

RESSALVA

Alertamos para ausência de páginas pré-textuais, não incluídas pela autora no arquivo original.

1- Introdução

A maioria dos estudos ambientais do século XXI estão voltados em avaliar, planejar e resolver os problemas gerados nas cidades, as quais são a materialização mais antiga de urbanização, apesar desse fenômeno só ter existido após a Revolução Industrial e se intensificado no final do século XIX.

As cidades são muito antigas, surgiram há aproximadamente cinco mil anos, quando a Revolução Agrícola determinou o início do processo de sedentarização humana. As primeiras cidades também concentravam uma extensão territorial significativa, indo desde o Vale do Nilo (Egito) até o vale do Rio Amarelo (China).

Entretanto essas cidades só apresentavam funções político-administrativas e geralmente religiosas. Dessa forma, as sociedades pré-capitalistas mais desenvolvidas, por exemplo as da Antigüidade Clássica, não comprometiam de forma generalizada o equilíbrio do meio ambiente, pois possuíam um pequeno desenvolvimento produtivo e populacional. Embora já tivessem um significativo avanço urbano e comercial, os impactos ambientais eram locais e pequenos.

Na Idade Média, período logo após as civilizações clássicas, a ruralização da economia não ameaçava a sobrevivência dos sistemas naturais. Portanto, essas cidades não apresentavam problemas ambientais, uma vez que eles estão ligados diretamente à obtenção de lucro, introduzido pelo capitalismo, séculos mais tarde.

Com a consolidação do capitalismo comercial e a expansão econômica das grandes navegações, a economia tornou-se, cada vez mais, a função das cidades. O acúmulo de capitais, as invenções de máquinas e o desenvolvimento de técnicas permitiram a eclosão da Revolução Industrial e com ela as primeiras formas de urbanização, aumentando gradativamente os impactos no meio.

A Revolução Industrial, ocorrida nos séculos XVIII e XIX, estabelece a necessidade social da expansão permanente do mercado, como forma de garantir a acumulação de capital que alimenta a economia capitalista. Assim, foi a partir desta época que o consumo de recursos naturais não-renováveis, como os minérios e combustíveis fósseis, ampliou-se aceleradamente.

Os recursos naturais (animais e vegetais) continuaram a ser muito explorados, surgindo a contínua extinção de espécies. Outros recursos passaram a ser ameaçados em grande escala pela primeira vez como o ar, o solo e a água. Com isso surgiram novos tipos de poluição: a sonora, a térmica, a visual e a radioativa.

A concepção de crescimento ilimitado foi gerada neste contexto histórico, influenciando países de diferentes orientações políticas e ideológicas. Segundo Lago e Pádua (1988), nos séculos XX e XXI, surge a figura da "obsolescência planejada", que incentiva o consumo constante das inovações tecnológicas que aparecem a cada instante. Esse conceito se expande também para o nível cultural, causando mudanças nos costumes como mais uma forma de incentivo do consumo.

Ainda segundo esses autores, a questão tecnológica apresenta-se também como outro fator importante na questão ambiental. A tecnologia é o reflexo do modelo sócio-econômico e se desenvolve segundo os seus princípios. Neste sentido, as soluções tecnológicas produzidas no contexto de crescimento ilimitado também geram problemas para a sobrevivência dos sistemas naturais. Dessa forma, o impacto do homem sobre o meio ambiente depende de variáveis históricas, como o modo de produção, a estrutura de classes, os recursos tecnológicos e a cultura de cada sociedade ao longo do tempo.

Baseado nesse contexto de crescimento ilimitado, as cidades e, conseqüentemente a urbanização, desde o início da Revolução Industrial até os dias de hoje, vem crescendo consideravelmente e interferindo drasticamente no ambiente. De forma direta a interferência se dá *“pelo desmatamento e pelo extermínio de animais (...) e de forma indireta interfere-se também nos ecossistemas: alterando-se as condições ecológicas e interrompendo-se as cadeias tróficas”*. (TROPPMAIR, 2004, p. 152).

Esse ritmo acelerado de urbanização presente nesse século, não é problema apenas de países desenvolvidos, pelo contrário, as maiores cidades hoje em dia estão localizadas em países subdesenvolvidos, onde o problema se agrava, pois tais países não têm bases para receber e proporcionar uma boa qualidade de vida para as inúmeras pessoas provenientes do êxodo rural, da imigração, além daquelas originadas da própria reprodução natural da população presente nos países subdesenvolvidos.

Na tabela 1 pode-se verificar a distribuição da população urbana no mundo, constatando-se que a Ásia e a África são os continentes menos urbanizados. Porém, isso não significa que sejam áreas completamente destituídas de grandes cidades, pelo contrário, devido a sua alta concentração populacional e grande crescimento vegetativo típico de países subdesenvolvidos a sua concentração urbana é imensa, às vezes ultrapassando o número de pessoas moradoras de cidades em países desenvolvidos. A diferença está no grau de urbanização, ou seja, em países pobres a qualidade de vida urbana é bem inferior daquela encontrada nos países mais ricos do mundo.

Tabela 1 – Parcela da População Urbana do mundo

	Século XX (década de 50)	Século XXI (ano 2001)
Mundo	29,4 %	50,1%
Europa	55,9%	79,3%
América Anglo-Saxônica	63,9%	78,8%
América Latina	41,1%	77,3%
Ásia	18,9%	35,6%
África	14,8%	43,3%

Fonte: ONU

Organização: Capelato, 2007

“As cidades de primeiro mundo são responsáveis por problemas ambientais relacionados principalmente a um elevado número de energia de origem fóssil para o funcionamento de suas indústrias, para o aquecimento de residências e para a movimentação de uma gigantesca frota de veículos (...) mas é nas grandes cidades do Terceiro Mundo que o problema assume proporções mais sérias. Num esforço de industrialização e modernização tecnológica, esses países optaram, de modo geral, por políticas econômicas concentradoras de renda que acabam por acentuar as desigualdades sociais e excluir grande parte de suas populações do processo de desenvolvimento” (ANTUNES, 1997, p. 2).

Dessa forma, o mundo subdesenvolvido apresenta uma desigualdade social imensa, onde a lacuna entre ricos e pobres aumenta dia-a-dia. Com isso, os problemas ambientais dessas metrópoles podem ser resumidos, segundo os dizeres de Antunes (1997), em falta de saneamento básico, associados a problemas ambientais característicos de cidades industrializadas de países desenvolvidos, agravados pela ausência de controle das atividades poluidoras e pela falta de investimento em tecnologias mais limpas.

“Todas as agressões que o homem impõe ao meio ambiente físico-químico-biológico, são englobadas como poluição e trarão conseqüências ao ambiente social. No entanto, como objeto de trabalho e de sobrevivência humana, o meio ambiente é regido por leis próprias que devem ser respeitadas quando de sua apropriação ou exploração pelo homem. O desrespeito ou desconhecimento dessas leis relacionadas ao funcionamento dos ecossistemas provocam perturbações que poderão ser responsáveis pelo desaparecimento da espécie humana da face da Terra” (ROCHA, 1988 apud. Antunes, 1997 p. 2)

A urbanização desorganizada e ascendente passa a ser associada à geração de problemas ambientais, e uma vez que o presente trabalho possui como um dos seus objetivos gerais o planejamento ambiental urbano, um levantamento sobre urbanização se fez necessário. Além disso, tendo como base as palavras de Rocha (op. cit.) em que toda a agressão ao meio se manifesta sobre a forma de um tipo de poluição, esse trabalho enfocará a poluição do ar, a qual será mensurada pelo uso de bio-indicadores, nesse caso, o líquen.

2- Poluição do Ar

“A contaminação atmosférica é, hoje, um problema urbano. Dessa forma, deve ser encarada com a mesma importância que se dá, por exemplo, à água potável, aos esgotos, à habitação e ao transporte. Isso porque, antes de mais nada, trata-se de uma questão de saúde pública. Qualquer fator diretamente relacionado à saúde da população é um item de bem estar social e, também, econômico. Um problema de saúde pode resultar em vários dias de trabalho perdidos, sem falar nas despesas com remédios necessários a qualquer tratamento” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 5).

Pode-se considerar poluição do ar como um estado onde a atmosfera está repleta de gases tóxicos que se fazem nocivos à saúde de quem os aspira, provocando um declínio acentuado na qualidade de vida da população humana.

Para Derisio poluição do ar é a

“presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança, bem estar do homem, ou pleno uso ou gozo de sua propriedade. Poluente do ar é qualquer substância presente no ar e pela sua concentração torna esse ar impróprio, nocivo, ou ofensivo a saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade”. (DERISIO, 1992, p. 20).

Lafontaine define poluição atmosférica como a

“emissão de substâncias nocivas na atmosfera ou qualquer alteração do ar ambiente através de mudança qualitativa da composição média normal; ou toda presença de substâncias gasosas, líquidas ou sólidas, não importando de que fonte, mas que sejam suscetíveis de prejudicar a saúde ou de criar um desconforto. Além dos poluentes efetivamente nocivos à saúde física, existem aqueles que são apenas desagradáveis, como os odores, mas que podem causar transtornos psicológicos e psicossomáticos. Deve-se considerar os estragos ao ambiente físico, às plantas e ao homem”. (LAFONTAINE, apud FERREIRA, 1980, p.43).

Em 1967, o Conselho Ambiental da Europa definiu a poluição do ar da seguinte maneira: “*Existe poluição do ar quando a presença de uma substância estranha ou a*

variação significativa na proporção dos seus constituintes é suscetível de provocar efeitos prejudiciais ou originar doenças, tendo em conta o estado dos conhecimentos científicos do momento” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 18). Sendo assim, considera-se que o ar esteja poluído quando esse apresentar substâncias que não fazem parte da sua composição original, as quais podem atacar diretamente a saúde de quem o aspirar.

“Problemas vinculados ao detrimento do meio ambiente pela poluição são hoje especialmente acentuados em países ou regiões altamente industrializadas, pois, além dos fatores naturais como clima e topografia, contribuem para a deteriorização: o aumento da população em número e densidade, os vários usos e níveis de tecnologia, e o aumento da produção e do consumo. Nas grandes cidades esses fatores se somam e se tornam elementos prejudiciais às populações urbanas, pois a poluição afeta diretamente e indiretamente os seres vivos, sendo responsável pelo desaparecimento de numerosas espécies vegetais e animais, além de propiciar o aparecimento de várias doenças pulmonares, cardíacas e outras no homem, chegando inclusive a causar numerosas mortes” (TROPPMAIR, 1977, p. 1).

Dentro das cidades de grande e médio porte as fontes poluidoras do ar provém de inúmeros lugares. Suas origens estão nos fluxos constantes de veículos, nas indústrias e conseqüente queima de combustíveis fósseis, madeira e carvão, nas diversas atividades de ocupação do solo, geralmente lançando materiais particulados (poeira) e, em menor impacto, mas não de forma desprezível, nas atividades caseiras rotineiras como um churrasco ou a pintura de uma residência.

Dessa forma, as fontes geradoras de poluição podem ser classificadas em fontes específicas, *“que constituem um sistema complexo de natureza industrial fixa no espaço geográfico, o que facilita avaliar com que grau e com que tipo de poluente a indústria contribui”* e, em fontes múltiplas, *“que podem ser fixas ou móveis, ocorrendo esse último caso quando a fonte se desloca no espaço geográfico, o que torna praticamente impossível avaliar o grau e os tipos de poluentes com que essas fontes contribuem no processo da poluição”* (TROPPMAIR, 1977, p. 5).

Derisio (1992, p.21), também definiu as fontes poluidoras específicas e múltiplas da seguinte forma: *“as específicas são aquelas que normalmente ocupam na comunidade uma área relativamente limitada, sendo quase todas de natureza industrial e possibilitam a avaliação na base fonte por fonte. Tais fontes também são chamadas de fixas e estacionárias”*. Já as *“fontes múltiplas geralmente se encontram dispersas pela comunidade e a avaliação das mesmas através do esquema fonte por fonte é inviável. Tais fontes podem ser fixas ou móveis”*.

Em outras palavras as fontes específicas são as que pode-se avaliar e tentar controlar, ou seja, por estarem imóveis a poluição pode ser mensurada e os gases tóxicos podem ser

detectados, aplicando-se no local algum tipo de correção. Como exemplos pode-se citar as indústrias metalúrgicas, químicas, siderúrgicas, etc. Já as fontes múltiplas são aquelas onde uma avaliação e controle torna-se difícil, uma vez que as fontes são móveis e portando impossível de prever onde, e o que será lançado na atmosfera, impossibilitando assim um possível tratamento. Mesmo as fontes múltiplas fixas também apresentam um difícil controle, pois os produtos queimados nelas são diversos, portanto difíceis de serem previstos e avaliados. Como exemplos dessas fontes podem-se citar os meios de transporte, a queima de lixo ao ar livre ou em incineradores, evaporação de produtos de petróleo, além de outras atividades que exalam diversos tipos de odores, como as torrefações de café, matadouros, depósito de lixo, peixarias, canalização de esgoto, etc.

De maneira geral, pode-se dizer que a principal fonte poluidora do ar, principalmente nas cidades, é a queima de combustíveis, tanto os fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) como os recicláveis (lenha, álcool, etc).

“Qualquer que seja o combustível orgânico utilizado, os produtos finais da combustão serão sempre dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água. No entanto para se obter a queima total de alguns elementos, são necessárias algumas condições ideais (como a disponibilidade de oxigênio), que nem sempre ocorrem na prática, nas indústrias e nos motores dos veículos. Não havendo a combustão completa, acabam sobrando alguns subprodutos que vão constituir perigosos poluentes atmosféricos.” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 23).

Dessa maneira, de cada combustão incompleta se originam inúmeros poluentes como os hidrocarbonetos (HC), representado pelos álcoois, aldeídos e ácidos orgânicos; os monóxidos de carbono (CO); os óxidos de nitrogênio (NO, NO_2 , NO_3), esses poluentes ocorrem principalmente em motores de combustão interna como os a diesel; os dióxidos de enxofre (SO_2) e outros óxidos sulfurados (SO, SO_3), além de material particulado, ou seja, toda emissão atmosférica não gasosa, que é constituído de partículas extremamente pequenas, chamadas de fuligem ou poeira.

Essas principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos foram organizadas na tabela 2, levando em consideração sua gênese, ou seja, sua classificação em fontes específicas ou estacionárias e fontes múltiplas.

Tabela 2-Principais poluentes atmosféricos e suas fontes majoritárias

FONTES		POLUENTES
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado, SO _x , monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio.
	Processos Industriais	Material particulado, SO _x , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .
	Queima de resíduos sólidos	Material Particulado, SO _x , HCl, NO _x
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado
Fontes Móveis	Veículos gasolina, diesel, álcool, aviões, motocicletas, etc.	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos ácidos orgânicos.
Fontes Naturais		Material particulado, SO _x , H ₂ S, CO, NO _x , HC, dimetil sulfeto, dimetil di-sulfeto.
Reações Químicas na Atmosfera		Poluentes secundários: O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímico, etc.

Fonte: Rebouças, 1997. Tabela modificada do relatório da Cetesb, 1996

Para que se possa controlar as fontes poluidoras, a classificação dos poluentes segundo as suas origens torna-se necessário e útil. Segundo a Cetesb (1994), a qualidade do ar de determinada cidade é expressa através da mensuração dos seguintes poluentes:

- Dióxido de enxofre e outros compostos a base de enxofre (SO₂, SO₃, H₂S, sulfatos);
- Óxidos de nitrogênio e outros compostos a base de nitrogênio (NO, NO₂, NH₃, HNO₃, nitratos);
- Hidrocarbonetos (álcoois, aldeídos, cetona e ácido orgânico);
- Monóxido de carbono e dióxido de carbono (CO e CO₂);
- Oxidantes fotoquímicos e
- Material particulado (mistura de compostos no estado sólido ou líquido).

1- Dióxido de enxofre:

O *dióxido de enxofre* – SO₂ – é originado dos compostos sulfurosos (que contém enxofre) advindos da queima de combustíveis fósseis. O dióxido de enxofre modifica-se para trióxido de enxofre toda vez que está exposto à luz solar e quando presente em ambientes onde a umidade do ar está elevada, tem-se a origem, através de uma reação química, do ácido sulfúrico – H₂SO₄ – o qual é estritamente corrosivo e tóxico a quem está exposto a ele.

“O dióxido de enxofre é um dos poluentes mais comuns, mesmo em concentrações muito baixas, provoca espasmos passageiros dos músculos lisos dos brônquios pulmonares. Em concentrações mais altas, ocasiona inflamações graves nas mucosas, bem como o aumento das suas secreções vias respiratórias superiores” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 39).

Ainda dentro dos compostos sulfurosos pode-se citar, também, o gás sulfídrico – H_2S – originado da decomposição biológica de matéria orgânica, fato presenciado em rios onde a poluição atingiu patamares extremos devido à deposição do esgoto doméstico não tratado de modo específico. Quando esse gás sobe para a atmosfera ele reage quimicamente com o gás ozônio transformando-se em dióxido de enxofre SO_2 .

Para a saúde da população o dióxido de enxofre é altamente prejudicial, pois é

“solúvel nas passagens úmidas do aparelho respiratório superior, conduzindo a um aumento da resistência a passagem do ar e ao aumento na produção do muco. Existem evidências que o dióxido de enxofre agrava as doenças respiratórias pré-existentes e também contribui para seu desenvolvimento. O dióxido de enxofre sozinho produz irritações no sistema respiratório, e adsorvido em partículas pode ser conduzido mais profundamente e produzir danos aos tecidos do pulmão” (ANTUNES, 1997, p. 12).

2- Óxidos de nitrogênio:

Os *óxidos de nitrogênio*, principalmente os monóxidos de nitrogênio – NO – e os dióxidos de nitrogênio – NO_2 – são originados da reação de combustão em temperaturas elevadas, o que acontece em motores de combustão interna. Como os compostos sulfurosos o óxido de nitrogênio também se transforma em dióxido de nitrogênio pela exposição da luz solar, assim sendo, originam os poluentes na atmosfera durante o dia.

“O NO_2 , além de irritar os olhos e mucosas em geral, provoca um tipo de lesão denominado enfisema pulmonar. Nos pulmões, ele é precursor de certas substâncias consideradas cancerígenas. Uma vez transferido ao sangue, o NO_2 pode causar uma forma gravíssima de anemia”. (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 40).

A *amônia* – NH_3 – e seus derivados também podem ser considerados um composto nitrogenado e também são responsáveis por contaminar a atmosfera das cidades. A amônia é originada na ação biológica de decomposição ou, segundo Branco e Murgel (1999), por processos da indústria química de fertilizantes.

3- Hidrocarbonetos:

Outro poluente considerado são os *hidrocarbonetos*, constituídos pelo álcool, aldeídos, ácidos orgânicos e outros tantos elementos que tem na sua composição básica o carbono.

“A queima parcial de combustíveis é responsável por apenas uma parcela desses compostos. A evaporação de combustíveis e solventes representa, talvez, a segunda maior fonte de compostos orgânicos, que podem resultar em subprodutos da indústria química e farmacêutica” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 26).

Em lugares onde se verifica uma concentração de material em decomposição, como por exemplo, em lixões ou em rios que recebam uma grande quantidade de esgoto, tem-se a

formação de metano – CH_4 – que é um gás menos tóxico, porém um dos gases que dá base para a formação de outros poluentes através de reações químicas.

Os efeitos dos aldeídos no corpo humano são muitos, a exposição ao gás e a inalação de altas concentrações provoca uma perda rápida da sensibilidade, seguida de morte por asfixia.

4- Monóxido de Carbono:

Como já foi visto antes, em cada combustão onde falta oxigênio o *monóxido de carbono* – CO – é liberado, trazendo consigo graves problemas respiratórios. Esse poluente é o mais encontrado nas cidades, pois tem como suas principais fontes os motores dos veículos.

O monóxido de carbono é um gás leve que é queimado quando se mistura com o oxigênio.

“No organismo humano ele se combina principalmente com a hemoglobina do sangue, formando a carbohemoglobina, no processo de respiração. Dessa forma, ao tomar o lugar do oxigênio que deveria ser transportado pela hemoglobina até às células, ele produz a asfixia” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 38).

5- Oxidantes Fotoquímicos:

Já vimos que vários poluentes dão origem a poluentes secundários graças a ação da luz solar sobre eles, a qual desencadeia uma reação química. Essas reações originadas pela exposição à luz solar são chamadas de fotoquímicas. Esses compostos de origem fotoquímica têm como característica, em geral, uma elevada capacidade oxidante, sendo por isso, denominados *oxidantes fotoquímicos*.

Um dos principais oxidantes fotoquímicos é o ozônio, que reage com inúmeras outras substâncias dando origem a dezenas de compostos tóxicos. A inalação constante do ozônio pode, também, provocar câncer.

6- Material Particulado:

Por fim temos o *material particulado*, o qual segundo Branco e Murgel (1999), consiste em toda emissão atmosférica não-gasosa. A forma mais comum de material particulado é a poeira movimentada pela ação dos ventos. Esse material também pode ter sua origem na queima de combustíveis como óleo e carvão, gerando as chamadas fuligens, que também são expelidas nas indústrias de cimento, fertilizantes e siderúrgicas.

Os aerossóis também são considerados material particulado, porém em estado líquido. São formados pelas gotículas de água que constituem as nuvens e nevoeiros. Esse material está associado às atividades agrícolas, onde se realiza a aplicação de agrotóxicos. Nesse caso

“as gotículas líquidas poderão conter partículas de carbono ou substâncias tóxicas diversas e, até mesmo microorganismos patogênicos.” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 27).

A poluição pode trazer inúmeras conseqüências para a vida e para o organismo do homem. Assim, de modo geral os efeitos da poluição podem ser resumidos em efeitos estéticos, irritantes e tóxicos.

Os efeitos estéticos estão associados à paisagem, ou seja, qualquer alteração na paisagem costumeira que teve como conseqüência a ação de poluentes pode ser considerado um efeito estético da poluição.

Esse efeito se materializa na presença de fumaças, aerossóis, poeiras e vapores que podem ser originados de atividades humanas ou simplesmente resultado de ações naturais. Segundo Branco e Murgel, (1999) a fumaça e os odores desagradáveis, como por exemplo, aqueles emitidos por uma perfumaria ou por um curtume, foram os primeiros a serem controlados por lei. A fumaça e o mau cheiro estão entre os efeitos mais sensíveis da poluição atmosférica. Mesmo não sendo os mais nocivos, costumam provocar as maiores reações da população.

Os efeitos irritantes são resumidos àquelas substâncias que provocam ardência nos olhos ou irritação na garganta. Tais substâncias provêm, principalmente, dos aldeídos, os quais são liberados nos motores de carros movidos a álcool.

Apesar dos automóveis a álcool produzirem menos monóxido de carbono do que os a gasolina, liberam maiores quantidades de aldeídos, ou seja, aumentam os efeitos irritantes na população que o respira.

A poeira suspensa no ar, bem como os aerossóis, também podem exercer efeito irritante nos seres humanos, principalmente naquelas pessoas que possuem problemas respiratórios ou alérgicos, o que pode provocar doenças respiratórias mais sérias.

Por fim temos os efeitos tóxicos que estão presentes nas cidades através de chaminés de indústrias onde não se tem um filtro adequado, em tubos de escapamentos dos automóveis ou ainda através de reações químicas e na combustão em geral.

O perigo desse efeito está no tempo de exposição ao mesmo, ou seja, esses gases tóxicos são lançados na atmosfera da cidade lentamente e são respirados pelos moradores da cidade. Dessa forma os gases tóxicos vão penetrando paulatinamente no organismo das pessoas e quando detectado seus efeitos, uma reversão torna-se mais difícil de ser alcançada.

“As pressões exercidas pela concentração da população e de atividades geradas pela urbanização e industrialização concorrem para acentuar as modificações do meio ambiente, com o comprometimento da qualidade de vida” (MONTEIRO, 1987, p. 97) e segundo Marcus

e Detwyler, (1972, apud Nucci, 2001), a urbanização é a materialização do poder do homem, gerando a modificação do ambiente natural. Assim, as cidades apresentam constantes modificações em seus recursos naturais sejam eles água, solo, ar, ou organismos.

Perturbações feitas ao meio natural nas cidades são ocasionadas devido à concentração populacional, que traz consigo duas das principais fontes de poluente: as indústrias e os veículos automotores.

