

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR ATMOSFÉRICO DA CIDADE DE MONTE CARMELO, MG, BRASIL, POR MEIO DA ANÁLISE DE COBERTURA DE LÍQUENS

EVALIATION OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY OF THE CITY OF MONTE CARMELO, MG, BRAZIL, BY LIQUENCE COVER ANALYSIS

Weverson Junio da Silva¹
Cássio Resende de Morais²

RESUMO: Muito se sabe que a evolução do homem no planeta tem contribuído cronicamente com processos que resultam em impactos ambientais de origem antropogênica nos diferentes compartimentos do ecossistema. Em se tratando de poluição atmosférica um dos grandes agravantes está diretamente relacionado com as frotas de veículos e as indústrias movidas a queima de carvão mineral e vegetal, reduzindo a qualidade de vida da biota como um todo. Diante da liberação de poluentes atmosféricos em vias urbanas, técnicas pautadas no biomonitoramento são de grande relevância, uma vez que as respostas geradas por bioindicadores pode a curto e longo prazo identificar padrões de qualidade ambiental, possibilitando a tomada de medidas mitigatórias. O uso de líquens em práticas de monitoramento ambiental configura-se uma valiosa ferramenta no rastreamento da toxicidade de poluentes ambientais, devido a sua sensibilidade as substâncias tóxicas liberadas na combustão incompleta de combustíveis fósseis. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a qualidade do ar da cidade de Monte Carmelo, MG, Brasil, por meio da análise de cobertura de líquens e determinação do fluxo de veículos. Foram selecionados 13 bairros da cidade para amostragem de cobertura de Líquens e em cada local foi feito a amostragem de líquens em 10 *Mangifera indica*. O estudo foi acompanhado de grupo testemunha (controle fazenda - área preservada). A determinação do fluxo de veículos foi feita por meio do monitoramento dos bairros por observação direta e a frota de veículos (automóveis, motocicleta, caminhonetes, caminhonetes, vans, ônibus e caminhões) foram registradas em um diagrama padrão, expressando o fluxo de veículo em média e desvio padrão por hora de monitoramento. Em todos os bairros amostrados foram observados baixa porcentagem de cobertura de líquens em *M. indica*, sendo os bairros Catulina, Cidade Jardim, Boa Vista, Centro, Batuque Velho e Novo, Alto da Vila Nova, Triângulo e Jardim Zenith, os bairros com maior frota de veículos. Levando em consideração os resultados obtidos nesta pesquisa de campo, conclui-se que a utilização de líquens, bem como a determinação do fluxo de veículo em vias urbanas correspondem versáteis alternativas para rastrear os efeitos de poluentes ambientais atmosféricos.

-
1. Licenciado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP
 2. Licenciado em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário Mário Palmério – UNIFUCAMP. Especialista em Biotecnologia Ambiental pelo Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. Especialista em Toxicologia e Bioquímica pela Faculdade Metropolitana do Estado de São Paulo – FAMEESP. Especialista em Biologia Celular e Molecular pelo Centro Universitário FAVENI - UNIFAVENI. Mestre e Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Docente e Pesquisador pelo UNIFUCAMP. cassio.1015@hotmail.com)

Palavras-chave: Frota de veículos; Poluentes atmosféricos; Bioindicador

ABSTRACT: It is well known that the evolution of man on this planet has chronically contributed to processes resulting in environmental impacts of anthropogenic origin in different parts of the ecosystem. When it comes to air pollution, one of the two biggest aggravators is directly related to vehicle emissions and industries moved to mineral and plant exploitation, reducing the biota life quality. In view of the release of air pollutants in urban roads, techniques based on biomonitoring are of great relevance, once the responses generated by bioindicators can identify short-term and long-term patterns of environmental quality, enabling mitigation measures to be taken. The use of lichens in environmental monitoring practices is a valuable tool in tracking the toxicity of environmental pollutants, due to its sensitivity to toxic substances released in the incomplete combustion of fossil fuels. In this context, the present work aims to assess the water quality of the city of Monte Carmel, MG, Brazil, by means of lichen cover analysis and vehicle flow determination. Thirteen villages of the city were selected for lichen cover sampling and in each locality lichen sampling was conducted in 10 *Mangifera indica*. The study was accompanied by test group (control farm - preserved area). The determination of vehicle flow was made by monitoring two wells by direct observation and the vehicle fleet (cars, motorcycles, trucks, trucks, vans, buses and roads) were recorded in a flow diagram showing the parent per hour of monitoring. In all the sampled villages we observed low percentages of lichen cover in *M. indica*, being the villages Catulina, Cidade Jardim, Boa Vista, Centro, Batuque Velho and Novo, Alto da Vila Nova, Triângulo and Jardim Zenith. Taking into consideration the results obtained in this field research it is concluded that the use of lichens, as well as the determination of vehicle flow on urban roads correspond to versatile alternatives to track the effects of environmental pollutants.

Keywords: Vehicle rub; Atmospheric pollutants; Bioindicador

1. INTRODUÇÃO

Fatores abióticos são fundamentais para manutenção da biosfera. Em destaque, o ar atmosférico representa um dos componentes abióticos mais importantes para a manutenção da vida. Controle da temperatura do planeta, clima e regime das chuvas são eventos diretamente relacionados com o ar atmosférico. Além disso, componentes presentes no ar são fundamentais nas reações bioquímicas nas plantas e nos animais, bem como toda a microbiota (Ayoade, 1998).

