoria de uma metodologia anterior definida no “*Guide de Bruit*” de 1980. Nesta atualização passaram a ser assumidas consideração acerca das condições meteorológicas e a previsão de longa distância ($d > 250m$), conforme sugerido na ISO 9613 (QUARTIERI *et al.*, 2009).

De uma maneira geral o modelo resolve a seguinte equação para o cálculo do nível de predição de longo período:

$$L_{Ai,LT} = 10 \log [p_i 10^{(0.1L_{Ai,F})} + (1 - p_i) 10^{(0.1L_{Ai,H})}]$$

Nesta equação $L_{Ai,F}$ e $L_{Ai,H}$ são os níveis de pressão sonora ponderados em “A” globais para condições favoráveis e homogêneas respectivamente e p_i representa a probabilidade de ocorrência de condições favoráveis.

Estes níveis são calculados para cada banda de oitava e para cada caminho proveniente da fonte sonora, de acordo com as seguintes fórmulas:

$$L_{Ai,F} = L_{A,W} - A_{div} - A_{atm} - A_{grd,F} - A_{diff,F}$$

$$L_{Ai,H} = L_{A,W} - A_{div} - A_{atm} - A_{grd,H} - A_{diff,H}$$

Em suma, o nível de pressão Sonora (L_A) é resultante da potência sonora da fonte ($L_{A,W}$) menos efeitos de atenuação. Estes efeitos são o espalhamento geométrico (A_{div}) e a absorção atmosférica (A_{atm}), que são a mesma para as duas componentes (favorável e homogênea), e atenuações de contorno, que dependem de condições de propagação e são determinadas pelo efeito do solo A_{grd} e difração A_{diff} .

E por fim, a potência sonora de cada uma das fontes sonoras de tráfego, $L_{A,W}$ é avaliada considerando o fluxo horário de veículos Q , e diretamente obtendo o nível de potência sonora horário equivalente em dB(A), E , associado a um único veículo leve ou pesado. Por este procedimento, a potência acústica das fontes pontuais que representam a rodovia é dada por:

$$L_{Awi} = [(E_L + 10 \log(Q_L)) + (E_P + 10 \log(Q_L))] + 20 + 10 \log(I_i) + R(j)$$

Onde I_i é o comprimento em metros da via considerada e $R(j)$ é o valor dos espectros de ruído normalizados que levam em consideração o comportamento de frequência de propagação. E_L e E_P são níveis de emissão obtidas com base na formulação de outra metodologia, RLS 90 (alemã), que calcula os níveis de potência sonora para veículos sob determinadas condições a serem informadas, tais como limite de velocidade, superfície da estrada, inclinação da estrada e demais coeficientes de correção e atenuação relacionados a construções, condições atmosféricas, topografia, etc. Com

relação a tal metodologia de cálculo, julgou-se desnecessária sua apresentação neste estudo em virtude da complexidade de parâmetros envolvidos.

Em suma, quando se pretende elaborar um diagnóstico ou prognóstico ambiental mediante simulação matemática, assim como em outros problemas, são necessários alguns parâmetros. No caso da metodologia NMPB-96, as entradas dizem respeito aos seguintes dados:

- Fluxo Horário de Veículos (veículos/ hora);
- Tipologia de Veículos (% pesados);
- Velocidade de Circulação (km/h);
- Tipo de fluxo de tráfego (contínuo, acelerado, desacelerado);
- Perfil longitudinal da via (horizontal, ascendente, descendente);
- Tipo de Superfície de pavimento (asfalto liso, drenante, rugoso, outro).

3 ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo de predição (modelagem) matemática dos níveis de pressão sonora futuras a serem observadas durante a fase de operação do futuro Contorno Norte de Curitiba, ficou definido que a Área de Interesse Direta equivale a Área de Estudo. Tais definições levaram em consideração principalmente o objetivo do estudo de avaliar a magnitude do impacto de aumento dos índices de ruídos na AID, visto que este pode apresentar caráter regional, bem como características da grade do modelo e de seu método de processamento.

Na Figura 1 apresenta-se a Área de Estudo ou AID, com 16,02 km². Observe-se que o Norte da figura encontra-se apontado para a direita para melhor disposição da mesma na página. Um fato de grande relevância é a presença de rodovias na Área de Interesse Direta, e que também adentram o Contorno Norte de Curitiba (CNC). Tais rodovias, através do diagnóstico, comprovadamente já se mostraram estar entre as principais fontes de emissão sonoras regionais.

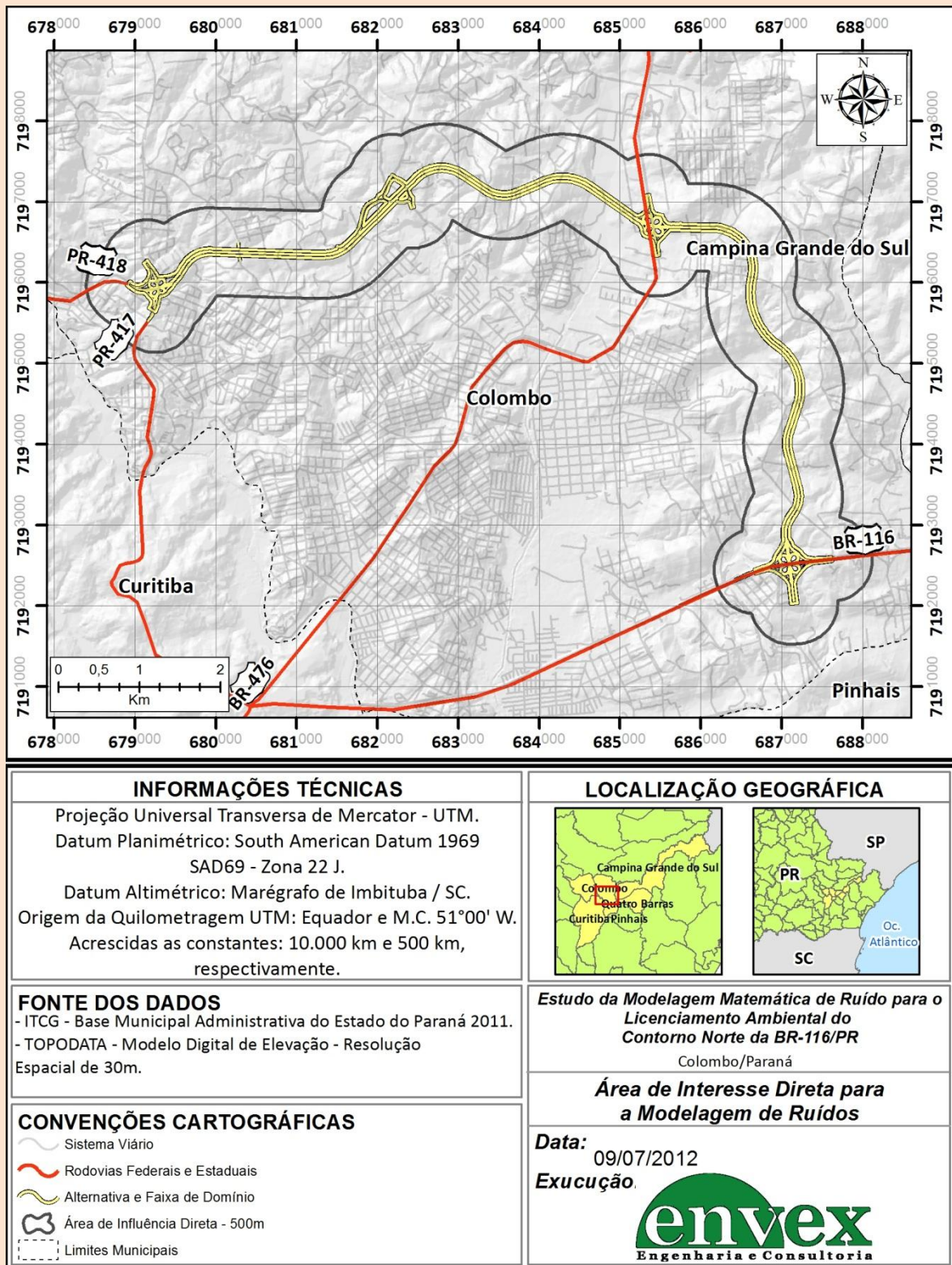


FIGURA 1 – ÁREA DE INTERESSE DIRETA PARA A MODELAGEM DE RUÍDOS

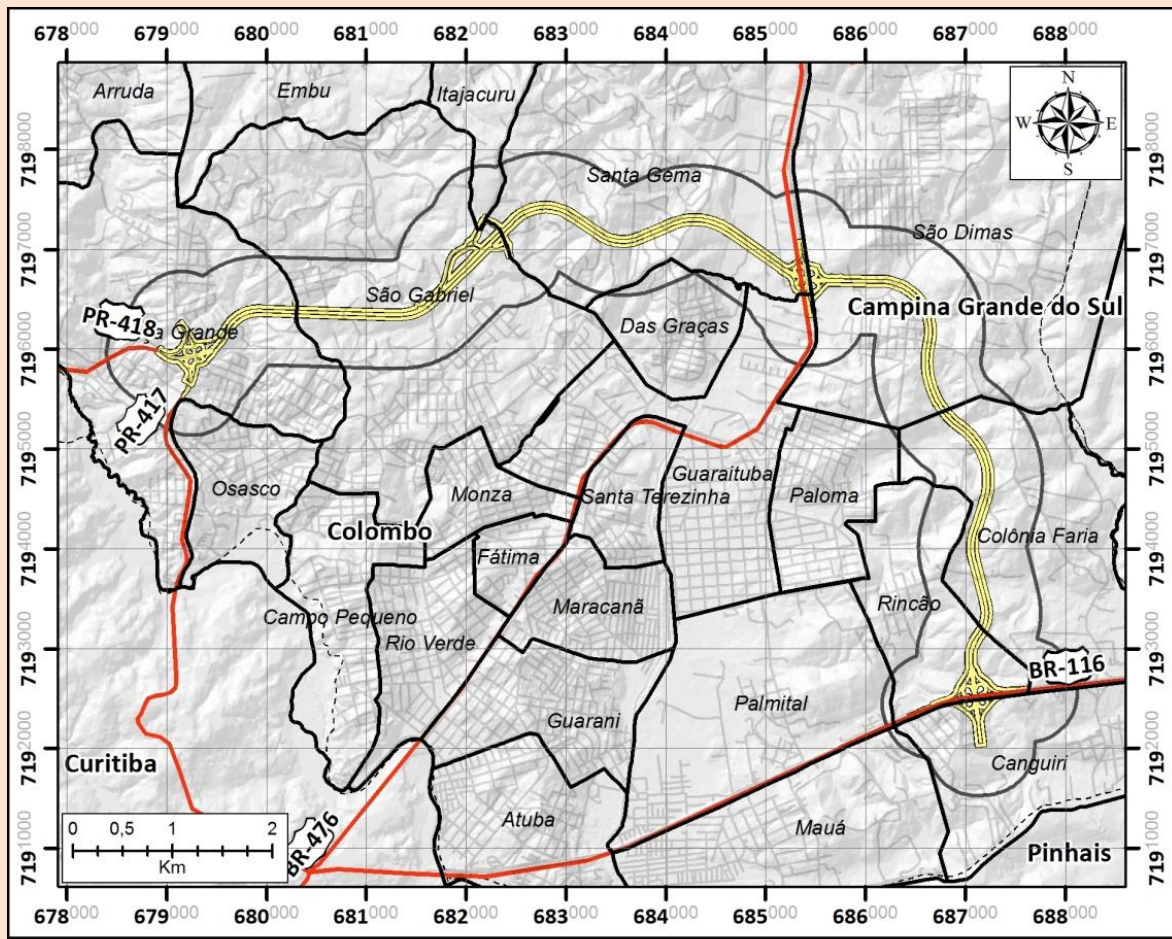
Em suma, para o modelo, a fronteira de cálculo é toda a Área de Interesse Direta, levando em consideração todos os elementos nela inseridos. Caso seja inserido um receptor sonoro em qualquer

ponto desta área, o modelo será capaz de dar o diagnóstico de seus níveis de ruído atuais mediante cálculos baseados nos parâmetros de entrada, bem como prever níveis de ruído futuros no caso de um prognóstico.

