

Fernanda Raggi Grossi Silva

**APLICAÇÃO DA MATRIZ DE BIÓTOPO
COMO INSTRUMENTO DE GOVERNANÇA.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

de Minas Gerais (IFMG)

BAMBUÍ,

AGOSTO/2017.

Fernanda Raggi Grossi Silva

APLICAÇÃO DA MATRIZ DE BIÓTOPO COMO INSTRUMENTO DE GOVERNANÇA.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais
Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Orientador: Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior
Co-orientador: Carlos Fernando Lemos

FICHA DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS

Avenida Professor Mário Werneck, nº. 2590, Bairro Buritis, Belo Horizonte, CEP 30575-180,
Estado de Minas Gerais



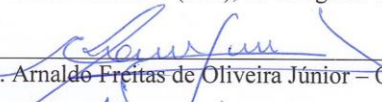
FICHA DE APROVAÇÃO


Dissertação de Mestrado, intitulada "*Avaliação do Planejamento Urbano e Ambiental da Regional Petrovale, município de Betim/MG utilizando o Mapeamento de Biótopos e a Avaliação de Impactos Ambientais*", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Fernanda Raggi Grossi Silva**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 25/08/2017, com a média de pontuação de 90.


Título do Trabalho – houve alteração Sim () Não

Se sim, qual o novo título APLICAÇÃO DA MATRIZ DE BIÓTOPOS COMO INSTRUMENTO DE GOVERNANÇA

Belo Horizonte (MG), 25 de agosto de 2017.


Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior – Orientador (CEFET/MG)


Prof. Dr. Alisson Flávio Barbieri (UFMG)


Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos (UFV/Florestal)


Prof. Dr. Neimar de Freitas Duarte (IFMG/Santa Luzia)


Prof. Dr. Gustavo Augusto Lacorte

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG

FICHA CATALOGRÁFICA

R142a Silva, Fernanda Raggi Grossi.
Aplicação da matriz de Biótopo como instrumento de governança. /
Fernanda Raggi Grossi Silva. – 2017.
224 f.: il.; color.

Orientador: Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior.
Dissertação de mestrado (Pós-graduação) – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental,
2017.

1. Mapeamento de biótopos. 2. Zoneamento ecológico-econômico. 3.
Planejamento urbano e ambiental. I. Oliveira Junior, Arnaldo Freitas de.
II. Título.

CDD 574.50113

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, que sempre me ensinaram a ir
além de onde meus olhos poderiam ver, além do
horizonte ...*

*Não fique limitado ao que está diante de seus
olhos. Muito além de tudo que você vê, há bênçãos
grandiosas do Senhor para sua vida. Se você não
consegue ver uma solução, então feche os seus olhos e
enxergue com os olhos da fé (II Coríntios 5.7). Assim
como Abraão foi chamado para sair da tenda e contar as
estrelas (Gênesis 15.5), você também pode contar muitas
bênçãos.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vocação da Biologia e por toda a proteção, fidelidade e bondade a todo o momento... por ouvir meu pranto e me dar acalanto nas noites traiçoeiras, por me querer sorrindo. "*Deus é bom o tempo todo. O tempo todo Deus é bom*".

Aos meus pais e minha irmã por todo o apoio, compreensão na ausência e amor infinito... a caminhada se tornou mais segura com vocês ao meu lado.

À família Raggi Grossi por todo amor que há nessa vida. "*Essa família é muito unida, e também muito ouriçada*".

Ao Vitor, por ser companheiro, pela compreensão e carinho nos momentos de lazer trocados por estudos, por me ajudar nas coletas debaixo de sol e de poluição, pela revisão do abstract e por se interessar e ler meu trabalho mesmo sendo da área de humanas.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, pela aprovação e pela oportunidade de desenvolver meu projeto original, na íntegra.

Aos amigos do mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, porque não se fizeram meros colegas, mas companheiros de caminhadas... as vinte águias voaram juntas até o final.

Agradecimento especial aos amigos de viagens a Bambuí, de aulas e de estudos, Júlio, Karine e Leo. Sem vocês os obstáculos seriam mais árduos e a força não seria suficiente. E ao Valdeci pelas longas madrugadas de conversas e desabafos no Messenger. "*Tem amigo mais chegado que irmão*" (Provérbios 18:24).

Ao meu irmão de alma, Júlio, por ouvir minhas angústias e dividir as suas, por participar comigo deste segundo sonho, me ajudar nas coletas, pelas boas risadas nas madrugadas de estudos misturadas com as farras de Bambuí, e simplesmente ser amor em minha vida. A amizade é um amor que nunca morre, e seremos eternos...

Ao professor Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior, meu amado orientador, por perdoar minhas rebeldias de “desorientanda” independente, e por me colocar novamente no caminho na reta final. Seus puxões de orelha e carinho me fizeram melhor, e minha gratidão será eterna ao perceber o quanto você acreditou no meu trabalho sem ao menos ter me conhecido no início da caminhada, mas no meio dela. Obrigada por me ensinar tanto, por querer tanto de mim, obrigada por ser tão incrível!

Ao professor Fernando Lemos, meu amado co-orientador, por me emprestar o contador de partículas e dar tanto brilho ao meu trabalho, por me atender aos sábados às sete da manhã quando algo dava errado, por me acompanhar de perto nas batalhas de medições de cinco da manhã às dez da noite... Obrigada pelo carinho e por ser esse profissional tão inspirador.

Ao professor Neimar Freitas Duarte, por ser conselheiro, amigo, mentor científico, porto seguro nos momentos de angústia, sempre com uma palavra de carinho... Obrigada por fazer parte de tudo o que isso se tornou pra mim, que sua luz seja eterna em seus caminhos sempre!!

Aos professores do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, por tanto querer bem, por trazerem tanto conhecimento e me fazerem sentir a renovação que eu buscava ao longo destes anos!

Aos coordenadores do Programa, professores Ricardo Cavalcanti e Gustavo Lacorte, e ao Coordenador da Pós-Graduação, professor Pablo Menezes e Oliveira, por estarem sempre presentes e ajudarem quando necessário, com conselhos e palavras de afeto.

Ao secretário do Programa, Ronaldo Barbosa, por nos acompanhar nas sextas e sábados de aula e com tanta atenção e cuidado ao longo do curso.

Ao professor Daniel Negreiros, da Faculdade UNA de Betim, pelo auxílio com as metodologias e análises estatísticas sobre assimetria flutuante.

Ao professor Jairo Rodrigues pelo auxílio com as imagens de Sensoriamento Remoto em suas aulas. Você me apresentou um novo mundo!

Ao professor Alisson Flávio Barbieri pela disponibilidade de avaliação do trabalho e participação na banca com sugestões tão enriquecedoras.

Aos amigos de Betim Paulo Pereira, Consolação Resende e Tyla Brandão, pelas várias vezes em que remarquei ou cancelei nossos almoços para fazer as coletas de dados repentinas no Petrovale. Obrigada por nunca me deixarem sozinha e nem perdida na caminhada. E meu agradecimento especial à Consolação Resende por fazer a revisão do meu trabalho com tanto apreço.

Ao Wladimir e seus seguranças, por sempre me indicar seus melhores profissionais e por me acompanharem nas madrugadas frias e poluídas do Petrovale. Sem vocês eu não teria coragem de me aventurar...

Aos colegas do Núcleo de Inovação Tecnológica do IFMG pelo incentivo e compreensão, principalmente nos momentos finais da dissertação.

E a todos que contribuíram para que esse segundo mestrado se fizesse realidade, é meu novo passo para o recomeço!

Epígrafe

“Há só uma Terra, mas não só um Mundo. Todos nós dependemos de uma biosfera para conservar nossas vidas. Mesmo assim, cada comunidade, cada país, luta pela sobrevivência e pela prosperidade quase sem levar em consideração o impacto que causa sobre os demais”.

(Relatório Brundtland, Nosso Futuro Comum. 1987).

RESUMO

O Zoneamento Ecológico e Econômico tornou-se instrumento para avaliação do uso e ocupação do solo nos municípios, por meio da formalização dos Planos Diretores Municipais e efetivação do Planejamento Urbano e Ambiental. Entretanto, a realidade leva à readequação do planejamento territorial após o desenvolvimento dos municípios, somente no documento político, gerando conflitos e preocupações. Para que o reordenamento atue como instrumento efetivo de políticas públicas, há a necessidade de aplicação da Matriz de Biótopo, instrumento de diagnóstico rápido e monitoramento para os governos, que retrata a realidade e aponta alternativas para minimização dos impactos ambientais locais. À vista disso, o objetivo deste trabalho foi utilizar a Matriz de Biótopos para realizar o diagnóstico ambiental da Regional Petrovale, município de Betim, estado de Minas Gerais, Zona de Uso Diversificado (ZUD) ocupada pelo Polo Industrial Petroquímico, pelo Bairro Petrovale e banhado pelo Córrego Pintado, de modo a verificar alguns impactos ambientais sobre os meios físico, biótico, sócio econômico e gerar um instrumento que auxilie na gestão pública. Como metodologia, foi utilizado o levantamento de aspectos e impactos ambientais do polo e do bairro sobre o ar - utilizando um contador de partículas sobre a água e sobre o solo - por meio de análises laboratoriais de amostras do Córrego Pintado; sobre as plantas, por meio da influência da poluição atmosférica sobre o desenvolvimento da vegetação local por através da assimetria flutuante, e os impactos socioeconômicos por meio de indicadores intraurbanos. Foram calculados os Índices de Biótopo (IB) e Índices de Qualidade de vida (IQV) gerados a partir da interação das Dimensões Ambiental, Econômica e Social na Matriz de Biótopo, em uma relação inversamente proporcional onde alto IB leva a baixo IQV. Os resultados indicaram a Dimensão Econômica como a mais crítica na Regional, com alto IB e baixo IQV, qualidade de vida indesejável e pouca contribuição dos indicadores com benesses para o bem-estar humano, podendo até prejudicar a qualidade de vida local; a Dimensão Social apresentou qualidade de vida em condição aceitável, com alguns indicadores - saneamento básico e saúde - já sofrendo algum tipo de impacto sobre sua capacidade funcional, comprometendo parcialmente os benefícios para o bem-estar humano; a Dimensão Ambiental também apresentou qualidade de vida aceitável, mas seus indicadores estavam sofrendo impactos que impediram sua contribuição com benefícios. A vegetação, com alto IB e baixo IQV, foi prejudicada pela poluição atmosférica que também apresentou alto IB e Baixo IQV. O IB final indicou qualidade de vida indesejável no ambiente como um todo, com desequilíbrio entre os meio físico, biótico e socioeconômico. Diante dos resultados, foi possível perceber que as atualizações do Plano Diretor na legislação não atenderam à realidade local, sendo necessária a adoção de medidas corretivas pela gestão pública para atender ao real objetivo da legislação e do documento, que é a harmonização entre ambiente natural e construído além do cumprimento do Zoneamento Ecológico e Econômico estadual. A Matriz de Biótopo apontou os indicadores e dimensões mais frágeis, levando à percepção de pontos de ações imediatas. Desta forma, o presente trabalho serviu como um modelo de avaliação de uso e ocupação do solo e adequação dos Planos Diretores às realidades locais, que pode ser difundido tanto na esfera pública para utilização na atualização da legislação, quanto na esfera privada, para realização de diagnósticos ambientais, sociais e econômicos em áreas impactadas.

PALAVRAS-CHAVE: Petrovale - Mapeamento de Biótopos - Zoneamento Ecológico-Econômico - Planejamento urbano e Ambiental

ABSTRACT

Through the formalization of the Municipal Director Plan's and the implementation of Urban and Environmental Planning, the Ecological and Economic Zoning of land use and occupation has become an evaluation instrument of the municipalities. However, after the development of municipalities, in fact, reality leads to the readjustment of territorial planning, but only in the political paper, causing conflicts and concerns. In order for the reorganization to act as an effective public policies' instrument, it is necessary the enforcement of Biotope Matrix, instrument for quick diagnosis and that also serve for governments to monitorate, reports reality and provides alternative paths to minimize local environmental impacts. In view of this, the aim of this work was to use the biotope matrix to accomplish the environmental diagnosis of the Petrovale area, Betim, state of Minas Gerais, Diversified Use Zone (DUZ), occupied by an Industrial Petrochemical Complex, Petrovale neighborhood and bathed by Pintado's stream, in order to verify some environmental impacts over the physical, biotic, socioeconomic means and provide an assist mechanism for the government's administration. As methodology, an environmental survey of the polo and neighborhood impacts in the air was carried out - using a particles counter on water and soil - through a laboratorial analysis of Pintado's stream samples; in the plants, through the atmospheric pollution's action about the local's vegetation development by floating asymmetry, and also socioeconomic impacts by means of intraurban indicators. The Biotope Index (BI) and Life Quality Index (LQI) generated from an environmental' interaction of the social and economic dimensions in the Biotope Matrix were calculated through an inversely proportional relation, where high BI also means low LQI. The outcomes shows the Economic Dimension as the most critical of the region, with high IQ and low IQV, undesirable life quality and small contribution to the human' well-being indicators, that is so to say, it may impair over the local life quality; The social dimension demonstrated acceptable life quality conditions according to some indicators as - basic sanitation and health - that already suffered some kind of impact in their functional capacity, partially compromising the benefits for the human' well-being; The environmental dimension also demonstrated acceptable life quality, but the underwent impacts hindered its contribution with benefits. The vegetation that features high LQI and low BI has been impaired by the atmospheric pollution and also presented high BI and Low LQI. Owing to inequality among physical, biotic and socioeconomic environments, the final BI indicated undesirable life quality at the environment as a whole. Given the results, it was possible to perceive that the Master Plan' update in the legislation did not attend the local reality, being necessary legitimize corrective measures by the public management in order to achieve the real objective of both, legislation and document. The Biotope Matrix demonstrated the most fragile indicators and dimensions, leading to the perception of immediate action points. In this way, the present study served as a model for the evaluation of land use and occupation and the adequacy of the Master Plan to the local realities, as also can be both used in the public sphere, in updating legislation, and in the private sphere, to carry out environmental, social and economic diagnoses within impacted areas.

KEY WORDS: Petrovale – Biotopes Mapping - Ecological-Economic Zoning – Urban-Law Plan

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) no Bairro Petrovale, em 02 de julho de 2016.....	144
GRÁFICO 1 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, em 02 de julho de 2016.....	144
GRÁFICO 3 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Polo Industrial da Regional Petrovale, em 02 de julho de 2016.....	145
GRÁFICO 4- Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Bairro Petrovale, em 02 de julho de 2016.....	145
GRÁFICO 6 -Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação seca, no Bairro Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.....	146
GRÁFICO 5 -- Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação seca, no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.....	146
GRÁFICO 7 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀) e finas (MP _{2,5}) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.....	147
GRÁFICO 8 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (AT) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) e finas (MP _{2,5} µm) no Bairro Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.	147
GRÁFICO 9 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.	148
GRÁFICO 10 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) no Bairro Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.....	149
GRÁFICO 13 - Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) no período intermediário entre as estações seca e chuvosa, no dia 10 de setembro de 2016, no Polo Industrial da Regional Petrovale.	150
GRÁFICO 14 - Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) no período intermediário entre as estações seca e chuvosa, no dia 10 de setembro de 2016, no Polo Industrial.	151

GRÁFICO 15 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (TA) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) e finas (MP _{2,5} µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.	151
GRÁFICO 16 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (TA) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀) e finas (MP _{2,5}) no Bairro Petrovale, dia 10 de setembro de 2016.	152
GRÁFICO 17 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	153
GRÁFICO 18 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) e Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀) no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	154
GRÁFICO 19 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Polo Industrial da Regional Petrovale, Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	154
GRÁFICO 20 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Polo Industrial da Regional Petrovale, Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	155
GRÁFICO 21- Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação chuvosa, no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017....	156
GRÁFICO 22 - Variação de temperatura e umidade relativa do ar na estação chuvosa, no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	156
GRÁFICO 23 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (AT) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) e finas (MP _{2,5} µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	157
GRÁFICO 24 -Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀ µm) e finas (MP _{2,5} µm) no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.	157
GRÁFICO 25 - Distribuição dos valores de diferença entre os lados direito (LD) e esquerdo (LE) de folhas de Vernonia polyanthes (Asteraceae) nas duas áreas avaliadas, sendo em azul a distribuição no Polo Industrial e em vermelho a distribuição na Região.	161

GRÁFICO 26 - Valores de Assimetria Flutuante (AF) medidos em <i>Vernonia polyanthes</i> Less. (Asteraceae), nas áreas do Polo Industrial e Bairro Petrovale, Regional Petrovale, Betim, MG. As barras representam a média e a linha vertical o erro padrão (N = 7 plantas matrizes).	161
GRÁFICO 27- % de atendimentos associados à poluição atmosférica na Unidade Básica de Saúde (UBS) Petrovale, no período de Janeiro de 2016 à Junho de 2017. FONTE: da autora, janeiro de 2017.	164
GRÁFICO 28 - análises dos indicadores ambientais da Regional Petrovale.	201

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Comparação entre características de partículas finas e grossas	58
QUADRO 2 - Recomendações da OMS para concentrações ambientais de MP ₁₀ e a MP _{2,5} - médias de 24 horas, temporárias (IT) e valores de referência (AQG).....	60
QUADRO 3 -Padrões de qualidade do ar em vigor no Brasil de acordo com a Resolução CONAMA 03/90.	61
QUADRO 4 - Níveis críticos de poluição do ar no Brasil.	62
QUADRO 5 -Condições e Limites Máximos de Emissões (LME) para poluentes atmosféricos provenientes de fontes existentes (1) e fontes novas (2) de refinarias de petróleo.	64
QUADRO 6 - Gases variáveis e não variáveis componentes da atmosfera.	66
QUADRO 7 - Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre.....	71
QUADRO 8 - Matriz de biótopos.	133

LISTA DE IMAGENS

IMAGEM 1 - Caracterização do uso e ocupação do solo da cidade de Betim, com destaque para Petrovale, n ° 10.....	113
IMAGEM 2 - Delimitação da área de estudo utilizada para a elaboração de imagens de uso e ocupação do solo, em escala gráfica, elaborado com auxílio do software Erdas Imagine, 2014.	186
IMAGEM 3 - Zoneamento Ecológico Econômico da área de estudo segundo o ZEE-MG. Em vermelho, ZEI (Zona Exclusivamente Industrial); em azul, ZUU (Zona de Uso Urbano); em roxo, APP (Área de Preservação Permanente).	187
IMAGEM 4 - Mapa Zonal de uso e ocupação do solo da Regional Petrovale.....	190
IMAGEM 5 - Delimitação da área de estudo e classificação gerada por meio do software Erdas Imagine (2014).	192

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Categorias do habitat urbano	33
FIGURA 2 - Variação de habitats em áreas urbanas.....	34
FIGURA 3 - Parâmetros mínimos recomendados para controle de poluentes atmosféricos de fontes fixas.....	64
FIGURA 4 - Estrutura do índice de qualidade do ar baseado nas concentrações de: (PM10), dióxido de enxofre (SO ₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O ₃), dióxido de nitrogênio (NO ₂).....	65
FIGURA 5 - Estrutura vertical da atmosfera e respectivas zonas de transição	67
FIGURA 6 - Perfis de temperaturas potenciais típicas diurnas (à esquerda) e noturnas (à direita) em áreas rurais e urbanas.	70
FIGURA 7 - Valores orientadores para qualidade dos solos no estado de Minas Gerais.	79
FIGURA 8 -Polo Industrial Petroquímico e atividades de entorno na Regional Petrovale. ...	97
FIGURA 9 - Delimitação das áreas de estudo e abrangência.....	98
FIGURA 10 - Localização da bacia do Rio Paraopeba no Estado de Minas Gerais.	105
FIGURA 11 - Localização da bacia do Córrego Pintado no município de Betim.	106
FIGURA 12 - Bacia do córrego Pintado dentro da Regional Petrovale. Nascente superior esquerda.....	107
FIGURA 13 - Vista aérea da bacia do córrego Pintado na Regional Petrovale.	108
FIGURA 14 - Áreas Prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais segundo a Fundação Biodiversitas. Destaque para cidade de Betim, localizada na área 22, prioritária para a conservação de Corredores.	112
FIGURA 15 – Classificação do Índice de Qualidade de Vida de acordo com o IB.....	139
FIGURA 16 - Classificação de níveis de qualidade do ar na RMBH	140
FIGURA 17 - classificação do solo da área de estudo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (EMBRAPA, 2006) e UFV	171
FIGURA 20 - domicílios sem rede de abastecimento de água no Bairro Petrovale.	174
FIGURA 18 – domicílios sem rede de esgoto no Bairro Petrovale	173
FIGURA 19 - domicílios sem coleta de lixo no Bairro Petrovale.....	173
FIGURA 21 - número de domicílios em condição de aglomerado subnormal no Bairro Petrovale.....	174

FIGURA 22 - número de domicílios particulares permanentes no Bairro Petrovale.	175
FIGURA 23 - número de crianças atendidas por creches no Bairro Petrovale.	175
FIGURA 24 - número de crianças atendidas por creches no Bairro Petrovale	176
FIGURA 25 - analfabetismo na faixa de 10 a 14 anos no Bairro Petrovale.....	176
FIGURA 26 - analfabetismo na faixa de 15 anos ou mais no Bairro Petrovale.....	177
FIGURA 27 - Índices de violência	177
FIGURA 28 - Crianças e adolescentes atendidos por violência física	178
FIGURA 29 - mulheres atendidas por violência física.....	178
FIGURA 30 - domicílios em pobreza extrema no Bairro Petrovale	179
FIGURA 31 - domicílios com renda per capita de até 1/4 de salário no Bairro Petrovale. ..	179
FIGURA 32 - domicílios com renda per capita de até 1/2 de salário no Bairro Petrovale. ..	180
FIGURA 33 - índice de crianças que trabalham no Bairro Petrovale.	180
FIGURA 34 - domicílios atendidos pelo Programa Bolsa família no Bairro Petrovale	181
FIGURA 35 - pessoas com deficiência de baixa renda e sem benefícios.	181
FIGURA 36 - famílias dependentes de cesta básica no Bairro Petrovale.	182
FIGURA 37 - idosos beneficiários do BPC idoso no Bairro Petrovale.	182
FIGURA 38 - uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Pintado, Regional Petrovale, nos anos de 2000 a 2002.	185
FIGURA 39 - uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Pintado, Regional Petrovale, no ano de 2008.....	188
FIGURA 40 - Avaliação do desenvolvimento do bairro Petrovale pelos Moradores.	189
FIGURA 41- impactos apontados pela população que podem ser gerados com a expansão do Polo Industrial.	193
FIGURA 42 - Classificação do Índice de Qualidade de Vida de acordo com o IB.....	198
FIGURA 43 - Objetivos do Milênio propostos pela ONU.....	203
FIGURA 44 - Objetivos da Sustentabilidade propostos pela ONU.....	203

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 - Geoforma de Complexo Basal Diferenciado predominante na área de estudo.	99
FOTO 2 - Relevo ondulado e em vales na área de estudo.....	101
FOTO 3 - À esquerda, caracterização do solo no Ponto 01. À direita, caracterização do solo no Ponto 02.....	102
FOTO 4 - À esquerda, formação chuvosa no Ponto 01, no mês de Janeiro de 2016. À direita, período seco no Ponto 02 no mês de julho de 2017.	103
FOTO 5 - Vegetação de cerrado sensu stricto na área de estudo.	111
FOTO 6 - Vegetação de cerradão na área de estudo	111
FOTO 7 - Vegetação de Mata Ciliar no Córrego Pintado - Ponto 01 - Pólo Industrial.	111
FOTO 8 - Vegetação de Mata Ciliar no Córrego Pintado - Ponto 02 - Bairro Petrovale.....	111
FOTO 9 - Contador de partículas digital portátil Instrutemp ITCP 100.	117
FOTO 10 - Coleta de amostra de solo no Ponto 01 - Polo Industrial.....	118
FOTO 11 - Transferência da amostra em balde esterilizado.	118
FOTO 12 - Acondicionamento da amostra em saco.....	118
FOTO 13 - Plástico etiquetado para encaminhamento para análise.....	118
FOTO 14 - Coleta de amostra de solo no Ponto 02 - Polo Industrial.....	118
FOTO 15 - Transferência da amostra em balde esterilizado.	118
FOTO 16 - Frascos de acondicionamento de amostras de água.....	122
FOTO 17 - Coleta indireta de amostras no Ponto 02, para posterior acondicionamento.	122
FOTO 18 - Coleta indireta de amostras de água no Ponto 02 segundo instruções do laboratório.....	122
FOTO 19 - Coleta direta de amostras de água no Ponto 02 segundo instruções do laboratório.	122
FOTO 20 – Matrizes de <i>Vernonia polyanthes</i> na área de estudo. À esquerda no Polo Industrial e à direita na zona urbana.	124
FOTO 21 - Morfologia de folhas de <i>Vernonia polyanthes</i> Less (assapeixe)(Asteraceae) coletadas na área de estudo.....	125
FOTO 22 - Paquímetro digital utilizado para medições de Assimetria Flutuante.	126

FOTO 23 - Medida da largura direita utilizando um paquímetro digital Digimess, precisão 0,1mm, na maior largura da folha e a partir da nervura central.	126
FOTO 24 - clorose (em amarelo) no ápice da lâmina foliar e início de necrose (em marrom) na base da lâmina foliar.	159
FOTO 25- Clorose ao longo das nervações.	159
FOTO 26 - Clorose e necrose ao longo da lâmina foliar.....	159
FOTO 27 - Lesão castanha-avermelhada na lâmina foliar.	159
FOTO 28 - Lesão castanha-avermelhada em toda a lâmina foliar.	159
FOTO 29- Lesão castanha-avermelhada na base da lâmina foliar.	159
FOTO 32 - Área de pesca registrada no Polo Industrial.....	166
FOTO 33 - Peixe na fase jovem identificado no Polo Industrial.....	166
FOTO 34 - Área de identificação de indivíduos jovens de peixes no Córrego Pintado, Bairro Petrovale.	166
FOTO 35 - Peixes jovens identificados no Córrego Pintado, Bairro Petrovale.	166
FOTO 36 - Concentração elevada de matéria orgânica presente no trecho do Córrego Pintado no Bairro Petrovale.	167
FOTO 37 - Detalhe da concentração elevada de matéria orgânica presente no trecho do Córrego Pintado no Bairro Petrovale	167

LISTA DE SIGLAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AAE	Avaliação Ambiental estratégica
AF	Assimetria Flutuante
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
AID	Área de Influência Direta (AID)
APP	Área de Preservação Permanente
ARL	Área de Reserva Legal
ASAN	Alta Subtropical do Atlântico Norte
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
BS	Barômetro de Sustentabilidade
CEE	Comunidade Econômica Europeia
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais
CLP	Camada Limite Planetária
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
FPA	Frente Polar Atlântica
IB	Índice de Biótopos
IQV	Índice de Qualidade de Vida
IT	Linhas de Instabilidade Tropical
LME	Limites Máximos de Emissões
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde

PIB	Produto Interno Bruto
PPP	Políticas, Planos e Programas
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico
ZEI	Zona Exclusivamente Industrial
ZUU	Zona de Uso urbano
ZUD	Zona de Uso Diversificado

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	10
ABSTRACT	11
LISTA DE GRÁFICOS	12
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE IMAGENS	16
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE FOTOS	19
LISTA DE SIGLAS	21
SUMÁRIO	23
1. INTRODUÇÃO	26
1.1 Objetivos	28
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i>	<i>28</i>
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i>	<i>28</i>
1.2 Apresentação da dissertação	28
2. REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 Urbanização e Sustentabilidade	31
2.2 Habitats Urbanos	32
2.3 Ecossistemas Urbanos	35
2.4 Planejamento Urbano e Ambiental	35
2.5 Planejamento Urbano e Ambiental, Zoneamento Ecológico e Econômico e estado da arte: da municipalidade à sustentabilidade, da legalidade à realidade	40
2.6 Políticas Públicas: Plano Diretor e Estatuto das Cidades	46
2.7 Utilização da Avaliação de Impactos Ambientais em diagnósticos	51
<i>2.7.1 Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico</i>	<i>55</i>
2.7.1.1 Qualidade do Ar: poluição atmosférica e efeitos sobre a saúde e o ambiente	55
<i>2.7.1.1.1 Caracterização da poluição atmosférica</i>	<i>55</i>
<i>2.7.1.1.2 Caracterização dos Poluentes</i>	<i>55</i>

2.7.1.1.3	<i>Classificação do Material Particulado (MP)</i>	57
2.7.1.1.4	Caracterização das fontes de poluição atmosférica	58
2.7.1.1.5	<i>Parâmetros de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, no Estado de Minas Gerais e no município de Betim/MG</i>	59
2.7.1.1.6	<i>Poluentes e condições meteorológicas</i>	66
2.7.1.1.7	<i>Efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde e o ambiente</i>	71
2.7.1.2	Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade em curso d'água urbano	75
2.7.1.3	Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade do solo em margem de curso d'água urbano	77
2.7.2	Avaliação de Impactos Ambientais no meio biótico	79
2.7.2.1	Assimetria Flutuante Foliar como bioindicadora de qualidade ambiental	79
2.7.2.1.1	<i>Desenvolvimento e crescimento vegetal</i>	79
2.7.2.1.2	<i>Efeito da Poluição sobre as Plantas</i>	80
2.7.2.1.3	<i>Assimetria Flutuante (AF)</i>	81
2.7.3	Avaliação de Impactos Ambientais no meio socioeconômico	84
2.8	Mapeamento de Biótopos	88
3.	MATERIAL E MÉTODOS	95
3.1	Caracterização da área de estudo	95
3.1.1	<i>Geologia</i>	99
3.1.2	<i>Relevo</i>	99
3.1.3	<i>Pedologia</i>	101
3.1.4	<i>Clima</i>	102
3.1.5	<i>Hidrografia</i>	104
3.1.6	<i>Fitofisionomia</i>	109
3.1.7	<i>Uso e ocupação do solo segundo o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)</i>	112
3.2	Metodologia da Pesquisa	114
3.3	Metodologia de Trabalho	116
3.3.1	<i>Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do ar</i>	116

3.3.2 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do solo	117
3.3.3 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade da água...	120
3.3.4 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de desenvolvimento de espécies vegetais	123
3.3.5 Métodos Estatísticos utilizados para o cálculo de assimetria flutuante	126
3.3.6 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de meio socioeconômico	128
3.3.7 Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico	129
3.3.8 Método de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais	129
3.3.9 Metodologia para elaboração da matriz de biótopos	130
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
4.1 - Análise de indicadores de poluição atmosférica e qualidade do ar	140
4.2 Influência da poluição no crescimento vegetal	157
4.2.1 Aspectos visuais relacionados à influência da poluição na vegetação.....	157
4.3 Influência da poluição na saúde da população	162
4.4 Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade da água no Córrego Pintado	164
4.5 Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade do solo no Córrego Pintado	169
4.6 Análise de Indicadores Socioeconômicos	172
4.7 Zoneamento Ecológico e Econômico.....	184
4.8 Matriz de Biótopos	195
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	206
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	208

1. INTRODUÇÃO

Todos os organismos mudam o ambiente com sua presença e uso de recursos. Enquanto a maioria deles simplesmente utiliza os recursos disponíveis, outros, por sua vez, causam efeitos tão intensos que são considerados Engenheiros do Ecossistema (ADLER & TANNER, 2015).

Os seres humanos podem ser considerados os engenheiros definitivos do ecossistema, uma vez que criam uma série de mudanças simultâneas em áreas de grande extensão. Entretanto, no ambiente urbano, o homem age como engenheiro no ambiente não só modificando os recursos e materiais disponíveis no local, mas também importando grande quantidade de materiais, energia e nutrientes, além de exportar os resíduos resultantes (ROMÉRO & BRUNA, 2010).

As metrópoles, enquanto concentrações urbanas, são e continuarão sendo motivo de preocupação dos governos e da sociedade civil, dadas suas necessidades crescentes de recursos, bem estar social, manutenção do equilíbrio ambiental e harmonização da ocupação do espaço.

A Regional Petrovale, área localizada no município de Betim/MG e pretendida ao estudo, é assim denominada por fazer parte da divisão política do município em dez regiões, que formam núcleos de bairros por proximidade. Compreende a Zona Urbana e o Polo Industrial Petroquímico da cidade, além de ser margeada pela microbacia do Córrego Pintado, Bacia do Rio Paraopeba. Segundo o Instituto de Pesquisas Públicas e Urbanas de Betim (IPPUB, 2014), a Regional surgiu por ocupação irregular dos loteamentos destinados à industrialização e, com a chegada do Polo, foi necessária a regularização através da criação de um zoneamento específico adaptado no Plano Diretor Municipal. Dessa forma, o Zoneamento Ecológico Econômico estabelecido regularizou a área do ponto de vista legal, mas não solucionou conflitos e problemas de ocupação e qualidade ambiental que estavam por vir e se mantiveram nos dias atuais.

Ferramentas de verificação de impactos e de organização do espaço têm sido elaboradas pelas governanças e regulamentadas na legislação das cidades, com o objetivo de limitar a expansão urbana frente aos espaços naturais e regulamentar a

distribuição de zonas urbanas e polos industriais, de forma a minimizar estes conflitos e problemas. Neste contexto, o Zoneamento Ecológico e Econômico trata de (re)organizar os espaços e delimitar zonas específicas de atividades e/ou áreas naturais de preservação, resultando no Planejamento Urbano e Ambiental.

A seleção de mecanismos de Levantamento e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais, aliados ao Zoneamento Ecológico e Econômico, como auxílio na identificação dos efeitos destes impactos e na mensuração dos Índices de Qualidade de Vida e Saúde Ambiental, são motivos de discussão e objetos de estudos, uma vez que as cidades são resultado do desenvolvimento urbano proveniente dos impactos oriundos da Era da Revolução Industrial, envolvendo os meios físico, biótico e socioeconômico, e a distribuição destes elementos no território físico do ambiente.

Outra ferramenta que pode ser utilizada para avaliar o Índice de Qualidade de Vida (IQV) é a metodologia de Mapeamento de Biótopos. Segundo Turner (1989), os biótopos são unidades de paisagem caracterizadas conforme seus componentes físicos, biológicos e antrópicos. Já a metodologia de Mapeamento de Biótopos consiste, de acordo com Bedê (1997), em elaborar um diagnóstico da interação destes componentes na(s) unidade(s) de paisagem(ns) do ambiente selecionada(s), gerando o Índice de Qualidade de Vida e com isso o fornecimento de bases para a indicação de medidas de melhoria da qualidade ambiental.

Desta forma, a realização de diagnóstico de externalidades ambientais negativas sobre o nível de bem estar ambiental e recursos de uso coletivo torna-se importante instrumento de intervenção e gestão governamental, uma vez que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, ou seja, a um habitat tanto natural quanto artificial que forneçam a melhor qualidade de vida possível, é garantido na Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB/88) em seu artigo 255, cabendo às políticas públicas vislumbrar o controle ambiental e a organização em um ambiente harmonioso, de forma a enquadrar a territorialidade em um determinado padrão de racionalidade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi utilizar a matriz de biótopo para realizar o diagnóstico do Planejamento Urbano e Ambiental da área denominada Regional Petrovale, uma Zona de Uso Diversificado (ZUD) constituída pelo Bairro Petrovale (Zona Urbana) e pelo Pólo Industrial Petroquímico (Zona Industrial), ambos localizados no município de Betim, MG, a fim de verificar a sua consonância com o Plano Diretor Municipal.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar e classificar qualitativamente alguns aspectos e impactos ambientais gerados nos meios físico, biótico e socioeconômico na Regional Petrovale, provenientes do Polo Industrial e da Zona Urbana;
- Elaborar a Matriz de Biótopos da área de estudo, de modo a identificar variáveis ambientais e avaliar os efeitos dos impactos por meio de indicadores, integrando meio físico, biótico, socioeconômico e o tipo de uso e ocupação do espaço;
- Avaliar, de acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico e o Plano Diretor Municipal, os conflitos gerados entre a Zona Urbana e o Polo Industrial, e como podem ser adequados para que haja harmonização local.

1.2 Apresentação da dissertação

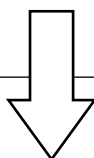
O presente trabalho foi estruturado conforme a apresentação que se segue:

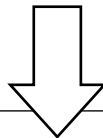
Capítulo 1 – Introdução

Apresenta uma visão geral sobre os temas abordados no trabalho, enfatizando o Zoneamento Ecológico e Econômico da Regional Petrovale, uma área de zona urbana com influência de Polo Industrial e os impactos ambientais gerados com as formas de uso e ocupação do solo na região. Destaca, portanto, a importância da utilização do Mapeamento de Biótopos como instrumento de realização de diagnósticos rápidos para identificação de conflitos nestas áreas e gerar dados que auxiliem em estratégias de atendimento aos Planos Diretores Municipais.

Objetivos

Contem o objetivo geral e os objetivos específicos a que este trabalho se propôs a cumprir.



**Capítulo 2– Referencial Teórico**

Apresenta um breve histórico dos assuntos abordados no trabalho, com a finalidade dialogar com outros autores o seu desenvolvimento.

Urbanização e Sustentabilidade

Habitats Urbanos

Ecossistemas Urbanos

Planejamento Urbano e Ambiental

Planejamento Urbano e Ambiental, Zoneamento Ecológico e Econômico e estado da arte: da municipalidade à sustentabilidade, da legalidade à realidade.

Políticas Públicas: Plano Diretor e Estatuto das Cidades

Utilização da Avaliação de Impactos Ambientais em diagnósticos

Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico

Qualidade do Ar: poluição atmosférica e efeitos sobre a saúde e o ambiente

Caracterização da poluição atmosférica

Caracterização dos Poluentes

Classificação do Material Particulado (MP)

Caracterização das fontes de poluição atmosférica

Parâmetros de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, no Estado de Minas Gerais e no município de Betim/MG

Poluentes e condições meteorológicas

Efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde e o ambiente

Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade em curso d'água urbano

Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade do solo em margem de curso d'água urbano

Avaliação de Impactos Ambientais no meio biótico

Assimetria Flutuante Foliar como bioindicadora de qualidade ambiental

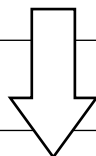
Desenvolvimento e crescimento vegetal

Efeito da Poluição sobre as Plantas

Assimetria Flutuante (AF)

Avaliação de Impactos Ambientais no meio socioeconômico

Avaliação de Biótopos

**Capítulo 3 – Metodologia**

Apresenta os métodos utilizados para realização da pesquisa e para coleta de dados, além da caracterização do local objeto de estudo, a Regional Petrovale, uma área de Zona de Uso Diversificado (ZUD) formada pelo Bairro Petrovale (Zona Urbana) e pelo Polo Industrial Petroquímico (Zona industrial) localizada no município de Betim, MG.

Caracterização da área de estudo

Geologia

Relevo

Pedologia

Clima

Hidrografia

Fitofisionomia

Uso e ocupação do solo segundo o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)

Metodologia da Pesquisa

Pesquisa qualitativa, descritiva explicativa, Revisão Bibliográfica e Revisão Sistemática, Levantamento de Diagnóstico e Estudo de Caso

Metodologia de Trabalho

Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do ar

Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do solo

Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade da água

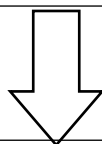
Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de desenvolvimento de espécies vegetais

Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de meio socioeconômico

Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico

Método de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais

Metodologia para elaboração da Matriz de Biótopos

**Capítulo 4 – Resultados e discussão**

Apresenta uma análise dos resultados obtidos com a pesquisa por meio da metodologia utilizada, sob a perspectiva da autora, abordando as questões relativas aos impactos ambientais gerados devido ao uso e ocupação do solo na Regional Petrovale.

Análise de indicadores de poluição atmosférica e qualidade do ar

Influência da poluição no crescimento vegetal

Aspectos visuais

Assimetria Flutuante

Diagnóstico de influência da poluição na saúde da população

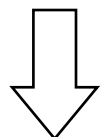
Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade da água no Córrego Pintado

Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade do solo no Córrego Pintado

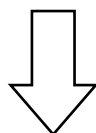
Análise de Indicadores Socioeconômicos

Zoneamento Ecológico e Econômico

Matriz de Biótopos

**Capítulo 5 – Considerações Finais**

Apresenta as considerações finais sobre o trabalho realizado e propostas de utilização em projeto futuros.

**Referências Bibliográficas**

Apresenta as fontes bibliográficas em que o trabalho foi embasado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Urbanização e Sustentabilidade

O conceito de desenvolvimento sustentável formulado pela comissão Brundtland tem origem na década de 1970, tendo se caracterizado por um grande pessimismo sobre o futuro da civilização. Naquela época, o Clube de Roma analisou as consequências do rápido crescimento da população mundial sobre os recursos naturais finitos (MATTHEWS *et.al.*, 1972). Thomas Malthus afirmava, em 1798, que a população mundial, a industrialização, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais aumentavam exponencialmente, enquanto a disponibilidade de recursos aumentaria linearmente. Dessa forma, somente mudanças drásticas no estilo de vida da população permitiriam evitar um colapso na civilização (ROMÉRO & BRUNA, 2010).

A reação a essa visão pessimista veio da Organização das Nações Unidas (ONU) que, em 1983, criou a Comissão presidida pela primeira ministra da Noruega, Gro Brundtland, para analisar o problema (WCED, 1987). A solução proposta no relatório final de 1987 foi a recomendação um padrão de uso de recursos naturais que atendesse às atuais necessidades da humanidade, preservando o meio ambiente, de modo que as futuras gerações poderiam também atender às suas necessidades. Essa seria uma visão mais otimista que a do Clube de Roma, e foi entusiasticamente recebida (ROMÉRO & BRUNA, 2010).

Como consequência, a Convenção do Clima, a Convenção da Biodiversidade, e a Agenda 21 foram adotadas no Rio de Janeiro em 1992, com recomendações abrangentes sobre o novo tipo de Desenvolvimento Sustentável (ROMÉRO & BRUNA, 2010).

As metrópoles, enquanto concentrações urbanas, são e continuarão sendo uma das grandes preocupações dos governos, da sociedade civil e da maior parte do mundo no século XXI, dadas suas necessidades crescentes de recursos ambientais. As definições dos mecanismos e das melhores práticas de ações que minimizem impactos ambientais presentes e futuros, e que lancem mão dos avanços tecnológicos existentes e economicamente viáveis vêm sendo tema de discussão entre os governos do mundo inteiro.

Estas metrópoles são fruto do desenvolvimento urbano resultante dos impactos oriundos da revolução industrial. A grande cidade tem qualidades que constituem um desafio para a vida humana, uma vez que mostram contrastantes dinâmicas ecológicas urbanas das cidades capitalistas e pré-capitalistas, num constante adaptação. Segundo Davis (2007),

A cidade é um improviso imperfeito e carnavalesco que cede aos luxos de um ambiente mediterrâneo dinâmico. As coisas continuam numa condição meio real, e sente-se o encanto no modo como elas encontram seu próprio equilíbrio e realização (DAVIS, 2007).

Desde o século XIX, com a industrialização, a própria cidade foi mudando. Foram estabelecidas indústrias, estas gerando empregos e, assim, atraíam a população dispersa nas áreas rurais que foram migrando para as cidades, num processo de formação de aglomerações urbanas; essas aglomerações se tornaram um desafio urbano devido ao número cada vez maior de pessoas que procuravam viver com qualidade de vida. Nesse processo de formação de cidades e de sua expansão, em determinadas regiões, algumas cidades foram se "emendando" nas outras, formando um extenso contínuo urbano que passou a reunir os poderes da aglomeração, isto é, gerar uma economia dinâmica.

2.2 Habitats Urbanos

As áreas urbanas cresceram em grande escala nos últimos três séculos. A primeira década do século XXI marca a primeira vez na história em que a maioria dos habitantes mora em cidades, contra menos de 10% no ano de 1700. Isso leva à concentração da população humana, com mais da metade dos habitantes, numa pequena fração da área habitável da Terra. Entretanto, as cidades ocupam apenas de 1% a 3% da área do planeta, enquanto a agricultura e as pastagens ocupam cerca de 20% (GASTON, 2010b, apud ADLER & TANNER, 2015).

O meio ambiente urbano consiste em uma variedade de habitats que variam de acordo com o grau de modificação e o tipo e quantidade de entradas (poluentes), podendo ser divididos em quatro categorias amplas (Figura 01):

1. Os habitats construídos se estruturam basicamente com construções humanas;

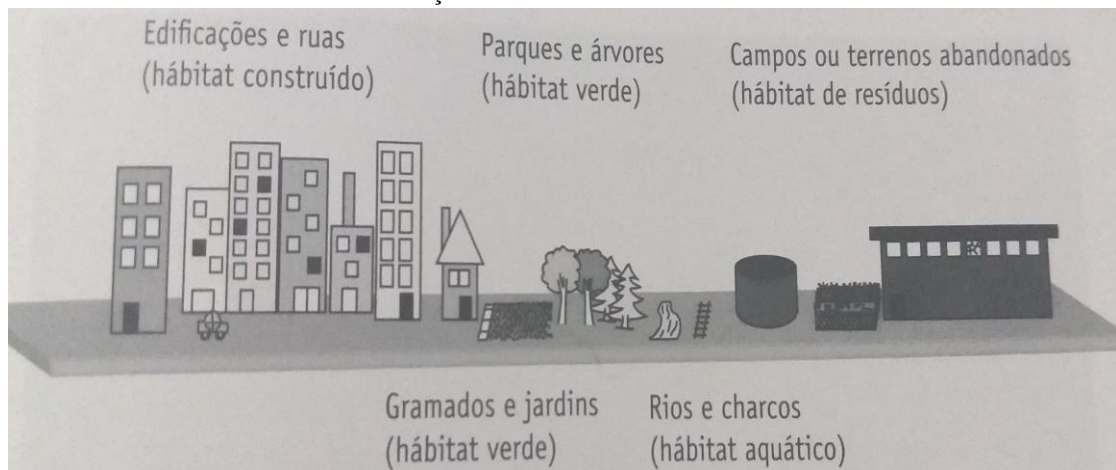
2. Os habitats de resíduos foram, em grande parte, substituídos pelo lixo humano;
3. Os habitats verdes são constituídos por plantas;
4. Os habitats aquáticos são cobertos principalmente por água.

FIGURA 1 - Categorias do habitat urbano



FONTE: adaptado de Adler & Tanner, 2015.

Embora todos os ecossistemas incluam uma variedade de tipos de habitat, as áreas urbanas são incomuns por terem habitats profundamente diferentes e muito próximos, com transição drástica. Desta forma, contêm uma mistura de habitats vizinhos e contrastantes que variam de completamente construídos por seres humanos a habitats praticamente sem modificações (Figura 02).

FIGURA 2 - Variação de habitats em áreas urbanas

FONTE: Adler & Tanner, 2015.

A distribuição de habitat depende de como as cidades crescem. Historicamente, a maioria deles se espalhou de dentro pra fora começando por um centro original, com a densidade decrescendo gradualmente. A tecnologia e os meios de transporte possibilitaram outros padrões, como o surgimento de novos centros urbanos a alguma distância do povoamento original, os quais potencialmente se espalham e, enfim, se aglutinam (GASTON, 2010b, *apud* ADLER & TANNER, 2015). Esses padrões, juntamente com a tendência atual de bairros residenciais dispersos com baixa densidade, às vezes chamada de desenvolvimento extraurbano, ou espraiamento, alteram a distribuição dos tipos de habitat urbano (FRANCIS, 2012, *apud* ADLER & TANNER, 2015).

Como as manchas de habitat são geralmente pequenas, os organismos ou processos de ecossistemas que dependem de áreas maiores podem se perder quando uma região se urbaniza. Portanto, o mosaico de hábitat do meio ambiente urbano é propício a alguns organismos, mas a fragmentação resultante e as barreiras potencialmente hostis e perigosas entre as ilhas de habitat podem ser fatais a outros. Por outro lado, a complexa mistura de habitats pode gerar quatro aspectos da escolha de habitat, da modificação de habitat, e do movimento de recursos e espécies que têm papel fundamental no controle da diversidade na cidade:

- Os seres humanos tendem a se instalar em locais desejáveis com água disponível, clima tolerável e substancial variação topográfica;

- Os seres humanos fragmentam as áreas urbanas num mosaico bastante comprimido de habitats contrastantes que podem favorecer diversos organismos;
- Os seres humanos trazem vastos recursos sob a forma de água, nutrientes, alimentos e resíduos;
- Os seres humanos importam diretamente, de forma intencional ou não, muitas espécies novas do campo circundante ou de outras áreas.

2.3 Ecossistemas Urbanos

Os aspectos novos dos ecossistemas urbanos resultam da modificação do habitat e da mudança de entradas e saídas provocadas pela capacidade humana de adotar comportamentos direcionados a metas. Atingir a um objetivo dentro do ambiente construído exige entrada e saída de energia e materiais, que podem ser intencionais ou não. Construir uma estrada exige energia, mão de obra e materiais, além de criar grande variedade de perturbações, todas com o propósito de facilitar o transporte. Entretanto, estas entradas causam efeitos não intencionais, como a entrada de poluentes como subproduto, afetando as formas de vida que fazem parte daquele meio (ADLER & TANNER, 2015).

O movimento de materiais, o desenvolvimento de indústrias, a construção civil e a elevada densidade populacional humana criam níveis de perturbação diferentes, em termos de tipo, frequência e magnitude, dos existentes em outros ecossistemas. Além destes aspectos que influenciam na entrada, a saída de produtos urbanos é grande porque a entrada também o é e a reciclagem tende a ser baixa. Como consequência, o desequilíbrio entre entrada e saída pode levar à concentração de compostos nas áreas urbanas, e estes podem ser sequestrados pelos elementos urbanos, removidos de seu ciclo natural (ADLER & TANNER, 2015).

2.4 Planejamento Urbano e Ambiental

O Planejamento é um processo e uma ferramenta utilizada para pensar e projetar o futuro, contribuindo para que decisões sobre ações humanas coloquem-se como uma forma de viabilizar sua intenção de governar o próprio futuro (PHILIPPI JR, 2005).

Segundo Matus, em entrevista cedida à Huertas (1996), existem três modalidades de planejamento:

1. Planejar a realidade, centrada no desenho das regras do jogo social, com a intenção de ajustar as regras para que o sistema ganhe maior eficiência e eficácia;
2. Planejar a estratégia do próprio jogo, para prever grandes jogadas, importantes para a obtenção de resultados futuros;
3. Planejar em detalhe, com o propósito de dar maior precisão quantitativa a cada ação, invadindo o campo da criatividade de cada agente.

A organização do espaço sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propuseram a viver em estado gregário, sob objetivos e normas comuns. As primeiras informações históricas sobre planejamento do espaço descrevem aldeias ligadas à prática de pesca e agricultura. Nelas, a ordenação do território considerava aspectos ambientais como topografia e microclima. Exemplos tradicionais remotos de planejamento advêm das aldeias da Mesopotâmia, cerca de 4000 a.C, realizado por autoridades religiosas preocupadas com a organização das cidades, atendendo assim, além dos seus preceitos, a estética e o conforto (PELLEGRINO, 2000).

A preocupação sobre os impactos produzidos pelo homem em centros urbanos tornou-se mais evidente entre os gregos, sendo Aristóteles considerado o "grande teórico da cidade". Esta perspectiva de planejamento - voltada à cidade - perdura no tempo, da Grécia Antiga à época da Revolução Industrial, formulando uma base teórica sobre construções de núcleos populacionais, seja do ponto de vista religioso ou estético, seja dos pontos de vista estrutural, político, econômico, social. 1810 e 1940, mais de um século após a Revolução Industrial, diversos estudos no campo da Ecologia induziram à reorientação da relação homem e meio. O movimento romântico do final do século XVIII refletiu uma expressão social de cunho ambiental. Neste período, muito contribuiu a escola francesa, com propostas de planejamento de recursos hídricos e saneamento, que enfatizavam a relação entre disponibilidade de água e preservação de mananciais; e os japoneses, que procuravam conseguir nas cidades estreito relacionamento entre elementos naturais e construídos (ACOT, 1990).

Após a Segunda Guerra, na Europa e nos Estados Unidos, quando a discussão dos conceitos de desenvolvimento e subdesenvolvimento adquiriu relevância, o desenvolvimento enfatizava o modelo de sociedade voltados para o consumo nos países dominantes no espaço econômico mundial. O desenvolvimento estava ligado a parâmetros econômicos como alto PIB (Produto Interno Bruto), evoluída economia de mercado e especialização da sociedade, induzidos, em princípio, pela Revolução Industrial de 1750-1830. Assim, nos anos 1950-1960, surgiram os planejamentos econômicos de maior importância (TRIVIÑOS, 1987).

Uma visão um pouco mais diferenciada do planejamento surgiu também na década de 1950 quando, nos Estados Unidos, a principal preocupação girava em torno da necessidade de se avaliar os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais. Uma vez que em grande parte desses empreendimentos predominavam aspectos sociais, com geração de empregos e crescimento inadequado das cidades, o procedimento metodológico mais comum continuava sendo a análise de custo/benefício e de alternativas técnicas de engenharia. Perdas ambientais e alternativas sociais não eram relevadas até então. A questão ambiental era vista como um segmento a parte, ligada à sistematização do conhecimento de natureza e à política de protecionismo (TRIVIÑOS, 1987). De acordo com Latour (1998), os impactos ambientais da sociedade moderna ajudaram a "... torná-la, pouco a pouco, uma parte de nossa existência legal, política e moral... Ela passou do exterior ao interior do mundo social".

Durante quase vinte anos debateu-se no Congresso Americano a necessidade de se exigir estudos de impacto ambiental e, durante essas décadas, a ideia começou a ser discutida também em outros países. Retomou-se a visão holística e integradora do meio, considerando as ações humanas como parte do processo de avaliação. É assim que, no final da década de 1960, ocorreu uma releitura dos fundamentos conceituais de desenvolvimento, gerada por diversas causas histórico-políticas (ALENCAR, 1996).

Os países considerados em desenvolvimento estavam sempre muito distantes dos padrões do Primeiro Mundo e a ênfase na mentalidade voltada para o consumo provocava consequências graves, como poluição, desigualdade social, aumento da criminalidade, e insatisfação da sociedade. Ganha destaque neste momento a ideia de

não haver um modelo único de desenvolvimento, sendo o melhor aquele que a sociedade decide, com satisfação de suas necessidades segundo suas condições e representatividade social. Surgiram modelos alternativos de desenvolvimento, considerando benefícios desvinculados do aspecto puramente econômico, como qualidade de vida físico-mental, conforto, higiene, educação, bem como características negativas do chamado "mundo desenvolvido", como poluição e degradação ambiental (ORTOLANO, 1997).

Os estudiosos na área ambiental são unânimes em afirmar que o marco das preocupações do homem moderno com o meio ambiente, incorporando questões sociais, políticas, ecológicas, e econômicas com uso racional de recursos, deram-se em 1968, com o Clube de Roma, reunião em que foram discutidos assuntos econômicos, biológicos, sociais, industriais e políticos. O relatório final denominado "Limites de Crescimento" abalou as convicções da época sobre o valor do desenvolvimento econômico e a sociedade passou a fazer maior pressão sobre os governos acerca da questão ambiental (ORTOLANO, 1997).

Os primeiros estudos de avaliação de impactos ambientais refletiam "sistemas de planejamento" de caráter ambiental, mas referenciados por obras públicas. Os métodos adotados eram um somatório das avaliações de custo/benefício, técnicas de questionamento e métodos baseados em listagens, desenvolvidos entre os anos de 1930 e 1970. No fim dos anos 1970 retomaram-se os fundamentos de decisão multicriterial desenvolvidos para planejamento de recursos hídricos na década de 1930. Técnicos e teóricos em planejamento passaram então a questionar suas diretrizes, discutindo tanto aspectos do processo em si, como o papel dos planejadores atuantes no processo. Questionava-se se os planejadores eram realmente objetivos e imparciais, por que e como o público deveria ser envolvido, ou como se poderia intervir no manejo de regiões (OREA, 1992).

O planejamento territorial estruturou-se para organizar uma sociedade com características dominantes. Os governos deviam facilitar o desenvolvimento desta sociedade, que era aquela que tinha meios de candidatar-se a postos de trabalho, meios de produzir extraindo e retirando da terra seus produtos para uso interno e para

exportação. Foi no esplendor deste Planejamento Territorial que se desenvolveu a técnica para elaboração de Planos Diretores de Desenvolvimento Integrado dos Municípios, voltado para uma inter-relação entre os diferentes setores de planejamento (PHILIPPI JR, 2005).

As técnicas de planejamento territorial reportavam-se à necessidade de um planejamento integrado e integral. Integrado porque deveria considerar todos os setores de planejamento, ou seja, o econômico, o social, o institucional e o territorial. Integral porque deveria ser o resultado integral daqueles diversos setores, interferindo no território, que seria então planejado para comportar tanto as atividades existentes como sua expansão ao longo dos anos, em prol de melhores resultados econômicos, sociais e territoriais. O território adquiria uma importância singular, pois deveria estar projetado e equipado, tanto para permitir eficiência econômica como para acolher a eficácia social. A qualidade do ambiente construído era considerada parte dessa qualidade social almejada (PHILIPPI JR, 2005).