Mesmo representando benefícios intrínsecos para os seres vivos, o ar atmosférico também pode influenciar na densidade populacional de diferentes espécies, uma vez que, serve de veículo para microrganismos patogênicos, bem como toxicantes ambientais. Muito se sabe que a presença do homem no planeta tem intensificado os impactos ambientais, sendo a

poluição do ar um dos assuntos mais discutidos ao que diz respeito as intervenções antropogênicas negativas ao ecossistema (Motta-Filho et al., 2003; Amâncio e Nascimento, 2012).

Segundo Amâncio e Nascimento (2012) poluentes atmosféricos, mesmo dentro dos padrões pré-estabelecidos por lei, podem causar efeitos adversos em diferentes espécies, incluindo o homem. Dentre as diferentes fontes poluidoras pontuais e difusas, destaca se as indústrias e o tráfego de veículos movidos pela queima de combustíveis fósseis. Além disso, pesticidas e os Clorofluorcarbonos (CFC) tem contribuído diretamente com a depressão da qualidade do ar (Braga et al., 2002; Api, 2011).

Dependendo do poluente ambiental e os níveis na atmosfera, diferentes impactos ambientais podem ocorrer, como degradação da camada de ozônio, intensificação do efeito estufa (Braga et al., 2002) e chuva ácida. Além disso, compostos como os óxidos de enxofre (SO_x) e nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado, hidrocarbonetos e metais pesados provenientes da queima incompleta de combustíveis fósseis podem resultar no aumento da frequência de doenças cardiorrespiratórias, eventos deletérios por intoxicação, além de irritações nos olhos, efeitos mutagênicos e carcinogênicos (Briggs, 1984; Oliveira; Kummrow, 2008; Vardar et al., 2013).

Diante dos fatos apresentados, a poluição atmosférica tem sido alvo de uma grande variedade de estudos, principalmente pelas áreas toxicológicas, sendo o biomonitoramento ambiental uma valiosa ferramenta no rastreamento de poluentes ambientais, bem como seus efeitos na biota. Estudos pautados no monitoramento ambiental utiliza de estudos sistemáticos com seres vivos no ambiente (naturais ou introduzidos) ou fatores interligados a estes, que podem apresentar uma resposta ou avaliação referente a qualidade ambiental (Wappelhorst et al., 2000; Markert et al., 2007).

Os seres vivos utilizados nesses estudos são conhecidos como bioindicadores, sua ausência, presença excessiva ou modificações morfológicas, fisiológicas ou genéticas, podem fornecer um diagnóstico de qualidade ambiental, sendo um dos meios mais eficientes de estudo, já que podem oferecer uma resposta de efeito a curto e longo prazo (Arndt et al., 1995; Vdi, 1999; Klumpp, 2001).

Dentre os biondicadores mais utilizados no rastreamento de poluentes atmosféricos destaca-se os líquens, organismos simbioses mutualísticos, formados a partir da associação de fungos com algas ou cianobactérias (Valencia e Ceballos, 2002).

Na relação simbiote, algas e cianobactérias fornecem açúcar (derivada da fotossíntese) e o fungo proteção estrutural e suprimento hídrico. Durante a associação ambos perdem sua individualidade morfológica e anatômica, formando uma estrutura conhecida como talo (Pilegaard, 1978; Cocchietto et al., 2002; Bagliano, 2012).

Líquens são organismos sensíveis a poluição atmosférica, sendo assim, sua presença ou ausência, indicam diferentes respostas para determinado ambiente, ao passo que sua presença detecta baixos índices de poluição ambiental, enquanto a ausência um agravamento na depressão da qualidade do ar. Sua estrutura morfológica e anatômica, permite a absorção de gases e aerossóis, que são facilmente dissolvidos pela sua estrutura, o que justifica sua sensibilidade aos poluentes, que dependendo de suas características físico-químicas, podem bioacumular nos “tecidos” e acarretar efeitos adversos (Barkman, 1958; Baddeley et al, 1973; Schlensoed e Schroetes, 2001; Valencia e Ceballos, 2002; Martins-Mazzitelli et al., 2006).

A cidade de Monte Carmelo, situada na região Alto Paranaíba, possui população de 47 692 habitantes de acordo com o último censo demográfico em 2022 (IBGE, 2022). A economia é baseada principalmente na agricultura (café e soja) e na indústria ceramista. A cidade é conhecida na microrregião Alto Paranaíba como a capital da Telha, e em função da intensa atividade ceramista, a qualidade do ar tem sido reduzida nos últimos anos. Não bastasse, o crescente aumento na frota de veículos, aliado ao não investimento em transportes coletivos, tem contribuído com os impactos ambientais de origem antropogênica. Poucos dados estão disponíveis sobre o monitoramento da qualidade do ar da cidade (Campos et al., 2016).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar qualidade do ar da cidade de Monte Carmelo, MG, Brasil por meio da análise de cobertura de líquens e determinação do fluxo de veículos. A presente pesquisa busca identificar os bairros com maior índice de poluição buscando elucidar as principais fontes poluidoras, objetivando a tomada de medidas mitigatórias que visem a melhoria das condições do ar, garantindo melhor qualidade de vida para as pessoas da cidade, bem como toda a biota existente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil. A cidade está situada na Região Alto Paranaíba (**Figura 1**), e apresenta população de 47 692 habitantes, de acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2022). A economia

local, é baseada na agropecuária, sobretudo na produção leiteira e plantio de soja e café. A escolha da cidade como local de monitoramento da qualidade do ar, se deve a atividade ceramista, sendo esta a principal fonte industrial de renda da cidade.