As indústrias que mais contribuem para a poluição atmosférica das cidades são as petroquímicas, as indústrias do aço e derivados, as de produtos químicos e as de fertilizantes. De acordo com Branco e Murgel (1999) as substâncias e compostos poluentes, particulados ou gasosos, emitidos pelas indústrias, podem provir de quatro fontes:

1. “Matéria prima empregada: poeiras de fosfatos, impregnadas de flúor, geradas no processo de trituração da rocha fosfática, nas fábricas de fertilizantes ou os produtos da destilação do carvão mineral, empregados como fontes de carbono nas indústrias de aço.
2. Combustível utilizado: a fumaça promovida nas chaminés dos mais variados tipos de indústria.
3. Subprodutos derivados de reações químicas: como os inúmeros gases tóxicos produzidos pelas indústrias químicas.
4. Próprio produto gerado: que é em parte, acidentalmente ou não, perdido na atmosfera, como o cloro nas fábricas, etc.” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 66)

Quanto aos veículos, entendido por tudo aquilo que está designado a fazer o transporte de pessoas e objetos (automóveis, trens, barcos, aeronaves, motocicletas, caminhões, ônibus), são responsáveis por grande parte da poluição atmosférica dos centros urbanos.

Segundo Branco e Murgel (1999), qualquer que seja o combustível utilizado por um veículo (gasolina, álcool, diesel ou gás), os poluentes são sempre gerados pelas mesmas fontes, ou seja, escapamento, sistema de alimentação de combustível, cárter, desgaste de pneus e freios.

Os veículos podem se dividir em leves, que são aqueles que usam como combustíveis o álcool e a gasolina, geralmente os carros e as motocicletas, e os pesados, ou seja, aqueles movidos a óleo diesel representados pelos ônibus e caminhões.

Há uma discussão freqüente para se definir qual o veículo que polui mais, porém tal resposta seria muito difícil de se obter, uma vez que o grau de poluição é muito relativo, pois se o uso de um combustível pode aumentar o grau de emissão de um determinado poluente, pode também, o mesmo combustível, anular a emissão de outro poluente.

Dessa forma, pode-se constatar na tabela 3, um comparativo dos veículos pesados (diesel) e leves (álcool e gasolina) e suas respectivas quantidades e poluentes emitidos.

Tabela 3: Fatores médios de emissão de poluentes emitidos por veículos leves e pesados

TIPOS DE VEÍCULOS	FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
	CO	HC	NO_x	SO_x	MP
Gasolina comum	10.70	1.11	0.66	0.10	0.08
Álcool	19.70	2.12	1.16	-	-
Flex (álcool)	0.44	0.15	0.11	-	-
Diesel	15.00	2.36	10.74	0.21	0.57
Frota movida a gás natural	0.80	0.44	0.90	-	-
Motocicletas e similares	16.40	2.18	0.12	0.03	0.05

Fonte: Relatório Cetesb: Qualidade do Ar 2005
Org. Capelato, 2007

Em vista da tabela 3, conclui-se que os motores a álcool e a gasolina são menos poluidores em termos de material particulado, óxido de enxofre e nitrogênio. Todavia, é muito mais poluente com relação ao monóxido de carbono, um dos gases mais tóxicos e causadores de problemas de saúde a quem o respira.

Portanto, é necessário que no interior de cada cidade faça-se um controle da qualidade do ar e conseqüentemente do bem estar físico da população. Contudo, para se obter tal controle é necessário que se faça o levantamento da situação da cidade quanto ao grau de poluição.

Para se fazer esse levantamento, inúmeras técnicas podem ser aplicadas, destacando-se a utilização de bio-indicadores.

3 – Bio-indicadores

Os bio-indicadores são organismos de natureza vegetal ou animal, extremamente sensíveis a algum tipo de poluição e se alteram consideravelmente na presença de elementos poluentes. Dessa forma, permite ao pesquisador fazer uma análise do grau de poluição de um determinado lugar avaliando a condição de existência desse organismo.

Nas palavras de Antunes (1997),

“Bio-indicadores são organismos vegetais e animais que nos indicam o nível de poluição em um meio, seja ela atmosférica, aquática ou terrestre, e suas conseqüências diretas sobre os seres vivos ali existentes, pela taxa de incidência, pelo acúmulo de substâncias tóxicas, e a ocorrência de doenças.” (ANTUNES, 1997, p. 19)

Os vegetais têm propriedades específicas que nos permite avaliar, através deles, a qualidade do ar onde estão presentes. Isso é possível porque os vegetais são organismos fixos e na maioria das vezes se apresentam em grandes quantidades. Além disso, segundo Antunes, (1997), apresentam sintomas específicos à ação de alguns gases o que nos possibilita uma análise detalhada das condições do ar.

Segundo Viadana (1985), os agentes biológicos sempre estiveram presentes na interpretação da qualidade ambiental, mesmo com a ampliação do progresso tecnológico as técnicas bio-indicadoras não foram abandonadas, pelo contrário, sofreram adaptações e ainda são largamente utilizadas.

Ainda segundo Viadana (op. cit.), foi e ainda é muito comum a utilização de bio-indicadores nas minas de carvão mineral que acusam a concentração letal de monóxido de carbono nas galerias. A utilização de bio-indicadores se deu em países como França, Inglaterra, Alemanha Oriental e Ocidental, os quais usavam os pássaros e cães, extremamente

sensíveis ao gás nocivo, para identificarem a presença de gases poluentes em minas de carvão, o que servia de alerta aos mineiros para uma possível intoxicação.

Newman e Schreiber (1984 apud. Viadana, 1985), afirmam que pássaros, mamíferos, peixes e insetos tem sido responsáveis como indicadores nas alterações e transformações profundas nas comunidades energéticas que recebem cargas excessivas de poluentes, ou ainda, precipitações ácidas que são observadas na cobertura vegetal, nos ecossistemas lacustres e nas regiões agrícolas e urbanas da América do Norte e Europa.

A utilização de bio-indicadores também pode ser verificada em trabalhos da CETESB, divulgados por Johnscher (1981). O autor cita que a CETESB investiu num programa de índices biológicos para a avaliação das condições ambientais no Rio Atibaia (SP), com alto grau de eficiência, no ano de 1978, fazendo uso de organismos bentônicos.

Nessa mesma linha de pesquisa Viadana (1985), em seu estudo sobre a bacia do Rio Corumbataí utilizou como bio-indicador o Astyanax fasciatus, popularmente conhecido como lambari-de-rabo-vermelho para identificar a qualidade hídrica dessa bacia.

Troppmair (1988), evidencia o uso de bio-indicadores em diversas técnicas de pesquisa, entre elas cita a avaliação e a medição da extensão espacial da poluição hídrica através da utilização de peixes como bio-indicadores.

Troppmair (op. cit.), também afirma que a avaliação do ar atmosférico das cidades pode ser feita através do líquen e o mesmo vegetal também pode ser usado para acompanhar o comportamento da qualidade do ar, através do monitoramento. O monitoramento consiste no acompanhamento da variação da qualidade de elementos abióticos e respectivos reflexos no comportamento na esfera biológica.

Segundo a Revista de Pesquisa da Fapesp, 2004, o Artigo Estação Verde, relata sobre uma bromélia que mais se parece com tufo de grama e um líquen de uma espécie tolerante à poluição, que têm sido utilizados de forma sistemática para detectar a presença de metais pesados no ar da cidade de São Paulo e dos municípios da região do Grande ABC. Esse estudo está sendo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), cujo objetivo é traçar um mapa das fontes de poluição por metais e compará-las com o perfil de industrialização e urbanização da região monitorada.

Nucci (2001) considera o homem como sendo o melhor bio-indicador da poluição atmosférica, pois a concentração de poluentes leva uma grande parte da população a apresentar problemas de saúde, principalmente no inverno, quando as inversões térmicas são mais frequentes.

O uso freqüente de diversos bio-indicadores se dá porque o estudo dos mesmos demonstra resultados confiáveis e, além disso, podem substituir aparelhagem de alto custo e trazer resultados semelhantes aos conseguidos com a utilização de tais equipamentos.

Cavalheiro (1991 apud. Antunes, 1997), afirma que nas cidades a vegetação pode servir como indicadores biológicos da qualidade ambiental. Isso pode ser constatado na reação de cada um dos vegetais mediante o quadro de poluição.

“Esses indicadores, de acordo com a vitalidade, seu desenvolvimento, regressão ou mesmo desaparecimento, fornecem dados importantes sobre o grau de poluição do ar. Espécies indicadores são líquens, salsa, manga, soja e outros” (TROPPMAIR, 1988, p. 148).

No caso do líquen, que foi o bio-indicador utilizado nesse trabalho, seu comportamento poderá ser o seguinte: árvores que apresentam uma cobertura de líquens intensa significa que estão em ambiente não poluído. Já as que apresentarem escassez ou baixa concentração de líquens estão em áreas poluídas.

Segundo Fellenberg (1980), entre as plantas, os líquens são considerados “indicadores” de emissões bastante seguros. Observando-se a propagação do líquen ou seu crescimento (determinando-se a área ocupada pelo líquen), é possível acompanhar a evolução da poluição atmosférica por um longo período de tempo.

Segundo Troppmair (1977), os líquens representam a simbiose de um musgo com um fungo, sendo este último de maior destaque. Esta classe de vegetais ocupa espaços que apresentam condições ecológicas bastantes diversas. Assim, segundo o autor, encontramos líquens em áreas frias como nos pólos em áreas quentes e secas como nos desertos, e ainda, nos diversos substratos como rochas, madeira e água.

Troppmair (op. cit.) ainda cita que a existência dos líquens será comprometida por fatores externos como a poluição do ar, mais intensa nos centros urbanos através de compostos lançados pelas indústrias e automóveis, por animais que se alimentam dos líquens e pelo emprego de carbonato de cálcio (CaCO_3) em seus troncos.

O estudo de líquens como bio-indicadores da qualidade do ar nas cidades tem sido muito desenvolvido por diversos pesquisadores, uma vez que os líquens, segundo Troppmair (1977), são altamente sensíveis aos poluentes, o que permite a sua utilização como vegetais indicadores da poluição.

O avanço tecnológico gerou a criação de diversos aparelhos específicos com capacidade de detectar e analisar a poluição do ar, principalmente das grandes cidades, todavia, tais aparelhos apresentam um alto custo o que dificulta sua aquisição em muitas situações. Nesse caso pesquisadores da área ambiental, como biogeógrafos, ecólogos e outros,

optam pela utilização dos vegetais como bio-indicadores, uma vez que conhecem bem sua capacidade de análise da poluição, principalmente dos vegetais menores como os líquens.

Antunes (1997) afirma que líquens são indicadores baratos que podem ser usados para identificar e monitorar poluição atmosférica, com alto grau de confiabilidade em seus resultados. Inclusive Gailey et al. (1993 apud. Antunes, 1997) justificaram a utilização dos líquens para o estudo da poluição do ar com a finalidade de investigar o aumento na incidência de câncer respiratório.

Em 1972, Troppmair em seu estudo dos líquens como vegetais indicadores de poluição aérea da cidade de Campinas, fez referência ao trabalho de Domroes (1966), que realizou uma pesquisa na região industrial do Ruhr, na Alemanha, sobre os líquens como bio-indicadores da poluição aérea. Nesse trabalho, o autor demonstra a equivalência dos resultados obtidos no estudo de líquens e musgos com os resultados obtidos pelos aparelhos especializados em detectar o grau de poluição do ar.

Com isso, verifica-se que os resultados da análise da qualidade do ar tendo como base os bio-indicadores vegetais apresentam resultados confiáveis e tem constituído a técnica mais conhecida e utilizada nessa pesquisa e por isso tal estudo tem sido desenvolvido por vários pesquisadores desde o século passado, como nos afirma Domroes (1966, apud. Troppmair, 1972). Entre esses pesquisadores temos Nylander (1866), Weddel, (1873), Arnold (1891-1902) que realizaram pesquisas nesta ótica em Paris, Londres e Munique, respectivamente, dentre muitos outros pesquisadores até os dias atuais.

O uso de líquens, como bio-indicadores se deve ao fato desses vegetais retirarem todos os nutrientes necessários do ar e da água, absorvendo também outros poluentes (Neusser et al., 1994). Além disso, Cavalheiro (1991), defende o estudo de líquens como bio-indicadores, pois quanto maior for sua cobertura e diversidade, significa que o ambiente é menos poluído.

Os líquens, encontrados nas árvores em geral, são altamente resistentes, todavia a poluição do ar emitida por diversas fontes tanto fixas, que são as indústrias, como móveis, que são os veículos, além do uso de solução de carbonato de cálcio (CaCO_3), afetam consideravelmente a sua existência e a partir daí permite aos pesquisadores fazerem uma análise da qualidade do ar baseada na porcentagem de líquens que as árvores apresentam.

Crespo et al. (1977, apud. Antunes, 1997) reconhecendo os líquens como bio-indicadores da qualidade do ar, demonstraram que a poluição atmosférica os afeta de forma grave. A resposta dos líquens é gradual, conforme aumenta-se o nível de poluição as espécies

mais sensíveis desaparecem. Contudo se a contaminação aumentar tenderá a uma separação de menor a maior resistência, chegando a desaparecer toda flora líquênica quando o nível de poluição for muito alto.

A existência de líquens depende também de fatores climáticos, sobretudo dos microclimáticos ligados à umidade e luminosidade, pois a água da chuva e o vapor d'água são absorvidos pelos líquens e a luminosidade é importante para o seu desenvolvimento.

Dessa forma, Troppmair (1977), resume o uso de líquens como bio-indicadores da qualidade do ar dentro dos aspectos da ecologia urbana, apontando que o crescimento de líquens é afetado pela poluição atmosférica, pela diminuição da luminosidade e pela deposição de material particulado na superfície de assimilação dos líquens. Este autor defende o uso dessa técnica, considerando que os vegetais, principalmente os líquens, apresentam características específicas que possibilitam excelentes resultados.

A existência e o desenvolvimento dos líquens dependem de fatores biológicos, climáticos e edáficos:

1- Biológicos:

De acordo com Troppmair (1977), entre os fatores biológicos que afetam a existência de líquens nas árvores pode-se citar os de origem natural, ou seja, animais como aranhas, que comem as cascas das árvores ou ainda as lesmas e traças que a destrói e também os pássaros, que utilizam os líquens para a construção de seus ninhos. Também pode-se citar os fatores de interferência humana, ou seja, quando o tronco das árvores são pulverizados e caiados com carbonato de cálcio.

2- Climáticos:

Dentre esses fatores pode-se citar a luminosidade e a umidade. Segundo Troppmair (1977), os líquens são amantes da luz, desde que essa não incida de forma direta. A umidade é de grande importância para os líquens que, através de processos fisiológicos, aproveitam não só a água da chuva, mas também o sereno e o vapor d'água.

3- Edáficos:

Entre os fatores edáficos o mais significativo é o tronco de árvores como substrato.

“Os troncos revestem-se de uma camada epidérmica chamada casca, um termo não técnico aplicado a todos os tecidos situados externamente ao cambio vascular ou ao xilema. Em árvores mais velhas pode ser dividida em casaca periférica morta e casca interna viva (geralmente constituída de floema). Quanto a casca externa, o termo técnico utilizado é ritidoma, que é constituído da periderme e tecidos por esta isolados” (ESAÚ, 1976, p.137).

É na casca que o líquen se desenvolve e dependendo da superfície da casca (lisa ou rugosa) o líquem terá maior ou menor fixação. A fixação dos líquens se dá de maneira mais

intensa nas cascas ásperas, pois nas lisas há uma dificuldade de absorção da umidade devida, segundo Troppmair (1977), a uma “canalização” da água da chuva.

Troppmair (1988) mostrou a classificação dos diversos tipos de líquens quanto ao seu talo. Essa classificação, demonstrada na tabela 4, facilita o estudo desses vegetais e atribui a cada uma das classificações propriedades específicas que ajudarão a interpretar a qualidade do ar atmosférico de uma determinada cidade.

Tabela 4 – Classificação dos diversos tipos de líquens

Crustáceos	Talus achatado e concrecido em toda extensão com o substrato
Foleáceos	Líquens achatados e talos concrecidos com o substrato
Arbustivo	Talus ereto e ramificado, preso ao substrato somente na parte inferior

Fonte: Troppmair, 1988

Adaptado por Capelato, 2007.

Nas palavras de Rizzini (1981), as cascas às vezes são finas, outras grossas e podem ser caducas, renovando-se anualmente, sendo na maioria mais ou menos persistentes e renovando-se lentamente. Nas árvores adultas, as novas camadas corticais (de casca) formam-se na profundidade e disso resulta a morte dos tecidos exteriores; estes se acumulam até certo ponto e a casca engrossa, tornando-se escamosa, fissurada ou sulcada.

Como já foi visto anteriormente de uma maneira breve, a existência dos líquens, numa composição arbustiva, vai depender, também, das condições climáticas, fatores climáticos e microclimáticos ligados a umidade e a luz.

Vale a pena ressaltar, que a presença desses vegetais está relacionada a poluição das cidades. Os poluentes gasosos são os mais prejudiciais aos líquens, principalmente no que se refere ao dióxido de enxofre (SO₂). Fato esse que justifica a utilização desse vegetal como bio-indicador da poluição do ar.

Farmer et al. (1991 apud. Antunes, 1997) relatam que algumas espécies de líquens exibem extrema sensibilidade ao gás dióxido de enxofre (SO₂) e como resposta, têm desaparecido de áreas industrializadas da Inglaterra e Escócia.

“Com respeito à indicação biológica da poluição do ar com SO₂, os métodos descritos na literatura são baseados na observação do comportamento dos indicadores sensíveis ao SO₂, principalmente líquens e musgos. Líquens são organismos resultantes da simbiose de fungo com alga numa relação de mutualismo benéfico. Eles são encontrados em troncos de árvores, pedras, solo, onde a competição com plantas de crescimento rápido é mínima; são excelentes indicadores biológicos de SO₂ e suas reações dão valiosas informações a longo prazo” (JOHNSEN, 1986 apud. ANTUNES, 1997. p. 27)

Vincente (1990, apud. Antunes, 1997), na cidade de Toulouse (França), utilizando-se de líquens como bio-indicadores submetidos a ação de poluentes tais como SO₂ e NO₂,

demonstrou que os mesmos tiveram suas funções metabólicas afetadas e mudanças nas atividades fisiológicas.

“Os líquens são vegetais mais sensíveis a gases ácidos, pois esses não possuem tecidos protetores regulares como vegetais superiores. Concentrações de SO₂ de 0,2 ppm já reduzem de forma mensurável o crescimento dos líquens”. (ANTUNES, 1997, p. 24).

“Devido a sua susceptibilidade ao SO₂ e alguns outros poluentes, os líquens têm sido usados por décadas como indicadores da poluição do ar. Mapeamentos detalhados executados pelo mundo inteiro em numerosas cidades desde 1950 têm sido indicados que a flora de líquens ao redor de fontes de emissão são altamente empobrecidas” (KAUPPI et. al. , 1992, apud. ANTUNES, 1997, p. 26).

Para Galli (1978), o líquen é um exemplo clássico de simbiose intermicrobiana, dentro da simbiose mutualística que é a coexistência íntima de duas espécies diferentes, resultando em benefício mútuo. A associação neste caso é muito restrita e específica de certo tempo de duração. Cada um dos simbiossantes é uma parte essencial do ambiente de seu parceiro. Às vezes, seu crescimento é de tal forma misturado que torna-se impossível dizer onde um organismo termina e o outro começa. Ocorre uma inter-relação física e fisiológica muito íntima, que tem sua base num intercâmbio metabólico. No líquen, associação entre algas e fungos superiores, a estrutura externa se diferencia profundamente do aspecto das culturas do fungo ou da alga participantes. Nesta simbiose, a alga fornece os compostos orgânicos necessários ao fungo e este providencia proteção de excesso de insolação para a alga, fornecendo-lhe ainda nutrientes orgânicos extraídos do substrato.

Crespo et al. (1977 apud. Antunes, 1997) afirmam que as respostas dos líquens à poluição, ou seja, sua reação mediante ao grau de poluição atmosférica, devem-se não só a um fator, mas ao conjunto das transformações físico-químicas e biológicas que sofre a atmosfera poluída. A contaminação se deve a um grande número de causas simultâneas; os gases e sólidos contaminadores são diversificados e advêm de inúmeras fontes. As conseqüências no nível de precipitação e na variação da temperatura são também diferentes na atmosfera das cidades, o que conseqüentemente influencia na resposta dos vegetais como também na diminuição relativa da flora líquênica.

Alfonso e Rodrigues (1994 apud. Antunes, 1997) estimaram a contaminação atmosférica em uma área de influência de uma central térmica situada em La Robla (Espanha), em funcionamento desde 1970, utilizando líquens como indicadores sobre Quercus pyrenaica, Populus nigra e Pinus sylvestris. Como resultado obtiveram três zonas de contaminação.

Walther et al. (1990) utilizaram líquens para o monitoramento dos níveis de metais no ar próximos a zonas industriais. O uso dos líquens foi baseado na sua capacidade de captar partículas atmosféricas. O local de estudo foi Baton Rouge, Louisiana, devido a sua alta concentração de indústrias. A proposta deste estudo foi observar os efeitos da atividade industrial e tráfego urbano nas concentrações de alumínio (Al), Cobre (Cu), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), em líquens coletados nesta cidade.

“Líquens são organismos de vida longa, não têm um bom desenvolvimento de cutícula e de raiz e dependem da deposição úmida e seca para obter nutrientes minerais. A falta de cutícula e superfície irregular do talo facilita a entrada de partículas não necessárias para seu metabolismo. Essa habilidade os permite absorver elementos através do seu talo e armazena-los dentro de seus tecidos em concentrações mais altas que plantas vasculares” (GUEVARA et al., 1995 apud. ANTUNES, 1997, p. 25).

Villeneuve et al. (1988) afirmam que líquens são plantas de crescimento lento com larga extensão de superfície e desta forma propensos a absorver poluentes da atmosfera. No estudo realizado por eles, os líquens demonstraram ser valiosos bio-indicadores da poluição por organoclorados.

Fabiszewski et al. (1987 apud Antunes, 1997), fizeram um estudo que trata das reações das plantas como indicadores da poluição do ar nas proximidades de uma fundidora de cobre, reconhecendo as indústrias de fundição como importantes fontes poluidoras do ar. A influência mais tóxica de poluição do ar na vegetação resulta de emissão de SO₂ e metais pesados da atividade metalúrgica. A degradação ao redor desta indústria foi quase total, ao longo de 25 anos de atividade. Entretanto, é necessário estimar a intensidade e alcance dos gases e poeiras poluentes por meio de um monitoramento biológico. Neste caso, os líquens foram os bio-indicadores utilizados para detectar os poluentes e sua influência nos organismos. Como resultado, esses pesquisadores obtiveram uma influência tóxica da poluição do ar dentro de um raio de 10 a 15 quilômetros distante do centro de emissão.

Hofmann et al. (1993) em seu estudo sobre concentrações de Cs em Chernobyl, sugerem que os líquens (simbiose de algas-cianobactérias e/ou alga verde – e fungo – asco e basideomicetos), são detectores biológicos baratos e adequados para modelo de partículas radioativas. Entretanto, tais detectores manifestam uma variabilidade própria não encontrada nos detectores físicos, como por exemplo, o de nem sempre existir quantidade suficiente de líquens para o monitoramento.

Kauppi et al. (1992 apud. Antunes, 1997), com a proposta de determinar a extensão da escassez da flora de líquens nos troncos de pinos (*Pinus sylvestris*), como indicadores da poluição do ar, concluíram que com a diminuição da distância do centro da cidade, os

números de espécies de líquens e seu tamanho e porcentagem de cobertura diminuía, mudanças em seus aspectos externos tornaram-se mais marcantes e as concentrações de impurezas nos líquens aumentaram. As amostras marcadas na área central foram claramente afetadas pela atividade humana (ação antrópica). Este trabalho explorou diferenças na flora líquênica e na porcentagem de cobertura e condições dos líquens no tronco de pinus em amostras selecionadas na área central de Oulu e seus subúrbios.

Segundo Garty et al. (1996), a poluição do ar é, como regra, medida ou monitorada instrumentalmente. Dentro das últimas décadas, entretanto, muitas espécies de líquens têm sido usadas como bio-indicadores de elementos poluentes transportados pelo ar.

Neusser et al. (1994) realizaram uma mensuração comparativa da incidência de líquens em troncos de árvores em duas áreas de níveis de poluição distintos: uma no centro e outra a 10 quilômetros do centro, obtendo como resultado cinco classes de poluição.

A análise bibliográfica sobre o uso de bio-indicadores para mensuração da poluição, subsidia a presente pesquisa, evidenciando a importância de estudos desta natureza para a Geografia.

4 - Objetivos buscados com a pesquisa:

“A agressão violenta e acelerada à natureza seja pela destruição da cobertura vegetal, pela poluição do ar e das águas, pela desertificação de amplas faixas de solo, leva parte da humanidade a pensar e a lutar pela preservação de ambientes, que ainda hoje, abrigam flora e fauna em estado natural. Mesmo nas paisagens criadas pelo homem – nos centros urbanos, nos agroecossistemas e nos reflorestamentos – nota-se dia-a-dia a redução da qualidade ambiental e de vida. É este o motivo por que, nos dias atuais, em todo o mundo surgem movimentos e grupos conservacionistas, até governos, infelizmente poucos que se preocupam com o Meio Ambiente. Conservar a natureza não significa “não tocá-la” mas sim, utilizá-la de forma racional respeitando os parâmetros ecológicos de recomposição, de equilíbrio, de harmonia, de autodepuração numa perspectiva dinâmica têmporo-espacial” (TROPPMAIR, 2004, p. 178).