Entretanto, a utilização dos recursos naturais implica em uma apropriação do espaço onde os indivíduos e natureza não podem ser mais dissociados, devem ser entendidos como parte da ordenação do território, e essa estrutura deve ser mantida da forma mais íntegra possível pela atenuação das causas, minimização dos efeitos e reparação dos danos da apropriação. Dentro desta visão evolutiva, Franco (2001) considera o Planejamento como o esforço da civilização em prol da preservação e conservação dos recursos ambientais de um território, com o objetivo de prover sua própria sobrevivência.

Almeida *et.al* (1993) consideram que o planejamento, do ponto de vista de uma técnica administrativa moderna, é um processo que permite da racionalidade à ação. O que se verifica é que o Planejamento Territorial, tradicionalmente, utilizou variáveis econômicas e sociais, considerando os fatores ambientais como uma externalidade à dinâmica do desenvolvimento.

Segundo Almeida *et.al.* (2000) o Planejamento é um processo que permite classificar, compreender problemas, bem como selecionar e implementar ações em prol da otimização de situações, soluções de problemas e cumprimento de metas. Deve ser

utilizado nos vários níveis de governo, como federal, estadual e municipal; além de ser utilizado simultânea e integralmente, tanto em termos de abrangência de áreas territoriais como de integração entre setores do conhecimento - social, econômico, territorial, institucional, entre outros.

2.5 Planejamento Urbano e Ambiental, Zoneamento Ecológico e Econômico e estado da arte: da municipalidade à sustentabilidade, da legalidade à realidade

As cidades brasileiras têm passado por processos de implementação de novas diretrizes para ordenação do desenvolvimento urbano, resultado de uma recente política exigida pelo Estatuto das Cidades¹ e, posteriormente, pela implantação de Planos Diretores Municipais². Entretanto, a preocupação quanto à forma com que esses Planos Diretores estão sendo formulados e encaminhados nas municipalidades, além de critérios quase sempre ausentes de participação democrática e sem o necessário rigor técnico-teórico na determinação da ordenação legal do território, tem sido alvo de debates e estudos quanto ao seu direcionamento e consequências, uma vez que a necessidade de regularização legal das ocupações tem se sobreposto à ordenação urbana e ambiental harmonizada.

A prática do Planejamento Urbano e Ambiental estabelecendo critérios sociais, ambientais, políticos e econômicos de forma interligada torna-se de extrema importância para a constituição sustentável social e espacial de uma comunidade; entretanto, a forma de deliberação legal associada a um processo eficaz de execução e fiscalização, que vão além de interesses de ocupação municipal, talvez sejam os grandes dilemas para a viabilização de projetos harmônicos nas paisagens atuais.

A gestão ambiental territorial deve ocorrer a partir dos municípios, conforme previsto desde a Constituição Federal, envolvendo a participação das instituições públicas, comunidades locais e setores econômicos na implementação de projetos e ações no espaço urbano e regional, visando o desenvolvimento sustentável e o necessário equilíbrio entre a cidade contemporânea brasileira e o meio ambiente.

¹ “Estatuto da Cidade” é a denominação oficial da Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta o capítulo “Política Urbana” da Constituição Federal, detalhando e desenvolvendo os artigos 182 e 183. Seu objetivo é garantir o direito à cidade como um dos direitos fundamentais da pessoa humana, para que todos tenham acesso às oportunidades que a vida urbana oferece (Senado Federal, 2001).

Segundo Lamas (1992) *apud* castro e Júnior (2003), entre os principais fatores associados à incapacidade de gerenciamento e controle dos impactos negativos causados pela consolidação do processo de industrialização, se destaca o fato das cidades terem adquirido uma grande complexidade estrutural e morfológica, em resultado, especialmente do acelerado processo de crescimento, do aumento em sua densidade e da proliferação indiscriminada e sem planejamento dos bairros operários. Além disso, sobre os antigos tecidos, consolidados para outros fins, evidenciaram-se a necessidade de criação da nova rede de transportes e, simultaneamente, a eletricidade e uns grandes números de inovações tecnológicas também viabilizaram a incorporação de diversos elementos ao cotidiano das cidades, levando a população a conviver com uma série de circunstâncias desconhecidas e ainda, produzindo sensíveis alterações nos padrões de relação social e na paisagem urbana preexistente.

Em síntese, a origem do urbanismo no mundo ocorreu na medida em que os processos de industrialização e crescimento acelerado se intensificavam, transformando os principais núcleos urbanos em palcos de sérios problemas como insuficiência de infraestrutura básica e de saneamento; proliferação de moradias em precário estado de segurança e higiene; deterioração das regiões centrais; poluição do ar, sonora e visual; e segregação espacial, econômica e social.

Segundo CHOAY *apud* MARQUES (1994), no final do século XIX começavam surgir as primeiras teorias do planejamento urbano moderno, que foram enquadradas em quatro correntes de pensamento:

- *Modelo Progressista*: seu princípio básico está na racionalidade da ciência e da técnica como forma de resolver os problemas;
- *Modelo Culturalista*: a totalidade da cidade (aglomeração urbana) deve prevalecer sobre as partes (os indivíduos), e o conceito cultural de cidade sobre a noção material de cidade;
- *Modelo Naturalista*: busca subordinar a arquitetura à natureza;
- *Antrópolis, o Planejamento Humanista*: apoia-se na crítica ao movimento progressista através da Antropologia, Sociologia, Psicologia e História.

Na atualidade, esta divisão é corroborada pelas definições estabelecidas no Plano Diretor Municipal, instrumento legal de gestão de delimitação territorial, onde há a determinação legal de utilização e ocupação do espaço territorial, de acordo com as atividades, equipamentos, e destinação.

Segundo o arquiteto francês Le Corbusier (1992), os conceitos sobre Urbanismo Contemporâneo deveriam seguir a premissa de “constituir a estrutura de todo o sistema com regras segundo as quais o jogo poderia ser jogado”. Esta ideia o levou a ir além do clássico projeto de um centro urbano, ou seja, num terreno virtual, idealmente plano, desenvolveu um modelo de planejamento de abrangência regional, estrategicamente distribuído em três setores distintos, que eram delimitados por cinturões verdes:

- *Urbano - a cidade*: centro de negócios e residências urbanas – para aqueles que tinham seus negócios e residiam na cidade;
- *Suburbano - a cidade industrial e as cidades-jardins* – para aqueles que trabalhavam na periferia, na zona fabril, e não vinham à cidade; residem na cidade-jardim;
- *Misto - cidades-jardins e transportes cotidianos* – para os que fornecem seu trabalho no centro de negócios, mas vivem nas cidades-jardins.

Estes três setores distintos citados por Le Corbusier correspondem aos critérios estabelecidos pelo Zoneamento Ecológico Econômico no Brasil, ferramenta através da qual é concretizado o Plano Diretor Municipal, e que determina a delimitação dos territórios em zonas de atividades e ocupação de acordo com sua classificação urbana ou rural, e que pode ser dividida em cinco categorias, de acordo com o Zoneamento Ecológico e Zoneamento Econômico:

Zoneamento Ecológico segundo o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012):

- APP - Área de Preservação Permanente - margens de rios e topos de morro não devem ser ocupados por qualquer tipo de atividade ou ação de urbanização, uma vez que a vegetação deve ser preservada;

- ARL - Área de Reserva Legal - vinte por cento de vegetação de terrenos localizados em Zona Rural devem ser preservados, para que os remanescentes de vegetação nativa sejam mantidos no local.

Zoneamento Econômico (MILARÉ, 2015):

- ZEI - Zona Exclusivamente Industrial - onde só podem ser instalados empreendimentos industriais;
- ZUU - Zona de Uso urbano - ocupada por residências e empresas de comércio e prestação de serviços;
- ZUD - Zona de Uso Diversificado, onde podem se instalar indústrias de pequeno e médio impacto ambiental, além de residências, desde que esta interação ocorra de forma harmônica.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2017), o ZEE é um instrumento de organização do território a ser, obrigatoriamente, seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, e que estabelece medidas e padrões de proteção ambientais destinados a assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população. Tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

Ainda segundo o MMA, o ZEE, na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais, contribuindo para racionalizar o uso e a gestão do território, reduzindo as ações predatórias e apontando as atividades mais adaptadas às particularidades de cada região.

Segundo Gostrein (2001), o estágio atual do crescimento metropolitano tem como característica marcante a importância assumida pela dimensão ambiental dos problemas urbanos, especialmente os associados ao parcelamento, uso e ocupação do

solo, com relevante papel desempenhado pelos assentamentos habitacionais para população de baixa renda.

Verificam-se, nas metrópoles, um agravamento das condições de moradia das populações pobres – um processo de “periferização” do crescimento metropolitano (IPEA, 2006), acompanhado de um aumento significativo nos índices de favelização – e um grau devastador de degradação ambiental provocado por loteamentos ilegais e ocupações sobre áreas protegidas e solos frágeis.

Ainda segundo a autora, outro viés avaliado nestas áreas - os problemas ambientais urbanos - diz respeito tanto aos processos de construção da cidade e, portanto, às diferentes opções políticas e econômicas que influenciam as configurações do espaço, quanto às condições de vida urbana e aos aspectos culturais que informam os modos de vida e as relações interclasses.

Nas parcelas da cidade produzidas informalmente, onde predominam os assentamentos populares e a ocupação desordenada, a combinação dos processos de construção do espaço com as condições precárias de vida urbana gera problemas socioambientais e situações de risco, que afetam tanto o espaço físico quanto a saúde pública: desastres provocados por erosão, enchentes, deslizamentos; destruição indiscriminada de florestas e áreas protegidas (APP's); contaminação do lençol freático ou das represas de abastecimento de água; epidemias e doenças provocadas por umidade e falta de ventilação nas moradias improvisadas, ou por esgoto a céu aberto. A escala e a frequência com que estes fenômenos se multiplicam nas cidades revelam a relação estrutural entre os processos e padrões de expansão urbana da cidade informal e o agravamento dos problemas socioambientais.

Assim, segundo Tucci (2006), os principais problemas relacionados ao processo de urbanização e infraestrutura nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, são:

I - As grandes concentrações populacionais em pequenas áreas, com deficiências nos sistemas de infraestrutura e condições ambientais inadequadas que afetam a qualidade de vida desta população, geram impactos ambientais e limitam o desenvolvimento;

II - O aumento descontrolado da periferia, acentuado pelo êxodo rural, onde as pessoas migram para as periferias urbanas à procura de empregos, gerando aumento descontrolado dessas regiões que não possuem infraestrutura suficiente, e acabam por aumentar a quantidade de problemas relacionados à segurança e em geral o tráfico de drogas;

III - O planejamento realizado sempre para uma cidade já ocupada, a urbanização espontânea, onde invasões descontroladas ocupam áreas ilegais e de risco. Existe a cidade formal e informal, onde a gestão urbana atente somente a primeira.

Percebe-se que a crise urbana e ambiental relacionada ao acelerado processo de urbanização e a ocupação de áreas informais e ilegais está diretamente ligada à falta de saneamento ambiental nessas áreas e a ocupação de mananciais, APP's e fundos de vale levando a problemas ambientais e de saúde pública, com a poluição das águas e em consequência a propagação de doenças (REANI e SEGALLA, 2006).

Visto os problemas urbanos e ambientais enfrentados pelas cidades brasileiras, constata-se que muito se deve à falta de um planejamento ambiental urbano, de modo a melhorar as condições ambientais das cidades e a qualidade de vida.

A definição de Planejamento Ambiental é considerada por FRANCO (p. 35, 2001) como [...] o planejamento que parte do princípio da valoração e conservação das bases naturais de um dado território como base de auto sustentação da vida e das interações que o mantém, ou seja, das relações ecossistêmicas.

Já Para Floriano (2002) apud Peres e Mediondo (2004), planejamento ambiental é

Um processo de organização de atividades para se chegar a um fim, com fases características e sequenciais que, em geral, estão na seguinte ordem: identificar o objeto do planejamento, criar uma visão sobre o assunto, definir o objetivo do planejamento, determinar princípios para se atingir o objetivo do planejamento, definir políticas e critérios, estabelecer metas, desenvolver um plano de ações, estabelecer um sistema de monitoramento, controle e análise das ações planejadas, definir um sistema de avaliação e, finalmente, prever a tomada de medidas para prevenção e correção quanto aos desvios que poderão ocorrer em relação ao plano.

Após analisar o processo de urbanização, o início do planejamento ambiental e seu conceito, constata-se que grande parte dos problemas urbanos e ambientais deve-se à percepção tardia por parte do homem da necessidade do planejamento urbano voltado para o ambiente urbano e o ecossistema. A utilização de Planejamentos Ambientais por parte das administrações municipais, estaduais e federais, é essencial para a redução dos problemas que as cidades vêm enfrentando, de modo a propiciar qualidade de vida e qualidade ambiental, mas não de forma corretiva, e sim preventiva.

2.6 Políticas Públicas: Plano Diretor e Estatuto das Cidades

De acordo com Bucci (p. 38, 2002), as políticas públicas consistem em um conjunto de instrumentos de ação que visam apresentar as diretrizes e as estratégias de concretização de interesses públicos e de alteração de relações sociais estabelecidas. São definidas como “[...] programas de ação governamental visando coordenar os meios à disposição do Estado e as atividades privadas, para a realização de objetivos socialmente relevantes e politicamente determinados”.

No ordenamento jurídico brasileiro, as normas de política urbana são tratadas na Carta de 1988, no Capítulo II, inserido no Título VII da Ordem Econômica e Financeira. Prevê o art. 182, caput, que “a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público Municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem – estar de seus habitantes”.

Em 10 de julho de 2001, a Lei 10.257, conhecida como Estatuto da Cidade, foi promulgada, vindo a regulamentar esses dispositivos constitucionais. Dispõe a lei federal que o objetivo da política urbana é “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana” (art. 2º, caput). Para alcançar esse desiderato, estabelece diversas diretrizes, como o planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município; a ordenação e controle do uso do solo; a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico; e a garantia do direito a cidades sustentáveis.

Nota-se, pois, que o Estatuto da Cidade coloca a sustentabilidade do meio ambiente urbano como um direito, concebido como “o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e as futuras gerações” (art. 2º, inc. I).

Planejar o espaço urbano significa remeter ao futuro das cidades, buscando medidas de precaução contra problemas e dificuldades, ou ainda, aproveitando melhor possíveis benefícios (SOUZA & RODRIGUES, 2004). Castells (1983), em sua obra clássica, “A questão urbana”, considera o espaço urbano produto de dada formação social, e por isso afirma que o planejamento urbano é a intervenção do político sobre a articulação específica das diferentes instâncias de uma formação social no âmbito de uma unidade coletiva de reprodução da força de trabalho, com a finalidade de assegurar sua reprodução ampliada, de regular as contradições não antagônicas, assegurando assim os interesses de classe social no conjunto da formação social e a reorganização do sistema urbano, de forma a garantir a reprodução estrutural do modo de produção dominante.

A Lei 10.257/2001 enumera os seguintes instrumentos de planejamento municipal: disciplina do parcelamento do uso e da ocupação do solo; zoneamento ambiental; plano plurianual; diretrizes orçamentárias e orçamento anual; gestão orçamentária participativa; planos, programas e projetos setoriais; planos de desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2001).

O Plano Diretor está previsto no art. 182, §1º da Constituição Federal de 1988 e reafirmado no art.40 caput, da Lei 10.257/2001, e consiste em um documento de planejamento que visa balizar o desenvolvimento e a expansão do espaço construído, de modo a mudar a realidade urbana, trazendo melhor qualidade de vida à população. É considerado o instrumento básico de política urbana, devendo englobar o território total do Município, isto é, compreender tanto a área urbana, como a rural. Essa integração é relevante já que cada vez mais se nota uma maior ligação entre as atividades promovidas na área rural com as atividades urbanas.

Segundo Silva (2000), o Plano Diretor é plano em virtude de prever os objetivos a serem alcançados, o prazo em que estes devem ser atingidos (muito embora o plano,

em geral, não precise fixar prazo no que concerne às diretrizes básicas), as atividades a serem implementadas e quem deve executá-las. É diretor por fixar as diretrizes do desenvolvimento urbano do município. É por meio do plano que se define o melhor modo de ocupar um município ou região, prever as áreas onde se localizarão os pontos de lazer, as atividades industriais e todos os usos do solo, não somente no presente, mas também no futuro. Isso permitirá a consolidação de valores com vista à qualidade de vida urbana.

Ainda segundo o autor, o Plano Diretor apresenta vários aspectos: físico, social e administrativo-institucional. O aspecto físico diz respeito à ordenação do espaço municipal, traçando as localidades e zonas para diferentes usos. O aspecto social do plano diretor está relacionado à busca pela melhoria da qualidade da comunidade, mediante o planejamento dos espaços habitáveis; e o aspecto administrativo institucional se refere ao meio de atuação urbanístico do Poder Público. Nesse sentido, o plano inclusive deve ser incluído na perspectiva mais ampla do planejamento municipal, “devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas” (art. 40, 1º da Lei 10.257/2001).

A esses aspectos é possível ainda acrescentar o conteúdo ambiental do plano diretor, haja vista que, com esse instrumento de planejamento, pode-se tutelar o meio ambiente natural e cultural, através da proteção das áreas ecologicamente sensíveis, do respeito à capacidade de suporte do ecossistema, da salvaguarda das belezas naturais e paisagísticas. O planejamento do território vai então incorporando novas ideias e práticas, rompendo paradigmas. É dentro dessa perspectiva que se pode dizer que o Plano Diretor é mais que um mero instrumento de controle do uso do solo. É também um instrumento de implantação do desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Esse instrumento permite não apenas a regulação físico-territorial, mas a inserção de mecanismos de conteúdo ambiental, como licenciamento ambiental, criação de espaços territoriais protegidos e avaliação de impacto ambiental para diversas atividades de ocupação do solo. Enfim, é um meio potencial de diálogos entre os atributos do meio biofísico com os instrumentos de ordenamento territorial, adquirindo

um caráter estratégico na busca pela qualidade de vida das cidades. A Constituição Federal impõe a obrigatoriedade de elaboração do plano diretor para as cidades com mais de 20.000 habitantes (art. 182, §1º). A Lei Federal em seu art. 41, inciso I, frisou, novamente, o dever dos Municípios com esse porte elaborarem seus planos. Porém, o Estatuto da Cidade, no art.41, incisos II, III e IV, ampliou respectivamente essa obrigatoriedade para as cidades que se enquadrem nos seguintes casos:

- a) integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas;
- b) onde o Poder Público municipal pretenda utilizar o parcelamento ou edificação compulsórios; imposto sobre a propriedade predial territorial urbana progressiva no tempo; e desapropriação;
- c) integrantes de áreas de especial interesse turístico;
- d) inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.

Todavia, a constitucionalidade dessas novas obrigatoriedades introduzidas pelo Estado pode ser questionada, já que “a Constituição Federal assegura que municípios com menos de 20.000 habitantes têm a liberdade de escolher, dentro dos limites da autonomia municipal, se terão ou não plano diretor” (HORBACH, p. 08, 2004). Assim, quando o Estatuto da Cidade, que é uma norma federal infraconstitucional, arrola outros casos de obrigatoriedades de implantação do plano diretor pelos municípios, a norma limita a “[...] autonomia desses entes federados de forma não prevista pelo constituinte, ou seja, cria a lei, dentro da estrutura federativa instituída pela Carta da República uma obrigação para os Municípios, obrigação essa que não consta do texto constitucional” (HORBACH, p. 08, 2004).

Tendo em vista ainda que a urbanização é um processo dinâmico e evolutivo, o planejamento do espaço urbano deve ser periodicamente revisto e reorientado às necessidades sóciourbanas que vão aflorando. Por isso, estabeleceu o legislador o dever

de revisão do Plano Diretor, pelo menos a cada 10 anos (art. 40, §3º da Lei 10.257/2001), de modo que a propriedade cumpra sempre sua função social².

A ideia do planejamento estratégico visa uma cidade eficiente, competitiva, que acompanha as tendências de desregulamentação da economia e diminuição da presença dos estados que passariam a ter uma postura de coordenação flexível e aberta ao desenvolvimento das cidades, assumindo um papel de articulador.

São necessárias inovações capazes de romper com uma tradição de planejamento tecnocrático e normativo que remonta do início do desenvolvimento das cidades, e com a relativa distância com que os Planos Diretores tratavam planejamento e gestão, de modo a criar as sinergias necessárias às iniciativas dos agentes econômicos, tanto para áreas já estabelecidas quanto para novas ocupações.

Para tanto, é necessário diagnosticar os principais aspectos da área de interesse e adotar medidas de gestão pública, local e regional. Para diagnosticar uma área, é necessário verificar as seguintes dimensões:

- Dimensão ambiental: um ambiente muito especial;
- Dimensão físico-territorial: uma metrópole em formação;
- Dimensão econômica: uma metrópole dinâmica e em plena transformação;
- Dimensão social: uma metrópole desigual;
- Dimensão político institucional: uma frágil institucionalidade.

Ainda, a construção de uma política urbana metropolitana que visa relacionar o desenvolvimento regional com o desenvolvimento urbano contempla:

² A função social da propriedade é um conceito que foi construído ao longo de muitas décadas. De forma simplificada, dizer que a propriedade atende a uma função social é dizer que a ela é dada uma forma de conceito do habitante de determinado local, dentro do contexto da sociedade em que se insere.

Terrenos ou edificações ociosos em área urbana não atendem à sua função social. A partir do momento, no entanto, em que é dada finalidade àquele imóvel, seja ele usado para moradia ou para fins comerciais, diz-se que ele atende a uma função social.

A função social, portanto, é conceito intrínseco à própria propriedade privada. Não basta a titularidade, o proprietário deve estar sensibilizado para com o dever social imposto pela própria Constituição (IPEA, 2016).

- a) Orientar o uso e ocupação do solo na definição, por meio de um macrozoneamento, de áreas destinadas a distritos industriais metropolitanos, habitação social e áreas de proteção ambiental;
- b) Orientar as políticas de drenagem urbana, coleta de lixo, abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- c) Orientar a gestão, os investimentos e integração dos transportes coletivos;
- d) Mapear as áreas socialmente vulneráveis e integrar ações locais e estratégicas com as ações dos diversos ministérios do governo federal.

Buarque e Lima (2005) sugerem sete diretrizes para orientar o enfrentamento do problema urbano e metropolitano na concepção do desenvolvimento sustentável:

- Participação e articulação institucional;
- Articulação técnica e política;
- Abordagem integrada e multidisciplinar;
- Visão global e corte territorial;
 - visão estratégica e capacidade operacional;
 - Integração da metrópole com o contexto externo;
 - Perspectiva de longo prazo.

2.7 Utilização da Avaliação de Impactos Ambientais em diagnósticos

De acordo com a Resolução CONAMA 01/86, impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Como instrumento de gestão destas alterações e de política ambiental, a Avaliação de Impactos Ambientais, segundo a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei

6938/81) é formada por um conjunto de procedimentos preventivos e corretivos capaz de assegurar que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisões, e por eles considerados, garantindo a adoção das medidas de proteção do meio ambiente.

As demandas sociais ocasionam interações nos sistemas ambientais e justificam intervenções que podem resultar em diferentes possibilidades de impactos ambientais. Nesse sentido, os impactos ambientais podem ser diferenciados de acordo com as demandas ambientais correspondentes a cada estilo ou modelo de desenvolvimento. Em cada sociedade, a questão ambiental emerge da inadequação ou da insustentabilidade de seus próprios padrões que, por sua vez, constituem o seu modelo de desenvolvimento. A problemática ambiental resulta, portanto, do modelo de desenvolvimento adotado em cada região ou sociedade, expresso nos seus padrões de ocupação, produção e consumo (MMA, 2002).

Segundo Sánchez (2008), a Avaliação de Impactos Ambientais serve de instrumento de auxílio para a Avaliação Ambiental estratégica (AAE), definida como forma de avaliação de impacto de ações mais amplas que projetos individuais. Tipicamente, a AAE refere-se à avaliação das consequências ambientais de Políticas, Planos e Programas (PPP's), no âmbito de iniciativas governamentais. Desta forma, o grande potencial da AAE está em influenciar a própria formulação desses PPP's, assim como um dos principais papéis da Avaliação de Impacto Ambiental de projetos é o de formular alternativas que evitem ou reduzam os impactos adversos ou que possibilitem maiores ganhos ambientais. Não se trata, portanto, de um “teste” para aprovação ou legitimação de PPP's, nem da mera verificação de consequências após sua formulação. Desta forma,

Trata-se de um processo sistemático para avaliar as consequências ambientais de uma política, plano ou programa propostos, de modo a assegurar que elas sejam plenamente incluídas e adequadamente equacionadas nos estágios iniciais mais apropriados do processo decisório, com o mesmo peso que considerações sociais e econômicas (SADLER e VERHEEM THERIVEL., 1996).

A Avaliação Ambiental Estratégica tem se firmado como ferramenta de planejamento devido a duas ordens de fatores: (I) os impactos socioambientais adversos e (II) as limitações inerentes à avaliação de impactos ambientais. Impactos socioambientais negativos decorrem como efeitos colaterais de inúmeras políticas públicas, sejam elas políticas macroeconômicas, sejam políticas setoriais, como as de transportes e de energias. O relatório da comissão Brundtland aponta esta relação, na medida em que a capacidade de escolher políticas sustentáveis requer que as dimensões ecológicas das políticas sejam consideradas ao mesmo tempo em que as econômicas (...) e outras dimensões – nas mesmas agendas e nas mesmas instituições (WCED, 1987).

Alguns aspectos definem a Avaliação Ambiental Estratégica como ferramenta de diagnóstico em políticas de desenvolvimento, tendo como instrumento complementar a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) de acordo com Sánchez (2008):

- *Precisão da delimitação espacial*: limites espaciais menos claros, mais abrangentes;
- *Detalhamento das ações*: indeterminado no caso de políticas e mais amplo no caso de projetos e AIA;
- *Escala temporal*: o período de duração de uma política ou um plano pode ser bastante longo; o período de implantação de um projeto é relativamente curto;
- *Processo decisório e as instituições envolvidas*: enquanto para os projetos há distinção nítida entre o proponente e a autoridade competente em aprová-lo, as políticas ou planos costumam ser formulados e sancionados pela mesma entidade. Mesmo dentro do campo da AAE, é conveniente se diferenciar entre necessidades de avaliação, de acordo com o objeto de análise.

Autores como Partidário e Fischer (2002) entendem que a AAE toma diferentes formas segundo o nível de planejamento ao qual se aplica, diferenciando-se três grandes tipos: AAE de políticas; AAE aplicada ao planejamento territorial; AAE de planos e programas setoriais. Assim, a AAE é entendida como um processo que pode melhorar a eficácia da avaliação de impactos, uma vez que apresenta integração vertical (ou seja, projetos derivados de um plano ou programa poderiam ser avaliados com mais facilidade e maior eficiência) e melhor tratamento de impactos cumulativos e sinérgicos.

Desta forma, a Avaliação de Impactos Ambientais é o instrumento utilizado para a efetivação da avaliação de qualidade ambiental de uma determinada área por meio de seu diagnóstico, cujo objetivo é apresentar os principais elementos dos meios físico, biótico e socioeconômico sobre influência de modificações geradas a partir da implantação e operação de um empreendimento.

O diagnóstico ambiental é a caracterização da qualidade ambiental atual da área de abrangência do Estudo Ambiental, de modo a fornecer conhecimento suficiente para embasar a identificação e a avaliação dos impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico.

De acordo com o Art. 6º da Resolução CONAMA nº. 001/86 (BRASIL, 1986) são definidos como meios físico, biológico e socioeconômico:

- *Meio Físico*: o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;
- *Meio Biológico e os Ecossistemas Naturais*: a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- *Meio Socioeconômico*: o uso e ocupação do solo, a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

2.7.1 Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico

2.7.1.1 Qualidade do Ar: poluição atmosférica e efeitos sobre a saúde e o ambiente

2.7.1.1.1 Caracterização da poluição atmosférica

A poluição do ar pode ser definida como a presença de matéria ou energia na atmosfera, de forma a torná-la imprópria, causar prejuízos aos usos antrópicos, à saúde pública e ao ecossistema natural (PHILIPPI JR, 2005). Este conceito corrobora com a definição da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) (2017), onde as emissões atmosféricas representam o lançamento de substâncias na forma particulada, gasosa ou de aerossóis, em concentrações superiores à sua capacidade de assimilação, e capazes de causar alterações no compartimento atmosférico, quando lançadas com intensidade, quantidade, concentração, tempo de exposição ou características que tornem ou possam tornar o ar impróprio.

Além disso, a qualidade do ar é produto da interação de um complexo conjunto de fatores dentre os quais se destacam a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes (MMA, 2017).

2.7.1.1.2 Caracterização dos Poluentes

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)(2001), considera-se poluente quaisquer substâncias que, quando lançadas na atmosfera, podem resultar em concentrações que causam ou podem causar danos à saúde e ao meio ambiente.

Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS)(WHO,1999), os poluentes atmosféricos podem ser classificados de acordo com a forma de sua emissão e formação:

- *Primários*: aqueles poluentes emitidos diretamente pela fonte, como por exemplo os provenientes de combustíveis - dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, dióxido de enxofre (SO₂), metano (CH₄), sulfeto de hidrogênio (H₂S), os óxidos de nitrogênio (NO_x), a amônia (NH₃), etc.

- *Secundários*: aqueles poluentes não emitidos diretamente por fontes, porém formados a partir de reações químicas ocorridas na troposfera, entre os poluentes primários e componentes naturais da atmosfera. Destacam-se o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o ácido sulfúrico (H_2SO_4), o ácido nítrico (HNO_3), o trióxido de enxofre (SO_3), os nitratos (NO_3^-), os sulfatos (SO_4^{2-}), o ozônio (O_3) e o nitrato de peroxiacetila –PAN– ($\text{CH}_3\text{=OO}_2\text{NO}_2$), sendo que os dois últimos estão entre os mais prejudiciais às pessoas e à vegetação porque formam radicais livres (superóxidos, hidroxilas, dentre outros) que atacam os seres vivos (FREEDMAN, 1995).

Outra forma de classificação dos poluentes atmosféricos que considera o estado físico separa-os em Material Particulado, Gases e Odores. De acordo com WHO (1999):

- *Material Particulado*: partículas sólidas (poeiras, fumaças) ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar, ou formadas na atmosfera, que se mantêm em suspensão na atmosfera, e com tamanho variando na faixa de 0,01 a $100\mu\text{m}$ (em diâmetro aerodinâmico equivalente). As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultados de reações químicas com os compostos já existentes.
- *Gases e vapores* - poluentes na forma molecular; por exemplo monóxido de carbono, gás carbônico, enxofre (S), ozônio (O_3), óxido de nitrogênio (NO_x), etc.

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina por sua vez o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais.

A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento. O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são: material particulado (MP), Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Oxidantes Fotoquímicos como o Ozônio (O₃), Hidrocarbonetos (HC), Óxidos de Nitrogênio (NO_x).

2.7.1.1.3 Classificação do Material Particulado (MP)

Este estudo deu maior ênfase ao Material Particulado por ter sido objeto de avaliação de impactos ambientais durante as medições realizadas.

O tamanho das partículas do MP está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde e aos seres vivos, uma vez que quanto menor seu diâmetro maior o efeito provocado (CETESB, 2001, PHILIPPI JR, 2005).

Desta forma, pode ser classificado em:

- *Partículas Totais em Suspensão (PTS)* - podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 50 µm. Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde; outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade;
- *Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀)* - podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm (2,5 >p< 10µm).
- *Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5})* - aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 2,5 µm – MP_{2,5} (<2,5µm).

As partículas inaláveis finas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 2,5µm) têm comportamento físico-químico diferenciado das partículas inaláveis grossas (com diâmetro aerodinâmico médio menor que 10µm e maior que 2,5µm), resultando

em riscos e impactos diferenciados na saúde pública e no meio ambiente. Essas partículas geralmente são emitidas por atividades como combustão industrial e residencial, exaustão de veículos automotores, etc. Uma comparação entre partículas grossas e finas é detalhada no Quadro 01 a seguir.

QUADRO 1 - Comparação entre características de partículas finas e grossas

	Partículas Finas¹	Partículas Grossas²
Origem	Gases	Sólidos e gotas grandes
Formação	reação química; nucleação; condensação; coagulação; evaporação de gotas de fôgo e nuvens nas quais há gases que se dissolveram e reagiram;	ruptura mecânica (impacto, abrasão de superfície); evaporação de sprays; ressuspensão de poeiras;
Composição	Sulfato SO_4^{2-} ; nitrato NO_3^- ; amônia (NH_4^+); íon de hidrogênio H^+ ; carbono elementar; compostos orgânicos; metais (Pb, Cd, Ni, Zn, Fe, Mn);	Poeira ressuspensa (de solo, de rua); poeira de carvão, óxidos metálicos, carbonato de cálcio, sal marinho, pólen, fragmentos de plantas e animais, etc;
Solubilidade	Muito solúvel; higroscópico;	Muito insolúvel; não higroscópico;
Fontes Principais	Combustão de carvão; óleo; gasolina; diesel; madeira; produtos de transformação atmosférica de NO_x , SO_2 e compostos orgânicos;	Ressuspensão de poeira industrial e poeira das ruas; suspensão de poeira do solo em ruas não pavimentadas; construção e demolição;
Tempo de vida na atmosfera	Dias a semanas;	Minutos a horas;
Distância que podem percorrer	Centenas e milhares de quilômetros;	Menos do que um quilômetro a dezenas de quilômetros;

1 - Partículas finas: partículas com diâmetro aerodinâmico médio menor que $2,5\mu\text{m}$;

2 - Partículas grossas: partículas com diâmetro aerodinâmico médio maior que $2,5\mu\text{m}$.

FONTE: WHO (1999).

2.7.1.1.4 Caracterização das fontes de poluição atmosférica

São consideradas fontes de poluição do ar qualquer empreendimento, processo, equipamento ou atividade que possa liberar ou emitir matéria ou energia para atmosfera, de forma a torná-la poluída, ou seja, modificada da sua composição original. Segundo Malheiros (2000) apud Philippi Jr. (2005), a classificação das fontes de poluição do ar pode ser feita quanto à sua forma, tipo de lançamento e área ocupada:

- *Fontes Fixas:* ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. Têm como exemplo as indústrias;

- *Fontes móveis:* aquelas que se dispersam pela comunidade, não sendo possível a avaliação na base de fonte por fonte. Têm como exemplo a dispersão por veículos e o produto dos combustíveis e combustão (veículos a gasolina/diesel/álcool/gás natural); decorrentes da combustão externa (caldeiras, fornos) ou combustão interna (automóveis); e outros processos de transformação (fabricação de ácidos).
- *Fontes pontuais:* quando pode ser considerada como um ponto em determinada área, por exemplo, chaminés industriais, incineradores, dutos, etc;
- *Fontes difusas:* não pontuais e aleatórias, isto é, não têm um ponto de lançamento específico ou não advêm de um ponto preciso de geração. As emissões das fontes difusas denominam-se fugitivas, cujos exemplos são emissões evaporativas em furo de tubulação, válvula ou superfície de um tanque; emissão de material particulado de uma pilha de minério, etc.

2.7.1.1.5 Parâmetros de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, no Estado de Minas Gerais e no município de Betim/MG

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) (2017) recomendam que na adoção de um padrão de qualidade do ar sejam considerados fatores relacionados tanto aos riscos à saúde, quanto às atividades econômicas, políticas, sociais e ambientais, dependendo das circunstâncias locais.

Para o Brasil, há recomendação para os valores estabelecidos no Quadro 02 a seguir.

QUADRO 2 - Recomendações da OMS para concentrações ambientais de MP₁₀ e a MP_{2,5} - médias de 24 horas, temporárias (IT) e valores de referência (AQG).

MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)	FUNDAMENTAÇÃO PARA O NÍVEL INDICADO
150	75	Cerca de 5% do aumento da mortalidade de curto prazo em relação aos valores de AQG).
100	50	Cerca de 2,5% do aumento da mortalidade de curto prazo em relação aos valores de AQG).
75	37,5	Cerca de 1,2% do aumento da mortalidade de curto prazo em relação aos valores de AQG).
50	25	Baseado na relação entre as concentrações de 24 horas e anual.

*Percentil 99 (3 dias/ano). Para fins de gerenciamento. Baseado em valores de guidelines médios anuais; número preciso a ser determinado baseado na frequência de distribuição local de médias diárias. As frequências de distribuição local da média diárias de MP_{2,5} e MP₁₀ usualmente se aproximam de uma distribuição log-normal.

FONTE: WHO (2005).

Ainda no Brasil, a instância regulamentadora das emissões atmosféricas é o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que por meio de suas resoluções determina os limites máximos de emissões de poluentes. Particularmente no que diz respeito aos limites das emissões industriais, há a importante participação do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) e do órgão ambiental municipal de meio ambiente de Betim na edição das resoluções, tendo em vista seu papel preponderante no licenciamento e na fiscalização destas atividades e o conhecimento empírico que detêm da realidade de seus territórios.

Desta forma, os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos, no âmbito federal, pela Resolução CONAMA nº 03/1990, divididos em padrões primários (níveis máximos que poderão afetar a saúde da população) e secundários (níveis mínimos de efeito adverso sobre o bem estar da população, dano à fauna e a flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral) (Quadro 03).

QUADRO 3 -Padrões de qualidade do ar em vigor no Brasil de acordo com a Resolução CONAMA 03/90.

POLUENTE	TEMPO MÉDIO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÕES (VIOLAÇÕES ACEITAS POR ANO)	
		PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 hrs	240	150
	Anual (Média geométrica)	80	60
FUMAÇA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24hrs	150	100
	Anual	60	40
PARTÍCULAS INALÁVEIS MP ₁₀ - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24hrs	150	Igual ao padrão primário
	Anual	50	Igual ao padrão primário
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24hrs	365	100
	Anual	80	40
CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ – ppm)	1h	40.000 – 35	Igual ao padrão primário
	8h	10.000 – 9	Igual ao padrão primário
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 h	160	Igual ao padrão primário
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	320	190
	Anual	100	Igual ao padrão primário

Observação: para PTS, fumaça, partículas inaláveis e SO₂, os padrões primários e secundários relativos às médias de 24 horas podem ser ultrapassados apenas uma vez ao ano. Os padrões primários e secundários do CO de 8 horas e de 1 hora e do ozônio também não podem ser ultrapassados mais de uma vez ao ano. Não há permissão de ultrapassagem para o NO₂. (x) – Número de violações aceitas por ano. **FONTE:** adaptado de Resolução CONAMA 003/1990.

A legislação federal disciplina ainda outros instrumentos, como a obrigatoriedade de disponibilização da informação sobre a qualidade do ar, ferramenta fundamental que permite não só o conhecimento, por parte da população, do nível de atendimento aos padrões de qualidade do ar, como também o acompanhamento e a avaliação, pela sociedade, das medidas de gestão da qualidade do ar implementadas pelos órgãos ambientais. Trata-se de direito fundamental condicionador do princípio da participação.

Prevê também a adoção dos padrões de qualidade do ar como parâmetros para a definição de medidas de previsão, prevenção e remediação de eventos críticos de poluição. A Resolução CONAMA 003/1990 define assim os níveis de qualidade do ar com vistas à elaboração de planos de emergência para episódios críticos de poluição

(MMA, 2012b). O objetivo dessa classificação é prover condições aos órgãos públicos para prevenção de grave risco à saúde.

Para tanto são definidos três níveis críticos de poluição – atenção, alerta e emergência, em ordem crescente de gravidade –, entendidos como a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, conforme apresentado no Quadro 04 a seguir.

QUADRO 4 - Níveis críticos de poluição do ar no Brasil.

NÍVEL	CARACTERÍSTICAS
ATENÇÃO	<p>Situação de manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 horas subsequentes, sendo atingida uma ou mais das condições a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ concentração de SO₂, média de 24 horas, de 800 µg/m₃; ▪ concentração de PTS, média de 24 horas, de 375 µg/m₃; ▪ produto, igual a 65x10³, entre a concentração de SO₂ e a concentração de PTS - ambas em µg/m₃, média de 24 horas; ▪ Concentração de CO, média de 08 horas, de 17.000 µg/m₃ (15 ppm); concentração de O₃, média de 1 hora de 400 µg/m₃; ▪ concentração de MP₁₀, média de 24 horas, de 250 µg/m₃; ▪ concentração de fumaça, média de 24 horas, de 250 µg/m₃; ▪ concentração de NO₂, média de 1 hora, de 1130 µg/m₃.
ALERTA	<p>Situação de manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 horas subsequentes, sendo atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ concentração de SO₂, média de 24 horas, de 1.600 µg/m₃; ▪ concentração de PTS, média de 24 horas, de 625 µg/m₃; ▪ produto, igual a 261x10³, entre a concentração de SO₂ e a concentração de PTS - ambas em µg/m₃, média de 24 horas; ▪ concentração de CO, média de 8 horas, de 34.000 µg/m₃ (30 ppm); ▪ concentração de O₃, média de 1 hora de 800 µg/m₃; ▪ concentração de MP₁₀, média de 24 horas, de 420 µg/m₃; ▪ concentração de fumaça, média de 24 horas, de 420 µg/m₃; ▪ concentração de NO₂, média de 1 hora, de 2.260 µg/m₃.
EMERGÊNCIA	<p>Situação de manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 horas subsequentes, sendo atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ concentração de SO₂, média de 24 horas, de 2.100 µg/m₃; ▪ concentração de PTS, média de 24 horas, de 875 µg/m₃; ▪ produto, igual a 393x10³, entre a concentração de SO₂ e a concentração de PTS - ambas em µg/m₃, média de 24 horas; ▪ concentração de CO, média de 8 horas, de 46.000 µg/m₃ (40 ppm);

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ concentração de O₃, média de 1 hora de 1.000 µg/m₃; <p>concentração de MP10, média de 24 horas, de 500 µg/m₃;</p> <p>concentração de fumaça, média de 24 horas, de 500 µg/m₃;</p> <p>concentração de NO₂, média de 1 hora, de 3.000 µg/m₃.</p>
--	--

FONTE: adaptado de Resolução CONAMA 003/90.

No estado de Minas Gerais, os padrões adotados seguiram a determinação nacional para a elaboração da Deliberação Normativa COPAM 001/81 (FEAM, 2000), onde estabelece os seguintes Limites Máximos de Emissões (LME) de Material Particulado:

Art. 2º - Ficam estabelecidos para todo o território do Estado de Minas Gerais os seguintes padrões de qualidade do ar:

- Partículas em suspensão:
 - uma concentração média geométrica anual de 80 microgramas por metro cúbico;
 - uma concentração máxima diária de 240 microgramas por metro cúbico; que não deve ser excedida mais de uma vez por ano;

Para fontes fixas pontuais, os Limites Máximos de Emissão (LME) e parâmetros específicos de controle e monitoramento estabelecidos para atividades geradoras e emissoras de Material Particulado fazem parte da Deliberação Normativa COPAM 187/2013 (Figura 03), que posteriormente revogou a DN COPAM 11/86 já citada.

FIGURA 3 - Parâmetros mínimos recomendados para controle de poluentes atmosféricos de fontes fixas.

ANEXOS DA DN 187/2013	Indústria ou Atividade Industrial	Parâmetros												
		MP	NO _x (como NO ₂)	SO _x (como SO ₂)	SO ₂	SO ₃	CO	Amônia	Chumbo (Pb)	ERT* (como SO ₂)	Fluoreto total	COV**		
Anexo I-A	Combustão externa de biomassa de bagaço de cana-de-açúcar													
Anexo I-B	Combustão externa de derivados da madeira													
Anexo I-C	Combustão externa de óleo combustível													
Anexo I-D	Combustão externa de gás natural													
Anexo II	Turbinas a gás para geração de energia elétrica													
Anexo III	Refinaria de petróleo - Processos													
Anexo IV	Celulose													
Anexo V	Chumbo - fabricação por fusão secundária													
Anexo VI	Alumínio Primário - Produção industrial													
Anexo VII	Vidro - fabricação em fornos de fusão													
Anexo VIII	Cimento Portland													
Anexo IX-A	Fertilizantes fosfatados													
Anexo IX-B	Fertilizantes nitrogenados													
Anexo IX-C	Ácido sulfúrico													
Anexo IX-D	Ácido Nítrico													
Anexo IX-E	Ácido fosfórico													
Anexo X	Siderurgias Integradas e Semi-Integradas													
Anexo XI	Siderurgias Não-Integradas													
Anexo XII	Fabricação de Ferro Ligas													
Anexo XIII	Fabricação da Cal													
Anexo XIV	Fontes Não-listadas													

* ERT = Enxofre Reduzido Total // ** COV = Compostos Orgânicos Voláteis (ou VOC, da sigla inglesa)

FONTE: adaptado de DN COPAM 187/2013.

Os limites para MP foram definidos no referido documento sob os seguintes valores detalhados no Quadro 05 a seguir:







QUADRO 5 -Condições e Limites Máximos de Emissões (LME) para poluentes atmosféricos provenientes de fontes existentes (1) e fontes novas (2) de refinarias de petróleo.

CARACTERÍSTICA DA FONTE	CONDIÇÕES E LME	
	(mg/Nm ₃ , base seca, a 3% de O ₂ , exceto onde indicado percentual diferente ou onde o LME for expresso como taxa de emissão)	
Forno ou caldeira queimando gás de refinaria	POTÊNCIA TÉRMICA	MP
	P < 10 MW	125
	10 MW <P < 70 MW	100
	P > 70 MW	50
Unidade de craqueamento catalítico fluido (UFCC) (recuperador de gases do regenerador)	75*(a 8% de O ₂)	

FONTE: adaptado de DN COPAM 187/2013.

Ainda, a Fundação Estadual de Meio Ambiente estabeleceu uma classificação da qualidade do ar baseada em índices e níveis de concentração, de acordo com a Figura 04 a seguir:

FIGURA 4 - Estrutura do índice de qualidade do ar baseado nas concentrações de: (PM10), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂).

Índice	Nível de qualidade do ar	Classificação da qualidade do ar	PM10 Média 24 h (µg/m ³)	SO ₂ Média 24 h (µg/m ³)	CO Média 8 h (ppm)	O ₃ Média 1 h (µg/m ³)	NO ₂ Média 1 h (µg/m ³)	Cor de referência
0		Boa						
50	50%PQAR ⁽¹⁾	Regular	50	80	4,5	80	100	
100	PQAR	Inadequada	150	365	9	160	320	
200	ATENÇÃO	Má	250	800	15	400	1130	
300	ALERTA	Péssima	420	1600	30	800	2260	
400	EMERGÊNCIA		500	2100	40	1000	3000	
500	CRÍTICA	Crítica	600	2620	50	1200	3750	

Nota: (1) PQAR = Padrão de Qualidade do Ar (CONAMA nº 03/1990)
Fonte: USEPA (2009).

FONTE: Usepa, 2009.

No município de Betim, os parâmetros regulamentados para monitoramento de qualidade do ar e limites para emissão de MP foram definidos por meio do Decreto 16.660 de 2001. Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são:

- partículas totais em suspensão
- fumaça
- partículas inaláveis;
- dióxido de enxofre;
- monóxido de carbono;
- ozônio;
- dióxido de nitrogênio.

Os limites estabelecidos para emissão de MP foram:

Art. 100 - Ficam estabelecidos para todo o Município de Betim os seguintes padrões de qualidade do ar:

I - partículas em suspensão:

- a) uma concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico;
- b) uma concentração média diária de, no máximo, 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico e que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2.7.1.1.6 Poluentes e condições meteorológicas

A atmosfera é constituída de partículas sólidas, massas líquidas e elementos gasosos que se misturam na atmosfera, conferindo-lhe características peculiares. Dentre todas as camadas que constituem a Terra, a atmosfera é a mais tênue, sendo a maior parte da sua massa constituída de reduzidos elementos, embora exista grande número de constituintes ocupando diminuto volume. Há na atmosfera um grupo de gases com concentrações aproximadamente constantes, até 90 km de altitude, denominados permanentes ou não variáveis. Os demais, que não apresentam concentração fixa, são denominados gases variáveis (Quadro 06) (VIANELLO, 2012).

QUADRO 6 - Gases variáveis e não variáveis componentes da atmosfera.

CONSTITUINTE	
<i>Variáveis</i>	Conteúdo (% por volume)
Nitrogênio (N ₂)	78,084
Oxigênio (O ₂)	20,948
Argônio (Ar)	0,934
Neônio (Ne)	1,818 x 10 ⁻³
Hélio (He)	5,24 x 10 ⁻⁴
Metano (CH ₄)	2 x 10 ⁻⁴
Criptônio (Kr)	1,14 x 10 ⁻⁴
Hidrogênio (H ₂)	0,5 x 10 ⁻⁴
Xenônio (Xe)	0,087 x 10 ⁻⁴
<i>Não Variáveis</i>	Conteúdo (% por volume)
Vapor d'água	0 a 7
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,038
Ozônio (O ₃)	0 a 0,01
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	0 a 0,0001
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	0 a 0,0000002

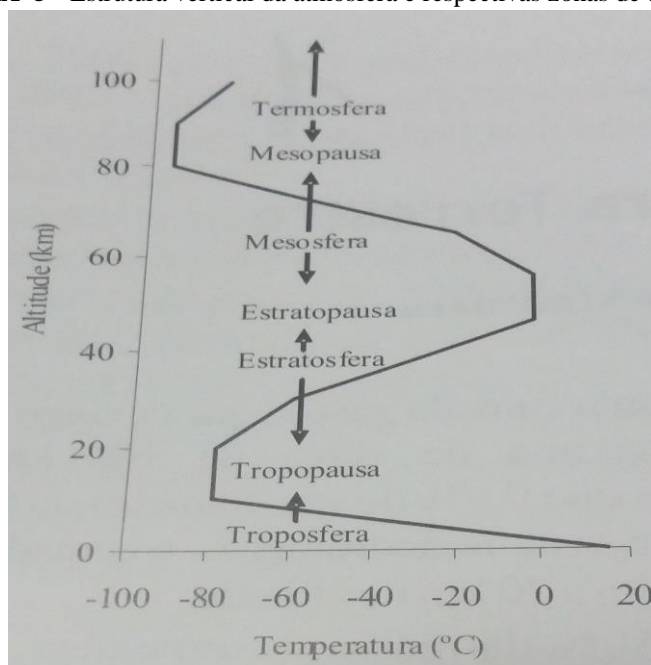
FONTE: VIANELLO (2012)

Para fins meteorológicos, a troposfera é a primeira camada da atmosfera onde ocorre a maioria dos fenômenos meteorológicos. Em termos de composição química, a predominância de N₂ e O₂ e a presença dos gases inertes Ar, Ne, He, Kr e Xe são considerados resultantes de uma sequência evolucionária na atmosfera. Os demais gases participam de ciclos químicos relativamente rápidos e têm um tempo de residência na atmosfera da ordem de poucas décadas ou menos (VIANELLO, 2012).

Alguns constituintes da atmosfera desempenham papel peculiar, merecendo considerações adicionais. O vapor d'água é um exemplo não somente por ser matéria prima na formação de nuvens, mas também como o veículo para o transporte de calor na atmosfera, conduzindo-o na forma latente e liberando-o como calor sensível, servindo como termorregulador. Tanto vertical quanto horizontalmente, esse transporte é de importância capital no tempo meteorológico (MARIN, 2008).

A atmosfera terrestre possui uma estrutura vertical extremamente variável quanto a inúmeros aspectos: composição, temperatura, umidade, pressão, movimentos, etc. Cerca de 50% da massa da atmosfera está concentrada nos primeiros 5km de altitude, sendo que até os 20km estão 95% da sua massa total. Essa variação na concentração de gases ao longo da atmosfera confere propriedades distintas na medida em que se afasta da superfície terrestre. Por isso, é dividida em camadas de acordo com a variação da temperatura do ar com a altitude, sendo possível estratificá-la em quatro grandes camadas (troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera), e separadas em três zonas de transição (tropopausa, estratopausa, mesopausa) (Figura 05)(MARIN, 2008).

FIGURA 5 - Estrutura vertical da atmosfera e respectivas zonas de transição



FONTE: Assunção (2004) *apud* Marin (2008).

Na atmosfera, a temperatura expressa o estado de agitação das moléculas dos gases que a compõem, de modo que quanto maior a temperatura, maior será a agitação ou velocidade de agitação das moléculas. O ar na atmosfera está sujeito a duas tendências concorrentes. Primeiro, a pressão do ar é mais baixa em altitudes elevadas, levando o ar a expandir e resfriar ligeiramente com a altitude. Isso ocorre em um ritmo natural denominado gradiente adiabático de temperatura, no qual o ar não ganha nem perde energia ou calor com a mudança de altitude (GARTLAND, 2010).

A subida do ar quente é a segunda tendência atmosférica. Durante o dia, a energia solar aquece as superfícies terrestres e essas superfícies, por sua vez, aquecem o ar acima delas. Se houver aquecimento suficiente, uma inversão térmica pode ocorrer onde o ar quente fica acima do ar frio em diferentes níveis da atmosfera. Estas duas tendências orientam o comportamento da atmosfera em dias claros e calmos e favorecem a formação de ilhas de calor. Áreas urbanas e suburbanas tendem a ser mais aquecidas do que áreas rurais e preservadas. Este calor excedente abastece as inversões térmicas que prendem o ar quente e a poluição próximos ao solo em áreas urbanas durante a noite (GARTLAND, 2010).

Dessa forma, é possível perceber que a troposfera apresenta queda de temperatura do ar com aumento da altitude, e em dias normais, há uma ascensão da camada de ar em contato direto com a superfície terrestre aquecida, carregando consigo os poluentes gasosos emitidos principalmente nas grandes metrópoles e centros industriais (MARIN, 2008).

De forma inversa, o processo conhecido como inversão térmica ocorre quando a superfície do solo não se aquece suficientemente para promover a expansão e ascensão das camadas de ar que estão em contato direto com ela. Nestes casos, uma camada de ar mais quente se sobrepõe a uma mais fria, dificultando a movimentação vertical na atmosfera e favorecendo a concentração de poluentes nas camadas mais próximas à superfície. É normalmente no inverno que se observa a ocorrência de inversão térmica. Nas zonas urbanas altamente industrializadas e com grande circulação de veículos, a inversão térmica pode elevar a concentração de poluentes, provocando a ocorrência de diversos problemas de saúde na população, da flora e da fauna locais (MARIN, 2008).

De acordo com CETESB (2001), a concentração de poluentes está fortemente relacionada às condições meteorológicas. Podem ser citados como parâmetros que favorecem altos índices de poluição a alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e inversões térmicas a baixa altitude. Este fenômeno é particularmente comum no inverno na região sudeste do Brasil, quando as noites são frias e a temperatura tende a se elevar rapidamente durante o dia, provocando alteração no resfriamento natural do ar. Dessa forma, os dias com baixa umidade do ar e alta concentração de poluentes provocam complicações na saúde da população e na estrutura de desenvolvimento de seres vivos.

Outro fenômeno que relaciona clima e poluição é ilha de calor, formada em áreas urbanas e suburbanas onde muitos materiais de construção absorvem e retêm mais calor do sol do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas. Conhecida como oásis inverso, o ar e as temperaturas da superfície são mais quentes do que em áreas preservadas circundantes. Esse aquecimento pode ser provocado por duas razões: a primeira se permeia no fato de a maior parte dos materiais da construção ser impermeável e estanque, e por essa razão não há umidade disponível para dissipar o calor do sol; e a segunda, pelo fato de a combinação de materiais escuros de edifícios e pavimentos absorverem e armazenarem mais energia solar. O calor antropogênico, menores velocidades do vento e poluição do ar em áreas urbanas contribuem para a formação das ilhas de calor (GARTLAND, 2010).

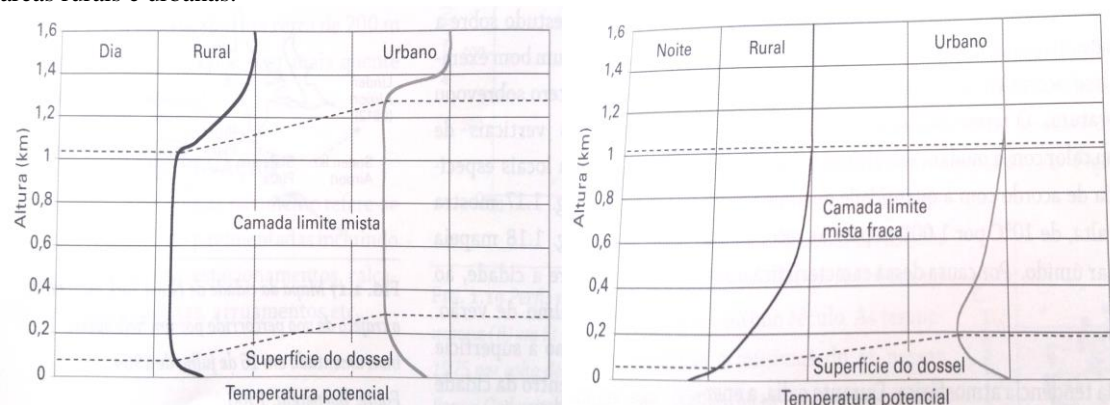
Ainda segundo Gartland (2010), as ilhas de calor apresentam cinco características comuns:

- Em comparação com áreas preservadas, a ilha de calor é mais quente em geral, com padrões de comportamento distinto. Ilhas de calor geralmente são mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas preservadas ou rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no "dossel urbano", abaixo das copas das árvores e edifícios pode ser até 6° C mais quente do que em áreas preservadas;
- As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que superfícies artificiais absorvem mais calor do sol do que a vegetação natural;

- Essas diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro;
- Áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades;
- Ilhas de calor também apresentam ar mais quente na "camada limite" - camada de ar de até 2.000m de altura. São criadas colunas de ar mais quentes sobre as cidades, e inversões de temperatura (ar mais quente sobre o ar mais frio) causadas por elas são incomuns.