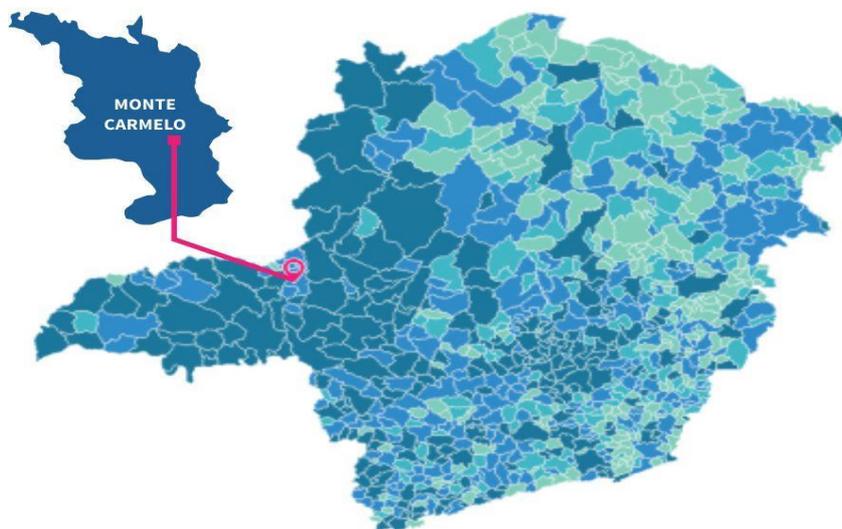


Figura 1: Cidade de coleta de dados de cobertura de Líquens.

2.2 Análise de cobertura de Líquens

Levando em consideração a sensibilidade a poluentes ambientais e a estruturação dos líquens, eles podem ser classificados em três tipos principais: Crostoso (se aderem fortemente ao tronco das árvores, sendo altamente resistente a poluentes ambientais), folioso (apresentam sensibilidade intermediária) e fruticosos (extremamente sensíveis).

Neste trabalho, foi avaliado apenas a cobertura de líquens foliosos do gênero *Canoparmelia* (**Figura 2**) aderidos em tronco de árvores de *Mangífera indica*. A escolha do gênero do líquen, bem como da espécie vegetal se deve a padronização dos dados coletados, evitando por tanto, heterogeneidade por sensibilidade diferencial entre os simbioses.



Figura 2: Líquen folioso do gênero *Canoparmelia*.

Foram selecionados 13 bairros da cidade para levantamento da cobertura de líquens foliosos. A escolha dos bairros foi baseada nas fontes de poluição de origem difusa e pontual, sendo a frota de veículos e as indústrias ceramistas, as principais fontes de poluição atmosférica na cidade.

Em cada bairro foram selecionados em média 10 *M. indica* para levantamento da cobertura de líquens foliosos, totalizando 141 árvores amostradas. Para determinação da porcentagem de cobertura de líquens, foi utilizado uma malha de plástico quadriculada na dimensão de (40 x 40cm) dividido em 100 quadrantes (4 x 4cm) (**Figura 3**), onde cada quadrante representou 1% de cobertura líquênica.

O tronco da *M. indica* (1,5m de distância do solo) foi revestido com a malha de plástico, e os líquens foram contados nos quadrantes por todo o diâmetro da árvore. Foi considerado como quadrante de amostragem, aqueles cujo líquens ocuparam de 25 a 100% do quadrante.

Como grupo testemunha, foi selecionado uma fazenda situada a 7 Km da cidade de Monte Carmelo (MG), devido às características do ambiente, sendo este considerado como de baixa intervenção antrópica oriunda de poluição atmosférica.

O diâmetro das mangueiras foi medido e os valores foram expressos em média e desvio padrão, buscando caracterizar a população de *M. indica* amostrada.

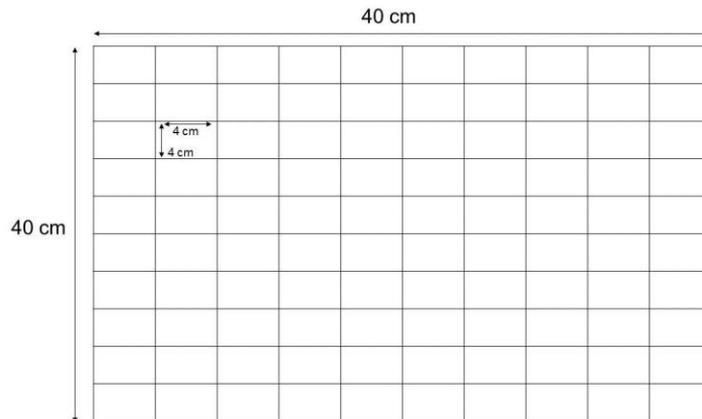


Figura 3: Representação dos quadrantes usados para levantamento da cobertura de líquens foliosos.

2.3 Determinação de fluxo de veículo

No presente trabalho foi quantificado o fluxo de veículos nos 13 bairros amostrados. Para tanto, durante 3 dias da semana, um trecho de segmento de cada bairro foi monitorado por 1h. O monitoramento do bairro foi conduzido por observação direta, e a frota de veículos (automóveis, motocicleta, caminhonetes, caminhonetas, vans, ônibus e caminhões) monitoradas e registradas em um diagrama padrão, expressando o fluxo de veículo em média e desvio padrão.

Todas as observações de frota de veículo foram conduzidas entre os horários das 06:00 as 08:00 e 17:00 as 19:00, momento de maior fluxo de veículo da cidade. A determinação do fluxo objetivou verificar a correlação entre a frota de veículos na cidade e a cobertura de líquens foliosos aderidos aos troncos de *M. indica*.