“Nas últimas décadas, os diagnósticos e mesmo as soluções de importantes problemas ambientais são frutos da contribuição de trabalhos desenvolvidos por geógrafos em diferentes nações do mundo” (Monteiro, 1991, p.19).

“A Geografia tem como objetivo o estudo da organização do espaço e das inter-relações de seus elementos, incluindo a interferência humana” (VIADANA, 1985, p. 1).

Ainda segundo Viadana (op. cit.), nas últimas décadas a comunidade científica tem participado ativamente na questão ambiental de duas formas:

- *Na identificação dos aspectos negativos da quebra do equilíbrio ecológico;*
- *Desprendendo grandes esforços na tentativa de solucioná-los.*

Assim, do ponto de vista geográfico um estudo da condição do ar atmosférico e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população são trabalhos enquadrados entre as preocupações dos geógrafos atuais, uma vez que a geografia se faz presente nas questões de caráter ambiental e na preocupação da relação homem/natureza.

“A atual interferência do homem no meio ambiente, de forma drástica, através da urbanização, dos processos de industrialização, do desmatamento, da construção de grandes barragens, da drenagem de pântanos, altera profundamente os parâmetros ambientais, pondo em risco, não apenas a vida de plantas e animais, mas também a do próprio homem” (TROPPEMAIR, 2002, p. 5).

Entretanto, nesse início de século, talvez por verem tantos danos ambientais e consequentemente reflexos na qualidade de vida da sociedade humana,

“o homem mostra-se realmente preocupado com o estado atual e futuro dos territórios que ocupou e pretende ocupar, assim como com as consequências da natureza e dos efeitos dessa ocupação e uso subsequente sobre a qualidade de sua própria vida” (MACEDO, 2004 p. 49).

Dessa forma amplia-se, hoje em dia, a preocupação em implantar políticas que compatibilizem o desenvolvimento, com uma efetiva manutenção ambiental e da produtividade dos recursos naturais, com o intuito de reverter o quadro de degradação ambiental.

Com isso, surge a necessidade de se analisar o grau de poluição presente nas cidades e onde há uma maior concentração de poluentes, para que se possa fazer um planejamento ambiental buscando melhorar a qualidade do ar dessas cidades.

Em vista disso, e dentro dos enfoques geográficos ao meio ambiente, a cidade de Araras (SP) foi escolhida como objeto desse estudo, por ser um centro urbano que tem sua população absoluta crescendo constantemente nos últimos anos. Segundo o censo demográfico do IBGE de 2000, o número de habitantes totalizou-se em 104.205; no censo de julho de 2003 a população já era de 109.352 habitantes; no ano de 2005 a população ararense já chegava a 114.682. Atualmente o município abriga cerca de 115.000 habitantes, denotando um contínuo aumento na população de Araras vem aumentando a um ritmo acelerado.

Outro fator levado em consideração, foram as constantes indústrias que se instalaram na cidade, além de uma grande frota de carros, que se concentra em apenas 320 Km quadrados, que é o centro urbano do município, o qual tem uma área total de 610 Km.

Além disso, a cidade recebeu por vários anos seguidos o título de “Cidade das Árvores”, apresentando características relevantes para o presente estudo, uma vez que, as árvores constituem fatores primordiais para a aferição dos líquidos.

A quantidade de veículos de Araras, segundo o Demutram no ano de 2005 revelou que a cidade reunia 49.005 veículos, sendo 12.651 leves 1 (ciclomotos, motonetas, motocicletas, triciclos, quadriciclos), 3.425 leves 2 (micro-ônibus, camionetas, caminhonetes, utilitários), 30.112 leves 3 (automóveis), 214 ônibus (ônibus, ônibus especial), 2.045 caminhões

(caminhão, caminhão trator e caminhão de carga), 882 reboques (reboque e semi-reboque), mais 45 de outras categorias.

O crescimento de veículos é fator preocupante para a qualidade do ar atmosférico, pois

“um litro de gasolina produz em média 385 gramas de poluentes (330 gramas de monóxido de carbono, 30 gramas de hidrocarbonatos e 25 gramas de óxidos de nitrogênio). Um litro de álcool produz em média 253 gramas de poluentes (210 gramas de monóxido de carbono, 28 gramas de hidrocarbonetos e 15 gramas de óxido de nitrogênio)” (TROPPMAIR, 1988, p. 130).

O número de empresas, que vem aumentando consideravelmente, também preocupou, uma vez que a cidade comporta as duas maiores usinas de cana de açúcar da região, a Usina São João e a Usina Santa Lúcia, sendo que em época de safra a queima da cana é constante e a cidade fica coberta por uma fuligem, uma fonte de poluição fixa. Além das usinas a cidade também conta com as torrefações de café, tanto da Nestlé como o Café Júnior, enquadradas nas fontes poluidoras múltiplas. Além de muitas outras indústrias, (que em 1996 eram de 230 estabelecimentos) que se encontram instaladas no município de Araras denotando claramente a necessidade de uma pesquisa sobre a qualidade atmosférica.

A presente pesquisa baseou-se no uso de líquens como bio-indicadores da qualidade do ar da cidade de Araras. Tal estudo trouxe contribuições importantes ao município, uma vez que mostrou a distribuição espacial e a intensidade da poluição, trazendo subsídios importantes para um Planejamento Ambiental Urbano futuro.

Segundo Troppmair a técnica do uso de bio-indicadores para identificar o grau de poluição em que se encontra a cidade tem por objetivo “*mostrar a distribuição espacial e a intensidade da poluição do ar resultante de fontes fixas (fábricas) e móveis (autoveículos)*” (TROPPMAIR, 1988, p.148).

Dessa forma esse estudo teve por objetivos:

- Contribuir para o Planejamento Ambiental Urbano da área estudada, através dos estudos Biogeográficos, tendo como suporte os bio-indicadores vegetais presentes na arborização da referida área.
- Aplicar os resultados do estudo na obtenção de melhorias da qualidade do ar e conseqüentemente melhorias na qualidade de vida da população ararense.
- Mostrar a distribuição espacial e a intensidade da poluição do ar presente na cidade de Araras (SP), por meios da análise da presença de líquens na arborização tanto da área central como periférica da cidade.

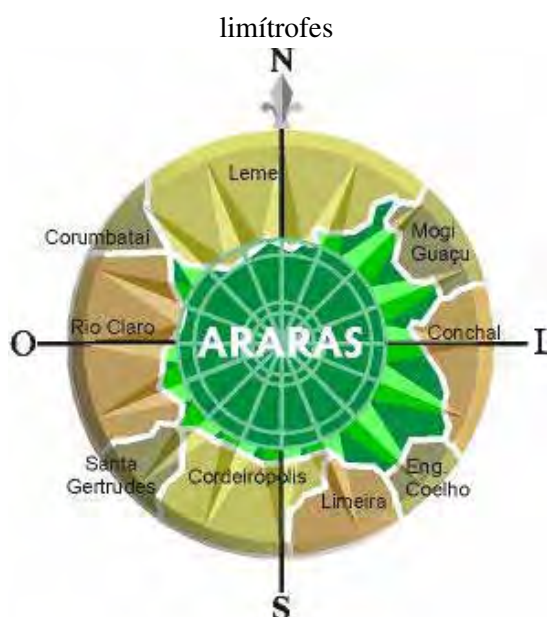
- Alertar as autoridades da cidade no sentido de distribuir racionalmente o fluxo de veículos na cidade e reservar áreas apropriadas para a instalação dos distritos industriais.

5- Descrição da Área Estudada – A Cidade de Araras

A área escolhida para a execução do estudo biogeográfico de líquens como indicadores da poluição do ar foi a cidade de Araras-SP, localizada a Noroeste da cidade de São Paulo, distante dela 170 km² e de Brasília, capital do país, 842 km². Araras faz parte da região de grande desenvolvimento de Campinas, distante dessa cidade 76 km².

Esse município situa-se no entroncamento das três principais rodovias paulistas: Rodovia Anhanguera, Rodovia dos Bandeirantes e a Rodovia Washington Luiz. Faz divisa ao norte com o município de Leme, ao sul com o município de Limeira e Cordeirópolis, a oeste faz divisa com Santa Gertrudes, Rio Claro e Corumbataí e, a leste, limita-se com Mogi Guaçu, Conchal e Engenheiro Coelho. Tais disposições podem ser constatadas na figura 1.

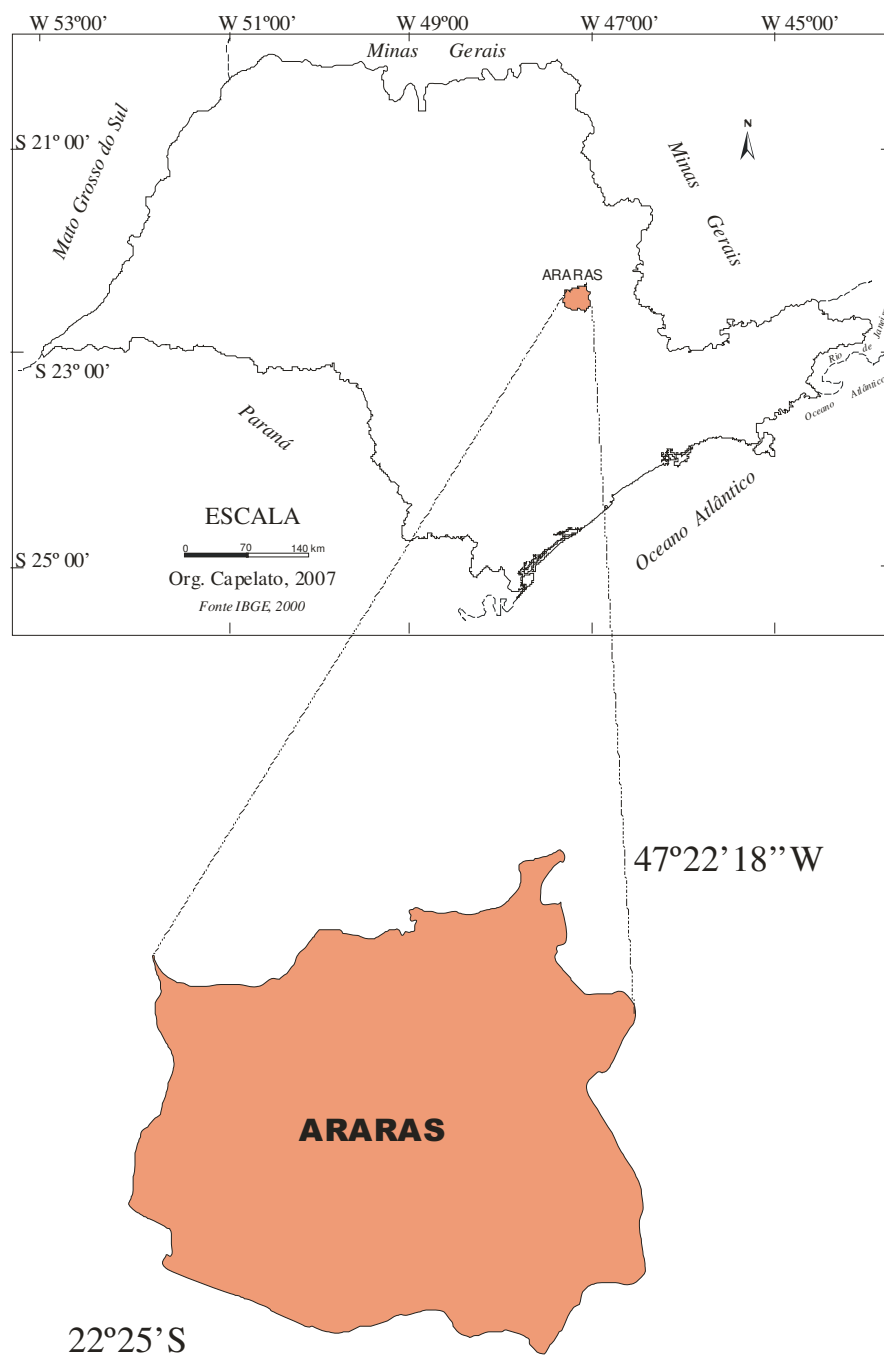
Figura 1 - Ilustração que demonstra as delimitações de Araras (SP) com seus municípios



Fonte: Prefeitura Municipal de Araras, 2007

O município de Araras localiza-se entre as coordenadas geográficas 47° 15' e 47° 30' O (oeste) e 22° 10' e 22° 30' S (sul). A altitude média do município é de 611 metros e a temperatura em torno de 32° C de máxima e mínima por volta de 8° C, caracterizando um clima tipicamente Tropical.

Fig.2: Localização do Município de Araras no Estado de São Paulo



5.1 – Caracterização histórica, demográfica e econômica do município de Araras-SP

O município de Araras ocupa uma área total de 610 Km², sendo 320 Km² de perímetro urbano e 290 Km² de área rural. No que se refere ao saneamento, Araras tem 100% de água e esgoto tratados e o mesmo índice em iluminação, havendo um declínio para 95% quanto a pavimentação. Para facilitar a localização e administração da cidade, Araras está dividida em quatro setores. No primeiro setor estão localizados 23 bairros, no segundo estão presentes 19 bairros, o terceiro setor conta com 12 bairros e três Distritos Industriais e o quarto setor abrange 17 bairros.

Araras é um município que está em constante crescimento e desenvolvimento. Em 1954 e 1955 recebeu o título de “Município de Maior Progresso do Brasil”, o que fez com que muitos imigrantes viessem para a cidade em busca de melhores condições de vida. Em 1966 /67 e 68 recebeu o título de “Município Agrícola Modelo do Brasil”, mérito alcançado pelas grandes usinas presentes no Município; também no ano de 1967 recebeu o título de “Município Modelo do Estado de São Paulo”, também recebeu o título de “Município de Maior Desenvolvimento do Brasil” nos anos de 1981, 85, 86, 87, 89, e 91 graças ao elevado número de indústrias que se instalaram na cidade, trazendo progresso e modernização. Por fim em 1993, recebeu o título de “Cidade do Ano em Segurança do Trânsito – Prêmio Volvo”.

Esses dados demonstram que Araras está em constante crescimento e concentra um número razoável de pessoas, indústrias, veículos individuais e coletivos, etc. A ausência de um trabalho que detecte o nível de poluição do ar mostrou a necessidade de um estudo, nesse nível, na cidade de Araras.

Do ponto de vista populacional, Araras apresenta um crescimento vegetativo acelerado. Pela tabela 5 e figura 3, percebe-se a evolução populacional ararense nas últimas décadas.

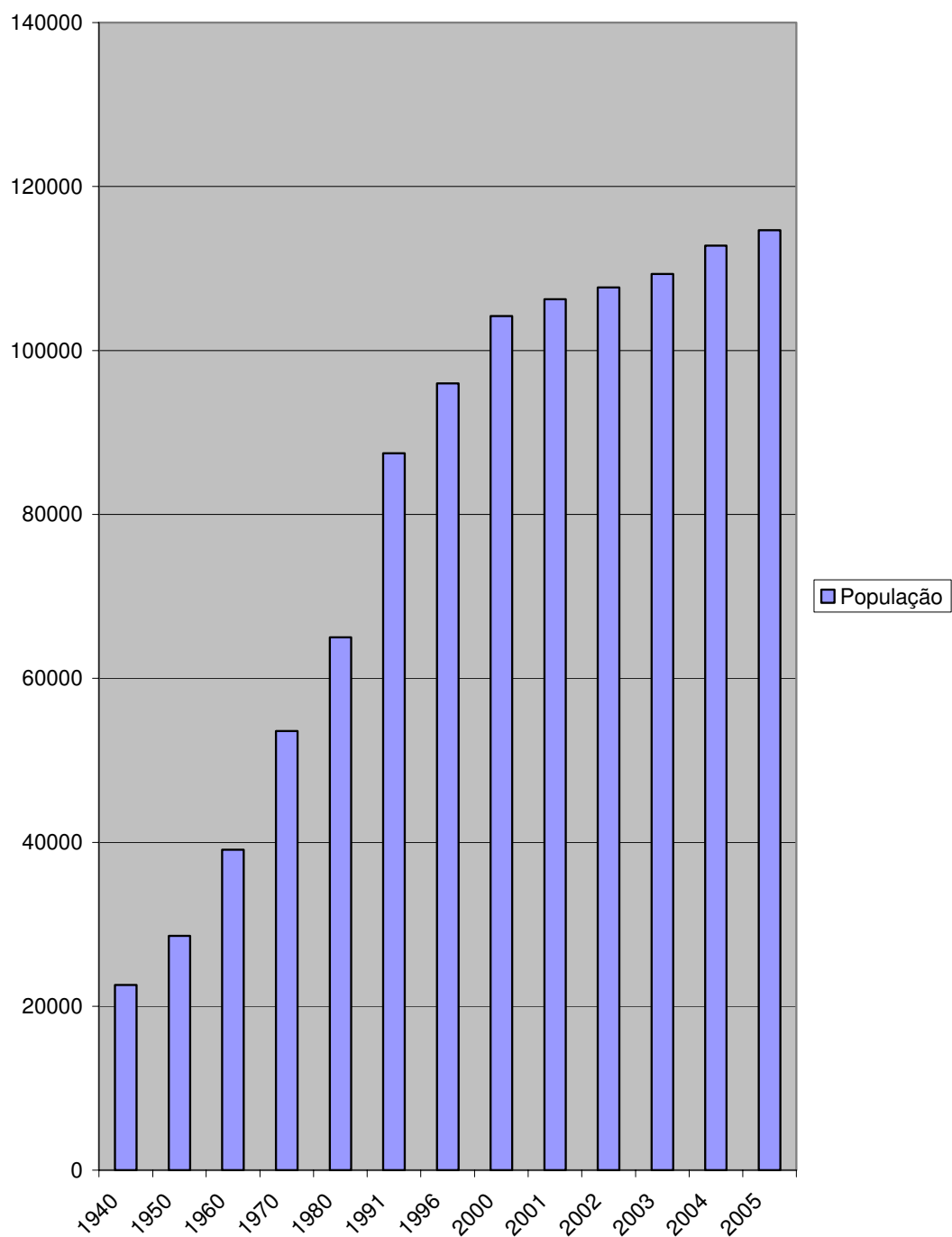
Tabela 5 – Crescimento Populacional de Araras

Ano	Número de habitantes da cidade de Araras
1940	22.614
1950	28.599
1960	39.102
1970	53.564
1980	65.017
1991	87.459
1996	95.997
2000	104.205
2001	106.261
2002	107.718
2003	109.352
2004	112.783
2005	114.682

Fonte: Secretaria de Promoção Social de Araras, 2006

Org. Capelato, 2007

Figura 3 - Evolução da População Urbana de Araras



Fonte: Secretaria de Promoção Social de Araras, 2006
Org. Capelato, 2007

Outro fator que mostra o crescimento populacional da cidade de Araras é o número de loteamentos que vêm aumentando nas últimas décadas. Segundo os dados da Emhaba (Empresa Municipal de Habitação de Araras), mais de 6000 novas casas foram construídas nos últimos anos, abrigando mais de 20.000 pessoas. Esses dados podem ser visualizados na tabela 6:

Tabela 6 – Número de Conjuntos Habitacionais construídos em Araras (1968-1998)

Bairro	Unidade	Modalidade	Início
Dona Rosa Zurita	276	Casas	1968
Tancredo Neves	100	Casas	1972
Madalena de Canossa	138	Casas	1976
José Ometto I	730	Casas	1981
Narciso Gomes	1.157	Casas	1982
José Ometto II	1.216	Casas	1983
	94	Casas	1983
José Ometto III	56	Mutirão	1983
XV de Agosto	39	Mutirão	1988
José Ometto IV	123	Casas	1992
Parque Tiradentes	1.833	Lotes urbanizados	1992
Parque Dom Pedro	712	Lotes urbanizados	1998
Total	6.474		

Fonte: Prefeitura Municipal de Araras – Emhaba, 2007

Araras também apresenta um crescimento da sua frota de veículos. Hoje, o Serviço Municipal de Transporte Coletivo de Araras - SMTCA, possui uma frota de 63 ônibus, e utiliza 34 veículos para a área urbana, 21 para estudantes na zona rural, 2 para linhas rurais e 6 para reserva. Esta frota é ainda composta por 2 ônibus articulados, 4 micro-ônibus, 9 com ar condicionado e 2 carros específicos para pescadores.

A quantidade de veículos no município de Araras vêm crescendo consideravelmente desde 1997. Segundo cálculos do Demutram, estima-se que em 2010 o número de carros se

iguale ao número de habitantes, tendo uma estimativa de um por um, ou seja, um carro por habitante.

A evolução da frota de veículos na cidade de Araras foi organizada na tabela 7 e figura 4 para facilitar sua visualização. Esses dados foram extraídos sempre no mesmo mês de cada ano consecutivo, ou seja, a cada mês de Abril, a partir de 1997, foi feito um levantamento da quantidade de veículos que a cidade continha.

Tabela 7- Evolução da Frota de veículos da cidade de Araras-SP

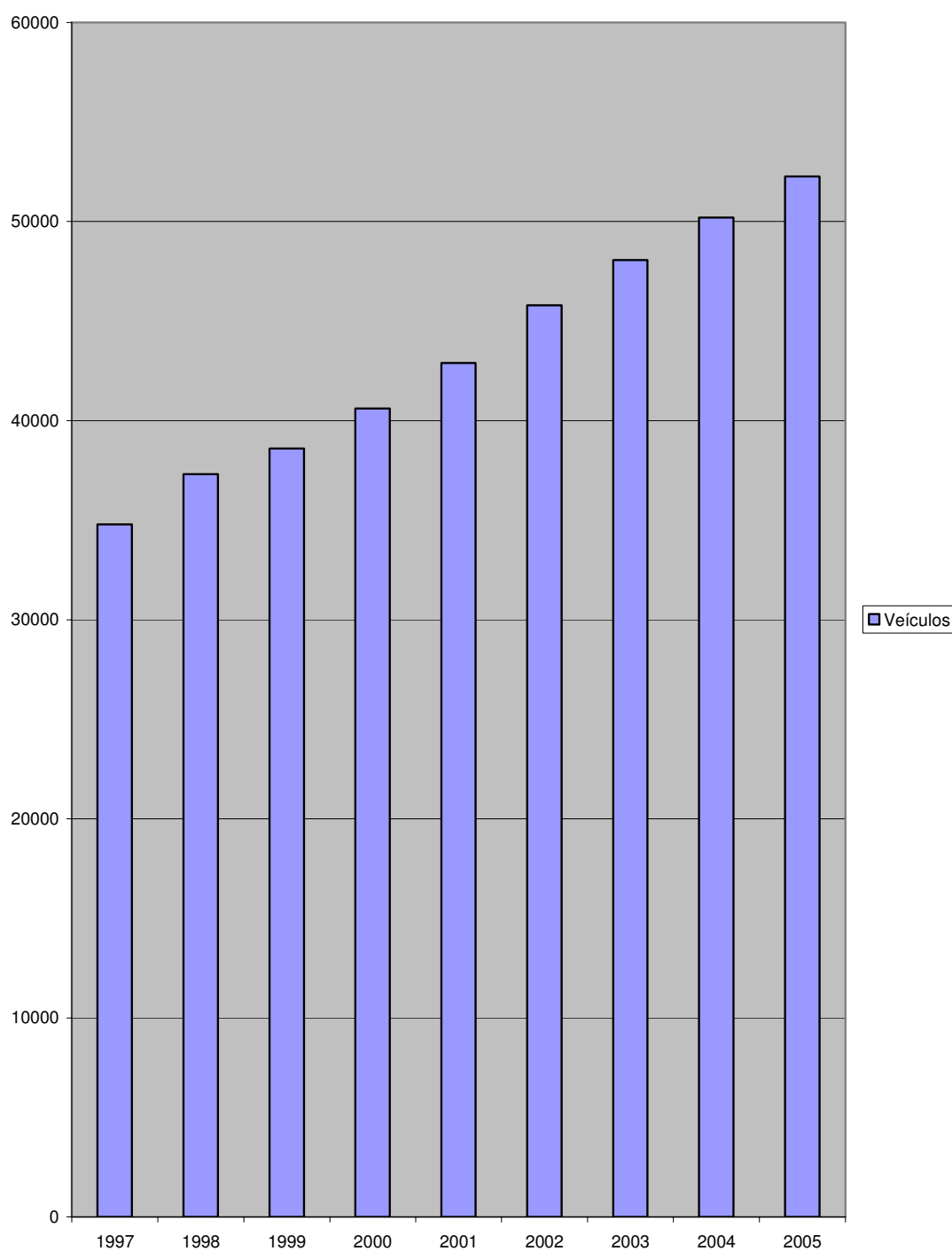
Ano	Leves 1*	Leves 2* *	Automóveis	Ônibus	Caminhão	Reboque	Outros	Total
1997	6.615	2.429	22.421	183	2.269	808	62	34.787
1998	7.116	2.644	24.226	191	2.216	858	60	37.311
1999	7.556	2.754	25.028	192	2.147	859	63	38.599
2000	8.206	2.862	26.195	194	2.177	876	109	40.619
2001	9.038	3.098	27.360	209	2.227	894	60	42.886
2002	10.360	3.302	28.711	209	2.223	928	60	45.793
2003	11.558	3.417	29.586	223	2.246	968	61	48.059
2004	12.597	3.527	30.545	232	2.268	973	61	50.203
2005	13.721	3.599	31.504	230	2.201	957	55	52.267

Fonte: Demutram – Departamento de Trânsito de Araras, 2006

Org. Capelato, 2007

* (ciclomoto, motoneta, motociclo, triciclo, quadriciclo)

** (Micro-ônibus, caminhoneta, caminhonete, utilitário)

Figura 4 - Crescimento da Frota Urbana de Araras

Fonte: Departamento de Trânsito de Araras Demutran, 2006
Org. Capelato, 2007

Araras também apresenta pleno desenvolvimento no setor industrial, comercial e de prestação de serviços. O número de empresas vem crescendo consideravelmente nas últimas décadas, fato relevante ao tema da pesquisa, uma vez que as indústrias são uma das principais fontes responsáveis pela poluição atmosférica.