A Figura 06 a seguir mostra perfis típicos de temperaturas durante o dia e à noite nas camadas Limite da Terra, em áreas rurais e urbanas. Durante o dia, o ar é aquecido na superfície terrestre e sobe até o ar mais fresco da camada limite, onde é misturado ao ar atmosférico para formar uma camada limite de temperatura constante. A mistura leva o ar quente para cima, além da camada limite, onde uma inversão térmica do ar quente sobre o ar frio acontece. A camada limite é mais espessa e mais quente em áreas urbanas do que em áreas rurais porque as superfícies urbanas capturam e liberam mais calor.

FIGURA 6 - Perfis de temperaturas potenciais típicas diurnas (à esquerda) e noturnas (à direita) em áreas rurais e urbanas.



FONTE: Oke (1987), apud Gartland (2010).

Existem várias outras razões que justificam o fenômeno das ilhas de calor. O calor urbano gerado a partir do aquecimento, arrefecimento, transporte e processos industriais produz efeitos importantes nas diferentes épocas do ano, principalmente na estação seca. Edifícios também diminuem a velocidade média dos ventos, o que atrasa a transferência de calor das superfícies para o ar. A poluição do ar urbano também contribui, pois as partículas no ar absorvem e emitem calor para as superfícies da cidade. As principais características urbanas que contribuem para a formação de ilhas de calor estão listadas no Quadro 07 a seguir, e podem ser divididas em cinco principais causas para a formação de uma ilha de calor: evaporação reduzida; maior armazenamento de calor; aumento do saldo de radiação; convecção reduzida; aumento do calor antropogênico.

QUADRO 7 - Características urbanas e suburbanas importantes para a formação de ilhas de calor e seus efeitos no balanço de energia sobre a superfície terrestre.

Características que contribuem para formação de ilhas de calor	Efeitos sobre o balanço de energia
Falta de vegetação	Reduz a evaporação
Utilização difundida de superfícies impermeáveis	Reduz a evaporação
Maior difusividade térmica dos materiais urbanos	Aumenta o armazenamento de calor
Baixa refletância solar dos materiais urbanos	Aumenta saldo de radiação
Geometrias urbanas que aprisionam o calor	Aumenta saldo de radiação
Geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos	Reduz convecção
Aumento dos níveis de poluição	Aumenta saldo de radiação
Aumento da utilização de energia	Aumenta calor antropogênico

FONTE: Gartland (2010).

2.7.1.1.7 Efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde e o ambiente

O estímulo estatal para a criação indiscriminada de indústrias no Brasil na década de 1970 negligenciou o impacto ambiental do desenvolvimento econômico e modificou o espaço urbano, atraindo para as cidades um grande contingente populacional que provocou uma acelerada e intensa urbanização. Para Baer (1979), os impactos causados pela industrialização ocorreram de forma diferenciada, variando de acordo com os ramos da atividade produtiva e com as tecnologias adotadas, mas, principalmente, com as restrições legais e sociais sobre as práticas ambientais destas indústrias.

Até a década de 1980, não havia no Brasil um controle dos impactos ambientais causados pela industrialização. Os investimentos industriais e energéticos obtinham a autorização de funcionamento dos governos por meio de concessão de outorgas para captação de água e descarga de esgotos, que eram requeridas junto aos departamentos nacionais e estaduais de águas e energia elétrica. As indústrias deviam, obrigatoriamente, cumprir as normas de construção e fabricação, as normas militares para estocagem e uso de explosivos e as normas de prevenção contra incêndio e explosão. A exigência de uma licença ambiental, com base em um estudo prévio, só apareceu em 1981 como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (SEVÁ FILHO, 2004).

No período de 1930 a 1970 foram estabelecidos, segundo Campos (1987), vários “interditos à Saúde Pública” quando a indústria deixou de regular e planejar o ambiente urbano segundo os “preceitos de higiene ambiental,” quando as políticas de saneamento passaram a obedecer ao mercado financeiro e não aos riscos à saúde, quando não houve interesse na regulação da poluição do ar, do solo e da água ou na regulamentação sobre a produção e o consumo de defensivos agrícolas, medicamentos e alimentos e quando a saúde do trabalhador se deu pela assistência médica individual.

A partir de 1970, o movimento ambientalista trouxe a público as diversas questões relativas aos problemas ambientais e de saúde decorrentes do modelo de desenvolvimento econômico e do crescimento industrial, tornando-se necessária a incorporação da questão ambiental nas práticas de saúde pública. Embora a relação modo de produção, saúde e ambiente já fosse uma preocupação internacional na década de 1970, apenas em 2001 a vigilância ambiental à saúde foi regulamentada no Brasil (FREITAS e PORTO, 2006).

Finkelman, Netto e Galvão (2002) apresentam uma periodização do desenvolvimento da saúde ambiental no país. O primeiro período, identificado como tomada de consciência, abrange de 1970 a 1990, quando ocorreu uma preocupação mundial com as questões ambientais e sua relação com a saúde, instituindo-se mecanismos de controle e proteção ambiental devido à consolidação de polos industriais, especialmente o petroquímico. Neste período, em 1986, a Conferência da

Organização Mundial da Saúde, realizada em Ottawa, abordou a saúde como um fenômeno influenciado por fatores físicos, socioeconômicos, culturais e ambientais, e apontou para a Nova Saúde Pública a necessidade da redução das desigualdades sociais e da construção de uma comunidade participativa (OLIVEIRA, 2005).

O segundo período, iniciado a partir de 1992 e após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento (CNUMAD) no Rio de Janeiro, até os dias atuais, é identificado como reconstrução, pela retomada e resgate da construção de uma política de saúde ambiental. Após a Rio-92, a OPAS organizou a Conferência Pan-Americana sobre Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Humano Sustentável com o objetivo de definir políticas e estratégias sobre saúde e ambiente, além de propor as diretrizes para a implementação de um plano nacional de saúde e ambiente a ser formulado pelos países do continente americano (FINKELMAN, NETTO E GALVÃO, 2002).

A força motriz, relacionada ao modelo de desenvolvimento econômico, social e tecnológico, considera os fatores que podem afetar a saúde humana, como o crescimento da população, a pobreza, a industrialização e a urbanização. As pressões consideradas passam a ser aquelas geradas pelo desenvolvimento e que atuam sobre o ambiente, alterando-o, como as atividades ligadas à indústria, à agricultura, ao transporte e à energia; a situação refere-se ao aumento do risco gerado por estas atividades na qualidade da água, do ar e do solo; e a exposição estabelece um vínculo direto entre os riscos ambientais, os efeitos diretos e indiretos sobre a saúde humana que podem ser medidos na ocorrência de uma exposição (FREITAS e PORTO, 2006; PIGNATTI, 2004).

Como consequência a estas mudanças, o Brasil inseriu em sua Constituição Federal de 1988 a garantia do direito universal à saúde:

Art. 196. A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988).

Posteriormente, a Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6938 de 1986, estabeleceu relações entre qualidade do meio ambiente e da saúde, em seu artigo 2º:

Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana;

Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

De acordo com a ONU e a OMS (2016), as condições ambientais prejudiciais à saúde são responsáveis pela morte de 12,6 milhões de pessoas por ano. O número equivale a quase um quarto de todas as mortes registradas anualmente no mundo. A poluição do ar, das águas, do solo, a exposição a substâncias químicas, a radiação ultravioleta e as mudanças climáticas contribuem para o desenvolvimento de mais de 100 diferentes doenças.

Em seu levantamento, a OMS (2016) aponta que riscos associados ao meio ambiente provocam um maior número de vítimas em determinadas faixas etárias: crianças com menos de cinco anos são vítimas, principalmente, de infecções respiratórias; e adultos e idosos, com 50 a 75 anos, são mais afetados por doenças não transmissíveis, como derrames, ataques cardíacos, cânceres e síndromes respiratórias crônicas.

O gerenciamento adequado dos recursos naturais poderia evitar 1,7 milhão de mortes de crianças e 4,9 milhões de óbitos entre os adultos na faixa de idade indicada, uma vez que os problemas de saúde não transmissíveis, causados por condições ambientais pouco saudáveis, representam quase dois terços do total de mortes (8,2 milhões).

A OMS (2016) sugeriu a necessidade urgente de investimento em estratégias para reduzir riscos ambientais nas cidades, lares e locais de trabalho, por meio do planejamento adequado de centros urbanos e do trânsito, de forma a reduzir a poluição do ar a que as pessoas estão submetidas rotineiramente.

2.7.1.2 Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade em curso d'água urbano

A urbanização, definida como a criação das cidades, provoca enorme impacto no meio natural. Nos ecossistemas que não sofreram alteração pelo homem, existe uma perfeita troca de energia entre todos os seus componentes bióticos ou abióticos. Nas cidades há uma total alteração desse equilíbrio, de início motivada pela remoção da cobertura vegetal, alterando a dinâmica das populações de organismos, bem como a ciclagem de água e nutrientes.

De acordo com Odum (2007), a água pode ser classificada em recurso natural renovável, de valor econômico para a cultura humana devido a sua disponibilidade, e conforme sua apropriação vai acontecendo por meio de seus usos múltiplos, passa a ser transacionado. Entretanto, o recurso água, conforme sua escassez vai perdendo parte de suas características de bem livre, ou seja, atendimento de demanda para ser consumida.

Na medida em que este consumo tornou-se universal, foi necessária a elaboração de políticas iniciais de controle de uso e de controle da poluição e preservação da qualidade dos corpos d'água. Os padrões ambientais são normas regulamentadoras fixadas pela legislação para promover a manutenção dos ambientes naturais e antrópicos, dentro de certos limites de qualidade, mas que resulte em condições de desenvolvimento social e preservação da saúde humana (PHILIPPI JR, 2005).

O conceito de qualidade ambiental contém um grau de subjetividade, visto ser um juízo de valor sobre as condições temporais e espaciais de uma determinada realidade. Porto (2002) argumenta que existe uma complexidade de fatores determinando a qualidade da água e que uma das maneiras de conceituação é associar a qualidade ao uso que se faz do recurso. Decorrendo deste fato, a qualidade passa do conceito de bom ou ruim para o conceito de adequada ou inadequada para determinados usos. Dessa forma, as características da água podem ser estabelecidas por parâmetros físicos, químicos e biológicos que compõem o recurso hídrico.

No Brasil, a Resolução CONAMA 357/05 classifica os corpos de água e estabelece as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes. Estas diretrizes foram utilizadas para a classificação do Córrego Pintado e caracterização das amostras, uma vez que o município de Betim toma por diretriz esta resolução:

Art. 4 As águas doces são classificadas em:

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Os parâmetros e padrões de qualidade utilizados para avaliação dos resultados das análises de amostras de água do Córrego Pintado, de acordo com classificação de corpo d'água, foram descritos a seguir:

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³ /L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos;

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

2.7.1.3 Avaliação dos parâmetros físico-químicos de amostras para diagnóstico de qualidade do solo em margem de curso d'água urbano

Segundo Odum (2007), vegetais e animais retiram do solo elementos e substâncias para a nutrição, utilizam material para proteção, encontram habitats e nichos e realizam um contínuo processo dinâmico e harmônico intercambiando matéria e energia, propiciando uma constante ciclagem de elementos minerais. Desta forma, é necessário conhecer sua dinâmica e composição para manutenção do equilíbrio ecológico, preservação e proteção de sua fertilidade.

Segundo Embrapa (2006) e IBGE (2005) a classificação dos solos quanto à sua composição considera minerais, matéria orgânica, água e ar. Em média, as porcentagens desses componentes na formação do solo podem ser estimadas:

- 45% - Elementos minerais: macronutrientes na forma iônica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre; micronutrientes como íons, boro, manganês, zinco, cobre, ferro, molibdênio, cloro; minerais (óxidos hidratados com a bauxita, silicatos hidratados como a caulinita, óxidos de alumínio, óxidos de ferro);
- 25% - água (hidrogeológica e absorvida);
- 5% - matéria orgânica viva (animal e vegetal) e morta (decomposta por microrganismos formando complexos coloidais).

A natureza e as propriedades de um solo são dependentes de características físicas, químicas e biológicas. Resumidamente, podem ser descritas de acordo com IBGE (2005):

- *Físicas*: que são dependentes fundamentalmente da dimensão relativa dos elementos (textura) e do arranjo dos mesmos (estrutura). A textura diz respeito ao tamanho, isto é, à granulometria das partículas minerais (classes texturais do solo) e à porcentagem de ocorrência das mesmas. São considerados os teores de silte, argila e areia.
- *Químicas*: que se relacionam ao poder de absorção, acidez e basicidade e presença de matéria orgânica.

- *Biológicas*: características fundamentalmente relacionadas à presença de micro-organismos, que compõem importantes elos da cadeia alimentar e participam de fases dos ciclos biogeoquímicos, fundamentais à ciclagem dos elementos nutrientes minerais.

Como recurso natural dinâmico, o solo é passível de ser degradado em função do uso inadequado, condição em que o desempenho de suas funções básicas fica severamente prejudicado, que acarreta interferências negativas no equilíbrio ambiental e diminui drasticamente a qualidade de vida nos ecossistemas. Por isso é de fundamental importância o monitoramento e a manutenção da qualidade do solo a fim de evitar o seu esgotamento ou deterioração. Para tanto, foram estabelecidos valores orientadores de qualidade do solo quanto a presença de substâncias químicas e em caso de interferência de atividades antrópicas.

No Brasil, a Resolução CONAMA 420 de 2009, alterada pela Resolução CONAMA 460 de 2013, estabelece que: *Art. 8º Os valores referência de qualidade do solo para substâncias químicas naturalmente presentes serão estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados e do Distrito Federal.*

Além disso, são parâmetros de a serem determinados para caracterização do solo o carbono orgânico, pH em água, capacidade de troca catiônica (CTC), teores de silte, argila e areia, de óxidos de alumínio, ferro e manganês.

Para o estado de Minas Gerais, assim como para o município de Betim, os parâmetros são estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM 166 de 2011 conforme Figura 07 a seguir:

FIGURA 7 - Valores orientadores para qualidade dos solos no estado de Minas Gerais.

Substâncias	CAS n°	Valor de						Água Subterrânea (µg.L ⁻¹) ⁽¹⁾
		Solo (mg.kg ⁻¹ de peso seco) ⁽³⁾					Investigação ⁽¹⁾	
		Referência de qualidade	Prevenção ⁽¹⁾	Investigação ⁽¹⁾				
				Agrícola	Residencial	Industrial	Investigação	
Inorgânicos								
Alumínio ⁽⁵⁾	7429-90-5	-	-	-	-	-	3500	
Antimônio ⁽⁴⁾	7440-36-0	0,5	2	5	10	25	5	
Arsênio ⁽⁴⁾	7440-38-2	8	15	35	55	150	10	
Bário ⁽⁴⁾	7440-39-3	93	150	300	500	750	700	
Boro	7440-42-8	11,5	-	-	-	-	500	
Cádmio ⁽⁴⁾	7440-48-4	<0,4	1,3	3	8	20	5	
Chumbo ⁽⁴⁾	7440-43-9	19,5	72	180	300	900	10	
Cobalto	7439-92-1	6,0	25	35	65	90	5	
Cobre ⁽⁴⁾	7440-50-8	49	60	200	400	600	2.000	
Cromo ⁽²⁾	7440-47-3	75	75	150	300	400	50	
Ferro ⁽⁵⁾	7439-89-6	-	-	-	-	-	2450	
Manganês ⁽⁵⁾	7439-96-5	-	-	-	-	-	400	
Mercurio ⁽⁴⁾	7439-97-6	0,05	0,5	12	36	70	1	
Molibdênio	7439-98-7	<0,9	30	50	100	120	70	
Níquel	7440-02-0	21,5	30	70	100	130	20	
Nitrato (como N) ⁽⁴⁾	797-55-08	-	-	-	-	-	10.000	
Prata	7440-22-4	<0,45	2	25	50	100	50	
Selênio ⁽⁴⁾	7782-49-2	0,5	5	-	-	-	10	
Vanádio	7440-62-2	129	-	-	-	-	-	
Zinco ⁽⁵⁾	7440-66-6	46,5	300	450	1000	2000	1050	

FONTE: Copam (2011).

2.7.2 Avaliação de Impactos Ambientais no meio biótico

2.7.2.1 Assimetria Flutuante Foliar como bioindicadora de qualidade ambiental

2.7.2.1.1 Desenvolvimento e crescimento vegetal

Segundo Larcher (2004), desenvolvimento é o termo usado para descrever as mudanças na estrutura, nas funções das plantas e em suas partes durante a gênese, crescimento, maturação e declínio de um indivíduo (ontogenia) e na sucessão de gerações (filogenia). O desenvolvimento vegetal envolve a multiplicação celular (crescimento por meio da divisão), aumento em volume (crescimento em extensão nos três planos do espaço) e diferenciação de órgãos e tecidos. Já o crescimento é o aumento permanente da quantidade de substâncias e de volume de partes vivas.

Fatores externos como a grande variedade de influências químicas afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas de diferentes formas: pela indução por meio da iniciação ou encerramento do processo de desenvolvimento e, dessa forma, influenciando a regulação temporal; de maneira quantitativa, afetando a velocidade e a extensão do crescimento; de maneira formativa, influenciando a morfogênese e o tropismo. Os diferentes modos de ação sobrepõem-se e o resultado final envolve o inter-relacionamento de muitos processos (LARCHER, 2004).

O sol, a água e solo fornecem, em conjunto, a energia, os nutrientes e o meio necessário para a sobrevivência das plantas. Entretanto, ao mesmo tempo, o habitat contém substâncias fitotóxicas em concentrações capazes de causar danos. Alguns dos elementos químicos e compostos normalmente presentes na natureza são potencialmente perigosos para as plantas, principalmente sais e partículas transportados pelo ar. Atualmente, como resultado da atividade humana, as plantas são expostas mais que no passado a quantidades extremas de substâncias potencialmente danosas, o que pode se tornar deletério se potencializado (LARCHER, 2004).

Uma grande variedade de substâncias fitotóxicas entra na atmosfera como resultado de processos industriais e tráfego de veículos e, quando potencializadas em concentrações, apresentam-se como estranhas para as plantas - denominadas xenobióticas -, provocando consequências degenerativas tanto no local aonde acontecem (Área Diretamente Afetada) quanto no entorno (Área de Influência Direta), alastrando-se para o ecossistema regional. Como resultado, Sabe-se que as plantas são pouco ou incapazes de dar respostas adequadas para esta situação (LARCHER, 2004).

2.7.2.1.2 Efeito da Poluição sobre as Plantas

De acordo com Larcher (2004), a extensão em que as funções vitais são afetadas pelos poluentes, e se há danos visíveis, depende de muitos fatores, tanto bióticos quanto abióticos. Um dos fatores mais importantes a serem considerados são as propriedades químicas, concentração momento e duração dos poluentes a que as plantas são expostas. Ainda, picos de concentração atmosférica que ocorrem antes do meio dia, quando os estômatos estão totalmente abertos, são mais danosos que os que ocorrem durante a noite.

Esses estresses ambientais oriundos de ações antrópicas causam maior gasto energético para que as plantas tamponem seus efeitos negativos (BAGLIANO, 2012), e compensem os efeitos deletérios por meio de respostas fisiológicas compensatórias, que ocorrem em diferentes escalas de tempo, dependendo da natureza do estresse e dos processos fisiológicos envolvidos (LAMBERS *et al.*, 1998).

Desta forma, a anatomia e morfologia vegetal podem indicar características que atribuam tolerância a diferentes condições ambientais para os vegetais ou mesmo estresses (SOUZA *et al.*, 2007). Uma das formas de compensação quando a poluição exerce influência no desenvolvimento vegetal, é denominada assimetria flutuante (AF), que pode ser avaliada pelo desvio na simetria foliar para a tolerância a essas condições (LIMA *et al.*, 2013).

2.7.2.1.3 Assimetria Flutuante (AF)

Simetria é um aspecto básico da forma corporal que se refere ao arranjo regular das estruturas em relação a um eixo do corpo (BRUSCA & BRUSCA, 2007). Pela simetria, um corpo poderia ser dividido em duas ou mais partes semelhantes em torno de um eixo, cada parte sendo a imagem espelhada da outra. Dois tipos gerais de simetria são observados em plantas: simetria radial – aquela em que a parte da planta avaliada pode ser dividida em várias partes iguais - e bilateral - aquela em que a parte avaliada da planta pode ser dividida unicamente em duas partes iguais. A simetria bilateral é a mais observada na natureza, sendo que as partes de um organismo bilatério são orientadas em um eixo longitudinal que atravessa o corpo da porção anterior à posterior (BRUSCA & BRUSCA 2007).

Pesquisadores têm observado a presença não só de características morfológicas dispostas de forma simétrica nos organismos, mas também a presença de assimetrias em determinados seres vivos, onde uma parte que deveria ser a imagem da outra difere de algum modo. Darwin (1859) considerava que a maioria dos seres vivos deveria obedecer a uma lei de simetria, porém alguns saíam deste padrão e seriam assimétricos, sendo estes últimos aberrações que seriam ‘dominadas’ pela seleção natural.

O crescente aumento da industrialização e urbanização tem trazido mudanças em vários ecossistemas naturais, na biologia de organismos e espécies, na estrutura, dinâmica e padrões de populações e comunidades. Em função destas mudanças, a avaliação de uma correta interpretação dessas alterações, suas causas e consequências, exigem métodos e medidas que sejam suficientemente sensíveis para detectar qualquer mudança. No entanto, muitas vezes a análise de um parâmetro não é tão fácil, seja pela variabilidade do mesmo ou pela dificuldade de interpretá-lo separadamente dos demais parâmetros e atributos. A observação de mudanças no desenvolvimento em nível de indivíduo seria uma forma de avaliar essas perturbações.

Características morfológicas de ambos os lados de um organismo bilateralmente simétrico deveriam se desenvolver de forma idêntica, já que seriam expressões do mesmo genoma (CLARKE *et al.* 1986 apud HOOG *et al.* 2001), e qualquer desvio da programação genética poderia apontar um estresse durante o desenvolvimento, que poderia estar relacionado com a qualidade ambiental (LEARY & ALLENDORF 1989 apud HOOG *et al.* 2001).

Variações e flutuações em características simétricas existem naturalmente em porcentagens que variam de acordo com a população de organismos estudada, mas uma variação além do normal esperado poderia ser um indicativo de saúde do ambiente e influência no desenvolvimento do indivíduo. Muitos autores tratam essas variações e mudanças na simetria como anormalidades ou deformidades (WARWICK 1985, JOHNSON *et al.* 1993, SERVIA *et al.* 1998).

Mais recentemente, outros grupos de organismos vêm merecendo atenção, por mudanças na simetria de estruturas, aparecimento de deformidades e má formações causadas por mudanças ambientais antropogênicas e/ou por contaminantes ambientais, denominada homeostase de desenvolvimento. Trata-se da habilidade de um organismo em resistir a perturbações ambientais durante seu desenvolvimento, de forma a produzir um fenótipo geneticamente predeterminado (WADDINGTON, 1942, LERNER, 1954 apud CLARKE 1995).

A rigidez ou flexibilidade do desenvolvimento de um organismo é importante na determinação do valor adaptativo do seu genótipo, sendo que a homeostase do

desenvolvimento proporcionaria uma proteção contra choques ambientais, ao curso do desenvolvimento (DOBZHANSKY, 1973). Esse desenvolvimento é chamado de canalizado, funcionando como tampão dos amplos esboços do desenvolvimento perante as perturbações ambientais.

A assimetria flutuante (AF) representa a ocorrência de pequenas variações aleatórias dos lados direito e esquerdo na simetria de caracteres bilaterais, que se desviam da perfeita simetria da lâmina foliar de um indivíduo vegetal, representando um parâmetro amplamente usado como medida de instabilidade de desenvolvimento em plantas e animais em ambientes de estresse (DÍAZ *et al.*, 2004). A avaliação de AF na morfologia de um organismo está emergindo rapidamente como uma ferramenta importante para a avaliação das respostas biológicas ao estresse ambiental (FAIR & BRESHEARS 2005). Em uma recente meta-análise, Beasley *et al.* (2013) demonstraram que a assimetria flutuante é um bioindicador sensível ao estresse ambiental, ao revisar 53 estudos que revisaram 42 espécies e 179 relações entre indivíduos e o meio biótico ou abiótico. O estresse ambiental, no geral, explicou 36% da variação da AF nos estudos revisados e tal relação foi ainda mais forte para estresse de origem antropogênica comparado ao estresse de origem ‘natural’.

Consiste em pequenas variações aleatórias dos lados direito e esquerdo de um caractere bilateral que se desviam da perfeita simetria da lâmina foliar, sendo um parâmetro amplamente usado para medir a instabilidade de desenvolvimento de indivíduos (GRAHAM *et al.*, 2010).

Em plantas, a assimetria flutuante é geralmente medida considerando a nervura central como o eixo de simetria ou usando as distâncias entre nervuras periféricas como eixos de referência (TELHADO *et al.*, 2016).

De acordo com Perillo *et al.* (2007) a AF é sugerida como ferramenta para se estimar o estresse em um indivíduo, e as medidas de AF podem, então, representar um indicador sensível de desenvolvimento do organismo em seu ambiente, além de elucidar como os organismos são aptos a lidarem com mudanças ambientais e condições genéticas.

O uso da AF como índice de qualidade do habitat pode ser especialmente útil para plantas com ampla distribuição, que toleram diferentes condições ao longo do gradiente geográfico ou para a investigações neste aspecto (PERILLO *et al.*, 2007). Exemplos de estudos que relacionam o aumento dos níveis de assimetria flutuante em espécies vegetais ao aumento de um estresse ambiental ou genético ajudam a afirmar o papel da AF como indicador da instabilidade de desenvolvimento (FERNANDES *et al.*, 2016).

2.7.3 Avaliação de Impactos Ambientais no meio socioeconômico

De acordo com Silva (2008), o processo de industrialização ocorreu de forma diferenciada em vários países sob a influência das condições econômicas, sociais e culturais. Foi assim na América Latina, onde o desenvolvimento industrial ocorreu tardiamente e os países se consolidaram como exportadores de matéria-prima.

No Brasil, a industrialização baseou-se na produção cafeeira como única fonte geradora de excedentes, que financiou a criação de indústrias a partir do capital oriundo da exportação de café. Entretanto, no início do século XX, a industrialização brasileira ainda era incipiente com os setores têxtil e de produtos alimentares predominando amplamente (VERSIANI e SUZIGAN, 1990).

Após a segunda guerra mundial houve uma reestruturação das necessidades industriais, agora extrativistas e de componentes químicos, além de energia e combustíveis. As indústrias buscaram associar às vantagens internas da produção as relações espaciais com os fornecedores, a distribuição da infraestrutura e fatores como a disponibilidade de matéria-prima, mão-de-obra, energia e tecnologia. Assim, a produção baseada na flexibilidade intensificou o agrupamento espacial de empresas em distritos industriais, como descrevem Ribas, Dumke e Graeml (2006):

Essa produção se apoia na flexibilidade dos processos e dos mercados de trabalho, dos produtos e padrões de consumo, bem como na inovação de setores de produção, do fornecimento de serviços financeiros, nos novos mercados, na inovação comercial, tecnológica e organizacional. Estes métodos de produção resultam em uma nova organização espacial que se caracteriza como um complexo industrial, alterando os critérios de localização das indústrias no conjunto urbano (RIBAS, DUMKE e GRAEML, 2006, p.6).

A expansão industrial modificou o espaço urbano, atraindo para as cidades um grande contingente populacional que se deslocou e provocou uma acelerada e intensa urbanização, transformando as cidades. A urbanização brasileira, resultado do modelo de industrialização e desenvolvimento dos países periféricos, ocorreu de forma heterogênea e desequilibrada, em uma dinâmica de modernização marcada pela exclusão social e segregação territorial para grande parcela da população (MARICATO, 2003).

Com o crescimento de municípios ao redor do município sede, houve um crescimento da cidade fora da área central, criando assim as periferias metropolitanas (CAIADO, 1998). Como define Ianni (p.08, 1999), “[...] a *periferização* no sentido estrito do termo, ou seja, o crescimento da cidade pelas bordas, fora da área central, nuclear, ainda é uma dinâmica prevalente na metrópole da periferia do capitalismo [...]”.

Segundo Maricato (2003), a extensão das periferias urbanas configurou imensas regiões onde a pobreza se disseminou. E com o processo de urbanização e industrialização, partes de zonas rurais tornaram-se áreas de concentração de pobreza, pois os trabalhadores, excluídos do mercado imobiliário privado, buscaram a favela como forma de moradia. “Trata-se do *produtivo excluído*, resultado da industrialização com baixos salários”.

Para Caiado (1998) as legislações urbanas, a política habitacional e a oferta pública de infraestrutura e serviços urbanos revelaram o papel do Estado como promotor da segregação e da exclusão da população aos direitos à “*cidade legal*”. Este cenário, de crescimento urbano desordenado demonstrou as dificuldades do poder público em estabelecer políticas habitacionais que atendessem à população pobre e em solucionar e conter este crescimento, gerador de pobreza e de grande demanda por serviços e recursos públicos.

Todos esses fatores começaram a originar as denominadas “cidades ilegais”, ressaltadas por Maricato (2003) como aquelas regidas pela contravenção, onde se encontram outras formas de ocupação do espaço como a construção em loteamentos ilegais ou em áreas invadidas, às margens da lei, sem financiamento público, sem auxílio técnico ou qualquer serviço público, mostrando disparidades entre os padrões detalhados de construção e ocupação do solo, presentes nas leis de zoneamento. As regiões metropolitanas evidenciam essa “relação legislação/mercado restrito/exclusão”.

Na falta de moradia, a população constrói a seu modo, ignorada pelo poder público. Assim os governos municipais, que não controlam as ocupações irregulares das áreas urbanas, garantem o acesso à moradia, mas não à propriedade, mostram-se tolerantes quando estas ocupações não se localizam em áreas valorizadas.

Ainda segundo este autor, contraditoriamente. neste processo de industrialização, no qual o crescimento econômico torna-se o objetivo primordial e ocorre de forma injusta, os gestores conduzem os investimentos em reformulações das estruturas urbanas para atrair mais indústrias, corroborando a urbanização corporativa e contrapondo o grande crescimento econômico ao simultâneo empobrecimento da população. Consequentemente crescem as favelas junto às indústrias nas quais as populações pobres são incapazes de consumir o que é produzido. Assim, com o processo acelerado de urbanização e a economia cada vez mais concentrada nas cidades, a população urbana cresceu como cresceram a pobreza, os problemas de infraestrutura, a violência, a degradação ambiental e a demanda por serviços de saúde, problemas estes que as políticas públicas se mostraram incapazes de solucionar (RIBAS, DUMKE e GRAEML, 2006).

Em 1970, Betim ainda era um município de população predominantemente rural, com um grau de urbanização em torno de 46%. Em 1980, o município atingiu em torno de 90% de urbanização, em consequência do decréscimo da população rural combinado a um intenso avanço da população urbana que apresentou, neste período, uma taxa anual de crescimento de 15,92%. No ano de 1980, dois terços da população residente em Betim havia nascido fora do município caracterizando uma grande corrente migratória (BETIM, 2017).

Em 2001, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)(2017), a população residente em Betim era de 306.675 habitantes com estimativa, para 2007, de 415.098 habitantes. Esta expansão da população urbana resultou na formação de diversos bairros e no surgimento de favelas, o que foi acompanhado do crescimento da pobreza, deterioração na qualidade de vida, aumento da violência, da segregação e exclusão social da população.

Com a implantação do Polo Industrial Petroquímico no Município de Betim houve uma elevação da receita orçamentária municipal. Este fato conferiu ao município uma diferenciação na prestação dos serviços públicos, principalmente na saúde, fazendo com que a população residente tivesse uma elevação no padrão de atendimento das demandas sociais. Apesar da melhoria do acesso aos serviços de saúde, a industrialização não foi capaz de aumentar a renda pessoal da população e de alterar a sua condição periférica, abrigando uma população de baixa renda (SILVA, 2008).

Uma das formas de retratar a realidade, mesmo que por uma amostra de dados por um dado período de tempo, são os indicadores intraurbanos ou sociais, cujo conceito teve origem nos anos 60, quando os primeiros trabalhos na linha de Indicadores Sociais ganharam forma, inicialmente nos Estados Unidos e depois em diferentes países da Europa. Tal iniciativa representou o reconhecimento de que o progresso econômico não era capaz de gerar, por ele mesmo, o que foi chamado de “bem-estar social”. Segundo Oliveira (1997), na visão dos sociólogos e planejadores da época, apesar do crescimento da renda e dos baixos índices de desemprego que então se registravam, era evidente o descontentamento cívico. A insatisfação transformou-se em ameaça social, colocando a necessidade de controle social e econômico, por meio de indicadores capazes de subsidiar políticas de ordenamento.

Neste contexto promoveu-se, a partir de 1966, a construção de um sistema de indicadores para a área social, processo que se estendeu por mais de dois anos, com a participação de sociólogos, economistas e cientistas políticos, ligados ao planejamento governamental. Condições e pressões sociais análogas, caracterizando o que alguns autores chamaram de ‘crise de governabilidade’ acompanharam, na Europa e na América Latina, a emergência dos trabalhos de Indicadores Sociais. Os esforços empreendidos pela Comunidade Econômica Europeia (CEE) e Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para dimensionar os impactos sociais do desenvolvimento, levaram à proposição de programas de estudos e temas para construção de indicadores na área social (OLIVEIRA, 1997).

Desde a origem, estabeleceu-se uma ligação básica entre a construção de indicadores sociais e a esfera política do planejamento. De fato, é fundamentalmente a

partir de e com referência no processo de tomada de decisões políticas, que o denominado Movimento de Indicadores Sociais pode ser compreendido.

Do ponto de vista teórico-metodológico os indicadores sociais e econômicos se caracterizavam essencialmente por três aspectos, sendo eles crescimento e controle social, ou seja, enfoque destes indicadores era sobre aspectos ‘patológicos’ da sociedade: pobreza, marginalidade, violência, velhice e outros; o social visto por meio de dimensões particulares, constituindo um domínio fechado, em contraposição ao econômico. Em outras palavras, o social era, antes de tudo, o não econômico. A tarefa dos indicadores era colocar em evidência estes problemas, baseando-se no sistema de valores expresso nas teorias do bem estar social. Assumia-se um consenso entre objetivos e valores, reconhecendo-se o Estado como árbitro do bem comum. O terceiro aspecto característico dos trabalhos iniciais sobre indicadores era a representação essencialmente numérica do indicador. Priorizaram-se aspectos mais diretamente mensuráveis, negligenciando-se aqueles não suscetíveis de mensuração. A partir de sua formulação e uso nas avaliações de progresso e desenvolvimento, bem como na formulação de políticas governamentais, tais indicadores foram alvo de críticas e polêmicas diversas (NAHAS, 2002).

Desta forma, avaliar indicadores intraurbanos disponibilizados sobre a região, a partir de censos, nas dimensões população, educação, renda, trabalho, habitação e vulnerabilidade auxiliam na verificação dos impactos locais e sua relação com o uso e ocupação do solo na região.

2.8 Mapeamento de Biótopos

Uma das diferenças entre um ambiente urbano e um ambiente natural é justamente o adensamento de pessoas e de construções que fazem parte dos processos sociais e ambientais. Nesse contexto, as cidades fazem parte do meio ambiente construído pelo homem e constituem-se na paisagem alterada derivada da natural (BEDÊ, 1997).

A intensificação da ocupação desordenada do meio urbano contribui e tem contribuindo para o desequilíbrio social e ambiental, além da queda da qualidade de vida da população, gerando preocupação com as questões ambientais (BEDÊ, 1997).

Os problemas característicos das áreas urbanas, em virtude de seu rápido crescimento e a falta de políticas eficazes para seu ordenamento, vêm crescendo em quantidade e gravidade nas cidades brasileiras, que tornam-se cada vez mais ambientalmente inadequadas para a ocupação humana, seja pelo excesso de concentração de população, falta de áreas livres, espaços de lazer, poluição e riscos de acidentes naturais ou provocados pelo homem.

O crescimento destas preocupações gerou medidas como a criação da Agenda 21, elaborada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992 (Rio-92), que prevê uma série de medidas para a instauração de um modelo de desenvolvimento sustentável para as cidades.

De acordo com a Agenda 21 para uma abordagem integrada do processo de tomada de decisões, talvez seja necessário aperfeiçoar os sistemas de dados e os métodos analíticos usados para fundamentar tais processos. Os Governos devem fazer um diagnóstico de seus sistemas de planejamento e manejo do território, modificando e fortalecendo os procedimentos para facilitar a consideração integrada das questões sociais, econômicas e ambientais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). Desta forma, fazem-se importante as pesquisas ambientais de cunho multidisciplinar que abordem de uma forma integrada os dados ambientais, sociais e econômicos.

Uma das ferramentas utilizadas para diagnosticar a integração destes dados é A Metodologia de Biótopos, que se dedica a correlacionar indicadores das dimensões ambientais, sociais e econômicas a fim de se obter um panorama quanto à qualidade de vida, ou seja, a partir da avaliação do índice de biótopos de cada dimensão é possível classificar a área de estudo quanto ao Índice de Qualidade de Vida (IQV).

A definição do termo biótopo pode ser considerada análoga ao de ecossistema, porém, com diferenças de escala espacial, definindo-se em uma unidade homogênea menor do que o ecossistema. Segundo Odum (2007), é definido como uma área ocupada

por uma biocenose. De acordo com Dahl (1908), o termo é definido como “todo espaço finito no qual podem viver plantas e animais”. Porém, no mapeamento de biótopos a conotação restrita somente a biologia não é ideal, uma vez que parâmetros de ordem física e uso antrópico também fazem parte das unidades amostradas (BUCHWALD & ENGELHARD *apud* BEDÊ, 1997).

Dessa forma, os conceitos adotados para a área de estudo corroboram com Foresti e Hamburguer (1991), segundo o qual o biótopo é uma área ocupada por biocenose ou uma parcela de superfície ocupada por um conjunto de elementos da fauna e da flora, em um determinado tempo. São unidades de paisagem ou de zonas homogêneas, conforme seus componentes físicos, antrópicos e biológicos. Para fins conceituais, os biótopos da área de estudo serão definidos como unidades de paisagem inseridas no espaço urbano ou biótopos urbanos.

Segundo Foresti & Hamburguer (1991), o mapeamento de biótopos pode ser definido como o registro cartográfico de parcelas de uma paisagem integrando aspectos físicos, biológicos e sociais, que caracterizam uma superfície sob o ponto de vista ambiental. O IBAMA (2001), em seu Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental define mapeamento de biótopos como uma metodologia adequada para o país, por preencher requisitos de menor custo e maior rapidez na caracterização da paisagem tanto em áreas rurais como urbanas.

Sua aplicação consiste em fornecer bases para indicação de medidas de melhoria da qualidade ambiental. Por meio do diagnóstico ambiental é possível integrar diversos critérios que se destacam em uma determinada área e unidade cartográfica, classificando assim o status de ocupação em relação à qualidade de vida. Neste estudo, o objetivo foi realizar um diagnóstico associado à avaliação de impactos e de biótopos, gerando um instrumento de planejamento para gestores e que atenda às políticas públicas, tanto de forma preventiva como corretiva, e que sirva de orientações futuras para este tipo de avaliação.

Para áreas públicas, as vantagens da utilização deste instrumento se associam à possibilidade de comparação de resultados obtidos a partir de levantamentos sistemáticos, entre diferentes regiões com biótopos semelhantes; realizar e avaliar

levantamentos sobre grandes superfícies e com repetição periódica, de grande importância para a detecção de modificações ambientais ocorridas a médio e longo prazo.

De acordo com Furlan (2012), nas áreas urbanas a metodologia de mapeamento de biótopos busca o reconhecimento e a delimitação das parcelas da superfície com base na sua identidade ecológica, sendo possível observar, em uma única localidade, zonas distintas quanto ao tipo de edificação predominante, atribuir a cada uma delas seu grau de adensamento e verticalização, impermeabilização, características atmosféricas e de clima típicas, áreas vegetadas, etc. Desta forma, gera um diagnóstico integrado de diferentes parâmetros, expressa produtos cartográficos e a qualidade do ambiente urbano que fornece bases para a indicação de medidas para melhoria da qualidade ambiental.

Em relação às tipologias, os mapeamentos são classificados em três categorias de acordo com Furlan (2012):

- *Mapeamento seletivo* – Somente biótopos considerados relevantes, possíveis de proteção.
- *Mapeamento representativo* – são analisadas amostras representativas de cada tipo de biótopo.
- *Mapeamento integral* – superfícies amostrais selecionadas. Trata-se de um inventário.

Em relação aos tipos de biótopos e sua seleção, Bedê *et al.* (1994) destacam que cada região a ser estudada tem suas peculiaridades locais, características diferenciadas sob os pontos de vista ecológico, histórico ou sociocultural, por isso, o espectro dos tipos de biótopos pode sofrer ajustes nas diversas regiões de estudo e também, de acordo com os objetivos do mapeamento. Já a delimitação dos biótopos pode ser baseada de acordo com os pontos em que houve modificações na sua estrutura física e tipos de uso incidentes, normalmente limitados por fronteiras marcantes como quarteirões, quadras, ruas, cursos d'água, e mudanças abruptas de uso do solo.

Ainda segundo estes autores, os biótopos podem ser classificados:

- *Biótopos urbanos de uso misto:*
 - áreas com construções predominantemente residenciais: unifamiliares (casas); multifamiliares (prédios); mistas (prédios e casas); áreas de residências populares, favelas ou de baixa renda;
 - áreas com construções e instalações comerciais e de serviços: lojas diversas; alimentação; abastecimento; escritórios; consultórios; clínicas; oficinas; estacionamentos; postos de gasolina;
 - Áreas mistas: residenciais e comerciais e de serviços.
 - Áreas institucionais: educacionais pública ou particular; unidades de saúde; para prática de esportes; instituições sociais ou políticas; instituições culturais.
 - Áreas do sistema de saneamento: estação de tratamento de esgoto; estação elevatória.
 - Uso predominantemente residencial com indústrias, sendo estas últimas de grande porte, em geral poluentes.

- *Biótopos urbanos de espaços livres, com áreas verdes:*
 - Áreas de lazer;
 - Áreas verdes naturais;
 - Áreas desmatadas;
 - Áreas baldias ou ociosas.

- *Biótopos de expansão urbana*
 - Condomínios ou loteamentos, grandemente ocupados, antigos, mais área de influência;
 - Edificações de uso industrial;

- *Biótopos Naturais*
 - Formações florestais - Floresta Estacional Semidecidual secundarizada;
 - Florestas plantadas;
 - Formações savânicas - Cerrado conservado
 - Cerrado muito secundarizado

A metodologia de Mapeamento de Biótopos foi descrita inicialmente na Alemanha em 1974. Devido a sua qualidade e características, foi empregada oficialmente pela Secretaria Federal de Proteção da Natureza (Bundesamt für Naturschutz - BfN, sediada em Bonn, Alemanha), representando, naquele país, um pressuposto básico para a atração de verbas federais, ou de investimentos privados, a favor do desenvolvimento da qualidade de vida local. No Brasil, a metodologia foi adaptada e adequada por Bedê *et.al* (1997), sendo considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como modelo para zoneamento e planejamento territorial, em publicação referente ao mapeamento de biótopos. Após estes autores, a metodologia foi desenvolvida em uma nova versão por Oliveira Júnior (2011), durante uma avaliação do Desenvolvimento Sustentável na cidade de Ouro Preto/MG.

Utilizando-se a metodologia do Barômetro da Sustentabilidade (BS), adaptada de Prescott-Allen (1997), que apresentava uma demonstração visual quanto ao posicionamento da sustentabilidade do local em estudo, Oliveira Júnior (2011) considerou os aspectos socioeconômicos e ambientais para desenvolver uma matriz com 71 indicadores e aplicar junto a gestores públicos e demais representantes da sociedade civil. Os indicadores provenientes do trabalho foram utilizados para avaliar o posicionamento do desenvolvimento sustentável da cidade de estudo, onde os resultados retratavam o Desenvolvimento Sustentável em categorias.

O mapeamento de biótopos vai gerar, por meio da relação de seus indicadores, o Índice de Qualidade de Vida (IQV), cujo conceito resulta do enfoque no desenvolvimento das cidades e seus problemas socioambientais, e da necessidade de monitorar seu desenvolvimento no nível local. Assim estes indicadores, além de retratarem a realidade local em um dado momento, servirão de base de informações para elaboração de estratégias direcionadas às políticas públicas para promover o bem estar social e ambiental.

O conceito de qualidade de vida urbana reporta-se ao meio urbano, às cidades, e inclui a avaliação:

- I) da equidade na distribuição e no acesso da população a bens de cidadania (bens considerados essenciais à satisfação das necessidades básicas de uma sociedade num dado momento);
- II) da qualidade ambiental
- III) da sustentabilidade do desenvolvimento humano.

No campo operacional, o conceito se delinea através dos indicadores, especialmente de enfoques sociais e ambientais. A formulação de tais indicadores vincula-se às administrações públicas e são tentativas para compor o espectro de questões que interferem na qualidade de vida urbana de forma a instrumentalizar o planejamento da ação do poder público nas cidades (NAHAS, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em uma área denominada Regional Petrovale, localizada entre os municípios de Betim e Ibitaré, Estado de Minas Gerais, sendo aqui focada somente a área compreendida no município de Betim, em que estão localizados o Núcleo Urbano, sob as coordenadas 19°59'37.67" S e 44°06'44.87"O, 839m de elevação; e o Polo Industrial Petroquímico, sob as coordenadas 19°58'42.77" S e 44°05'48.09"O, há 869m de elevação. A distância entre as áreas dentro da regional compreende aproximadamente 2100m.

De acordo com Pedersoli (2007) caracteriza-se como

um ambiente onde a atividade industrial intensa convive com núcleos populacionais que se desenvolveram em seu entorno, constituindo cenários que apontam elevada vulnerabilidade dessas populações aos riscos ambientais decorrentes das atividades de refino de petróleo e distribuição de derivados e gás natural que aí ocorrem (PEDERSOLI, 2007).

Essa área pode ser definida, segundo ROSA *et al.* (2003), como um espaço marcado pela atividade industrial e por parcelamentos urbanos destinados à ocupação e aos assentamentos humanos implantados, na maior parte das vezes, de forma desordenada, onde um contingente populacional de baixa renda atraído pela possível oferta de empregos e melhores oportunidades de trabalho passou a residir em locais com baixo padrão de construção e de infraestrutura básica, inadequados sob o aspecto ambiental e do uso e ocupação do solo.

Segundo o DPPUB (Departamento de Pesquisas Públicas e Urbanas de Betim) (2014), informações sobre o histórico da região remontam da origem da Refinaria Gabriel Passos, cujas obras se iniciaram em 1962, por esforço do Ministro das Minas e Energia, o engenheiro Gabriel Passos. Sua inauguração se deu em 30 de março de 1968, com uma área territorial de 12,5 Km². A refinaria foi implantada na zona rural de Betim, impulsionando o crescimento urbano, e dando origem aos bairros Petrolina, Petrovale, Cascata e Ouro Negro.

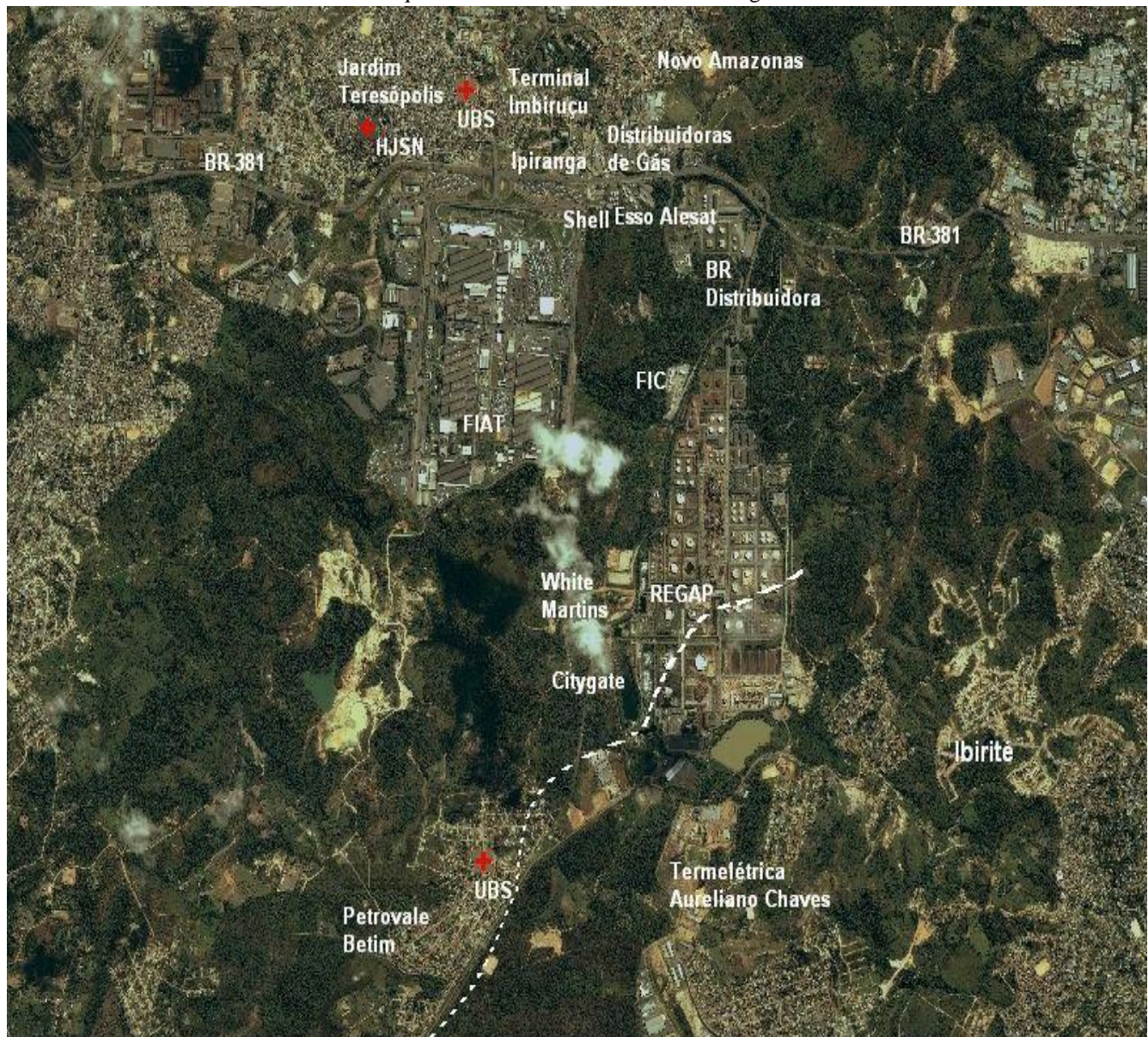
Posteriormente houve o estabelecimento de áreas de invasão e ocupação urbana em seu entorno. Com a necessidade de encontrar uma solução para ordenar a ocupação,

o município de Ibitaré regulamentou loteamentos, porém sem estruturação legislativa para estabelecimento do perímetro urbano. A partir deste momento, tanto o município supracitado quanto Betim passaram por um processo de expansão urbana precária, gerando conflitos entre população, organização do espaço e controle ambiental. Também em 1968 foi aprovado o primeiro Plano Diretor de Betim, mas este não contemplava a delimitação do zoneamento para a região, sendo estabelecida somente em 1996.

Com a aprovação do Estatuto da Cidade em 2001 tornou-se necessária a revisão dos Planos Diretores das cidades com mais de 100.000 habitantes e, então, foi aprovada a Lei n.º 4.574, de 2007, que abrangia um zoneamento diferenciado para empresas petroquímicas, criando o Polo Industrial - Zona de Atividades Especiais (ZAE I) (Figura 08) e a Regional Petrovale - Zona Residencial Mista (ZRM) (Figura 09).

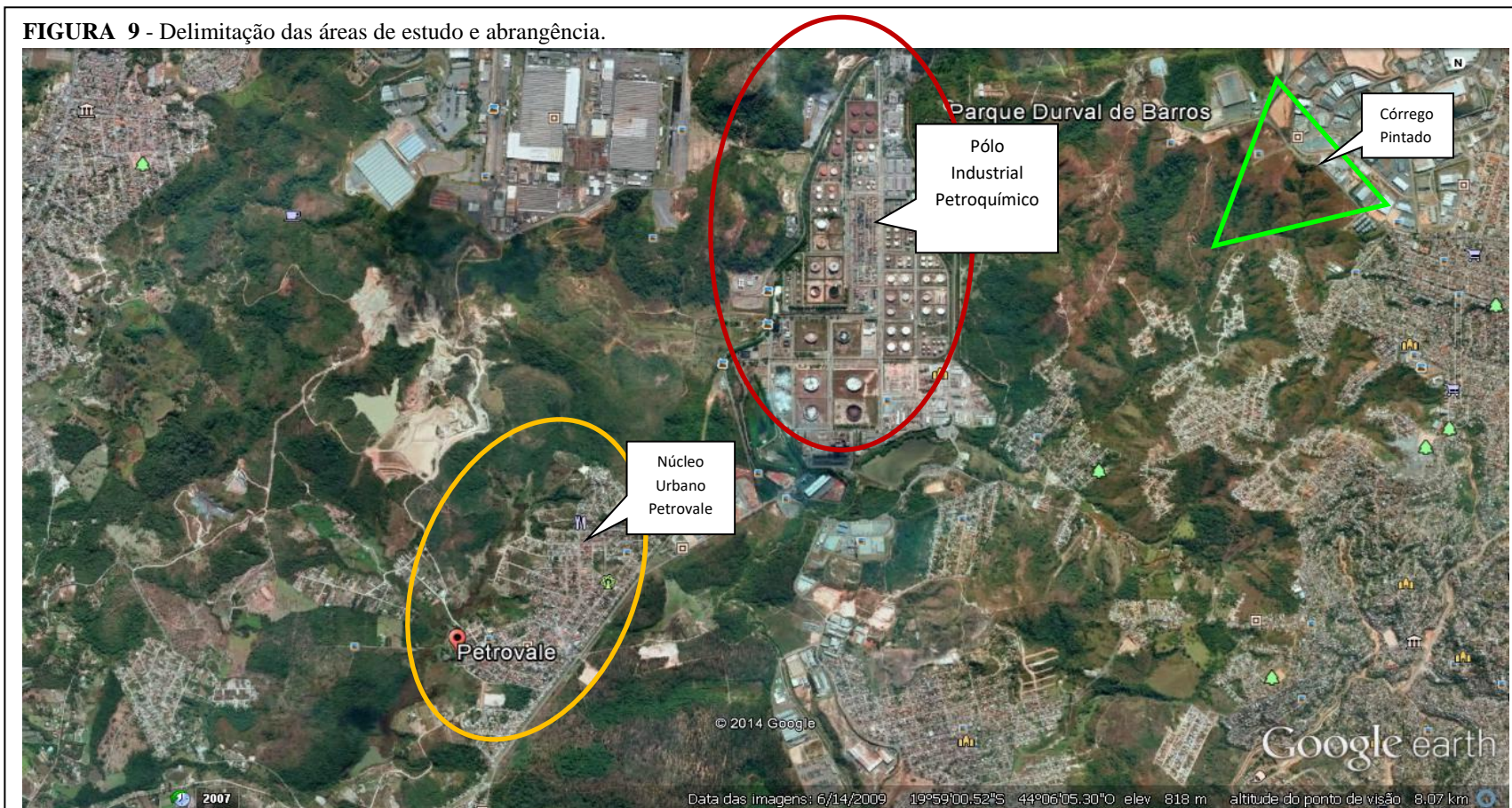
A partir deste momento, o Licenciamento Ambiental da refinaria, de competência avaliativa da FEAM (Fundação Estadual de Meio ambiente) passou a estabelecer condicionantes de Controle Ambiental, para que houvesse o monitoramento dos impactos gerados e minimização dos conflitos entre população, ambiente e indústrias.

FIGURA 8 -Polo Industrial Petroquímico e atividades de entorno na Regional Petrovale.



FONTE: adaptado de IKONOS, Betim (2017).

FIGURA 9 - Delimitação das áreas de estudo e abrangência.



Legenda: _____ Pólo Industrial _____ Núcleo Urbano Petrovale _____ Córrego Pintado. **FONTE:** Adaptado de Google Earth, julho de 2016.

3.1.1 Geologia

O Complexo Basal Diferenciado constitui a unidade predominante em Betim, caracterizando o relevo típico do município e da área de estudo. As rochas que constituem essa unidade são gnaisse e migmatito, representando o embasamento cristalino. As geoformas em que ocorrem são colinas de topo alongado e associação de vertentes ravinadas e convexas. Os solos são os Latossolos nos topos e nas vertentes convexas, e Cambissolos nas vertentes ravinadas, de caráter ácido e baixa fertilidade (EMATER, 2005) (Foto 01).