2.4 Análise estatística

Para comparar o fluxo de veículos, bem como as porcentagens de cobertura dos líquens presentes nas mangueiras nos diferentes locais de amostragem, foi utilizado a análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparação múltipla. Valores de $p \leq 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

No presente trabalho foi avaliado a qualidade do ar da cidade de Monte Carmelo, MG, Brasil, por meio da análise de porcentagem de cobertura de líquens foliosos em *M. indica* e determinação do fluxo de veículos. Os dados referentes as características métricas do

diâmetro do caule das mangueiras, bem como a fonte poluidora predominante do local de coleta dos dados estão apresentados na **Tabela 1**. A grande maioria das fontes poluidoras na cidade está relacionada a poluição de natureza difusa, principalmente pela queima de combustível (Fluxo de veículos – FV), bem como poluição pontual pela liberação de poluentes atmosféricos em função das atividades industriais ceramistas (Indústria ceramista – IC) (**Tabela 1**).

Tabela 1. Características de *M. indica* e principais fontes poluidoras

Bairro	Quantidade de árvores amostradas	Diâmetro do caule	Fontes poluidoras
Controle	10	226,70 ± 119,18	*AF
Catulina	09	174,44 ± 81,06	FV
Cidade Jardim	07	287,14 ± 109,18	FV/IC
Boa Vista	17	189,00 ± 71,82	FV
Centro	10	179,70 ± 119,63	FV
Santa Rita	10	146,70 ± 59,41	FV/RV
Batuque Velho	08	136,44 ± 83,48	FV/IC
Batuque Novo	09	136,44 ± 89,22	FV
Vila Dourada	11	186,36 ± 64,10	FV/IC
Vila Nova	09	186,75 ± 114,61	FV
Alto da Vila Nova	17	219,44 ± 89,68	FV/IC
Montreal	10	163,60 ± 51,38	FV/IC
Triângulo	07	186,85 ± 38,57	FV/RV
Jardim Zenith	07	145,34 ± 45,89	FV
Total (Média ± DP)	141 (10,07 ± 3,19)	-	-

FV: Fluxo de veículos; IC: Indústria ceramista; RV: Próximo à rodovia; AF: Área florestal – *baixa intervenção antrópica.

Os resultados de frequência de cobertura de líquens evidenciam baixa qualidade de ar atmosférico em todos os bairros monitorados (**Figura 4**). Quando comparado ao grupo controle (baixa intervenção antrópica poluidora), todos os bairros diferiram (Tukey, $P \leq 0,05$) na frequência total de cobertura de líquens foliosos em *M. indica* (**Figura 4**). A ausência de

diferenças estatisticamente significativas entre a cobertura de líquens em *M. indica* quando comparada entre os bairros, indicam que os efeitos tóxicos provenientes da poluição atmosférica são próximos.

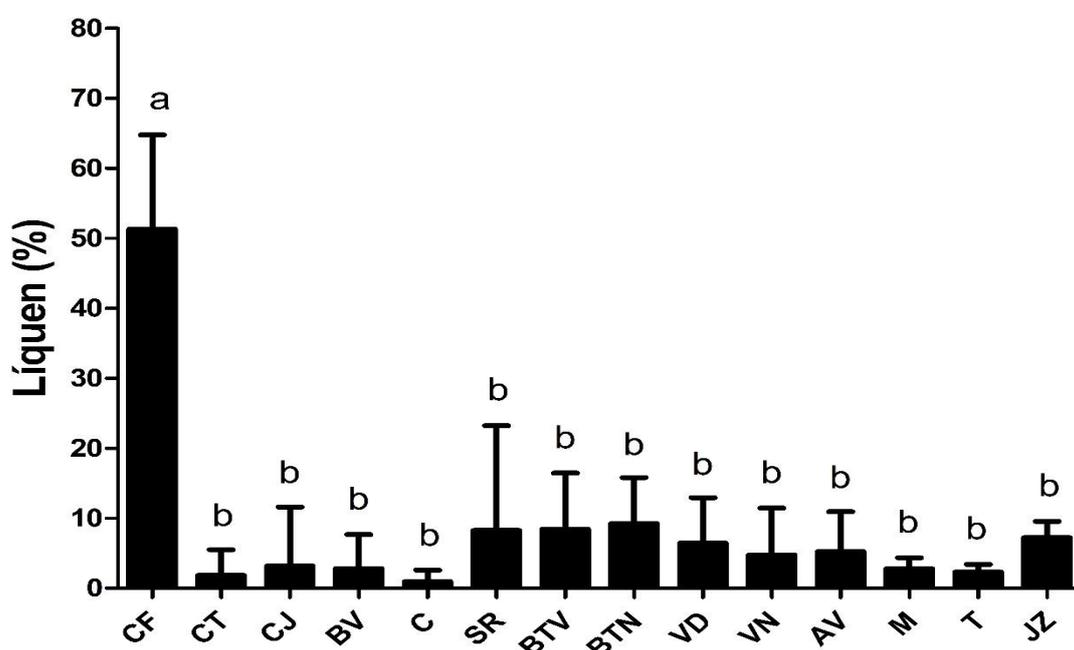


Figura 4: Cobertura de Líquens em *Mangifera indica*, localizadas em diferentes bairros na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais Brasil.

CF: Controle fazenda; CT Catulina; CJ: Cidade Jardim; BV: Boa Vista; C: Centro; SR: Santa Rita; BTN: Bатуque Novo; BTV: Bатуque Velho; VD: Vila Dourada; VN: Vila Nova; AV: Alto da Vila Nova; M: Montreal; T: Triângulo; JZ: Jardim Zenith.