Todavia calcular tais níveis para toda a grade da área de interesse demandaria muito tempo de processamento, além de não ser objetivo deste estudo. Neste caso, define-se então a área de estudo como sendo a área de cálculo para a qual se busca conhecer os níveis de ruído de todos os pontos da grade.

Adicionalmente, a análise do mosaico de ortofotos de 2010 revela grande adensamento populacional, principalmente na porção sudoeste de Colombo, limítrofe com Curitiba. Observa-se também que o traçado do CNC que atravessa o município de Colombo no sentido E-W, e cuja AID intercepta ao todo 14 bairros (Figura 2), divide-se entre trechos com disposição em áreas desabitadas e outras bastante adensadas, especialmente nas imediações de seu cruzamento com a Estrada da Ribeira (BR-476).

Outra questão de relevância regional para o estudo dos ruídos e que foi observada na etapa de Diagnóstico Ambiental é o elevado tráfego da Avenida Santos Dumont, destacada na Figura 1. Esta avenida se apresenta como importante elo entre a porção urbana mais adensada de Colombo e a Rodovia da Uva (PR-417). Seu volume de tráfego é comparável aos das rodovias da região de estudo, embora com velocidade menor, e também pode ser considerada uma importante fonte sonora.



<p>INFORMAÇÕES TÉCNICAS</p> <p>Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM. Datum Planimétrico: South American Datum 1969 SAD69 - Zona 22 J.</p> <p>Datum Altimétrico: Marégrafo de Imbituba / SC. Origem da Quilometragem UTM: Equador e M.C. 51°00' W. Acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.</p>	<p>LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA</p>
<p>FONTE DOS DADOS</p> <p>- ITCG - Base Municipal Administrativa do Estado do Paraná 2011. - TOPODATA - Modelo Digital de Elevação - Resolução Espacial de 30m.</p>	<p><i>Estudo da Modelagem Matemática de Ruído para o Licenciamento Ambiental do Contorno Norte da BR-116/PR</i> Colombo/Paraná</p> <p>Bairros do Município de Colombo e Área de Influência Direta</p>
<p>CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Bairros - Colombo Rodovias Federais e Estaduais Alternativa e Faixa de Domínio Área de Influência Direta - 500m Limites Municipais 	<p>Data: 09/07/2012 Execução:</p>

FIGURA 2 – BAIRROS DO MUNICÍPIO DE COLOMBO NA ÁREA DE INTERESSE

3.1 ZONEAMENTO URBANO E NCA (NBR 10.151:2000)

Por fim, para a caracterização da área de estudo quanto à normatização para avaliação de ruído visando o conforto acústico em áreas habitadas, conforme preconiza a NBR 10.151:2000 recorreu-se ao zoneamento urbano do município de Colombo, constante na Lei Nº 875/2004 do Plano Diretor Municipal.

Para uma compatibilização entre os limites denominados “Níveis de Critério de Avaliação” (NCA) na NBR 10.151:2000 para cada “Tipo de Área”, nesta norma também constante, e o zoneamento urbano do município de Colombo, o mesmo foi digitalizado de forma manual. Na Figura 3 o resultado pode ser observado.

Com relação à zona da APA do Rio Iraí, localizada na porção leste do empreendimento, vale destacar que a mesma possui zoneamento próprio estabelecido pelo Decreto 2.200/2000. Discussões mais aprofundadas sobre este zoneamento constaram no Diagnóstico Ambiental e aqui vale apenas salientar que para a Z-APA, ficaram definidas duas sub-regiões comparáveis às zonas do município de Colombo, ZUD-1 e ZUPI.

Na Tabela 1 são apresentadas as zonas inseridas na AID do Contorno Norte de Curitiba, sua classificação compatibilizada aos “Tipos de Área” da NBR 10.151:2000 e os Níveis de Critério de Avaliação (limites) estabelecidos para cada uma delas.

TABELA 1 – COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O ZONEAMENTO URBANO DE COLOMBO E TIPOLOGIA DE ÁREAS E RESPECTIVOS NCA

ZONA	TIPO DE ÁREA (NBR 10.151:2000)	NCA dB(A)	
		DIURNO	NOTURNO
Z-APA (ZUD-1)	ÁREA MISTA, PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL	55	50
Z-APA (ZUPI)	ÁREA PREDOMINANTEMENTE INDUSTRIAL	70	60
Z-PARQUES	ÁREA MISTA, PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL	55	50
Z- EMBRAPA	ÁREA MISTA, PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL	55	50
ZUD-1	ÁREA MISTA, PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL	55	50
ZUD-3	ÁREA MISTA, COM VOCAÇÃO COMERCIAL E ADMINISTRATIVA	60	55
ZUPI-1	ÁREA PREDOMINANTEMENTE INDUSTRIAL	70	60
ZUPI-2	ÁREA PREDOMINANTEMENTE INDUSTRIAL	70	60
ZDR	ÁREA DE SÍTIOS E FAZENDAS	40	35

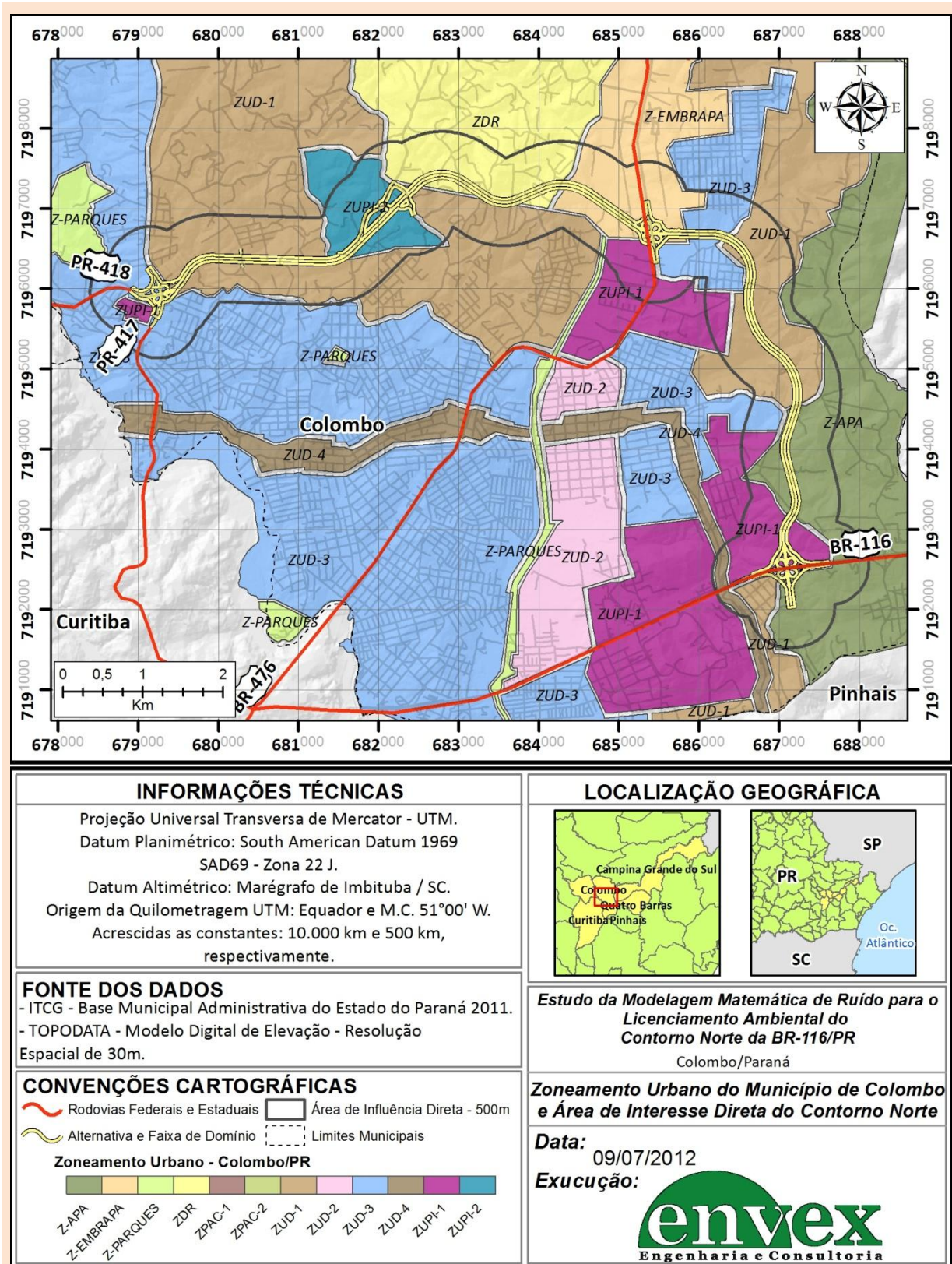


FIGURA 3 – ZONEAMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE COLOMBO NA ÁREA DE INTERESSE

4 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO

Conforme comentado na descrição do método de cálculo francês NMPB-96 para predição de ruídos, a modelagem matemática de um problema real envolve, além de aproximações matemáticas, uma boa parametrização para que as análises atinjam seus objetivos.

Neste estudo pretende-se, num primeiro momento, parametrizar o modelo para que os resultados simulados apresentem boa relação com aqueles observados na campanha de monitoramento da fase de diagnóstico ambiental. Nesta etapa busca-se, ainda, compreender/confirmar quais fontes sonoras apresentam maior influência sobre os níveis de ruído da região.

A apresentação de tais parâmetros será dividida em dois subitens, obstáculos e fontes, tais como são considerados no modelo.

4.1 ELEMENTOS OBSTÁCULOS

Os elementos obstáculos em geral se confundem com elementos cartográficos da área de interesse. Compreendem o relevo regional, bem como demais elementos de uso do solo. A seguir tais obstáculos encontram-se enumerados, bem como suas características e a fonte de tais dados.

4.1.1 Modelo Digital do Terreno

Para a inserção de um modelo topográfico que representasse a topografia regional com bom nível de detalhamento, o estudo recorreu à base de dados do Instituto das Águas do Paraná (antiga SUDERHSA), que é bastante completa para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, onde o empreendimento está inserido.

Nesta base de dados, com relação à topografia, estão compilados dados anteriores de outros acervos, incluindo curvas de nível com escala de 1:2.000 (1 em 1m) e 1:10.000 (10 em 10m), além de inúmeros pontos cotados, os quais foram agregados e interpolados para a geração de um Modelo Digital do Terreno (MDT) na escala de 1:10.000.

Embora a equipe do EIA dispusesse da restituição aerofotogramétrica, esta não abrangia toda a área de interesse e área de estudo. Em virtude disto, optou-se pelo MDT acima mencionado, mesmo que este date de 2000. Na Figura 4, a porção do MDT referente à Área de Interesse é apresentada. Para

entrada no modelo, tal modelo foi re-interpolado para uma malha de 20 x 20m, de modo a facilitar o processamento dos diversos cenários considerados.