FOTO 1 - Geoforma de Complexo Basal Diferenciado predominante na área de estudo.



FONTE: da autora, fevereiro de 2015.

3.1.2 Relevo

De acordo com CETEC (1994), o Município de Betim está inserido na bacia do rio Paraopeba, com relevo de planaltos ondulados em um tabuleiro que se estende pelos contrafortes da Serra do Curral até Oeste de Minas Gerais. Desta forma, o Relevo é acidentado, principalmente nas vertentes da Serra Negra, terminando em vales e áreas com menores declividades, correspondendo também ao relevo da área de estudo (Foto 02). A topografia de Betim pode ser caracterizada pela seguinte maneira: 15% do relevo é plano, 25% é montanhosa e a grande maioria 60% é ondulada.

A área de estudo insere-se, essencialmente, no domínio geomorfológico correspondente a zonas de colinas esculpidas em rochas granito-gnáissicas do Complexo de Belo Horizonte, que corresponde a mais de 60% da área da RMBH, abrangendo os municípios de Betim, Contagem, Juatuba, Esmeralda, Ribeirão das Neves, São José da Lapa, Vespasiano, Santa

Luzia e parte significativa dos municípios de Belo Horizonte, Ibirité, Mateus Leme, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Sarzedo, Igarapé, Florestal, Pedro Leopoldo, Sabará e Caeté. Seus limites correspondem, ao Sul, à Serra do Curral e seus prolongamentos e, ao Norte, ao vale do Ribeirão da Mata. Suas características geomorfológicas constituem um dos fatores que propiciaram a concentração urbana industrial nessa área (PEDERSOLI, 2007).

A conformação do relevo da bacia corresponde a um vale amplo, de direção NE/SW (determinada pelos lineamentos estruturais), apresentando grande declividade em direção à cidade de Betim. Lateralmente a este terraço de nível erguem-se colinas côncavos-convexas e pães-de-açúcar que atingem altitudes de 1.000 a 1.050 metros próximo às cabeceiras, decrescendo na direção sudoeste, até atingir a calha do rio Paraopeba (700 metros). Diferentemente da maior parte das colinas, os espigões apresentam encostas de média a alta declividade muito vulneráveis ao escoamento torrencial. Expressivos depósitos colúvies inconsolidados formam-se nas partes baixas das encostas e interdgitam-se a jusante com sedimentos aluviais (CIBAPAR, 2012).

Do ponto de vista topográfico, a área se situa dentro de uma região composta por pequenos morros, como o existente próximo ao Polo Industrial, cuja altitude atinge cerca de 972m. De um modo geral a topografia nesta região é complexa, formada por duas bacias: uma que envolve o centro da cidade de Contagem e outra composta por morros que contornam o empreendimento, formando um pequeno divisor entre o Polo Industrial e a parte urbanizada de Betim (CIBAPAR, 2012).

Essa conformação topográfica, que contorna a refinaria, deu origem a um sistema semifechado, dificultando a ventilação, caracterizando a região em determinadas épocas do ano com velocidades de vento fracas, proporcionando altas taxas de calmaria, e com isso, dificultando a dispersão de poluentes, particularmente nos meses de outono-inverno.

FOTO 2 - Relevo ondulado e em vales na área de estudo.



FONTE: da autora, fevereiro de 2015.

3.1.3 Pedologia

De acordo com EMBRAPA (2006), os Latossolos da cidade de Betim são mais desenvolvidos, apresentando grande espessura do horizonte B, profundos. A textura granular os torna permeáveis, com baixa capacidade de troca de cátions, bem drenados. São ácidos, com baixa saturação por bases, quando distróficos ou álicos; quando eutróficos são muito férteis. Já os Cambissolos são pouco desenvolvidos, com horizonte B em formação (B câmbico). A grande espessura do horizonte C, com a predominância da fração silte torna esses solos altamente instáveis. Sua mineralogia é fortemente influenciada pelo material de origem, podendo ser desde álicos a eutróficos (Foto 03).

FOTO 3 - À esquerda, caracterização do solo no Ponto 01. À direita, caracterização do solo no Ponto 02.



FONTE: da autora, julho de 2016.

3.1.4 Clima

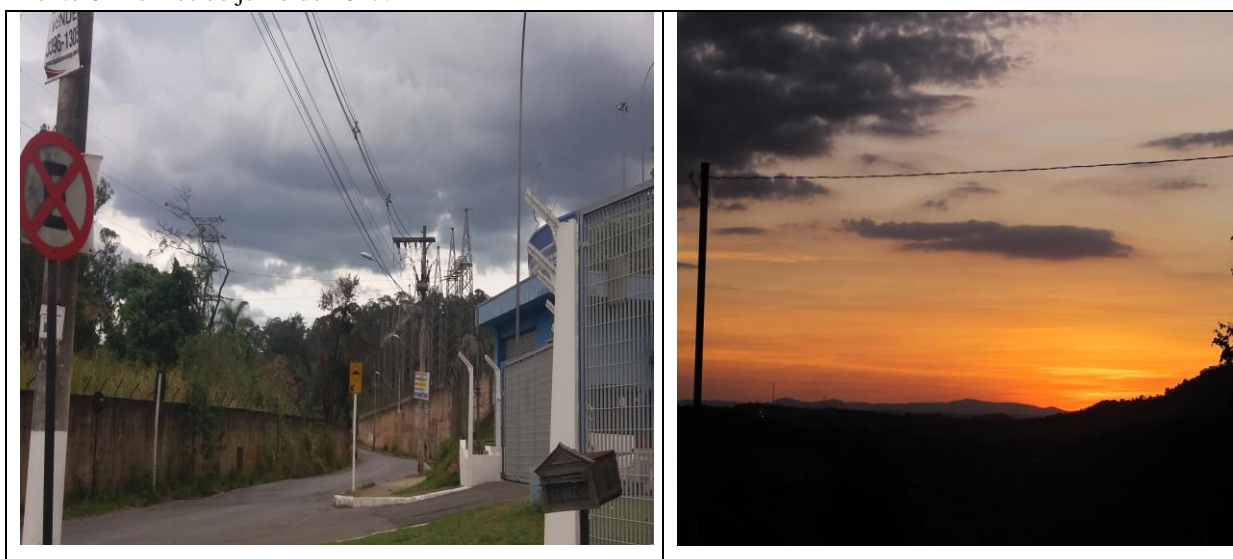
O Estado de Minas Gerais, devido à sua localização geográfica, sofre a influência de um fenômeno meteorológico de latitudes tropical quente e médias temperadas - a Alta Subtropical Atlântico Norte (ASAN), que imprime à região características de um clima de transição. Duas estações bem definidas podem ser identificadas: uma seca e uma chuvosa. Ainda, o Estado sofre a influência de frentes frias durante todo o ano, conhecidas como Frente Polar Atlântica – FPA, que se originam principalmente do Pacífico Sul e a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Elas atravessam os Andes no sul do continente e, devido aos efeitos da rotação do planeta e da presença da Cordilheira, deslocam-se em direção ao equador com uma orientação noroeste/sudeste (NIMER, 1989).

Ainda, de acordo com Vianelo (2012), as Altas Subtropicais são sistemas de alta pressão localizados em torno de 30 graus de latitude nos principais oceanos de nosso Planeta e associadas à circulação média meridional da atmosfera. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical (ASAS) é de grande importância para o clima da América do Sul, uma vez que afeta o clima do Brasil tanto no inverno como no verão. No inverno, inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul. No verão, as temperaturas sobre os continentes são maiores, e os centros de alta pressão localizam-se sobre os oceanos e são mais determinados, havendo o transporte de umidade nos baixos níveis troposféricos.

As correntes perturbadas de oeste estão relacionadas a núcleos de baixa pressão, conhecidos na climatologia por Linhas de Instabilidade Tropical (IT), depressões barométricas induzidas ou calhas induzidas. Estas IT são observadas como depressões à superfície e identificadas nas cartas sinóticas, como ondulações nos centros de alta pressão em superfície, na estação chuvosa. Estão relacionadas ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da FPA, uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora possam permanecer estacionárias. À medida que a FP caminha para o Equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando, com nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais (NIMER, 1989).

O clima da região é caracterizado pela interação de fatores atmosféricos e geográficos e intensa radiação solar. O regime pluviométrico descreve um ciclo tropical de altitude segundo a classificação de Koppen, com dois períodos bem definidos, o chuvoso com altas temperaturas e compreendido entre os meses de setembro a março, e o seco com baixas temperaturas e compreendido entre os meses de abril a agosto (Foto 04). A temperatura anual média é de 20°C e índice pluviométrico médio de 1370 mm por ano. De acordo com os dados da estação meteorológica instalada na Refinaria Gabriel Passos, os ventos predominantes são do quadrante Nordeste, seguidos dos ventos do quadrante Norte. A velocidade média do vento é de 1,7m/s, com amplitude variando entre 0,5m/s e 3,6m/s (FEAM, 2013).

FOTO 4 - À esquerda, formação chuvosa no Ponto 01, no mês de Janeiro de 2016. À direita, período seco no Ponto 02 no mês de julho de 2017.



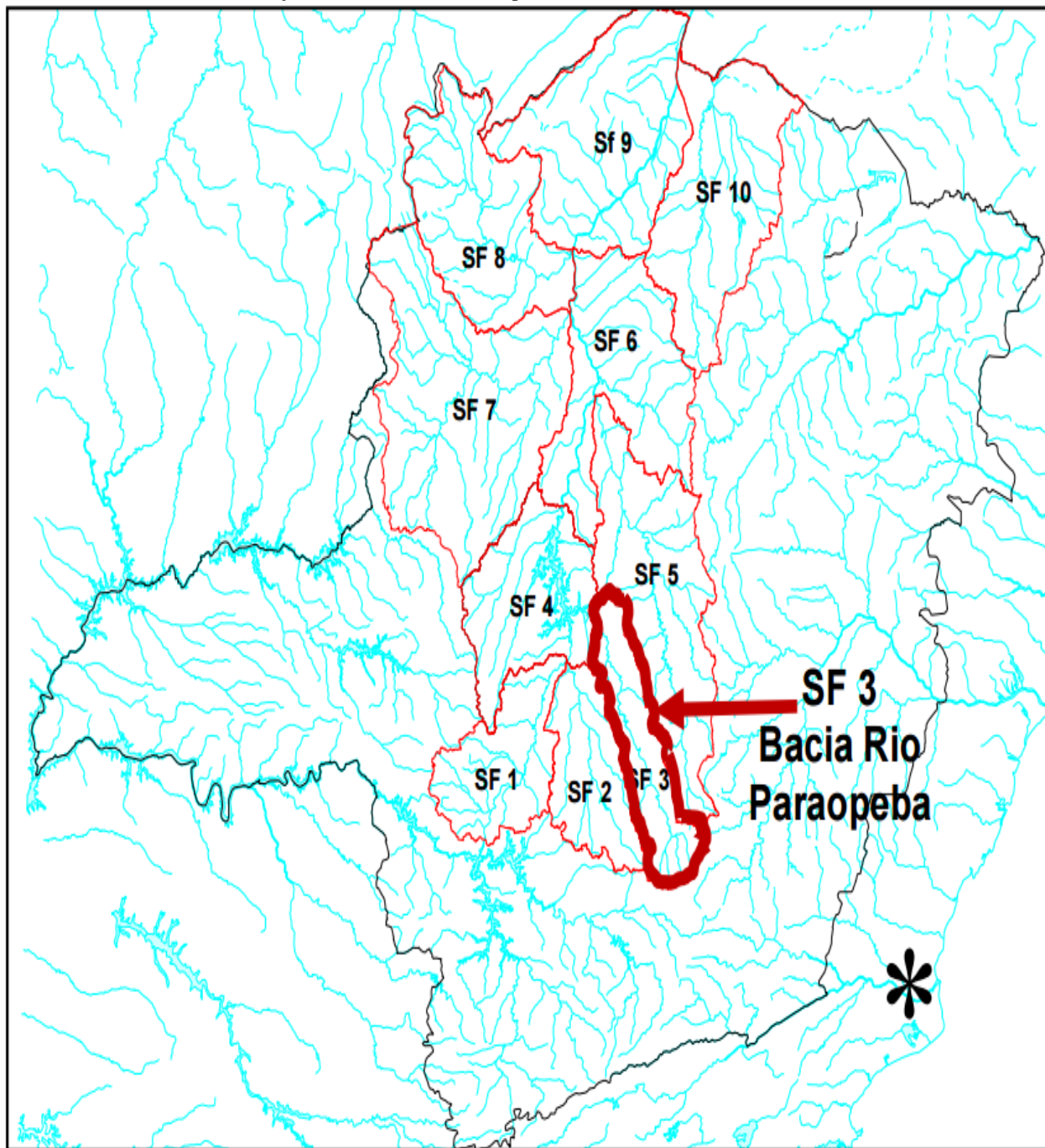
FONTE: da autora.

3.1.5 Hidrografia

O Município de Betim se insere na bacia hidrográfica do Rio Paraopeba com o ribeirão Betim cortando a cidade. A nascente do Ribeirão Betim está situada na altitude de 920m, no Município de Contagem. Sua bacia tem uma área de drenagem total de aproximadamente 172 km². Após percorrer 43 km, deságua no rio Paraopeba, em uma margem direita. Com declividade média de 3,19 m/km, sua área total ocupa aproximadamente 139 km² ou 80 % estão no Município de Betim, numa região de maior concentração de ocupação urbana. Em um trecho os principais afluentes são os córregos Saraiva, Bom Retiro, Várzea das Flores e Riacho das Areias (ROSA, 2008).

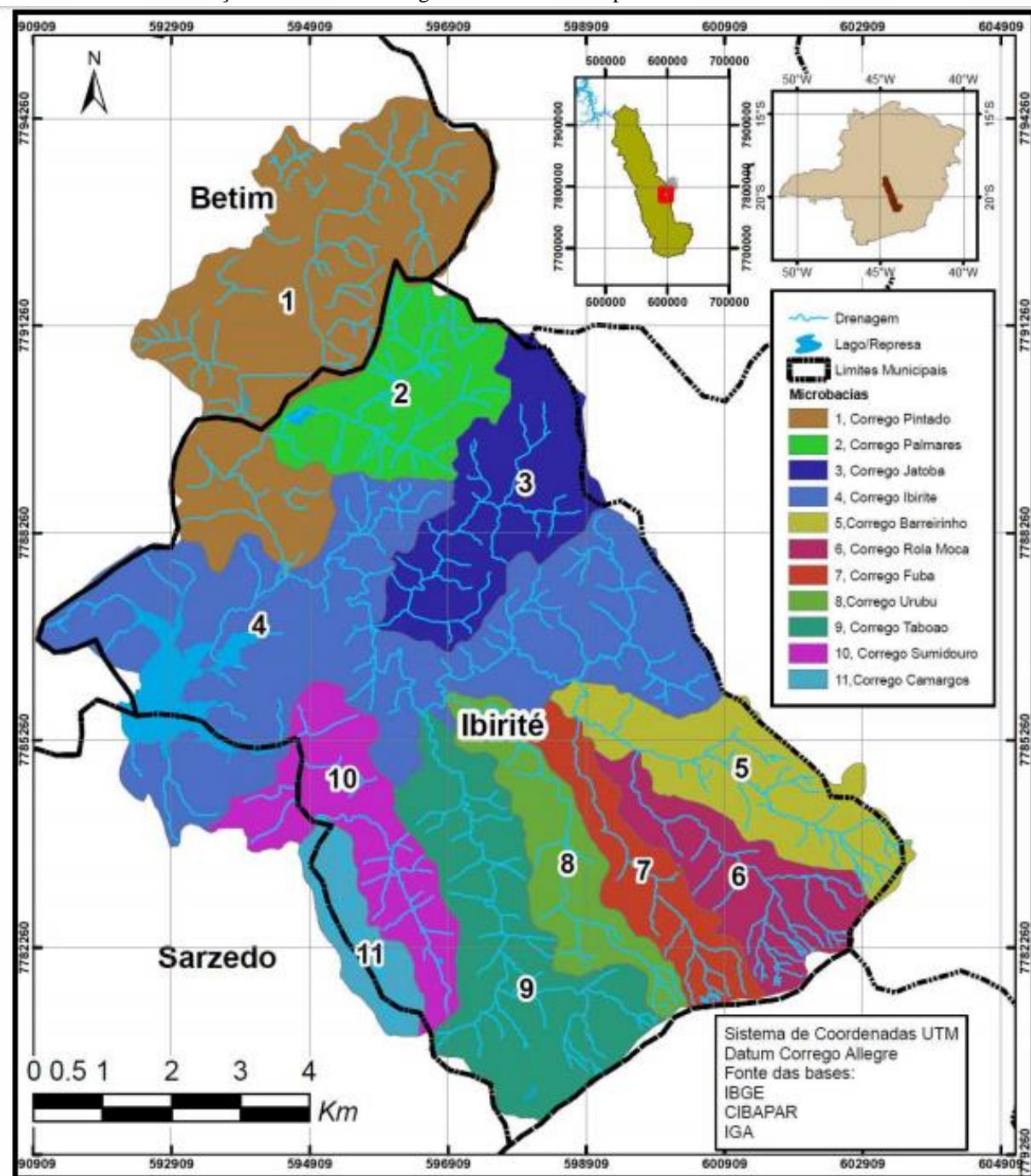
Os córregos e ribeirões correm ao longo de vales abertos, em padrão dendrítico, estão relativamente encaixados e possuem vazões pequenas e suas águas estão bastante poluídas. A Regional Petrovale é margeada pela sub-bacia do Córrego Pintado, Bacia do Rio Paraopeba, que nasce no município de Betim, a montante do Polo Petroquímico, ao norte da Rodovia Fernão Dias. É caracterizada por estar encaixada em um relevo de altas declividades, afloramentos rochosos e trechos de expressiva cobertura vegetal (Figura 08, Foto 01). Sua nascente está sob as coordenadas 19°57'18,89" S e 44°04'28,60" W, e sua foz sob as coordenadas 20°00'29,56" S e 44°06'01,80" W (Figuras 10,11,12,13).

FIGURA 10 - Localização da bacia do Rio Paraopeba no Estado de Minas Gerais.



FONTE: CIBAPAR, 2012.

FIGURA 11 - Localização da bacia do Córrego Pintado no município de Betim.



FONTE: CIBAPAR, 2012.

FIGURA 13 - Vista aérea da bacia do córrego Pintado na Regional Petrovale.



FONTE: CIBAPAR, 2012.

3.1.6 Fitofisionomia

As áreas urbanas de Betim são as que mais sofreram reduções da cobertura vegetal. A maioria dos remanescentes florestais encontra-se nos topos e nos vales das colinas e na parte alta das vertentes. A ocupação do território do município junto às atividades de agropecuária, silvicultura e indústria provocou redução nas formações vegetais, tanto em área quanto em biodiversidade, estando os remanescentes concentrados em topos de morro e áreas de zonas rurais. Entretanto, Betim apresenta corredores ecológicos ecotonais, caracterizados pela transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, em suas fitofisionomias Mata Ciliar e Floresta de Galeria de formação de Floresta Estacional Semidecidual, cerrado *sensu stricto* e Cerradão (EMATER, 2005).

Segundo IBGE (2012), a Floresta Estacional Semidecidual é estabelecida em função da ocorrência de clima estacional que determina semidecuidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15° C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. A mata ciliar é definida como a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte, de copas abertas. Está presente em rios de grandes larguras, o que impede o encontro das copas. Quando o rio possui largura menor, há o encontro e fechamento das copas das árvores, formando as matas de galeria.

De acordo com Rizzini (1997) o Cerrado, também denominado Savana, é conceituado como uma vegetação xeromorfa, que ocorre sobre distintos tipos de clima. O bioma reveste solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos, caméfitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte, com ocorrência em toda a Zona Neotropical e, prioritariamente, no Brasil Central. O cerrado *sensu stricto*, fitofisionomia do domínio Cerrado, também conhecido como Savana Arborizada, é classificado como subgrupo de formação natural ou antropizado que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala sujeito ao fogo anual. As sinúsias dominantes formam fitofisionomias ora mais abertas (campo cerrado), ora com a presença de um *scrub* adensado, cerrado *sensu stricto* ou propriamente dito. A composição florística, apesar de semelhante à da Savana Florestada, possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado.

O cerradão ou Savana Florestada é um subgrupo de formação com fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em um clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúcias lenhosas de micro e nanofanerófitos, tortuosos com ramificação irregular, providos de macrófitos esclerófitos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios, cujas alturas variam de 6 a 8 m. Em alguns locais, apresenta sinúcias lenhosas de meso e microfanerófitos com altura média superior aos 10 m, sendo muito semelhante, fisionomicamente, a Florestas Estacionais, apenas diferindo destas na sua composição florística.

A Regional Petrovale é caracterizada pelas fitofisionomias de Mata Ciliar, cerrado *sensu stricto* e cerradão (Fotos 05 a 08). A microbacia do córrego do Pado apresenta 52,2% de sua área coberta por vegetação de Floresta Estacional Semidecidual nas vertentes, nas encostas, nos vales e nas margens dos cursos d'água; cerrado *sensu stricto* e campo cerrado nos topos de morros. Tais formações vegetais são mais expressivas na região à montante da BR 381, onde representam 58,1% da área desse trecho (CIBAPAR, 2012).

FOTO 5 - Vegetação de cerrado *sensu stricto* na área de estudo.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

FOTO 6 - Vegetação de cerrado na área de estudo



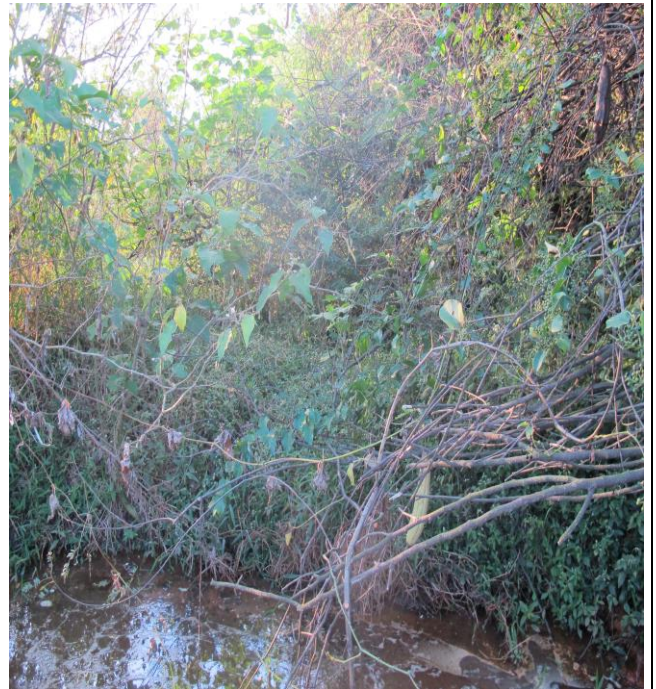
FONTE: da autora, setembro de 2016.

FOTO 7 - Vegetação de Mata Ciliar no Córrego Pintado - Ponto 01 - Pólo Industrial.



FONTE: da autora, julho de 2016.

FOTO 8 - Vegetação de Mata Ciliar no Córrego Pintado - Ponto 02 - Bairro Petrovale.

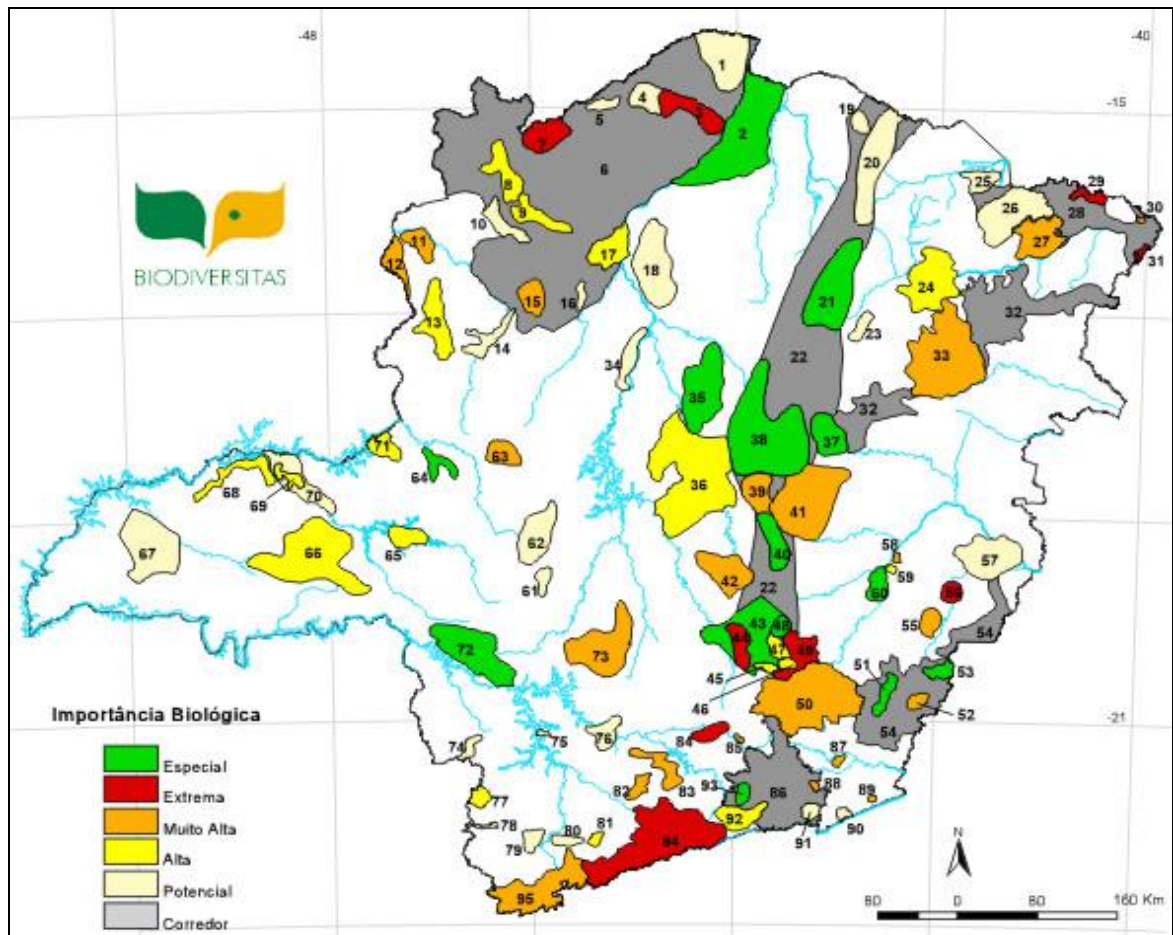


FONTE: da autora, janeiro de 2017.

Além disso, a cidade de Betim está entre as áreas prioritárias para conservação de Biodiversidade no Estado de Minas Gerais segundo a Fundação Biodiversitas (2016), localizada na área 22, categoria Corredor Ecológico (Figura 14), sendo de extrema

importância a realização de levantamentos de vegetação e estudos de metodologias para sua conservação.

FIGURA 14 - Áreas Prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais segundo a Fundação Biodiversitas. Destaque para acidade de Betim, localizada na área 22, prioritária para a conservação de Corredores.

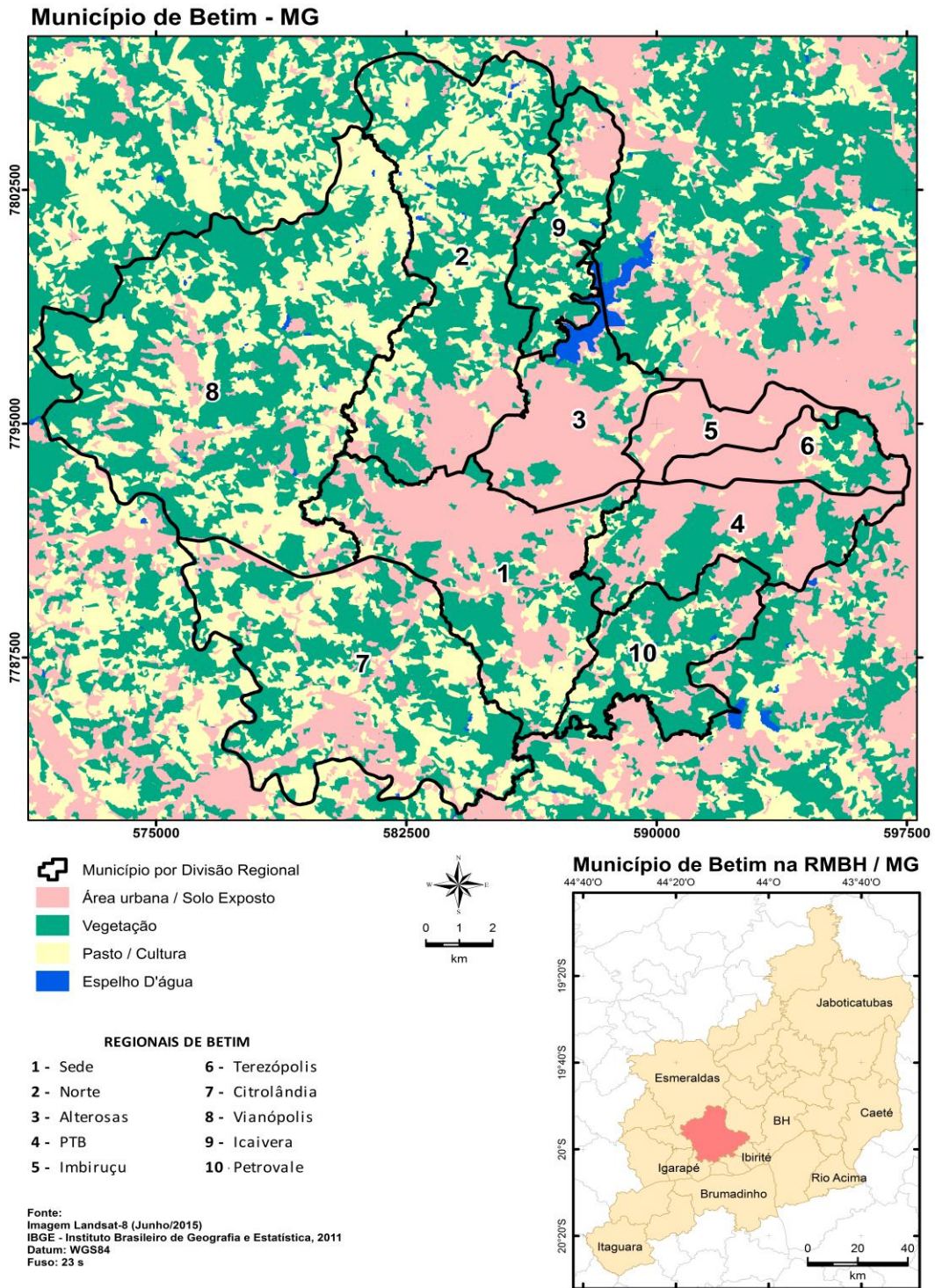


FONTE: Fundação Biodiversitas. Disponível em <www.biodiversitas.org.br>. Acesso em dezembro de 2016.

3.1.7 Uso e ocupação do solo segundo o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)

A caracterização do uso e ocupação do solo da cidade de Betim, incluindo a área de estudo, utilizando imagens do Satélite LANDSAT 8 (2015) pôde ser verificada na imagem 01 a seguir.

IMAGEM 1 - Caracterização do uso e ocupação do solo da cidade de Betim, com destaque para Petrovale, n^o 10.



FONTE: da autora, janeiro de 2016.

Por meio da Imagem 01 é possível caracterizar o uso e ocupação do solo da Regional Petrovale, dentro da cidade de Betim, com predominância de vegetação, em verde; área urbana, em rosa, tanto na direção norte aonde se localiza o Polo Industrial quanto na direção sul aonde se localiza o bairro Petrovale; e algumas áreas com pastagens em amarelo.

3.2 Metodologia da Pesquisa

Este trabalho foi caracterizado por uma pesquisa qualitativa, descritiva explicativa, elaborada por meio da Revisão Bibliográfica e Revisão Sistemática, para obtenção do Levantamento Diagnóstico por meio do Estudo de Caso.

Com base na abordagem da pesquisa, Godoy (1996) descreve a pesquisa qualitativa como a que permite a melhor compreensão do fenômeno no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisada numa perspectiva integrada junto às pessoas nela envolvidas, considerando todos os pontos de vista. Dela faz parte a obtenção de dados descritivos mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo. Nas pesquisas qualitativas é frequente que o pesquisador procure entender os fenômenos, segundo a visão dos participantes da situação estudada e situe sua interpretação dos fenômenos estudados. Como instrumento, o estudo de caso é utilizado para interpretar uma análise de vários tipos de dados coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno.

Em relação aos procedimentos técnicos, os levantamentos diagnósticos são realizados com uma amostra dos dados que se quer avaliar, considerando determinada margem de erro, onde os resultados são generalizados da parte (amostra) para o todo (população). Segundo Yin (2005), a pesquisa de levantamento ou “*Survey*” visa descrever a distribuição das características ou de fenômenos que ocorrem com certa frequência e definem uma situação local ou regional.

Ainda, de acordo com Marconi & Lakatos (2010), o estudo de caso trata-se de uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada quando procura-se compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso pode ser definido como uma pesquisa empírica abrangente, com procedimentos preestabelecidos, que investiga um ou múltiplos fenômenos contemporâneos no contexto da

vida real, especialmente quando os limites entre os fenômenos e seu contexto não estão claramente definidos. Ainda segundo este autor, estudo de caso pode ser tanto uma pesquisa de caso único quanto de casos múltiplos.

Em relação à classificação com base no objetivo, a pesquisa foi do tipo descritiva e explicativa. A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar, pretendendo descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática (GIL, 2007).

A pesquisa explicativa objetiva identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos de um estudo. É o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão por meio de resultados. Este tipo de pesquisa preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007).

A pesquisa delineada por meio da Revisão Bibliográfica e da Revisão Sistemática também se refere aos procedimentos técnicos.

Segundo Gil (2007), a Revisão Bibliográfica tem por premissa suprimir dúvidas a partir de pesquisas em documentos, implicando no esclarecimento das pressuposições teóricas que fundamentam a pesquisa e das contribuições proporcionadas por estudos já realizados com uma discussão crítica. É desenvolvida a partir de material já elaborado por outros autores, onde o pesquisador coleta informações sobre trabalhos anteriores em fontes bibliográficas como livros, publicações periódicas (artigos, resumos), obras acadêmicas (TCC's, dissertações de mestrado, teses de doutorado, etc).

Segundo Sampaio e Mancini (2007) a Revisão Sistemática pode ser definida por uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema, por meio da busca sistemática de palavras-chave em plataformas específicas, disponibilizando como resultado um resumo das evidências relacionadas e síntese da informação selecionada.

3.3 Metodologia de Trabalho

Para fins de delimitação técnica, a área de estudo, denominada Petrovale, foi definida por ADAE (Área Diretamente Afetada e Entorno), que refere-se ao espaço geográfico afetado direta ou indiretamente pelo empreendimento, em todas as suas fases. Normalmente, a abrangência dos impactos é diferenciada, devido às características próprias dos meios físico, biológico e socioeconômico.

A área de influência pode ser categorizada em dois níveis, a saber, em função das relações de causalidade dos impactos/efeitos decorrentes das atividades do empreendimento proposto:

Área Diretamente Afetada (ADA) - aqui representada pelo Polo industrial, definida como a área onde está implantado o empreendimento, também conhecida como “área de intervenção”.

Área de Influência Direta (AID) - aqui representada pelo Núcleo Urbano, definida como corresponde à área que recebe os impactos diretos da implantação e operação do empreendimento proposto.

Foi selecionado um ponto no Polo Industrial (ADA) e um ponto no Núcleo Urbano (AID), ambos banhados pelo Córrego Pintado, para realização de amostragens de solo, água e dados atmosféricos. Além disso, em cada ponto foram selecionados indivíduos de uma espécie botânica comum para coleta de folhas e verificação de ação da poluição atmosférica sobre as mesmas.

3.3.1 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do ar

O diagnóstico de qualidade do ar foi feito por meio de coleta de dados de Umidade Relativa do Ar e MP (Material Particulado), utilizando um contador de partículas digital portátil Instrutemp ITCP 100 (Foto 09) cedido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), *campus* Florestal (MG). Foi realizada uma campanha de campo na estação seca (julho de 2016), uma na transição entre as estações (setembro de 2016), e uma na estação chuvosa (março de 2017). Os dados foram coletados sempre em um sábado, com o horário sempre iniciando às cinco horas (5:00hrs) da manhã e finalizando por volta de nove horas da noite (21:00hrs), devido à dissolução da Camada Limite Planetária. Os dados encontrados foram

comparados com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 03/90, que trata dos padrões de qualidade do ar no Estado de Minas Gerais.

FOTO 9 - Contador de partículas digital portátil Instrutemp ITCP 100.



FONTE: da autora, julho de 2016.

3.3.2 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade do solo

Para realização de diagnóstico de qualidade do solo, foi realizada uma campanha de campo na estação seca (julho de 2016), uma na transição entre as estações (setembro de 2016), e uma na estação chuvosa (março de 2017), com a coleta de uma amostra superficial (0-20 cm) na porção do Córrego Pintado que banha o Ponto 01 - Polo Industrial e uma na porção do Córrego Pintado que banha o Ponto 02 - Bairro Petrovale, em cada campanha. Como instrumentos de auxílio, foi utilizada uma cavadeira boca de lobo para perfuração. O material coletado foi transferido para um balde esterilizado com álcool 70% e em seguida acondicionado em saco plástico etiquetado com identificação de data e local de coleta (Fotos 10 a 15).

FOTO 10 - Coleta de amostra de solo no Ponto 01 - Polo Industrial.



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 11 - Transferência da amostra em balde esterilizado.



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 12 - Acondicionamento da amostra em saco



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 13 - Plástico etiquetado para encaminhamento para análise



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 14 - Coleta de amostra de solo no Ponto 02 - Polo Industrial



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 15 - Transferência da amostra em balde esterilizado.



Fonte: da autora, janeiro de 2017.

As amostras foram encaminhadas para análise no Laboratório de Química Agropecuária do Instituto Mineiro de Agropecuária do estado de Minas Gerais, localizado em Contagem/MG, onde foram analisados os atributos:

- H₂O - pH em água;
- pH - relação 1:2,5;
- SB - Soma de Bases;
- T - Capacidade de troca de cátions (CTC);
- Alumínio (Al³⁺);
- C – carbono orgânico;
- Matéria Orgânica;
- m - índice de saturação de alumínio (Al³⁺);
- V - índice de saturação de base;
- Saturação de alumínio (Al³⁺).
- CaCl₂ - pH em cloreto de Cálcio;
- KCl - pH em cloreto de Potássio;
- Determinação de micronutrientes (Cu, Mn, Fe, Zn);
- Mn – manganês;
- Determinação de macronutrientes - cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K) e fósforo (P);
- Micronutrientes (Cu, Mn, Fe, Zn);
- % Silte;
- % Areia;
- % Argila;
- Densidade.

Os atributos que apresentam relevância nos estudos, tanto agronômicos quanto ambientais, normalmente são agrupados em quatro classes de acordo com EMBRAPA SOLOS (2017):

- a) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento. Ex: pH, Carbono Orgânico;

- b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions. Ex: Tipo de argila (1:1 ou 2:1), CTC, CTA, Óxidos de Ferro; Óxidos de Alumínio; c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas. Ex: N, P, K, Ca, Mg e elementos traços (micronutrientes);
- d) aqueles que indicam contaminação ou poluição. Ex: Metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxicos.

Além disso, os dados obtidos foram comparados com os índices do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e a RESOLUÇÃO CONAMA 460/13, que trata de padrões a qualidade de solo no Brasil em presença de substâncias químicas. Para fins de comparação da norma com as amostras analisadas, os parâmetros determinados para qualidade do solo foram:

- pH em água;
- T - Capacidade de troca de cátions (CTC);
- C – carbono orgânico;
- m - índice de saturação de alumínio (Al^{3+});
- Fe – Ferro;
- Mn – manganês;
- % Silte;
- % Areia;
- % Argila.

3.3.3 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade da água

Para a realização do diagnóstico de qualidade da água do Córrego Pintado, em ambos os pontos de estudo, foi realizada uma campanha de campo na estação seca (julho de 2016), uma na transição entre as estações (setembro de 2016), e uma na estação chuvosa (março de 2017), com a coleta de uma amostra na porção do Córrego Pintado que banha o Ponto 01 - Polo Industrial e uma na porção do Córrego Pintado que banha o Ponto 02 - Bairro Petrovale, em cada campanha. As amostras foram coletadas e acondicionadas segundo instruções da instituição escolhida para fazer as análises, descritas a seguir (Fotos 16 a 19):

- a) o prazo entre a coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório não ultrapassou 24 horas;

- b) os frascos, fornecidos pela instituição, foram mantidos sob refrigeração, em isopor com gelo em barra, até a chegada ao laboratório;
- c) cada frasco foi identificado com nome do local de coleta, nome do coletor, data e horário;
- d) os frascos com códigos 01, 02 e 03 foram enxaguados 03 vezes com a própria água do ponto de coleta e em seguida cheios completamente sem deixar bolhas;
- e) os frascos com os códigos 05 e 15 foram cheios diretamente sem transbordar, evitando a perda do preservante contido;
- f) os frascos com código 16 foram cheios com a água do aquífero até escoar por 3 minutos sendo, em seguida, cheio completamente e vedado com a tampa, com o cuidado de não haver contaminação interna e no bocal.

FOTO 16 - Frascos de acondicionamento de amostras de água.



Fonte: da autora, julho de 2016.

FOTO 17 - Coleta indireta de amostras no Ponto 02, para posterior acondicionamento.



Fonte: da autora, julho de 2016.

FOTO 18 - Coleta indireta de amostras de água no Ponto 02 segundo instruções do laboratório.



Fonte: da autora, julho de 2016.

FOTO 19 - Coleta direta de amostras de água no Ponto 02 segundo instruções do laboratório.



Fonte: da autora, julho de 2016.

Estas amostras foram encaminhadas ao Instituto SENAI de Tecnologia e Meio Ambiente/Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG - campus CETEC, localizado em Belo Horizonte/MG, para realização dos seguintes ensaios:

- Oxigênio dissolvido;
- pH;
- Acidez;
- Alcalinidade Total;
- Amônia;
- Condutividade elétrica;
- Cor verdadeira;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio;

- Demanda Química de Oxigênio;
- Dureza Total;
- Nitrito;
- Nitrato;
- Óleos e graxas;
- Sólidos dissolvidos totais
- Sólidos suspensos totais;
- Turbidez;
- Coliformes totais.

Os dados obtidos também foram comparados com a RESOLUÇÃO CONAMA 357/05, que trata dos padrões de qualidade de água no Brasil, sob os seguintes parâmetros:

- Oxigênio dissolvido;
- pH;
- Cor verdadeira;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- Óleos e graxas;
- Sólidos dissolvidos totais;
- Turbidez;
- Coliformes totais.

3.3.4 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de desenvolvimento de espécies vegetais

No meio biótico foram avaliadas as características morfológicas de folhas de indivíduos da espécie vegetal *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae)(Foto 20), conhecida popularmente como assa-peixe, comum aos dois pontos e cujos indivíduos estavam presentes próximos do curso d'água Córrego Pintado.

A família Asteraceae, também conhecida como Compositae, é a mais numerosa dentro das Angiospermas, compreendendo aproximadamente 25.000 espécies, pertencentes a 1.600 gêneros, distribuídos em 17 tribos, e representando 10 % das espécies vegetais do mundo

(BARROSO *et.al.*, 1991). Além disso, é a segunda família mais representativa em número de espécies no Cerrado brasileiro (MENDOÇA *et al.*, 1998), e tem sido bem estudada nos últimos anos, tanto em anatomia quanto morfologia e ecologia (NAKAJIMA, 2000).

De acordo com Barroso *et.al.*(1991), dentro da família Asteraceae há um particular interesse pela tribo Vernonieae, pois o Brasil é reconhecido como um de seus principais centros de ocorrência. O gênero *Vernonia* Schreb destaca-se na tribo por ser o gênero com maior número de espécies, das quais aproximadamente 200 ocorrem no Brasil; e dentro deste gênero a espécie *Vernonia polyanthes* Less, conhecida popularmente por assa-peixe, cujas características taxonômicas destacam hábitos variados, incluindo principalmente pequenas ervas ou arbustos, perene, ereto, pouco ramificado, rizomatoso, de caules pubescentes de coloração acinzentada, 1-3 m de altura. Suas folhas são simples, curtamente pecioladas, lanceoladas de margem serrilhada, base atenuada e ápice agudo, possuem cerca de 10-24 cm de comprimento e 3 cm de largura (Foto 20)(LORENZI & MATOS, 2008).

FOTO 20 – Matrizes de *Vernonia polyanthes* na área de estudo. À esquerda no Polo Industrial e à direita na zona urbana.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 21 - Morfologia de folhas de *Vernonia polyanthes* Less (assapeixe)(Asteraceae) coletadas na área de estudo.



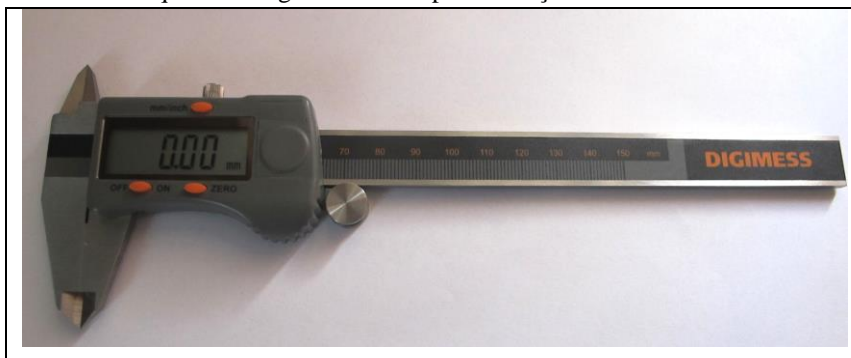
FONTE: da autora, janeiro de 2017.

Foram verificadas prováveis modificações no desenvolvimento da lâmina foliar, motivadas pela poluição atmosférica do meio e correlacionadas à Assimetria Flutuante.

Em cada ponto foram coletadas de forma aleatória 5 (cinco) amostras de folhas, denominadas réplicas, em cada um dos 7 (sete) indivíduos, totalizando 14 plantas e 35 folhas nas duas áreas, no período chuvoso, janeiro de 2017.

As folhas selecionadas foram aquelas completamente expandidas e sem sinais de herbivoria ou má formação. As amostras foram acondicionadas em saco plástico e em isopor com gelo, e levadas para realização de medidas a fresco das larguras direita e esquerda utilizando um paquímetro digital Digimess, precisão 0,1mm (Foto 22), sempre na maior largura da folha e a partir da nervura central (Foto 22). Após as medições, 35% das amostras, denominadas subréplicas, foram prensadas e secas em estufa a 60° C por 72 horas e novas medições foram realizadas para comparação e eliminação de erros. Para averiguar a possibilidade de influência de erros de medição no padrão observado, uma análise de correlação de Pearson (Quinn & Keough 2002) foi utilizada para testar a correlação entre a AF original e medida novamente. Todas as análises foram realizadas de acordo com Quinn & Keough (2002), considerando o nível de significância ($\alpha = 0,05$).

FOTO 22 - Paquímetro digital utilizado para medições de Assimetria Flutuante.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 23 - Medida da largura direita utilizando um paquímetro digital DigimeSS, precisão 0,1mm, na maior largura da folha e a partir da nervura central.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

3.3.5 Métodos Estatísticos utilizados para o cálculo de assimetria flutuante

Para calcular a Área Foliar (AF) e confirmar a assimetria flutuante foram utilizados dois índices, de acordo com Palmer & Strobeck (1986) que se refere ao módulo da diferença entre lado direito menos o lado esquerdo da folha. O índice 1 é o módulo da diferença entre lado direito menos o lado esquerdo. O índice 2 é utilizado para obter a influência do tamanho das folhas, sendo calculado como o índice 1 dividido pela média entre os dois lados.

O Índice 1 de assimetria flutuante foi então calculado conforme Palmer & Strobeck, 1986:

$$\text{Índice 1} = \sum L_D - L_E$$

N

Onde:

LD é o valor da largura do lado direito;

LE é o valor da largura do lado esquerdo;

N é o número de medidas tomadas;

A diferença absoluta do lado direito menos esquerdo é um bom estimador da variância de assimetria entre indivíduos assumindo-se que não há assimetria direcional (lado esquerdo ou direito consistentemente maior) ou antissimetria (ausência de simetria, mas em nenhuma direção em particular). O Índice 1 foi utilizado por ser o índice absoluto de assimetria flutuante e o mais intuitivo (Roy & Stanton 1999). Além disto, foi confirmada a não dependência da assimetria flutuante ao tamanho do caractere, através da análise de gráficos (LD – LE) versus tamanho (LD + LE /2), conforme recomendado por Palmer & Strobeck 1986.

Uma análise de correlação entre as amostras das duas áreas foi modelada por meio do teste de Mann-Whitney e a correlação entre lado direito (LD) e lado esquerdo (LE) de cada folha foi realizado pelo teste T.

O teste de Mann-Whitney é um teste não paramétrico, aplicado a duas amostras independentes, indicado para comparação de dois grupos não pareados para se verificar se pertencem ou não à mesma população, ou seja, verificar se há evidências para acreditar que valores de um grupo A são superiores aos valores do grupo B.

Padrões verdadeiros de AF são identificados quando os valores da diferença entre os lados direito e esquerdo (LD-LE) possuem distribuição normal e valor médio que não difere significativamente de zero (MØLLER & SWADDLE, 1997). Com a finalidade de testar se o padrão de AF é verdadeiro, foi empregado o teste T para uma amostra. O teste T constitui um teste paramétrico utilizado quando a variância da população é desconhecida, utilizando-se o valor obtido, para o cálculo dessa estatística, da amostra coletada.

3.3.6 Metodologia para coleta de dados e elaboração de diagnóstico de qualidade de meio socioeconômico

No meio socioeconômico foram feitas coletas de dados sobre indicadores intraurbanos da Regional Petrovale em relação à cidade de Betim/MG, disponibilizados pela Secretaria Pública de Desenvolvimento Econômico e por meio da Organização Não Governamental Movimento Nossa Betim e em parceria com a Kairós Desenvolvimento Social, sobre o último levantamento realizado em 2013 e disponíveis em <http://nossabetim.org.br/indicadores/apresentacao.html>. Além disso, dados de qualidade de saúde referente foram coletados no Centro de Saúde Petrovale, especificamente sobre ocorrências de doenças respiratórias registradas no mesmo período de amostragem de dados do meio, e feita a correlação com prováveis motivações nos impactos ambientais locais.

Os indicadores selecionados para compor a matriz de biótopo foram classificados nas seguintes categorias e subcategorias a seguir, correlacionando com os impactos ambientais presentes na área urbana:

- Dimensão: Socioeconômica
- Tema: saúde/saneamento básico
- Indicadores:
 - domicílios sem rede de água;
 - domicílios sem coleta de lixo;
 - domicílios sem rede de esgotamento;
 - incidência de doenças respiratórias e efeitos da poluição atmosférica;
- Tema: economia
 - pobreza extrema;
 - domicílios com renda per capita até 1/4 de salário mínimo;
 - domicílios com renda per capita até 1/2 de salário mínimo;
- Tema: Educação
- Indicadores:
 - cobertura de creches na rede pública;
 - cobertura de pré-escola na rede pública;
 - reprovação no ensino médio na rede pública;
 - abandono no ensino médio na rede pública;

- distorção de idade no ensino médio na rede pública;
- analfabetismo na faixa de idade entre 0 e 14 anos;
- analfabetismo na faixa de idade de 15 anos ou mais;
- Tema: Habitação
- Indicadores:
 - residentes em domicílios subnormais;

3.3.7 Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico

Com a finalidade de caracterizar o uso e ocupação do solo da área de estudo foram selecionadas imagens da Regional Petrovale com auxílio dos *softwares* Google Earth Pro e ArcGis. Estas foram tratadas e submetidas ao *software* Erdas Imagine (2014).

Para realizar a classificação do Zoneamento Ecológico e Econômico da Regional Petrovale foram feitas consultas ao Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE_MG, 2012), ao Plano Diretor do Município de Betim - lei nº 4.574, de 02 de outubro de 2007, e visitas a campo.

Para a definição das classes foram consideradas as características particulares da área de estudo.

3.3.8 Método de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais

A primeira fase da pesquisa constou do levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) provenientes tanto do Núcleo Urbano quanto do Polo Industrial, segundo a metodologia de Sanchez (2014), por meio das seguintes etapas:

- Ad Hoc - elaboração de um diagnóstico ambiental inicial - descrição da área de estudo antes da coleta de dados;
- Overlay Mapping - elaboração de cartas temáticas por meio dos programas Erdas Imagine e ArcGis;
- Check List - elaboração do LAIA - Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais propriamente dito nos meios físico, biótico e sócio-econômico;
- Matriz de Interação - classificação dos aspectos e impactos ambientais identificados nos meios físico, biótico e socioeconômico, aqui representada pela Matriz de Biótopos elaborada segundo Oliveira Júnior (2011).

3.3.9 Metodologia para elaboração da matriz de biótopos

Para elaboração da Matriz de Biótopos foi adotada a metodologia de Oliveira Junior (2011), estruturada por dimensão, tema e indicadores, demonstrados a seguir.

DIMENSÃO AMBIENTAL:

- **Tema:** qualidade do ar;
- **Indicadores:**
 - Temperatura Ambiente (AT);
 - Umidade Relativa do AR (RH);
 - material particulado em 0,3 µm, 0,5 µm, 1,0 µm, 2,5 µm, 10,0 µm;
- **Tema:** qualidade do solo
- **Indicadores:**
 - Matéria Orgânica;
 - Carbono Orgânico;
 - pH em água;
 - Alumínio (Al⁺³);
 - Densidade;
 - Capacidade de Troca Catiônica;
 - Teor de Argila;
 - Teor de Silte;
 - Teor de Areia;
 - Densidade;
 - Macronutrientes (Ca, Mg, P, K);
 - Micronutrientes (Cu, Mn, Fe, Zn).
- **Tema: qualidade da água**
- **Indicadores:**
 - Oxigênio dissolvido;
 - Alcalinidade;
 - Amônia;
 - Condutividade Elétrica;
 - pH;
 - Cor verdadeira;

- Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- Óleos e graxas;
- Sólidos Suspensos;
- Sólidos dissolvidos totais;
- Turbidez;
- Coliformes totais.

- **Tema: Qualidade de Desenvolvimento Vegetal**

- **indicador:**

- Presença de Assimetria Flutuante no desenvolvimento da lâmina foliar Lado Direito;
- Presença de Assimetria Flutuante no desenvolvimento da lâmina foliar Lado Esquerdo;

DIMENSÃO SÓCIO-ECONÔMICA:

- **Tema:** saneamento básico

- **Indicadores:**

- domicílios sem rede de água;
- domicílios sem coleta de lixo;
- domicílios sem rede de esgotamento;

- **Tema:** saúde - - incidência de doenças respiratórias e efeitos da poluição atmosférica;

Indicadores:

- asma;
- alergias;
- bebê chorando/irritadiço;
- cefaleia;
- dispneia em adulto;
- dispneia em criança;
- problemas nos olhos;

- **Tema:** economia

- **Indicadores:**

- pobreza extrema;
- domicílios com renda per capita até 1/4 de salário mínimo;
- domicílios com renda per capita até 1/2 de salário mínimo;
- crianças que trabalham;
- número de domicílios atendidos pelo programa bolsa família;
- Deficientes com baixa renda sem benefícios;

- famílias beneficiárias de cesta básica;
- Benefício Prestação Continuada Idosos;

Tema: Educação

• **Indicadores:**

- cobertura de creches na rede pública;
- cobertura de pré-escola na rede pública;
- reprovação no ensino médio na rede pública;
- abandono no ensino médio na rede pública;
- distorção de idade no ensino médio na rede pública;
- analfabetismo na faixa de idade entre 0 e 14 anos;
- analfabetismo na faixa de idade de 15 anos ou mais;

• **Tema:** Habitação

• **Indicadores:**

- residentes em domicílios subnormais;
- residentes particulares permanentes;

▪ **Tema:** Violência

- Homicídios registrados por atestado de óbito
- Homicídio juvenil masculino;
- Crianças e adolescentes atendidos por violência física;
- Mulheres atendidas por violência física;
- Medidas socioeducativas em meio aberto;

Estes dados foram organizados na Matriz de Biótopos, segundo o Quadro 08 a seguir. A Matriz de Biótopos tem por finalidade apontar a classificação quanto ao Índice de Biótopos (IB), ou seja, permite classificar quanto às condições de qualidade de vida da população inserida na área de estudo. Assim, o IB de cada dimensão, e o final, são resultado do produto entre o Peso e o Impacto de cada indicador, e a amplitude da escala classificatória do Índice de Qualidade de Vida (IQV) varia de acordo com a escala adotada para os fatores de avaliação Peso e Impacto.

QUADRO 8 - Matriz de biótopos.