* Médias com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa de acordo com o Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Mesmo Monte Carmelo sendo considerada uma cidade de pequeno porte, ainda assim a baixíssima incidência da frequência de líquens foliosos indica alta e intensa ocorrência de poluentes e estressores ambientais atmosféricos. De acordo com Moraes et al (2018) existem em território carmelitano 22 indústrias ceramistas, sendo que destas, 9 estão ativas com produção em larga escala. De fato, a redução da cobertura de líquens em *M. indica* podem ser explicadas também pela atividade ceramistas nos bairros Montreal (M), Alto da Vila Nova (AV), Bатуque Velho (BTV), Vila Dourada (VD) e Cidade Jardim (CJ) (**Figura 4 - Tabela**

1). Estudos com *Tradescantia pallida* em Monte Carmelo demonstraram a correlação de efeitos genotóxicos e redução da qualidade do ar, em função da emissão de poluentes atmosféricos pelas chaminés das cerâmicas (Campos et al. 2016).

No entanto, sugerimos que a maior parte da poluição atmosférica na cidade de Monte Carmelo está associada a poluição difusa proveniente pela emissão de poluentes derivados da queima incompleta de combustíveis fósseis. Na **Figura 5** está apresentado o resumo dos resultados referente a determinação do fluxo de veículos nos diferentes bairros monitorados.

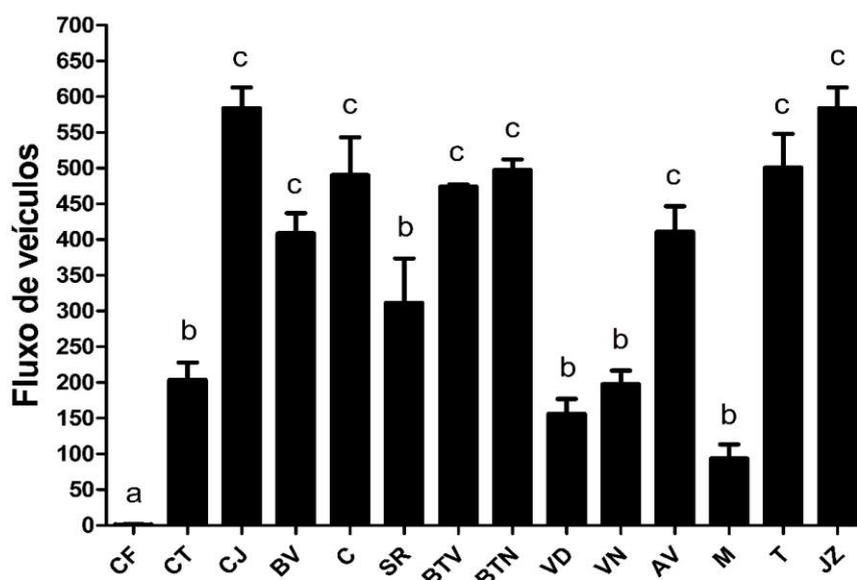


Figura 5: Determinação do fluxo total de veículos por hora de observação, em diferentes bairros da cidade de Monte Carmelo Minas Gerais, Brasil.

CF: Controle fazenda; CT: Catulina; CJ: Cidade Jardim; BV: Boa Vista; C: Centro; SR: Santa Rita; BTN: Batuque Novo; BTV: Batuque Velho; VD: Vila Nova; AV: Alto da Vila Nova; M: Montreal; T: Triângulo; JZ: Jardim Zenith.

* Médias com letras diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa de acordo com o Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Os resultados indicam diferença estatisticamente significativa (Tukey, $p \leq 0,05$) na frequência de fluxo de veículos em todos os bairros monitorados quando comparado ao grupo controle (CF). Vale destacar, que os bairros com maior fluxo de veículos observado foram Cidade Jardim (CJ, $583,66 \pm 29,02$ veículos/hora), Boa Vista (BV, $408,66 \pm 28,18$ veículos/hora), Centro (C, $490,00 \pm 52,88$ veículos/hora), Batuque Velho (BV, $473,66 \pm 3,21$ veículos/hora) e Novo (BN, $497, \pm 15,09$ veículos/hora), Alto da Vila Nova (AV, $410,65 \pm$

35,85 veículos/hora), Triângulo (T, 500,55 ± 47,23 veículos/hora) e Jardim Zenith (JZ, 583,66 ± 29,02 veículos/hora).

Uma análise mais detalhada do fluxo de veículos permite verificar uma certa heterogeneidade na frota automobilística na cidade de Monte Carmelo. Em todos os bairros é frequente o fluxo de automóveis e motocicletas, bem como veículos com motores movidos a diesel como caminhonetes, caminhonetas, caminhões e ônibus (**Tabela 2**).

Para todas as categorias analisadas, os mesmos bairros supracitados (CT, CJ, BV, C, BTV, BTN, AV, T e CJ), mostraram diferença estatisticamente significativa ($P \leq 0,05$) dentro da mesma categoria quando comparado aos demais bairros (**Tabela 2**).

Ao comparar a frota de veículos e a porcentagem de cobertura de líquens, verifica-se que os valores são inversamente proporcionais. Locais de baixo fluxo de veículos (CF – 1,33 ± 0,50 veículos/hora) apresentam mangueiras com maior porcentagem de líquens foliosos (51,30 ± 13,46), enquanto locais com intenso tráfego de veículos (**Figura 3 – Tabela 2**) apresentam baixa porcentagem de cobertura liquênica (**Figura 2**).