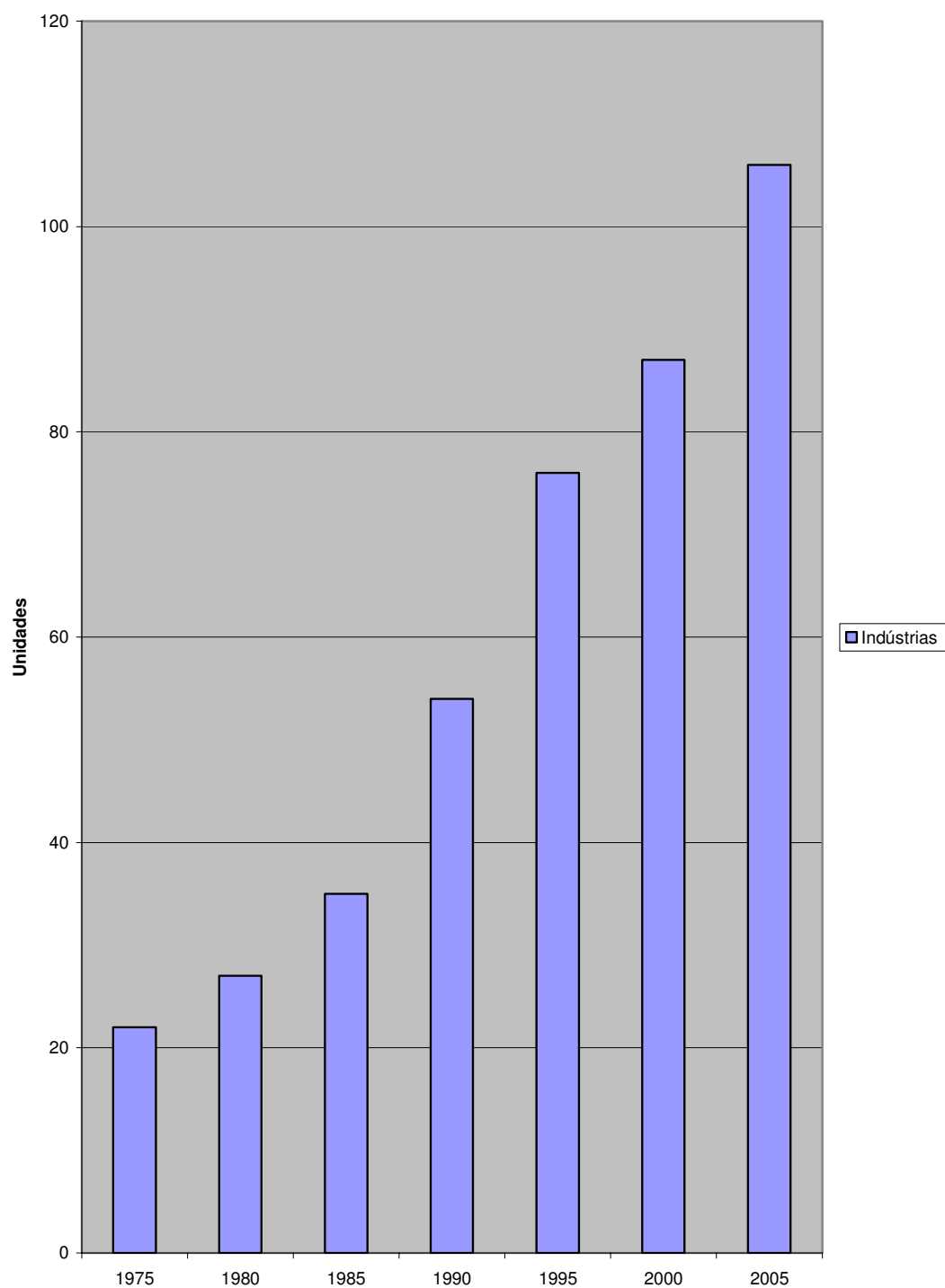
Os dados sobre a evolução industrial, comercial e de prestação de serviços da cidade de Araras estão evidenciados na tabela 8 e figura 5.

Tabela 8 - Crescimento industrial de Araras

Ano	Número de indústrias	Número de comércios	Número de instituições de prestação de serviço
1975	22	163	12
1980	27	260	14
1985	35	448	15
1990	54	891	26
1995	76	1334	41
2000	87	1921	56
2005	106	2532	65

Fonte: Agência Municipal da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento de Araras (Secretaria do Desenvolvimento), 2006

Org. Capelato, 2007

Figura 5 - Crescimento do Setor Industrial Ararense

Fonte: Secretaria do Desenvolvimento de Araras, 2006
Org. Capelato, 2007

5.2 – Os aspectos físicos-naturais do município de Araras-SP

5.2.1 – Relevo e Hidrografia

A cidade de Araras encontra-se na Depressão Periférica Paulista, a qual tem a forma de

“ um corredor de topografia colinosa de aproximadamente 50Km de largura, nitidamente embutido entre a cuesta da Borda da Mata e Monte Santo e as elevações cristalinas do acidentado Planalto Atlântico. Ao atingir o médio Mogi-Guaçu a depressão atinge de 80 a 100 km de largura, alcançando 120 km na área do médio Tietê. Na área em que a depressão se encurva de SW para W rumo ao segundo Planalto do Paraná, sua largura média continua a oscilar entre 80 e 120km, comportando, entretanto, sutis modificações topográficas e morfológicas” (AB´SABER, 1969, p.2)

Segundo o texto base do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – IPT - (1981), a Depressão Periférica marca uma acentuada mudança de movimentação do relevo, se comparada as suas áreas vizinhas, pois no lugar de um relevo montanhoso, característica específica do Planalto Atlântico, observa-se um relevo colinoso que não está diretamente vinculado as litologias sedimentares, uma vez que, ultrapassa seus limites e avança por sobre rochas graníticas, metamórficas do embasamento.

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – IPT - (1981), constata-se que Araras assume três formas distintas: morrotes alongados e espigões, colinas médias e colinas amplas. Porém, vê-se um predomínio de colinas amplas na maior parte de seu território.

- Morrotes alongados e espigões: predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulares e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneo. Drenagem de média e alta densidade, padrão dentrítico e vales fechados.
- Colinas médias: predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexos à retilíneo. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular vales abertos e fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
- Colinas amplas: predominam interflúvios com áreas superiores a 4 km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos à convexos. Drenagem de

baixa densidade, padrão subdentríptico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes e intermitentes.

Segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – USP – (1997), Araras encontra-se na Depressão Moji-Guaçu embutida na Depressão Periférica Paulista. Apresentando como modelo dominante colinas com topos amplos e uma altimetria que vai de 300 metros a 600 metros de altitude.

A declividade dominante do perímetro ararense é de 10 a 20%. O relevo caracteriza-se por formas muito pouco dissecadas a planas, com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem e, conseqüentemente, com potencial erosivo muito baixo.

Moraes Rego (1932, apud. Penteado, 1976), denominou este relevo de Depressão Periférica admitindo uma fase de peneplanização Eocênica e uma fase de sedimentação Pliocênica, concluindo que entre a peneplanização Eocênica e a sedimentação Pliocênica teria sido aberta uma depressão periférica a leste dos lençóis eruptivos, desnudando as camadas inferiores do sistema de Santa Catarina pela ablação dos arenitos da série São Bento não protegidos.

Quanto à hidrografia dessa região, temos que a Depressão Periférica Paulista é recoberta

“por densa rede de drenagem, salientando-se alguns rios principais como cursos conseqüentes que, mantendo seu antigo traçado dirigido para NW em direção ao eixo da bacia do Rio Paraná, a partir de uma superfície de aplainamento antigo (final do Cretácio e início do Terciário) superimpuseram-se às estruturas paleozóicas e mezozóicas para romper a cuesta basáltica em boqueirões: o Tietê, o Paranapanema, o Mogi-Guaçu e o Pardo. Esses rios, como artérias principais de maior capacidade erosiva e provavelmente com interferências tectônicas teriam provocado capturas através de seus afluentes, de ‘primitivos conseqüentes’, que adaptando-se às estruturas passaram a percorrer a cuesta com nítido desvio em seu traçado, a exemplo do Piracicaba, o Sorocaba, o Capivari, o Itararé, o Apiaí, o Taquari, etc.” (PENTEADO, M.M. 1976, p. 14-15).

A microbacia do rio das Araras localiza-se a nordeste, juntamente com seus afluentes e córregos. Esse compartimento apresenta desníveis de até 100 metros em relação aos morros testemunhos: localizados a noroeste em altitudes de 800 m na Fazenda Belmonte, constituídos por arenitos da Formação Pirambóia, sustentado por um “sill” de diabásio, que sobressai como a superfície mais elevada da área e apresenta solo podzólico vermelho-amarelo. Esses morros situam-se a 680-720 metros de altitude, localizados na porção leste, próximo a Fazenda São José, representado por rochas intrusivas basálticas (diabásio) e latossolo vermelho-escuro e latossolo roxo estruturado distrófico.

O relevo da microbacia do rio das Araras é levemente ondulado. A planície aluvial apresenta uma pequena extensão e está recoberta por sedimentos da Formação Pirassununga

com cobertura de latossolo vermelho-amarelo, podzólico vermelho-amarelo e solos hidromórficos. Os planaltos identificam-se como área representativa, principalmente entre 600-680 metros, entre os mais altos ocorrem morros testemunhos isolados com latossolo vermelho-escuro e latossolo roxo estruturado.

A margem direita do rio está capeada por depósitos do quaternário, os quais se apresentam também nas margens dos ribeirões Ferraz, Tatu, das Cobras e Córrego Santa Cruz.

A vegetação natural apresenta-se em pequenas porções entre 600 e 680 metros de altitude nas proximidades das calhas dos rios, em latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelo. Com base em Jesus (1989), a agricultura está representada em ordem de ocupação: cana-de-açúcar, citrus, algodão, café, em menor extensão e outras culturas principalmente anuais. As pastagens e os eucaliptos ocupam as áreas mais movimentadas, menos adequadas a lavoura.

5.2.2 – Geologia e Solo

A região de Araras pertence a *“provincia fisiográfica do Paraná, constituída por rochas da Glaciação Paleozóica, coberturas basálticas do Jurássico e do cretáceo e materiais recentes, localizados entre os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná”* (Jesus, 1989, p.7).

Segundo o texto base do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – IPT – (1981), a Depressão Periférica Paulista, onde localiza-se a cidade de Araras, corresponde à faixa de ocorrência das seqüências sedimentares infrabasálticas paleozóicas e mesozóicas do Estado de São Paulo, possuindo também, descontínuas áreas de corpos intrusivos, sob a forma de diques e “sills” de diabásio, além de pequenas rochas pré-cambrianas em alguns pontos isolados.

Segundo A Folha Geológica de Araras – SF-23-M-11-3-SP (1987), a cidade é constituída predominantemente por rochas intrusivas basálticas, siltitos e argilitos da Formação Corumbataí, areias da Formação Tatuí e depósitos Quaternários.

Um pequeno fragmento territorial de Araras, está presente na formação Itararé, com predominância de arenitos, diamictitos e siltitos datados do paleozóico.

Pedologicamente, os principais grandes grupos de solo que ocorrem em Araras são: “Latossolo vermelho – amarelo, Latossolo vermelho – escuro, Latossolo roxo, Podzólico

vermelho – amarelo, solos hidromórficos e Terra Roxa Estruturada”, (Mapa do Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo, 1981) .

Segundo Cunha e Guerra (1998), os latossolos, de um modo geral, são resistentes à erosão. A boa permeabilidade e drenabilidade, além da baixa relação textural A/B, ou seja, pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B, geralmente garantem uma boa resistência dos latossolos mediante à erosão.

“*Os latossolos classificam-se em Latossolo Ferrífero (LF), Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LA), Latossolo Bruno (LB) e Latossolo variação Uma (LU).*” (CUNHA e GUERRA, 1998, p. 183). Para os autores, esses solos são distintos uns dos outros levando-se em conta a cor, a atração magnética, o teor de ferro (ambos maiores no Latossolo Ferrífero e no Latossolo Roxo) e os valores de Ki (relação sílica/alumínio).

A seguir estão detalhadas as características dos latossolos encontrados em Araras.

- Latossolo vermelho–marelo: Caracterizado por ser álico, horizonte A moderado podendo passar para proeminente, geralmente de textura média a argilosa ou indiscriminada. Em alguns pontos a textura média do horizonte B pode ter ou não a presença do horizonte A arenoso.
- Latossolo vermelho–escuro: Características como sendo álico, horizonte A moderado, textura média e em alguns casos argilosa.
- Latossolo Roxo: Caracterizado por ser em sua maioria eutrófico, porém apresenta áreas distróficas, geralmente de horizonte A moderado e textura muito argilosa ou argilosa.
- Solos hidromórficos: apresenta características Gley pouco húmico e/ou Gley húmico com ou sem ocorrência de solo orgânico.

Segundo Cunha e Guerra (1998), os podzólicos são solos com horizonte B textural (Bt), caracterizado por acumulação de argila, por iluviação, translocação lateral interna ou formação no próprio horizonte. Geralmente, apresentam diferenças significativas no teor de argila entre os horizontes A e B, passando de um horizonte superficial mais arenoso para um mais argiloso. Isso pode representar um obstáculo para a infiltração da água, diminuindo assim sua permeabilidade e favorecendo o escoamento superficial na zona de contato entre os diferentes materiais. Dessa forma, apesar dos podzólicos terem boa agregação e estruturação apresentam uma suscetibilidade aos processos erosivos.

Ainda segundo os mesmos autores, os Podzólicos dividem-se em Podzólico Vermelho-Escuro (PE), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), Podzólico Amarelo (PA), Podzólico Bruno-Acinzentado (PB) e Podzólico Acinzentado (PA). A diferenciação entre os Podzólicos é feita considerando-se a cor do horizonte B, tipo de horizonte A e teor de ferro.

O Podzólico encontrado em Araras é o Vermelho-amarelo, caracterizado pela presença de argila de atividade baixa, distrófico ou álico, podendo ser em alguns casos abrupto; o horizonte A é em sua maior parte moderado, mas apresenta áreas moderadas espessas, textura arenosa/média, porém áreas com textura argilosa ou média/argilosa, podendo ter áreas com textura média/muito argilosa.

O último solo que compõem a superfície ararense é a Terra Roxa (TR). Segundo Cunha e Guerra (1998), esse solo apresenta horizonte Bt com estrutura bem desenvolvida, cerosidade moderada a forte, alta estabilidade dos micro-agregados, textura argilosa ou muito argilosa, pouca diferenciação nas cores dos horizontes e presença de minerais magnéticos em grande quantidade. A Terra Roxa possui baixo gradiente textural entre os horizontes A e B e alta porosidade, o que possibilita uma maior permeabilidade apesar da textura argilosa.

Segundo a Folha Geológica de Araras – SF-23-M-11-3-SP (1987), a Terra Roxa encontrada em Araras pode ser eutrófica ou distrófica, possuindo horizonte A moderado e unidade estruturada.

5.2.3 – Clima

O Sistema de Classificação Climática mais usado é o de Köppen, quer na sua forma original ou com modificações.

“O modelo de Köppen basicamente relaciona o clima com a vegetação, mas critérios numéricos são utilizados para definir os tipos climáticos em termos de elementos climáticos.(...) O modelo foi revisado em 1918, dando maior atenção à temperatura, à precipitação pluvial e às características sazonais” (Ayoade, 1986, p. 232).

Dessa forma, usando o sistema de classificação de Köppen, o clima de Araras é do tipo Cwa:

C: a média do mês mais frio varia entre 3° C a 18° C

w: chuva de verão

a: verão quente, o mês mais quente tem temperatura média maior do que 22° C.

Assim, de uma maneira geral e, segundo Jesus (1989), baseado no sistema de Köppen, o clima ararense é mesotérmico de inverno seco, com total de chuvas do mês mais seco de

30mm e temperaturas médias do mês mais quente acima de 22° C e do mês mais frio abaixo de 18° C. A estação seca se manifesta entre os meses de Abril e Setembro, e a mais chuvosa oscila entre os meses de Janeiro e Fevereiro.

O regime térmico do ar e a evapotranspiração potencial, acompanha as estações do ano, variando gradativamente: médias mensais elevadas no verão, ligeiro decréscimo no inverno e acréscimo na primavera. As médias do inverno chegam em junho e julho a valores inferiores a 15° C e 28,5 mm, atingindo 28° C e 241mm em Janeiro e Fevereiro.

Segundo Oliveira et al.(1979), os regimes hídricos e térmicos do solo dessa região são respectivamente, úmido e hipertérmico.

Na classificação de Thornthwaite, *“a evapotranspiração potencial (EP), a precipitação (P), e o relacionamento entre estas variáveis fornecem as bases dos quatro critérios climáticos usados na classificação”* (Ayoade, 1986, p. 237). Dentro dessa classificação, Araras apresenta o seguinte clima CB'cw, onde:

C: mesotérmico

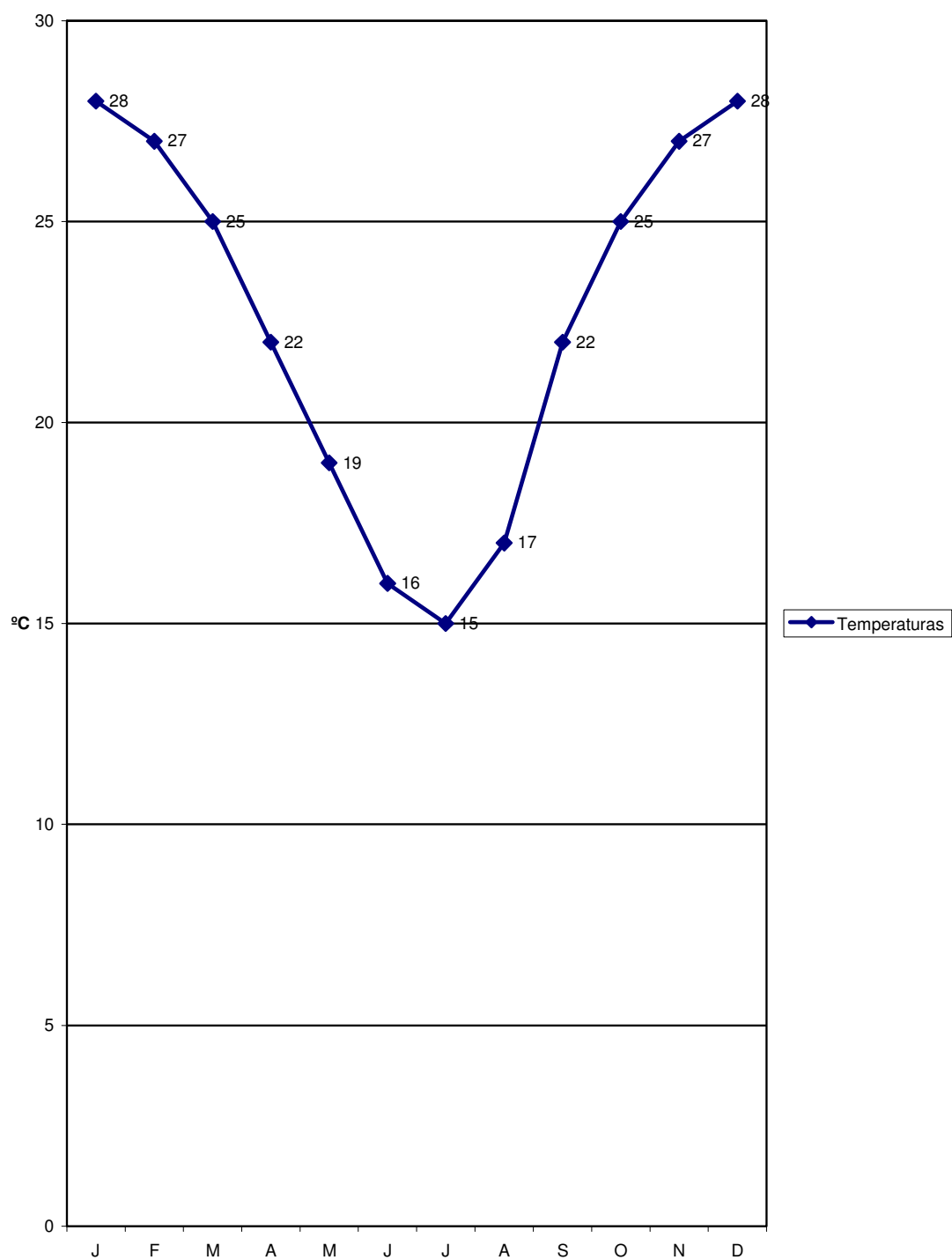
B': com pouca umidade no inverno

w: marcha anual da temperatura

c: concentrada em mais de seis meses no ano.

A temperatura média da cidade de Araras apresenta característica de temperatura típica de clima tropical, ou seja, com duas estações bem definidas.

Segundo dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Araras a média térmica da cidade, nos últimos 10 anos (1995 a 2005) está representada na figura 6.

Figura 6 - Temperatura Média Mensal do Município de Araras

Fonte: Prefeitura Municipal de Araras, 2006
Org. Capelato, 2007

5.2.4 – Precipitação

Segundo Jesus (1989), a distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa latitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. A sucessão de períodos chuvosos faz-se claramente, marcando com nitidez duas estações, uma seca de inverno, que se estende de Abril a Setembro, outra chuvosa de Verão, que se estende de Outubro a Março.

Os balanços hídricos assinalam discreto período de deficiência hídrica, fator sentido no período de Maio a Setembro, chegando, geralmente, a um mínimo de 17mm.