DIMENSÃO	Tema	Indicadores	Peso	Impacto	IB	
1.AMBIENTAL	Qualidade do Ar	Umidade Relativa do Ar				
		Temperatura				
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{0,3})				
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{0,5})				
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{1,0})				
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5})				
		Partículas Inaláveis Grossas (MP ₅)				
		Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀)				
					IB Parcial	
	Qualidade do Solo	Matéria Orgânica				
		pH em água				
		Carbono Orgânico				
		Alumínio (Al ⁺³)				
		Capacidade de Troca Catiônica				
		Teor de Argila				
		Teor de Silte				
		Teor de Areia				
		Densidade				
		Macronutrientes (Ca, Mg, P, K)				
		Micronutrientes (Cu, Mn, Fe, Zn)				
					IB Parcial	
	Qualidade da Água	Oxigênio dissolvido				
		Alcalinidade				
		pH				
		Amônia				
		Condutividade Elétrica				
		Cor verdadeira				
		Demanda Química de Oxigênio				
		Demanda Bioquímica de Oxigênio				
		Dureza				
		Nitrito				
		Nitrato				
		Óleos e Graxas				
Sólidos Suspensos						
Sólidos dissolvidos						
Turbidez						
Coliformes totais						

		IB Parcial			
	Qualidade vegetal	Desenvolvimento Foliar por Assimetria Flutuante Lado Direito			
		Desenvolvimento Foliar por Assimetria Flutuante Lado Esquerdo			
		IB Parcial			
		IB parcial Dimensão Ambiental			
2.SOCIAL	Saneamento básico	Domicílios sem rede de água			
		Domicílios sem coleta de lixo			
		Domicílios sem rede de esgotamento			
			IB Parcial		
	Saúde doenças causadas pela poluição atmosférica	Alergias			
		Asma			
		Bebê chorando/irritadiço			
		Cefaleia			
		Dispneia em adulto			
		Dispneia em criança			
		Problemas nos olhos			
			IB Parcial		
	Habitação	Residentes em domicílios subnormais			
		Domicílios particulares permanentes			
			IB Parcial		
	Educação	Cobertura de creches na rede pública			
		Cobertura de pré-escola na rede pública			
Reprovação no ensino médio na rede pública					
Abandono no ensino médio na rede pública					
Distorção de idade no ensino médio na rede pública					
Analfabetismo na faixa de idade entre 0 e 14 anos					
Analfabetismo na faixa de idade de 15 anos ou mais					
		IB Parcial			
Violência	Homicídios registrados por atestado de óbito				
	Homicídio juvenil masculino				
	Crianças e adolescentes atendidos por violência física				
	Mulheres atendidas por violência física				

		Medidas socioeducativas em meio aberto			
		IB Parcial			
		IB parcial Dimensão Social			
3. ECONÔMICA	Renda	Pobreza extrema			
		Domicílios com renda per capita até 1/4 de salário mínimo			
		Domicílios com renda per capita até 1/2 de salário mínimo			
		Crianças que trabalham			
		Número de domicílios atendidos pelo Programa Bolsa Família			
		Deficientes com Baixa Renda Sem Benefícios			
		Famílias beneficiárias de cesta básica			
		Benefício Prestação Continuada Idosos			
			IB Parcial		
			IB parcial Dimensão Econômica		
			IB FINAL		

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

Segundo Bossel (1999), para melhor avaliação dos biótopos de uma determinada área é necessário uma gama de informações acerca das distintas dimensões (econômicas, sociais, e ambientais). Torna-se necessário, portanto, selecionar indicadores que traduzam o *status quo* do sistema de avaliação, interligando os aspectos das diversas dimensões frente à sua complexa interação (DAHL, 1908).

A relação direta entre os diversos indicadores que compõem um sistema frente à demanda socioeconômica refletem em sua dinâmica, a necessidade de critérios para promoção da Qualidade de Vida de um determinado local. Hardi e Barg (1997) afirmam as diversas

razões para se mensurar tal aspecto, desde o uso racional de recursos naturais até gestão pública mais eficiente.

A interação de cada dimensão com os respectivos indicadores resultou em um índice de biótopos (IB) parcial. Para que esse IB parcial fosse encontrado, foi multiplicado o peso de cada indicador com o seu impacto ao meio ambiente, sendo que o resultado seguiu a norma padrão de arredondamento.

O fator de avaliação Peso (P) do impacto (I) utilizado para correlacionar os elementos da matriz representa a importância de determinado indicador no contexto de análise. O Peso correspondeu à magnitude e severidade do impacto sobre o indicador na área avaliada, sendo que a atribuição do valor do peso (P) De cada indicador foi obtido de acordo com informações visualizadas em campo e a partir dos resultados das amostragens dos recursos naturais coletados (ar, água, solo, folhas), e de dados sociais e econômicos obtidos em bancos de dados da Prefeitura Municipal de Betim e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Neste trabalho, a variação do peso (P) foi estipulada entre 1 e 5 ($1 < \text{peso} < 5$), correspondendo à magnitude e severidade do impacto sobre o indicador na área avaliada, de acordo com a descrição do Quadro 09 a seguir, onde 1 representa a baixa existência do indicador e 5, a existência mais significativa.

QUADRO 09 – Classificação quanto à importância dos indicadores.

PESO	CLASSIFICAÇÃO QUANTO À IMPORTÂNCIA DO INDICADOR	DESCRIÇÃO
5	MUITO ALTA	O indicador presente na área de estudo contribui de maneira eficiente, apresentando forte aderência com os demais indicadores.
4	ALTA	O indicador presente na área de estudo contribui de maneira eficiente, apresentando alta aderência com os demais indicadores.
3	MÉDIA	O indicador presente na área de estudo contribui de maneira eficiente, apresentando média aderência com os demais indicadores.
2	BAIXA	O indicador presente na área de estudo não contribui de maneira eficiente, apresentando baixa aderência com os demais indicadores.
1	INEXISTE/NULO	O indicador presente na área de estudo não contribui de maneira eficiente, não apresentando aderência com os demais indicadores.

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

O fator de avaliação impacto representa o quanto determinado indicador encontra-se impactado, alterado, ou comprometido.

Neste trabalho o impacto variou de 1 a 3, de acordo com o grau de importância do impacto sobre o indicador, onde 1 representa a baixa importância do impacto sobre o indicador, e 3 a alta importância do impacto sobre o indicador. A descrição dos impactos foi demonstrada no Quadro 10 a seguir, com base na escala de SANCHEZ (2014) e adaptada por OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

QUADRO 10 – Classificação quanto ao impacto sobre os indicadores.

PESO	CLASSIFICAÇÃO QUANTO À IMPORTÂNCIA	DESCRIÇÃO
1	IMPACTO BAIXO OU NULO	O indicador presente na área de estudo não sofre qualquer tipo de impacto ou este é insignificante.
2	IMPACTO MÉDIO	O indicador presente na área de estudo sofre impacto de importância mediana.
3	IMPACTO ALTO	O indicador presente na área de estudo sofre alta influência do impacto.

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

O resultado da interação entre peso e impacto (peso x impacto) gerou um valor denominado Índice de Biótopo (IB), que retrata o Índice de Qualidade de Vida (IQV).

O IB é uma ferramenta para se avaliar o IQV. Neste trabalho foram adotados três tipos de classificação para IQV em função da amplitude da escala de IB assim dividida:

- Valores de IB que variam entre 0 e 5 indicam IQV desejável. Isto quer dizer que na área em estudo pode-se perceber boa qualidade de vida. Os indicadores exercem máxima capacidade funcional e os impactos sobre os mesmos são mínimos ou inexistentes.
- Valores de IB que variam entre 5 e 10 indicam IQV aceitável. Neste caso, alguns indicadores já sofrem algum tipo de impacto ambiental sobre sua capacidade funcional ecossistêmica comprometendo parcialmente os benefícios que os serviços ambientais podem prover o bem-estar humano. Da mesma forma, alguns indicadores já sofrem algum tipo de impacto socioeconômico sobre sua capacidade funcional, comprometendo parcialmente os benefícios que proporcionam ao bem-estar humano.
 - Valores de IB que variam entre 10 a 15 indicam IQV indesejável. Esta classificação indica que grande parte dos indicadores encontra-se de algum modo comprometido, intervindo ou impedindo a qualidade de vida. Os indicadores ambientais contribuem pouco ou quase nada com benesses para o bem-estar humano, o que também é retratado nos indicadores sociais e econômicos, que podem até contribuir para prejudicar a qualidade de vida no local.

Quanto menor o valor de IB maior o IQV e melhor a condição para cada um de seus indicadores. As fórmulas utilizadas para os cálculos foram detalhadas a seguir:

$$IB = \text{peso} \times \text{impacto}$$

$$\downarrow IB = \uparrow IQV$$

A escala de parâmetros utilizada para verificação dos resultados do somatório de IB (ΣIB) encontra-se na Figura 15 a seguir:

FIGURA 15 – Classificação do Índice de Qualidade de Vida de acordo com o IB.



FONTE: OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

De acordo com escala acima, os resultados obtidos por meio da interação entre o IB e o IQV indicam se o local avaliado permite boa qualidade de vida ou se é necessária a intervenção para minimizar os impactos identificados por meio de medidas mitigadoras. Dessa forma, permite a elaboração de um diagnóstico de forma rápida, abordando resultados necessários às políticas públicas de órgãos gestores responsáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Análise de indicadores de poluição atmosférica e qualidade do ar

A legislação brasileira que trata da qualidade do ar, Resolução CONAMA 03/90 (BRASIL,1990), estabeleceu os parâmetros de avaliação (Quadro 09), que foram selecionados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), em 2011, para classificação de níveis de qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) (Quadro 11)(Figura 16).

QUADRO 11 - Parâmetros de avaliação de qualidade do ar segundo a Resolução CONAMA 03/90.

PARÂMETROS
PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM ₁₀)
DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO ₂)
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
DIOXIDO DE NITROGENIO (NO ₂)

FONTE : MMA (1990).

FIGURA 16 - Classificação de níveis de qualidade do ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Boa	0-50	0-50	0-4,5	0-100	0-80
Regular	51-100	50-150	4,5-9	100-320	80-365
Inadequada	101-150	150-200	9-12	320-720	365-576
	151-199	200-250	12-15	720-1130	576-800
Má	200-250	250-350	15-22	1130-1690	800-1200
	251-299	350-420	22-30	1690-2260	1200-1600
Péssima	>299	>420	>30	>2260	>1600

FONTE: FEAM (2011).

Como resultado da busca por análises de qualidade do ar na Regional Petrovale já publicadas, por meio de Revisão Sistemática, em 2003, Yuh Liu *et.al.* publicaram dados

coletados de 1995 a 1999, que de acordo com o sistema de classificação FEAM foram definidos segundo os Quadros 12 e 13 a seguir.

QUADRO 12 - Classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale a partir dos dados de poluição atmosférica coletados em estações de monitoramento em 1995.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	40,9
Regular		
Inadequada		
Má		
Péssima		

QUADRO 13 - Classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale a partir da média dos dados de poluição atmosférica coletados em estações de monitoramento de 1996 a 1997 (boa) e de 1998 a 1999 (regular).

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	41,4
Regular	51-100	89,9
Inadequada	101-150	
	151-199	
Má	200-250	
	251-299	
Péssima	>299	

FONTE: Yuh Liu *et.al* (2003). Aadaptado de FEAM, 2011.

Em 1995 foi possível classificar a qualidade do ar em boa, uma vez que as Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) estiveram dentro dos padrões estipulados pela FEAM. Já no período de 1996 e 1997 a qualidade também foi classificada como boa e o percentual de partículas estava dentro dos limites estipulados.

De 1998 a 2000, os resultados do monitoramento mostraram a prevalência das categorias "regular" e "Péssima" para classificação da qualidade do ar, com ultrapassagens de médias para padrão diário de MP₁₀, indicando, neste período, níveis elevados de poluição por PM-10, as piores condições registradas. Este fato pode ser creditado às emissões de particulados provenientes do desenvolvimento intensificado do Polo Petroquímico presente na Regional nesta época de economia aquecida (Quadro 14).

Entre 2001 e 2003 a tendência foi revertida, não tendo sido registrada nenhuma ultrapassagem, com medições iguais a zero (Quadro 15). Este fenômeno pode ser explicado pelo fato de as emissões não terem ultrapassado os valores estipulados pela legislação, ou até mesmo terem sido muito baixas a ponto de não possuírem significância para registro em

trabalho e/ou relatórios. Entretanto, estes registros de baixas emissões podem ter indicado falsa classificação de boa qualidade do ar diante de outros históricos.

QUADRO 14 - Classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale a partir dos dados de poluição atmosférica coletados em estações de monitoramento em 2000.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	
Regular	51-100	
Inadequada	101-150	
	151-199	
Má	200-250	
	251-299	
Péssima	>299	2610

QUADRO 15 - Classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale a partir da média dos dados de poluição atmosférica coletados em estações de monitoramento entre 2001 e

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	0
Regular	51-100	
Inadequada	101-150	
	151-199	
Má	200-250	
	251-299	
Péssima	>299	

FONTE: Yuh Liu *et.al* (2003); adaptado de FEAM (2011). *Dados zerados podem ser explicados pelo fato de as emissões não terem ultrapassado os valores estipulados pela legislação, ou até mesmo terem sido muito baixas a ponto de não possuírem significância para registro em trabalho e/ou relatórios.

De 2009 a 2010, a própria Fundação Estadual de Meio Ambiente divulgou em seus relatórios os índices de poluição atmosférica recebidos em relatórios internos, sendo possível classificar a qualidade do ar em inadequada, uma vez que o percentual de MP₁₀ atingiu altos índices (Quadro 16).

QUADRO 16 - Classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale a partir da média dos dados de poluição atmosférica coletados em estações de monitoramento entre 2009 e 2010.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa		
Regular		
Inadequada	101-150	150
	151-199	
Má		
Péssima		

FONTE: FEAM (2010); adaptado de FEAM (2011).

Em medições realizadas *in loco*, sendo o Ponto 01 no Polo industrial (19°59'15.35"S e 44°05'56.82" W, 816m de elevação) e o Ponto 02 no Bairro Petrovale (19°59'52.34"S e 44°07'00.48"W, 813m de elevação), no período de seca, no mês de julho de 2016, foram coletados e avaliados somente dados de Material Particulado, sendo de Partículas Inaláveis Grossas (MP_{10 µm}) e Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5 µm}). Foi possível classificar a qualidade do ar em uma adaptação aos padrões estabelecidos pela FEAM, demonstrados no Quadro 15 e Gráfico 01, para valores coletados no Polo Industrial, e no Quadro 17 e Gráfico 02, para valores coletados no Bairro Petrovale.

QUADRO 17 - Classificação da qualidade do ar no Polo Industrial da Regional Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados *in loco*, em julho de 2016.

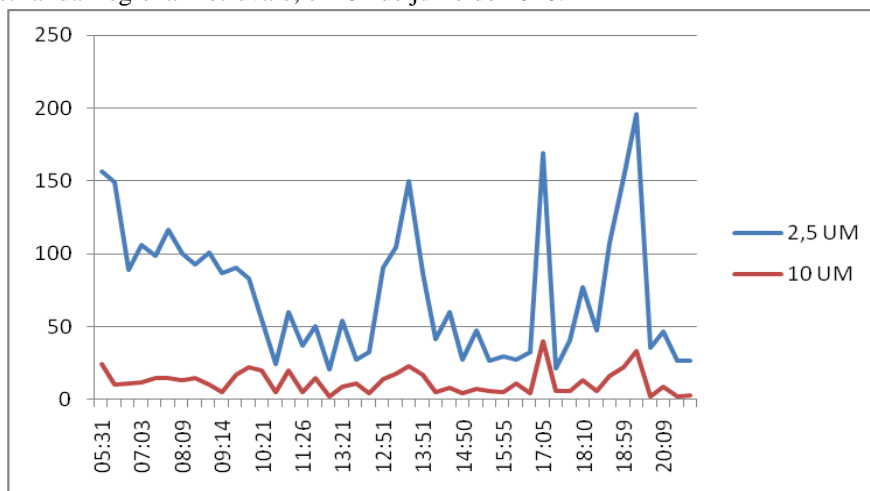
Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	40
Regular	51-100	
Inadequada	101-150	
	151-199	
Má	200-250	
	251-299	
Péssima	>299	

QUADRO 18 - Classificação da qualidade do ar no Bairro Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados *in loco*, em julho de 2016.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	
Regular	51-100	95
Inadequada	101-150	
	151-199	
Má	200-250	
	251-299	
Péssima	>299	

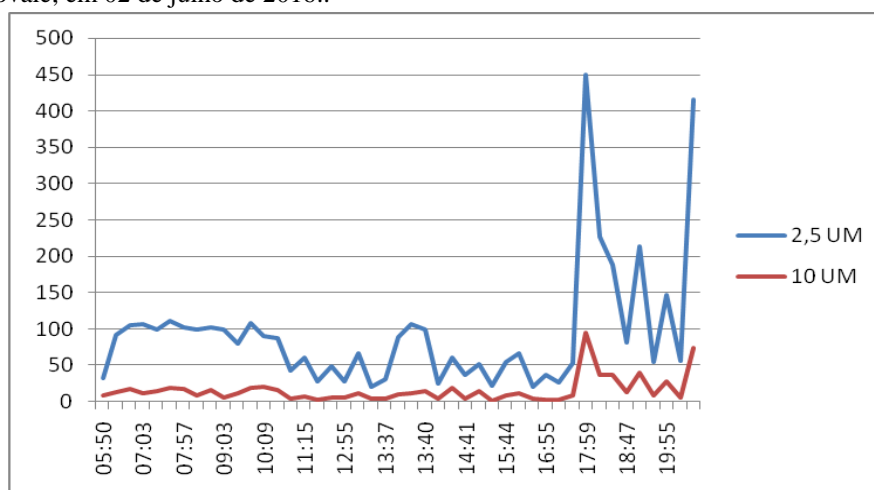
FONTE: da autor e adaptado de FEAM (2011).

GRÁFICO 1 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, em 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

GRAFICO 2 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) no Bairro Petrovale, em 02 de julho de 2016..

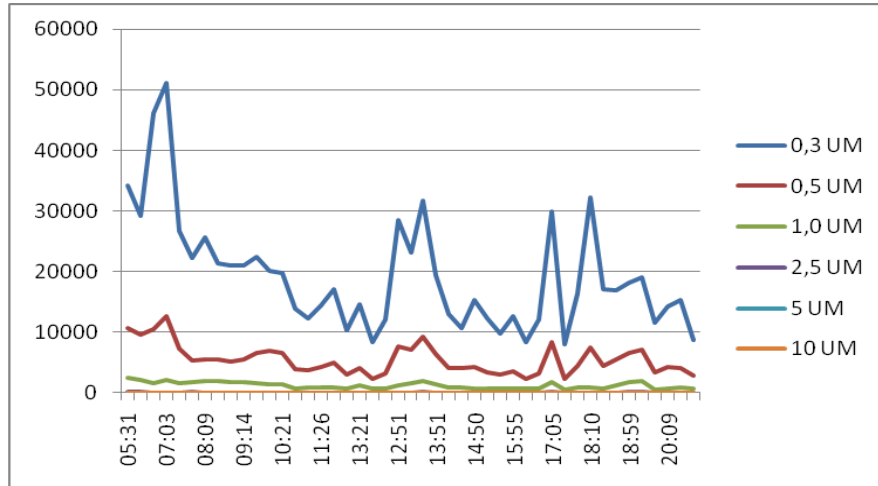


FONTE: da autora, julho de 2016.

Com relação às medições realizadas por meio de Partículas Inaláveis Finas nas dimensões 0,3 µm, 0,5µm, 1µm e 5µm, foi possível perceber que quanto menor o diâmetro maiores as taxas de dispersão e concentração das partículas na atmosfera, e que os períodos de maiores picos de dispersão foram entre os horários de 13:00-14:00 e 17:00-18:00. Ainda, os percentuais de emissões das partículas com menor diâmetro (0,3µm) se mostraram mais elevados no Bairro Petrovale em relação ao Polo Industrial, o que compromete a qualidade do ar e corrobora a classificação anterior. A dispersão e concentração em número de partículas

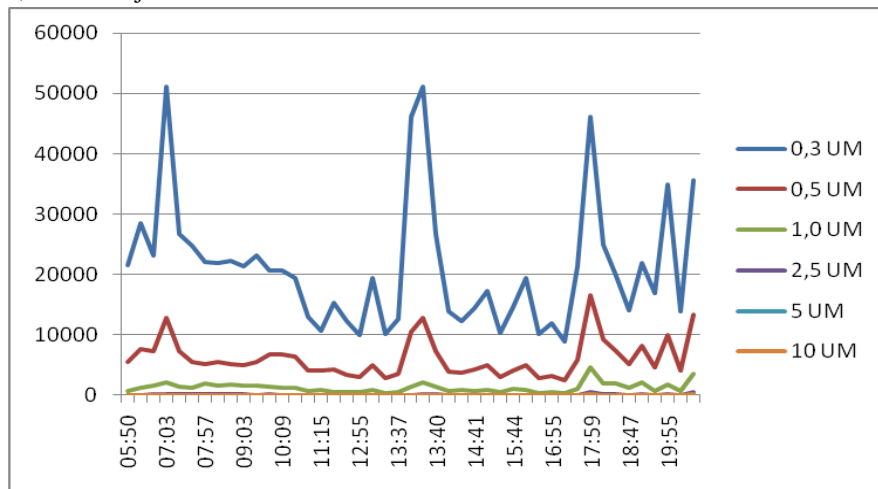
no Polo Industrial e no Bairro Petrovale em julho de 2016, incluindo as dimensões 2,5µm e 10µm, foram demonstrados nos Gráficos 03 e 04 a seguir.

GRÁFICO 3 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Polo Industrial da Regional Petrovale, em 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

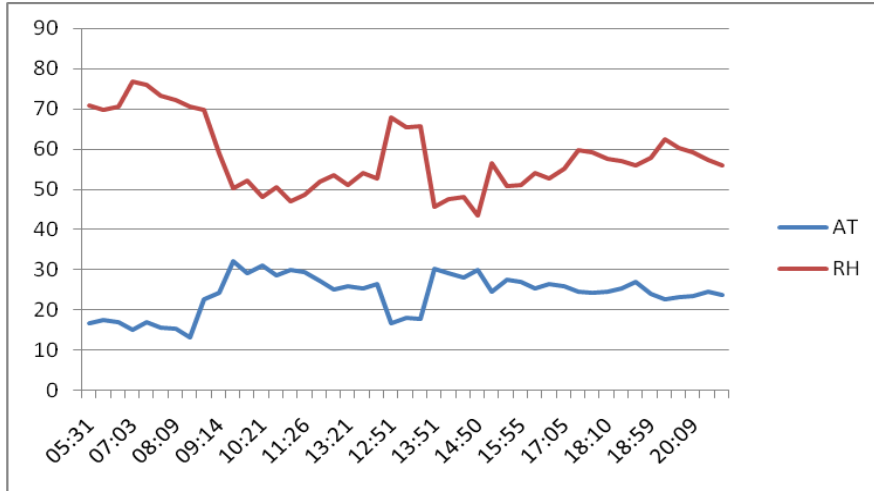
GRÁFICO 4- Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Bairro Petrovale, em 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

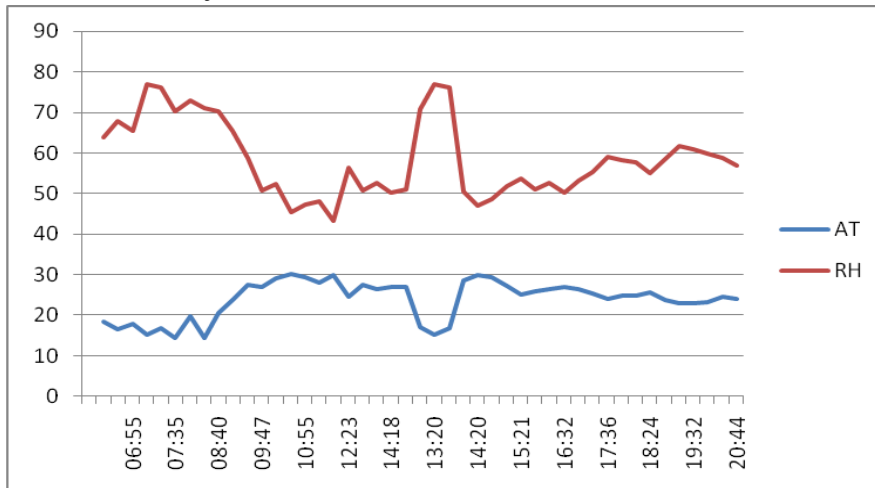
Para explicar as variações de concentração de partículas inaláveis, foram coletados dados de Temperatura Atmosférica (AT) e Umidade Relativa (RH), no Polo Industrial e no Bairro Petrovale durante a estação seca, e gerados os gráficos 05 e 06 a seguir.

GRÁFICO 5 -- Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação seca, no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

GRÁFICO 6 -Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação seca, no Bairro Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.

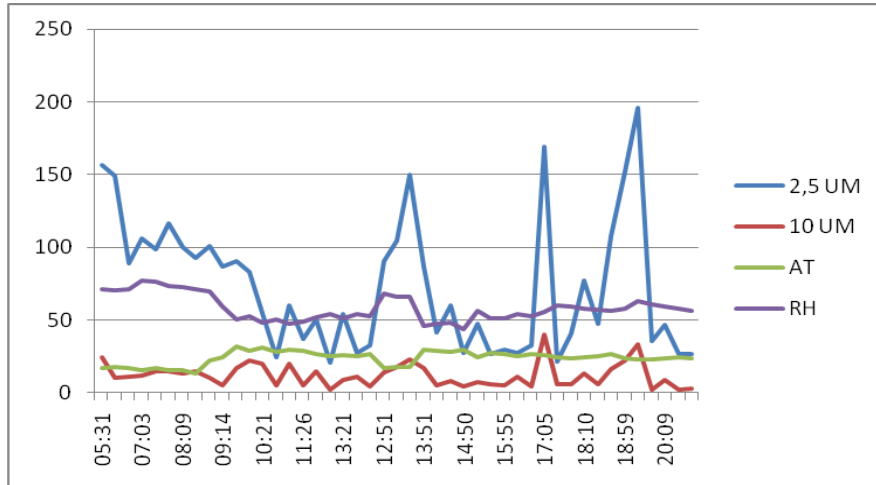


FONTE: da autora, julho de 2016.

Apesar das variações de temperatura serem próximas às duas áreas, os valores mais altos de umidade relativa do ar foram apresentados no Bairro Petrovale, o que justifica as maiores concentrações de Partículas inaláveis finas devido à solubilização no vapor d'água atmosférico. Ainda, no horário de 17:05 há a inversão do vento e às 18:59 a dissipação e

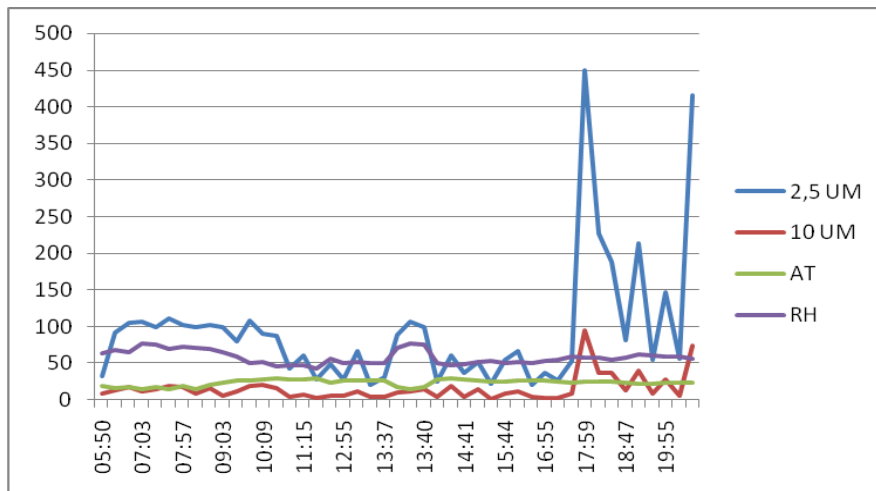
desaparecimento da Camada Limite Planetária (CLP) (Gráficos 07 e 08). Essa relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP_{10 μm}) e finas (MP_{2,5 μm}) foram demonstradas nos Gráficos 07 (Polo industrial) e 08 (Bairro Petrovale) a seguir.

GRÁFICO 7 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP10) e finas (MP2,5) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

GRÁFICO 8 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (AT) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP_{10 μm}) e finas (MP_{2,5 μm}) no Bairro Petrovale, no dia 02 de julho de 2016.



FONTE: da autora, julho de 2016.

A elevação da temperatura ao longo do dia aquece a superfície terrestre, aquecendo também o ar acima dela, mesmo com temperaturas mais baixas devido à estação seca. Como nesta época do ano os dias são claros e calmos, há um aquecimento suficiente para ocorrer a inversão térmica, onde o ar quente fica acima do ar frio em diferentes níveis da atmosfera, favorecendo a formação de ilhas de calor em ambas as áreas. Os gráficos demonstram nitidamente este efeito no período noturno.

Em medições realizadas *in loco* no mês de setembro de 2016, período intermediário entre as estações seca e chuvosa, foi possível classificar a qualidade do ar do Polo Industrial em boa para Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) e em má para Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) (Quadro 19, Gráfico 09). Já a qualidade do ar no Bairro Petrovale foi classificada em boa para Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) e inadequada para Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) (Quadro 20, Gráfico 10).

QUADRO 19 - Classificação da qualidade do ar no Polo Industrial da Regional Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados *in loco*, em setembro de 2016.

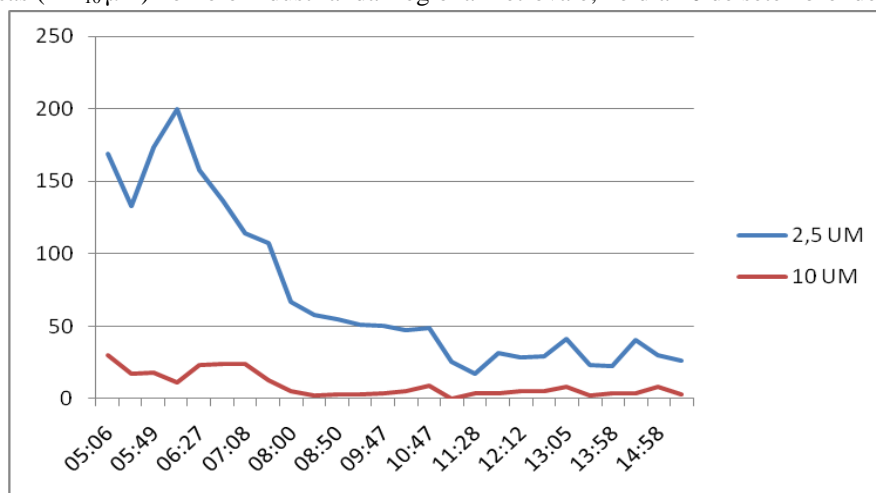
Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	40	
Regular	51-100		
Inadequada	101-150		
	151-199		
Má	200-250		200
	251-299		
Péssima	>299		

QUADRO 20 - Classificação da qualidade do ar no Bairro Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados *in loco*, em setembro de 2016.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0-50	38	
Regular	51-100		
Inadequada	101-150		188
	151-199		
Má	200-250		
	251-299		
Péssima	>299		

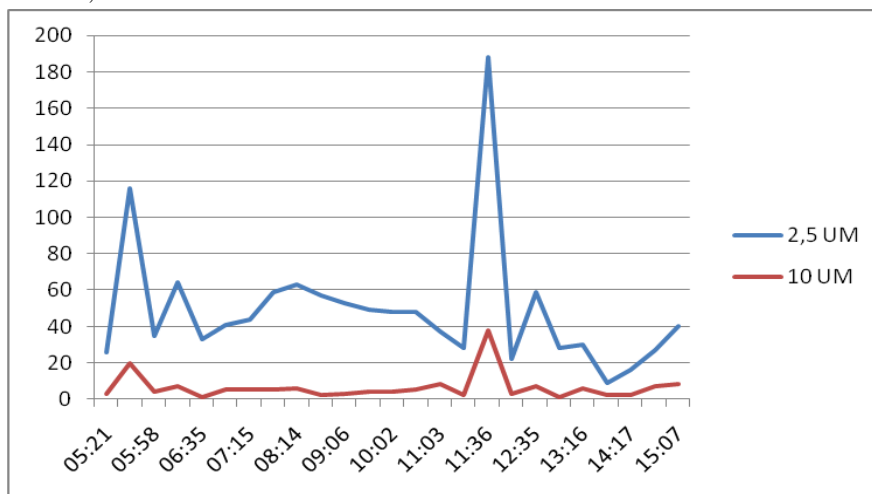
FONTE: adaptado de FEAM (2011).

GRÁFICO 9 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} μm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ μm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

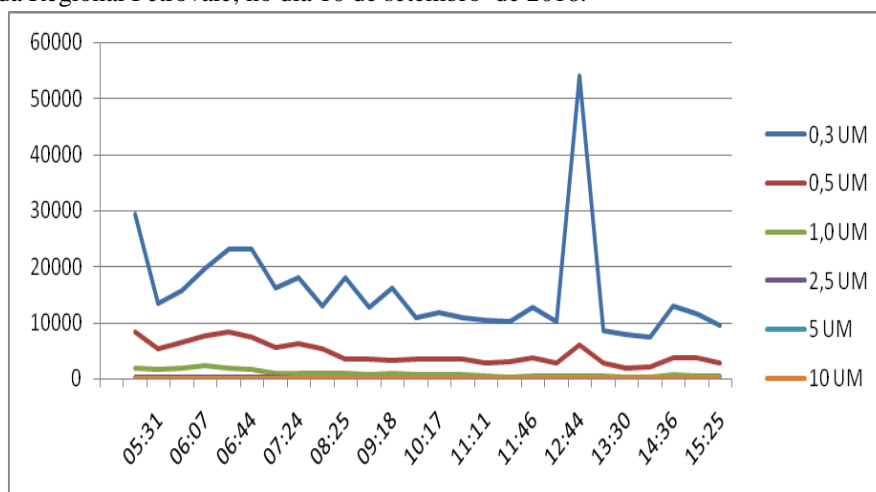
GRÁFICO 10 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) no Bairro Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

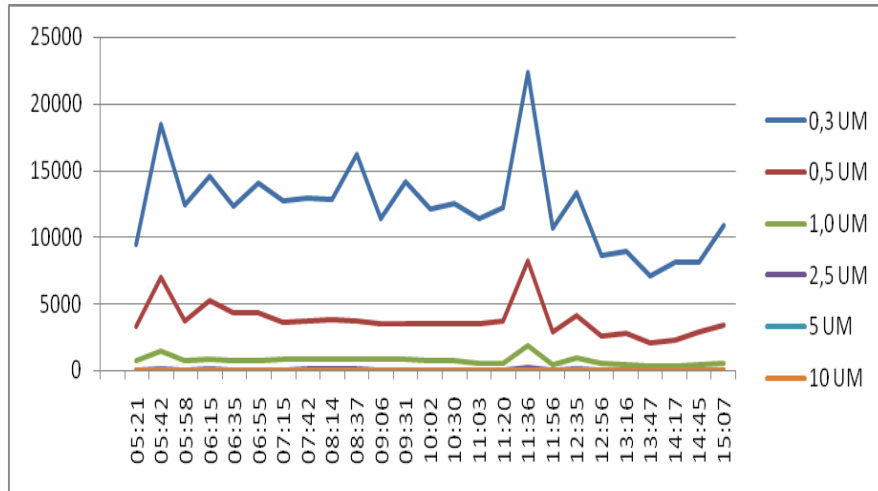
Com relação às medições realizadas por meio de Partículas Inaláveis Finas nas dimensões 0,3 µm, 0,5µm, 1µm e 5µm, também foi possível perceber que quanto menor o diâmetro maiores as taxas de dispersão e concentração das partículas na atmosfera, e estas estão em maior percentual no Bairro Petrovale, corroborando a classificação. A dispersão e concentração em número de partículas no Polo Industrial e no Bairro Petrovale em setembro de 2016, incluindo as dimensões 2,5µm e 10µm, foram demonstrados nos Gráficos 11 e 12 a seguir.

GRÁFICO 11 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Pólo Industrial da Regional Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

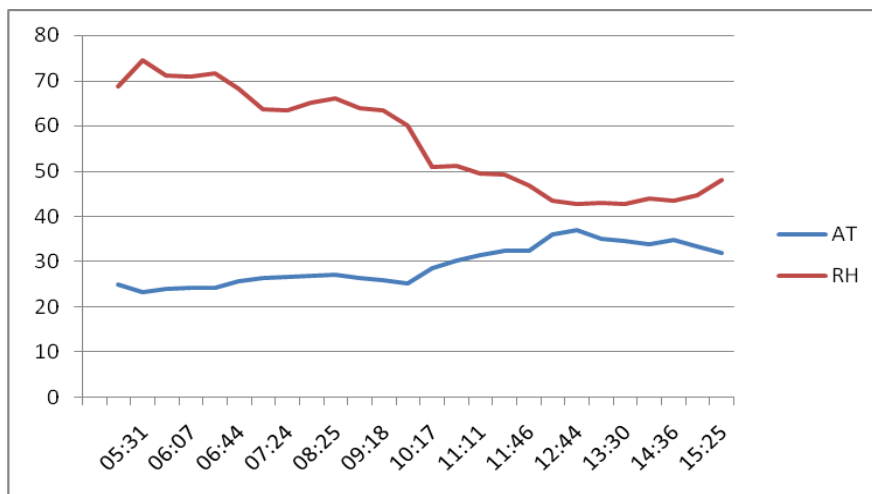
GRÁFICO 12 – Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Bairro Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

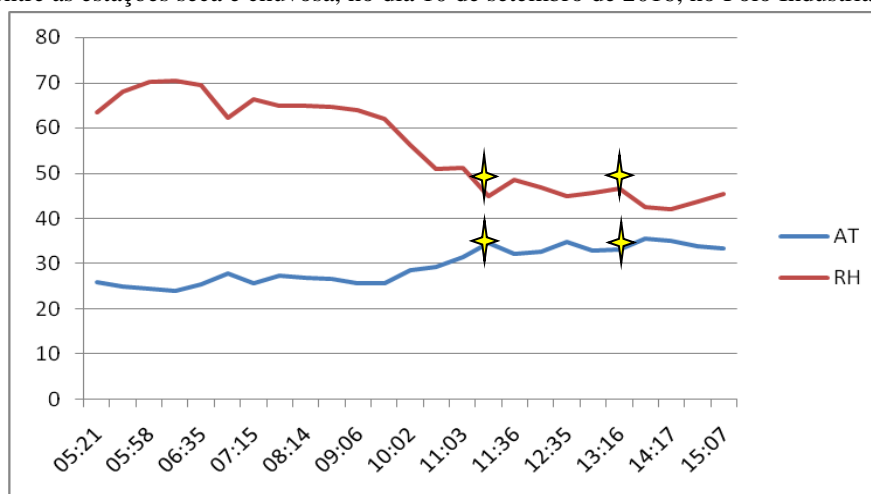
Para explicar as variações de concentração de partículas inaláveis, foram coletados dados de Temperatura Atmosférica (AT) e Umidade Relativa (RH), no Polo Industrial e no Bairro Petrovale, durante o período intermediário entre as estações seca e chuvosa, e gerados os gráficos 13 e 14 a seguir.

GRÁFICO 11 - Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) no período intermediário entre as estações seca e chuvosa, no dia 10 de setembro de 2016, no Polo Industrial da Regional Petrovale.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

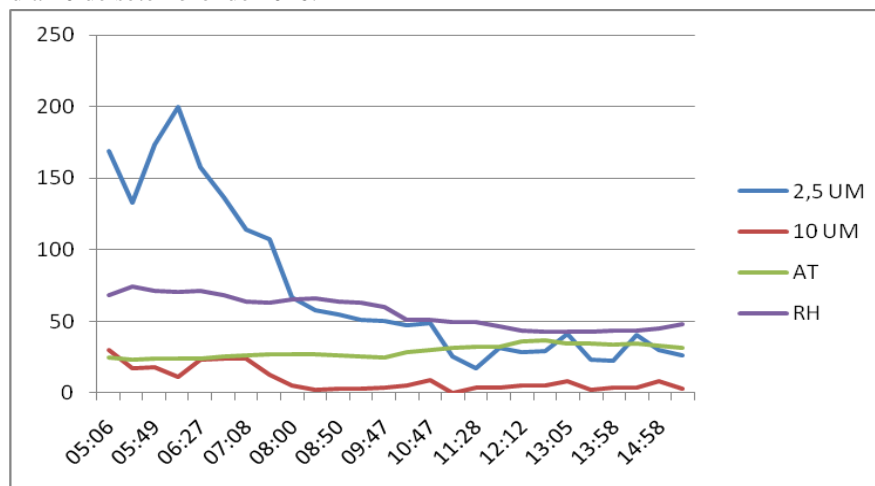
GRÁFICO 12 - Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) no período intermediário entre as estações seca e chuvosa, no dia 10 de setembro de 2016, no Polo Industrial.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

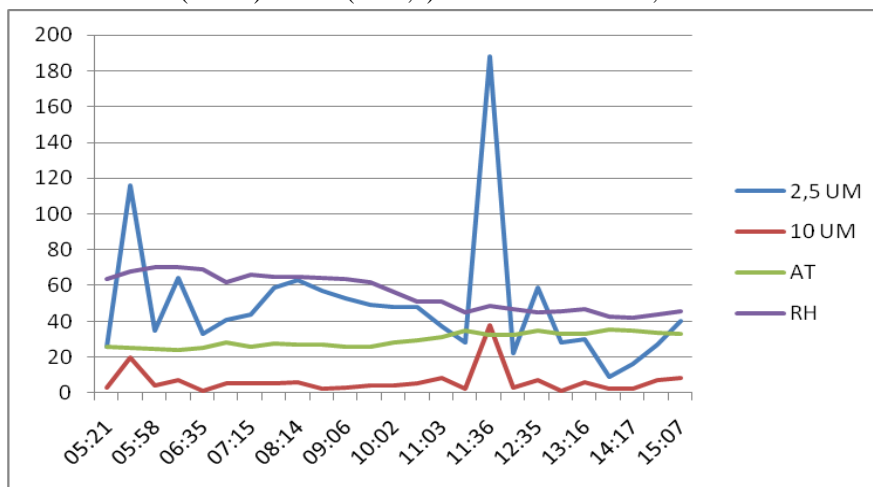
As variações de temperatura e umidade relativa do ar nas duas áreas apresentaram registros muito próximos, justificando as maiores concentrações de Partículas Inaláveis Finas no Bairro Petrovale. Relatórios publicados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente sobre a velocidade e direção dos ventos na Regional (FEAM, 2012) indicam a direção leste-nordeste, e velocidades médias entre 3,3m/s e 3,6m/s, o que pode justificar as maiores concentrações, considerando que o período é caracterizado pela maior incidência de ventos. Outra forma de justificar o fenômeno foi demonstrando a relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) e finas (MP_{2,5}), por meio dos Gráficos 15 (Polo industrial) e 16 (Bairro Petrovale) a seguir.

GRÁFICO 13 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (TA) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) e finas (MP_{2,5} µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

GRÁFICO 14 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (TA) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP10) e finas (MP2,5) no Bairro Petrovale, dia 10 de setembro de 2016.



FONTE: da autora, setembro de 2016.

Os picos de elevação de temperatura ao longo do dia e aquecimento a noite também explicam, junto à incidência de ventos, a concentração de poluentes no Bairro Petrovale, por meio da inversão térmica e das ilhas de calor. O pico compreendido entre os horários de 11:00 e 13:00 representa o feedback de radiação solar, com turbulência mecânica e turbulência térmica, já que neste caso a superfície reflete fortemente a radiação solar. O aquecimento vai provocar alguns processos que vão ampliar ainda mais o aquecimento, levando ao feedback positivo.

As medições realizadas *in loco* no mês de janeiro de 2017, período chuvoso, demonstraram resultados que originaram a classificação da qualidade do ar do Pólo Industrial em regular para Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀) e em inadequada para Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) (Quadro 21, Gráfico 17). Além disso, os picos de dispersão ocorreram entre os horários de 11:00 às 12:00 e 13:00 às 14:00. Já a qualidade do ar no Bairro Petrovale foi classificada em boa para Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) e má para Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} µm). Ainda, os picos de dispersão ocorreram nos horários de 17, 18 e 19 horas (Quadro 22, Gráfico 18).

QUADRO 21 - Classificação da qualidade do ar no Polo Industrial da Regional Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados in loco, em janeiro de 2017.

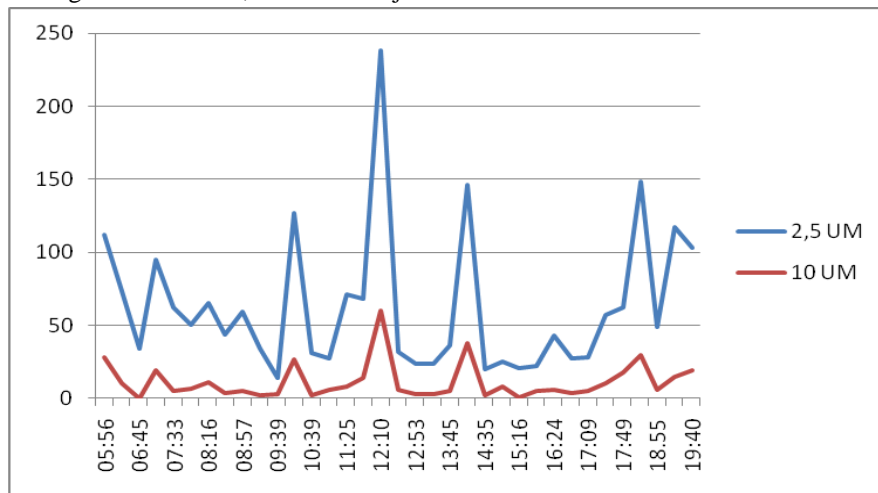
Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)
Boa	0-50		
Regular	51-100	60	
Inadequada	101-150		148
	151-199		
Má	200-250		
	251-299		
Péssima	>299		

QUADRO 22 - Classificação da qualidade do ar no Bairro Petrovale, a partir dos dados de poluição atmosférica coletados in loco, em janeiro de 2017.

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)
Boa	0-50	37	
Regular	51-100		
Inadequada	101-150		
	151-199		
Má	200-250		200
	251-299		
Péssima	>299		

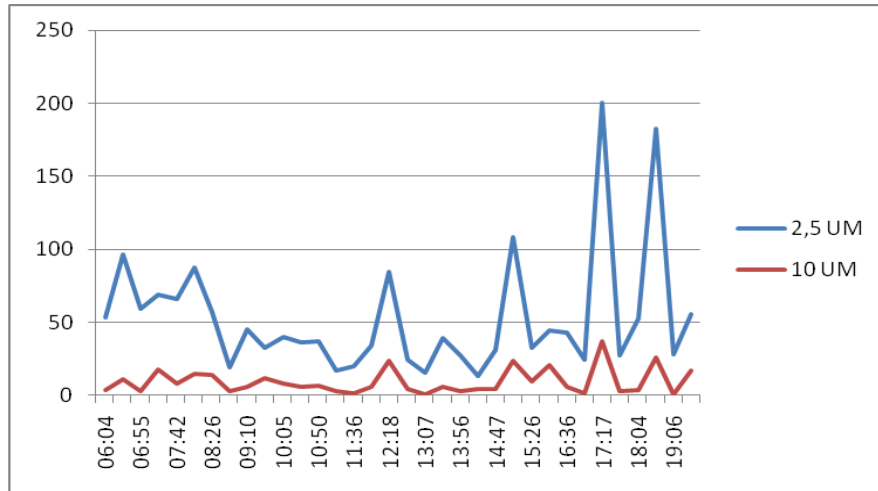
FONTE: adaptado de FEAM (2011).

GRÁFICO 15 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5} µm) e Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀ µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

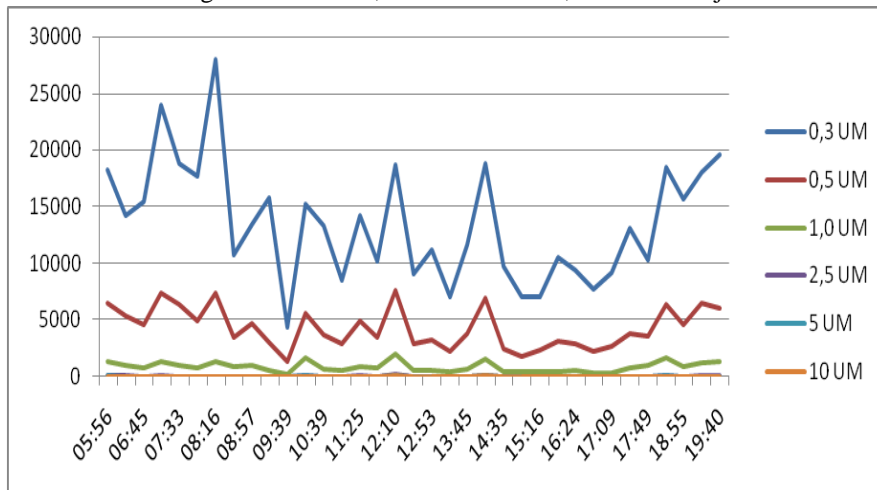
GRÁFICO 16 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas (MP2,5) e Partículas Inaláveis Grossas (MP10) no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

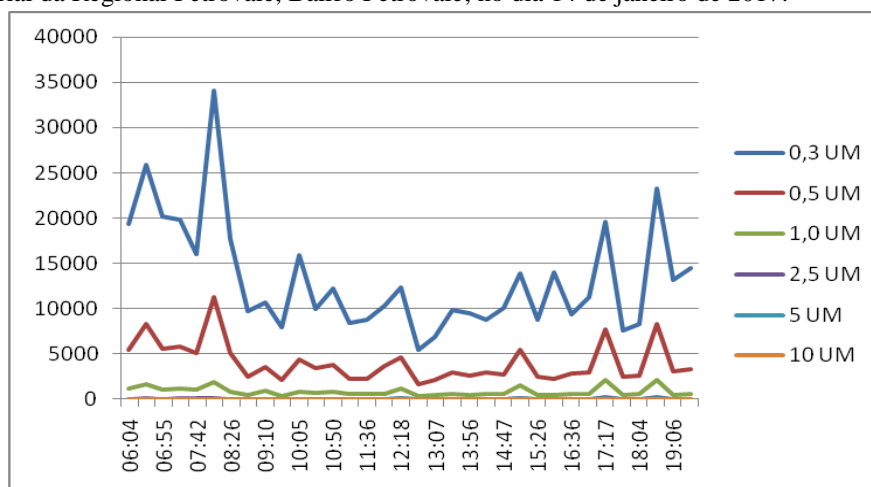
A dispersão e concentração em número de partículas no Polo Industrial e no Bairro Petrovale em janeiro de 2017, incluindo as dimensões 2,5μm e 10μm foram demonstrados nos Gráficos 19 e 20 a seguir. Os picos de dispersão

GRÁFICO 17 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3μm, 0,5μm, 1,0 μm, 2,5 μm e 10μm no Polo Industrial da Regional Petrovale, Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

GRÁFICO 18 - Incidência de Partículas Inaláveis Finas nos diâmetros 0,3µm, 0,5µm, 1,0 µm, 2,5 µm e 10µm no Polo Industrial da Regional Petrovale, Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.

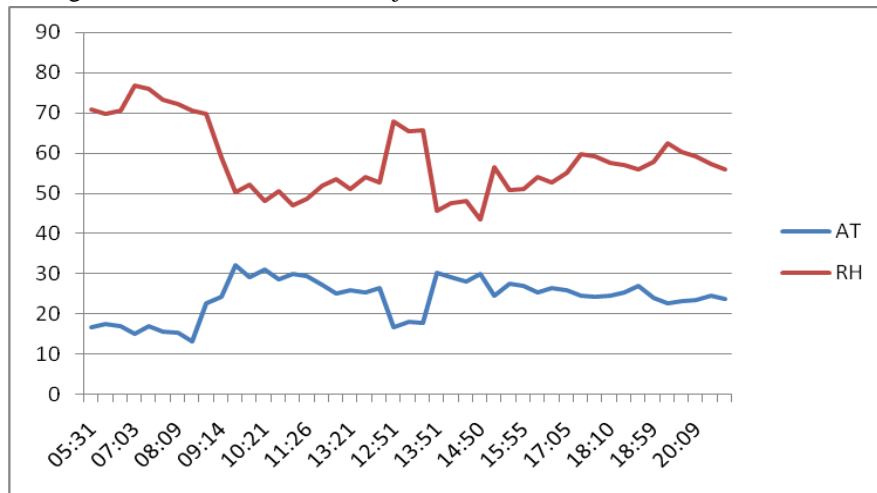


FONTE: da autora, setembro de 2016.

No Gráfico 20, foi possível identificar menor Camada Limite Planetária (CLP) entre os horários de 07:00 e 09:00 horas da manhã, no mês de setembro de 2016, e maiores índices de poluição entre 17:00 e 19:00 horas, que podem ser explicados pela influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Como já citado e segundo Vianelo (2012), a ASAS inibe a entrada de frentes, causando inversão térmica e concentração de poluentes em centros urbanos, corroborando os dados encontrados na Regional Petrovale.

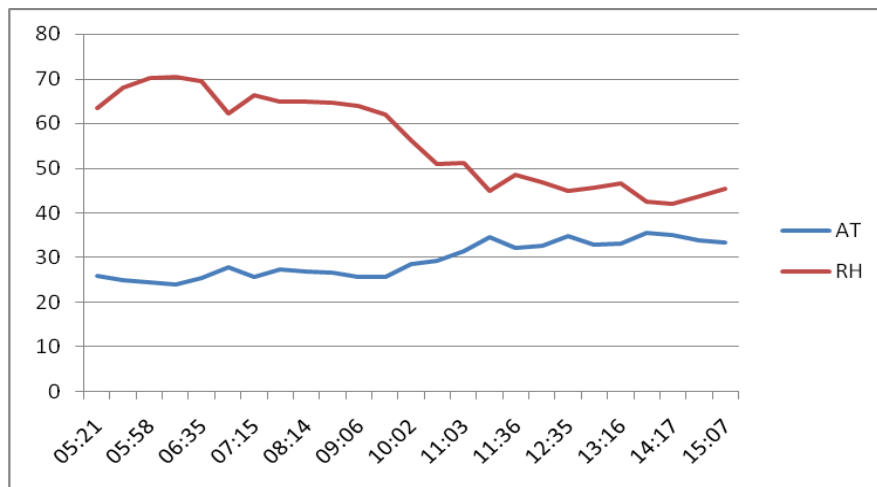
Para explicar as variações de concentração de partículas inaláveis, foram coletados dados de Temperatura Atmosférica (AT) e Umidade Relativa (RH). Durante a estação seca foram gerados os gráficos 21 e 22 a seguir.

GRÁFICO 19- Variação de temperatura atmosférica (AT) e umidade relativa do ar (RH) na estação chuvosa, no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2016.

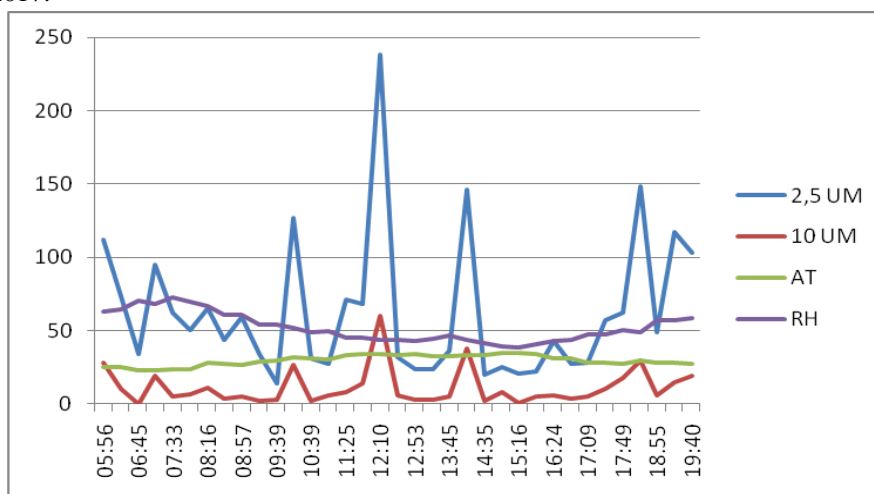
GRÁFICO 20 - Variação de temperatura e umidade relativa do ar na estação chuvosa, no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2016.

