

MUSGOS COMO BIOINDICADORES DE POLUIÇÃO: CIDADE EMPREENDEDORA X CIDADE TURÍSTICA

Giuliana Faillace Camilo¹; Jaqueline Alves de Oliveira¹; Juliana Souza de Carvalho¹;
Mariana Cunha Lemos¹; Natani de Oliveira dos Santos¹; Michael Alvim Milward de
Azevedo².

(Instituto Três Rios, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Av. Prefeito Alberto
da Silva Lavinias, 1847 - Centro - Três Rios, RJ, Cep – 25801-100,
marianac.lemos@hotmail.com, ¹Discentes do Curso de Bacharelado em Gestão
Ambiental, ²Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Meio Ambiente)

RESUMO

A poluição ambiental tanto prejudica o homem, quanto o funcionamento dos ecossistemas, pois há liberação no meio ambiente de resíduos orgânicos, industriais, gases poluentes, objetos materiais, entre outros. Além disso, os efeitos negativos causados pela poluição afetam diretamente os vegetais que sofrem com as perturbações e as alterações do meio ambiente. Estes, são utilizados como bioindicadores que se tornam uma importante ferramenta de monitoramento da qualidade ambiental. No presente estudo foram analisadas briófitas dos troncos das árvores como indicadoras do grau de poluição atmosférica das cidades de Miguel Pereira e Três Rios, ambas no Estado do Rio de Janeiro, porém a primeira é uma cidade turística e a segunda apresenta um desenvolvimento econômico emergente. A média de porcentagem de cobertura de musgos foi acima de 50% em Miguel Pereira, porém em Três Rios, somente uma rua apresentou a média de porcentagem de cobertura dos musgos em cerca de 45%, as demais ruas apresentaram abaixo de 6% de cobertura. Com relação a medição da umidade relativa do ar e temperatura, não houve diferenciação entre os dois municípios.

Palavras-chave: bioindicadores, musgos, Três Rios, Miguel Pereira, poluição atmosférica.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica, definida como matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que podem tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde (MMA, 2016), aparece no ambiente urbano como um problema existente nos últimos séculos, ocasionados, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis e descargas industriais (Martins *et al.* 2008), apresentando-se como danoso aos materiais, prejudicial a fauna e a flora, e ocasionando inúmeros problemas à qualidade de vida das comunidades e ao bem-estar público (MMA 2016). O aumento de veículos automotores e de indústrias agravou a concentração de poluentes nas áreas urbanas (Martins *et al.* 2008), assim como as outras fontes antropogênicas conhecidas, como: a incineração de lixo, a queima de madeira e a queimada de florestas e pastos (Andrade *et al.* 2002). Atualmente, a queima de combustíveis de automóveis representa a principal forma de poluição atmosférica (Andrade *et al.* 2002), sendo responsável por 10% das emissões atmosféricas globais de CO₂ (Guariero *et al.* 2011).

Segundo a ONUBR (2015), a poluição atmosférica está associada a mais de 7 milhões de mortes que ocorrem anualmente, assim como às mudanças climáticas. Pessoas diretamente expostas a esse riscos podem desenvolver infecções respiratórias, câncer, doenças crônicas respiratórias e cardiovasculares. Existem outros tipos de prejuízos, como perturbações na flora e na fauna, decorrentes do acréscimo de poluentes no solo e na água.

O desenvolvimento econômico está associado ao aumento da urbanização, resultando na elevação do número de transporte de pessoas e bens nas áreas urbanas, agravando a qualidade do ar, devido ao aumento da emissão de poluentes para a atmosfera, e causando prejuízos à saúde e ao ambiente, além de impactar no bem-estar da população (Guariero *et al.* 2011). Desta maneira, é de extrema importância a implementação de medidas de controle da poluição, principalmente em centros urbano-industriais, com o emprego de bioindicadores, que são organismos sensíveis às alterações ambientais e de baixo custo operacional, fácil manejo e permitindo monitorar áreas extensas e de difícil acesso.