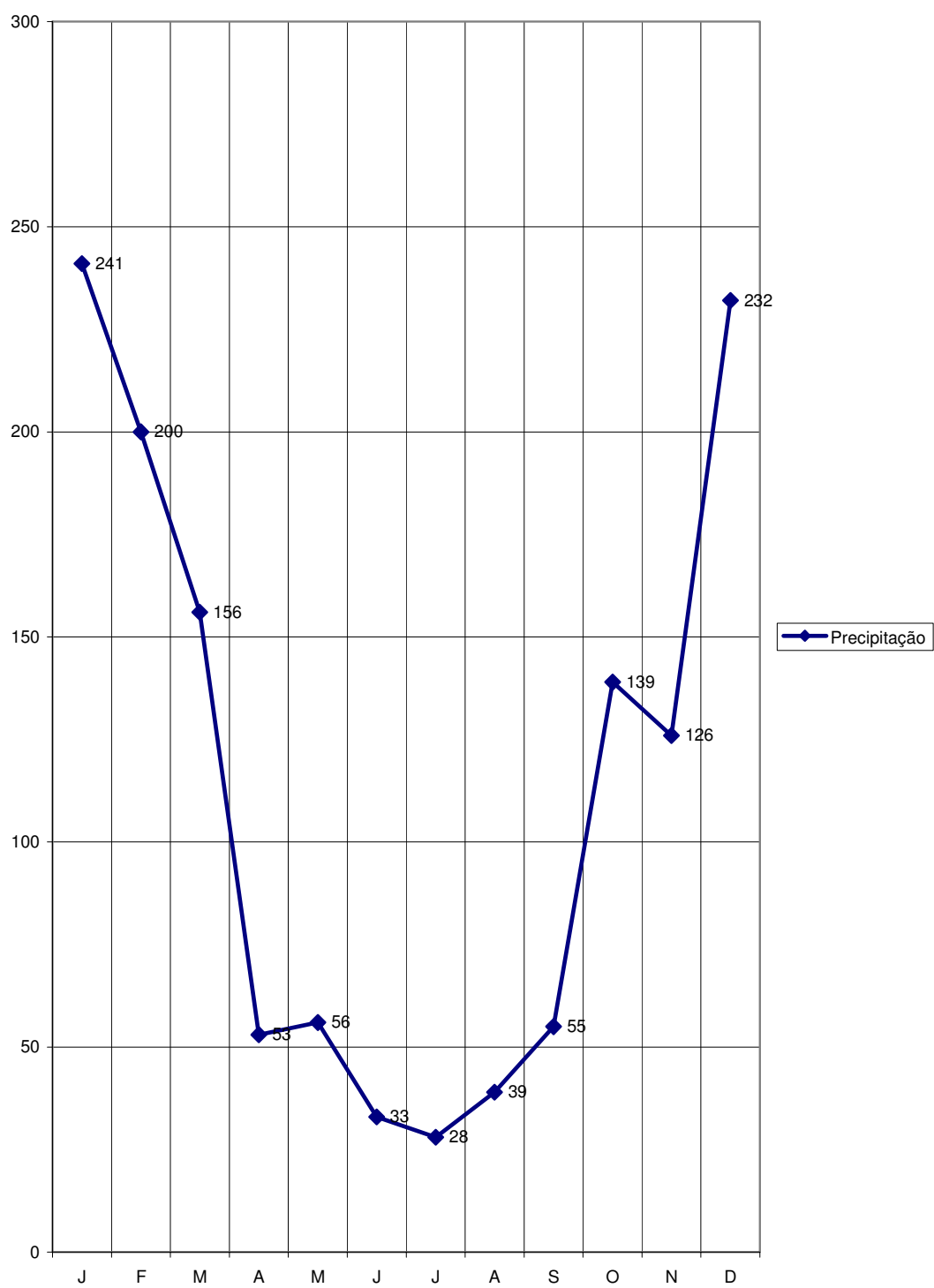
O período mais seco sofre influência predominante da massa polar e apresenta, em média, 15 dias de chuvas esporádicas que perfazem um total de aproximadamente 200 mm. É nessa parte do ano que as ondas de frio avançam pelos vales sujeitando a população à mudanças bruscas de temperatura que podem variar de 2 a 5° C no decorrer do dia.

O período de chuva está sob a dominância da massa tropical ocorrendo em média 55 dias de chuva com um total médio de 1000 mm. Neste período, verificam-se altas temperaturas com amplitudes térmicas diárias menos acentuadas, variando, em média, dois graus apenas. Devido a grande evaporação e o alto teor de umidade, o período de chuvas é o mais favorável para o desenvolvimento do ciclo vegetativo das plantas.

O regime de chuvas de Araras também obedece às características do clima tropical. Durante o verão comprova-se uma maior concentração de chuvas na região e no inverno as chuvas tornam-se escassas e muitas vezes, acaba por deixar a cidade em estado de alerta devido a estiagem e ar seco.

Os dados sobre a média de precipitação dos últimos 10 anos (1995-2005) na cidade de Araras estão expostos na figura 7 e foram fornecidos pela Prefeitura Municipal da cidade.

Figura 7- Precipitação sobre a Cidade de Araras

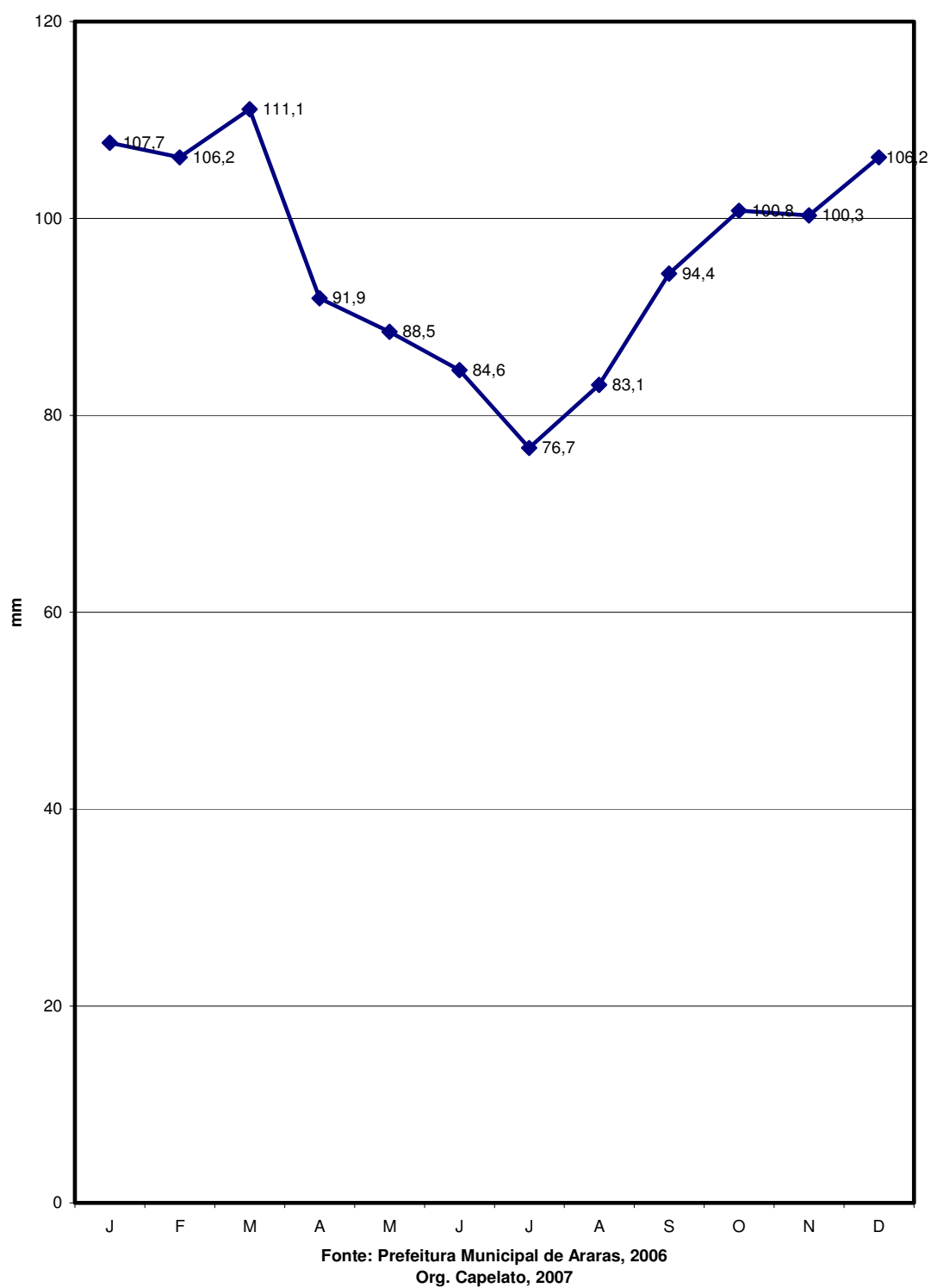


Fonte: Prefeitura Municipal de Araras, 2006
Org. Capelato, 2007

Seguindo a média de precipitação pode-se estabelecer a média de evapotranspiração na cidade de Araras. Os dados a seguir e a figura 8 evidenciam essa média.

- Janeiro: 107,7 mm
- Fevereiro: 106,2 mm
- Março: 111,1 mm
- Abril: 91,9 mm
- Maio: 88,5 mm
- Junho: 84,6 mm
- Julho: 76,7 mm
- Agosto: 83,1 mm
- Setembro: 94,4 mm
- Outubro: 100,8 mm
- Novembro: 100,3 mm
- Dezembro: 106,2 mm
- Ano: 1.115,5 mm

Figura 8 - Evapotranspiração do Município de Araras



5.2.5 Ventos

Os ventos dominantes na cidade de Araras são aqueles predominantes do quadrante sul e sudeste, soprando em direção norte e nordeste. Dessa forma, na maior parte do ano os ventos sopram da direção das avenidas Saudade e Washington Luiz, localizada na zona sudeste da cidade; indo para a região leste onde se encontra a avenida Loretto e a Avenida Ângelo Franzini, localizada na região sul; e, para a avenida Maria Aparecida Muniz Michelin, localizada na região norte.

Quanto à dispersão da poluição pelos ventos, Araras tem uma vantagem, pois o Distrito industrial da cidade localiza-se na região Oeste, evitando-se assim a distribuição da poluição por outros lados da cidade, uma vez que os ventos avançam de sul e sudeste para norte e nordeste, não passando pela região oeste.

A região sul e sudeste de Araras, segundo a presente pesquisa, são as áreas mais poluídas da cidade o que acarreta numa dispersão desses poluentes para o restante do sítio urbano. Entretanto em cada ponto estudado, a topografia da região e/ou a presença de áreas verdes barram ou dispersam esses poluentes variando assim, o grau de poluição de cada área estudada.

6-Descrição da técnica de pesquisa usada para avaliar o grau de poluição atmosférica da cidade de Araras-SP

6. 1-Material e Métodos

Para se detectar o grau de poluição do ar, em Araras, e obter sua distribuição espacial, o método utilizado foi o científico experimental, no qual o resultado foi obtido a partir de dados primários e o levantamento foi feito diretamente na composição arbustiva.

A técnica utilizada foi a aferição por bio-indicadores, no caso o líquen, analisando a porcentagem desses vegetais existentes nas árvores em cada setor da cidade e relacionando com o grau de poluição do ar do mesmo setor. Entretanto, ressalta-se que a técnica não foi aplicada em árvores que estavam marcadas com a solução de carbonato de cálcio (CaCO_3), ou seja, árvores que se apresentavam caiadas.

Vale a pena ressaltar que essa metodologia é passível de aplicação em qualquer cidade onde se tenha uma arborização adequada, além disso, a técnica apresenta baixo custo, que somado a resultados confiáveis, são fatores relevantes que impulsionam a aplicação desse trabalho pelos órgãos públicos responsáveis.

Esta investigação foi realizada a partir da técnica utilizada por Troppmair (1988), a qual consiste em estender uma tela de arame de 1 metro de comprimento por 0,5 metro de largura sobre o tronco das árvores que estejam expostas a ventos predominantes no local que trazem umidade necessária para o desenvolvimento dos líquens.

Essa tela contém 100 quadrículas de 5 por 5 centímetros e para uma aferição adequada ela foi disposta numa altura entre 1 a 2 metros no tronco da árvore, e assim, foram contadas as quadrículas que se apresentavam preenchidas por líquens.

Na figura 9 observa-se a foto do instrumento utilizado para essa aferição.



Figura 9 – Aparelho utilizado na aferição dos líquens da composição arbustiva

Como foi especificado antes, a superfície do tronco das árvores interfere na quantidade de líquens presentes nela. Os líquens se desenvolvem melhor em árvores que tenham troncos ásperos e rugosos, pois essa superfície possibilita uma maior retenção da umidade e da poeira, que são condições fundamentais para a nutrição dos líquens. Todavia, devido à diversidade

paisagística dos centros urbanos, nesse caso considerando a cidade de Araras, há uma variação imensa de espécies presentes nas regiões onde foi feita a aferição dos líquens.

Em vista dessa diversidade, foi necessário fazer uma correção das porcentagens que foram constatadas em espécies diferentes. Portanto, os resultados das aferições passaram por um processo de correção proposto por Troppmair (1988) e modificado pelo mesmo autor em 1996.

Para se desenvolver o cálculo objetivando a correção da rugosidade da casca nas diferentes espécies, Troppmair (1988), se baseou nas condições da casca do Ipê Amarelo, pois essas apresentam características específicas para o desenvolvimento de vegetais, assim como os líquens.

Como foi dito, cada espécie tem um índice de correção diferente e a única que não necessita de correção, nessa técnica de aferição dos líquens por meio de quadrículas, é o Ipê Amarelo (*Tabebuia* spp.), pois ele apresenta índice de correção igual a 100 e como a tela de arame apresenta 100 quadrículas a medição é direta, portanto é considerado Índice de Referência. As demais espécies necessitam de correção e para tanto foram submetidas a aplicação da seguinte fórmula matemática:

$$\% Y = \frac{\% X \cdot 100}{i}$$

Sendo:

% Y = Grau de cobertura corrigido, conforme a rugosidade da casca.

% X = Grau de cobertura lida na casca.

i = Índice de correção da espécie em estudo.

Os índices de correção são utilizados na fórmula visando obter a quantidade de líquens nas árvores, determinando assim, a qualidade do ar atmosférico. Na tabela 9 pode-se constatar o índice de correção atribuído para as diferentes rugosidades encontradas no tronco das árvores.

Tabela 9 - Índice de Correção de acordo com a superfície da casca:

Superfície da Casca	Índice atribuído (i)
Casca lisa	90
Casca pouco áspera	110
Casca com rugosidade média	155
Casca rugosa	250
Casca muito rugosa	300

Fonte: Troppmair (1977)

Levando-se em consideração a rugosidade da casca, foram determinados os índices de correção para as espécies arbustivas destacadas na tabela 10.

Tabela 10-Índice de Correção atribuído a cada espécie arbustiva

Espécie	Índice
Bisnagueira (<i>Spathodea nilótica</i>)	82
Ficheira (<i>Schizolobium parahyba</i>)	86
Embaúba (<i>Cecropia Adenopus e Cecropia cinérea</i>)	88
Mangue Amarelo ou Siriúba (<i>Avicennia tomentosa ou Avicennia schaveriana</i>)	90
Chapéu de Sol ou Amendoeira da Praia (<i>Terminalia cztappa</i>)	92
Mangue Branco ou Sibira (<i>Laguncularia racemosa</i>)	98
Cuipeúna (<i>Tibouchina pulchra</i>)	102
Figueira (<i>Ficus microcarpa</i>)	102
Seringueira da Índia (<i>Ficus elástica</i>)	104
Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>)	110
Cássia – aleluia (<i>Cássia multijuga</i>)	114
Quaresmeira (<i>Tibouchina arbórea</i>)	116
Quaresmeira (<i>Tibouchina granulosa</i>)	120
Unha de Vaca (<i>Bauhinia variegata</i>)	120
Jerivá ou Coquinho (<i>Arecastrum romanzoffianum</i>) ou (<i>Syagrus romanzoffianum</i>)	148
Coqueiro da Bahia anão (<i>Cocos nucifera nana</i>)	160
Jacarandá – mimoso (<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>)	240
Tipuana (<i>Tipuana tipu</i>)	300
Salgueiro – chorão ou Vime (<i>Salix babylonica</i>)	304
Espatódea – (<i>Spathodea nilotica</i>)	90

Fonte: Troppmair (1988)

Após a correção das diferentes espécies arbustivas, o resultado foi distribuído em cinco classes conforme o grau de cobertura de líquens, o qual foi relacionado com a poluição do ar. Uma vez que esse vegetal é extremamente sensível a poluição, quanto menor for a área ocupada por líquens na árvore observada maior será o grau de poluição do ar neste local.

Dessa forma, baseado em Troppmair (1988), as cinco classes foram assim divididas:

- Classe V: 51 a 100%, sem poluição
- Classe IV: 26 a 50%, poluição fraca
- Classe III: 13 a 25 %, poluição média
- Classe II: 06 a 12 %, poluição alta
- Classe I: 0 a 05%, deserto de líquens – poluição muito alta.

6.2 Execução da técnica:

Para se obter o grau de poluição da cidade de Araras, o trabalho pode ser dividido em três etapas básicas a saber: 1- a escolha das áreas a serem estudadas na cidade de Araras; 2- a coleta de dados primários, ou seja, a execução do trabalho de campo para se fazer a aferição e mensuração dos líquens na composição arbustiva; e 3- a aplicação dos índices de correção fornecendo requisitos para a definição de resultados.

- Escolha das áreas estudadas:

A seleção das áreas para a aplicação da técnica de aferição líquênica foi realizada cuidadosamente, pois era necessário que a pesquisa abrangesse a maior parte da cidade de Araras. Contudo, uma análise de toda a sua composição arbustiva era inviável, uma vez que, como já mencionado, o município recebeu por vários anos o título de Cidades das Árvores, o que significa que a quantidade de árvores presente na cidade é extremamente alta.

Apesar da imensa quantidade de árvores na cidade, haviam alguns pontos que a aplicação da técnica seria inviável, pois de acordo com o Plano Paisagístico da Prefeitura Municipal de Araras, as árvores antigas estavam sendo trocadas por árvores da espécie Tabebuia spp, ou seja, Ipê Amarelo. Segundo o responsável pelo setor paisagístico na cidade, tal mudança estava sendo tomada devido às antigas árvores apresentarem raízes extensas que quebravam calçadas e asfaltos ou por terem flores que acumulavam em seu interior água, propiciando a proliferação de mosquitos como os da dengue.

Devido a essa mudança na composição arbustiva do município, as árvores novas não apresentavam condições necessárias para se fazer a análise líquênica, pois os líquens ainda não haviam se instalado nessas árvores devido ao pouco tempo de vida delas. Além disso, as árvores não haviam ainda atingido o tamanho ideal para se dispor a malha quadriculada.

Nessas condições, a escolha das áreas foi muito minuciosa, pois era necessário cobrir os principais pontos da cidade e, ainda, se fazia necessário a existência de árvores que contribuíssem para a pesquisa, ou seja, que se adequassem as condições exigidas pela técnica de aferição de líquens.

Assim sendo, foram escolhidas oito grandes avenidas, uma em cada ponto cardinal e colateral do município, e uma rua localizada no centro. Cada avenida escolhida liga o centro da cidade aos bairros, ou seja, as áreas selecionadas têm seu início no centro e terminam nos bairros. Assim a cada região do município foi determinada uma área a ser estudada, para que a pesquisa abrangesse todo o perímetro urbano da cidade.

1. **Norte:** “Avenida Aparecida Muniz Michelin”
2. **Nordeste:** “Avenida Fábio da Silva Prado”
3. **Leste:** “Avenida Loretto”
4. **Sudeste:** “Avenida da Saudade” conglomerada com a “Avenida Washington Luiz”
5. **Sul:** “Avenida Ângelo Franzini” (Antiga Avenida Limeira)
6. **Sudoeste:** “Avenida Padre Atílio”
7. **Oeste:** “Avenida Otto Barreto”
8. **Noroeste:** “Avenida Senador Lacerda de Vergueiro” (Antiga Avenida do Filtro)
9. **Centro:** Rua Tiradentes

As avenidas selecionadas, bem como a rua central escolhida para a aplicação da técnica, podem ser visualizadas na figura 20.

Figura 10 – Avenida Aparecida Muniz Michelin, região Norte



Foto: Capelato, 2007

A Avenida Aparecida Muniz Michelin foi escolhida por ligar a área central uma parcela bastante movimentada da cidade de Araras. Ao longo dessa avenida, estão localizados algumas escolas, as quais abrigam um número significativo de estudante de Araras, o que significa trânsito constante em várias partes do dia, geralmente em horário de entrada e saída de alunos. Além disso nessa região também se localiza a Delegacia de Polícia Central da cidade de Araras, inúmeros condomínios fechados e também, logo após esses residenciais, estão surgindo vários bairros populares, o que faz com que a circulação de veículos seja constante.

Essa avenida tem uma extensão de 1,4 Km. Nela, foram estudadas, aproximadamente, 20 árvores, sendo elas: Sibipiruna, com índice de correção igual a 110 e Coqueiro Anão, tendo seu índice de correção em 160.

Essa avenida teve, particularmente, um potencial baixo de árvores estudadas, pois estava em reforma e suas antigas árvores estavam sendo substituídas por mudas novas de

pinheiros, porém por estarem ainda em idade jovem, não havia condição de se aplicar a técnica.

Figura 11 - Avenida Fábio da Silva Prado, região Nordeste



Foto Capelato, 2007

A seleção da Avenida Fábio da Silva Prado, justifica-se pela ligação que a mesma estabelece entre o centro da cidade e a zona rural de Araras. Ao longo dessa avenida estão localizados o aeroporto da cidade, inúmeros residenciais fechados, chácaras diversas o maior bairro rural da cidade, sem contar que é via de acesso à pista que leva ao Bairro da Cascata, ou seja, uma área rural que é bastante freqüentada pela população ararense aos fins de semanas devido a proximidade com o Rio Mogi.

Essa avenida tem uma extensão de 2,3 Km. Ao longo dela foram analisadas, aproximadamente, 30 árvores, sendo elas Ipê Amarelo, o qual forneceu resultado direto por ter índice de correção igual a 100, coqueiro anão, com índice de correção igual a 160; e, Unha de Vaca, tendo seu índice de correção em 120.

Também, nessa avenida, poucas árvores foram estudadas, pois ela liga a cidade a zona rural, então parte dela passa a ser uma rodovia. Dessa forma, essa via não se enquadra dentro da técnica aplicada, uma vez que se restringe a perímetros urbanos e não pode ser usada em estradas de alta rodagem.

Figura 12–Avenida Loretto, região Leste



Foto Capelato, 2007

A Avenida Loretto foi escolhida, pois ela é a única via de acesso entre o centro da cidade e a maior área de concentração populacional de Araras, além de ser uma das avenidas mais arborizadas da cidade. Na zona Leste estão localizados mais de 10 bairros, sendo 7 populares, onde a concentração de pessoas é intensa. Nessa região, também está localizado o Estádio de Futebol da Cidade de Araras – Estádio Hermínio Ometto- além do Parque Ecológico.

Com uma extensão de 1,7 Km, a Avenida Loretto abriga, aproximadamente, 200 árvores, nas quais a técnica foi aplicada. Em toda sua extensão encontramos árvores da espécie Espatódea, contendo índice de correção igual a 90.

Segundo a Prefeitura Municipal de Araras, as Espatódeas serão, ainda esse ano, substituídas por Ipês Amarelos, pois a flor da Espatódea tem um formato de copinho, onde se acumula água e, portanto, contribui para a proliferação de mosquitos, como por exemplo, o da dengue.

Figura 13 – Avenida da Saudade, região Sudeste



Foto: Capelato, 2007

Figura 14 –Avenida Washington Luiz, região Sudeste



Foto: Capelato, 2007

A Avenida da Saudade, que se liga diretamente com a Washington Luiz foi selecionada, devido ao seu trânsito intenso. Ao longo dela estão localizados inúmeros comércios, além de uma das maiores escolas infantis do município. Vale ressaltar, que essas avenidas começam em frente a Santa Casa de Araras – hospital – e terminam no cemitério municipal, o maior da cidade, caracterizadas, portanto, pelo trânsito intenso.

A Avenida da Saudade tem 400 metros de comprimento, porém está ligada com a Avenida Washington Luiz que tem uma extensão de 700 metros, somando-se assim 1,1 Km de comprimento total.

Na primeira avenida há concentração de Ipê Amarelo, que possibilita a sua leitura direta por apresentar índice de correção igual a 100. Já a segunda avenida concentra árvores da espécie Sibipiruna, com índice igual a 110, bem como, o coqueiro anão com índice de correção igual a 160.

Nessa avenida foram analisadas um total de 50 árvores, pois em algumas foram encontradas CaCO_3 , ou seja, carbonato de cálcio, portanto não podendo ser aplicada a técnica.

Figura 15 - Avenida Ângelo Franzini, região Sul



Foto: Capelato, 2007

Outra via de circulação urbana escolhida foi a Ângelo Franzini, em decorrência da presença da empresa Nestlé. Essa indústria ocupa uma grande extensão, alongando-se por quase metade da avenida estudada. Além desse fator, essa via, a antiga avenida Limeira, encontra-se de encontro com a rodovia Washington Luiz, portanto é uma via de saída e acesso a cidade de Araras, ou seja, está constantemente movimentada.

Essa avenida tem uma extensão de 3,8 Km. As espécies de árvores existentes nessa área são em sua maioria Tipuana com índice de correção igual a 300, mas também cede espaço para algumas árvores popularmente denominadas Unha de Vaca, tendo 120 de índice

de correção. De maneira pontual, há um ou outro Ipê, com resultado direto na leitura da cobertura de líquens pelo aparelho utilizado.

Na Avenida Limeira foram avaliadas 180 árvores. Porém os últimos mil e setecentos metros não foram contabilizados, pois “transformam-se” numa rodovia, portanto não obedecendo os requisitos para a aplicação da técnica de aferição líquênica.