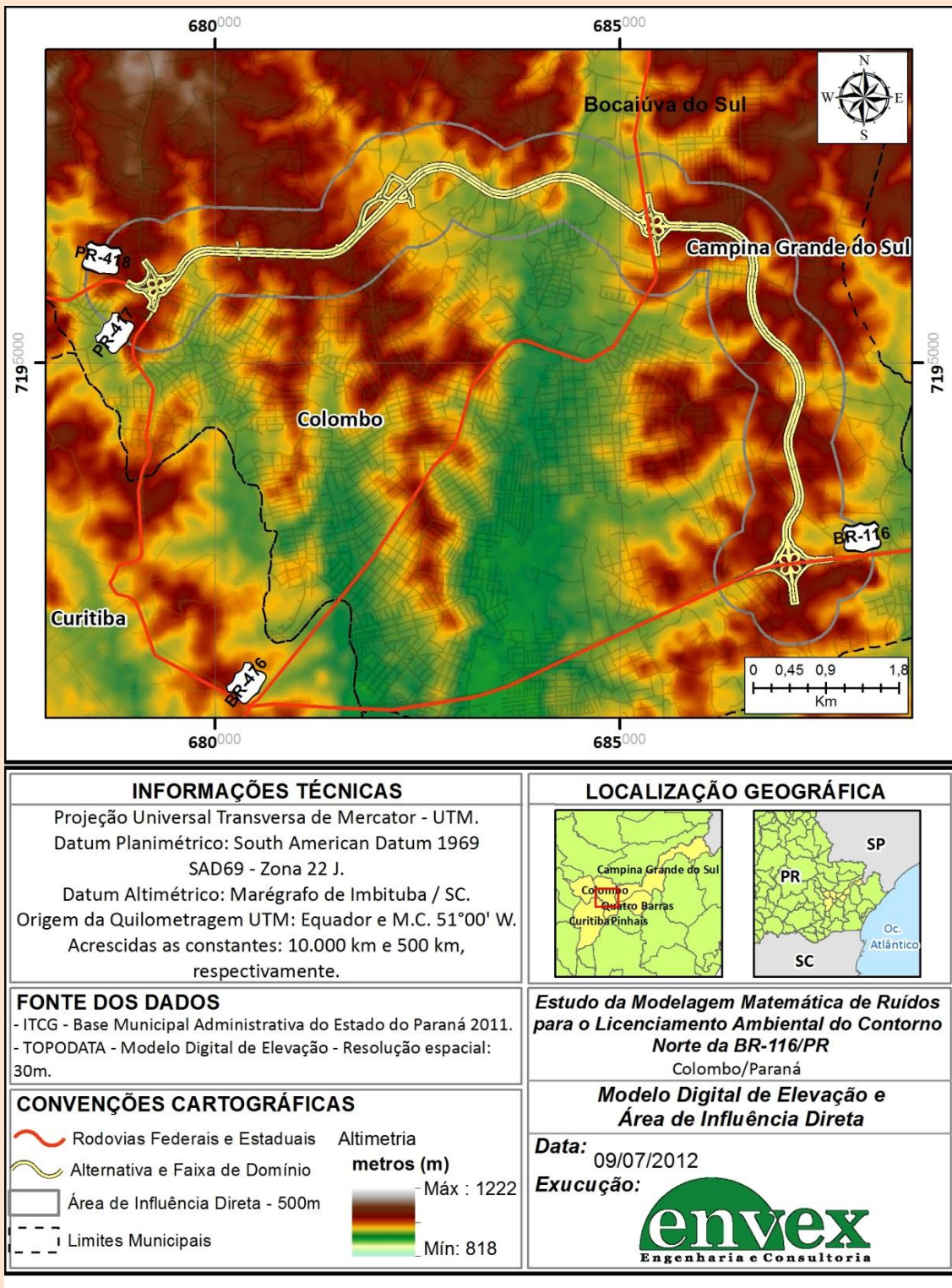


FIGURA 4 – MODELO DIGITAL DO TERRENO UTILIZADO NO ESTUDO

4.1.2 Edificações industriais, quadras residenciais e vegetação arbórea

Para complementar a composição da área de interesse e, especialmente da área de estudo, buscou-se representar os elementos mais relevantes ao estudo. A restituição aerofotogramétrica foi complementada para toda a faixa das ortofotos no que diz respeito às edificações de grande porte e também às quadras residenciais. A definição se deu manualmente mediante utilização das fotos aéreas resultantes de sobrevoo realizado em 2010.

Além disso, com relação à vegetação, foi aproveitada a base de dados do Instituto das Águas do Paraná, mais especificamente o uso do solo. Algumas classes foram agrupadas para utilização.

A compilação destes três grupos de obstáculos é apresentada na Figura 5.

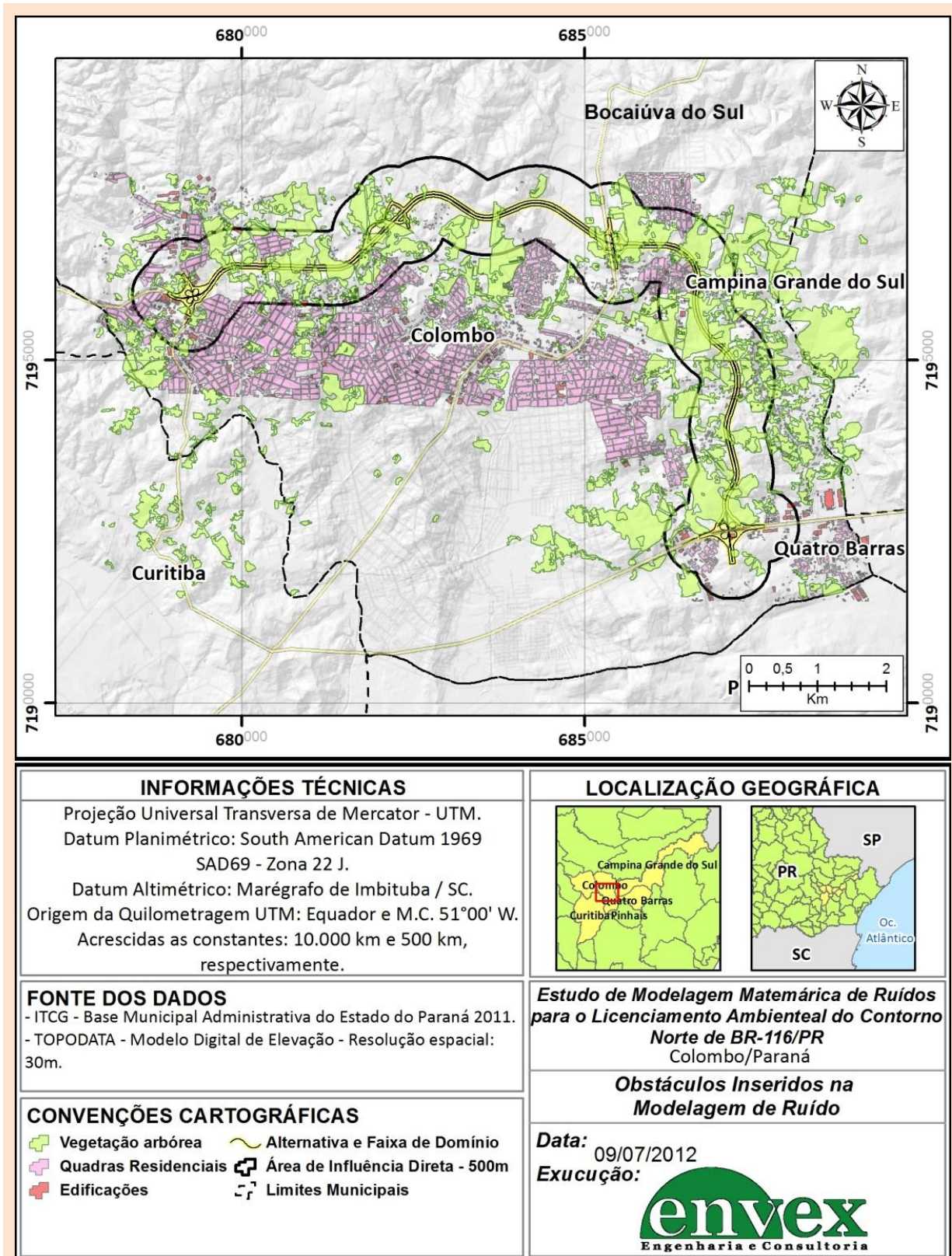


FIGURA 5 – DEMAIS GRUPOS DE OBSTÁCULOS INSERIDOS AO MODELO

4.2 ELEMENTOS FONTES SONORAS

Conforme discutido na Introdução, em virtude das características regionais, optou-se pela definição apenas de vias e rodovias como fontes de emissão sonora neste estudo, pois essas são as mais significativas.

Através de bases cartográficas das rodovias estaduais, bem como do arruamento municipal, ficou definida a disposição de todo o sistema viário levado em consideração. Neste sistema ficaram definidas três classes distintas de vias, sendo elas Rodovias, Vias Principais e Arruamento Secundário. A diferenciação do sistema viário urbano entre vias principais e arruamento secundário foi realizada pela equipe responsável pelos aspectos do meio físico, mediante diversas visitas a campo e familiarização com o local. A disposição das três classes pode ser visualizada através da Figura 6.

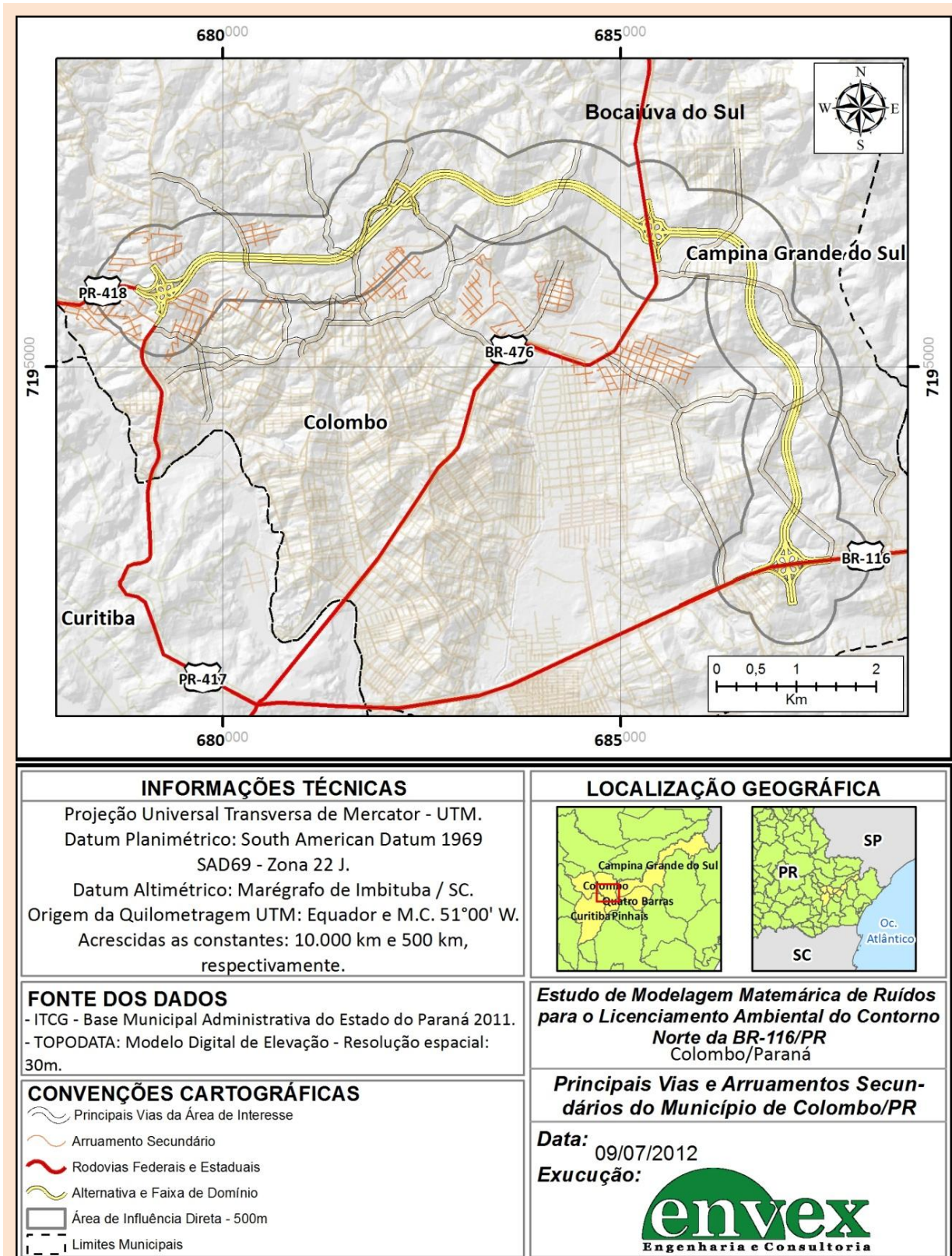


FIGURA 6 – FONTES SONORAS INSERIDAS NO MODELO

Com relação às demais características, porém, diferentes metodologias de definição de dados foram adotadas, o que torna necessária a distinção na apresentação entre dados do sistema viário urbano e das rodovias.