De fato, quando em ambiente com baixos níveis de poluentes atmosféricos, observa-se uma rápida colonização de líquens em tronco de árvores. No entanto, a exposição de líquens a poluentes atmosféricos pode inibir o crescimento e o desenvolvimento do talo, alterações nos processos metabólicos e mudanças anatômicas e morfofisiológicas (Barkman 1958, Baddeley et al, 1973, Schlensod e Schroetes, 2001), podendo ainda levar a uma perda progressiva de cloroplastos, o que prejudica a simbiose, levando a morte do complexo liquênico (Barkman 1958; Moura et al, 2012).

Mesmo havendo uma maior frota de veículos nos bairros CT, CJ, BV, C, BTV, BTN e AV (**Figura 3 – Tabela 2**), a poluição atmosférica dos demais bairros influenciaram igualmente a cobertura de líquens foliosos em *M. indica* (**Tabela 2**). Os resultados podem ser justificados devido a exposição crônica de líquens aos poluentes ambientais, expressando todo um histórico de vida de exposição.

Os resultados apresentados são concordantes com outros autores (Valencia e Ceballos, 2002; Gonçalves et al., 2003; Gonzalez e Pignata, 1999; Malaspina et al., 2014; Martins-Mazzitelli et al. 2006), evidenciando a eficiência dos líquens no rastreamento de toxicantes atmosféricos, sendo por tanto considerado excelente bioindicador ambiental.

Tabela 2: Fluxo de veículos em diferentes bairros na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil.

Bairros	Frequência de Fluxo de veículos automotivos						
	Carros	Motocicletas	Caminhonetes	Caminhonetas	Van	Caminhões	Ônibus
CF	00,66 ^a ± 00,57	1,33 ^a ± 00,57	0,00 ^a ± 00,00	00,00 ^a ± 00,00	00,00 ^a ± 0,00	00,00 ^a ± 00,00	00,00 ^a ± 00,00
CT	98,66 ^b ± 22,50	60,33 ^{b,c} ± 09,45	21,33 ^a ± 07,50	01,66 ^a ± 02,08	11,00 ^b ± 01,73	05,66 ^a ± 03,78	05,00 ^a ± 01,73
CJ	312,66 ^d ± 18,90	159,66 ^f ± 16,50	44,00 ^b ± 13,74	31,00 ^b ± 03,00	08,66 ^{a,b} ± 02,51	18,00 ^c ± 01,73	09,66 ^b ± 01,15
BV	225,33 ^d ± 26,50	125,00 ^{d,e,f} ± 09,64	18,00 ^a ± 04,35	05,33 ^a ± 02,51	10,33 ^{b,c} ± 02,30	13,66 ^{b,c} ± 03,05	11,00 ^b ± 02,00
C	261,33 ^d ± 45,08	100,33 ^{c,d,e} ± 11,59	65,00 ^b ± 07,93	30,00 ^b ± 06,55	12,66 ^{b,c} ± 01,52	15,33 ^{b,c} ± 02,30	05,33 ^a ± 00,57
SR	146,66 ^c ± 15,27	103,00 ^{c,d,e} ± 43,09	29,00 ^b ± 10,44	06,00 ^a ± 02,00	07,00 ^{a,b} ± 02,00	10,00 ^b ± 01,73	09,66 ^b ± 05,03
BTV	268,00 ^d ± 17,08	114,00 ^{c,d,e} ± 07,00	53,66 ^b ± 08,32	03,33 ^a ± 00,57	19,00 ^c ± 03,00	08,66 ^b ± 02,88	07,00 ^a ± 02,64
BTN	268,66 ^d ± 12,66	120,33 ^{c,d,e} ± 01,52	64,00 ^b ± 08,88	08,00 ^a ± 03,60	07,66 ^{a,b} ± 02,08	16,66 ^c ± 03,78	11,66 ^b ± 04,93
VD	83,33 ^b ± 08,38	39,33 ^{a,b,c} ± 13,01	12,66 ^a ± 02,30	00,33 ^a ± 00,57	07,00 ^a ± 02,00	08,00 ^b ± 02,00	05,33 ^a ± 00,57
VN	83,33 ^b ± 42,33	63,66 ^{b,c,d} ± 11,15	19,00 ^a ± 05,29	09,33 ^a ± 04,16	06,66 ^{a,b} ± 05,50	09,33 ^b ± 03,05	06,33 ^a ± 05,68
AV	205,33 ^d ± 12,50	145,00 ^{d,e,f} ± 05,68	08,00 ^a ± 04,39	15,33 ^a ± 01,98	10,35 ^{b,c} ± 02,57	14,66 ^{b,c} ± 03,05	12,00 ^b ± 01,01
M	46,66 ^b ± 4,72	34,33 ^{a,b} ± 08,02	09,66 ^a ± 02,51	00,00 ^a ± 00,00	01,00 ^a ± 01,00	01,66 ^a ± 02,08	02,33 ^a ± 01,52
T	245,24 ^d ± 26,50	195,00 ^{d,e,f} ± 8,29	18,00 ^a ± 04,35	07,21 ^a ± 02,11	10,33 ^{b,c} ± 01,78	12,56 ^{b,c} ± 02,09	12,21 ^b ± 02,11
JZ	148,33 ^c ± 07,63	84,33 ^c ± 12,05	39,00 ^b ± 05,00	01,66 ^a ± 00,57	06,00 ^a ± 02,64	07,00 ^a ± 04,58	02,33 ^a ± 00,57

CF: Controle fazenda; CT Catulina; CJ: Cidade Jardim; BV: Boa Vista; C: Centro; SR: Santa Rita; BTN: Bатуque Novo; BTV: Bатуque Velho; VD: Vila Nova; AV: Alto da Vila Nova; M: Montreal; T: Triângulo; JZ: Jardim Zenith.