Figura 16 - Avenida Padre Atílio, região Sudoeste

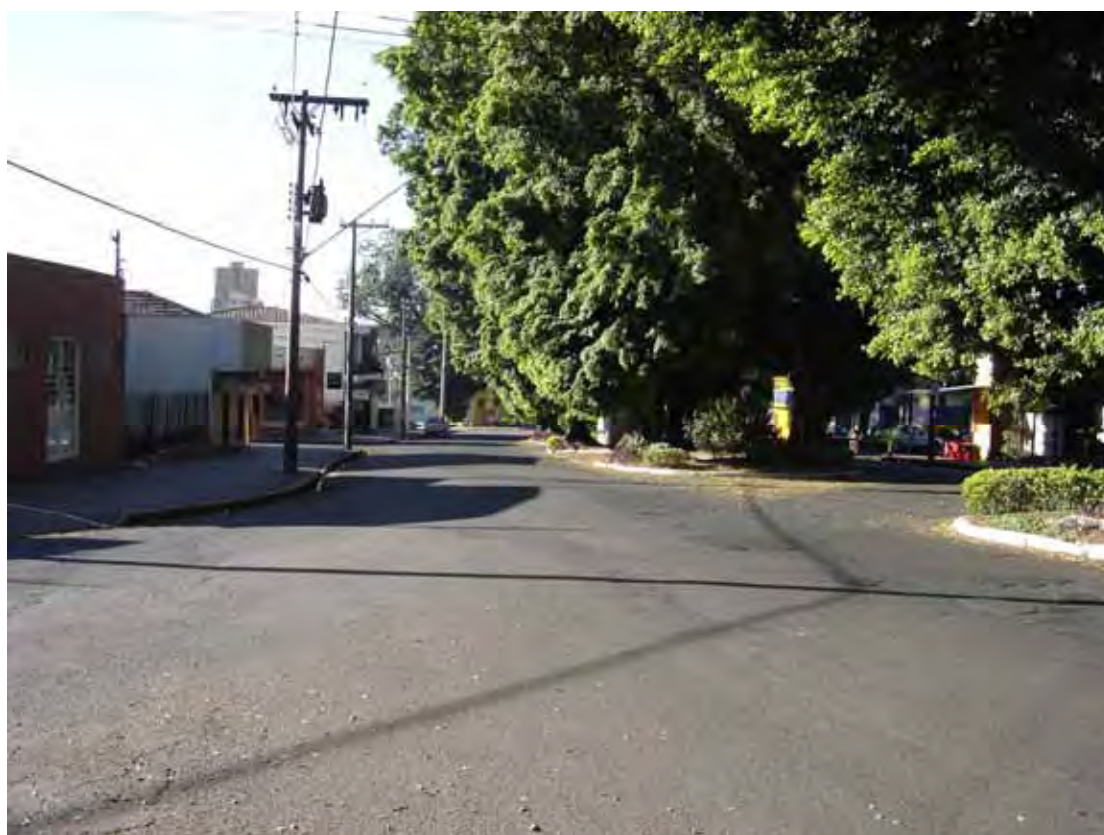


Foto: Capelato, 2007

A Avenida Padre Atílio foi uma das vias escolhidas por se tratar de uma área estritamente arborizada, o que oferecia requisitos fundamentais para a aplicação da técnica de pesquisa. Esta via urbana também apresenta algum comércio e, portanto estimula certo movimento, contudo não é tão intenso como nas demais avenidas pesquisadas.

Em seus 700 metros de comprimento a Avenida Padre Atílio conta com aproximadamente 100 árvores, todas elas estudadas como sendo Ficus – figueira – tendo um índice de correção igual a 102.

Figura 17 - Avenida Otto Barreto, região Oeste



Foto Capelato, 2007

Fez parte também da nossa área de estudo a Avenida Otto Barreto, a qual foi selecionada por “cortar” de norte a sul o Distrito Industrial de Araras. Essa avenida tem, em seu percurso, inúmeras indústrias de pequeno e médio porte, além de ser via de acesso a outras empresas, também localizadas no Distrito Industrial ararense.

Essa avenida apresenta 2 Km de extensão, e abriga ao longo de seu percurso espécie como o Ipê Amarelo, sendo índice de correção igual a 100. Ela apresenta algumas árvores distintas como, por exemplo, a sapucaia, porém sua medição não pode ser realizada devido a idade jovem da planta.

Na Avenida Otto Barreto, foram estudadas e analisadas 50 árvores, número baixo se comparado as demais avenidas. Essa pequena quantidade é explicada pela avenida se localizar no distrito industrial da cidade, ou seja, devido as inúmeras indústrias ali instaladas, o número de árvores retiradas para a implantação das mesmas é alto, e muitas das árvores, ainda

existentes, estão sendo substituídas por plantas baixas como pinheirinhos ou cedrinhos, visando apenas um visual diferente.

Os últimos 500 metros de sua extensão não apresentam árvores tanto em decorrência da instalação de uma nova indústria, como para a implantação de uma rotatória.

Figura 18 - Avenida Senador Cezar Lacerda de Vergueiro, região Noroeste



Foto: Capelato, 2007

A Avenida Senador Lacerda de Vergueiro também foi escolhida pela sua arborização e por ter um trecho de acesso rápido ao centro da cidade, uma vez que atravessa a Rodovia Anhanguera através de um viaduto, ligando mais de quatro bairros ao centro da cidade, levando-se em conta que Araras é dividida pela Rodovia Anhanguera.

Essa Avenida conta com uma extensão de 1,4 Km. Em toda sua área encontramos também Ficus – figueira – com seu índice de correção estipulado em 102.

Nela, foi aplicada a técnica em aproximadamente 50 árvores. Vale ressaltar, que essas árvores encontram-se, na sua maioria, na parte mais próxima aos bairros em detrimento da mais central. Além disso, ao longo do viaduto não há árvores.

Figura 19 Rua Tiradentes, região central



Foto: Capelato, 2007

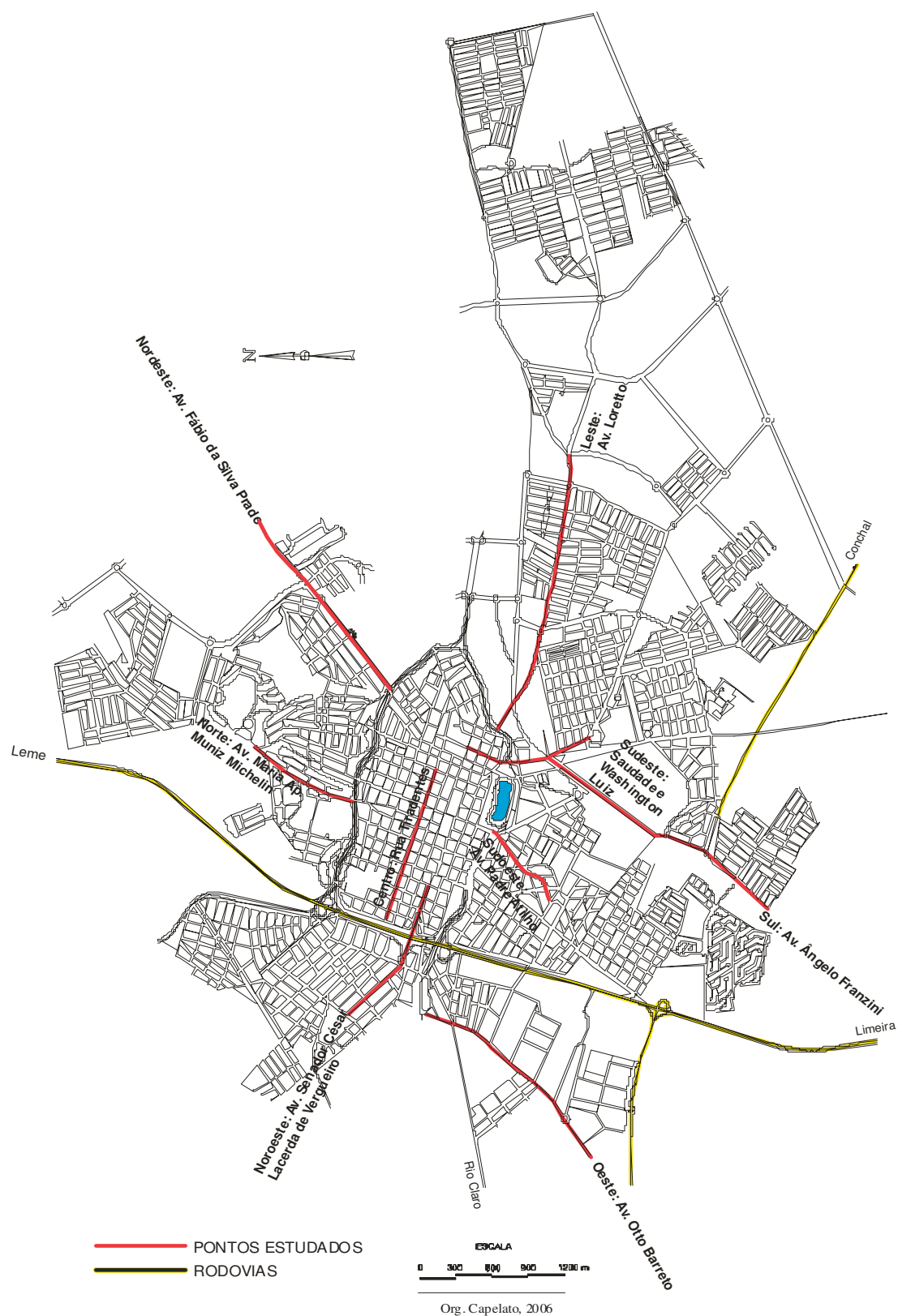
Finalmente, a Rua Tiradentes foi selecionada, pois é a de maior movimento do centro da cidade. Nela não há residências; apenas comércio de diversos gêneros, além do correio central e inúmeros lugares de prestação de serviço, como por exemplo, escritórios, consultórios, escolas de idiomas, etc. Com toda essa atividade é esperado que essa rua tenha uma das maiores concentrações de veículos automotores da cidade, portanto, foi embutida entre as demais estudadas.

Nessa rua foram estudadas e analisadas 50 árvores, sendo todas da espécie Unha de Vaca, as quais apresentam índice de correção igual a 120. É necessário levar em conta que numa rua central, com 1,5Km de extensão, o número de 50 árvores é bem reduzido,

principalmente se levar em consideração o Título de Cidades das Árvores, conquistado pelo município diversas vezes em seguida.

O mapa da figura 20, mostra a localização geográfica dos pontos acima citados.

Figura 20-Localização geográfica dos pontos estudados



- Aplicação da técnica diretamente na composição arbustiva – Trabalho de Campo.

A técnica de aferição de líquens para a detecção da qualidade do ar na cidade de Araras foi aplicada nas avenidas supracitadas bem como na rua central, sempre no mesmo dia da semana: domingo. A opção por se fazer esse trabalho aos domingos deveu-se ao fato de ser um dia com pouca movimentação de carros o que facilitou a locomoção e aplicação da técnica.

Para se fazer o levantamento de líquens foi levado em consideração os requisitos propostos pela técnica, como por exemplo: posicionar o aparelho numa altura entre um e dois metros, não fazer aferição em árvores caídas, obedecer a direção do vento, portanto, posicionar o aparelho na área de maior concentração de umidade e aplicar a técnica em troncos com diâmetro de 25 a 40 centímetros, segundo Crespo et al. (1977).

Cada avenida foi dividida em intervalos de 300 metros. Essa divisão foi feita para que a percepção do resultado fosse mais direta, ou seja, para analisarmos a evolução dos líquens ao longo do percurso centro – periferia, foi necessário estabelecer uma divisão em intervalos curtos, para que se mostrasse, a cada intervalo, um aumento significativo na composição líquênica, a medida em que nos aproximávamos da periferia e afastávamos do centro. Nestes intervalos foram feitas as aferição dos líquens em todas as árvores. A medição iniciava-se sempre na área central e se encaminhava para a periferia da cidade.

Depois de medido cada árvore, em cada intervalo de 300m, foi realizado uma média dos líquens encontrados nesse intervalo, para depois serem corrigidos pela fórmula e obter o grau de poluição dessa região. Por exemplo: Se num intervalo de 300m fosse analisada 10 árvores, o primeiro passo seria somar a porcentagem de líquens aferidos em cada uma dessas árvores. Em seguida o resultado dessa soma seria dividido por 10, obtendo-se assim a média de porcentagem desse intervalo. O próximo passo seria aplicar o índice de correção, obtido pela fórmula já mencionada, no resultado dessa divisão.

Dessa forma, em cada área estudada, obteve-se:

Tabela 11-NORTE: Avenida Maria Aparecida Muniz Michelin

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 600 metros	Árvores novas (pequenas) devido a modernização da avenida
600 a 900 metros	7,5 %
900 a 1200 metros	13,6%
1200 a 1400 metros	60%

Capelato,2007

Tabela 12- NORDESTE: Avenida Fábio da Silva Prado

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	25%
300 a 600 metros	Árvores novas (pequenas) devido a modernização da avenida
600 a 900 metros	40%
900 a 1200 metros	43%
1200 a 1500 metros	Árvores novas (pequenas) devido a modernização da avenida

Capelato,2007

Tabela 13-LESTE: Avenida Loretto

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	30%
300 a 600 metros	65,5%
600 a 900 metros	68,3%
900 a 1200 metros	76%
1200 a 1500 metros	82%
1500 a 1700 metros	85%

Capelato,2007

Tabela 14-SUDESTE: Avenida da Saudade + Avenida Washington Luiz

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	5%
300 a 600 metros	12,1%
600 a 900 metros	25%
900 a 1100 metros	17,2%

Capelato,2007

Tabela 15-SUL: Avenida Ângelo Franzini

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	6,25%
300 a 600 metros	6,6%
600 a 900 metros	7%
900 a 1200 metros	24,1%
1200 a 1500 metros	18%
1500 a 1800 metros	13%
1800 a 2100 metros	13%

Capelato, 2007

Tabela 16-SUDOESTE: Avenida Padre Atilio

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	33,6%
300 a 600 metros	66%
600 a 700 metros	92,5%

Capelato, 2007

Tabela 17-OESTE: Avenida Otto Barreto

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	10%
300 a 600 metros	27,5%
600 a 900 metros	Árvores novas (pequenas) devido a modernização da avenida
900 a 1200 metros	30%
1200 a 1500 metros	9,5%
1500 a 2000 metros	Sem árvores devido a instalação de uma nova indústria

Capelato, 2007

Tabela 18-NOROESTE: Avenida Senador Cezar Lacerda de Vergueiro

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	0 – sem líquens
300 a 600 metros	25%
600 a 900 metros	52%
900 a 1200 metros	56,5%
1200 a 1400 metros	81,5%

Capelato, 2007

Tabela 19-CENTRO: Rua Tiradentes
(medição de Leste a Oeste)

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)
0 a 300 metros	41%
300 a 600 metros	30%
600 a 900 metros	42%
900 a 1200 metros	45%
1200 a 1500 metros	70%

Capelato, 2007

- Aplicação dos Índices de Correção fornecendo requisitos para definição de resultados

Nessa fase do trabalho, devido a diversidade de espécies encontradas e suas diferentes rugosidades, a aplicação do Índice de Correção fez-se necessário, o qual permitiu determinar os resultados da análise.

A partir da aplicação dos índices de correção estipulados para cada espécie diferente encontrada na composição arbustiva de Araras, definiu-se a porcentagem real de líquens encontrados a cada intervalo analisado.

Desse modo, na terceira etapa do trabalho foi obtido o seguinte:

Tabela 20-Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Maria
Aparecida Muniz Michelin

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
600 a 900 metros	7,5%	Sibipiruna	110	6,8
900 a 1200 metros	13,6%	Coqueiro Anão	160	8,5
1200 a 1400 metros	60%	Coqueiro Anão	160	37,5

Capelato, 2007

Tabela 21-Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Fábio da Silva Prado

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	25%	Ipê Amarelo	100	25
600 a 900 metros	40%	Unha de Vaca	120	33
900 a 1200 metros	35%	Ipê Amarelo	100	35

Capelato,2007

Tabela 22-Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Loretto

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	30%	Espatódea	90	33,3
300 a 600 metros	65,5%	Espatódea	90	72,2
600 a 900 metros	68,3%	Espatódea	90	75,5
900 a 1200 metros	76%	Espatódea	90	84,4
1200 a 1500 metros	82%	Espatódea	90	91,1
1500 a 1700 metros	85%	Espatódea	90	94,4

Capelato,2007

Tabela 23-Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida da Saudade + Avenida Washington Luiz

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	5%	Coqueiro Anão	160	3,12
300 a 600 metros	12,1%	Sibipiruna	110	11
600 a 900 metros	25%	Ipê Amarelo	100	25
900 a 1100 metros	17,2%	Ipê Amarelo	100	17,2

Capelato,2007

Tabela 24-aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Ângelo Franzini

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	6,25%	Unha de Vaca	120	5,2
300 a 600 metros	6,6%	Ipê Amarelo	100	6,6
600 a 900 metros	7%	Tipuana	300	2,3
900 a 1200 metros	24,1%	Tipuana	300	8
1200 a 1500 metros	18%	Tipuana	300	6
1500 a 1800 metros	13%	Tipuana	300	4,4
1800 a 2100 metros	13%	Tipuana	300	4,4

Capelato, 2007

Tabela 25-Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Padre Atilho

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécies	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	33,6%	Ficcus - figueira	102	33,6
300 a 600 metros	66%	Ficcus - figueira	102	66
600 a 700 metros	92,5%	Ficcus - figueira	102	92,5

Capelato, 2007

Tabela 26–Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida Otto Barreto

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	10%	Ipê Amarelo	100	10
300 a 600 metros	27,5%	Ipê Amarelo	100	27,5
900 a 1200 metros	30%	Ipê Amarelo	100	30
1200 a 1500 metros	9,5%	Ipê Amarelo	100	9,5

**Tabela 27- Aplicação do índice de Correção nas árvores da Avenida
Senador Cezar Lacerda de Vergueiro**

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	0 – sem líquens	Ficcus - figueira	102	Deserto de líquens
300 a 600 metros	25%	Ficcus – figueira	102	24
600 a 900 metros	52%	Ficcus – figueira	102	50
900 a 1200 metros	56,5%	Ficcus – figueira	102	54
1200 a 1400 metros	81,5%	Ficcus i figueira	102	79

Capelato,2007

Tabela 28- Aplicação do índice de Correção nas árvores da Rua Tiradentes

Intervalos estabelecidos	Porcentagem de líquens encontrados (%)	Espécie	Índice de Correção (i)	Porcentagem real de líquens (%)
0 a 300 metros	41%	Unha de Vaca	120	34
300 a 600 metros	30%	Unha de Vaca	120	25
600 a 900 metros	42%	Unha de Vaca	120	35
900 a 1200 metros	45%	Unha de Vaca	120	37,5
1200 a 1500 metros	70%	Unha de Vaca	120	58

Capelato,2007

Seguindo essas três etapas de trabalho, foram obtidas as porcentagens de líquens em cada um dos intervalos estabelecidos nas avenidas e na rua selecionada, obtendo-se o grau de poluição em que se encontra a cidade de Araras, levando-se em conta as classes de poluição, segundo método proposto por Troppmair (1988).

7- Resultados e Discussões:

Apesar de Araras apresentar poucas árvores em alguns trechos estudados, de modo geral, é uma cidade arborizada. Segundo Milano (1984), arborizar uma cidade não significa apenas plantar árvores em suas ruas, mas sim preocupar-se com o planejamento e controle das áreas verdes, e isso a administração pública ararense mostrou-se preocupada, pois a cada retirada de árvores, há uma cultura de replantar outra em seu lugar.

A Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Araras, mostra-se preocupada com a questão ambiental, inclusive apresenta inúmeros projetos de arborização e implantação de áreas verdes a serem instaladas no município nos próximos anos.

Ressalta-se, também, que segundo o setor urbanístico e paisagístico de Araras, os moradores não podem retirar árvores sem que haja substituição das mesmas. Assim, em frente às habitações da cidade é plantada uma árvore (antigamente unha de vaca, hoje ipê-amarelo), que pode ou não ser substituída por outra, mas não retirada definitivamente. Contudo, nota-se que tal determinação não é seguida por todos, visto que há inúmeras residências sem uma arborização a sua frente.

Um fato interessante na organização paisagística de Araras diz respeito a homogeneidade de espécies a cada avenida/rua estudada, ou seja, em cada área analisada a maior parte das árvores são da mesma espécie, o que contribui com um campo estético melhor, ou seja, com uma paisagem esteticamente compatível.

Dentre as espécies que compõem a arborização ararense, a técnica da análise da qualidade do ar através da utilização de bio-indicadores (líquens), foi aplicada nas seguintes

árvores: 200 Espatódeas, 150 Ficus-figueira, 97 Unhas de vaca, 19 Sibipirunas, 100 Ipês amarelo, 100 Tipuanas e 20 Coqueiros-anão, num total aproximado de 686 árvores.

Após a contagem dos líquens presentes, inicialmente sobre as plantas, passou-se para a fase da aplicação da fórmula do índice de correção, segundo o grau de rugosidade do tronco. A partir daí detectou-se a porcentagem real dos vegetais encontrados e só então foi determinado os resultados da pesquisa.

Segundo as 5 classes de poluição especificadas por Troppmair (1988), tem-se que a porcentagem de líquens que se enquadra num grau de cobertura que vai de 0 a 5%, é considerado um deserto de líquens e com poluição muito forte. A que se enquadra numa cobertura de 6 a 12% já recebe a classificação de zona contestada interna, onde a poluição é alta. A que está entre 13 e 25% é denominada zona contestada intermediária e possui uma poluição média. As que estão dentro de um grau de cobertura que perfaz de 26 a 50% são tidas como zona contestada externa com poluição fraca e, por último, as que tiverem concentradas entre 51 e 100% são determinadas como zona normal (sem poluição).

Partindo dessa classificação, cada intervalo ou subdivisão de 300 metros estabelecidos em cada avenida foram classificados dentro das cinco classes já mencionadas. Deve-se considerar também, que algumas subdivisões ou intervalos e algumas árvores foram refutados por não se enquadrarem nas determinações exigidas pela técnica utilizada, ou seja, excluiu-se árvores que estavam com seu tronco revestido de carbonato de cálcio CaCO_3 , “*resultante da reação do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 com o gás carbono CO_2 resultando a reação de carbonatação $[\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}]$* ” (ANTUNES, 1997, p. 68) e as que possuíam diâmetro do tronco inferior a 25 cm e superior a 40 cm.

Partindo dessa classificação foi feita uma discussão, a qual chegou nas seguintes conclusões:

7.1 – Resultado verificado no setor Norte

O resultado da análise da qualidade do ar na porção norte do município de Araras - SP foi organizado na tabela 29

Tabela 29 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Maria Aparecida Muniz Michelin

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
600 a 900 metros	6,8%	II	Poluição alta
900 a 1200 metros	8,5%	II	Poluição alta
1200 a 1400 metros	37,5%	IV	Poluição fraca

Capelato, 2007

Como visto na tabela 11, os 600 primeiros metros não puderam ser classificados devido a arborização ainda jovem, impedindo a aplicação da técnica.

De 600 a 1200 metros verifica-se poluição alta, encaixando-se na classe II, ou seja, de 6 a 12%. Esse resultado pode ser explicado pelo nível intenso de trânsito nessa área devido à localização de instituições como escolas, academias e, também, a sede central da Delegacia de Polícia de Araras.

Essa poluição alta, também pode ser explicada, pois esse trecho torna-se a principal via de acesso a seis grandes bairros e, recentemente, houve a construção de mais quatro bairros populares que também se ligam ao centro por essa via de circulação.

Ainda, outro dado considerado, é o fato dessa área ter a concentração de bairros de classe média a classe média alta, o que diminui a utilização do transporte coletivo e conseqüentemente, aumenta o transporte individual, contribuindo para uma maior circulação de veículos.

Deve-se ainda levar em consideração o fato que essa área é um fundo de vale, ou seja, nesse intervalo onde a poluição encontra-se alta, pela topografia da cidade, verifica-se que é um vale cortado pelo rio Mogi-Guaçu. Esse fato traz a tona o papel das inversões térmicas e conseqüentemente uma maior concentração de poluentes, pois a topografia pode ter uma influencia importante no acúmulo ou dispersão dos poluentes.

Os poluentes aumentam quando ocorre uma inversão térmica, a qual é mais freqüente nos fundos de vales. Em condições normais, a temperatura do ar diminui com o aumento da

altitude, pois as radiações solares aquecem o solo e o calor que fica retido no mesmo irradia-se, aquecendo as camadas de ar mais próximas ao solo. Essas camadas tornam-se mais quentes e, portanto, menos densas e tendem a subir esfriando-se a medida que ganham altitude, formando correntes de convecção do ar. Os poluentes, por serem mais quentes que o ar, sobem e vão se dispersar nas camadas mais altas da atmosfera.