4.2.1 Dados do sistema viário urbano

Para a definição dos parâmetros necessários à metodologia de cálculo para predição de ruídos NMPB-96, anteriormente apresentados na metodologia, referentes ao sistema viário, houve duas situações distintas. A primeira diz respeito às vias principais nas quais houve monitoramento de níveis de pressão sonora na fase do Diagnóstico Ambiental e para as quais foram registradas estimativas do volume de tráfego *in situ*. Neste caso, os registros foram extrapolados para o volume de veículos por hora, Q , com a devida proporção de pesados e a estimativa da velocidade nessas vias.

Adicionalmente, ficaram definidas para estas uma superfície da via como sendo superfície porosa (“*porous surface*”) ou de asfalto (“*smooth asphalt*”), de acordo com registro de campo. Em suma o tráfego nas vias principais variou entre 10 e 80 veículos/hora no período diurno e entre 1 e 20 veículos/hora no período noturno, e as velocidades variaram entre 30 e 60 km/h. A única exceção, conforme discutido anteriormente, foi a Avenida Santos Dumont, para a qual foi estimado um volume de tráfego de 250 veículos/ hora durante o dia e 70/ hora à noite.

Para o arruamento secundário, ruas internas dos bairros, ficou definido um valor padrão de 3 veículos/ hora durante o dia e 1/hora à noite para todas as ruas e 30 km/h, sendo apenas ajustadas mediante análise das fotos aéreas as superfícies destas ruas (asfaltada ou não).

Com relação à largura da pista, padronizaram-se as vias principais com sete metros de largura total e o arruamento secundário com seis metros.

4.2.2 Dados das rodovias

Para a estimativa dos dados de volume de tráfego das rodovias, duas referências distintas foram utilizadas neste estudo. A primeira, e principal é o relatório denominado “Estudos de Tráfego - Contorno Norte de Curitiba”, elaborado e disponibilizado pela empresa responsável pelo projeto do CNC. A segunda é o relatório do Programa Rodoviário de Ações ao Crescimento Econômico/ Social do Estado do Paraná – PRORODAR (AEDER, 2010).

No primeiro relatório foram realizadas contagens volumétricas classificatórias e pesquisas de origem / destino em três pontos que terão influência no comportamento do tráfego do Contorno Norte após sua implantação. Além disso, foram realizadas pesquisas de origem e destino (O/ D) mediante entrevistas com motoristas durante 14 horas consecutivas de três dias.

A Tabela 2 apresenta os locais e horários das contagens e pesquisas.

TABELA 2 – LOCAIS E HORÁRIOS DAS REALIZAÇÕES DOS LEVANTAMENTOS DE PESQUISA DE TRÁFEGO

LOCAL	CONTAGEM VOLUMÉTRICA CLASSIFICATÓRIA		PESQUISA O/D		
	DIA	HORA		HORA	
		INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM
PR- 418 (PR- 082)	18/11/08	00:00:00	23:59:59	06:00:00	20:00:00
	19/11/08	00:00:00	23:59:59	-	-
	20/11/08	00:00:00	23:59:59	-	-
BR- 476	20/11/08	00:00:00	23:59:59	06:00:00	20:00:00
BR- 116	18/11/08	00:00:00	23:59:59	07:00:00	21:00:00

O resultado desse levantamento, por si só, proveu informações acerca da magnitude do tráfego que subsidiassem estimativa de volume de tráfego em veículos/ hora, bem como a percentagem de pesados e a razão entre volumes diurno e noturno nestas três rodovias.

Tendo isto em vista, recorreu-se à segunda referência para a obtenção de dados secundários sobre o volume de tráfego na Rodovia da Uva (PR-417) nos trechos entre Curitiba e sua confluência com a PR-418 e desta confluência até o centro do município de Colombo. Em tal documento são apresentados os valores de contagens volumétricas absolutas para 593 pontos localizados em rodovias estaduais.

Embora não tenha sido realizada classificação por tipologia de veículos, obteve-se deste estudo os volumes de tráfego absolutos para a Rodovia da Uva, entre Curitiba e o futuro CNC, e a partir deste até o centro do município de Colombo. Para esta rodovia, com base em comparação com os dados das demais rodovias, ficou definido para a PR-417 que no período diurno (6 -17h) concentra-se 65% de seu tráfego e que do volume total, 30% dizem respeito a veículos pesados.

Na Tabela 3 todos os dados de tráfego considerados para as rodovias existentes na área de estudo são apresentados. Vale salientar que o tráfego apresentado da BR-116 (pista dupla) foi dividido igualmente para cada uma das pistas na entrada do modelo.

TABELA 3 – DADOS DE TRÁFEGO DAS RODOVIAS ATUALMENTE EXISTENTES NA AID

RODOVIA	INTERVALO	CONTAGEM	% PERÍODO	VEÍCULOS/HORA	% PESADOS
BR - 116	0 - 24H	16354	100,00%	681	73,30%
	7 - 18H	9473	57,92%	861	68,49%
	18 - 7H	6881	42,08%	529	79,93%
BR - 476	0 - 24H	4910	100,00%	205	20,41%
	6 - 17H	3200	65,17%	291	21,13%
	17 - 6H	1710	34,83%	132	19,06%
PR - 418	0 - 24H	9664	100,00%	403	26,12%
	6 - 17H	6566	67,94%	597	28,72%
	17 - 7H	3098	32,06%	238	20,62%
PR - 417 (NORTE PR - 418)	0 - 24H	14118	100,00%	588	30,00%
	6 - 17H	9177	65,00%	834	30,00%
	17 - 6H	4941	35,00%	380	30,00%
PR - 417 (SUL PR - 418)	0 - 24H	18049	100,00%	752	30,00%
	6 - 17H	11732	65,00%	1067	30,00%
	17 - 6H	6317	35,00%	486	30,00%

Por fim, com relação à predição do volume de tráfego futuro a ser escoado pelo CNC, a empresa responsável pelo projeto da rodovia, com base nos dados de sua contagem volumétrica classificatória e demais dados relevantes (tráfego do interior do Estado), realizou uma projeção do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) desviado. Neste projeto, a empresa projetista considerou um crescimento anual de 3% (ENGEFOTO, 2010).

De acordo com sua projeção, o volume de veículos/dia passaria de aproximadamente 12.700 veículos /dia em 2015 (ano previsto para o início da operação da rodovia) para 14.300 veículos /dia em 2019, sendo 30% desse valor correspondente a veículos pesados. Na Tabela 4 são apresentados os valores de tráfego estimados para o futuro Contorno Norte de Curitiba. Para inserção no modelo, em virtude de o trecho ser pista dupla, os volumes foram, a exemplo da BR-116, divididos para igualmente para cada uma das pistas.

TABELA 4 – DADOS DE TRÁFEGO PARA O FUTURO CONTORNO NORTE DE CURITIBA

RODOVIA	INTERVALO	CONTAGEM	% PERÍODO	VEÍCULOS/HORA	% PESADOS
CNC (2015)	0 - 24h	12728	65,00%	530	30,00%
	6 - 17h	8273	65,00%	752	30,00%
	17 - 7h	4455	65,00%	343	30,00%
CNC (2019)	0 - 24H	14324	65,00%	597	30,00%
	6 - 17H	9311	65,00%	846	30,00%
	17 - 7H	5013	65,00%	386	30,00%

4.3 PARÂMETROS EFETIVAMENTE UTILIZADOS NO MODELO

A seguir são apresentados os quantitativos dos elementos inseridos no modelo para toda a área de interesse.

Com relação aos obstáculos:

- 176.845 pontos cotados, referentes à grade de 20 x 20m do Modelo Digital do Terreno adotado;
- 664 Edificações de grande porte, para os quais ficou definida uma altura de 4,5 m;q
- 3369 quadras residenciais, para as quais foi definida uma altura de 3,0m;
- 450 polígonos de áreas de vegetação arbórea, para os quais foi definida uma altura de 4,0m;

Com relação às fontes:

- 294 elementos de arruamento secundário, com largura total de 6,0m;
- 17 vias principais, com largura total de 7,0m;
- 6 trechos de rodovias, considerando a partição da PR-417 no Contorno Norte e as duas pistas da BR- 116 com duas faixas de 3,6m cada uma;
- 40 trechos de intersecções do Contorno Norte, com 3,6 m em cada uma;
- 2 pistas do Contorno Norte de Curitiba, também com duas faixas de 3,6m para cada.

Ainda foram inseridos no modelo 13 receptores localizados nos mesmos pontos monitorados durante a fase de Diagnóstico Ambiental, dos quais se extrai informações pontuais dos resultados passíveis de serem comparadas com as observações de campo. Tal comparação levou à calibração do modelo com relação aos dados monitorados.

Na Figura 7, que apresenta ângulo de visada do traçado no sentido W-E, pode ser observado o início do Contorno Norte de Curitiba em três dimensões na forma em que foi inserido no modelo. Essa região é próxima à interseção com a Rodovia da Uva (PR- 417) que atravessa a cena da esquerda para a direita. A referida interseção localiza-se bastante próxima a um ponto de monitoramento.

Adicionalmente pode-se observar também a disposição de todas as demais fontes sonoras e elementos obstáculos anteriormente mencionados, os quais tiveram toda sua geometria adequada ao Modelo Digital do Terreno utilizado.

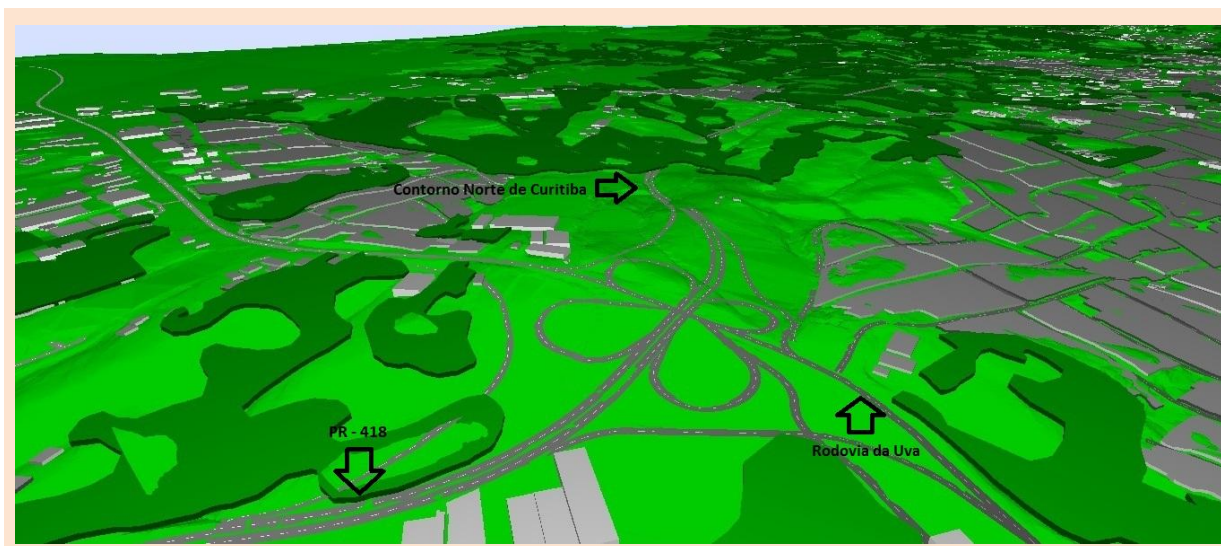


FIGURA 7 – DETALHES DO MODELO EM 3-D NAS PROXIMIDADES DA INTERSEÇÃO DO CNC COM A RODOVIA DA UVA

5 CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO

De maneira breve, podem ser elencados quatro cenários de simulação que foram adotados, sendo que dois podem ser considerados de diagnóstico e calibração e dois de predição de níveis de ruídos futuros. A seguir cada um destes cenários é descrito.