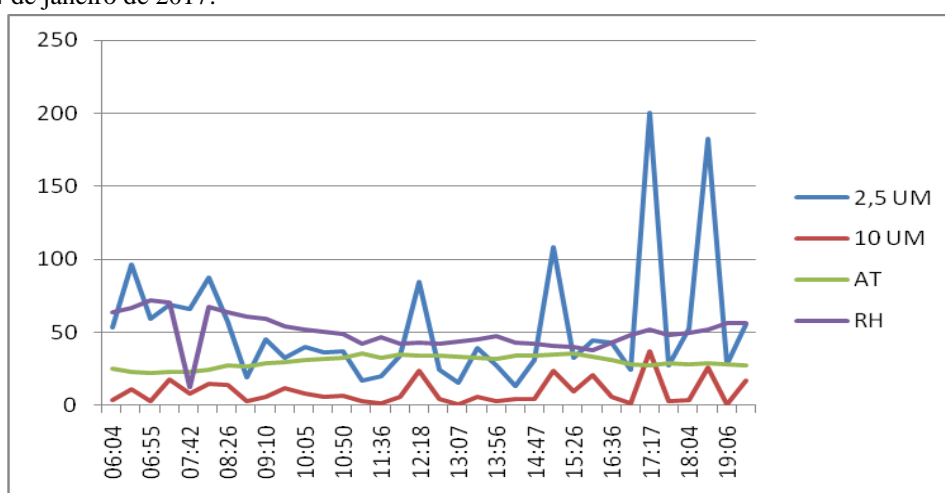
Ao contrário do padrão de distribuição e concentração em outras épocas do ano, nesta as maiores concentrações de poluentes foram identificadas no Polo Industrial. Este fato pode ser explicado devido à alta umidade relativa do ar nesta época, aumentando com isso a dissolução destas partículas no vapor d'água e maior concentração nas camadas atmosféricas mais próximas da superfície. Além disso, o fenômeno pode ser explicado pela relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP_{10} μm) e finas ($MP_{2,5}$ μm), Gráficos 23 (Polo industrial) e 24 (Bairro Petrovale) a seguir.

GRÁFICO 21 - Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica (AT) e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀µm) e finas (MP_{2,5}µm) no Polo Industrial da Regional Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2016

GRÁFICO 22 -Relação entre Umidade Relativa do Ar (RH), Temperatura Atmosférica e concentrações de Partículas Inaláveis Grossas (MP₁₀µm) e finas (MP_{2,5}µm) no Bairro Petrovale, no dia 14 de janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2016

4.2 Influência da poluição no crescimento vegetal

4.2.1 Aspectos visuais relacionados à influência da poluição na vegetação

De acordo com Lima (1980), os constituintes gerais da poluição do ar podem levar às lesões necróticas nas folhas por absorção de gases poluentes em doses elevadas em seu efeito agudo; destruição da clorofila e de carotenóides nas partes internervais das folhas, sendo o

resultado da absorção de doses elevadas ou da absorção de doses subletais durante um período prolongado em seu efeito crônico; crescimento lento; desfolhamento prematuro, etc. Ainda, em contato com o dióxido de enxofre (SO₂), as folhas podem apresentar tecidos castanho-avermelhados e lesões multicores ao longo das folhas - amarela, prata, bronze e negro no estado crônico.

Os aspectos visuais de amostras de folhas de *Vernonia polyanthes* coletadas no Polo Industrial (Fotos 24 a 27) e no Bairro Petrovale (Fotos 28 a 31), apresentaram resultados próximos aos descritos por Lima (1980), o que pode indicar que mesmo com maiores efeitos da dispersão da poluição atmosférica no Bairro Petrovale, os componentes ambientais da área de emissão, ou seja, do Polo Industrial, apresentaram problemas que podem estar relacionados à poluição.

FOTO 24 - clorose (em amarelo) no ápice da lâmina foliar e início de necrose (em marrom) na base da lâmina foliar.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 25 - clorose ao longo das nervações.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 26 - clorose e necrose ao longo da lâmina foliar



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 27 - lesão castanha-avermelhada na lâmina foliar.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 28 - lesão castanha-avermelhada em toda a lâmina foliar.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

FOTO 29- lesão castanha-avermelhada na base da lâmina foliar.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

4.2.2 Assimetria Flutuante

Os dados obtidos com as medições de lâmina foliar foram detalhados na Tabela 01 (ANEXO).

As análises realizadas com os dados da Tabela 01 demonstraram não haver correlação entre o índice 1 de assimetria e a largura total da folha. Já o índice 2 foi descartado uma vez que é obrigatório apenas quando há uma relação significativa entre o nível de AF e o tamanho da folha, ou seja, quando folhas maiores tem consistentemente maior nível de assimetria.

O índice 1 representou a média ($n= 5$ folhas) da diferença absoluta (ou seja, sem sinal de mais ou menos) entre a largura dos lados direito e esquerdo. Utilizando as pseudoréplicas (folhas) como unidades amostrais (uma vez que era necessário um N amostral alto, ou seja, $N=35$ por tratamento), foi identificada a assimetria direcional para o Lado Direito, ou seja, o lado direito das folhas é recorrentemente maior que o esquerdo, o que indica influência da poluição atmosférica no desenvolvimento da lâmina foliar.

Para a confirmação deste resultado, foi utilizado o teste T para uma amostra, que testa se os valores de LD-LE são significativamente diferentes de ZERO. Em ambas as áreas (área 1 e 2) esses valores de LD-LE são significativamente maiores que zero, conforme os resultados a seguir e Gráfico 25.

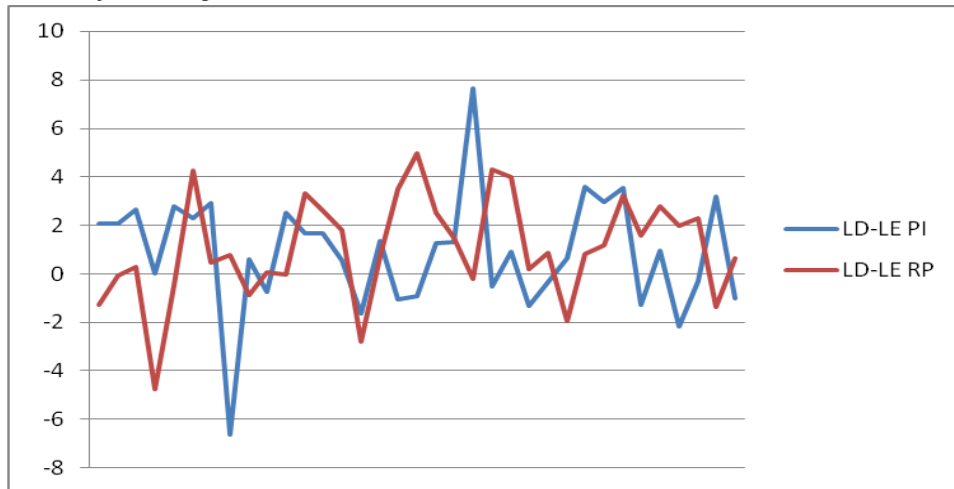
Área 1: Polo_Industrial

$t = 2,213$ ($p=0,034$)

Área 2: Bairro_Petrovale

$t = 2,121$ ($p=0,005$)

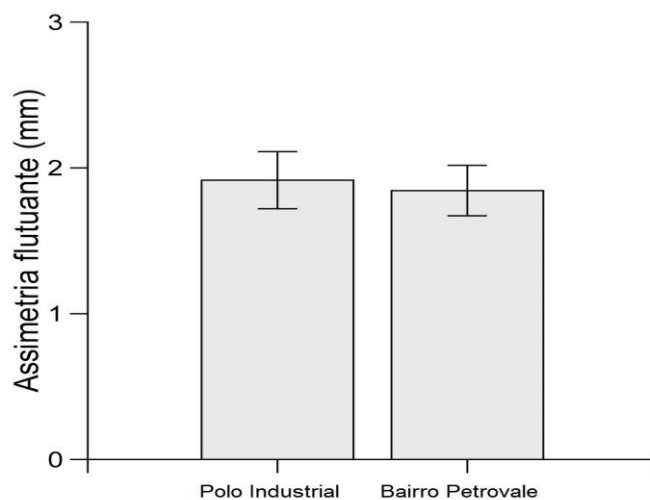
GRÁFICO 23 - Distribuição dos valores de diferença entre os lados direito (LD) e esquerdo (LE) de folhas de *Vernonia polyanthes* (Asteraceae) nas duas áreas avaliadas, sendo em azul a distribuição no Polo Industrial e em vermelho a distribuição na Região.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

Em relação à comparação do índice 1 de AF entre as duas áreas, o Gráfico 26 a seguir demonstra a média (barras) e o erro padrão (linhas verticais), com N amostral = 7 plantas matrizes.

GRÁFICO 24 - Valores de Assimetria Flutuante (AF) medidos em *Vernonia polyanthes* Less. (Asteraceae), nas áreas do Polo Industrial e Bairro Petrovale, Regional Petrovale, Betim, MG. As barras representam a média e a linha vertical o erro padrão (N = 7 plantas matrizes).



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

O teste de Mann-Whitney indicou que não há diferença significativa na AF entre as duas áreas:

Mann-Whitney U = 27,0 (p=0,749)

O valor de p é maior que 0,05, e por esse motivo as duas áreas não diferem em relação à AF.

Foi possível identificar um padrão de assimetria flutuante direcional para o Lado Direito, demonstrando que as folhas eram maiores em seu Lado Direito em relação ao Lado Esquerdo. O padrão observado não foi originado por erros de medição, mas por causas inerentes ao desenvolvimento das plantas nessas duas áreas, já que as diferenças ambientais em relação a ambientes preservados (níveis de poluição) foram comprovados por amostragens.

Fatores de estresse abióticos também têm sido relatados como causadores dos maiores níveis de AF em plantas e podem estar relacionados com esta diferença nas amostras coletadas em ambos os pontos da área de estudo.

O fato de o padrão de AF foliar ser verdadeiro nessa espécie faz com que esta represente um modelo de estudo com potencial para bioindicadora de qualidade ambiental. Tendo em vista que *Vernonia polyanthes* possui grande distribuição em áreas degradadas em processo de regeneração natural geral, argumentamos aqui que a avaliação da AF nessa planta poderá ser empregada como um instrumento de baixo custo para o biomonitoramento da qualidade ambiental.

4.3 Influência da poluição na saúde da população

De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde (OMS)(2015), cerca de três milhões de mortes por ano estão relacionadas à exposição à poluição do ar em ambientes externos (*outdoor*).

Noventa por cento dessas mortes acontece em decorrência de doenças não transmissíveis – particularmente, dentre outras, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e cânceres de pulmão. A poluição do ar também aumenta o risco de infecções respiratórias agudas.

Segundo relatórios da FEAM (2013), e corroborando com os dados da OMS, a exposição humana aos Materiais Particulados (MP) inaláveis de origem antropogênica

(origem em combustão, atividades industriais, condensação de outros poluentes) podem desencadear alergias respiratórias e ser vetor de outros poluentes carcinogênicos.

Na cidade de Betim, segundo dados da Secretaria de Saúde (BETIM, 2015), toda a população está exposta à poluição atmosférica, mas a parcela mais vulnerável está representada pelos idosos, crianças e doentes crônicos. No grupo de crianças com até 14 anos, as causas respiratórias representaram o principal motivo de internação, respondendo por mais de 50% das internações entre crianças de 1 a 4 anos de idade; 18% das crianças de 0 a 5 anos internadas apresentaram diagnóstico de pneumonia e/ou bronquite; crianças entre 6 e 8 anos residentes em Betim possuem maior prevalência de asma e rinite alérgica.

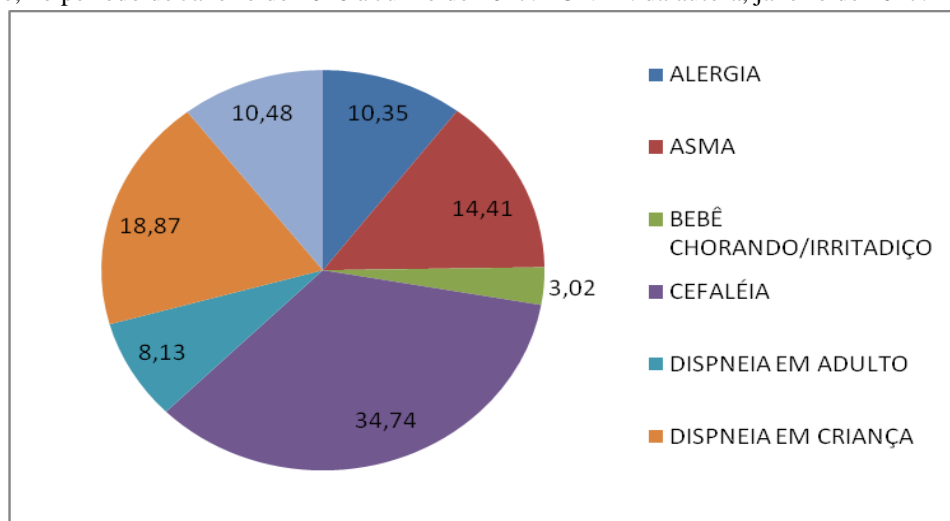
Na Regional, um levantamento realizado pela Unidade Básica de Saúde (UBS) Petrovale sobre os atendimentos referentes às doenças respiratórias e eventos relacionados, correspondente ao período de coleta de dados na Regional Petrovale (Janeiro de 2016 a Junho de 2017) pode ser resumido no Quadro 23, Gráfico 27 a seguir.

QUADRO 23- Atendimentos associados à poluição atmosférica na Unidade Básica de Saúde (UBS) Petrovale, no período de Janeiro de 2016 à Junho de 2017.

PERÍODO	JAN 2016 - JUN 2017	%
CAUSA		
ALERGIA	79	10,35
ASMA	110	14,41
BEBÊ CHORANDO/IRRITADIÇO	23	3,02
CEFALÉIA	265	34,74
DISPNEIA EM ADULTO	62	8,13
DISPNEIA EM CRIANÇA	144	18,87
PROBLEMAS NOS OLHOS	80	10,48
TOTAL	763	

FONTE: UBS Petrovale, junho de 2017.

GRÁFICO 25- % de atendimentos associados à poluição atmosférica na Unidade Básica de Saúde (UBS) Petrovale, no período de Janeiro de 2016 à Junho de 2017. FONTE: da autora, janeiro de 2017.



FONTE: da autora, janeiro de 2017.

Os atendimentos mais frequentes foram aqueles que poderiam ter as causas relacionadas à exposição à poluição atmosférica - doenças respiratórias (alergia e asma), dispneia em crianças e problema nos olhos. De acordo com o coordenador da unidade, parte dos atendimentos de pessoas com cefaleia poderiam estar associados à esta exposição, uma vez que são mais frequentes no período de seca e são acompanhados de relatos dos pacientes relacionando a esta causa.

Estes dados podem corroborar a classificação da qualidade do ar na Regional Petrovale e seus efeitos negativos na saúde da população.

4.4 Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade da água no Córrego Pintado

Por meio das amostras analisadas do Córrego Pintado, coletadas no Polo Industrial e no Bairro Petrovale na estação seca (julho de 2016), foram obtidos os resultados presentes no Quadro 24 a seguir.

QUADRO 24 - Resultados das análises das amostras coletadas no Polo Industrial da Regional Petrovale e no Bairro Petrovale, Betim, MG, durante a estação seca (julho de 2016).

PARÂMETRO	RESULTADO POLO INDUSTRIAL	RESULTADO BAIRRO PETROVALE
Alcalinidade	102	74,8
Amônia	0,23	<0,10
Condutividade Elétrica	473	195
Cor Verdadeira	23	43
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	10	4,7
Demanda Química de Oxigênio	57	13
Dureza	104	59,3
Nitrato	5,55	0,54
Nitrito	0,603	0,013
Óleos e Graxas	<15	<15
Sólidos Dissolvidos	300	140
Sólidos Suspensos	30	40
Turbidez	41,6	66,7
Coliformes Totais	Presente	Presente
Oxigênio Dissolvido	4,9	4,8
PH	7,7	7,1

FONTE: da autora, a partir dos dados das análises realizadas por SENAI FIEMG - CETEC, 2016.

Em ambas as áreas, de acordo com os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de classe 2 (classe indicada pelo Instituto de Gestão das Águas do Estado de Minas Gerais), não foram identificados corantes de fontes antrópicas; também não foram identificados coliforme termotolerantes.

Em ambos os pontos, o limite de cor verdadeira em até 75 mg Pt/L foi registrado, assim como os valores de até 100 UNT para turbidez.

Os valores de DBO até 5 mg/L O₂ foram identificados no ponto do Bairro Petrovale (4,7), mas ultrapassados no Polo Industrial. Considerando que a DBO corresponde à quantidade de oxigênio necessária para ocorrer a oxidação da matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, pode-se afirmar que grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio, assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO. Isto pode ser explicado pelo fato de este trecho do Córrego Pintado estar bem próximo às indústrias do Polo, podendo receber substâncias poluentes carregadas por elas.

Em relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), não são recomendados valores inferiores a 5 mg/L O₂. Entretanto, mesmo que próximos de 5, foram identificados valores abaixo deste padrão. Esta queda identificada no mês de julho, mesmo que reduzida, contradiz o fato de a solubilidade do oxigênio e água aumenta com a redução da temperatura, já que águas mais

frias retêm mais oxigênio. Em relação às espécies dependentes deste OD, mesmo com a baixa concentração,foi registrada a presença de pessoas pescando e peixes no Polo Industrial (Fotos 32 e 33), e de peixes em fase jovem de desenvolvimento no Bairro Petrovale (Fotos 34 e 35).

FOTO 30 - área de pesca no Polo Industrial.



FONTE: da autora, julho de 2016.

FOTO 31 - peixe em fase jovem, no Polo Industrial.



FONTE: da autora, julho de 2016.

FOTO 32 - área de identificação de peixes jovens no Córrego Pintado, Bairro Petrovale.



FONTE: da autora, julho de 2016.

FOTO 33 - peixes jovens identificados no Córrego Pintado, Bairro Petrovale.



FONTE: da autora, julho de 2016.

Em corpos d'água poluídos por lançamento de efluentes domésticos ou industriais o excesso de matéria orgânica causa redução no OD, uma vez que as cianobactérias presentes utilizam o oxigênio dissolvido para decomposição da matéria orgânica, indicando processos de eutrofização. Estas evidências também foram identificadas no trecho do Córrego Pintado no Bairro Petrovale (Fotos 35 e 36). O contrário foi verificado no Córrego Pintado no Polo Industrial, com baixa DBO.

FOTO 34 - concentração elevada de matéria orgânica presente no trecho do Córrego Pintado no Bairro Petrovale.



FONTE: da autora, julho de 2016.

FOTO 35 - detalhe da concentração elevada de matéria orgânica presente no trecho do Córrego Pintado no Bairro Petrovale



FONTE: da autora, julho de 2016.

Por meio das amostras analisadas do Córrego Pintado, coletadas no Polo Industrial e no Bairro Petrovale na estação chuvosa (janeiro de 2017) foram obtidos os resultados presentes no Quadro 25 a seguir.

QUADRO 25 - Resultados das análises das amostras coletadas no Polo Industrial da Regional Petrovale e no Bairro Petrovale, Betim, MG, durante a estação chuvosa (janeiro de 2017).

PARÂMETRO	RESULTADO POLO INDUSTRIAL	RESULTADO BAIRRO PETROVALE
Alcalinidade	82,4	91,2
Amônia	0,77	0,32
Condutividade Elétrica	429	218
Cor Verdadeira	32	42
DBO	8,3	<2,0
DQO	37	16
Dureza	88,9	73,1
Nitrato	2,53	0,88
Nitrito	0,371	0,008
Óleos e Graxas	<15	<15
Sólidos Dissolvidos	288	158
Sólidos Suspensos	102	9
Turbidez	132	20,9
Coliformes Totais	Presente	Presente
Oxigênio Dissolvido	6,2	5,3
pH	7,7	7,2

FONTE: da autora, a partir dos dados das análises realizadas por SENAI FIEMG - CETEC, 2016.

No período de estação chuvosa, em ambas as áreas, de acordo com os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, para águas doces de classe 2 (classe indicada pelo Instituto de Gestão das Águas do Estado de Minas Gerais), não foram identificados corantes de fontes antrópicas e tampouco termotolerantes.

Em ambos os pontos, o limite de cor verdadeira em até 75 mg Pt/L foi atendido.

Em relação à turbidez, o limite de valores até 100 UNT foi atendido no trecho do Córrego Pintado do Bairro Petrovale, o que não aconteceu no trecho do Polo Industrial, onde foram encontrados 132 UNT. Considerando que a turbidez é um parâmetro diretamente relacionado à qualidade e potabilidade de águas doces, causado pelo excesso de partículas sólidas em suspensão, estes valores contrariam a classificação do corpo d'água, uma vez que a categoria Classe 2 permite a destinação ao abastecimento para consumo humano após tratamento, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, além de aquicultura e atividade de pesca. Cabe ressaltar que, além de processos de carreamento de partículas sólidas do meio, este excesso também pode ter sido provocado pelo aumento de Partículas Inaláveis Grossas (Material Particulado - MP₁₀) e Partículas Inaláveis Finas (Material Particulado - MP_{2,5}) no Polo Industrial nesta época do ano, como mostrou o gráfico 15.

Os valores de DBO até 5 mg/L O₂ foram identificados no ponto do Bairro Petrovale (<2,0), mas ultrapassados no Polo Industrial (8,3), como ocorrido em julho de 2016. Considerando que grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio para sua degradação por microorganismos, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO, corroborando o fato de este trecho do Córrego Pintado estar bem próximo às indústrias do Polo, podendo receber substâncias poluentes dispersadas por elas.

Em relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), não são recomendados valores inferiores a 5 mg/L O₂, o que foi atendido em ambas as áreas, provavelmente devido ao período de chuvas, que auxiliam na dissolução e incremento de oxigênio ao longo do corpo d'água.

Com estes resultados, foi possível perceber que em ambos os trechos há influência de poluição, sendo que no Polo Industrial há indícios de procedências das empresas do entorno, e no Bairro Petrovale, de efluentes provenientes dos domicílios.

4.5 Influência da poluição e análise de indicadores de qualidade do solo no Córrego Pintado

Por meio das análises de amostras de solo coletadas nas margens do Córrego Pintado, coletadas no Polo Industrial e no Bairro Petrovale na estação seca (julho de 2016), foram obtidos os resultados presentes no Quadro 26 a seguir, e na estação chuvosa (janeiro de 2017) no Quadro 27.

QUADRO 26 - Resultados das análises das amostras de solo coletadas no Polo Industrial da Regional Petrovale e no Bairro Petrovale, Betim, MG, durante a estação seca (julho de 2016).

PARÂMETRO	RESULTADO POLO INDUSTRIAL	RESULTADO BAIRRO PETROVALE
Matéria Orgânica	2,02	3,73
Carbono Orgânico	1,17	2,16
pH em água	7,7	7,5
Alumínio (Al ⁺³)	0,001	0,001
Capacidade de Troca Catiônica	4,95	6,77
Teor de Argila	43,90	56,50
Teor de Silte	11,90	14,18
Teor de Areia	8,38	8,62
Densidade	2,27	2,27
Macronutrientes (Ca)	3,84	4,99
Macronutrientes (Mg)	0,28	0,35
Macronutrientes (P)	31,10	40,30
Macronutrientes (K)	27	190
Micronutrientes (Cu)	4,90	3,20
Micronutrientes (Mn)	180,80	74,70
Micronutrientes (Fe)	607,10	1767,40
Micronutrientes (Zn)	71,30	24,10

FONTE: da autora, a partir dos dados das análises realizadas por SENAI FIEMG - CETEC, 2016.

QUADRO 27 - resultados das análises das amostras de solo coletadas no Pólo Industrial da Regional Petrovale e no Bairro Petrovale, Betim, MG, durante a estação chuvosa (janeiro de 2017).

PARÂMETRO	RESULTADO POLO INDUSTRIAL	RESULTADO BAIRRO PETROVALE
Matéria Orgânica	3,73	1,06
Carbono Orgânico	2,16	0,62
pH em água	7,4	7,6
Alumínio (Al ⁺³)	0,03	0,02
Capacidade de Troca Catiônica	8,79	2,36
Teor de Argila	25,50	3,18
Teor de Silte	17,90	1,76
Teor de Areia	40,50	92,10
Densidade	2,41	2,67
Macronutrientes (Ca)	7,41	1,64
Macronutrientes (Mg)	0,38	0,11
Macronutrientes (P)	20,4	11,4
Macronutrientes (K)	37	26
Micronutrientes (Cu)	4,30	1,60
Micronutrientes (Mn)	97,90	32,80
Micronutrientes (Fe)	1745,00	136,40
Micronutrientes (Zn)	18,50	11,60

FONTE: da autora, a partir dos dados das análises realizadas por SENAI FIEMG - CETEC, julho de 2016.

Considerando os valores referentes aos teores de Areia, Silte e Argila detalhados nos Quadros 26 e 27, foi possível confirmar a classificação do solo da área de estudo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006) e UFV-CETEC-UFLA-FEAM (2010) (Figura 15) em CXbd - Cambissolo Háplico Distrófico, cor bruna-amarelada. Com relação à textura, tanto o solo do Polo Industrial quanto do Bairro Petrovale apresentaram teores de areia superiores a 70% e de argila inferior a 15%, caracterizando a classe textural Franco Arenosa.

Solos com esta textura são permeáveis, leves (indicados pelas densidades real e aparente), de baixa capacidade de retenção de água (maior proporção de matéria grossa em relação à areia fina), baixa saturação por bases e atividade química da fração argila, e de baixo teor de matéria orgânica.

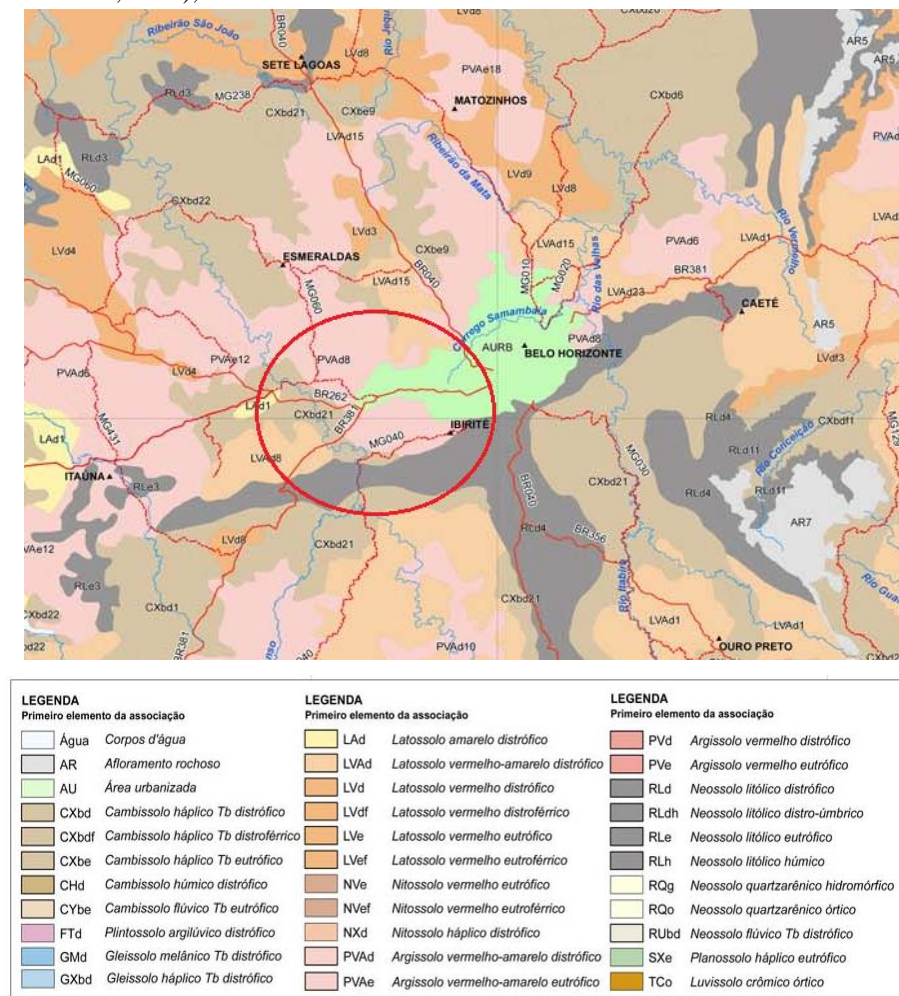
Os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1,2 - 1,9 g cm⁻³, contrariando os solos de ambas as áreas, que apresentaram valores acima de 2,0 g cm⁻³. Valores associados ao estado de compactação, com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular, estão compreendidos em torno de 1,65 g cm⁻³, o que pode

justificar os valores encontrados, em ambas as áreas e em ambas as estações (seca e chuvosa). Solos arenosos apresentam maior porosidade, boa drenagem, baixa retenção de água, maior susceptibilidade à lixiviação e à erosão, menores índices de matéria orgânica.

Os baixos valores de macronutrientes e micronutrientes podem ser explicados pela alta compactação do solo, que impede a penetração dos mesmos no solo. Em comparação com os valores de referência para qualidade do solo em Minas Gerais, os baixos valores dos micronutrientes Cobre (Cu) e Zinco (Zn) se destacaram, atestando a incompatibilidade com os padrões estabelecidos pelo Estado para a qualidade.

Ainda, os altos índices de areia grossa podem aumentar a drenagem e reduzir a disponibilidade dos mesmos às plantas. Desta forma, os valores encontrados para estes atributos indicam atividades antrópicas impactantes, levando à perda das propriedades originais e influencia do desequilíbrio de um elemento importante do meio, considerando a presença em Áreas de Preservação Permanente no Córrego Pintado.

FIGURA 17 - classificação do solo da área de estudo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (EMBRAPA, 2006), UFV - CETEC - UFLA - FEAM.



FONTE: UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010). Disponível em <<http://www.feam.br/noticias/1/1355-mapa-de-solos>>. Acesso em janeiro de 2017.

4.6 Análise de Indicadores Socioeconômicos

O sistema de indicadores intraurbanos desenvolvido pela Organização Kairós em conjunto com a Secretaria Pública de Desenvolvimento Econômico da Prefeitura de Betim teve como objetivos principais a aplicação dos dados obtidos na área governamental, por meio da elaboração de diagnóstico social, a realização de observatórios na sociedade civil e a definição de metas e planos de governo para auxiliar a Prefeitura. Trata-se de um sistema de avaliação e monitoramento contínuo de indicadores sociais, econômicos e de garantia de direitos, baseado nos últimos censos realizados pelas Secretarias de complementados com dados atuais, referentes ao último ano completo. Seu caráter intra-urbano - isto é, de análise bairro a bairro ou região a região - permite identificar com precisão as prioridades de ação em cada parte da cidade e fragilidades do bairro avaliado, relacionados às prioridades e especificidades dos diferentes grupos da população, nas diferentes regiões do município (KAIROS, 2017).

De acordo com os disponibilizados, o Bairro Petrovale possui 4.394 habitantes, sendo 2.241 mulheres (51%) e 2.153 homens (49%). A distribuição da população pode ser assim detalhada no Quadro 28 a seguir (BETIM, 2015, KAIRÓS, 2017).

QUADRO 28 - distribuição da população da Regional Petrovale por faixa etária.

Faixa Etária	População	Porcentagem (%)
<1	128	2,92
1-4	362	8,24
5-6	210	4,78
7-9	257	5,85
10-14	394	8,97
15-19	430	9,79
20-39	1581	35,98
40-49	519	11,81
50-59	298	6,78
>60	215	4,88

FONTE: Secretaria de Desenvolvimento de Betim (2015) e Kairós, 2017.

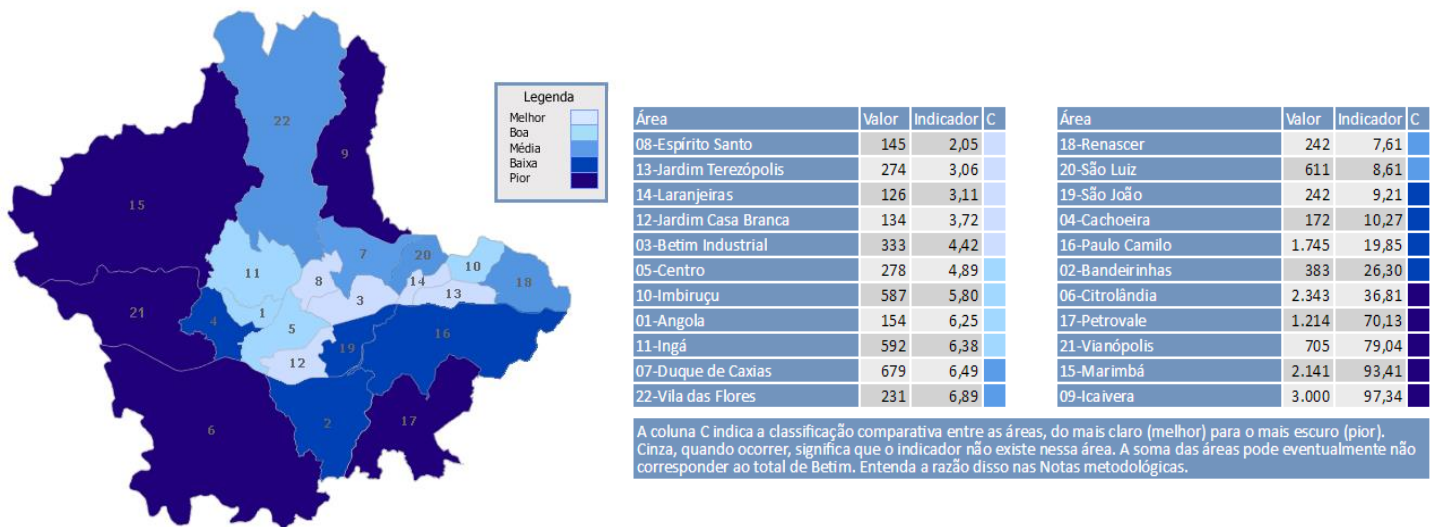
A razão de dependência de jovens encontra-se em 41,7%, enquanto a de idosos é de 5,8%, sendo a dependência total de 47,6%. O índice de envelhecimento na regional é de 13,9%. Em relação aos domicílios particulares permanentes, foram identificados 1481, sendo 92,3% ocupados e 7,7% não ocupados. Ainda, a média de moradores por domicílio é de 3,5.

Os indicadores intraurbanos gerados a partir dos dados referentes ao Bairro Petrovale em 2015 foram detalhados a seguir.

Tema: Saneamento

Em relação aos domicílios sem esgotamento, foram identificadas 1.214 residências deficientes, o que corresponde a 70,13% do total de domicílios do Bairro e inclusão na categoria de piores índices entre os bairros de Betim (Figura 18).

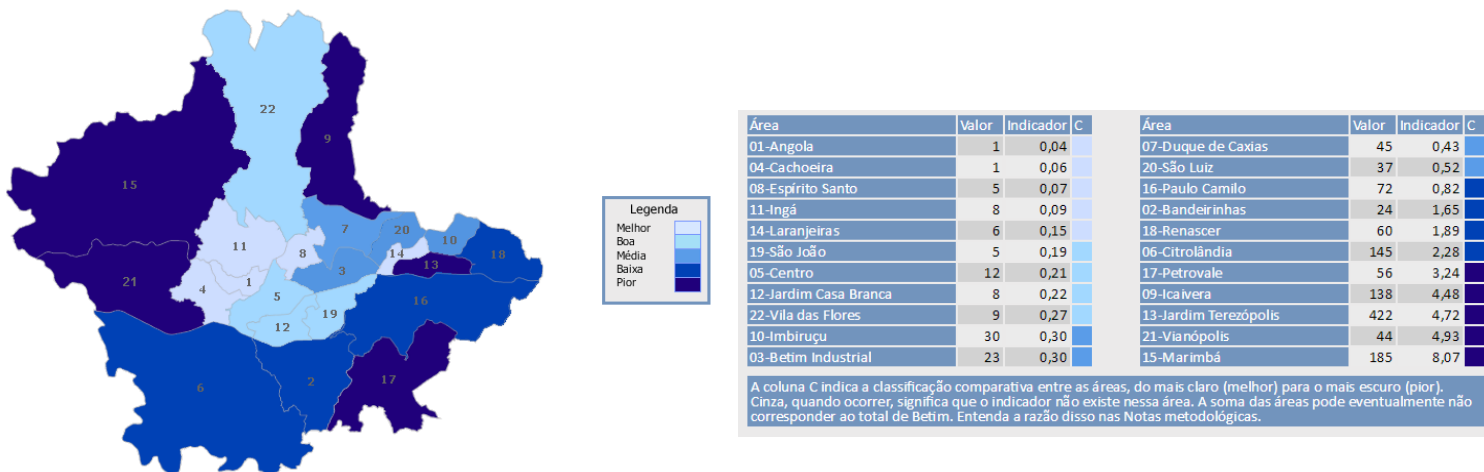
FIGURA 18 – domicílios sem rede de esgoto no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação aos domicílios sem coleta de lixo, foram identificadas 56 residências deficientes, o que corresponde a 3,24% do total de domicílios do Bairro, e inclusão na categoria de piores índices entre os bairros de Betim (Figura 19).

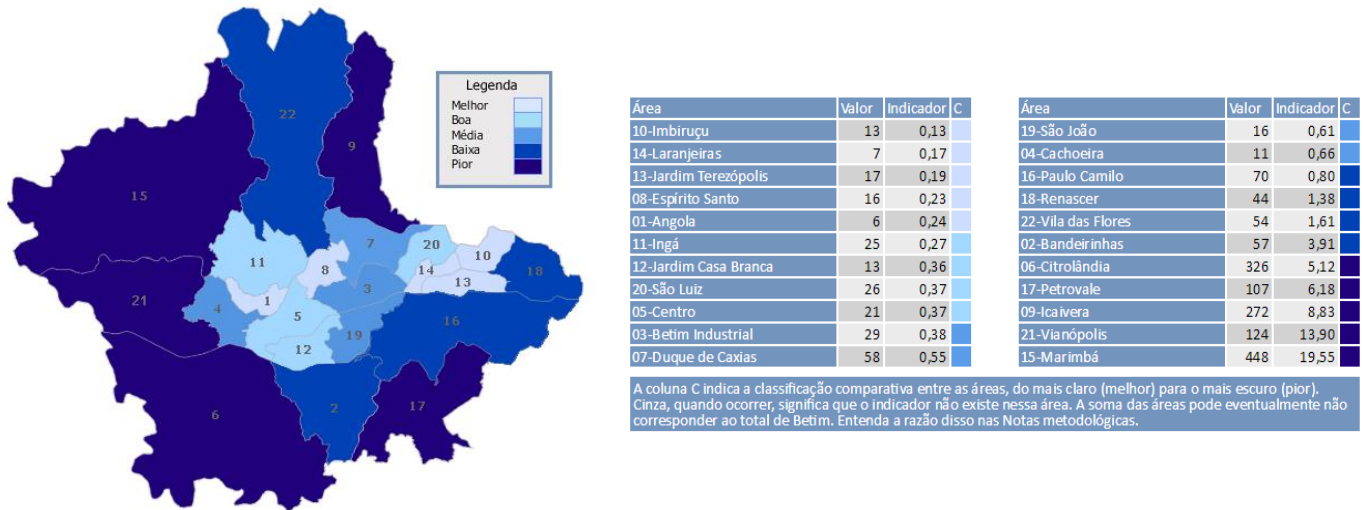
FIGURA 19 - domicílios sem coleta de lixo no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação aos domicílios sem rede de água, foram identificadas 107 residências deficientes, o que corresponde a 6,18% do total de domicílios do Bairro, e inclusão na categoria de piores índices entre os bairros de Betim (Figura 20).

FIGURA 20 - domicílios sem rede de abastecimento de água no Bairro Petrovale.

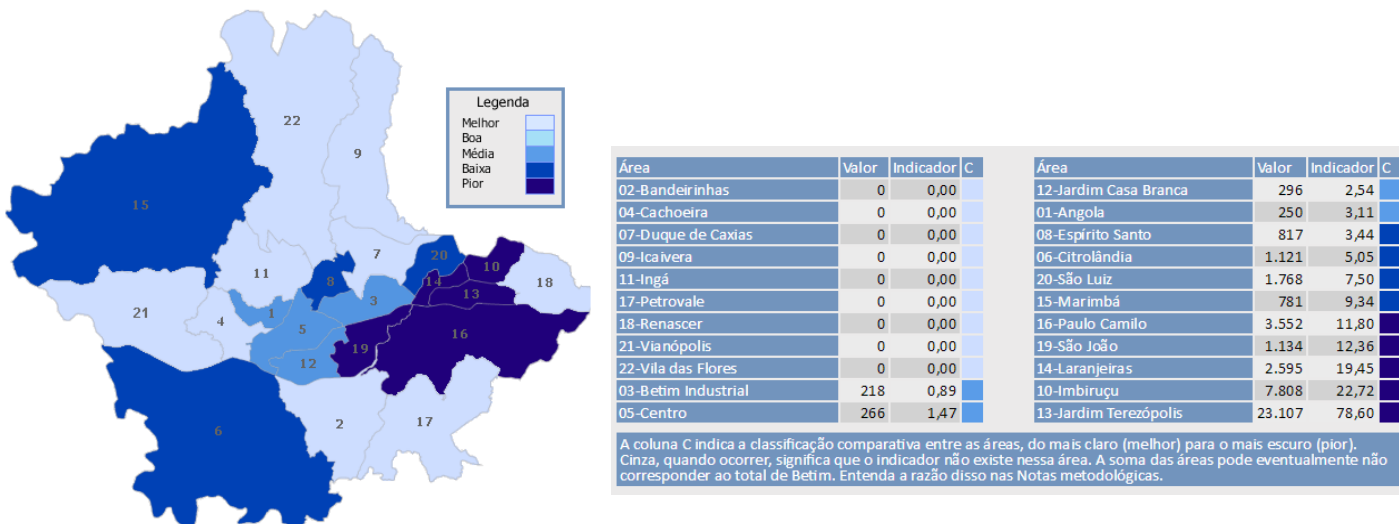


FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

TEMA: HABITAÇÃO

Em relação ao número de aglomerados subnormais (assentamentos irregulares como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, etc) o bairro está entre os melhores classificados para esta condição, uma vez que não apresentou índice significativo (Figura 21).

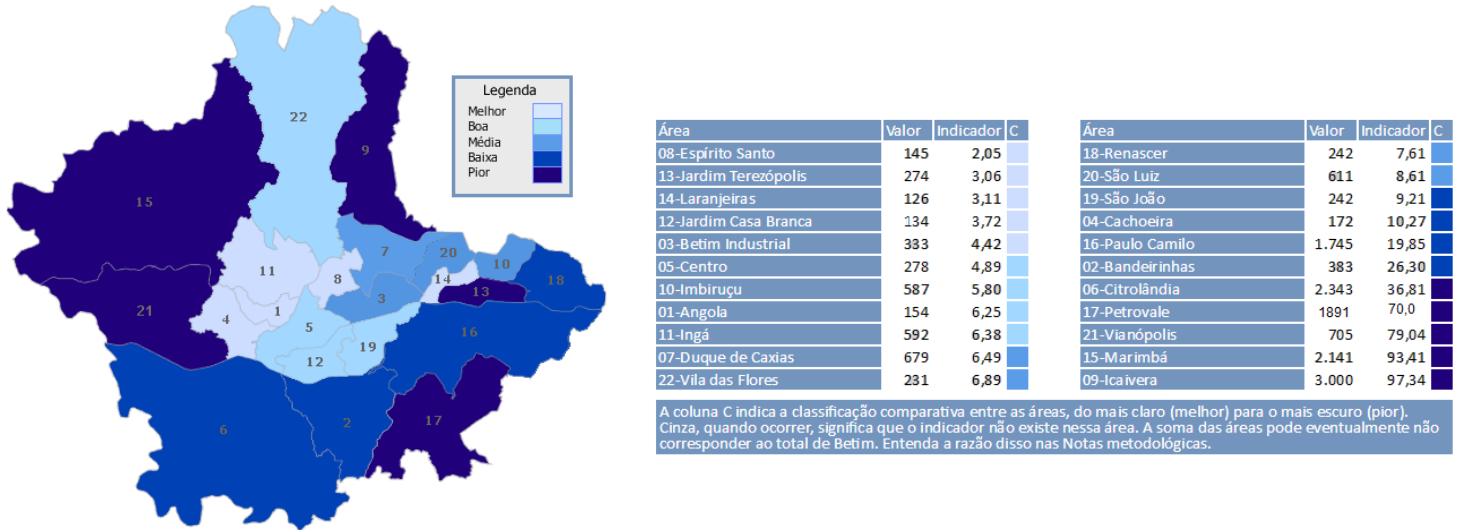
FIGURA 21 - número de domicílios em condição de aglomerado subnormal no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação ao número de domicílios particulares permanentes, o bairro está entre os piores classificados para esta condição, uma vez que a maioria das propriedades e habitações do bairro é proveniente de invasões (Figura 22).

FIGURA 22 - número de domicílios particulares permanentes no Bairro Petrovale.

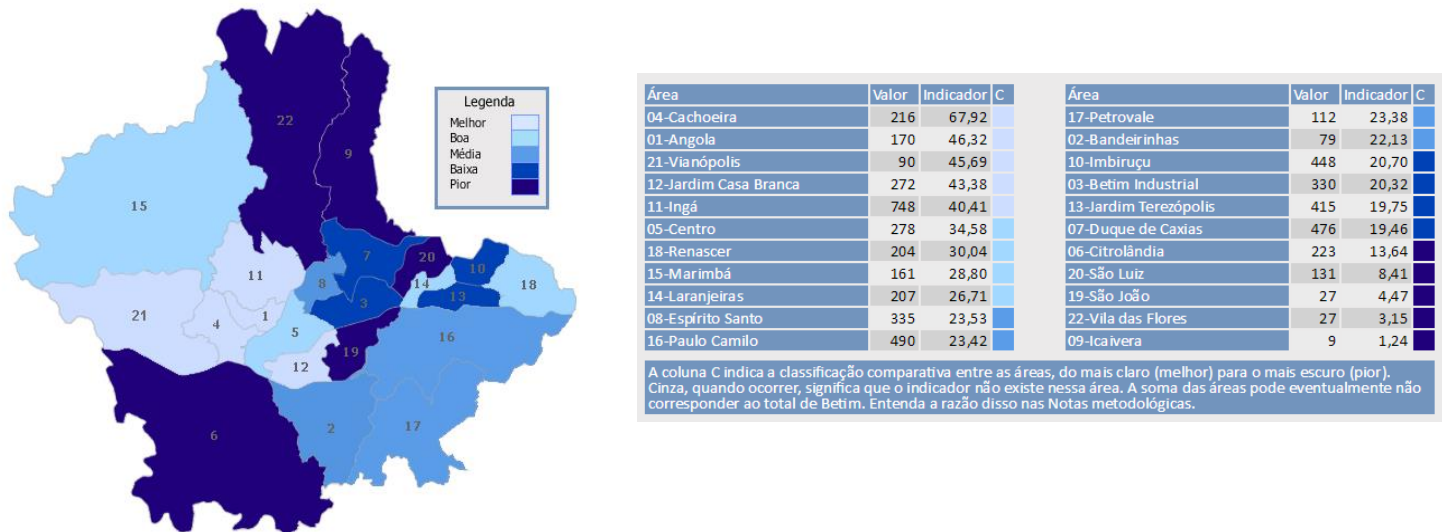


FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

TEMA: EDUCAÇÃO

Avaliando a cobertura de creches públicas no bairro, foram identificadas 2 creches e 112 crianças cobertas pelas mesmas, num total de 23,38% da população infantil. Este valor classificou o bairro em condição média em relação aos outros bairros avaliados (Figura 23).

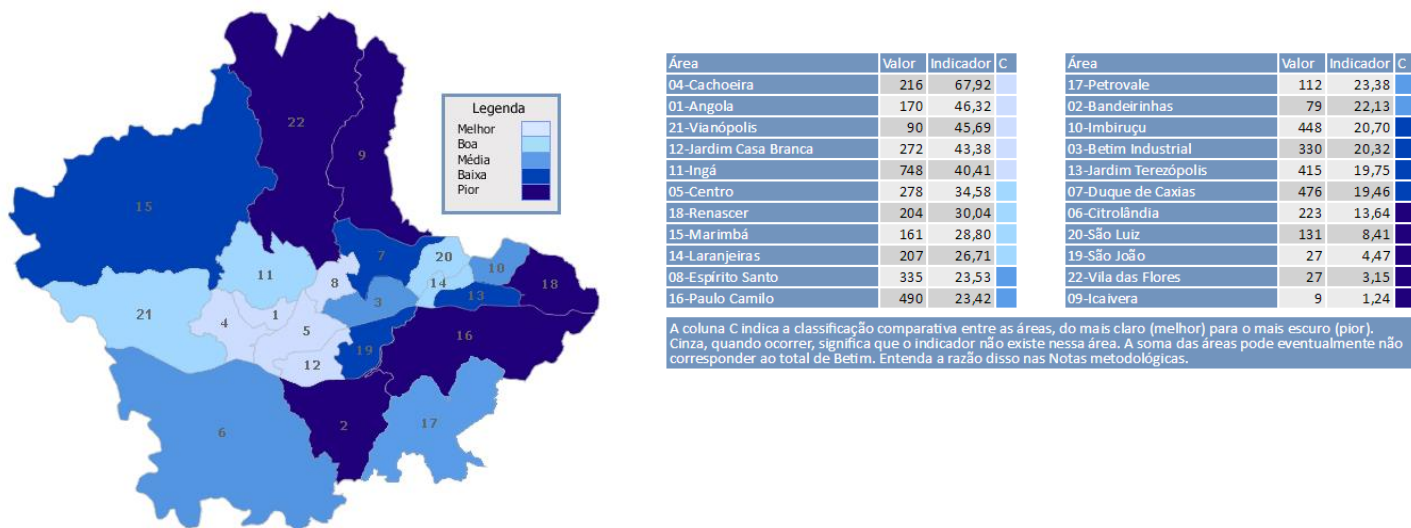
FIGURA 23 - número de crianças atendidas por creches no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Já em relação à pré-escola, também foram identificadas 2 instituições e 126 crianças cobertas pelas mesmas, num total de 50,81% da população infantil. Este valor classificou o bairro em condição média em relação aos outros bairros avaliados (Figura 24).

FIGURA 24 - número de crianças atendidas na pré-escola no Bairro Petrovale.

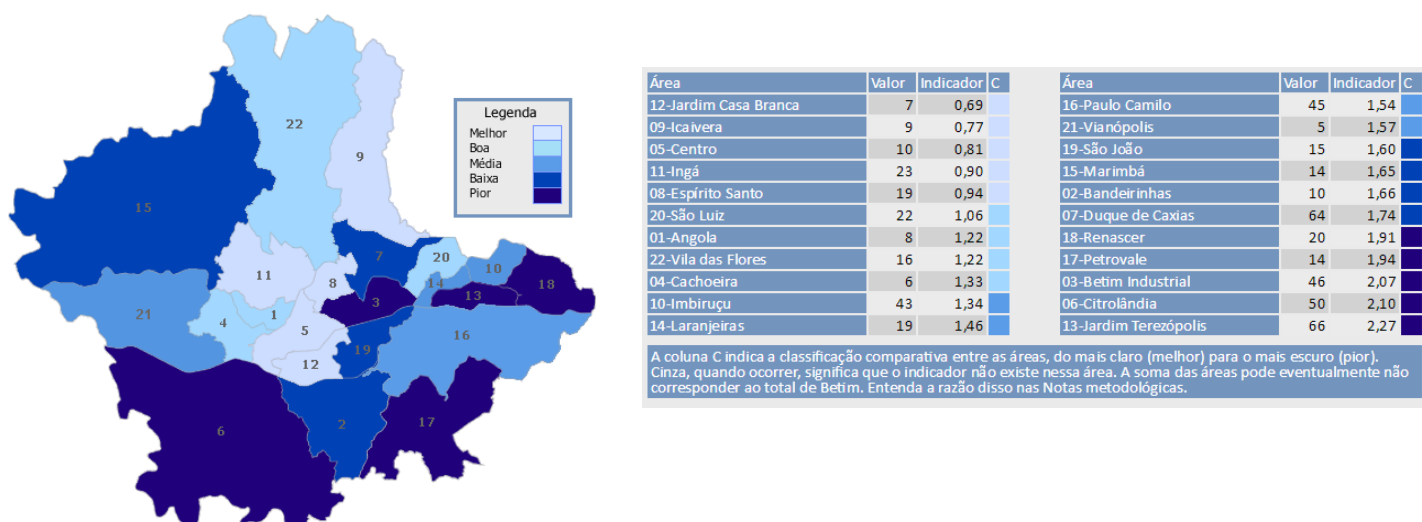


FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Com relação à reprovação no ensino médio, abandono e distorção de idade, não foram identificados índices, uma vez que não há escola de ensino médio no bairro.

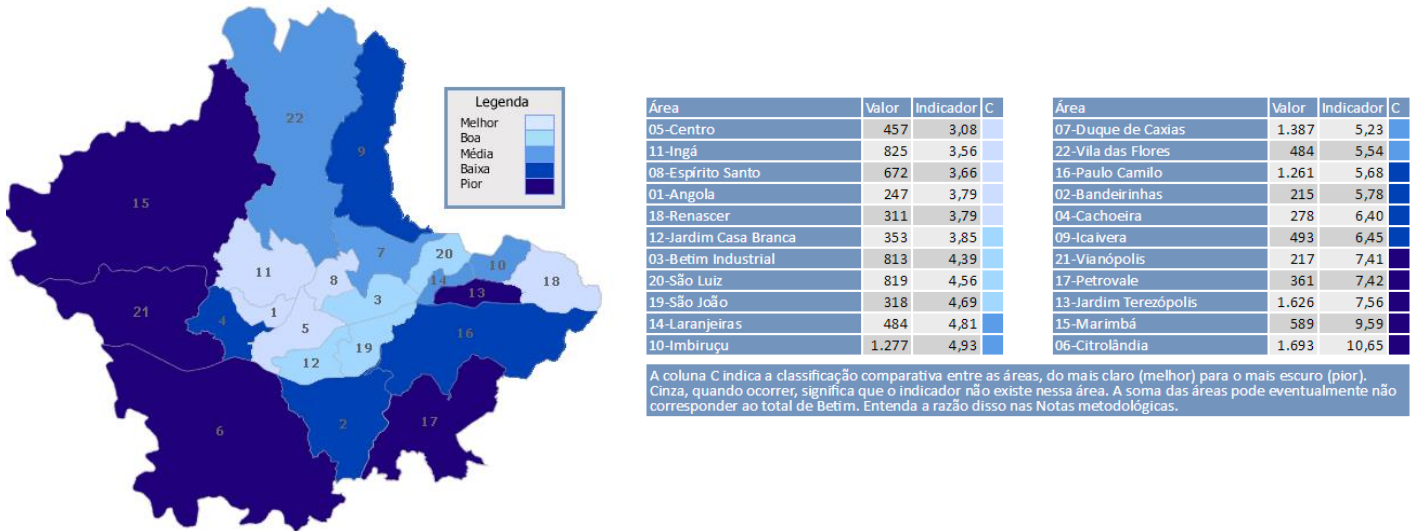
Em uma avaliação dos índices de analfabetismo, o baixo foi classificado entre os piores índices, sendo que foram identificados 14 jovens na faixa etária de 10 a 14 anos (1,94%) (Figura 25) e 361 (7,42%) acima dos 15 anos (Figura 26).

FIGURA 25 - analfabetismo na faixa de 10 a 14 anos no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

FIGURA 26 - analfabetismo na faixa de 15 anos ou mais no Bairro Petrovale.



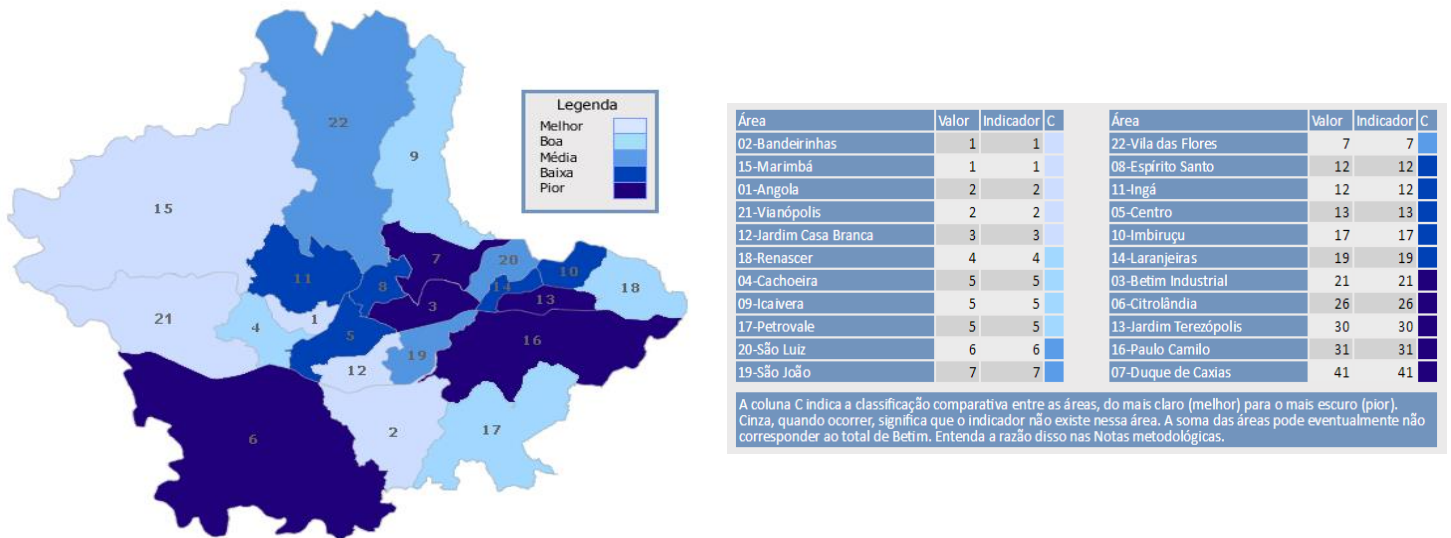
FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

TEMA: VIOLÊNCIA

Em relação aos índices de violência avaliados no bairro, o número de homicídios registrados com atestado óbito identificados foram baixos (não significativos), o que classifica o bairro em condição melhor para o parâmetro. O mesmo aconteceu para homicídio juvenil masculino.