A ação de monitorar um poluente presente no meio ambiente através de organismos vivos recebe o nome de biomonitoramento. Segundo esta metodologia, o estímulo ambiental

pode provocar alterações no organismo vivo, tais como alterações comportamentais e funcionais, o que permite a avaliação da qualidade do local onde este organismo se encontra.

A utilização de um organismo vivo tem o objetivo de obter informações sobre a qualidade do ambiente onde este está inserido. Utiliza-se de organismos naturalmente presentes em uma determinada área, pois podem possuir a capacidade de sobrevivência em ambientes poluídos ou não, ou obter a capacidade de bioacumulação.

Os musgos apresentam um grande potencial bioindicador, e ocorrem em praticamente todos os ecossistemas, estando diretamente relacionadas com a qualidade do ar e alterações decorrentes da urbanização, sendo um dos métodos mais utilizados nas últimas décadas (Filgueiras 1993 *apud* Gentil & Menezes 2011). Em determinados ambientes, os musgos podem assimilar ou estocar muito mais carbono que todo o caule das árvores, liberando desta maneira, muito mais oxigênio para a atmosfera, além disso, podem controlar a erosão do solo, a umidade do ar e as inundações, além de serem bons indicadores ambientais, como por exemplo: da qualidade do solo em florestas, das condições de pH, da presença de cálcio, da altitude, de depósitos minerais, como minérios do cobre, zinco, ferro e chumbo, de fontes de enxofre, de poluição da água e de poluição do ar (Lisboa & Ilkiu-Borges 2001 *apud* Gentil & Menezes 2011).

O município de Três Rios, nos últimos anos têm sido marcado por um grande crescimento urbano – acompanhado de um crescimento industrial, que para ser mantido necessita de uma grande atividade antrópica. Com 79.264 habitantes estimadamente (IBGE 2015), mais de 1.300 empreendimentos, e uma população flutuante de cerca de 400 mil pessoas, as atividades antrópicas e a poluição gerada pelas mesmas, apresentam impactos visíveis na flora que fornecem rápidos sinais de problemas ambientais. Em contrapartida, a uma distância de 65,4 km, da chamada cidade empreendedora (Três Rios), está o município de Miguel Pereira – uma cidade localizada na região Centro Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro, e conhecida como Vale do Café, rica em pontos turísticos, e muito conhecida por ostentar o título de estância climática, e possuir o 3º melhor clima do mundo. A cidade de Miguel Pereira apresenta características tais como temperatura média anual constante e o ciclo de chuva bem distribuído ao longo de todo o ano, além de possuir uma população estimada de 24.842 habitantes (IBGE 2015), além de uma população flutuante em finais de semana e em feriados prolongados.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo comparar por meio de observação dos musgos, a qualidade do ar atmosférico entre as cidades de Três Rios e Miguel Pereira, localizadas na região Centro Sul Fluminense, do estado do Rio de Janeiro, por ser uma metodologia simples e de baixo custo de monitoramento preliminar da qualidade do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na mesorregião Centro Sul Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro nos municípios de Três Rios e Miguel Pereira. Três Rios está localizado entre as coordenadas geográficas 22°6'58"S; 43°12'23"O (IBGE 2014), apresentando clima mesotérmico, com verão quente e chuvoso, e temperatura variando de 14,2° até 37,4° (Gomes *et al.* 2013), e vegetação composta por Floresta Estacional Semidecidual com solos do tipo argiloso (IBGE 2012). Miguel Pereira possui uma área territorial de 289,183 km² (IBGE 2015), clima subtropical, com verão quente e relativamente úmido e inverno pouco rigoroso, porém seco, sua temperatura varia entre 19° e 28°, respectivamente no inverno e no verão.