5.1 CENÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS PRINCIPAIS FONTES SONORAS ATUAIS

Partindo dos resultados da etapa de diagnóstico e conhecimento prévio da região pela equipe do EIA, conforme discutido anteriormente, as principais fontes de emissão sonora da região são as rodovias já existentes.

Todavia, julgou-se interessante a simulação deste primeiro cenário hipotético onde apenas estas fontes são consideradas para avaliação da abrangência de seus efeitos sobre a região. Ou seja, esse cenário buscou entender quais seriam os possíveis níveis sonoros gerados apenas por essas rodovias. Conforme discutido na formulação, o método de cálculo francês NMPB-96 determina níveis de ruído num ponto partindo dos níveis de potência sonora de algum emissor. Neste cenário, foi simulado,

então, o domínio com todos os elementos obstáculos e as rodovias existentes (como fontes) conforme dados constantes na Tabela 3.

5.2 CENÁRIO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (*BACKGROUND*) E DE CALIBRAÇÃO DO MODELO

Neste segundo cenário, ainda considerado de diagnóstico por não incluir a disposição e operação do futuro CNC, foram inseridas as demais fontes sonoras em toda a área de estudo, que são as vias principais e o arruamento secundário. A relevância deste cenário está na calibração do modelo construído, buscando a reprodução dos valores observados em campo com nível aceitável de erro médio.

A obtenção de uma parametrização adequada, com resultados comparáveis aos observados em campo, provê então um cenário que pode ser considerado como sendo de fundo ou de *background* e que caracteriza o diagnóstico atual da região. Com esse cenário que os resultados da predição futura dos níveis de pressão sonora com a operação do CNC serão comparados.

5.3 CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2015

Este primeiro cenário de predição dos níveis de pressão sonora resultantes da inserção das duas pistas do futuro Contorno Norte de Curitiba visa calcular a magnitude dos possíveis impactos gerados pelo o aumento dos índices de ruído quando considerados os dados de tráfego estimados para o ano de 2015 (início previsto da operação) pela empresa responsável pelo projeto da rodovia.

5.4 CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2019

Neste segundo cenário de predição dos níveis de pressão sonora, objetiva-se avaliar o aumento dos índices de ruído na área de estudo a médio prazo em função do aumento do tráfego no futuro CNC. São considerados neste cenário os dados de tráfego estimados para o ano de 2019. Não foram considerados outros aumentos de ruídos além destes do CNC.

Este cenário pode ser encarado também como uma condição crítica já em 2015, supondo que a estimativa de Tráfego Diário Médio Anual (TDMA) possa ser ultrapassada.

6 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Tendo concluído as parametrizações do modelo, o mesmo foi processado para cada um dos cenários. Feito isto, os resultados do CadnaA foram exportados em formato matricial de texto (.asc) para análises adicionais em ambiente SIG e posterior elaboração de mapas de ruídos.

A seguir são apresentados os resultados para todos os quatro cenários avaliados. Para cada um deles são apresentados espacialmente (mapas) os níveis de pressão sonora (NPS) resultantes para os períodos diurno e noturno em toda a área de estudo (AID) do CNC.

Além disso, constam mapas de atendimento aos limites (NCA) com base na NBR 10.151:2000, cujas tipologias neste estudo foram compatibilizadas com o zoneamento urbano de Colombo. Em tais mapas foram excluídos os resultados obtidos dentro das faixas de domínio e resultados de níveis sonoros em fachadas de edificações com distâncias menores a 25 metros das rodovias analisadas, pois o que se deseja saber é o impacto “fora” do empreendimento. Além disso, a norma alemã RLS90, recomenda que os monitoramentos sonoros devam respeitar uma a distância de 25 metros de fontes rodoviárias.

Para os cenários de prognóstico, são apresentados adicionalmente mapas de aumento de índices de ruído comparativamente àqueles observados no cenário de *background* (diagnóstico). Tais mapas foram elaborados mediante subtração em ambiente SIG dos níveis de ruído de *background* daqueles observados na predição. O resultado foi um mapa de aumento de índices de ruído.

Vale salientar que todos os mapas de ruído apresentam a escala de variação de cores, variando de 30 a 80 dB(A), com cores mais frias (verde) para valores mais baixos e mais quentes (vermelho) para valores mais altos. Os limites observados nos resultados de cada cenário encontram-se indicados na legenda, acima da escala de cores.

6.1 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS PRINCIPAIS FONTES SONORAS ATUAIS

Os resultados da simulação com todos os elementos obstáculos e apenas as rodovias existentes como fontes sonoras regionais são apresentados através da Figura 8.

Observa-se que a influência de tais rodovias pode chegar a dois quilômetros de distância, embora nos primeiros 50 metros distantes do eixo da rodovia os níveis de pressão sonora já apresentem uma redução de 23 dB(A) da potência sonora emitida pela rodovia.

As áreas com níveis sonoros abaixo de 30 dB(A) no interior da área de estudo (AID), dizem respeito às regiões onde os efeitos das emissões sonoras das rodovias já não são significativos e são áreas onde muito provavelmente os níveis de pressão sonora já não apresentam interferência do tráfego das rodovias atualmente.

Comparativamente, os cenários diurno e noturno apresentaram uma pequena variação de pouco menos de 3,0 dB(A). Nota-se que a grande porção em um tom de verde mais escuro próximo da BR-476, do lado esquerdo, esta área remete a uma condição de baixíssima influência nos níveis de pressão sonora locais. Tal resultado é explicado pela topografia local, visto que estes níveis estão num fundo de vale, abrigado topograficamente e desabitado.

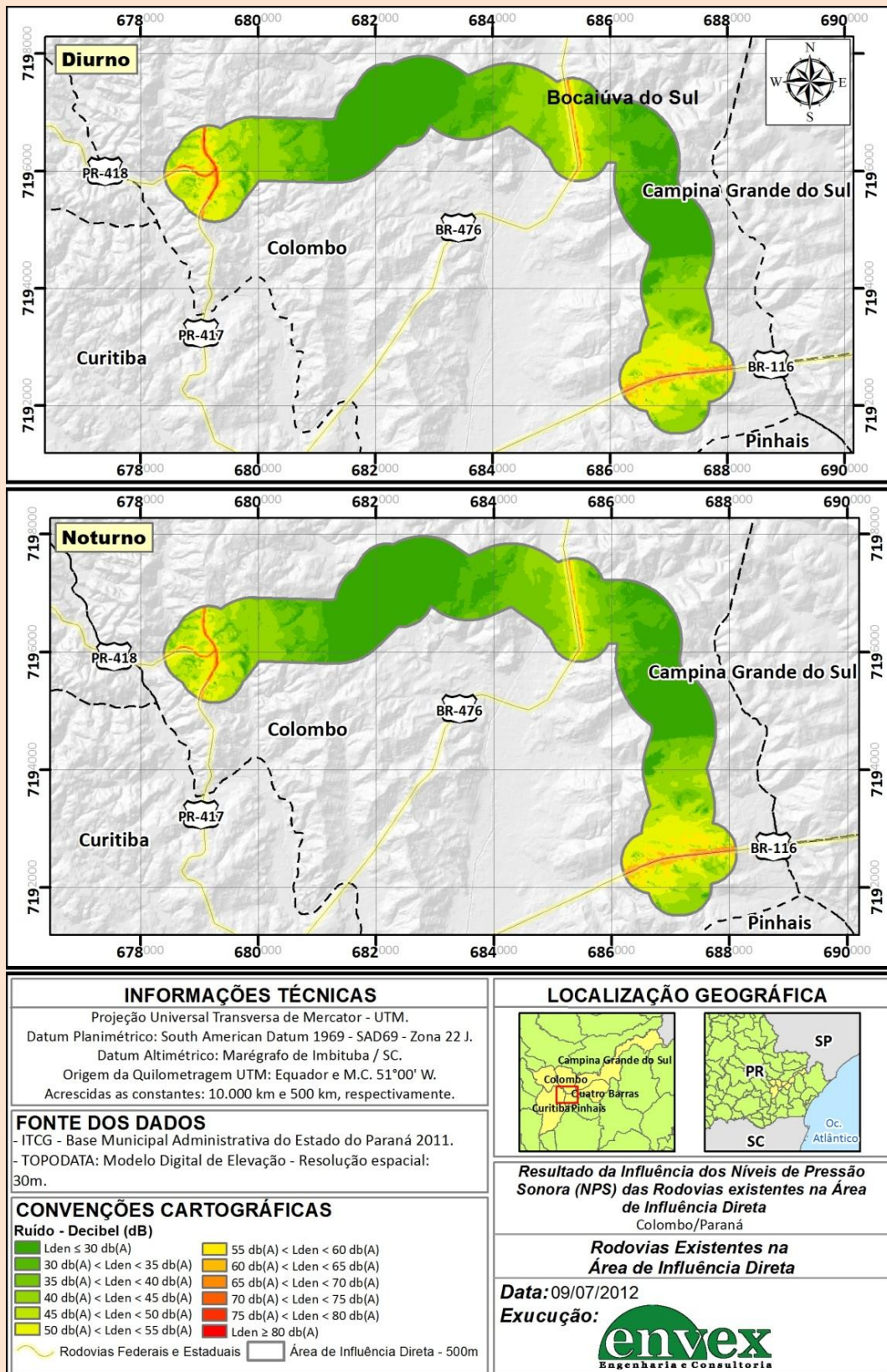


FIGURA 8 – RESULTADO DA INFLUÊNCIA EM NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS PRINCIPAIS FONTES SONORAS ATUAIS

6.2 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (*BACKGROUND*) E DE VALIDAÇÃO DO MODELO

Num segundo momento, conforme já discutido, buscou-se simular um cenário representativo dos níveis de pressão sonora atuais, medidos na etapa de diagnóstico. Foram então inseridas demais fontes sonoras regionais, definidas como sendo apenas as classes denominadas *vias principais* e *arruamento secundário*. Foram inseridos os dados de entrada anteriormente descritos, e os resultados dos NPS para toda a área de influência direta são apresentados através da Figura 9.

Nota-se novamente que os níveis de ruído mais altos observados concentram-se nas faixas de domínios das rodovias e nas principais vias. Os menores NPS observados, como no primeiro cenário, localizam-se no fundo de vale desabitado entre os bairros: São Dimas, Rincão e Colônia Faria, já no início do terço final do CNC em direção à BR-116. Ainda com relação a esta região, a densa vegetação e a completa ausência de fontes sonoras (ruas) próximas, aliadas à depressão topográfica acabaram por subsidiar que a simulação apresentasse tais resultados. Além desta região, há uma área entre os bairros São Gabriel e Itajacuru com baixos níveis de pressão sonora. Esta área possui poucas habitações e vegetação densa. No cenário noturno, porém, nota-se que os níveis de 22,5 dB(A) certamente subestimam o NPS real, visto que é uma situação de difícil ocorrência no contexto urbano. Todavia, fica afirmada a baixa magnitude de NPS nesta região, que no primeiro cenário também mostrou pouca ou nenhuma influência das rodovias BR-476 e BR-116.

Outro destaque é o NPS promovido pelo tráfego da Avenida Santos Dumont, na porção mais a oeste do trecho. Sua potência sonora colabora por manter níveis de pressão sonora próximos a 65 dB(A) durante o dia e superiores a 60 dB(A) durante a noite, a exemplo do que se observou na campanha de diagnóstico.