Em relação às medidas socioeducativas em regime aberto, o bairro ficou em condições boas de classificação, uma vez que foram identificados 5 domicílios com algum habitante nesta condição, correspondendo a 5% em relação aos outros bairros (Figura 27).

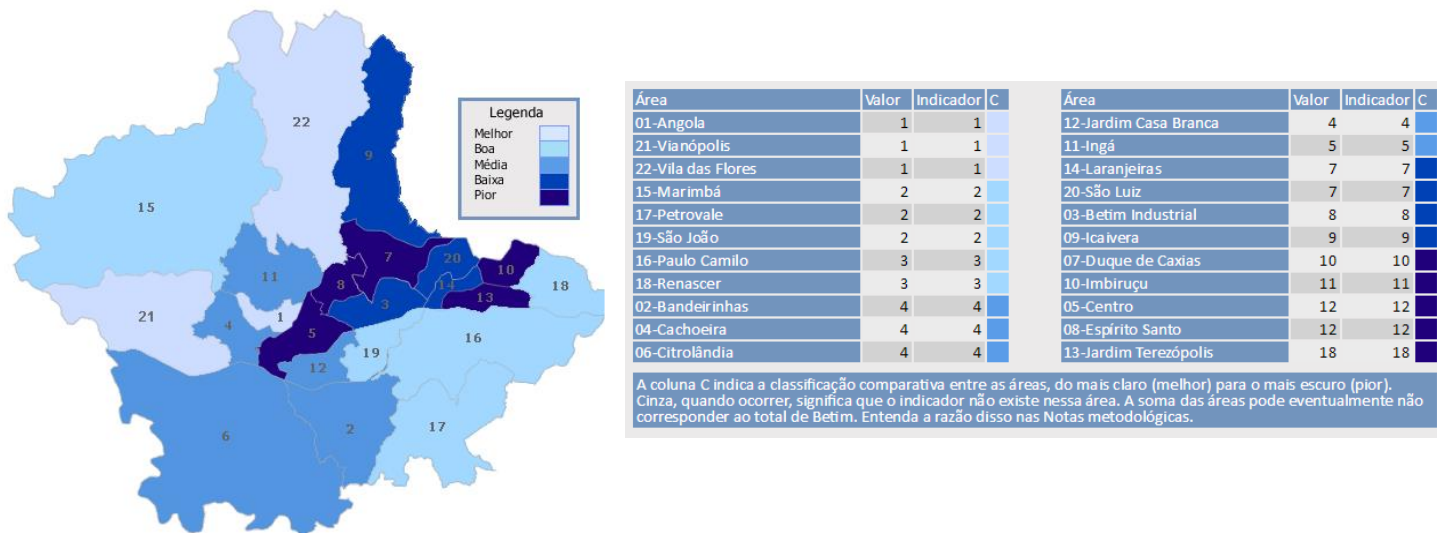
FIGURA 27 - Índices de violência relacionados às pessoas cumprindo medidas socioeducativas em regime aberto no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação ao número de crianças e adolescentes atendidos por violência física, o bairro foi classificado em condições boas, uma vez que foram identificados 2 domicílios com habitantes nestas condições (2% do total)(Figura 28).

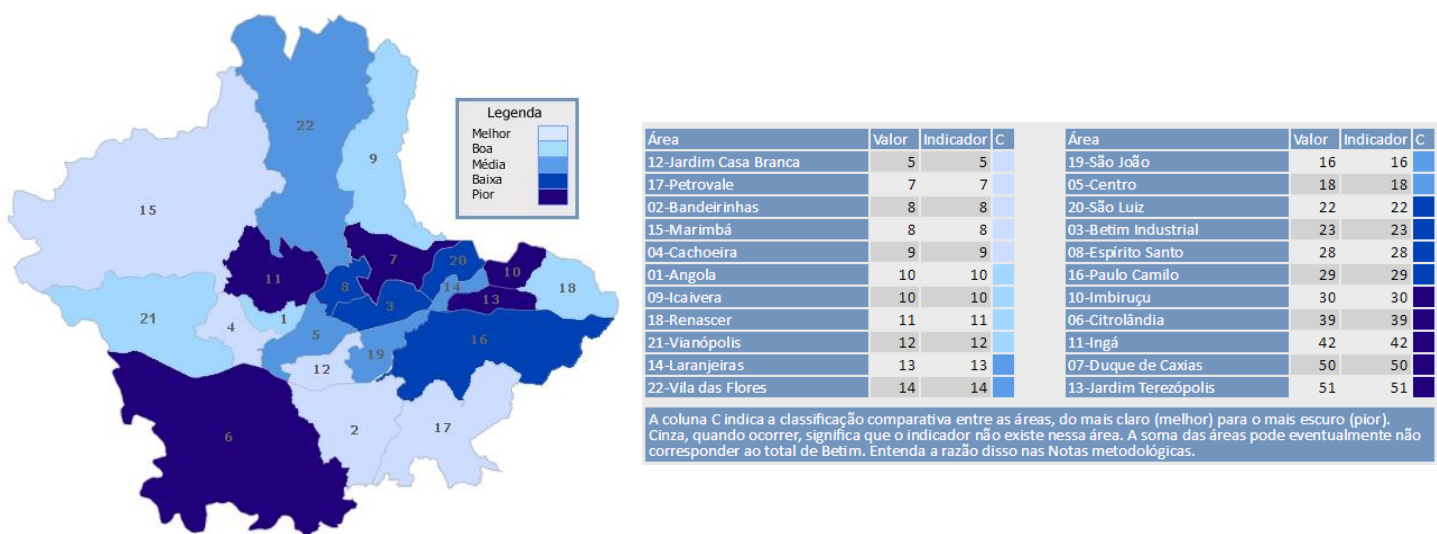
FIGURA 28 - Crianças e adolescentes atendidos por violência física no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Já as mulheres atendidas por violência física, foram identificados 7 domicílios com mulheres nestas condições (7%), colocando o bairro em classificação melhor em relação aos outros bairros (Figura 29).

FIGURA 29 - mulheres atendidas por violência física no Bairro Petrovale.

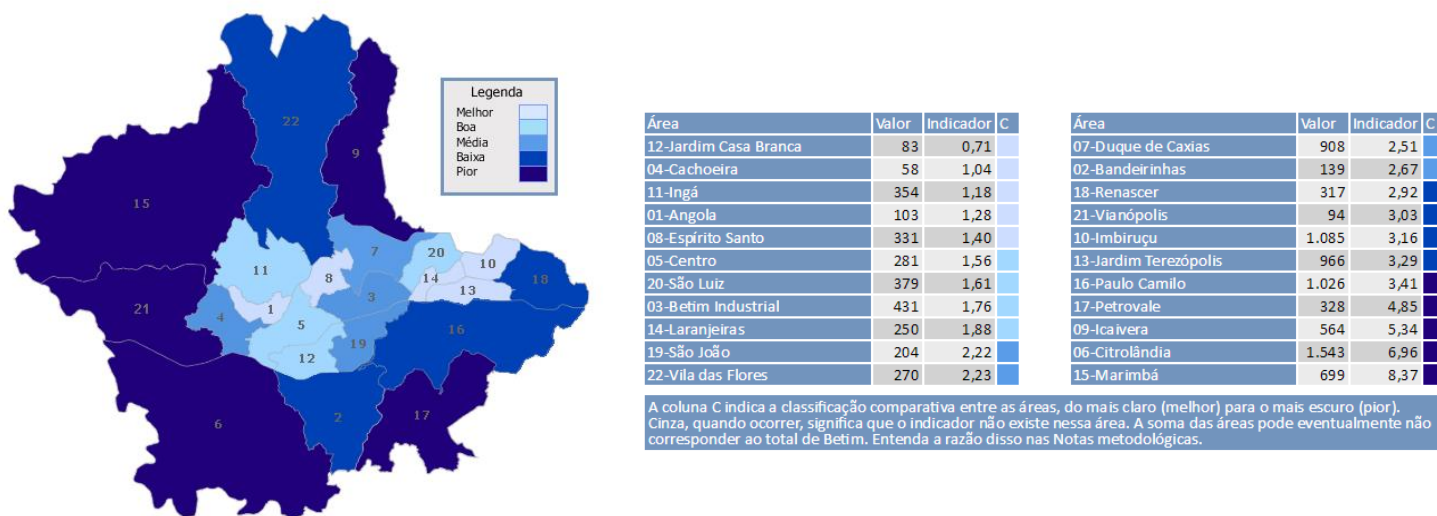


FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

TEMA:ECONOMIA

Para fazer a caracterização econômica do bairro, foi identificado o índice de pobreza extrema de 4,85%, abrangendo 328 residências, como demonstrado na Figura 30 a seguir. Dessa forma, o bairro também foi inserido na categoria de pior classificação de parâmetro em relação aos outros bairros de Betim.

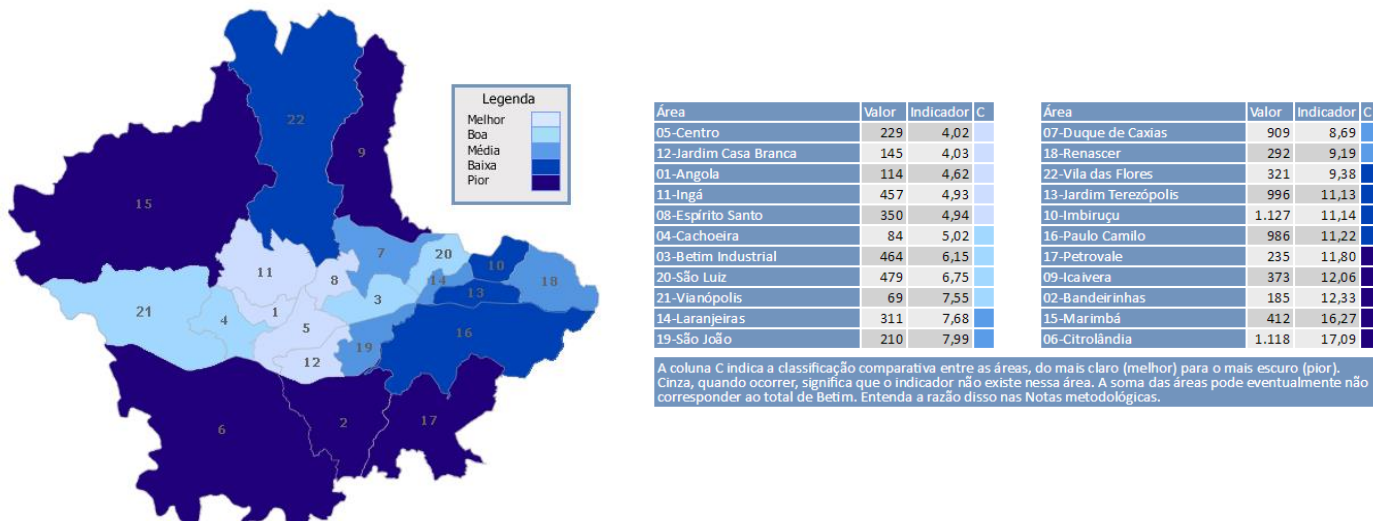
FIGURA 30 - domicílios em pobreza extrema no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

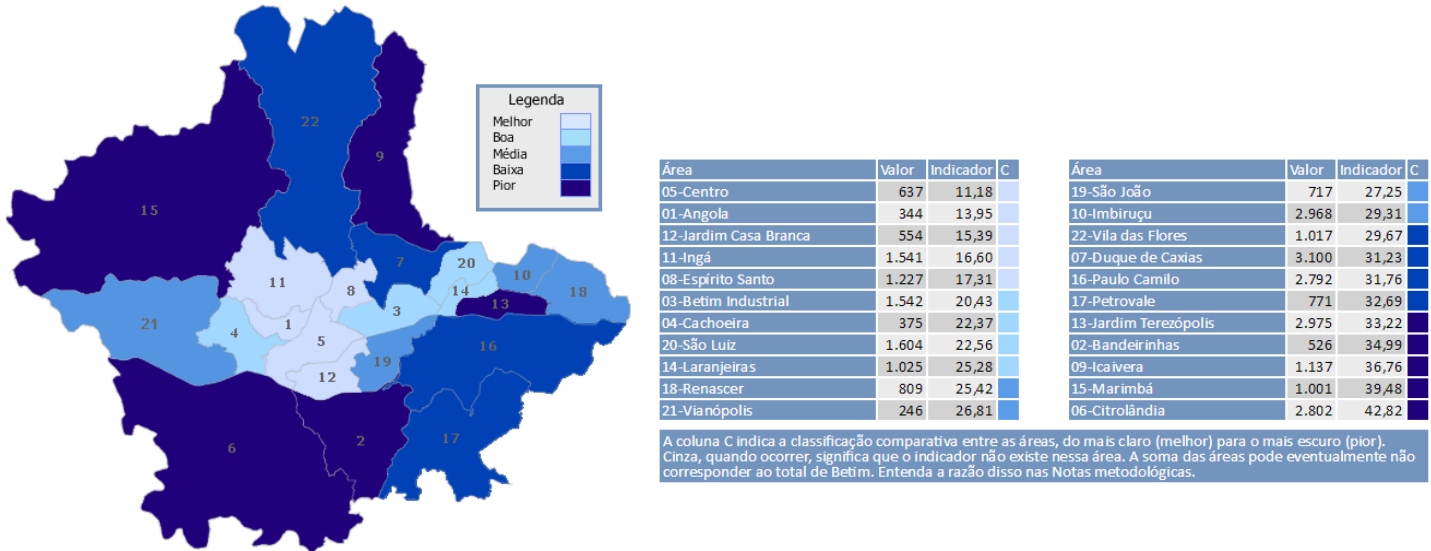
Para fazer a caracterização econômica em relação à renda do bairro, foi identificado um índice com renda per capita de até 1/4 de salário de 11,8%, correspondendo a 235 domicílios e um dos piores em relação aos bairros de Betim (Figura 31). Com relação aos domicílios com até 1/2 de salário de renda, foram identificados 771 domicílios, que representam 32,69% e índice baixo de classificação em relação aos outros bairros (Figura 32).

FIGURA 31 - domicílios com renda per capita de até 1/4 de salário no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

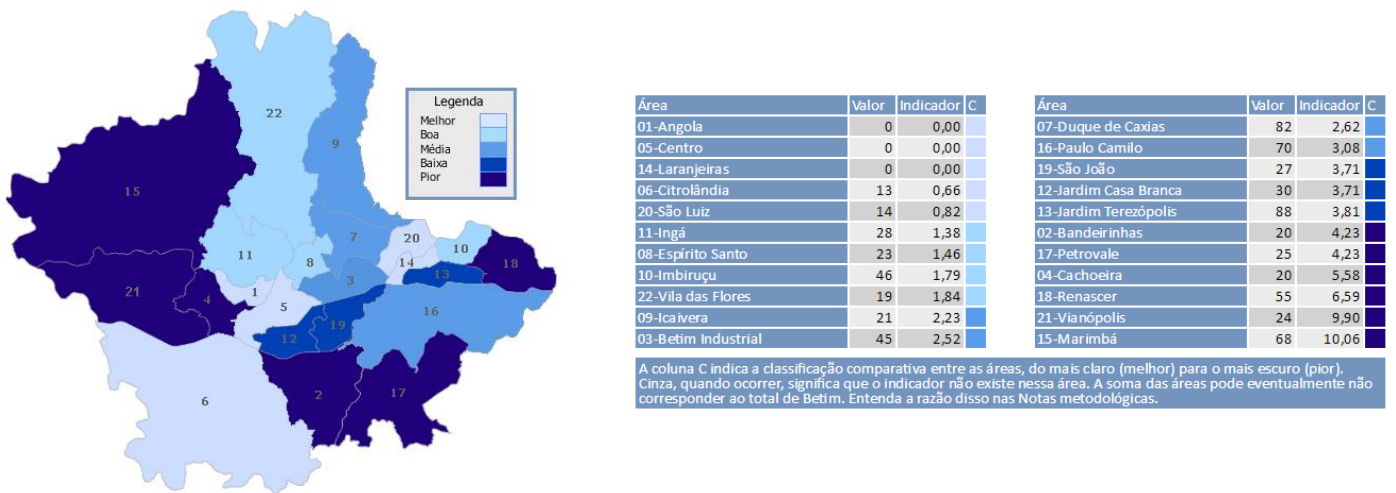
FIGURA 32 - domicílios com renda per capita de até 1/2 de salário no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação ao número de crianças que trabalham, o bairro foi classificado com um dos piores índices, sendo identificadas 25 crianças em um total de 4,23% (Figura 33).

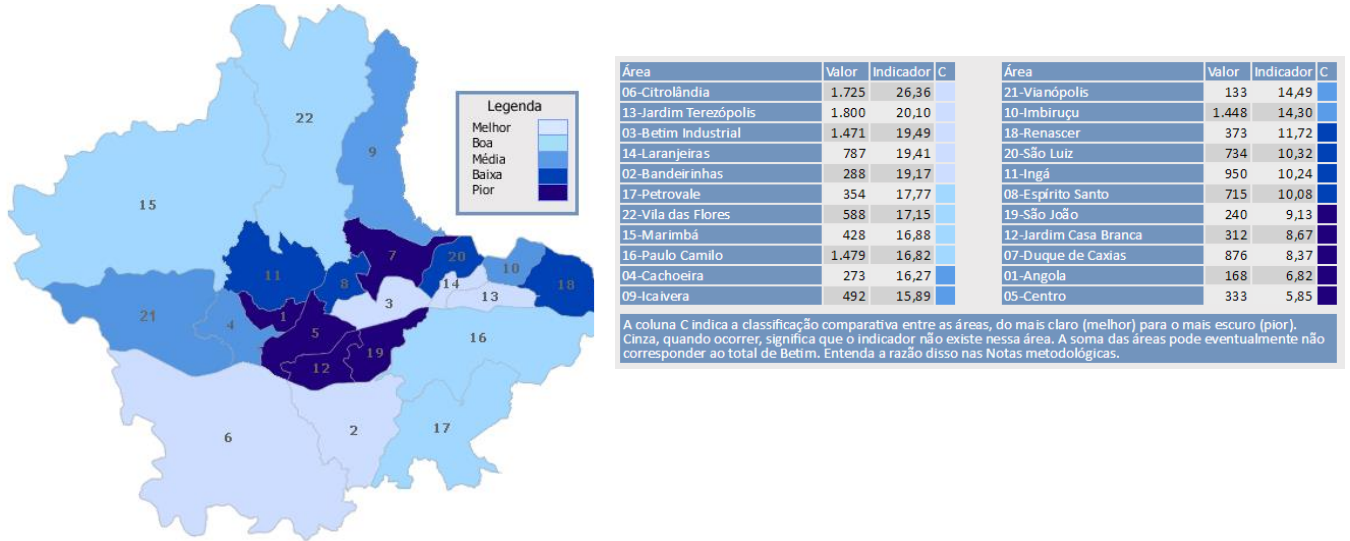
FIGURA 33 - índice de crianças que trabalham no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação ao número de domicílios atendidos pelo Programa Bolsa Família, foram identificados 357 domicílios atendidos (17,7%), o que classifica o bairro em condição boa (Figura 34).

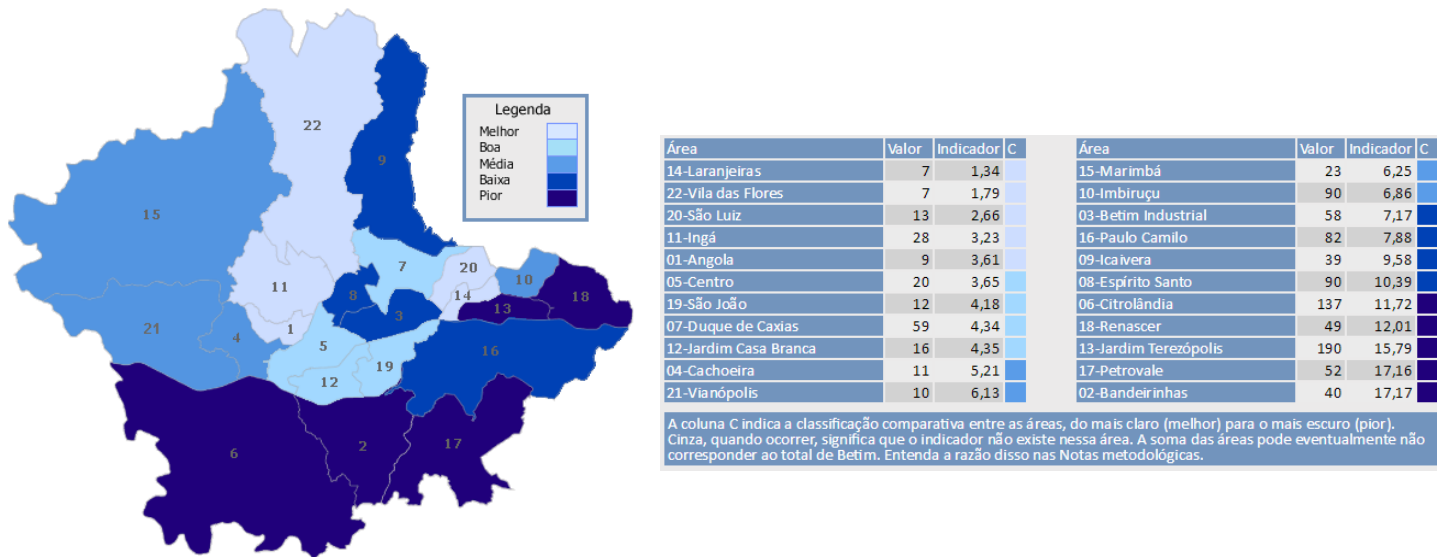
FIGURA 34 - domicílios atendidos pelo Programa Bolsa família no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em uma análise do número de pessoas com deficiência de baixa renda e sem benefícios, foram registrados 52 domicílios com pessoas nestas condições (17,16%), o que classifica o bairro em condição pior em relação aos demais bairros avaliados (Figura 35).

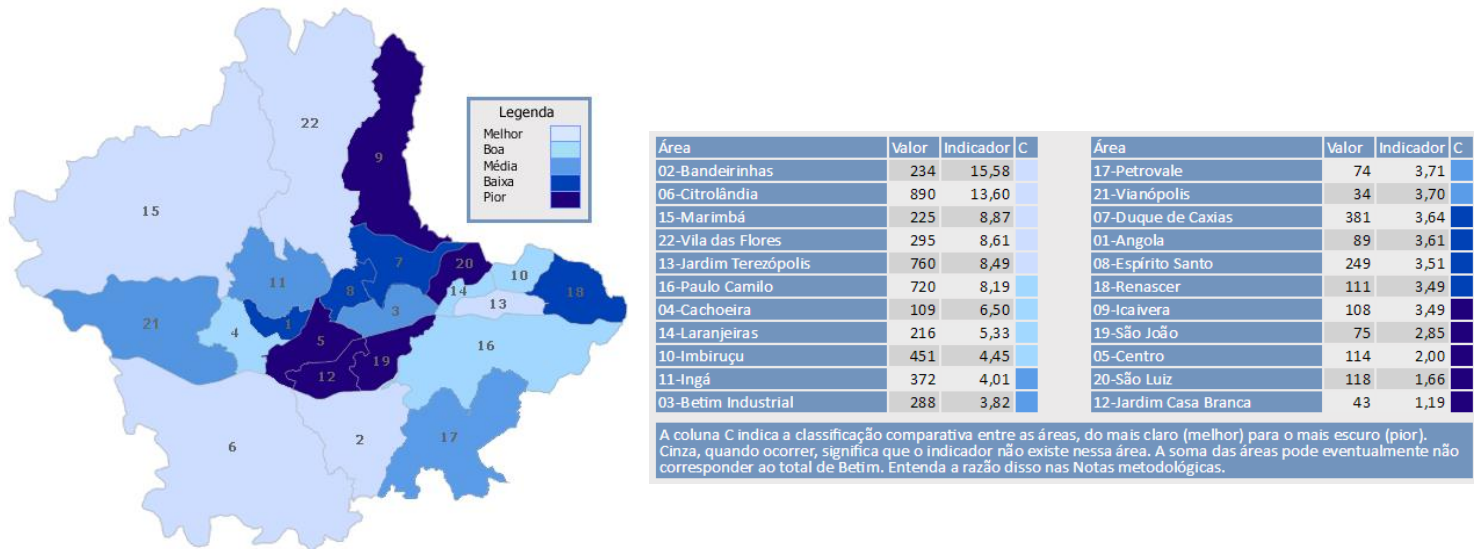
FIGURA 35 - índice de pessoas com deficiência de baixa renda e sem benefícios no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

Em relação número de famílias dependentes de cesta básica distribuída pela prefeitura (Cesta Escola e Cartão Cesta Básica), o bairro foi classificado em condição Média, uma vez que foram identificados 74 domicílios beneficiados (3,71%) (Figura 36).

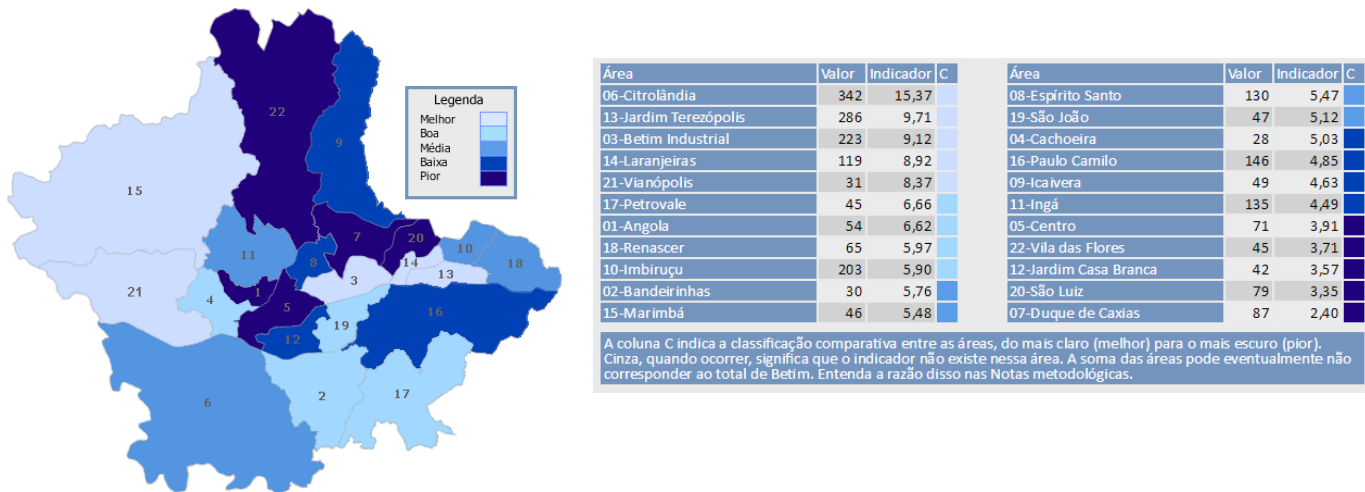
FIGURA 36 - famílias dependentes de cesta básica no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

O percentual de idosos que recebe Benefício Prestação Continuada (BPC) identificado no Bairro foi de 10,55% (48 domicílios), classificando o bairro em condição boa (Figura 37).

FIGURA 37 - idosos beneficiários do BPC idoso no Bairro Petrovale.



FONTE: Instituto Kairós e Movimento Nossa Betim, 2015.

O bairro possui boa distribuição entre homens e mulheres, sendo a faixa etária mais significativa de adultos (20 aos 39 anos e 40 aos 49), seguido dos jovens (15 a 19 anos), o que retrata população jovem no bairro.

Em relação aos domicílios, foi possível perceber que há um número significativo de habitações particulares permanentes, mas não maior que o número de domicílios irregulares ou não declarados. Estes dados também retratam a ausência de esgotamento, coleta de lixo e rede de água para abastecimento. Entretanto, mesmo com as condições de ocupações irregulares, ainda assim foram identificados baixos índices de aglomerados subnormais.

Com relação à educação, a cobertura de creches e pré-escola, atende a população, porém em condição não tão satisfatória quanto em outros bairros. Entretanto, o bairro não atende a população na formação do ensino médio, o que retrata a permanência de índices de analfabetismo entre os adolescentes e jovens e a pior classificação do bairro.

A violência no bairro não se mostrou fator predominante, uma vez que o número de homicídios registrados com atestado de óbito e homicídios juvenis masculinos não foi significativo, assim como o número de crianças e mulheres atendidas por violência física.

Do ponto de vista econômico, o índice de pobreza extrema do bairro o classificou como uns dos piores em relação a outros bairros avaliados, retratado pela baixa renda familiar, entre 1/4 de salário e 1/2 de salário em número significativo de domicílios, pelo número de crianças que trabalham, pelos índices de pessoas com deficiência de baixa renda e sem benefícios.

Como forma de minimizar estes aspectos no bairro, boa parte dos domicílios é atendida pelos Programas Bolsa Família, Cesta Escola e Cartão Cesta Básica. Além disso, contribuem os percentuais de idosos e deficientes que recebem o Benefício Prestação Continuada (BPC).

Foi possível perceber que os problemas do bairro estão relacionados à questões econômicas, já que a pobreza se apresentou mais significativa, gerando conflitos de ocupação e infraestrutura.

4.7 Zoneamento Ecológico e Econômico

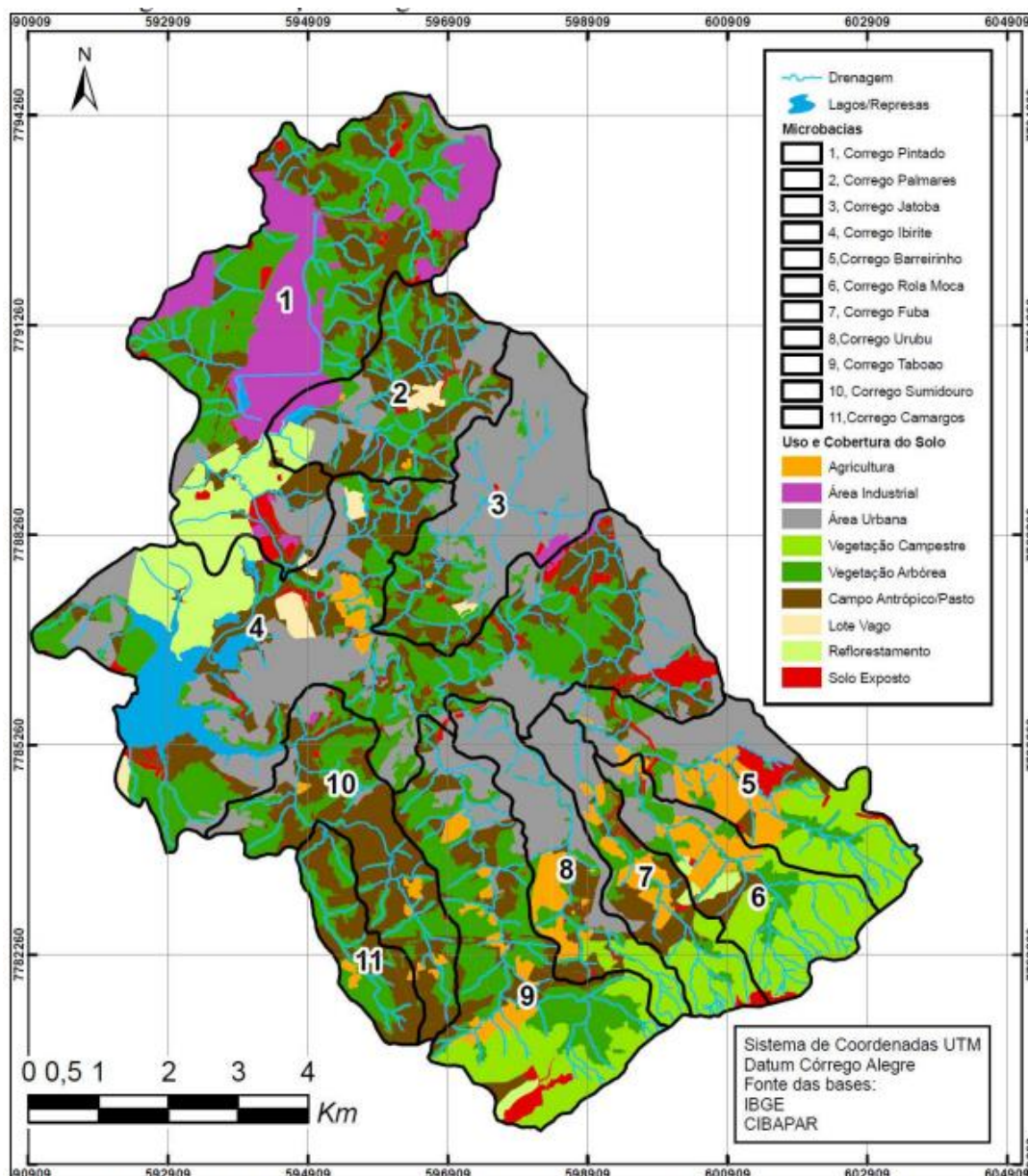
As mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo servem como importantes indicadores de qualidade ambiental.

O Decreto Federal 4297/2002 regulamenta o art. 9º da Lei nº 6.938/81, que estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE. É um instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas. Além disso, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, do ar, dos recursos hídricos e do solo, e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

O primeiro Plano Diretor da cidade de Betim aprovado data de 1968. Entretanto, só foi publicado por meio da Lei nº3006 de 1997. Com a aprovação do Estatuto das Cidades - Lei nº 10.257/2001, este estabeleceu que os Planos Diretores de cidades com populações acima de 100.000 pessoas fossem revisados.

Como forma de realização de diagnóstico, o uso e ocupação do solo na Regional Petrovale foram registrados ao longo dos anos por meio do monitoramento da Bacia do Córrego Pintado, registrados pelo IBGE e CIBAPAR. A cronologia deste uso e ocupação do solo nos anos de 2000 a 2002 foi representada nas figuras 38 a seguir.

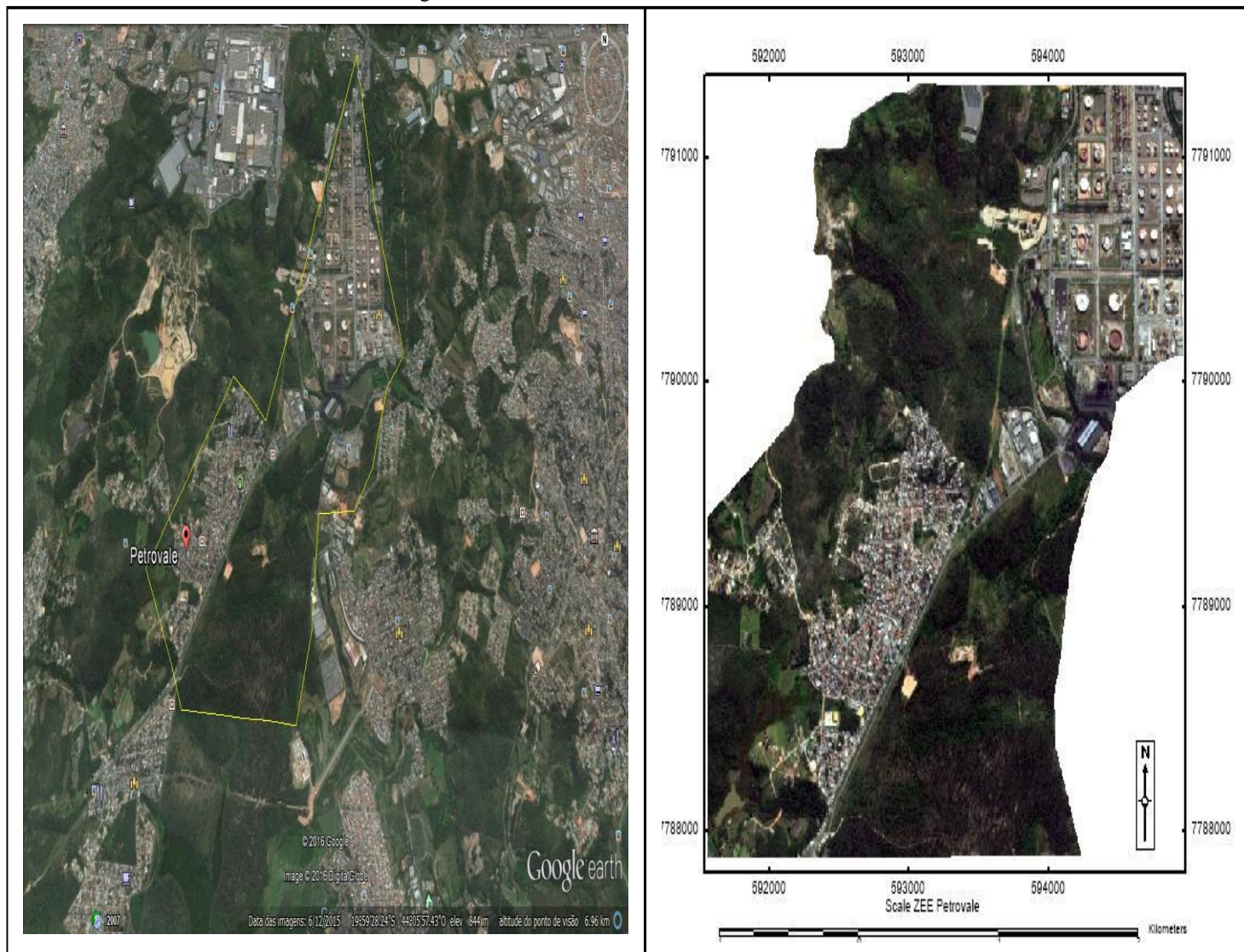
FIGURA 38 - uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Pintado, Regional Petrovale, nos anos de 2000 a 2002.



FONTE: CIBAPAR, 2002.

No documento de 2007, houve a abrangência de um zoneamento diferenciado para empresas petroquímicas e criação do Pólo Industrial Petroquímico, como observado na Imagem 02.

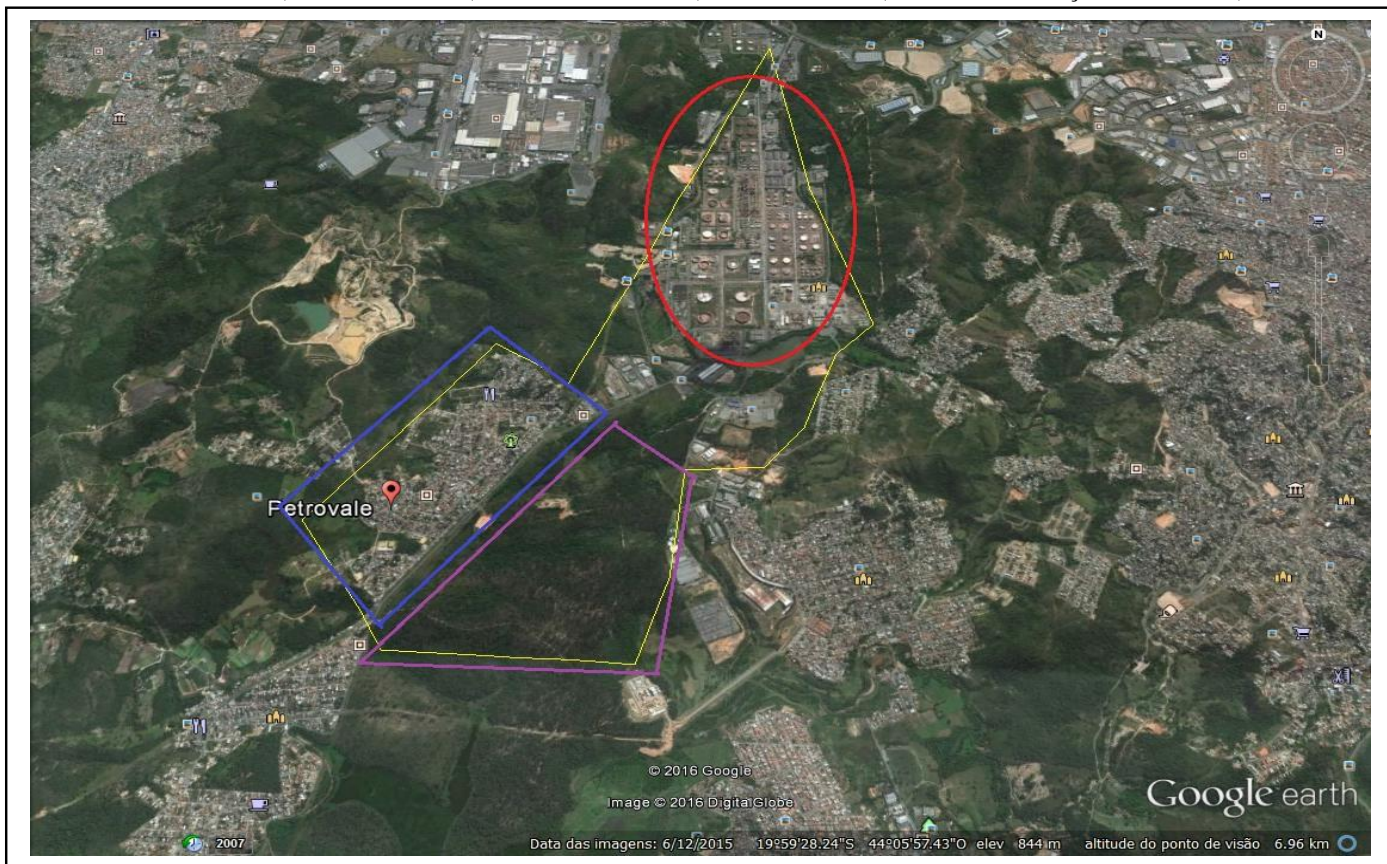
IMAGEM 2 - Delimitação da área de estudo utilizada para a elaboração de imagens de uso e ocupação do solo, em escala gráfica, elaborado com auxílio do software Erdas Imagine, 2014.



FONTE: da autora, julho de 2016.

Desta forma, o uso e ocupação do solo foram caracterizados pela Zona de Atividades Especiais (ZAE I), delimitado em Vermelho e com área total de 2.274.200m² (2.3 km²); e pela regularização do Bairro Petrovale por meio da Zona Residencial Mista (ZRM), delimitada em azul e com área total de 1.312.409m² (1.3 km²). Ainda, foi criada a Área de Interesse Ambiental (AIA), delimitada em roxo e com área total de 2.341.584 m² (2.3 km²), tentando adequar a lei a uma situação já estabelecida antes de sua criação (Imagem 03).

IMAGEM 3 - Zoneamento Ecológico Econômico da área de estudo segundo o ZEE-MG. Em vermelho, ZEI (Zona Exclusivamente Industrial); em azul, ZUU (Zona de Uso Urbano); em roxo, APP (Área de Preservação Permanente).

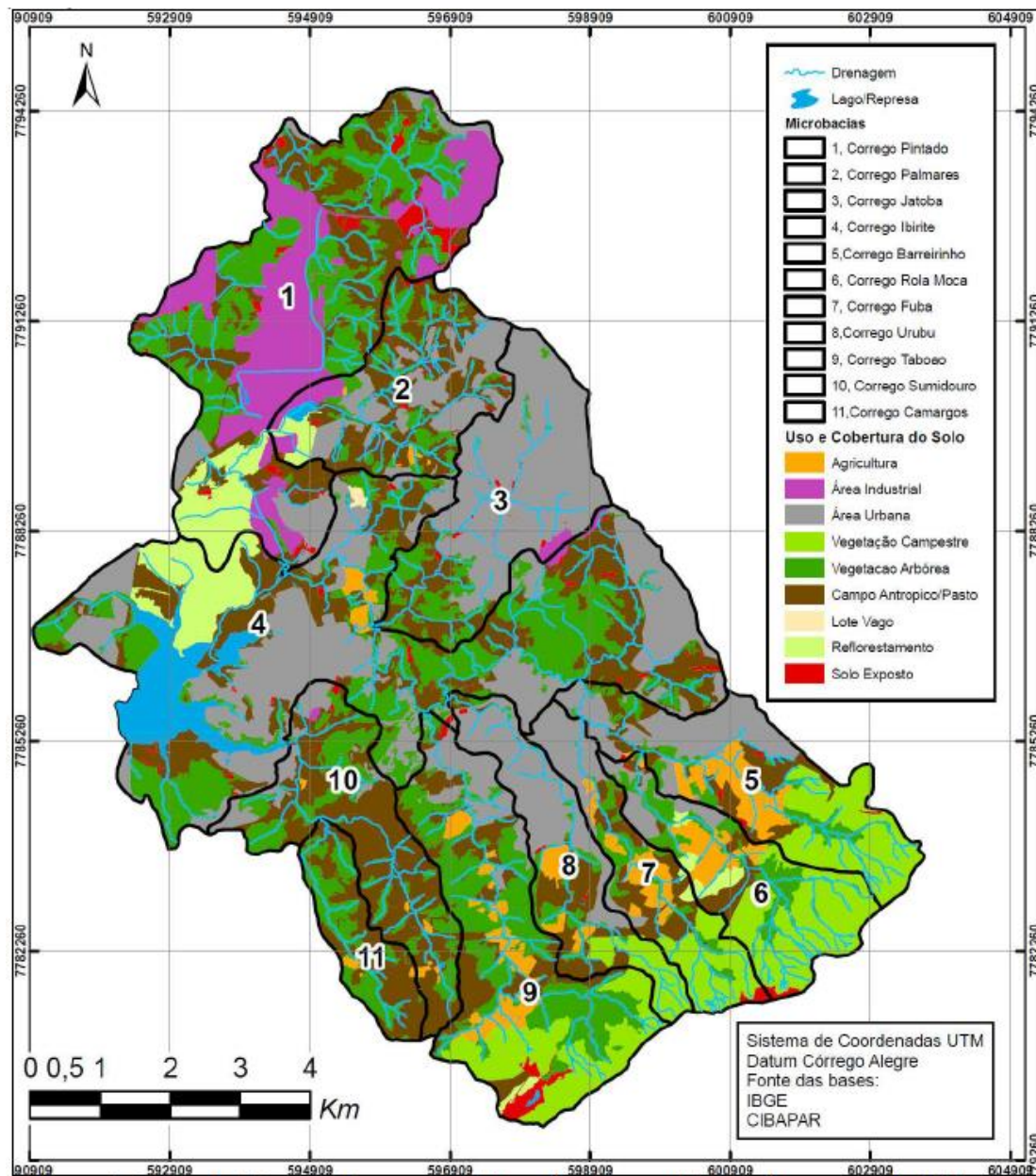


FONTE: Adaptado de Google Earth, acesso em junho de 2016.

Legenda: _____ Pólo Industrial _____ Núcleo Urbano Petrovale _____ Área preservada.

Após esta revisão, o CIBAPAR fez uma nova caracterização do uso e ocupação do solo, que pode ser verificada na Figura 39 a seguir.

FIGURA 39 - uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Pintado, Regional Petrovale, no ano de 2008.

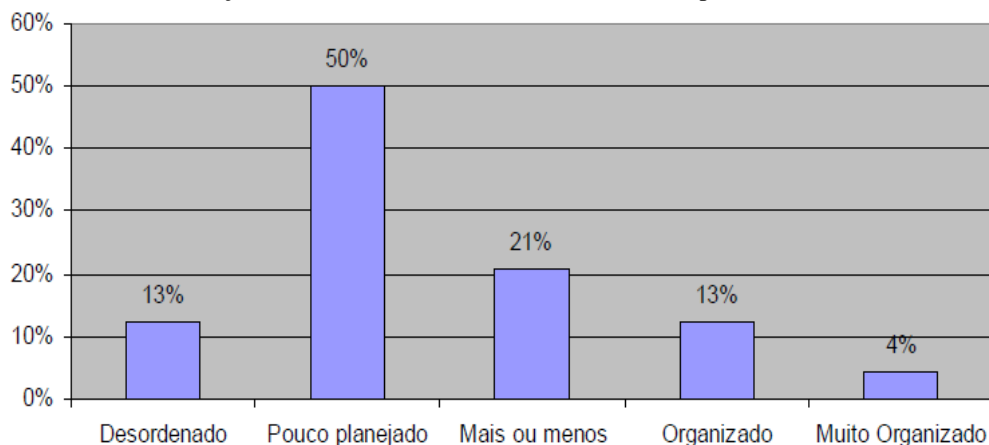


FONTE: CIBAPAR, 2008.

Mesmo com as modificações, uma pesquisa realizada por Almeida (2009) sobre a percepção e avaliação dos moradores sobre o desenvolvimento do bairro apontou que 50% da

população classificou o bairro como pouco planejado, seguido de mais ou menos desenvolvido e desordenado (Figura 40).

FIGURA 40 - Avaliação do desenvolvimento do bairro Petrovale pelos Moradores.



FONTE: Almeida (2009).

Em 2011, a procura por investimentos no Município e a possibilidade de instalação de novos distritos industriais demandou uma segunda revisão das diretrizes de expansão urbana, originando a Lei nº 5.177/2011, mas que não modificou o que já havia sido estabelecido para a Regional Petrovale. Assim, os maiores detalhes de uso e ocupação do solo da Regional Petrovale em 2016 podem ser verificados por meio da delimitação da área na Imagem 04, obtidas por meio dos *softwares* Google Earth Pro e ArcGis, e na Imagem 05, referente à classificação do uso e ocupação do solo em imagem tratada e obtida por meio do *software* Erdas Imagine (2014).

IMAGEM 4 - mapa zonal de uso e ocupação do solo da Regional Petrovale.



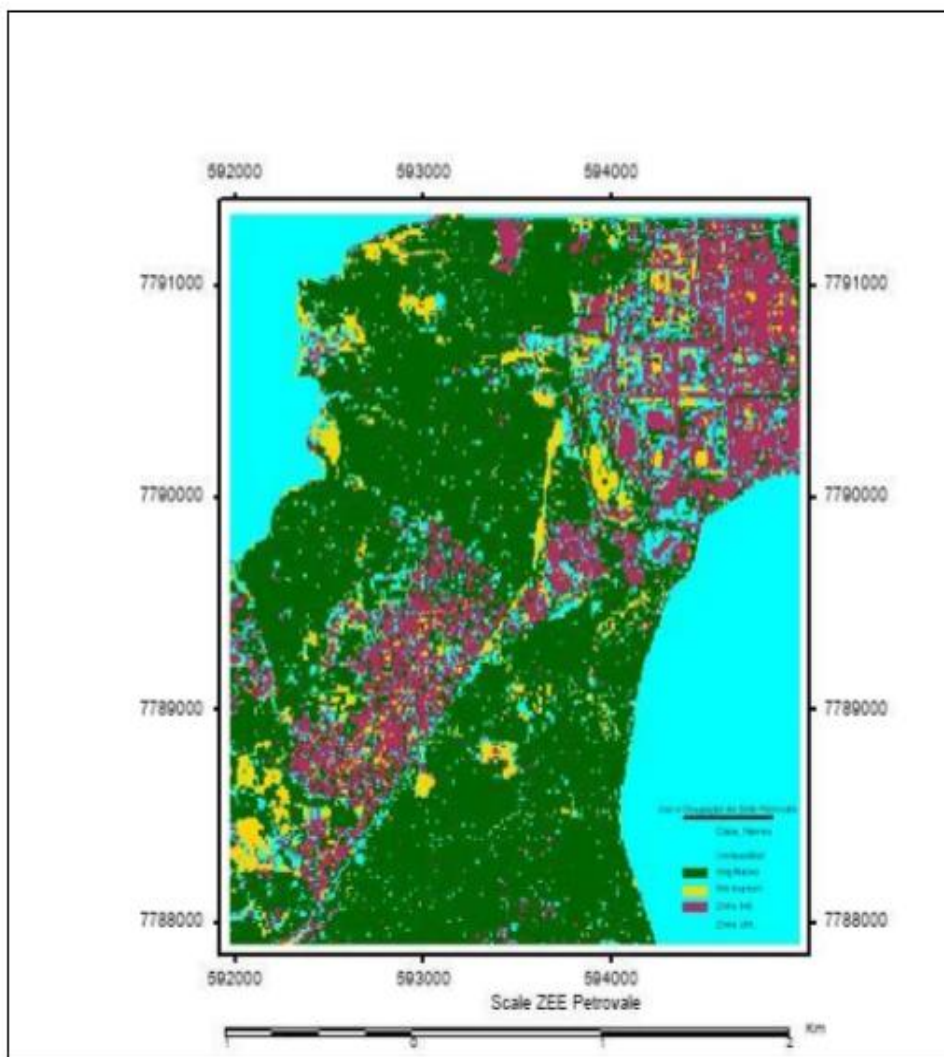
FONTE: da autora, julho de 2016.

Na Imagem 04, obtida e tratada por meio do *software* Arcgis, é possível uma melhor visualização do uso e ocupação do solo e a diferenciação entre Zona Urbana e Polo Industrial.




Na Imagem 05 a caracterização do uso e ocupação do solo corrobora a identificada na Imagem 02, uma vez que se destacam cobertura de vegetação em verde, urbanização em rosa, tanto ao norte onde se localiza o Polo Industrial e ao sul onde se localiza o Bairro Petrovale, e áreas de pastagens em amarelo.

Cabe ressaltar que é possível interpretar a predominância de áreas edificadas, mas a diferenciação entre Zona Urbana (ao sul) e Zona Industrial (ao norte) não se apresentam nítidas, uma vez que a edificação é homogênea, tornando o zoneamento (e sua coloração) homogêneos também.

IMAGEM 5 - delimitação da área de estudo e classificação gerada por meio do software Erdas Imagine (2014).



Legenda:

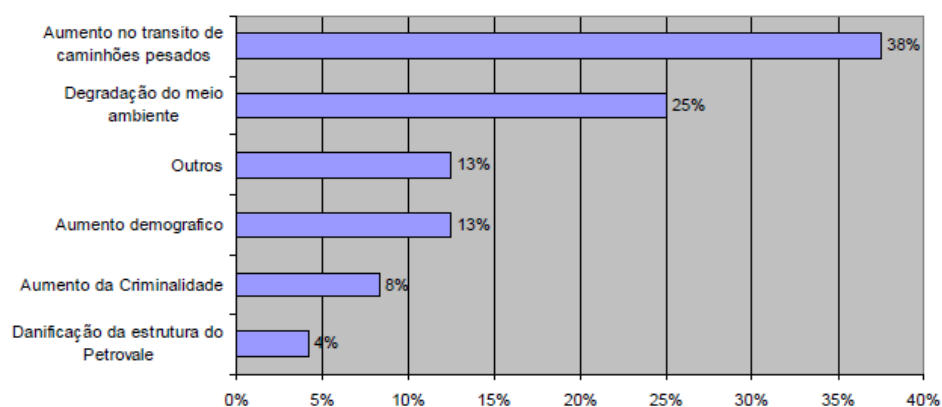
-  **Vegetação preservada**
-  **Solo exposto**
-  **Solo impermeabilizado (área urbana e área industrial)**

Fonte: da autora, julho de 2016.

Todas estas revisões indicam caráter corretivo dos documentos, contrariando o objetivo principal do Plano Diretor de caráter preventivo e de planejamento adequado de uso e ocupação do solo.

Um estudo realizado com a população do Petrovale por Almeida em 2009, ao questionar a população sobre os impactos causados por uma possível expansão do Polo Petroquímico, 38% apontaram o aumento no trânsito de veículos pesados; 25% apontaram a degradação do meio ambiente; e 13% apontaram o aumento demográfico, como demonstrado na Figura 41 a seguir.

FIGURA 41- impactos apontados pela população que podem ser gerados com a expansão do Polo Industrial.



FONTE: Almeida, 2009.

A Lei nº 4.574/2007, referente ao Plano Diretor de Betim em sua versão de criação do Polo Petroquímico da Regional Petrovale, foi utilizada como objeto de estudo já que estabeleceu o zoneamento diferenciado para empresas petroquímicas, denominado Zona de Atividades Especiais (ZAE I); e a Regional Petrovale, denominada Zona Residencial Mista (ZRM). Cabe aqui ressaltar o trecho referente a esta criação:

Art. 31. Visando desestimular a ocupação residencial na área de risco no entorno da Refinaria Gabriel Passos - REGAP e na direção dos ventos dominantes vindos do polo petroquímico, não serão permitidos novos parcelamentos e assentamentos humanos na região do Petrovale e no vale do Ribeirão Sarzedo.

§ 1º. Deverá ser implantada estação meteorológica e estação de monitoramento da qualidade do ar, em função da proximidade do polo petroquímico.

§ 2º. Deverá ser implementado o funcionamento da estação de tratamento de esgotos como proteção ao córrego e às atividades agrosilvopastoris a jusante do bairro.

§ 3º. A melhoria do acesso ao bairro Petrovale fica vinculada à criação de novas áreas industriais que desestimulem as ocupações residenciais no entorno, visando sobretudo a contenção do risco decorrente das atividades empreendidas no local.