Quando ocorre a inversão térmica nos fundos de vale (como é o caso desse intervalo da avenida estudada), ou seja, quando o ar quente sobe adiabaticamente (sem trocar calor com o meio), o ar quente passa a se concentrar acima do ar frio como se fosse uma barreira, a qual impede a passagem dos poluentes e, conseqüentemente, sua dispersão nas altitudes superiores. A consequência desse fenômeno é que os poluentes, presos nas camadas mais baixas, dispersam-se próximo as cidades aumentando a concentração dos gases tóxicos e partículas de poluentes ocasionando, em casos mais graves, inúmeros problemas de saúde.

Vale a pena ressaltar, também, que essa área recebe os ventos que sopram do quadrante sul da cidade, em direção norte, trazendo para essa região uma grande quantidade de poluentes que se originam na região sul.

De 1200 a 1400 metros a poluição torna-se baixa, fato explicado pela aproximação da periferia. A poluição baixa está enquadrada na classe IV, segundo a classificação de Troppmair, (1988). A situação apresentada conjectura o fato de quanto mais se aproxima das áreas periféricas da cidade, menor se torna a poluição, que se intensifica, geralmente, nas áreas centrais.

7.2 – Resultado verificado no Setor Nordeste

A poluição média e baixa dessa região pode ser entendida, sobe o caráter físico, levando-se em consideração a direção dos ventos. Uma vez que sopram de sul e sudeste para norte e nordeste, ajudam na circulação de poluentes que viriam a se concentrar nessa região. Além disso a topografia desse trecho também é propícia para que se efetue uma maior dispersão dos poluentes. O resultado do grau de poluição atmosférica que atinge essa área pode ser constatado na tabela 30.

Tabela 30 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Fábio da Silva Prado

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	25%	III	Poluição média
600 a 900 metros	33%	IV	Poluição fraca

Capelato, 2007

De 0 a 300 metros verifica-se nessa área uma poluição média, ou seja, de 13 a 25% de cobertura de líquens. Essa área, apesar de ser bastante movimentada, pois desemboca num cruzamento unindo três grandes vias de circulação, apresenta um grau de poluição média explicado pelo fato desse cruzamento integrar a Avenida Marginal de Araras, uma das maiores avenidas da cidade que abriga o Rio Mogi e sua mata ciliar.

A Avenida Marginal possui em suas margens a presença de uma área verde, onde se conserva algumas plantas originais da sua mata ciliar e outras espécies como os Ipês Amarelo. Dessa forma, conclui-se que essa área verde, na qual a Avenida Fábio da Silva Prado desemboca, exerce influência sobre a região, apresentando uma maior concentração de evapotranspiração, amenizando os impactos da poluição atmosférica.

Contudo a classe III de poluição não pode ser considerada assim tão baixa, de uma maneira geral, uma área com poluição média também apresenta problemas para o ar da região. Esse grau de poluição nessa região pode ser entendido devido a passagem nessa área de três linhas de ônibus coletivo, que servem os bairros mais próximos.

Também, considera como fruto dessa poluição o fato da Avenida desembocar na Avenida Marginal que tem acesso a Rodovia Anhanguera. Dessa forma, essa avenida serve como fluxo de entrada e saída de veículos que vem ou vão para a Rodovia.

De 300 a 600 metros e de 1200 a 1500 metros não se pode aplicar a técnica, pois a avenida encontra-se em processo de modernização, pois suas antigas árvores estão sendo trocadas para se enquadrarem no plano paisagístico desenvolvido pela prefeitura no projeto Cidade Verde.

De 600 a 900 metros o grau de poluição já diminui, apresentando essa área com uma poluição fraca, ou seja, pertencente a classe IV e com grau de cobertura de líquens variando de 26 a 50% . Essa diminuição na porcentagem de poluição está vinculada a aproximação dos bairros, uma vez que nessa altura a avenida exhibe uma maior concentração de residências e

quase nenhum comércio o que diminui consideravelmente o fluxo de veículos nessa região, reduzindo, assim a concentração de poluentes no ar atmosférico dessa área.

7.3 – Resultado verificado no Setor Leste

A Avenida Loretto foi a que trouxe um resultado surpreendente, pois após a aplicação da técnica de aferição dos líquens, 90% da avenida apresentou bons resultados, ou seja, do intervalo de 300 a 1700 metros constatou-se que o ar estava sem poluição, portanto, enquadrando-se na classe de cobertura V, a qual limita-se entre 51 a 100% do tronco coberto por líquens, como pode ser observado na tabela 31.

Tabela 31 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Loretto

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	33,3%	IV	Poluição fraca
300 a 600 metros	72%	V	Sem poluição
600 a 900 metros	75,5%	V	Sem poluição
900 a 1200 metros	84,4	V	Sem poluição
1200 a 1500 metros	91,1%	V	Sem poluição
1500 a 1700 metros	94,4%	V	Sem poluição

Capelato, 2007

Como foi mencionado antes, essa avenida interliga o centro a mais de 9 bairros, os quais abrigam uma grande parte da população, visto que a região leste em Araras é a que mais apresenta concentração populacional. De acordo com essas características, esperava-se a presença de poluentes nessa, contudo isso não aconteceu.

A ausência de poluição no setor nordeste é explicada especialmente pela direção dos ventos em Araras. A avenida Loretto está localizada no corredor de circulação de ar. Os ventos oriundos da região sudeste de Araras passam pela região leste, indo se dispersar na região nordeste. A circulação do ar carrega partículas de poluição que poderiam se concentrar nesse intervalo estudado. Apesar de receber os ventos da direção sudeste e sul, as áreas mais poluídas da cidade, os poluentes acabam não se acumulam, pois a topografia da região leste permite uma livre circulação desses ventos e a dispersão da poluição.

Além desse fator, a ausência de poluição dessa área, apesar de ser a de maior concentração populacional, também pode ser explicada pelo fato desses bairros serem de classe média baixa a pobre, portanto, a maioria da população utiliza transporte coletivo para se locomover até a cidade, ao contrário de outras áreas com padrão econômico mais elevado, onde cada pessoa utiliza meios individuais para se transportar.

Além disso, nessa avenida, o número de comércio é bem reduzido, destacando-se atividades de bairro como: padarias, vídeo-locadoras, quitandas, ou seja, comércio que não atrai a população de outros bairros, como por exemplo grandes redes de supermercado, lojas de magazines, concessionárias, etc. Assim, a circulação de veículos nessa avenida torna-se pequena ao se comparar a outros pontos da cidade.

Outro fato que também pode explicar a ausência de poluentes no ar é que no final da avenida Loretto encontra-se localizado o parque ecológico da cidade, com um lago e inúmeras árvores que colaboram para a captura do gás carbônico do ar através da fotossíntese.

O pequeno setor mais poluído da avenida é o que está concentrado entre 0 e 300 metros, ou seja, bem próximo a área central. Apesar de fraca, a poluição dessa área pode ser entendida através da presença de um ponto de ônibus sub-central, ou seja, nesse local passam os ônibus que levam a população para os 9 bairros diferentes da zona leste da cidade, configurando um movimento mais intenso de veículos.

Também, nessa área, há também uma rotatória que distribui os veículos que vem do centro, da zona leste, e da Avenida Marginal para as demais vias, ou seja, nessa região há o encontro de três grandes áreas da cidade, refletindo num maior fluxo de veículos para a região.

Ainda a área, compreendida no trecho de 0 a 300 metros iniciais da Avenida Loretto, está próxima ao Curtume da cidade, verificando-se uma fonte de poluição múltipla concretizada no forte odor exalado pela indústria.

7.4 – Resultado verificado no Setor Sudeste

A Avenida Washington Luiz, conurbada com a Avenida da Saudade, é uma das mais poluídas da cidade. De 0 a 300 metros encontramos poluição alta, ou seja, a área se enquadrava dentro da classe I, pois apresentou grau de porcentagem entre 0 e 5%. Esse intervalo é o mais próximo do centro da cidade e começa justamente em frente ao Pronto Socorro da Santa Casa de Araras – Hospital São Luiz – onde se verifica constantemente um fluxo exagerado de veículos da área da saúde como ambulâncias, UTIs móveis, Carro de Resgate, etc, além de outros veículos que circulam nessa região. O grau de poluição dessa avenida, em cada intervalo estudado, foi organizado na tabela 32.

Tabela 32 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Washington Luiz e Avenida da Saudade

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	3,12%	I	Poluição muito alta
300 a 600 metros	11%	II	Poluição alta
600 a 900 metros	25%	III	Poluição média
900 a 1100 metros	17,2	III	Poluição média

Capelato, 2007

Nessa localidade, e próximo a ela, estão locados três edifícios comerciais, um de 10 andares outro de 7 e outro de 5, onde a maioria deles é composta por consultórios médicos e outros prestadores de serviço, o que contribui para a circulação constante de pessoas e carros por essa região. A maioria das casas térreas ou dos sobrados desse setor e próximo a ele, não são domicílios, são em sua maioria consultórios de profissionais da saúde ou de atendimento de conveniados de planos de saúde.

Essa área, também possui um ponto de ônibus que leva as pessoas até o hospital, sendo que os ônibus circulam de 15 em 15 minutos durante o dia e de 40 em 40 minutos durante a noite, resultando na circulação de ônibus praticamente todo o dia nessa região.

Próximo a essa área também estão instaladas inúmeras lojas, entre elas grandes lojas de calçados, roupas, móveis, restaurantes, etc. Todo esse comércio atrai um número grande de pessoas e, conseqüentemente, faz circular um número elevado de veículos, os quais contribuem diretamente para a contaminação do ar atmosférico. Além disso, considera-se

também que essa região é cercada por 3 semáforos, o que faz com que os carros permaneçam mais tempo parados num mesmo lugar, lançando mais poluentes para a atmosfera.

De 300 a 600 metros a poluição ainda é considerada alta, enquadrada na classe II entre 6 e 12%. A parte central desse intervalo abriga uma imensa rotatória que recebe veículos de quatro grandes áreas da cidade. Essa rotatória, é a única via de distribuição de veículos para mais de 5 setores diferentes, gerando um fluxo de veículos constante, os quais circulam por essa área o dia todo, havendo intervalos de maior ou menor pico.

Esse trecho está situado próximo a um dos setores ocupados pela Nestlé. Essa grande indústria é dividida em vários setores e um deles está próximo a essa área. Esse setor é o da Torrefação do Nescafé, que se enquadra numa fonte de poluição múltipla devido ao odor exalado. Nessa área, encontra-se também outra torrefação, a do Café Júnior, que juntamente com a Nestlé e associada ao trânsito, contribuem para que a área torne-se altamente poluída.

De 600 a 1100 metros, o grau de poluição está entre 17,2 e 25% , dessa forma enquadra-se na classe III, ou seja, poluição média girando entre 13 a 25% . Esse intervalo da avenida, tem seu grau de poluição diminuído por se encontrar mais afastado do centro. Nessa área, o fluxo de veículos diminui, mas não a ponto de reduzir muito a poluição atmosférica do local. O trânsito nesse local é moderado, devido a proximidade com o cemitério municipal e pela existência de escolas infantis e de idiomas.

À todos esses fatos, soma-se também as características físicas da região, pois apesar dos ventos originarem-se nessa área, a mesma localiza-se num fundo vale e tal como a área estudada na região norte, esta também está suscetível ao fenômeno da inversão térmica, o qual gera um maior acúmulo de poluição e dificulta a dispersão dos poluentes para as camadas mais elevadas da atmosfera.

7.5– Resultado verificado no Setor Sul

Dentre as avenidas estudadas na presente pesquisa, a Avenida Ângelo Franzini – antiga Avenida Limeira - foi a que se apresentou mais poluída. Os intervalos estabelecidos nela variaram entre poluição alta a muito alta. Dessa forma os intervalos classificaram-se na classe I, sendo estabelecidos entre 0 e 5% e outros encontraram-se na classe II, limitados entre 6 e 12%, como pode ser constatado na tabela 33.

Tabela 33 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Ângelo Franzini

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	5,2%	I	Poluição muito alta
300 a 600 metros	6,6%	II	Poluição alta
600 a 900 metros	2,3%	I	Poluição muito alta
900 a 1200 metros	8%	II	Poluição alta
1200 a 1500 metros	6%	II	Poluição alta
1500 a 1800 metros	4,4%	I	Poluição muito alta
1800 a 2100 metros	4,4%	I	Poluição muito alta

Capelato, 2007

As explicações para justificar esse grau de poluição atmosférica nessa avenida são inúmeras, destacando-se primeiramente a instalação da maior indústria de Araras, a Nestlé. Essa empresa localiza-se ao longo dos primeiros 700 metros da avenida e apresenta-se dividida em vários setores, entre eles o da Nescafé, o da Chamburci, o que faz a estamparia dos rótulos e produz a laticaria dos produtos, além dos achocolatados e a sua sede administrativa, dentre outros setores.

Essa indústria está instalada nos dois lados da avenida, tanto do sentido centro-periferia, como no sentido periferia-centro. A produção da Nestlé é 24 horas por dia, dessa forma a qualquer momento as chaminés da indústria podem ser vistas lançando fumaça para a atmosfera.

O fluxo de veículos nessa região é intenso. No início da avenida encontra-se uma escola particular relativamente grande, desencadeando num fluxo constante de carros, micro-ônibus e peruas para essa região, principalmente nos horários de entrada e saída de alunos.

Além disso, entre 1200 e 1500 metros aproximadamente, a Avenida Ângelo Franzini, oferece acesso a Rodovia SP 191 – Wilson Finarde por onde entram e saem grande volume de carros por dia. Essa avenida também é uma via de acesso à Rodovia Anhanguera, portanto é freqüentada por vários caminhões que passam obrigatoriamente por Araras para irem de uma rodovia a outra. Além disso, a antiga avenida Limeira é uma das principais vias de acesso que liga o centro da cidade a mais de 8 bairros.

Outro fator responsável pelo grau de poluição em que se encontra a avenida é a localização, nos primeiros 300 metros, de um bar noturno bastante freqüentado pela população ararense e região. A existência dessa boate nesse ponto gera um fluxo de trânsito contínuo para a área, pois assim como durante a semana essa região permanece constantemente em movimentação, nos fins de semana ela continua com o mesmo fluxo e até mais impactante, pois os carros, em filas intermináveis, ficam circulando nos arredores da boate bem lentamente, dessa forma com o carro em marcha lenta a quantidade de poluentes lançados na atmosfera é maior, uma vez que permanecem nesse local por mais tempo. Isso é mais ou menos o que acontece com os carros nos semáforos.

Do ponto de vista físico-geográfico, a área estudada na região sul é altamente poluída por se localizar num fundo de vale, sujeita a influência da inversão térmica. A concentração de poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono, dióxido de enxofre, entre outros gases liberados pelos veículos leves e pesados que trafegam por essa região, unem-se a outros gases poluentes da grande indústria ali presente, os quais sofrem a influência da inversão térmica causando acúmulo de toxinas nas camadas atmosféricas que circundam a cidade, tornando essa região muito poluída e afetando outras regiões.

7.6– Resultado verificado no Setor Sudoeste

Assim como a Avenida Loretto da zona leste da cidade, a Avenida Padre Atílio teve resultados satisfatórios no que se refere a qualidade do ar atmosférico. No trecho dos 0 aos 300 metros enquadrou-se na classe IV do grau de cobertura de líquens, ou seja, manteve-se entre 26 e 50%, sendo portanto classificada como poluição fraca. Essa classificação pode ser visualizada na tabela 34.

Tabela 34 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Padre Atílio

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	32%	IV	Poluição fraca
300 a 600 metros	64%	V	Sem poluição
600 a 700 metros	90%	V	Sem poluição

Capelato, 2007

A pequena, mas existente, quantidade de poluição apresentada nesse intervalo da avenida pode ser entendido devido a presença nessa área de um cruzamento entre três grandes avenidas: a Padre Atílio, a Avenida Marginal e a Avenida Dona Renata, na qual encontra-se o terminal de ônibus central da cidade, portanto a maioria dos ônibus passam por esse cruzamento o dia todo, além desse intervalo ser um pequeno vale.

No início dessa avenida há algumas casas comerciais bastante freqüentadas pela população, como por exemplo, lojas de roupas, móveis, papelaria, etc, além de algumas sorveterias, pizzarias e barzinhos que funcionam mais no período da noite, entretanto colaboram da mesma forma para a emissão de poluentes na atmosfera.

Acredita-se que a poluição dessa área só não seja maior devido à presença, nesse intervalo, do Lago Municipal de Araras. O Lago é rodeado por uma das maiores áreas verdes da cidade, onde o número de árvores é imenso. Para ter-se noção da quantidade de arborização presente nessa área convém salientar que segundo estudos patrocinados pela Prefeitura Municipal de Araras, detectou-se um micro-clima presente no Lago Municipal, onde chegou-se a presenciar uma variação de temperaturas de três graus a menos do que a temperatura predominante no restante do município.

Os próximos dois intervalos apresentaram características iguais quanto a classificação do grau de poluição do ar. Nesses últimos dois intervalos a classe constatada foi V, o que significa que essa área é considerada, segundo essa técnica, como sem poluição, pois o grau de líquens encontrados variou de 51 a 100%.

A classificação dada a esse intervalo pode assim ser explicado, devido a pouca atividade comercial nessa área, portanto o número de carros que passam por lá durante o dia é bem menor do que nas áreas centrais. Essa porcentagem comprova mais uma vez a afirmação de que quanto mais longe do centro se está mais puro encontra-se o ar atmosférico.

7.7 – Resultado verificado no Setor Oeste

A Avenida Otto Barreto também apresentou resultados surpreendentes. Por estar localizada a margem do distrito industrial de Araras, imaginou-se que apresentaria índices elevados de poluição ao longo de seu percurso, entretanto não foi esse o resultado apresentado na pesquisa. A avenida mostrou intervalos de poluição alta e outros onde a poluição permaneceu fraca, como pode ser observado na tabela 35.

Tabela 35 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Otto Barreto

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	10%	II	Poluição alta
300 a 600 metros	27,5%	IV	Poluição fraca
900 a 1200 metros	30%	IV	Poluição fraca
1200 a 1500 metros	9,5%	II	Poluição alta

Capelato, 2007

Essa avenida analisada foi a única que não apresentou um aumento uniforme na porcentagem de líquens encontrados nas árvores, ou seja, nas demais avenidas estudadas o grau de porcentagem de líquens nas áreas próximas ao centro era baixo e aumentava gradativamente a medida em que se aproximavam da periferia, todavia nessa avenida esse aumento não foi gradual, entretanto tal acontecimento é fácil de ser explicado.

O primeiro intervalo de 0 a 300 metros enquadrou-se na classe de poluição alta, ou seja, com intervalos variando de 6 a 12%, portanto classificado no setor II. Essa área

apresenta um alto grau de poluição por localizar-se próxima a inúmeras indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, alimentícias, madeireiras, etc.

A Avenida Otto Barreto é a principal via de acesso ao Distrito Industrial de Araras, portanto além dos poluentes lançados pelas indústrias, o número de carros, caminhões e carretas que circulam por ela é constante, contribuindo para que esse primeiro setor seja classificado como altamente poluído.

Com uma contribuição menor, mas não nula, nessa área encontra-se o maior clube esportivo da cidade, o qual apresenta a maior quantidade de associados, sendo assim há um aumento no número de carros circulando nesse local durante o dia e a noite.

Dos 300 aos 1200 metros da avenida, o grau de poluição está concentrado entre 26 e 50%, portanto faz parte da classificação IV, ou seja, zona contestada interna de poluição baixa. Esses dois intervalos apresentaram índices de poluição fraca, pois nessa região há uma diminuição no número de empresas. Uma das maiores indústrias dessa área a Polte do Brasil, fechou há alguns anos restando apenas seu prédio.

Outro fator que explica a baixa concentração de poluentes no ar nessa área pode ser entendido pelo fato de a direta dessa avenida, no sentido oeste-leste, existir um condomínio de campo, ou seja, uma área verde onde foi construído um residencial fechado com características típicas da fazenda, com árvores frutíferas, e outras tantas árvores, que contribuem para a amenização da poluição do ar. Além disso, essa é uma das áreas de altitudes mais elevadas da cidade, o que facilita a dispersão dos poluentes.

O ponto mais afastado do centro, ao contrário do que vinha acontecendo até o momento, foi classificado com uma poluição alta, participando, dessa forma, da classe II, onde a concentração de líquens varia de 6 a 12%. Essa área apresenta poluição mais forte devido a concentração de uma indústria alimentícia, a Sucorrico, que é responsável tanto por ser uma fonte poluente fixa, devido as suas chaminés que lançam os poluentes no ar, como por ser uma fonte poluente múltipla, ou seja, o odor produzido por ela também pode ser considerado uma forma de poluição do ar.

Esse trecho também apresenta poluição mais alta que seu anterior em função de ser saída para a Rodovia Wilson Finarde, portanto o fluxo de carros e caminhões que passam nessa área é constante o que contribui para aumentar o grau de poluição do ar atmosférico.

7.8 – Resultado verificado no Setor Noroeste

A Avenida Senador César Lacerda de Vergueiro teve os mais variados resultados apresentando quase todas as classes estabelecidas. No primeiro intervalo, de 0 a 300 metros obtivemos o índice mais alto de poluição encontrado em todas as áreas estudadas. Nessa região, a porcentagem de líquens corrigidos foi de 0 (zero), ou seja, inexistência de líquens nas árvores desse intervalo, enquadrando-a na classe I com denotação de deserto de líquens.

Tabela 36 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Avenida Senador César Lacerda de Vergueiro

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	zero	I	Poluição muito alta
300 a 600 metros	24%	III	Poluição média
600 a 900 metros	50%	IV	Poluição fraca
900 a 1200 metros	54%	V	Sem poluição
1200 a 1400 metros	79%	V	Sem poluição

Capelato, 2007

Essa área apresentou o índice extremo de poluição por ser a principal via de acesso entre a zona oeste, sudoeste e noroeste da cidade ao centro. Araras é cortada, na extremidade ocidental pela Rodovia Anhanguera, ficando desse lado 13 bairros, os quais têm acesso ao centro, principalmente por um viaduto que está localizado nesse setor urbano.

Além do fluxo de carros da própria cidade, essa área sofre influência, também, do fluxo de veículos que passam pela rodovia Anhanguera, nas proximidades do local estudado. Dessa forma, o setor apresenta o ponto extremo da poluição devido a liberação de poluentes no ar vindos de inúmeros veículos que passam constantemente ao longo do dia e da noite.

O próximo intervalo de 300 a 600 metros, já tem seu grau de poluição diminuído. A concentração dos líquens passa a variar de 13 a 25%, portanto pertencendo a classe III, ou seja, apresentando uma poluição média.

Neste local, apesar da redução, ainda há uma poluição moderada, fato explicado pela presença de escolas bastante movimentadas, uma de ensino técnico que recebe estudantes de outras cidades, gerando intenso deslocamento de ônibus; e outra de ensino infantil, o que traz para a área inúmeros carros e micro-ônibus que transportam as crianças à escola.

Dos 600 aos 900 metros a avenida já ganha ares mais limpos, porém ainda com vestígios de poluição. Nesse intervalo o grau de líquens encontrados nas árvores eleva-se para 26 a 50%. Dessa forma o intervalo assume características da classe IV, com poluição fraca.

Essa diminuição na poluição pode ser explicada devido ao fato dessa região ter apenas residências, as quais pertencem a uma população de classe média a classe média alta, o que significa que as casas ocupam áreas muito maiores, portanto a concentração de construções é menor, e consequentemente, o número de pessoas transitando por esse intervalo é bem menor.

A partir dos 900 metros a avenida torna-se praticamente sem poluição. Tem seu grau de porcentagem de líquens nas árvores limitados entre 51 a 100%, pertencendo, assim a classe V, que significa que a área encontra-se totalmente despoluída.

Isso pode ser explicado pela aproximação, nessa região da Barragem do Tamburi, o que quer dizer que a área verde preservada ao redor da Barragem é uma das maiores que a cidade apresenta, o que traz benefícios, uma vez que torna o ar mais puro e a temperatura mais amena. É por isso que os lotes dessa região são um dos mais caros da cidade, além de ser um dos maiores devido a distância entre as casas.

7.9– Resultado verificado no Centro da Cidade

A Rua Tiradentes foi a última área a ser estudada. Representando a área central da cidade, ela não se mostrou tão poluída quanto esperado. Somando-se a porcentagem de líquens encontrados nas árvores da Rua Tiradentes e dividindo por 5, ou seja, cinco intervalos de 300 metros cada, obteve-se como resultado 37,9%, ou seja, enquadra-se na classe IV, isto é, zona contestada interna de poluição baixa.