As cidades de Três Rios e Miguel Pereira foram o alvo de nossa pesquisa. Trata-se de cidades com populações demográficas e movimentos industriais distintos. A cidade de Três Rios é conhecida como cidade empreendedora, pelo crescimento industrial que teve ao longo dos anos, e as oportunidades aos micros empreendedores e o relevo do município é típico

de vale. Já a cidade de Miguel Pereira, é uma cidade turística com clima ameno, situada na serra do Vale do Café.

Foram escolhidas oito ruas, sendo quatro ruas em cada cidade, e dentro de cada cidade, duas ruas apresentam grande movimento de veículos e duas ruas pouco movimento de veículos. Em Três Rios, as ruas com maior movimento foram Avenida Prof. Alberto da Silva Lavinias (Figura 1), que fica em frente ao rio Paraíba do Sul, e esta localização pode ter influenciado nos resultados e a Rua da Praça da Autonomia, ambas localizadas no Bairro Centro, e as ruas com pouco movimento foram Av. Ten. Enéas Torno, Bairro Nova Niterói e Rua Arthur Ferreira de Pinho, Bairro Purys.

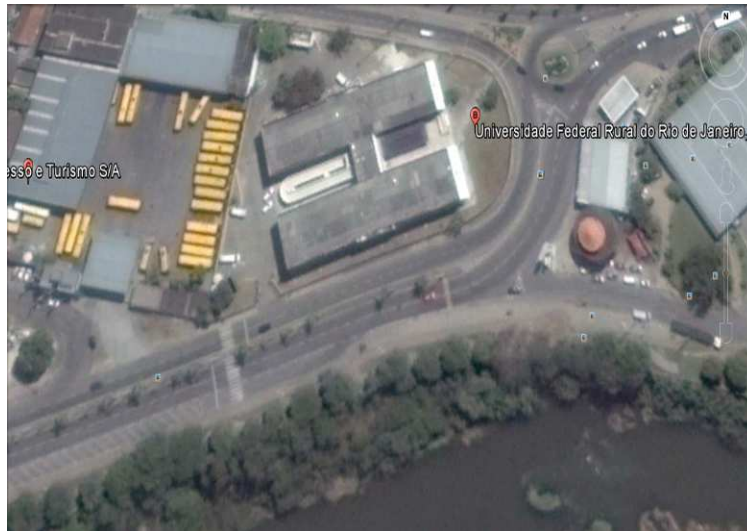


Figura 1: Avenida Prof. Alberto da Silva Lavinias, na cidade de Três Rios, RJ. Fonte: *Google Earth*.

Em Miguel Pereira, as ruas com maior movimento foram rua Áurea Pinheiro, no bairro Centro e a rua Machado Bitencourt, no bairro Plante Café, e com menor movimento, a rua Zeca Leal, bairro São Judas Tadeu e a rua Bruno Lucci (Figura 2), bairro Vila Suíça. Nesta escolha foram considerados, a existência de musgos, a proximidade de fontes poluidoras e o fluxo de tráfego de carros.

Em cada rua analisada, no período de março a abril de 2016, contou-se o montante de carros durante o período de um minuto, estimando desta maneira o fluxo de veículos nos pontos escolhidos. Em cada rua foram escolhidas seis árvores aleatórias para a observação e captura de imagens dos musgos. Com o auxílio de uma bússola, foi selecionado o sentido Norte para a observação e captura de imagens. Em cada árvore foi posicionado um quadrante de 20x20 cm, subdividido em quadrados menores de 2x2 cm, na altura de 1,20 m acima do solo. A porcentagem de ocupação dos musgos em cada quadrante foi contabilizada de acordo com número de quadrados preenchidos dentro do quadrante principal.

Em cada análise foi medido a umidade relativa do ar e a temperatura do local com o *Humidity Calculation*, pois estes parâmetros contribuem para proliferação dos musgos, cor, e estado biológico do musgo. Neste trabalho, as espécies de musgos não foram identificadas. Além disso, foram anotados a porcentagem de cobertura, a coloração do musgo, o posicionamento do crescimento do musgo no tronco (vertical ou horizontal), e se o tronco da árvore era liso ou rugoso. Todo o processo de coleta de dados foi registrado por câmeras de celular.