Na sequência, a Figura 10 revela que existem poucas áreas que atualmente excedem os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) da NBR 10.151:2000 e se restringem a regiões imediatamente próximas às vias urbanas com maior tráfego, como a Avenida Santos Dumont (cerca de 25 metros), e às rodovias, chegando a 100 metros de distância das mesmas.

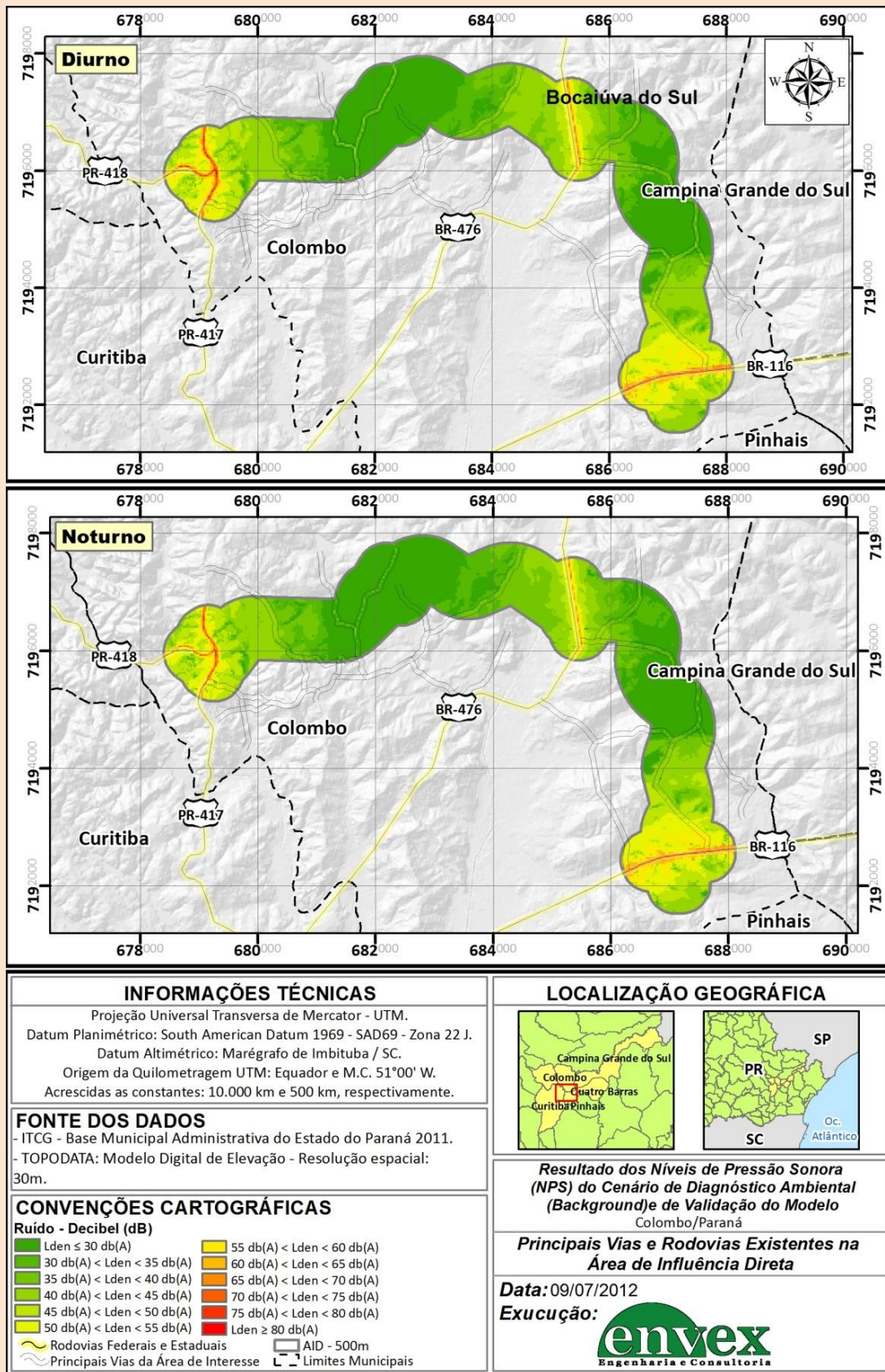


FIGURA 9 – RESULTADO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (BACKGROUND) E DE VALIDAÇÃO DO MODELO

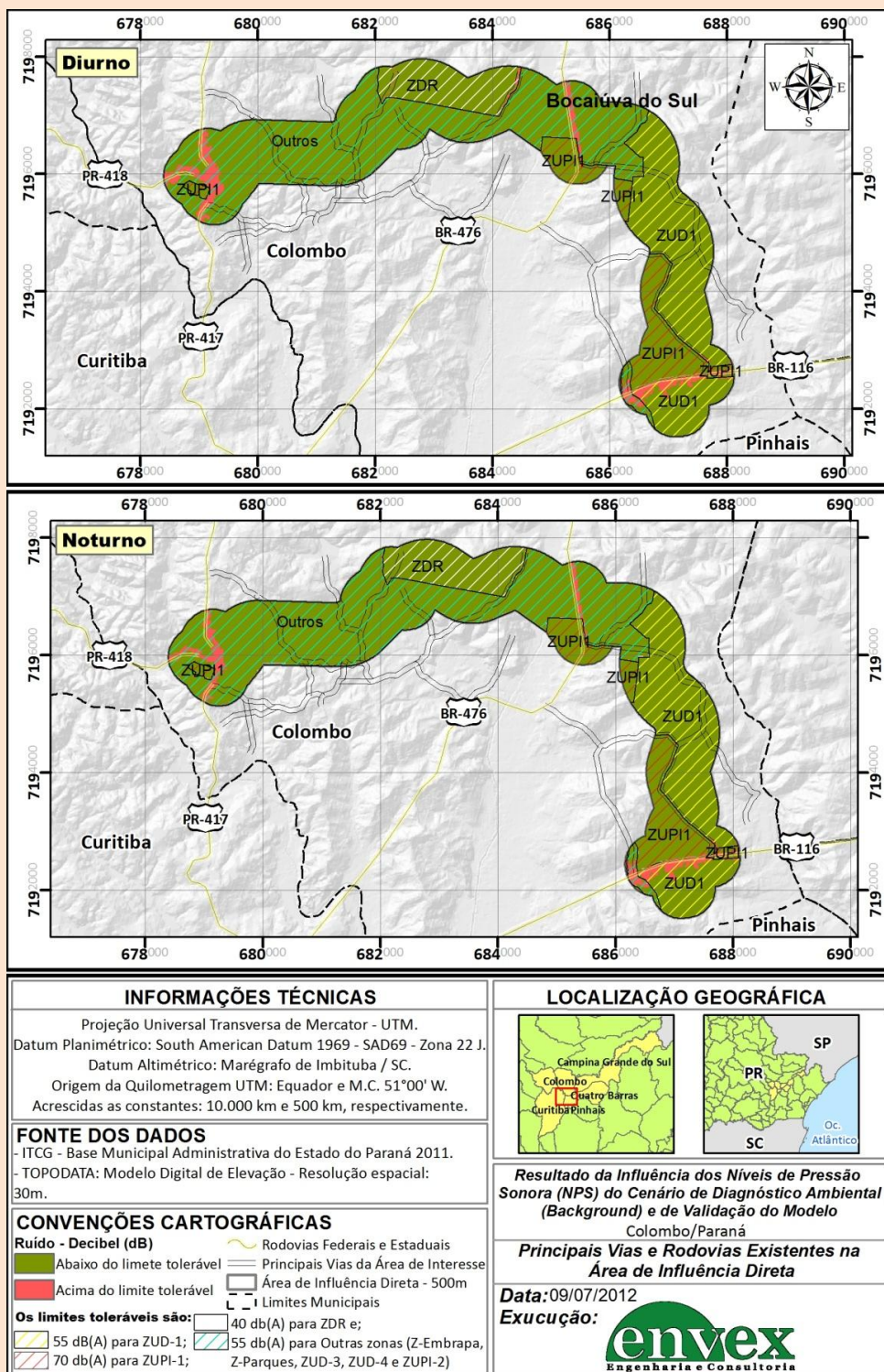


FIGURA 10 – PANORAMAS DO ATENDIMENTO AO NCA (NBR 10.151:200) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL (BACKGROUND) E DE VALIDAÇÃO DO MODELO

6.3 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2015

Os resultados da modelagem matemática dos níveis de pressão sonora para 2015, considerando iniciada a operação do futuro Contorno Norte de Curitiba, são apresentados através da Figura 11.

Assim como era esperado através da análise do primeiro cenário, que revelou a influência regional das rodovias, os resultados simulados com a inserção do futuro Contorno Norte de Curitiba mostram que o nível de potência sonora gerado pelo tráfego desta nova rodovia provocará alteração ao longo de toda a AID, em maior intensidade nas áreas mais próximas a ela.

Pode ser observado o aumento dos níveis de pressão sonora de 2015, com a rodovia em operação, comparativamente à condição atual. Nota-se grande aumento, superior a 50 dB(A), em ambos os períodos, principalmente na faixa de domínio e áreas adjacentes. Todavia, excluindo as áreas das faixas de domínio que tem seu uso restringido por legislação, os níveis de aumento do NPS efetivos à comunidade são inferiores, da ordem de 30dB(A) e apresentados na Figura 11.

Percebe-se que nas duas maiores curvas do traçado, antes e após a interseção com a BR-476, localizam-se os maiores índices de aumento. Na curva mais oeste, próxima ao bairro São Gabriel, poderão ser observados aumentos na ordem de 25 dB(A) no período diurno e 30dB(A) no período noturno, sendo que nas imediações das áreas residenciais existentes, tais valores caem para 15 dB(A) e 20 dB(A), respectivamente.

Já na última grande curva, próxima ao bairro Colônia Faria, o aumento é mais intenso, na ordem de 20 a 30 dB(A) durante o dia e de 20 a 35 dB(A) à noite em áreas que atualmente são ocupadas por esparsas residências. A maior densidade populacional atingida pelos aumentos de ruído nesta curva serão os habitantes do São Dimas, a oeste da curva, que vivenciarão aumentos que podem ser superiores a 20 dB(A) durante o dia e passíveis de aumentarem mais de 15 dB(A) no período noturno.

Por fim, a Figura 12 revela que tais índices de aumento acabam por deixar fora do padrão legal porções extensas de área, sobretudo no final do traçado nos bairros: Santa Gema, São Gabriel, São Dimas e Colônia Faria, além das proximidades às interseções com a BR-116, PR -417 e PR-418. Isto ocorre devido à associação entre a inserção do CNC, com sua elevada potência sonora em curvatura, e a compatibilização da zona da região (Z-APA, ZUD-1) como sendo predominantemente residencial, bem como ZDR (zona rural).