§ 4º. Fica criado na Região do Petrovale a Área de Interesse Social (AIS II/57), com o objetivo de promover a regularização Fundiária e Urbanística.

§ 5º. Fica criado na Região do Petrovale a Área de Interesse Social AIS II/58, com o objetivo de promover a regularização Fundiária e Urbanística.

Neste documento, foram identificados conflitos de interpretação e adequação do espaço:

Na Zona de Atividades Especiais I (ZAE-I) são permitidas atividades industriais, comerciais, de prestação de serviços e institucionais, **incompatíveis com o uso residencial**, que possam causar impacto urbanístico e no sistema viário, impacto ambiental, riscos à segurança, ou que necessitem proximidade dos principais eixos viários e de transporte.

Na Zona de Atividades Especiais II(ZAE-II) são permitidas atividades industriais, comerciais, de prestação de serviços e institucionais, cujos fins estejam associados ao desenvolvimento da indústria petrolífera e petroquímica.

§ 5º. A Área de Interesse Social II (AIS II) permite urbanização específica, onde serão realizados levantamentos e estudos sociais para determinação da área mínima do lote, sujeitando-se à aprovação da Câmara Municipal de Betim.

Para regularizar a criação destas áreas urbanizadas, foi criada dentro do Plano Diretor a Área de Interesse Urbano (AIU-IV), categoria de área necessária à implantação de equipamentos urbanos ou comunitários. *Os empreendimentos industriais já implantados poderão permanecer em funcionamento e ainda requerer renovação de quaisquer licenças e alvarás ao município, cabendo o indeferimento apenas se descumpridas as demais legislações exigíveis.*

Como já citado, o Estatuto das Cidades descreve que é dever “*garantir o direito à cidade como um dos direitos fundamentais da pessoa humana, para que todos tenham acesso às oportunidades que a vida urbana oferece*” (SENADO, 2015). Já os planos diretores

descreve que é dever "*assegurar melhores condições de vida para a população e harmonização entre elementos ambientais naturais e construídos*" (SENADO, 2015).

Em seu plano diretor, o município de Betim descreve que "*equipamentos industriais permanecem e podem requerer renovação de quaisquer licenças e alvarás ao **Município**, cabendo o indeferimento apenas se descumpridas as demais legislações exigíveis*". Apesar do licenciamento ser de responsabilidade do órgão ambiental estadual, o cumprimento das diretrizes estabelecidas nos Planos Diretores só serão efetivamente cumpridas se houver a fiscalização e trabalho integrado municipal, visto que a renovação do licenciamento ambiental só é efetivado mediante apresentação de estudos de impactos ambientais e propostas de medidas mitigadoras. Entretanto, não é realizada a devida fiscalização pelo município, devido à hierarquia de responsabilidade para os empreendimentos locais.

Considerando que as atividades industriais oferecem impactos e riscos de segurança, não deveriam ser compatíveis com áreas urbanas.

O Zoneamento Ecológico Econômico constitui ferramenta essencialmente norteadora para a tomada de decisão dentro do Planejamento Urbano e Ambiental, assegurando alternativas políticas e técnicas de negociação e decisão coletiva sobre o futuro comum dos municípios metropolitanos. Assim, o ordenamento territorial deveria concentrar-se em projetos estruturadores que orientassem uma visão de futuro, de longo prazo, de medidas preventivas, de modo a evitar o imediatismo dos governos e ações meramente compensatórias e reparadoras, tentando adequar a lei à uma situação já estabelecida antes de sua criação.

4.8 Matriz de Biótopos

A matriz de biótopos da Regional Petrovale permitiu elencar os principais indicadores dos impactos provenientes de atividades ou ações antrópicas que compõem a área de estudo, sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. A partir dos resultados da interação dos componentes do meio, dentro do uso e ocupação do solo estabelecidos pelo Plano Diretor Local, foi possível obter o Índice de Biótopo de cada dimensão e consequentemente Índice de Qualidade de Vida, detalhados no Quadro 29, Figura 42 a seguir.

QUADRO 29 - Matriz de biótopos da Regional Petrovale, incluindo Polo Industrial e Bairro Petrovale

DIMENSÃO	Tema	Indicadores	Peso	Impacto	IB
1.AMBIENTAL	Qualidade do Ar	Umidade Relativa do Ar	4	3	12
		Temperatura	4	3	12
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{0,3})	4	3	12
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{0,5})	4	3	12
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{1,0})	3	3	9
		Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5})	5	3	15
		Partículas Inaláveis Grossas (MP ₅)	3	3	9
		Partículas Inaláveis Grossas (MP ₁₀)	5	3	15
					IB Parcial
	Qualidade do Solo	Matéria Orgânica	1	1	1
		pH em água	1	1	1
		Carbono Orgânico	1	1	1
		Alumínio (Al ⁺³)	1	1	1
		Capacidade de Troca Catiônica	1	1	1
		Teor de Argila	1	1	1
		Teor de Silte	1	1	1
		Teor de Areia	1	1	1
		Densidade	5	3	15
		Macronutrientes (Ca, Mg, P, K)	5	3	15
		Micronutrientes (Cu, Mn, Fe, Zn)	5	3	15
					IB Parcial
	Qualidade da Água	Oxigênio dissolvido	4	3	12
		Alcalinidade	4	1	4
		pH	5	1	5
		Amônia	4	1	4
		Condutividade Elétrica	2	1	2
		Cor verdadeira	4	1	4
		Demanda Química de Oxigênio	4	1	4
		Demanda Bioquímica de Oxigênio	5	3	15
		Dureza	4	1	4
		Nitrito	4	1	4
		Nitrato	4	1	4
		Óleos e Graxas	5	1	5
Sólidos Suspensos		4	1	4	
Sólidos dissolvidos		4	1	4	
Turbidez		5	2	10	

		Coliformes totais	5	3	15
		IB Parcial			6.25
	Qualidade vegetal	Desenvolvimento Foliar por Assimetria Flutuante Lado Direito	5	3	15
		Desenvolvimento Foliar por Assimetria Flutuante Lado Esquerdo	4	3	12
		IB Parcial			13.5
	IB parcial Dimensão Ambiental			9.14	
2.SOCIAL	Saneamento básico	Domicílios sem rede de água	5	3	15
		Domicílios sem coleta de lixo	5	3	15
		Domicílios sem rede de esgotamento	5	3	15
		IB Parcial			15.0
	Saúde doenças causadas pela poluição atmosférica	Alergias	4	3	12
		Asma	4	3	12
		Bebê chorando/irritadiço	3	2	6
		Cefaleia	5	3	15
		Dispneia em adulto	3	2	6
		Dispneia em criança	4	3	12
		Problemas nos olhos	4	3	12
		IB Parcial			10.71
	Habitação	Residentes em domicílios subnormais	5	1	5
		Domicílios particulares permanentes	5	3	15
		IB Parcial			10.0
	Educação	Cobertura de creches na rede pública	4	3	12
		Cobertura de pré-escola na rede pública	4	3	12
Reprovação no ensino médio na rede pública		4	1	4	
Abandono no ensino médio na rede pública		4	1	4	
Distorção de idade no ensino médio na rede pública		4	1	4	
Analfabetismo na faixa de idade entre 0 e 14 anos		5	3	15	
Analfabetismo na faixa de idade de 15 anos ou mais		5	3	15	
	IB Parcial			9.43	
Violência	Homicídios registrados por atestado de óbito	4	2	8	
	Homicídio juvenil masculino	4	1	4	
	Crianças e adolescentes atendidos por violência física	4	1	4	

	Mulheres atendidas por violência física	4	1	4	
	Medidas socioeducativas em meio aberto	4	1	4	
	IB Parcial			4.8	
	IB parcial Dimensão Social			9.98	
3. ECONÔMICA	Renda	Pobreza extrema	5	3	15
		Domicílios com renda per capita até 1/4 de salário mínimo	5	3	15
		Domicílios com renda per capita até 1/2 de salário mínimo	4	3	12
		Crianças que trabalham	5	3	15
		Número de domicílios atendidos pelo Programa Bolsa Família	4	1	4
		Deficientes com Baixa Renda Sem Benefícios	5	3	15
		Famílias beneficiárias de cesta básica	4	2	8
		Benefício Prestação Continuada Idosos	4	1	4
				IB Parcial	11.0
				IB parcial Dimensão Econômica	11.0
				IB FINAL	10.04

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

FIGURA 42 – Classificação do Índice de Qualidade de Vida de acordo com o IB.



FONTE: OLIVEIRA JÚNIOR (2011).

A seleção dos indicadores avaliados na dimensão ambiental considerou os critérios que apontariam os efeitos da ação antrópica sobre os mesmos, como parâmetros de qualidade do ar, da água e do solo estabelecidos por lei, e os desvios visuais da lâmina foliar para os lados esquerdo e direito em função da influência dos efeitos da poluição e sua capacidade de resiliência.

Nas dimensões social e econômica foram considerados os indicadores intraurbanos elaborados pela organização já citada, por meio de um convênio com uma empresa presente na Área de Influência da Regional, uma vez que nem sempre as instituições públicas têm o tempo hábil para reunião e compilação destes dados diante da sazonalidade dos governos. Ainda, o menor número de indicadores econômicos foi justificado pela organização, pelo IBGE e pelo órgão municipal, pelo fato de não haver muitos dados econômicos disponíveis uma vez que os habitantes da Regional preferiram não se declararem para não exporem as condições irregulares de ocupação.

Observando a escala de interação entre IB e IQV (Figura 42), entre as três dimensões, houve uma progressão crescente do IB e decrescente do IQV, onde a dimensão ambiental apresentou IB=9,14 (IQV intermediário, qualidade de vida aceitável), a dimensão social apresentou IB=9,98 (IQV intermediário, qualidade de vida aceitável) e a dimensão econômica apresentou IB=11,00 (baixo IQV, qualidade de vida indesejável), o que indica a dimensão econômica como a mais deficitária na área de estudo.

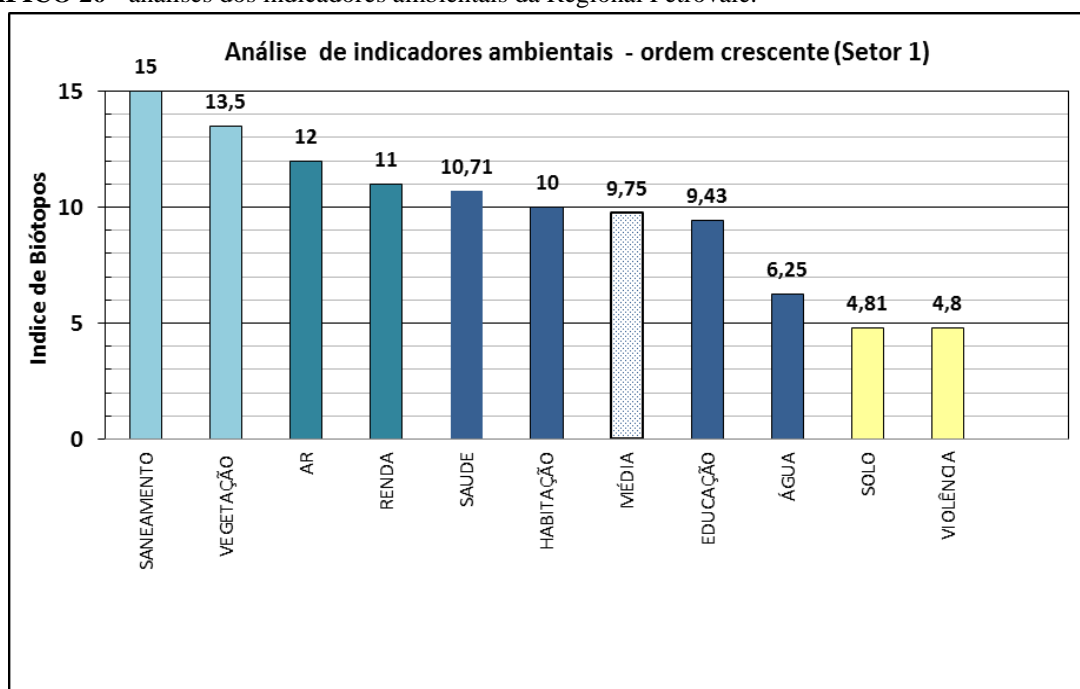
O maior IB encontrado foi na dimensão econômica, indicando qualidade de vida indesejável sob este atributo. Grande parte dos indicadores encontra-se de algum modo comprometido, intervindo ou impedindo a qualidade de vida do ponto de vista econômico na Regional. Os indicadores neste caso contribuem pouco ou quase nada com benesses para o bem-estar humano, podendo até prejudicar a qualidade de vida no local. em relação a cada atributo avaliado, os valores de IB variaram entre 4 (qualidade de vida desejável em 2 atributos - domicílios atendidos pelo Bolsa Família e população idosa favorecida por benefícios); 8 (qualidade de vida aceitável em 1 atributo - famílias atendidas por cesta básica); 12 (qualidade de vida indesejável em 1 atributo - domicílios com renda per capita de 1/2 salário mínimo) e 15 (qualidade de vida indesejável em 4 dos 8 atributos da dimensão, relacionados à trabalho e renda).

O mesmo ocorreu na dimensão social, mas indicando qualidade de vida aceitável. Entretanto, alguns indicadores já sofrem algum tipo de impacto sobre sua capacidade funcional, comprometendo parcialmente os benefícios que proporcionam bem-estar humano

do ponto de vista social. Estes resultados corroboram os impactos identificados por meio de análises dos atributos e indicadores socioambientais já discutidos. Ainda, o indicador com maior IB na dimensão social está relacionado ao saneamento básico, corroborando as condições verificadas em campo. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações sócio-econômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental. Assim, o alto IQV e o direcionamento para qualidade de vida indesejável justificam-se com as condições encontradas, uma vez que estes indicadores são primordiais para promoção da saúde e bem estar da população. em seguida, em ordem decrescente, os maiores IB's apresentados nesta dimensão foram relacionados à saúde, habitação, educação e violência, indicando assim que os maiores problemas sociais do bairro se relacionam à saneamento e saúde da população.

Na dimensão ambiental o IB encontrado também indicou qualidade de vida aceitável mas, de acordo com os indicadores e temas avaliados, demonstrou que apesar de estes serem relevantes para o bem estar ambiental e social, não estão contribuindo com seus benefícios que poderiam prover e sofrendo alto impacto ambiental, diante dos IB's de cada tema. O indicador que apresentou maior IB foi o de qualidade da vegetação (IB=13,5), indicando qualidade de vida indesejável e baixo IQV. Não muito diferente, a qualidade do ar vem em seguida, com IB=12,0, também indicando o segundo mais baixo IQV e qualidade de vida indesejável. Ainda, a qualidade da água referente ao Córrego Pintado nos pontos de estudo apresentou IB=6,5 e IQV aceitável, seguido do IB=4,81 referente ao solo do Córrego Pintado e IQV desejável. Foi possível perceber que os indicadores que mais prejudicam a qualidade de vida na área de estudo estão relacionados à poluição atmosférica, prejudicando não só o bem estar da população humana, mas também dos indivíduos das espécies vegetais da Regional que poderiam contribuir para amenizar os impactos provocados na população pela qualidade inadequada do ar.

Um resumo dos índices de cada biótopo em cada dimensão pode ser verificado no Gráfico 28 a seguir.

GRÁFICO 26 - análises dos indicadores ambientais da Regional Petrovale.

FONTE: da autora, janeiro de 2017.

Dentre os IB's obtidos pelas dimensões, houve uma proximidade entre a dimensão ambiental e social, justificada pelo fato de haver forte interação e proximidade entre ambos, diante da necessidade de ocupar os espaços naturais. Entretanto, há também a necessidade de assegurar a funcionalidade sistêmica dos ambientes já que esta proximidade retrata impactos em ambas as dimensões. Este resultado próximo já era esperado, considerando que os recursos ambientais trazem maior conforto e minimizam os efeitos da urbanização (ilhas de calor, baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas).

Na dimensão social, habitação e educação direcionam-se para qualidade de vida indesejável, uma vez que o bairro não estava estruturado para abarcar o número de moradores e, além disso, nem todos são regularizados. Apesar disso, a Regional apresentou baixos índices de violência em relação à outros bairros e Regionais de Betim, demonstrando que os problemas ocorridos foram relacionados à ocupação desordenada.

Os altos IB's para saúde e qualidade do ar retratam irregularidades no controle de emissões por parte das empresas do Polo Industrial Petroquímico, demonstrando também a fragilidade dos órgãos públicos estaduais e municipais na fiscalização do cumprimento das leis ambientais. Além disso, como parte dessas emissões também é proveniente de fontes móveis, caso haja expansão destas empresas, o aumento de pessoas frequentando o bairro para

trabalhar ou de moradores, sejam regularizados ou não, também pode agravar ainda mais uma condição que já prejudica a qualidade ambiental.

A dimensão econômica foi a que mais retratou a condição real do bairro, que apesar de abrigar um Polo Industrial Petroquímico não abarca a população como um todo no mercado. Parte dos habitantes trabalha nas empresas locais, justificando sua ocupação, mas grande parte da população se deslocou para a região em busca de emprego e acabou por se marginalizar. Assim, o IB da dimensão econômica retrata qualidade de vida indesejável.

Avaliando os resultados do gráfico 28, foi possível perceber que as maiores fragilidades da Regional Petrovale foram relacionadas à saneamento, seguido de qualidade de retorno de benesses da vegetação para equilíbrio da condição atmosférica, qualidade do ar, renda e saúde da população.

O IB final demonstrou, além da qualidade de vida indesejável no ambiente como um todo, que há o desequilíbrio entre os meio físico, biótico e socioeconômico, nitidamente visível na ordem decrescente dos IB's, e que os impactos sobre os indicadores exercem influência significativa sobre todos os elementos do meio. Assim, o IB final indesejável apresenta tendência de levar a um IQV cada vez mais baixo, levando à piora da qualidade de vida local.

Estes temas podem ser utilizados em estratégias rápidas de diagnóstico e resolução de problemas públicos, monitoramento de qualidade de vida tanto local/regional quanto municipal/estadual. Além disso, podem contribuir para o cumprimento de ações indicadas por agências de cooperação internacional e até mesmo na captação de recursos das mesmas. Como exemplo, a matriz de biótopo pode auxiliar a cidade de Betim a atender aos objetivos do Milênio e aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ambos promovidos pela Organização das Nações Unidas, o que favorece e contribui para o cumprimento do acordo formalizado pelo Governo Brasileiro de atender a ambos até o ano de 2030. Assim, a parceria global brasileira sendo atendida em partes pelo município de Betim pode também contribuir para a captação de recursos federais, estaduais e municipais para o cumprimento de medidas mitigadoras relacionadas aos impactos identificados na matriz de biótopos. Alguns dos Objetivos do Milênio que podem ser atendidos encontram-se na Figura 43 a seguir.

FIGURA 43 – Objetivos do Milênio propostos pela ONU que podem ser atendidos com a aplicação do diagnóstico da matriz de biótopo no município de Betim.



FONTE: ONU, 2017.

Além dos Objetivos do Milênio, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que podem ser atendidos com a elaboração da matriz de biótopo são identificados na Figura 44 a seguir.

FIGURA 44 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU que podem ser atendidos com a aplicação do diagnóstico da matriz de biótopo no município de Betim.



FONTE: ONU, 2017.

O conceito de governança pode ser definido, de acordo com a Comissão sobre Governança Global (1996), como “a totalidade das diversas maneiras pelas quais os indivíduos e as instituições, públicas e privadas, administram seus problemas comuns. É um processo contínuo pelo qual é possível acomodar interesses conflitantes ou diferentes e realizar ações cooperativas”. Entretanto, esta governança só tem legitimidade se aceita pela maioria ou, pelo menos, por aqueles diretamente afetados, enquanto o governo pode operar mesmo diante da oposição. Ainda, a expressão pode ser utilizada para designar as atividades geradoras de instituições que garantem que um sistema composto por Estados-nação se governe sem que disponha de um governo central, ou seja, são as atividades para as quais também contribuem muitos atores da sociedade civil, bem como governos nacionais, e Organizações Internacionais. (ROSENAU & CZEMPIEL, 2000).

Considerando que o direito ao meio ambiente saudável é tido como direito universal da humanidade, e corroborado pelo artigo 225 da Constituição Federal, onde “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presente e futuras”, a Matriz de Biótopo servirá como um instrumento utilizado para influenciar os governos na criação de regras de controle ambiental, como um mecanismo de mensuração da qualidade ambiental. Os resultados adquiridos por ela podem exercer influência direta na tomada de decisão acerca das políticas públicas voltadas ao bem estar do meio ambiente, bem estar social e melhoria da qualidade de vida.

A forma de aliar a Avaliação Ambiental Estratégica à Avaliação de Impactos Ambientais é permeada pela Matriz de Biótopos, correlacionando critérios ambientais de relevância e que indiquem tensões ambientais a que o ambiente é submetido, grau de interferência dos impactos ambientais, níveis de qualidade de vida, etc, de acordo com o uso e ocupação do solo e respectivo Zoneamento Ecológico e Econômico.

O uso da expressão “qualidade de vida” remete à demanda por melhores condições de saúde e bem-estar, face aos impactos e desigualdades geradas pelo crescente processo de urbanização. Remete, sobretudo, a componentes de caráter imaterial, imprimindo ao conceito o enfoque do indivíduo, vinculado a aspirações por felicidade, bem-estar e satisfação pessoal.

Assim como os indicadores sociais, a geração de indicadores ambientais constitui um instrumento valioso para descrever e acompanhar as condições de uma região, retratando um diagnóstico rápido da realidade local e necessário como instrumento para tomadas de decisão de políticas públicas e na esfera do planejamento urbano e ambiental, uma vez que é visto, desde sua origem, como variável que carrega significado socialmente determinado, além do seu significado científico. Como resultado, além do diagnóstico, é possível conciliar desenvolvimento econômico com proteção ambiental, levando à harmonização do uso e ocupação do solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes realidades das áreas metropolitanas exigem um planejamento específico que combine os princípios de eficiência no desenvolvimento das atividades econômicas, de qualidade de vida para seus habitantes, de adequação de desenho urbano e preservação dos recursos naturais.

A concepção de planejamento tem sido focada na questão físico territorial, em escala local, apontando para um projeto de cidade ideal a partir da definição de padrões adequados de organização do espaço previsto em instrumentos de planejamento, ordenamento e regulação de uso e ocupação do solo.

Em Minas Gerais, o Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE) tornou-se instrumento regulatório para a elaboração de diagnósticos de uso e ocupação do solo nos municípios, por meio da divisão do território em zonas distintas e formalização nos Planos Diretores Municipais, representando ferramenta primordial para a efetivação do ordenamento e do Planejamento Urbano e Ambiental. Entretanto, nem sempre esta é a realidade dos municípios, que acabam por readequar seu planejamento territorial à realidade local após o desenvolvimento.

Para que este reordenamento não perca o objetivo principal e atue como instrumento de políticas públicas, há a necessidade de aplicação do mapeamento de biótopos, como forma de realizar um diagnóstico rápido, que retrate a realidade e forneça alternativas para minimização dos impactos ambientais.

A ocupação desordenada na Regional Petrovale, antes da criação do Plano Diretor, proporcionou a elaboração de um documento corretivo ao invés de preventivo, mas que pretendeu se adequar ao ZEE-MG. A regularização da zona urbana devido ao interesse social se fez necessária, já que a ocupação, em muitos casos, ocorreu sem a definição de loteamentos, devido ao atrativo de desenvolvimento da área pelo Polo Industrial. As revisões do documento pretenderam ações imediatistas para sanar um problema, uma vez que o Polo Industrial não realizou nenhuma expansão, mas gerou aumento da vulnerabilidade social e das áreas naturais, uma vez que os conflitos reais de ocupação urbana e industrial frente à pressão de ocupação e poluição sob os recursos naturais locais são constantes e as lacunas deixadas no

Plano Diretor permitem uma organização formalizada no papel mas um desarranjo ainda estabelecido na área de estudo.

O mapeamento de biótopos diagnosticou os impactos provenientes do uso e ocupação do solo inadequados, demonstrando que nem sempre a atualização de documentos resolve conflitos socioambientais. Ao contrário, no caso da Regional Petrovale, a simples readequação do espaço, sem a minimização dos impactos, aumentou e tem aumentado os problemas locais, que não estão sendo monitorados nem pelas empresas do Polo Industrial e nem pelo poder público. Este último ainda apresenta lacunas em sua jurisprudência, já que o Polo Industrial recebeu seu licenciamento ambiental do Estado – que deveria cumprir o papel de monitoramento – mas ocupa e afeta o território municipal e poderia ser fiscalizado pela Prefeitura de Betim, já que em seu Plano Diretor a cidade assume a responsabilidade, mas não a executa.

Assim, o presente trabalho serviu como um modelo que pode ser difundido como instrumento de governança, tanto na esfera pública para utilização na atualização de Planos Diretores, quanto na esfera privada, para realização de diagnósticos ambientais e sociais, podendo servir para municípios desenvolvidos e em desenvolvimento, e auxiliando também assim na elaboração de projetos que atendam escalas locais, regionais, municipais, estaduais e federais. Dessa forma, podem ser planejadas ações mitigadoras preventivas e corretivas, auxiliando também no planejamento de expansão urbana e controle ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOT. **História da Ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

ADLER, F.R.; TANNER, C.J. **Ecosistemas Urbanos: princípios ecológicos para o ambiente construído**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALENCAR, E. **Abordagem interpretativa nas Ciências Sociais**. Lavras: UFLA, 1996.

ALMEIDA, J.R. de, *et.al.* **Planejamento ambiental: caminho para a participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum**. *Uma necessidade, um desafio*. Rio de Janeiro: Thex; Biblioteca Estácio de Sá, 1993. 176p.

ALMEIDA, J.R. de, *et.al.* **Gestão ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação, verificação**. Rio de Janeiro: Thex, 2000.

BAER, Werner. **A industrialização e o desenvolvimento econômico do Brasil**. Tradução Paulo de Almeida Rodrigues. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas; 1979.

BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista meio Ambiente e sustentabilidade**, v. 2, n. 1, 2012.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G.; GUIMARÃES, E. F. & LIMA, H. C. 1991. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. v.3. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa. 237-314p.

BEASLEY DAE, BONISOLI-ALQUATI A, MOUSSEAU, TA. The use of fluctuating asymmetry as a measure of environmentally induced developmental instability: A meta-analysis. **Ecol. Indic.** 30:218–226p.2013.

BEDÊ, L. C. *et al.* **Manual para mapeamento de biótopos no Brasil: base para um planejamento ambiental eficiente**. 2. ed. Belo Horizonte: FABrandt, 1997.

BETIM. Lei nº3006 de 1997. **Primeiro Plano Diretor de Betim**. Disponível em <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/betim/lei-ordinaria/2000/329/3298/lei-ordinaria-n-3298-2000-acrescenta-o-paragrafo-4-ao-artigo-14-da-lei-n-3006-97-da-nova-redacao-ao-seu-caput-e-da-outras-providencias>>. Acesso em julho de 2016.

BETIM. **Decreto 16.660 de 2001. Política de proteção, preservação, conservação, controle e recuperação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida no município de Betim.** Disponível em <http://www.betim.mg.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/decreto_16660_2001_regula_lei_ambiental;07243110;20061128.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

BETIM. **Lei 4.574, de 2007 - revisão do Plano Diretor de Betim.** Disponível em <http://www.betim.mg.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/LEI_457407_VETO_REJEI%C3%87%C3%83O;0724280501;20071128.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

BETIM, SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE. **Dados sobre problemas respiratórios em Betim. 2015.** Disponível em <http://www.betim.mg.gov.br/prefeitura_de_betim/secretarias/saude/>. Acesso em janeiro de 2017.

BETIM. **Origem da cidade de Betim.** Departamento de Pesquisas Públicas Urbanas de Betim (DPPURB). Disponível em <http://www.betim.mg.gov.br/prefeitura_de_betim/falando_de_betim/o_municipio/39037%3B36637%3B070912%3B0%3B0.asp>. Acesso em janeiro de 2017.

BIODIVERSITAS, Fundação. **Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no estado de Minas Gerais.** Disponível em <<http://www.biodiversitas.org.br/atlas/>>. Acesso em dezembro de 2016.

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, method, Applications: a report to the Balaton Group.** Technical Report, Internacional Institute for Sustainable Development, Canada, 1999.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Brasília, 1988. Disponível em <www.senado.gov.br>. Acesso em julho de 2015.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Brasília, 2012. Disponível em <www.senado.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em julho de 2015.

BRASIL. **Decreto Federal 4297/2002 - Zoneamento Ecológico Econômico**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Estatuto da Cidade: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001**. Câmara dos Deputados. Coordenação de Publicações: Brasília, 2001.

BRASIL Ministério das Cidades. **Plano Diretor Participativo. Guia para participação pelos municípios e cidadãos**. CONFEA: Brasília, 2004.

BRASIL. **Lei nº10257/2001. Políticas Urbanas do Brasil**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em julho de 2016.

BRASIL. **Política Nacional de Meio Ambiente: Lei nº6938/81**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA 01 de 1986**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA 274 de 2000 - critérios de balneabilidade em águas brasileiras**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 2005 - classificação dos corpos d'água**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA 420 de 2009 - critérios de qualidade do solo em presença de substâncias químicas**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em janeiro de 2017.

BRASIL. **Resolução COPAM 166 DE 2011. Valores de Referência para qualidade dos solos em Minas Gerais.** Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>>. Acesso em janeiro de 2017.

BRUSCA, R., & BRUSCA, G. **Invertebrados.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

BUARQUE, Sérgio C. e LIMA, Ricardo. **Manual de Estratégia de Desenvolvimento para Aglomerações Urbanas.** Brasília, IPEA, 2005.

BUARQUE, Sérgio C. e LIMA, Ricardo. **Manual de Estratégia de Desenvolvimento para Aglomerações Urbanas.** Brasília, IPEA, 2005.

BUCCI, Maria de Paula Dallari. **Direito administrativo e políticas públicas.** São Paulo: Saraiva, 2002.

CAIADO, Maria Célia Silva. **O padrão de urbanização brasileiro e a segregação espacial da população na região de Campinas: o papel dos instrumentos de gestão urbana.** 1998. Disponível em <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/PDF/1998/a140.pdf>>. Acesso em 25 jun 2006.

CAMPOS, Gastão W.S. **Subordinação da saúde pública a dinâmica da acumulação capitalis: ou, breve história do “ocaso” da saúde pública.** In: MERHY, Emerson E. **O capitalismo e a saúde pública.** 2 ed. Campinas: Papyrus, 1987. p.111-127

CASTELLS, Manuel. **A questão urbana.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Estudos básicos para o Diagnóstico Ambiental do Município de Betim. Belo Horizonte.**Dezembro/1994.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluição do ar.** 2001. Disponível em <http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>>. Acesso em janeiro de 2017.

CHOAY apud MARQUES (1994), CHOAY, Françoise. **O Urbanismo.** São Paulo: Perspectiva, 1983.

CIBAPAR - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA BACIA DO RIO PARAPEBA. Diagnóstico Ambiental da Bacia da Lagoa de Ibitié. 2008. Disponível em <www.cibapar.org.br>. Acesso em julho de 2016.

CIBAPAR - CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA BACIA DO RIO PARAPEBA. Zoneamento Ecológico Econômico da Bacia do Córrego Pintado. 2012. Disponível em <www.cibapar.org.br>. Acesso em julho de 2016.

CLARKE, G.M.; ARTHINGTON, A.H. & PUSEY, B.J. 1995. Fluctuating asymmetry of chironomid larvae as an indicator of pesticide contamination in freshwater environments. Pp. 101-109. In: **P.S. Cranston, (ed.), Chironomids: from Genes to Ecosystems. CSIRO Australia, Melbourne. 482p.**

COMISSÃO SOBRE GOVERNANÇA GLOBAL. **Nossa Comunidade Global. Relatório da Comissão sobre Governança Global.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1996.

CORBUSIER, Le. **Urbanismo.** São Paulo: Martins Fontes, 2000.

CORRÊA, Roberto L. **Trajatórias Geográficas.** – 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DAHL, F. (1908): Grundsätze und Grundbegriffe der biocoenotischen Forschung. **Zool. Anz., 33: 349-353.**

DARWIN, C. **A origem das espécies.** 1989. São Paulo: Martin Claret, 2014.

DAVIS, Mike. **Cidades Mortas.** Trad. Alves Calado. Rio de Janeiro: Record, 2007.

DÍAZ M, PULIDO FJ, MOLLER, A.P. Herbivore effects on developmental instability and fecundity of holm oaks. **Oecologia 139:224–34.** 2004.

DOBZHANSKY, T. **Genética do Processo Evolutivo.** Edusp, São Paulo. 453p. 1973.

EMATER. **Caracterização dos ecossistemas de Betim. 2005.** Disponível em <http://www.betim.mg.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/relatoriobetim;0724280503;20070213.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PECUARIA E AGRICULTURA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2006.

FAIR JM, BRESHEARS DD. Drought stress and fluctuating asymmetry in *Quercus undulata* leaves: confounding effects of absolute and relative amounts of stress? *J Arid Environ* 62:235–249. **Doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.11.010**. 2005.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Monitoramento de Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte, ano base 2013**. Belo Horizonte: Fundação Estadual de Meio Ambiente, 2016.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM 001/81**. 2000. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=88>>. Acesso em janeiro de 2017.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM 11/86 - Padrões para emissões atmosféricas em Minas Gerais**. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=92>>. Acesso em janeiro de 2017.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM 187/13 - Padrões de Qualidade do Ar em fontes fixas**. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=29875>>. Acesso em janeiro de 2017.

FERNANDES, G.W., de OLIVEIRA, S.C.S., CAMPOS, I.R., BARBOSA, M. SOARES, L.A. & Cuevas-Reyes, P. (2016). **Leaf fluctuating asymmetry and herbivory of *Tibouchina heteromalla* in restored and natural environments**. *Neotropical Entomology* 45: 44-49.

FINKELMAN, J.; NETTO, G. F.; GALVAO, L. A.. O desenvolvimento da Saúde Ambiental no Brasil. In MINAYO, Maria Cecília S.; MIRANDA, Ary C. (org) **Saúde e ambiente sustentável: estreitando os nós**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002. p10-16.

FORESTI, C.; HAMBURGER, D.S. **Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In: Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar.** Org. S.M. Tauk. São Paulo:Unesp, 1991. p.115-120.

FRANCO, MAR. **Planejamento Ambiental para a cidade sustentável.** São Paulo: ANNABLUME/FAPESP, 2001.

FREEDMAN, B. 1995. **Environmental Ecology. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses.** 2nd. Academic Press Inc. San Diego.

FREITAS, Carlos M.; PORTO, Marcelo F. S. **Saúde, ambiente e sustentabilidade - Coleção Temas em Saúde.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

FURLAN, S.A. **Modelagem dinâmica de Uso e Cobertura da terra da bacia do Arroio Grande – RS.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Geomática, Rio Grande do Sul, 2012. 129p.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5.ed.São Paulo: Atlas, 2007.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai/jun, 1995.

GOSTREIN, M.D. **Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". São Paulo em Perspectiva, 15(1) 2001.**

GRAHAM JH, RAZ S, HEL-OR H, NEVO E (2010). **Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. Symmetry (Basel) 2:466–540. Doi: 10.3390/sym2020466.**

HARDI, P., BARG, S. **Measuring Sustainable Development: Review of Current Practice.** Winnipeg: IISD,.1997.

HOGG, I.D.; EADIE, J.M.; WILLIAMS, D.D. & TURNER, D. 2001. **Evaluating fluctuating asymmetry in a stream-dwelling insect as an indicator of low-level thermal stress: A large scale field experiment. The Journal of Applied Ecology, 38(6): 1326-1339.**

HORBACH, Carlos Bastide. Direito urbanístico constitucional: instrumento de políticas urbana na Constituição de 1988. *Apostila da pós – graduação lato sensu em “Desenvolvimento Sustentável e Direito Ambiental”* – CDS/UnB, 2004.

HUERTAS, F. **Entrevista com Carlos Matus: o método PES**. São Paulo: FUNDAP, 1996.

IANNI, Aurea M.; QUITÉRIO, Luiz A. D. **A questão ambiental urbana no programa de saúde da família: avaliação da estratégia ambiental numa política pública de saúde**. *Ambiente & Sociedade*. v.9. n. 1 jan./jun. 2006.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Resolução 01/86 - **Uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em janeiro de 2016.

IBAMA – **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental**. 2001. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/MANUAL_mineracao.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira - Sistema Fitogeográfico - Inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas; procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Mapa temático de solos do Brasil**. 2005. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em janeiro de 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÍSTICA. **Cidade de Betim**. 2017. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=310670>>. Acesso em janeiro de 2017.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. O Brasil na virada do milênio. **Trajatória do crescimento e desafio do desenvolvimento**. Brasília, 1997. Disponível em <www.pnud.org.br/rdh/rdh96/index.php>. Acesso em janeiro de 2016.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. A função social da propriedade e o direito à cidade: teoria e prática atual. 2016. Disponível em <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7651/1/td_2282>. Acesso em janeiro de 2016.

JOHNSON, R.K.; WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D.M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. Pp. 40-105. In: **D.M. Rosenberg & V.H. Resh, (eds.), Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York. 488p.1993.**

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1992. 564p. Apud CASTRO, C.R.A, JÚNIOR, N. **O processo de planejamento urbano e sua busca pelo resgate da qualidade ambiental da cidade. Revista Hórus, Ourinhos:v.1, n.1.2003.**

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology.** New York: Springer–Verlag, 1998. 540p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos: Rima, 2004.

LATOURE, B. **O exótico homem das cidades - Caderno Mais!.** São Paulo: Folha de São Paulo, 12 de abr.1998.

LE CORBUSIER, Charles-Edouard. **Urbanismo.** São Paulo: Martins Fontes, 1992. 307p.

LEITÃO-FILHO, H. F. & SEMIR, J. 1987. Compositae. In: Giuliatti, A. M.; Menezes, N. L.; Meguro, M. & Wanderley, M. G. L. (eds.). **Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies.** Boletim de Botânica Universidade de São Paulo 9: 29-41.

LIMA, C. S., Oki, Y., Barbosa, M., & Fernandes, G. W. O ambiente em processo de recuperação ambiental influencia na assimetria flutuante em *Baccharis dracunculifolia*. **64º Congresso Nacional de Botânica, Belo Horizonte. 2013.**

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil:nativas e exóticas.** 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 544p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole, legislação e desigualdade**. Estudos avançados, São Paulo: IEA, USP, 17 (48), mai/ago 2003.151-166p.

MARIN, F.R. **Clima e Ambiente: introdução à climatologia para Ciências Ambientais**. Campinas: EMPBRAPA, 2008.

MATTHEWS, Donela H. *et.al.* **The limits to the growth**. New York: Universe Books, 1972.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; Walter, B. M. T.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S. & NOGUEIRA, P. E. 1998. Flora Vascular do Cerrado. **In:** Sano, S. M. & Almeida, S. P. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA–CPAC, Planaltina. Pp. 289-556.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente**. São Paulo: editora Revista dos Tribunais, 2015.

MINAS GERAIS. ZONEAMENTO ECOLÓGICO E ECONÔMICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Disponível em <<http://www.zee.mg.gov.br/>>. Acesso em julho de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Criação da Agenda 21. 2002**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21brasileira>>. Acesso em janeiro de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Qualidade do ar no Brasil**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em janeiro de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Resolução CONAMA 03/90. 2012b. **Parâmetros para a qualidade do Ar no Brasil**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Resolução CONAMA 460/13. **Parâmetros para a qualidade do solo no Brasil**. Disponível em

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702>>. Acesso em janeiro de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) e Programa ZEE Brasil**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/7531-programa-zee-brasil>>. Acesso em janeiro de 2017.

MOLLER, A. P. AND J. P. SWADDLE. 1997. **Asymmetry, developmental stability and evolution**. Oxford University Press. Oxford, U.K. (in press).

NAHAS, M.I.P. **Indicadores intra-urbanos como instrumentos de gestão da qualidade de vida urbana em grandes cidades: discussão teórico-metodológica**. Cadernos MCidades . No. 8. Brasília, novembro, 2002.

NAKAJIMA, J. N. **A família Asteraceae no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 467p. 2000.

NIMER, E., **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 1989.

NOSSA BETIM. **Indicadores intra-urbanos de Betim**. Disponível em <<<http://nossabetim.org.br/indicadores/apresentacao.html>>>. Acesso em janeiro de 2017.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. Boston: Cengage Learning, 2007.

OLIVEIRA, Francisco de. Vanguarda do Atraso e Atraso da Vanguarda: Globalização e Neoliberalismo na América Latina. In: **CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE SOCIOLOGIA, 21, 1997**. Anais. São Paulo: ALAS 1997.

OLIVEIRA, Dora Lúcia. **A 'nova' saúde pública e a promoção da saúde via educação: entre a tradição e a inovação**. Revista Latino-Americana de Enfermagem, 2005, v.13, n. 3.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.F. **Avaliação do Desenvolvimento Sustentável da Cidade de Ouro Preto, MG**. Relatório Final de Programa de Bolsa de Iniciação Científica. Ouro Preto: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2011.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos do Desenvolvimento Milênio**. 2017. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/tema/odm/>>. Acesso em agosto de 2017.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos do Desenvolvimento sustentável**. 2017. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>>. Acesso em agosto de 2017.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Poluição e riscos ambientais matam 12,6 milhões de pessoas por ano, aponta pesquisa da OMS**. 2016. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/poluicao-e-riscos-ambientais-matam-126-milhoes-de-pessoas-por-ano-aponta-pesquisa-da-oms/>>. Acesso em janeiro de 2017.

OREA, D.G. **Evaluación del impacto ambiental**. 2ª Edición. Madrid: Editorial Agrícola. S.A. 1992.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - WORD HELTH ORGANIZATION. **Qualidade do ar e saúde humana**. Genebra, 1999. Disponível em <http://www.who.int/topics/air_pollution/en/>. Acesso em janeiro de 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Poluição e riscos ambientais matam 12,6 milhões de pessoas por ano, aponta pesquisa da OMS**. 2016. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/poluicao-e-riscos-ambientais-matam-126-milhoes-de-pessoas-por-ano-aponta-pesquisa-da-oms/>>. Acesso em janeiro de 2017.

ORTOLANO, L. **Environmental regulation and impact assessment**. New York: John Wiley and Sons, 1997.

PALMER R.A. & STROBECK C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, and patterns. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 17:391-421.

PARTIDÁRIO, M.R.; FISCHER, T. (2002) - In : In: A. MorrisonSaunders; J. Arts, org., *Impact Assessment: Handbook of EIA and SEA Follow-up*. Earthscan, London, p. 224-247.

PEDERSOLI, W. J. **O Bom Uso do Princípio da Precaução: Análise a Partir do Licenciamento Ambiental da Indústria de refino de Petróleo e Gás Natural da Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - UFOP, 2007.

PELLEGRINO, P.R.M. **Pode-se planejar a paisagem?** São Paulo: *Paisagem e Ambiente - ensaios*, 2000. v.13.

PERES, R. B.; MENDIONDO, E. M. Desenvolvimento de Cenários de Recuperação como Instrumento ao Planejamento Ambiental e Urbano - Bases conceituais e Experiências Práticas. **In: SEMINÁRIO NEUR/CEAM, 2004, Brasília, DF. A questão Ambiental e Urbana: Experiências e Perspectivas, Brasília NEUR/CEAM, UnB, 2004.**

PERILLO, L. N., AMARAL, J. H., GIACOMIN, L. L., & ALMÉRI, C. R. (2007). **Assimetria flutuante e herbivoria em *Caryocar brasiliense* Cambess. (caryocalaceae): diversidade de galhas e interações ecológicas.** Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, *Sociedade de Ecologia no Brasil*.

PHILIPPI Jr., Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri – SP: Manole, 2005.

PIGNATTI, M. G. Saúde e Ambiente: as doenças emergentes no Brasil. **Rev. Ambiente & Sociedade**, v.7, n.1, Campinas, Jan./June 2004.

PORTO, M. F. A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro.** Tese de Livre – Docência – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2002.

QUINN, G.P., KEOUGH, M.J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists.** 1st ed. Cambridge University Press, Cambridge. 2002.

REANI, R. T.; SEGALLA, R. **A Situação do Esgotamento Sanitário na Ocupação Periférica de Baixa Renda em Áreas de Mananciais: Consequências Ambientais no Meio Urbano.** Brasília: mai. de 2006.

RIBAS, Ângela; DUMKE, Eliane; GRAEML, Karin S. A emergência da industrialização moderna e suas consequências na região metropolitana de Curitiba. **In: III ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE (ANPPAS).** 23 a 26 de maio de 2006. Brasília. Disponível em <www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/GT11.html>. Acesso em janeiro de 2017.

RIZZINI, Carlos. **Tratado de Fitogeografia do Brasil.** São Paulo: Ambito Cultural, 1997. 748p.

ROMÉRO, M; BRUNA, G.. **Metrópoles e o desafio urbano frente ao meio ambiente**. São Paulo: Blucher, 2010.

ROSA A C.; SANTI, A. M. M. ZANUTE, S. L. S.; Cunha. D. A. **Zoneamento Urbano-Ambiental em áreas de risco de acidentes com substâncias perigosas nos municípios de Ibirité e Betim, Minas Gerais**. In: **Encontro Nacional da ANPUR (Associação Nacional de Pós-Graduação em Planejamento Urbano), X, 2003, Belo Horizonte**. Anais do evento, Sessão Temática 3 – Novas escalas e estratégias territoriais na gestão ambiental, 26 a 30 de maio de 2008.

ROSENAU, J. N. Governança, ordem e transformação na política mundial. In: ROSENAU, J. N.; CZEMPIEL, E.-O. (Org.). **Governança sem governo: ordem e transformação na política mundial**. Tradução: Sérgio Bath. Brasília: Editora UnB, Imprensa Oficial do Estado, 2000. p.11-46.

ROY, B.A. & STANTON, M.L. 1999. Asymmetry of wild mustard, *Sinapisarvensis* (Brassicaceae) in response to severe physiological stresses. **J. Evol. Biol.** **12**: 440-449.

SADLER B. & VERHEEM R. **Strategic Environmental Assessment: Status, Challenges and Future Directions**. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Netherlands, and the International Study of Effectiveness of Environmental Assessment. 1996.

SAMPAIO, R.F.; MANCINI, M.C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica**. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação Ambiental Estratégica e sua aplicação no Brasil**. 2008. Disponível em <www.iea.usp.br>. Acesso em janeiro de 2017.

SENAI FIEMG - campus CETEC. **Diretrizes para coleta de amostras de água para análise**. Documento interno. 2017.

SEVÁ FILHO, Arsênio O. **Desfiguração do licenciamento ambiental de grandes investimentos (com comentário sobre as hidrelétricas projetadas no rio Xingu)**. In: II ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E

SOCIEDADE (ANPPAS). Indaiatuba, SP, 26 a 29 de maio 2004. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~seva/anppas04_textoSeva_desfigura_licen_pdf2.pdf. Acesso em 10 fev 2007.

SERVIA, M.J.; COBO, F. & GONZÁLEZ, M.A. Deformities in larval *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818) (Diptera, Chironomidae) and their use as bioindicators of toxic sediment stress. **Hydrobiologia**, **385**: 153-162. 1998.

SILVA, José Afonso da. **Direito urbanístico brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2000.

SILVA, A.V.F.G. **Inserção das instituições públicas de saúde de Betim na gestão dos riscos de acidentes industriais ampliados na área da Refinaria Gabriel Passos - Petrobras**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, Marcelo Lopes de; RODRIGUES, Glauco Bruce. **Planejamento urbano e ativismos sociais**. São Paulo: UNESP, 2004.

SOUZA, G. S. *et al.* **Estrutura foliar e de cloroplastídeos em *Mikania laevigata* Shultz Bip. ex Baker em diferentes condições de qualidade de luz**. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 05. p. 78-80, 2007.

TELHADO, C., SILVEIRA, F.A.O., FERNANDES, G.W., CORNELISSEN, T. **Fluctuating asymmetry in leaves and flowers of sympatric species in a tropical montane environment**. *Plant Species Biology* (no prelo). DOI: 10.1111/1442-1984.12122. 2016.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

TUCCI, Carlos E.M. **Controle de Impacto da urbanização**. In: Tucci, C.E.M;Porto, R.L.; Barros, M.T.(Orgs).**Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/UFRGS, 2006.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Padrões de Qualidade do ar esperados para o Brasil**. US Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. Regulations (Standards - 29 CFR) 1910 Subpart Z - Toxic and Hazardous Substances.2009.

VERSIANI, Flávio R.; SUZIGAN, Wilson. **O processo brasileiro de industrialização: uma visão geral. 1990.** Disponível em <www.unb.br/face/eco/textos/industrializacao.pdf>. Acesso em janeiro de 2017.

VIANELO, R.L. **Meteorologia básica e suas aplicações.** 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

WADDINGTON, C.H. 1942. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. **Nature, 150: 563-565.**

WARWICK, W.F. Morphological abnormalities in Chironomidae (Diptera) larvae as measures of toxic stress in freshwater ecosystems: indexing antennal deformities in *Chironomus Meigen*. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 1881-1914.** 1985.

WCED - World Commission on Environment and Development. **Our Common Future.** Oxford: University Press, 1987.

WHO - World Health Organization. **Air quality guidelines for Europe.** WHO regional publications - European series, n. 91. Copenhagen: WHO, 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXO - Medições de lâmina foliar utilizadas para avaliação de assimetria flutuante.

TABELA 1- Medições de lâmina foliar de 14 indivíduos da espécie *Vernonia polyanthes* (Less), presentes na Regional Petrovale, nas área do Polo Industrial e do Bairro Petrovale.

Local	planta_replica	folha_subreplica	LD mm	LE mm	L_total mm	LD-LE mm	AF1	AF2
1_Polo_Industrial	1	1	21.15	19.09	40,24	2,06	2,06	0,051193
1_Polo_Industrial	1	2	22.00	19.94	41,94	2,06	2,06	0,049118
1_Polo_Industrial	1	3	16.32	13.68	30	2,64	2,64	0,088
1_Polo_Industrial	1	4	19.56	19.54	39,1	0,02	0,02	0,000512
1_Polo_Industrial	1	5	19.43	16.65	36,08	2,78	2,78	0,077051
1_Polo_Industrial	2	1	20.97	18.69	39,66	2,28	2,28	0,057489
1_Polo_Industrial	2	2	22.35	19.43	41,78	2,92	2,92	0,06989
1_Polo_Industrial	2	3	16.33	22.97	39,3	-6,64	6,64	0,168957
1_Polo_Industrial	2	4	21.25	20.66	41,91	0,59	0,59	0,014078
1_Polo_Industrial	2	5	15.08	15.84	30,92	-0,76	0,76	0,02458
1_Polo_Industrial	3	1	24.95	22.44	47,39	2,51	2,51	0,052965
1_Polo_Industrial	3	2	22.85	21.17	44,02	1,68	1,68	0,038164
1_Polo_Industrial	3	3	24.12	22.45	46,57	1,67	1,67	0,03586
1_Polo_Industrial	3	4	14.93	14.40	29,33	0,53	0,53	0,01807
1_Polo_Industrial	3	5	17.83	19.49	37,32	-1,66	1,66	0,04448
1_Polo_Industrial	4	1	19.65	18.29	37,94	1,36	1,36	0,035846
1_Polo_Industrial	4	2	20.15	21.19	41,34	-1,04	1,04	0,025157
1_Polo_Industrial	4	3	20.45	21.38	41,83	-0,93	0,93	0,022233
1_Polo_Industrial	4	4	22.09	20.84	42,93	1,25	1,25	0,029117
1_Polo_Industrial	4	5	15.13	13.84	28,97	1,29	1,29	0,044529
1_Polo_Industrial	5	1	22.60	14.95	37,55	7,65	7,65	0,203728
1_Polo_Industrial	5	2	18.47	19.01	37,48	-0,54	0,54	0,014408
1_Polo_Industrial	5	3	22.36	21.45	43,81	0,91	0,91	0,020772
1_Polo_Industrial	5	4	23.38	24.72	48,1	-1,34	1,34	0,027859
1_Polo_Industrial	5	5	26.65	26.98	53,63	-0,33	0,33	0,006153
1_Polo_Industrial	6	1	29.89	29.27	59,16	0,62	0,62	0,01048
1_Polo_Industrial	6	2	27.99	24.40	52,39	3,59	3,59	0,068525
1_Polo_Industrial	6	3	30.09	27.15	57,24	2,94	2,94	0,051363
1_Polo_Industrial	6	4	30.75	27.19	57,94	3,56	3,56	0,061443
1_Polo_Industrial	6	5	24.48	25.74	50,22	-1,26	1,26	0,02509
1_Polo_Industrial	7	1	23.76	22.82	46,58	0,94	0,94	0,02018
1_Polo_Industrial	7	2	21.62	23.78	45,4	-2,16	2,16	0,047577
1_Polo_Industrial	7	3	24.94	25.26	50,2	-0,32	0,32	0,006375
1_Polo_Industrial	7	4	30.57	27.39	57,96	3,18	3,18	0,054865
1_Polo_Industrial	7	5	24.37	25.39	49,76	-1,02	1,02	0,020498
2_Bairro_Petrovale	1	1	15.20	16.48	31,68	-1,28	1,28	0,040404
2_Bairro_Petrovale	1	2	16.30	16.37	32,67	-0,07	0,07	0,002143
2_Bairro_Petrovale	1	3	16.70	16.38	33,08	0,32	0,32	0,009674

2_Bairro_Petrovale	1	4	18.56	23.29	41,85	-4,73	4,73	0,113023
2_Bairro_Petrovale	1	5	18.70	19.18	37,88	-0,48	0,48	0,012672
2_Bairro_Petrovale	2	1	22.98	18.70	41,68	4,28	4,28	0,102687
2_Bairro_Petrovale	2	2	19.56	19.08	38,64	0,48	0,48	0,012422
2_Bairro_Petrovale	2	3	20.50	19.70	40,2	0,8	0,8	0,0199
2_Bairro_Petrovale	2	4	16.70	17.56	34,26	-0,86	0,86	0,025102
2_Bairro_Petrovale	2	5	11.26	11.19	22,45	0,07	0,07	0,003118
2_Bairro_Petrovale	3	1	22.92	22.93	45,85	-0,01	0,01	0,000218
2_Bairro_Petrovale	3	2	18.80	15.49	34,29	3,31	3,31	0,09653
2_Bairro_Petrovale	3	3	15.80	13.19	28,99	2,61	2,61	0,090031
2_Bairro_Petrovale	3	4	12.30	10.51	22,81	1,79	1,79	0,078474
2_Bairro_Petrovale	3	5	15.45	18.24	33,69	-2,79	2,79	0,082814
2_Bairro_Petrovale	4	1	14.97	14.23	29,2	0,74	0,74	0,025342
2_Bairro_Petrovale	4	2	19.70	16.18	35,88	3,52	3,52	0,098105
2_Bairro_Petrovale	4	3	18.69	13.72	32,41	4,97	4,97	0,153348
2_Bairro_Petrovale	4	4	19.52	16.99	36,51	2,53	2,53	0,069296
2_Bairro_Petrovale	4	5	17.27	15.75	33,02	1,52	1,52	0,046033
2_Bairro_Petrovale	5	1	17.22	17.39	34,61	-0,17	0,17	0,004912
2_Bairro_Petrovale	5	2	18.73	14.44	33,17	4,29	4,29	0,129334
2_Bairro_Petrovale	5	3	18.24	14.24	32,48	4	4	0,123153
2_Bairro_Petrovale	5	4	17.04	16.84	33,88	0,2	0,2	0,005903
2_Bairro_Petrovale	5	5	17.99	17.12	35,11	0,87	0,87	0,024779
2_Bairro_Petrovale	6	1	15.76	17.67	33,43	-1,91	1,91	0,057134
2_Bairro_Petrovale	6	2	15.68	14.85	30,53	0,83	0,83	0,027186
2_Bairro_Petrovale	6	3	16.28	15.10	31,38	1,18	1,18	0,037604
2_Bairro_Petrovale	6	4	17.68	14.45	32,13	3,23	3,23	0,100529
2_Bairro_Petrovale	6	5	18.70	17.10	35,8	1,6	1,6	0,044693
2_Bairro_Petrovale	7	1	15.75	12.96	28,71	2,79	2,79	0,097179
2_Bairro_Petrovale	7	2	16.84	14.83	31,67	2,01	2,01	0,063467
2_Bairro_Petrovale	7	3	16.19	13.88	30,07	2,31	2,31	0,076821
2_Bairro_Petrovale	7	4	23.65	24.98	48,63	-1,33	1,33	0,027349
2_Bairro_Petrovale	7	5	22.11	21.45	43,56	0,66	0,66	0,015152

LD mm - medidas do Lado Direito da lâmina foliar (da nervura até a borda direita), em milímetros; LE = medidas do Lado Esquerdo da lâmina foliar (da nervura até a borda esquerda), em milímetros; L total mm = soma total das medidas da lâmina foliar (LD+LE), em milímetros; LD-LE mm = valor da diferença entre Lado Direito e Lado Esquerdo da lâmina foliar, em milímetros; AF1 = Área Foliar referente ao índice 1 ; AF2 = Área Foliar referente ao índice 2. FONTE: da autora, janeiro de 2017.