Os dados obtidos foram estatisticamente avaliados pelo Excel através de análise de média aritmética e cálculos de porcentagem.



Figura 2: Rua Bruno Lucci, na cidade de Miguel Pereira, RJ. Fonte: *Google Earth*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos de porcentagens de cobertura, classe de cobertura, cor do musgo, umidade relativa, temperatura, forma de crescimento e tipo de tronco foram organizados na tabela 1.

Observa-se que tanto nas ruas afastadas quanto nas ruas movimentadas, no município de Três Rios houve menor ocorrência de musgos do que no município de Miguel Pereira (Tabelas 1 e 2; Figura 3).

Tabela 1: Caracteres observados durante a análise das áreas em estudo na cidade de Três Rios e Miguel Pereira, RJ. Legenda – Cor do Musgo: Ausente – 0, Verde Claro – 1, Verde Escuro – 2, Verde Claro + Verde Escuro – 3, Marrom – 4, Verde Escuro + Marrom – 5.

Área	Árvore	Cobertura de Musgo	Cor do Musgo	Umidade Relativa	Temperatura (°C)	Crescimento	Tronco
Miguel Pereira	A1	66%	5	56,9%	29,5°	Vertical	Rugoso
Rua Áurea Pinheiro	A2	78%	5	52,2%	31,1°	Vertical	Rugoso
20 automóveis/min	A3	36%	2	55,5%	30,3°	Horizontal	Rugoso
	A4	44%	2	50,3%	30,9°	Horizontal	Rugoso
	A5	60%	2	51,3%	29,5°	Vertical	Liso
	A6	84%	2	58,5%	31°	Horizontal	Rugoso
Miguel Pereira	A7	45%	2	24%	30,5°	Vertical	Liso
Rua Machado Bitencourt	A8	31%	3	27,2%	29,8°	Horizontal	Rugoso
21 automóveis/min	A9	94%	2	27,7%	30,4°	Vertical	Rugoso

	A10	87%	5	33,8%	32,2°	Vertical	Rugoso
	A11	58%	3	34,2%	32,1°	Vertical	Rugoso
	A12	69%	2	25,7%	31,7°	Horizontal	Rugoso
Miguel Pereira	A13	89%	2	49%	27,9°	Vertical	Rugoso
Rua Zeca Leal	A14	30%	2	37,9%	27,6°	Horizontal	Liso
1 automóvel/min	A15	67%	3	41,6%	29,1°	Vertical	Rugoso
	A16	80%	2	38,0%	29,4°	Vertical	Liso
	A17	91%	2	31,6%	29,6°	Vertical	Rugoso
	A18	99%	2	48,8%	29°	Horizontal	Liso
Miguel Pereira	A19	73%	2	22,70%	28,9°	Horizontal	Rugoso
Rua Bruno Lucci	A20	90%	2	24,7%	30,0°	Vertical	Liso
3 automóveis/min	A21	78%	2	20,5%	30,1°	Horizontal	Liso
	A22	87%	2	28,4%	29,7°	Horizontal	Rugoso
	A23	23%	2	43,9%	27,4°	Vertical	Liso
	A24	25%	2	40,6%	27,7°	Vertical	Liso
Três Rios	A25	32%	1	48%	33,2°	Vertical	Rugoso
Praça da Autonomia	A26	0%	0	48,6%	33,1°	Ausente	Rugoso
27 automóveis/min	A27	0%	0	48,5%	33,3°	Ausente	Rugoso
	A28	0%	0	49%	33°	Ausente	Rugoso
	A29	0%	0	48,9%	33,2°	Ausente	Rugoso
	A30	0%	0	48,3%	33,3°	Ausente	Rugoso
Três Rios	A31	63%	1	56,9%	29,5°	Vertical	Rugoso
Av. Prof. Alberto S. Lavinas	A32	20%	3	52,2%	31,1°	Horizontal	Rugoso
18 automóveis/min	A33	100%	3	55,5%	30,3°	Horizontal	Rugoso
	A34	97%	2	50,3%	30,9°	Vertical	Rugoso
	A35	0%	0	51,3%	29,5°	Ausente	Rugoso