Muito se sabe, que uma ampla magnitude de impactos ambientais tem acompanhado o processo de evolução humana. Componentes abióticos, tais como recursos hídricos (Moraes et al., 2016; Jesus et al., 2016), solo (Cesniene et al., 2017; Simonyan et al., 2018) e ar (Pereira et al., 2013) são constantemente relacionados com danos ambientais de origem antropogênica.

No que diz respeito à poluição atmosférica, a presença de poluentes ambientais em níveis suficientes, seja por exposição aguda ou crônica, pode resultar em danos adversos em organismos expostos (Amancio e Nascimento, 2012). A exposição a poluentes ambientais, como monóxido e dióxido de carbono, óxidos de enxofre e nitrogênio, metais pesados e materiais particulados estão diretamente associados a diferentes danos de interesse toxicológico, que incluem, irritação aos olhos, danos ao sistema respiratório (Briggs, 1984), eventos genotóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (Campos et al., 2016).

Nesta vertente, estudos de biomonitoramento podem contribuir diretamente com a identificação de padrões de qualidade ambiental, bem como possibilita a tomada de medidas mitigatórias para reparar os impactos ambientais de origem antropogênicas, antes que estes tomem dimensões difíceis de serem reparadas.

No presente trabalho, a má qualidade do ar atmosférico da cidade de Monte Carmelo não está relacionada apenas as atividades ceramistas e frota de veículos, mas também ao baixo investimento em abordagens pautadas em políticas ambientais. Na cidade é verificado um baixo investimento em transporte coletivo. Mesmo a cidade sendo considerada de pequeno porte, o acesso aos ambientes de trabalho, unidades básicas de saúde e centros educacionais pode ser inviável por tráfego não motorizado, devido a logística temporal e de distância.

Nesse contexto, a baixa disponibilidade de transporte coletivo ofertado, leva ao aumento do uso de automóveis particulares, aumentando assim a frota de veículos, bem como a emissão de poluentes atmosféricos, contribuindo cronicamente com a redução da qualidade ambiental (Bravn, 2003).

Além disso, poucos bairros oferecem boa arborização, sendo a cobertura vegetal fundamental na redução de alguns destes poluentes atmosféricos. Somado a estes eventos, o recolhimento de impostos relacionados a regularização de automóveis (IPVA), indiretamente investe em redução da qualidade ambiental, visto que as taxas e impostos são elevadíssimos em veículos mais modernos, que consideravelmente emitem menos poluentes ambientais do que veículos mais velhos (taxas e impostos mais baratos).

Por último os autores destacam a necessidade de tomada de medidas mitigatórias para minimizar a emissão de poluentes atmosféricos na cidade de Monte Carmelo, buscando a obtenção de um melhor padrão de qualidade do ar para as presentes e futuras gerações.

4. CONCLUSÃO

Levando em consideração os resultados obtidos nesta pesquisa de campo conclui-se que a utilização de líquens, bem como a determinação do fluxo de veículo em vias urbanas correspondem versáteis alternativas para rastrear os efeitos de poluentes ambientais atmosféricos. Os resultados obtidos permitem concluir que a cidade de Monte Carmelo está em processo crônico de depressão da qualidade de ar, sendo a intensa frota de veículos, bem como as atividades ceramistas, os grandes protagonistas neste atual cenário. Destacamos a necessidade de mais estudos pautados no biomonitoramento ambiental da qualidade do ar atmosférico, objetivando a obtenção de mais dados, para que decisões pautadas em medidas mitigatórias sejam tomadas.

REFERÊNCIAS

AMANCIO, C.T.; NASIMENTO, L.F.C.; Asma e poluentes ambientais: Um estudo de series temporais. Revista da Associação Médica, v. 58, p. 302-307, 2012.

Andrade, M.F., Miranda, R.M., Fornaro, A., Kerr, A., Oyama, B., Andre, P.A., Saldiva, P. Vehicle emissions and PM_{2.5} mass concentrations in six Brazillian cities, Air Qual Atmos Health. 5 (2012) 79-88.

API, 2011, em EDITORA ABRIL; Planeta Sustentável, , disponível em <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/fosseis-companhias-petroliferas-futuro-mais-eletrico-quatorrodas-545227.shtml>>; Acesso em: 06 de abril de 2019.

ARNDT, U., FLORES, F. & WEINSTEIN, L. 1995. Efeitos do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil. Editora UFRGS, Porto Alegre.

AYOADE, J.O. Introdução a climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p

BAGLIANO, Roger Vinicius. Líquens e suas utilizações como indicadores ambientais. Portal Educação, 2012. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/liquens-e-suas-utilizacoes-como-indicadores-ambientais/15828>>. Acesso em: 06 de abril de 2019.

BADDELEY, M.S., FERRY, B.W., FINEGAN, E.J. 1973. Sulphur dioxide and respiration in lichens. In: B.W. Ferry, M.S. Baddeley & D.L. Hawksworth (eds.). Air Pollution and Lichens. The Athlone Press, London, pp. 299-313.

BARKMAN, J.J. 1958. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum, Assen.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L. de; VERAS JUNIOR, M.S. O meio atmosférico. In: Introdução a Engenharia Ambiental. São Paulo: Editora Printice Hall, 2002. Cap. 10, p.169-214.