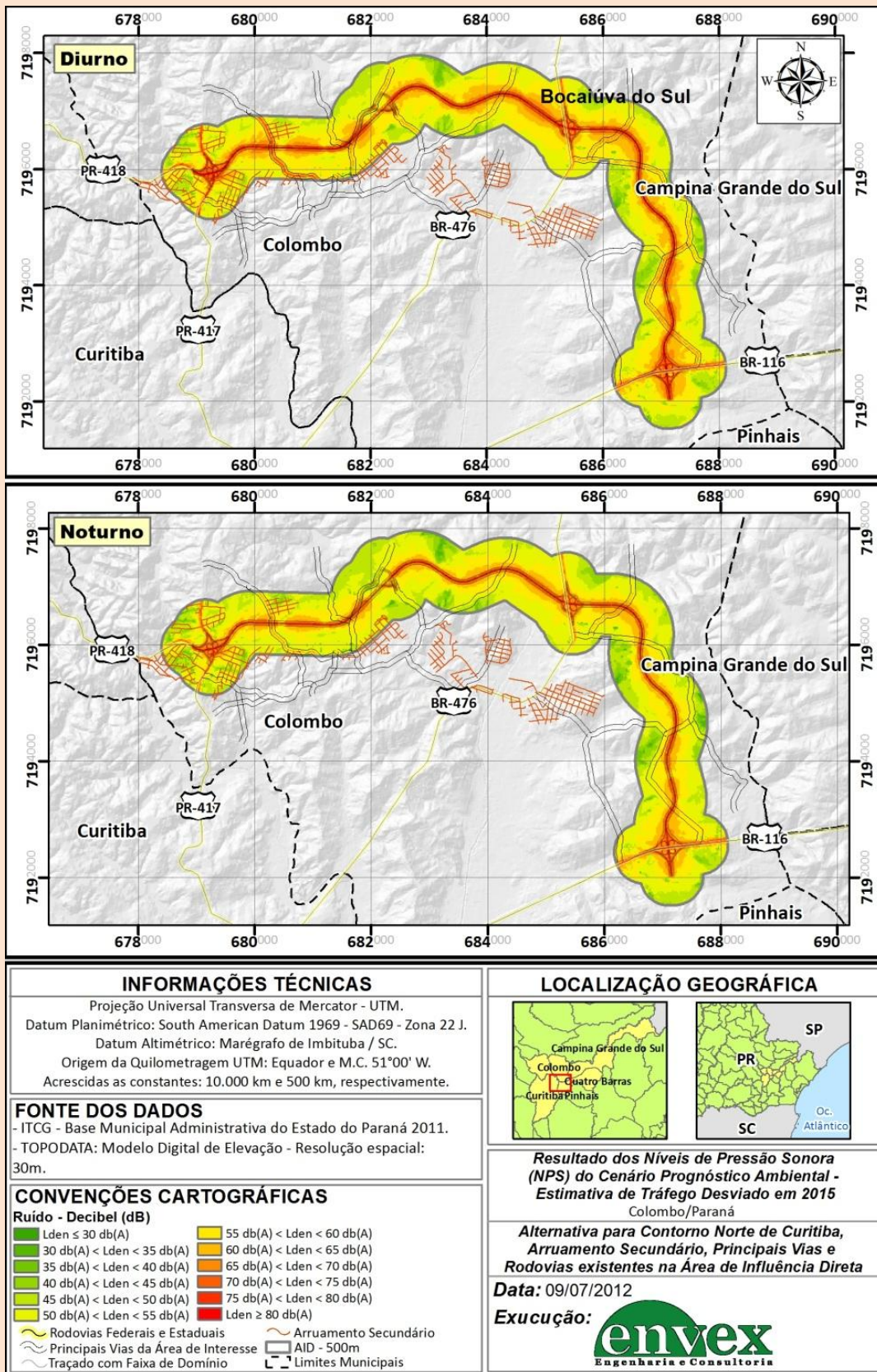


FIGURA 11 – RESULTADO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2015

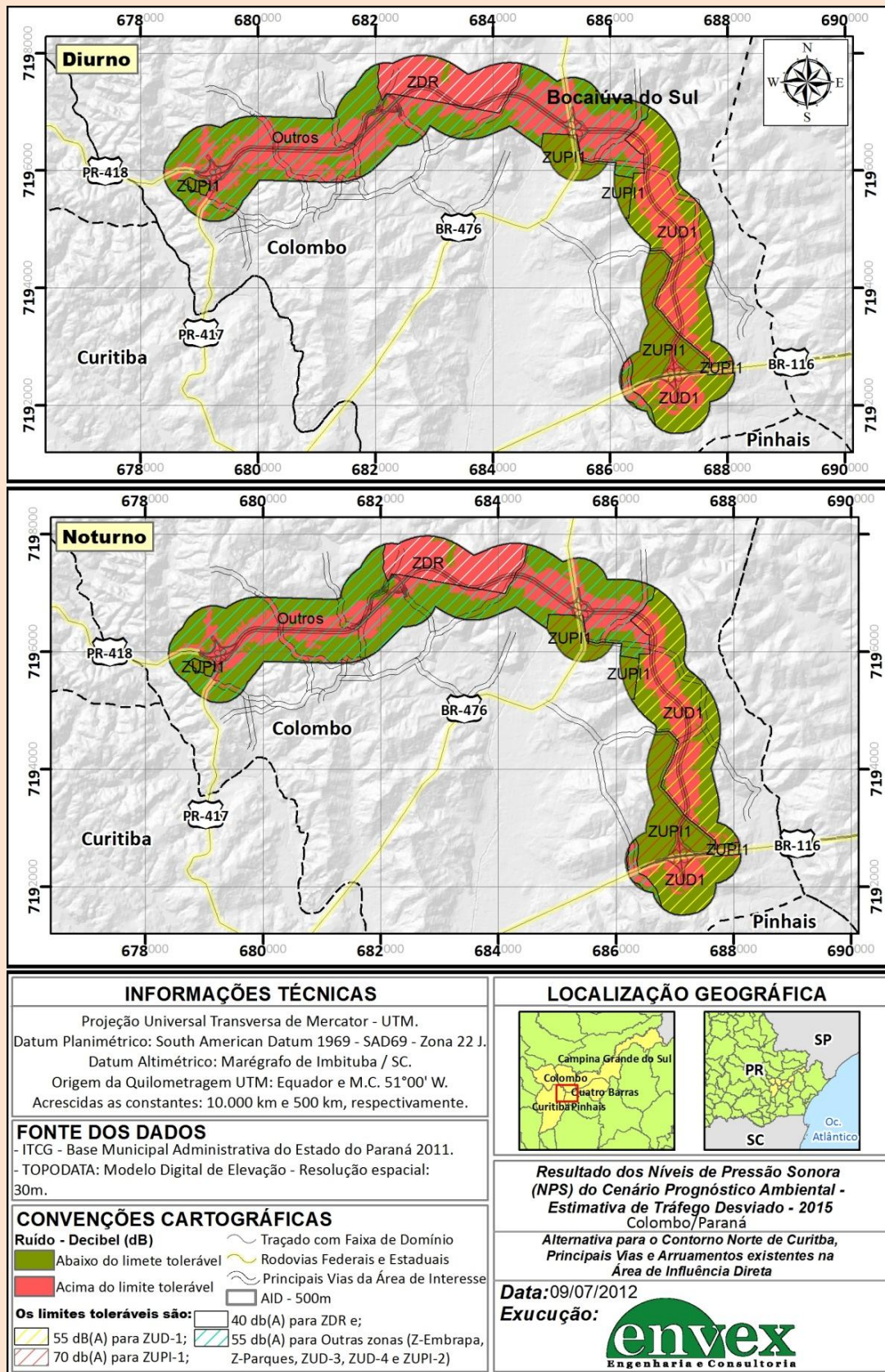


FIGURA 12 – PANORAMAS DO ATENDIMENTO AO NCA (NBR 10.151:200) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2015 – EM RELAÇÃO AO BACKGROUND

6.4 RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2019

O último cenário simulado para a predição dos níveis futuros de níveis de pressão sonora na Área de Influência Direta do futuro Contorno Norte de Curitiba diz respeito ao tráfego estimado para o ano de 2019, o 7º ano do horizonte projetado pela empresa responsável.

Embora o que diferencie este cenário do anterior seja apenas o número de veículos, ele representa um aumento superior a 10% do volume de tráfego e serve para visualização de condições mais críticas.

Na Figura 13 são apresentados os NPS, os quais em geral variaram menos de 1 dB(A) em relação ao cenário de 2015.

Por fim, a Figura 14 mostra que as áreas em desacordo com os Níveis de Critério de Avaliação aumentaram apenas 2 -3 dB em relação ao cenário de 2015 avançando uma faixa de 10 metros. Isto revela que o impacto da rodovia terá um mesmo padrão ao longo de sua operação, com pequenos acréscimos adicionais nos níveis de pressão sonora, porém irrelevantes em comparação com o efeito de sua presença e ordem de grandeza de tráfego.