	A36	0%	0	58,5%	31°	Ausente	Rugoso
Três Rios	A37	0%	0	51,2%	32,1°	Ausente	Liso
Av. Tenente Enéas Torno	A38	1%	4	51,1%	32°	Ausente	Rugoso
6 automóveis/min	A39	0%	0	51%	32,3°	Ausente	Liso
	A40	9%	1	51,3%	32°	Ausente	Rugoso
	A41	6%	1	51,4%	32,2°	Ausente	Rugoso
	A42	0%	0	51,3%	32°	Ausente	Rugoso
Três Rios	A43	0%	0	47,9%	30,5°	Ausente	Rugoso
Rua Padre J. Maier	A44	0%	0	48,2%	29,8°	Ausente	Rugoso
3 automóveis/min	A45	0%	0	48,5%	30,3°	Ausente	Rugoso
	A46	0%	0	47,9%	30,1°	Ausente	Rugoso
	A47	0%	0	48,1%	29,9°	Ausente	Rugoso
	A48	0%	0	48,3%	30,2°	Ausente	Liso

No município de Miguel Pereira, cidade conhecida por ostentar o título de estância climática e por ter o terceiro melhor clima do mundo (IBGE 2015), pode-se observar que nas ruas mais afastadas teve maior porcentagem de cobertura de musgos quando comparado às ruas mais movimentadas (ver Tabela 1 e 2, Figura 3). Já no município de Três Rios, conhecida por ser uma cidade empreendedora, com grande crescimento urbano-industrial e pouca cobertura vegetal, devido ao alto índice de desmatamento (IBGE 2015), houve maior incidência de musgos nas ruas com maior poluição atmosférica e fluxo de carros do que nas ruas mais afastadas, com menor poluição atmosférica (Tabela 1 e 2, Figura 3). Estes dados podem ser explicados por diversos fatores, tais como a ocorrência de luz ou não no tronco das árvores impedindo ou não o crescimento da população de musgos.

A temperatura do ar em ambos os municípios foi praticamente a mesma (Figura 5), pelo menos no horário em que foi aferido, já que a análise foi feita na mesma estação do ano e os dois municípios se encontram no estado do Rio de Janeiro.

Devido à umidade e a temperatura mais amena acredita-se que estes fatores possam ter influenciado no maior percentual de cobertura de musgos encontrado nos troncos das árvores de Miguel Pereira. Porém em Três Rios, em algumas árvores dos locais em que foram realizadas as análises e tinham um alto fluxo de automóveis obtiveram as maiores porcentagens de cobertura de musgos, o que pode nos indicar que esta árvore esteja em uma área um pouco mais favorável ao crescimento do mesmo. É importante a identificação dos musgos, pois podem haver espécies oportunistas, que podem estar crescendo em detrimento das outras, como observado em alguns trabalhos realizados como de Gentil & Menezes (2011), assim como os com líquens como de Martins *et al.* 2008 e Costa & Mineo (2013).

Tabela 2: Valores de cobertura dos musgos, umidade relativa e temperatura das áreas analisadas na cidade de Miguel Pereira e Três Rios, RJ.