BRIGGS, W.S. Em Applied Industrial Catalysis; Leach, B. E., ed.; Academic Press: Orlando, 1984.

CAMPOS, C.F.; JÚNIOR, E.O.C.; SOUTO, H.N.; SOUSA, E.F.; PEREIRA, B.B. Biomonitoring of the environmental genotoxic potential of emissions from a complex of ceramic industries in Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil, using *Tradescantia pallida*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2016.

CESNIENE, T.; KLEIZAITE, V.; BONDZINSKAITE, S.; TARASKEVICIUS, R.; ZVINGILA, D.; SIUKSTA, R.; RANCELIS, V. Metal bioaccumulation and mutagenesis in a *Tradescantia* clone following long-term exposure to soils from urban industrial areas and closed landfills. Mutat Res, v. 823, p. 65-72, 2017.

COCCHIETTO, M.; SKERT, N.; NIMIS, P. L.; SAVA, G..A review on usnic acid, an interesting natural compound. Naturwissenschaften, New York, v. 89, n. 4, p. 137-146, Apr. 2002.

GONÇALVES, V. F. et al., Utilização de Líquens como Bioindicadores da Qualidade Atmosférica, 2003.

GONZALEZ, C.M.; PIGNATA, M.L. The influence of air pollution on soluble proteins, chlorophyll degradation, MDA, sulfur and heavy metals in a transplanted lichen. Chemistry and Ecology, v. 60, p. 113-143, 1999.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>>. Acesso em 05 de abril de 2022.

JESUS, I. S.; CESTARI, M. M.; BEZERRA MDE, A.; AFFONSO, P. R. Genotoxicity Effects in Freshwater Fish from a Brazilian Impacted River. Bull. Environ Contam Toxicol, v. 96, p. 490-5, 2016.

KLUMPP, A. 2001. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In Indicadores ambientais - temas atuais (H.L. Martos, N.B. Mais & W. Barrella, eds.). PUC São Paulo, São Paulo.

MALASPINA, P.; TIXI, S.; BRUNIALTI, G.; FRATI, L.; PAOLI, L.; GIORDANI, P.; MODENESI, P.; LOPPI, S. Biomonitoring urban air pollution using transplanted lichens: element concentrations across seasons. Environmental Science and Pollution Research, v. 21, p. 12836-12842, 2014

MARKERT, B. 2007. Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 21: 77-82.

MARTINS - MAZZITELLI, S.M. A., MOTA FILHO, F.O., PEREIRA, E.C., FIGUEIRA, R. 2006. Utilização de líquens no biomonitoramento da qualidade do ar. In: L. Xavier Filho, M.E. Legaz, C.V. Córdoba & Pereira, E.C. (eds.). *Biologia de Líquens*. v. 3, 4 ed. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, pp. 101-133.

MORAIS, C. R.; CARVALHO, S. M.; ARAUJO, G. R.; SOUTO, H. N.; BONETTI, A. M.; MORELLI, S.; CAMPOS JUNIOR, E. O. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagus brasiliensis*. *Chemosphere*, v. 152, p. 328-34, 2016.

MOTA-FILHO, Fernando de O. et al. Análise de pigmentos de plantas e líquens no Recife como parâmetro de avaliação da poluição ambiental. *Revista de Geografia*, v. 20, n. 2, p. 43-61, 2003.

MOURA, J, M., FERNANDES, A, T., SILVA, J, C.. Utilização de Líquens como Bioindicadores de Poluição Atmosférica na Cidade de Cuiabá – MT. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012

OLIVEIRA, D. P.; KUMMROW, F. Poluentes da atmosfera. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. *Fundamentos de Toxicologia*. 3ª ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2008, p. 143-164.

PEREIRA, B. .B.; CAMPOS JÚNIOR, E. O.; MORELLI, S. In situ biomonitoring of the genotoxic effects of vehicular pollution in Uberlândia, Brazil, using *Tradescantia* micronucleus assay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 87, p. 17-22, 2013.

PILEGAARD, K. (1978) Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area. *Environ. Pollut.*, 17:81-91.

SCHLENSOD, M., SCHROETES, B. 2001. A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens and bryophytes. *The Lichenologist* 33: 443- 452.

SIMONYAN, A.; HOVHANNISYAN, G.; SARGSYAN, A.; ARAKELYAN, M.; MINASYAN, S.; AROUTIOUNIAN, R. DNA damage and micronuclei in parthenogenetic and bisexual *Darevskia* rock lizards from the areas with different levels of soil pollution, *Ecotoxicol Environ Saf.* v. 154, p. 13-18, 2018.

VALENCIA, M.C., CEBALLOS, J.A. 2002. Hongos liquenizados. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

VARDAR, C.; BASARAN, E.; CANSARAN-DUMAN, D.; ARAS, S. Air-quality biomonitoring assessment of genotoxicity of air pollution in the Province of Kaysen (Central Anatolia) by use of the lichen *Pseudeverniafurfuracea*(L.) Zopf and amplified fragment-length polymorphism markers. *Mutation Research*, v. 759, p. 43-50, 2014.

VDI. 1999. Biological measuring techniques for the determination and evaluation of effects of air pollutants on plants. Fundamentals and aims. VDI 3957/1. VDI/ DIN Handbuch Reinhaltung der Luft, v. 1a. Beuth, Berlin.

SILVA, W.J; MORAIS, C.R

WAPPELHORST, O. et al. Deposition and disease: a moss monitoring project as an approach to ascertaining potential connections. *Science of the Total Environment*, v. 249, n. 1-3, p. 243-256, 2000.