Tabela 37 – A classificação da poluição através da cobertura de líquens corrigida – Rua Tiradentes

Intervalo considerado	Porcentagem de líquens corrigidos (%Y)	Classe do grau de cobertura do líquem	Classe do grau de poluição para o intervalo considerado
0 a 300 metros	34%	IV	Poluição fraca
300 a 600 metros	25%	III	Poluição média
600 a 900 metros	35%	IV	Poluição fraca
900 a 1200 metros	37,5%	IV	Poluição fraca
1200 a 1500 metros	58%	V	Sem poluição

Capelato, 2007

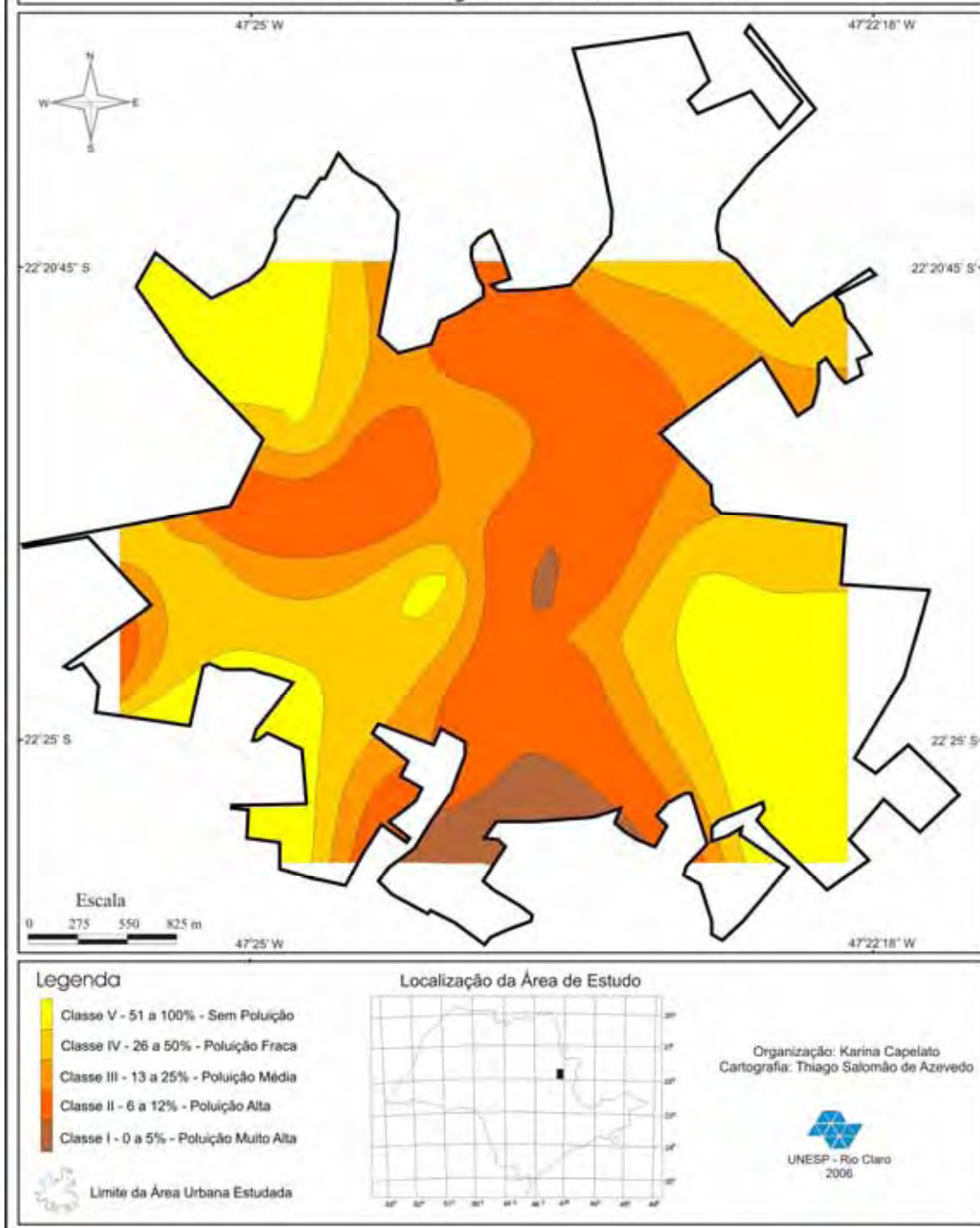
O fato da área central da cidade não se apresentar poluída, levando-se em consideração o resultado que essa rua apresentou, pode ser explicado pelo fato de que ela é o divisor de águas da cidade, está no interflúvio. Isso significa que é o ponto mais alto da cidade, dessa forma, a presença de poluentes diminui consideravelmente. Isso acontece, pois os poluentes possuem uma densidade muito baixa e acabam por assumir movimentos ascendentes dispersando-se nas camadas mais elevadas da atmosfera.

Somando-se ao fato dessa área ser um interflúvio, pode-se considerar também o fato dessa rua ser a principal de comércio, ter apenas circulação de carros e motocicletas em geral, ou seja, a trânsito de ônibus, caminhões e outros veículos considerado pesado não é permitido em qualquer hora do dia ou da noite.

Analisando os resultados, também concluiu-se que por ser uma rua de comércio, aos domingos ela permanece com fluxo de veículos muito baixo, a inexistência de residências, indústrias e a proibição da circulação de veículos pesados, restringem essa rua apenas para locomoção de carros e motos e apenas de segunda a sábado de manhã, o que faz com que o nível de poluição não se eleve.

A partir das discussões e resultados obtidos elaborou-se o mapa visualizado na figura 21, o qual demonstra a distribuição espacial das áreas mais poluídas da cidade de Araras.

FIGURA 21: MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA CIDADE DE ARARAS - SP, EM 2007, MENSURADO A PARTIR DA AFERIÇÃO LIQUÊNICA



8 - Conclusão

De uma maneira geral, essa técnica confirmou a situação de que a poluição diminui gradativamente à medida que a distância do centro aumenta, em outras palavras, a pesquisa mostrou que nas áreas mais centrais, onde se verifica um maior fluxo de veículos, uma concentração mais intensa das indústrias e um aglomerado de pessoas, há uma maior concentração de poluentes no ar e conseqüentemente a qualidade do ar atmosférico é comprometida. O fluxo constante de veículos é um dos principais responsáveis pela liberação de poluentes na atmosfera.

“Um motor de combustão interna aspira um certo volume de ar, que é misturado com o combustível vaporizado. Essa mistura entra em combustão no interior do motor, gerando uma explosão que alimenta os pistões. Por uma série de mecanismos os pistões imprimem movimento rotatório às rodas (...) os produtos da combustão são expelidos pelo tubo de escapamento atingindo a atmosfera” (BRANCO e MURGEL, 1999, p. 68).

É dessa forma que os veículos poluem o ar atmosférico e uma grande concentração deles provoca graves transtornos para a qualidade do ar, principalmente nos cruzamentos, rotatórias, semáforos, que interrompem o fluxo de veículos fazendo-os permanecer no local por um período maior e lançando para a atmosfera os gases poluentes resultantes de sua combustão.

As indústrias também têm responsabilidade nesse processo de poluição do ar. Foi a partir da substituição da manufatura pela maquinofatura que o impacto sobre o meio ambiente, incluindo o ar, passou a ser mais significativo e preocupante. Hoje em dia, segundo Branco e Murgel (1999) as indústrias produzem grandes quantidades de subprodutos que, se não controlados, causam poluição do solo, das águas e do ar.

Todos esses fatores causam fortes impactos no clima das cidades, o trânsito, as indústrias e a maior concentração de pessoas, de modo geral, geram um clima diferenciado chamado de clima urbano com temperaturas de 2° a 4°C mais elevadas que as das áreas circunvizinhas. Os principais impactos do homem nos centros urbanos são:

Modificação no desenvolvimento natural da flora e fauna das cidades. Segundo Troppmair (2004), a temperatura mais elevada nos centros urbanos provoca uma antecipação de fenômenos fenológicos como germinação, floração e frutificação da vegetação urbana, o que reflete significativamente na presença de determinadas espécies da avifauna.

Outra consequência do impacto do homem as chuvas ácidas que podem ser chuva ou neblina carregadas de ácido nítrico e sulfúrico. Esses ácidos são resultados de reações químicas que ocorrem na atmosfera a partir da presença do enxofre. O enxofre, por sua vez, é emitido para a atmosfera pelas indústrias, pela queima de carvão, pelos veículos, etc. Ela pode manifestar-se tanto no local de origem, como a centenas de quilômetros de distância. A ação corrosiva do ácido é drástica, provoca acidificação do solo, prejudicando as plantas e animais, a vida dos rios e florestas. Da mesma forma, as edificações presentes na área são afetadas, o excesso de nitrogênio lançado pela chuva ácida em determinados lagos também pode causar crescimento excessivo de algas, e conseqüentemente perda de oxigênio, provocando um significativo empobrecimento da vida aquática.

Outra consequência do impacto do homem sobre o meio são as ilhas de calor, ou seja, um aumento da temperatura no centro das cidades devido a fatores como a elevada capacidade de absorção de calor de superfícies urbanas como o asfalto, paredes de tijolo ou concreto, telhas de barro e de amianto; a falta de áreas verdes; a impermeabilização dos solos pelo calçamento e desvio da água por bueiro e galerias, o que reduz o processo de evaporação; a concentração de edifícios, que interfere na circulação dos ventos e a emissão de poluentes pelos veículos automotores; e, indústrias que aumentam a temperatura, uma vez que a poluição atmosférica retém a radiação do calor, causando um maior aquecimento da atmosfera.

As temperaturas mais elevadas no centro das cidades desempenham as funções de um centro de baixa pressão que atrai o ar circundante. Este ar pelo processo de convecção, alcança grande altitude, atinge o ponto de orvalho e provoca precipitação. Medições em vários centros urbanos revelam que o total da precipitação e o número de dias de chuva é maior no centro do que nas áreas periféricas das cidades. Para exemplo de que, com o aumento do espaço urbano e a maior concentração de edifícios, houve, especialmente nas três últimas décadas, mudanças climáticas acentuadas. (TROPPMAIR, 2004, p. 111).

Esse “novo clima” é o resultado direto das atividades antropogênicas na natureza. O homem não mede esforços para conseguir desenvolvimento econômico, modernidade, tecnologia e comodidade, acabando por interferir drasticamente no ambiente do qual ele próprio faz parte.

Dessa maneira, é no centro das cidades onde a poluição do ar se concentra e tende a diminuir nas áreas mais periféricas, comprovando o que Kauppi et al (1992) concluíram ao afirmarem que com a diminuição da distância do centro da cidade, o número de espécies de líquens, seu tamanho, porcentagem de cobertura e concentração de impurezas aumentam.

Troppmair (1977) também chegou a essa conclusão quando utilizou líquens como bio-indicadores da poluição do ar na cidade de Campinas. O deserto de líquens correspondente a classe I, onde o grau de cobertura de líquens foi inferior a 6% classificando-se como poluição muito alta, refere-se a uma área de aproximadamente 2Km², correspondente ao centro de Campinas.

Também, Troppmair (1995) encontrou no Centro de Guarapuava alta poluição, ou seja, a não ocorrência de líquens em ruas inteiras ou em longos trechos de rua, somando-se aproximadamente 6 Km.

Neusser et al (1994), confirmam esses resultados, pois monitorando a poluição atmosférica através dos líquens em Santa Maria/ RS, encontraram 5 classes de níveis de poluição e para área do centro, o maior grau de poluição.

Com isso, verifica-se que na cidade de Araras (SP), a análise biogeográfica de líquens como indicadores da poluição do ar confirmou que devido a grande concentração das atividades humanas nas áreas centrais e conseqüente diminuição dessas nas áreas mais afastadas, há nos intervalos mais próximos do centro um aumento considerável nos índices de poluição atmosférica, os quais são intensificados ou amenizados dependendo da topografia e da direção dos ventos locais.

Dessa forma, levando-se em consideração os resultados da pesquisa, sugere-se algumas medidas que possam contribuir para a melhoria da qualidade do ar na cidade de Araras e conseqüentemente uma melhoria na qualidade de vida da população.

Nos intervalos onde verificou-se uma maior concentração da poluição, como é o caso da região sudeste e sul, a melhor solução seria a implantação de um projeto de desvio do trânsito, principalmente no horário entre 6 e 8 horas e entre 17 e 19 horas. Nesses horários de pico, se o fluxo de veículos fosse dividido por entre ruas paralelas, o impacto para o ambiente seria menor. Além disso, seria necessário a construção de um viaduto que desse acesso direto

entre a Rodovia Wilson Finarde e Anhanguera, evitando-se assim que o trânsito das rodovias passassem por dentro da cidade.

Dessa maneira as soluções estão ligadas diretamente na adoção de políticas ambientais eficientes que visem diminuir o nível de poluição do ar. Além disso, um controle direto das indústrias quanto a utilização de filtros nas chaminés e multas para as que não cumprirem, juntamente com um desvio do trânsito para áreas menos afetadas, principalmente em horários de maior concentração do mesmo, são algumas medidas que ajudariam a solucionar o problema.

Outra solução seria a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis. Isso poderia reduzir significativamente este problema. De uma maneira mais geral, a implantação de campanhas públicas conscientizando as pessoas sobre a necessidade de trocar o transporte individual (particular) pelo transporte público (ônibus) também ajudaria a amenizar o problema.

Por fim sugere-se a fiscalização nas regiões onde ocorrem queimadas irregulares e também um maior controle na época da safra da cana, pois a queima desse produto é uma das principais atividades nas usinas de açúcar e álcool de Araras.

Seria desejável que arquitetos, planejadores urbanos, prefeitos e câmaras municipais utilizassem, em seus projetos, os resultados das pesquisas de biogeógrafos, climatólogos e outros pesquisadores ambientais, pois os estudos sobre clima urbano, poluição urbana e suas principais causas podem auxiliar na elaboração das leis de uso e ocupação do solo, no código de obras das cidades e na formulação do Plano Diretor.

Referências:

AB' SÁBER, A.N. **Os baixos chapadões do oeste paulista.** *Geomorfologia*. Instituto Geográfico. USP (São Paulo), v.17, n.8, 1969.

AB' SÁBER, A.N. **A depressão periférica paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós cretácea na bacia do Paraná.** São Paulo, IGEOG/USP. 11p.(geomorfologia 15), 1969.

ALFONSO, A. T. e RODRIGUEZ, E. B. **Estimation of air pollution in the area of influence of the Coal Power Station at La Robla (Léon, Sapin) using epiphytic lichens as bioindicators.** *Cryptogamie, Bryol. Lichénol.*, v.15, n.2, p. 135-151, 1994.

ANTUNES, M.A. **Estudo Biogeográfico de Líquen como indicadores de Poluição do Ar em três setores da cidade de Bauru – SP.** Dissertação de Mestrado em Geografia – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, IGCE, UNESP – Campos Rio Claro, 1997.

ARARAS, Prefeitura Municipal. **Araras Turismo, Cultura e Lazer: Tourism, Culture and Leisure.** Produção Guia Real. Gráfica Odeon, 2004. 1 folder.

AYOADE. J.O. **Introdução à climatologia para os Trópicos.** Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; Revisão de Suely Bastos. São Paulo: Difel, 1986.

BRANCO, S. M. e MURGEL, E. **Poluição do Ar.** São Paulo: Moderna. 1999.

CARTA DO BRASIL. **Mapa topográfico de Araras.** Fundação IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia. São Paulo, 1969. Escala, 1:50.000

CAVALHEIRO, F. **Urbanização e Alterações Ambientais.** In: TAUKE, S. M (Org.) *Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar.* São Paulo: Unesp, 1991.

CRESPO, A., MANRIQUE, E. e SERINA, E. **Valoracion de la Contaminación Atmosférica del area urbana de Madrid mediante bioindicadores (líquenes epífitos).** *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles.* 1977.

CUNHA, B.S. e GUERRA, T.J.A. **Geomorfologia do Brasil.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da Poluição Ambiental.** 1. ed. São Paulo: CESTESBE, 1992.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

FARMER, A.M., BATES, J.W. e BELL, J.N.B. **Seasonal variations in acidic pollutant input and their effects on the chemistry of stemflow, bark and epiphyte tissues in three oak woodlands**. In N.W. Britain. *New Phytologist*, v. 118, n.3, p 441 -51, 1991.

FABISZEWSKI, J., BREJ, T., BIELECKI, K. **Plant reaction as indicators of Air pollution in the vicinity of a copper smelter**. *Act Societatis Botanicorum Poloniae*. v.56, n.2, p. 353-63, 1987.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo. EPU: Springer. Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

FERREIRA, M.E.C. **Estudo Biogeográfico de Líquens como indicadores de Poluição do Ar em Cubatão. São Paulo**. Dissertação de Mestrado – F.F.L.C.H., Universidade de São Paulo, 1980.

FILHO, GOUVÊA, JOAQUIM. **Mapa Guia de Bolso – Araras Cidade das Árvores**, Arte Cartográfica, Gustavo Roncolato Gouvêa. Impressão: Gráfica Odeon, Araras, 2004.

GAILEY, F.A.Y., e LLOYD, O.L. **Spatial and temporal patterns of airborne metal pollution the value of low technology sampling to environmental**. *Science Total Environment*, v. 1333, n.3, p. 201-19, 1993.

GALLI, F. **Manual de Fitopatologia**. Vol.1. São Paulo, ed. Agronômica Ceres Ltda.. 1978. vol.1, p.37-39.

GARTY, J., KAUPPI, M. e KAUPPI, A. **Accumulation of airborne elements from vehicles in transplanted lichens in urban sites**. *Journal Environmental Quality*, v. 25, n.2, p.265-72, 1996.

GUEVARA, S., RIBEIRO, S., ARRIBERE, M.A., CALVELO, S. e ROSS, G. R. **Elemental composition of lichens at Nahuel Huapi National Park, Patagônia, Argentina**. *Journal Radioanalytical Nuclear Chemistry*, v. 198, n.2, p.437-48. 1995.

HOFMANN, W., ATTARPOURN, N., LETTNER, H., TURK, R. **Cesium 137 concentration in lichens before and after the Chernobyl accident**. *Health Physics*, v. 64, n.1, p.70-3, 1993.

JESUS, N. **Abordagem Agroecológica da Região de Araras, Rio Claro, Limeira E Piracicaba – SP.** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1989.

JOHNSEN, I. **The biological indication of sulfur dioxide.** Experiencia, v. 42, n.5, p. 503-7, 1986.

JOHNSCHER, G.F. et. al. **Aplicação de índices biológicos numéricos para avaliação da qualidade ambiental.** Edição mimeografada, CETESB, São Paulo, 1981.

KAUPPI, M., HALONEN, P. **Lichens as indicators of air pollution in Oulu, northern Finland.** Annales Botanici Fennici, v.29 n. 1, p. 1-9, 1992.

LAGO, A. e PÁDUA, J. A. **O Que é Ecologia.** 7ª Edição. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1988.

LORENZI, HARRI. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil.** vol. 1. 4 ed. Nova Odessa São Paulo. Instituto Plantarum, 2002.

MACEDO, Ricardo K. **Gestão Ambiental: Os instrumentos básicos para a gestão Ambiental de territórios e unidades produtivas.** Gestão Ambiental Territorial. Revista Nacional de Geografia, v. 30, n. 2, 2004.

MAPA Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia, F.F.L.C.H. – USP, vol. II, 1997. Escala 1:500.000.

MAPA Geomorfológico do Estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981.

MAPA Formação Geológicas de Superfície: **Folha Geológica de Araras.** Folha: SF. 23-M-II-3. Escala: 1:50.000., Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais. Instituto Geológico. São Paulo, 1987.

MAPA Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo, - Quadrícula de Araras, SF.23-Y-A-II. Escala 1:100.000. Convenio Embrapa – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônomo – Divisão de Solos. Seção de Pedologia e Fotointerpretação. São Paulo, 1981.

MARCUS, M.G. e DETWYLER, T.R. **Urbanization and environment**. In: Nucci, Carlos, João. “Qualidade Ambiental & Adensamento Urbano: Um Estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicada ao distrito de Santa Cecília (MSP)” – São Paulo: Humanitas/F.F.L.C.H. USP, 2001.

MILANO, M.S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba – PR**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – área de Concentração Silvicultura – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1984.

MONTEIRO, C.A. de F. **Clima e excepcionalismo**. Florianópolis, Ed. da UFSC, 1987.

NEUSSER, C., VOGT, A. I., FLORES, R. SCHUTTEL, T. E FIGUIRÓ, A. S. **Monitoramento da poluição atmosférica pelo uso de líquens como bioindicadores na cidade de Santa Maria – RS**. In: *Congresso de Ecologia no Brasil*, 2, 1994.

NEWMAN, J.R. e SCHREIBER, R. K. **Animals as indicators of Ecosystem Responses to air Emission**. In: Viadana, Adler, “Análise da qualidade Hídrica do Alto e Médio Corumbataí (SP). Pela Aplicação de Bioindicadores”. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociência e Ciências Exatas da Unesp. Rio Claro, 1985.

NUCCI, J. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um Estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem aplicado ao Distrito de Santa Cecília (MSP)** – São Paulo: Humanitas/F.F.L.C.H. USP, 2001.

OLIVEIRA, J.B; MENK, J.R.E. e ROTTA, C.L. **Levantamento dos Solos do Estado de São Paulo**. Quadricula de Campinas Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, 1979.

PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da depressão periférica paulista**. IGEOG/USP, 86p. São Paulo, 1976.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAS. **Crescimento da Cidade de Araras por Seguimento (Indústria, Comércio e Serviço)**. Agência Municipal da Ciência Tecnologia e Desenvolvimento.”. Documento interno. Araras, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAS. **Estatística da Frota de Veículos – por Município**. Departamento de Trânsito de Araras – DEMUTRAM. Governo do Estado de São Paulo, Departamento Estadual de Transito. Documento interno, Araras, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAS. **Crescimento Populacional**. Secretaria de Promoção Social de Araras. IBGE, Araras, 2006.

REVISTA FAPESP – **Estação Verde: Bromélias e Líquens são usados para detectar a presença de metais no ar poluído de São Paulo**. *Pesquisa Fapesp*, p. 76 – 79, São Paulo, Outubro de 2004.

RIZZINI, C. T. **Árvores e Madeiras úteis do Brasil: Manual de Dendrologia brasileira** – São Paulo: ed. Universidade de São Paulo, 1981.

ROCHA, J.C.R. **A preservação do Meio Ambiente**. Mimesis (Bauru), v. 9, n.1, p. 46 – 56, 1988. In. ANTUNES, M.A. “Estudo Biogeográfico de Líquen como indicadores de Poluição do Ar em três setores da cidade de Bauru – SP”. Dissertação de Mestrado em Geografia – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, IGCE, UNESP – Campos Rio Claro, 1997.

REBOUÇAS, C.A. **Panoramas da Degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil**. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997.

SCAMPARINI, M.H. – **Considerações sobre as diretrizes de Desenvolvimento do Estado de São Paulo – eixo Araras/Rio Claro**. Trabalho de Conclusão de Curso. Ecologia – Unesp Rio Claro, 1987.

TROPPIAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 6ª edição – Rio Claro: Divisa, 2004.

TROPPIAIR, H. **Biogeografia**. Guarapuava, 1995, p.9

TROPPIAIR, H. **Estudo Biogeográfico de Líquens como Vegetais Indicadores de Poluição Aérea da Cidade de Campinas**. *Revista de Geografia*, v. 2, n.4, p. 1-38, Rio Claro, 1977.

TROPPIAIR, H. **Metodologia Simples para Pesquisar o Meio-Ambiente**. Rio Claro: ed. do autor. 1988.

TROPPIAIR, H. **Atlas da Qualidade Ambiental e de vida de Rio Claro**. Unesp – IGCE- Rio Claro, 1992.

VIADANA, A. G. **Análise da qualidade Hídrica do Alto e Médio Corumbataí (SP). Pela Aplicação de Bioindicadores.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociência e Ciências Exatas da Unesp. Rio Claro, 1985.

VIADANA, A. G. **Metodologia Alternativa na Avaliação da Qualidade Ambiental em Seguimento Fluvial Urbano.** Blumenau, v.1, n.3, 25-29, Set/dez 1999.

VILLENEUVE, J. P., FOGELQVIST, E. e CANTTINI, C. Lichens as Bioindicators for atmospheric pollution by chlorinated hydrocarbons. Chemosphere, v. 17, n.2, p.399-403, 1988.

VINCENTE, J.P. **Influence d'une atmosphere urbaine sur lês diferentes Functions d'une espece lichenique.** Science of total Environment, v. 95, p.167-80, 1990.

WALTHER, D.A., RAMELOW, G.J., BECK. J.N, YOUNG, J.C., CALLAHAN, J.D. e MARCON, M.F. **Distribution of airborne heavy metals As measured in the lichens.** In. ANTUNES, M.A. "Estudo Biogeográfico de Líquen como indicadores de Poluição do Ar em três setores da cidade de Bauru – SP". Dissertação de Mestrado em Geografia – Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente, IGCE, UNESP – Campos Rio Claro, 1997