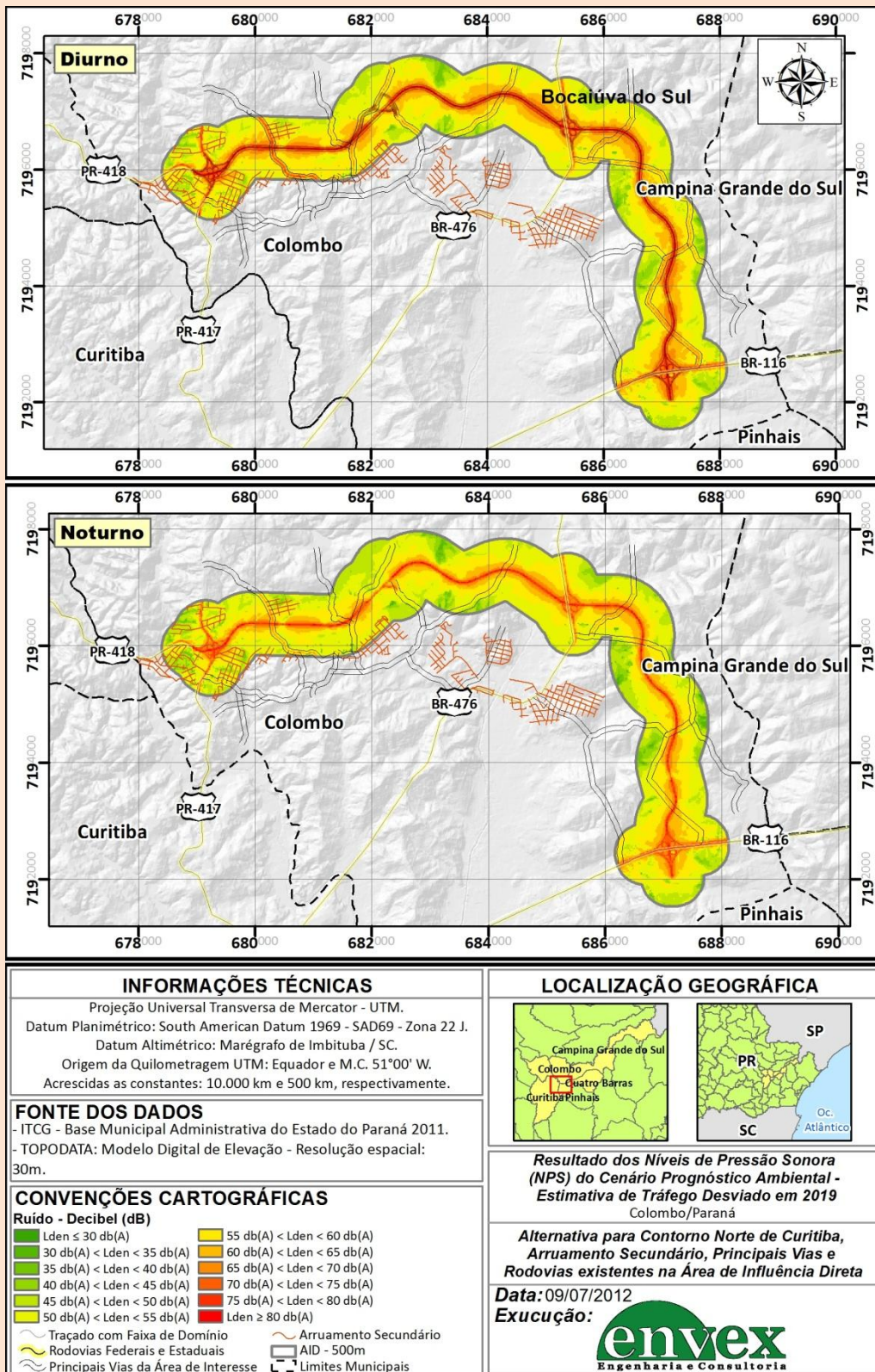


FIGURA 13 – RESULTADO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2019

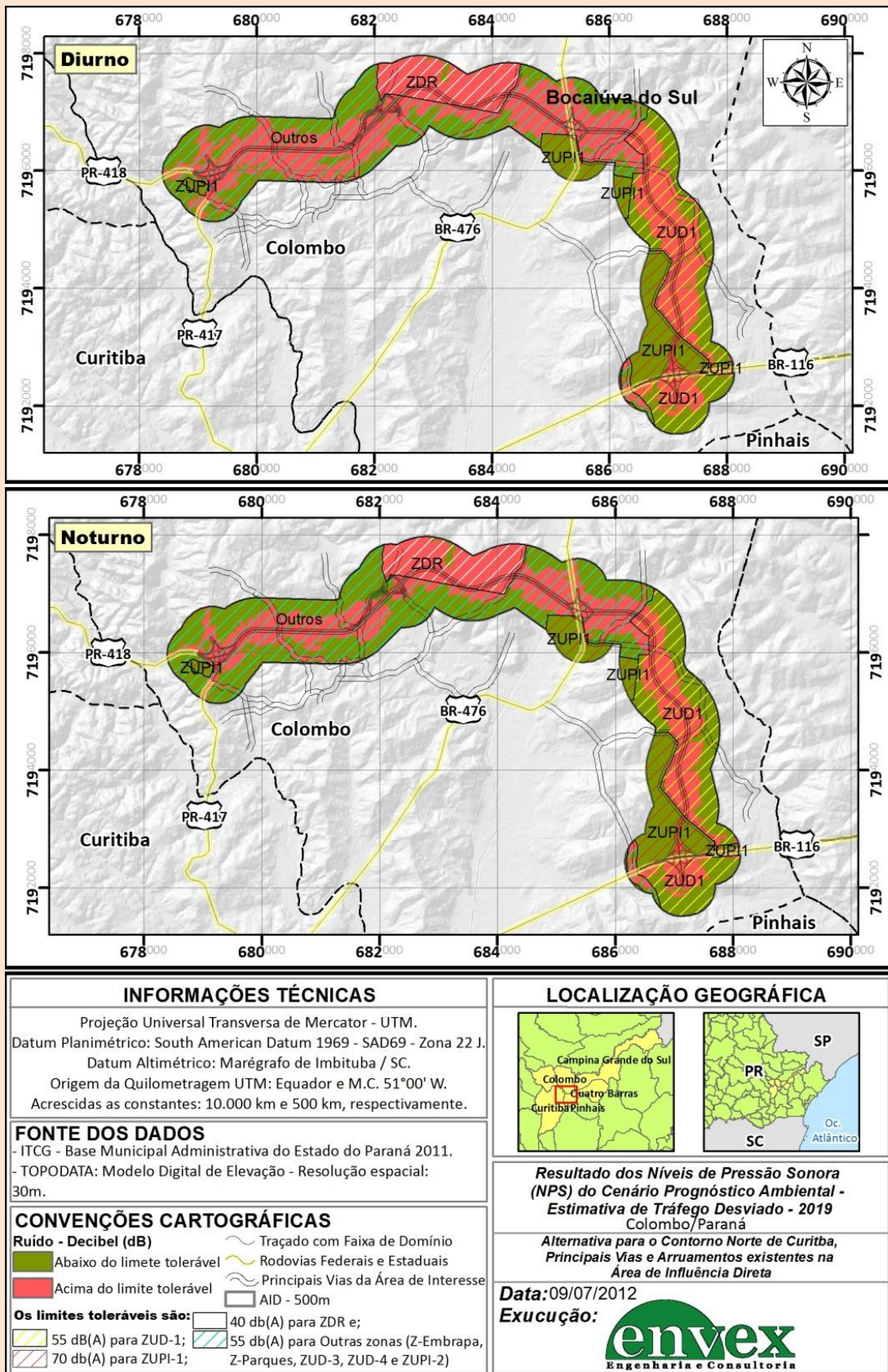


FIGURA 14 – PANORAMAS DO ATENDIMENTO AO NCA (NBR 10.151:200) DIURNO (ACIMA) E NOTURNO (ABAIXO) PARA O CENÁRIO DE PROGNÓSTICO AMBIENTAL – ESTIMATIVA DE TRÁFEGO DESVIADO EM 2019 – EM RELAÇÃO AO BACKGROUND

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste estudo buscou-se atingir o objetivo principal de avaliação da magnitude do aumento dos níveis de pressão sonora que a área de influência direta sofrerá com a inserção do empreendimento.

Inicialmente, com a simulação dos cenários de diagnóstico, procurou-se compreender a influência das principais fontes sonoras sobre os níveis de pressão sonora (NPS) regionais, bem como representar com o maior grau de fidelidade possível a condição atual destes NPS na AID. Feito isto, num segundo momento foi inserido o empreendimento com duas condições distintas de volume de tráfego estimado, a fim de prever as alterações que o mesmo promoverá com relação aos ruídos.

Conforme apresentado, a influência da potência sonora das principais rodovias existentes é bastante relevante nos primeiros 300 metros, contados a partir de seu eixo, ainda que seus efeitos possam ser observados por até dois quilômetros de distância.

A parametrização do modelo buscou representar uma realidade condizente com os resultados obtidos em medições com decibélímetro na fase de diagnóstico. A simulação resultou num panorama de uma região bastante urbanizada, porém essencialmente residencial, onde as fontes sonoras mais relevantes são as principais vias urbanas e as rodovias, no entorno das quais são observados os maiores valores de NPS. Observou-se também nesta fase a ocorrência de regiões bastante tranquilas, com baixos níveis de pressão sonora nos bairros São Gabriel e, principalmente, numa grande depressão topográfica entre os bairros Colônia Faria, Rincão, Paloma e São Dimas, próxima à última grande curva do projeto. Com relação a esta região, vale destacar que a ausência de fontes sonoras bem definidas colaborou por resultar em níveis de pressão sonora notadamente subestimados que são os mínimos de toda a AID.

Feito isto, foram simulados cenários considerando a inserção do empreendimento com dados estimados de tráfego. Para o ano de 2015 foi revelado, como era previsto, que haverá grande alteração nos níveis de pressão sonora regionais, com aumento superior a 50 dB(A) no eixo da rodovia. Todavia os resultados mais relevantes à comunidade são aqueles em que foram excluídas as faixas de domínio e faixas não edificáveis, com uso restrito por lei. Nesta situação, o aumento dos níveis de pressão sonora passa a apresentar magnitude entre 25 e 30 dB(A) durante os períodos diurno e noturno, respectivamente. Vale destacar que os maiores valores registrados localizam-se na região da depressão topográfica citada. Excetuada esta região desabitada de fundo de vale, os maiores aumentos a áreas residenciais foram próximos às duas grandes curvas do projeto, com

aumentos médios superiores a 25 dB(A) no período diurno e 30 dB(A) durante o período noturno nas residências mais próximas da rodovia nos bairros São Gabriel.

Por fim, a simulação com o tráfego estimado para o ano de 2019 revela que o aumento superior a 10% no volume de tráfego pouco interfere na potência sonora da rodovia e menos ainda nos níveis de pressão sonora regionais. Isto revela que a operação da rodovia frente à topografia regional e com a magnitude de tráfego provocará alteração irreversível nos níveis de pressão sonora regionais, porém com caráter pouco variável frente a oscilações no volume de tráfego sazonais ou de médio prazo.

Em vista disso, é esperado aumento efetivo dos níveis de pressão sonora em média superiores a 15 dB(A) em núcleos habitacionais já existentes, podendo chegar a 30 dB(A) em áreas atualmente desabitadas. Pode-se considerar um impacto de grande magnitude e importância, que todavia atingirá de maneira mais relevante as áreas imediatamente adjacentes à faixa de domínio, onde é esperada forte ocupação industrial ou de serviços.

Por fim, recomenda-se também que seja atualizado o zoneamento do município de Colombo de modo a incluir todo o trecho do CNC como sendo de vocação comercial, principalmente as zonas que hoje são consideradas como área rural (ZDR) área predominantemente residencial ZUD-1.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DO DER/PR. 2010. Programa Rodoviário de Ações ao Crescimento Econômico/ Social do Estado do Paraná - PRORODAR. Curitiba-PR.

DECRETO Nº 2200 - 12/06/2000 - aprova o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental do Iraí. Publicado no Diário Oficial Nº 5763 de 14/06/2000

ENGEFOTO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS. 2010. Relatório MD-06-116/PR.000-0-J03/501 – Estudos de Tráfego – Contorno Norte de Curitiba. Curitiba-PR.

JORNAL OFICIAL DAS COMUNIDADES EUROPEIAS (Pt). 2002. DIRECTIVA 2002/49/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 25 de Junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA (PT). 2003. RECOMENDAÇÃO 2003/613/CE de 6 de agosto de 2003 relativa às orientações sobre os métodos de cálculo provisórios revistos para o ruído industrial, o ruído das aeronaves e o ruído do tráfego rodoviário e ferroviário, bem como dados de emissões relacionados.

QUARTIERI, J.; MASTORAKIS, N.E.; IANNONE, G.; GUARNACCIA, C.; D'AMBROSIO, S.; TROISI, A.; LENZA, T.L.L. 2009. **A Review of Traffic Noise Predictive Models**. Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on "Applied and Theoretical Mechanics" (MECHANICS'09), Puerto De La Cruz, Canary Islands, Spain, December 14-16.

WORLD HEALTH ORGANIZATION . WHO, 1980. Environmental Health Criteria 12: Noise. Geneva.

APÊNDICE III

APÊNDICE III

**REGISTRO FOTOGRÁFICO DO MONITORAMENTO DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES PARA O
CONTORNO NORTE DE CURITIBA**

Execução:

ENVEX ENGENHARIA E CONSULTORIA AMBIENTAL S/S LTDA EPP			
HELDER RAFAEL NOCKO	ENGENHEIRO AMBIENTAL, ESP.	CREA/PR 86.285/D	CTF IBAMA 1563032
ANDRÉ LUCIANO MALHEIROS	ENGENHEIRO CIVIL, MSc.	CREA/PR 67.038/D	CTF IBAMA 924222
GIÁCOMO GUSTAVO WOSNIACKI	ENGENHEIRO AMBIENTAL	CREA PR-113718/D	CTF IBAMA 4867386
VANESSA MONTEIRO	ACAD. DE ENG. AMBIENTAL		



EnvEx Engenharia e Consultoria Ambiental S/S Ltda EPP

Av. Presidente Affonso Camargo, 2307, sala 10

Cristo Rei, Curitiba/PR, CEP 80050-370

www.envexengenharia.com.br

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 01R, às margens da BR- 116.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 02R, na rua Presidente Faria, próximo à BR- 116.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 03R, no Interior do Bairro Colônia Faria



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 04R, próximo a uma Subestação da Copel.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 05R, no Cruzamento das Ruas Florindo Trevisan e Nossa Senhora de Fátima.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 06R, entre as ruas Presidente Faria e Vicente Scherna.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 07R, na rua Joaquim Félix Godoy, próximo à via Márcio Cardoso.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 08R, Estrada da Ribeira (BR- 476).



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 09R, na rua Joaquim Távora, em frente a uma fábrica de artefatos de concreto



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 10R, na Estrada da Ribeira (BR- 476)



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 11R, na esquina entre as ruas Pedro Dugonski e Rua das Laranjeiras.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 12R, na rua Pedro Dugonski.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 13R, na rua Francisco Baggio.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 14R, também na rua Francisco Baggio.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 15R, na rua Pedro Osaki.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 16R, na rua Evaldo Lazaroto.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 17R, também na rua Raphael Francisco Greca.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 18R, trevo entre ruas Raphael Francisco Greca e Jacob Bertolin.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 19R, na rua Jacob Bertolin.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 20R, na Avenida Santos Dumont.



Monitoramento de Níveis de Pressão Sonora no ponto OHL 21R, às margens da Rodovia da Uva (PR-417).



Rua Saldanha Marinho, nº 2554 | Bigorriho
CEP 80730-180 | Curitiba/PR
geral@consiliu.com.br | www.consiliu.com.br