Cidade	Área	Porcentagem de Cobertura	Umidade Relativa do Ar	Temperatura
Miguel Pereira	Rua Áurea Pinheiro	61,33	54,11	30,38
	Rua Machado Bitencourt	64	28,76	31,11
	Rua Zeca Leal	76	41,15	36,61
	Rua Bruno Lucci	62,66	30,13	28,96
Três Rios	Praça da Autonomia	5,33	48,55	33,18
	Ave. Prof. Alberto S. Lavinas	46,66	54,11	30,38
	Av. Tenente Enéas Torno	2,66	51,21	32,1
	Rua Padre J. Maier	0	48,15	30,13

Porcentagem de Cobertura

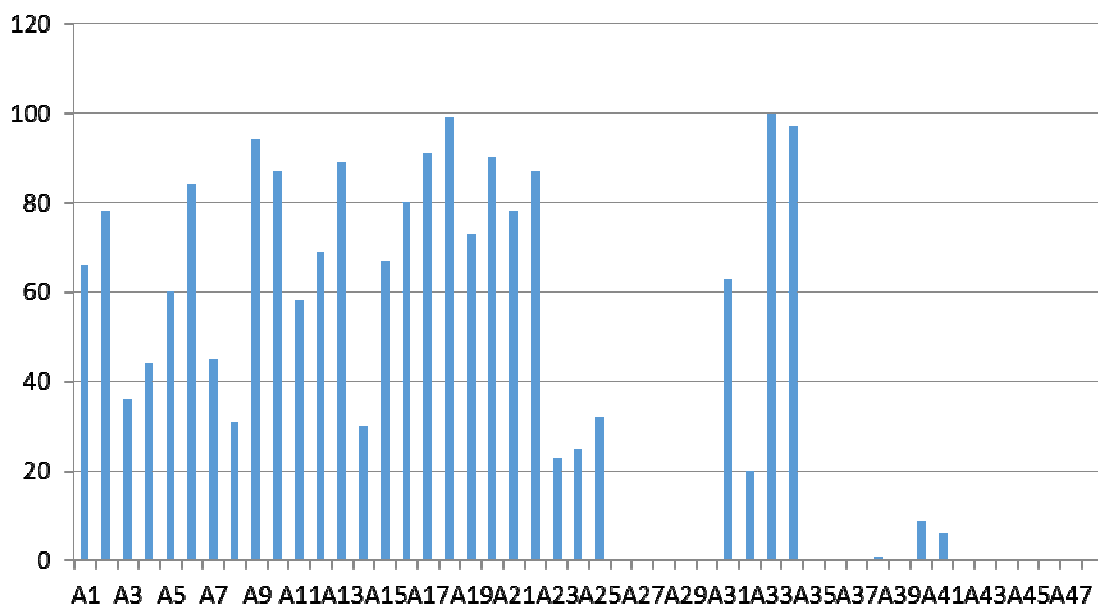


Figura 3: Proporção de musgos nos troncos das árvores, referente aos municípios de Miguel Pereira (A1-A24) e Três Rios (A25-A48), respectivamente.

Segundo Gutberlet (1989) e Martins & Boaventura (2016), algumas briófitas funcionam como biofiltros ou bioacumuladores, ou seja, são resistentes a poluição, acumulando elementos ou metais pesados via absorção. O musgo *Sphagnum recurvum* P. Beuv. é utilizado como biofiltro no monitoramento de poluição por metais pesados, como mostrado no trabalho de Gutberlet (1989).

Vale observar que os resultados aqui obtidos, podem ser uma indicação indireta do efeito da poluição no crescimento dos musgos, porém, como a identificação dos musgos não foi realizada, podemos ter nas áreas mais poluídas musgos que sejam mais resistentes a poluição e funcionam como bioacumuladores.

Comparando os resultados do artigo de Gentil & Menezes (2011) com os resultados obtidos no presente trabalho, podemos afirmar a importância em coletar os musgos para saber quais são as espécies bioindicadoras de perturbação ambiental. O presente trabalho apenas considerou porcentagem de cobertura de musgos nas árvores, assim como a quantidade de automóveis nas ruas analisadas, além da temperatura e umidade relativa do ar.

Umidade Relativa do Ar

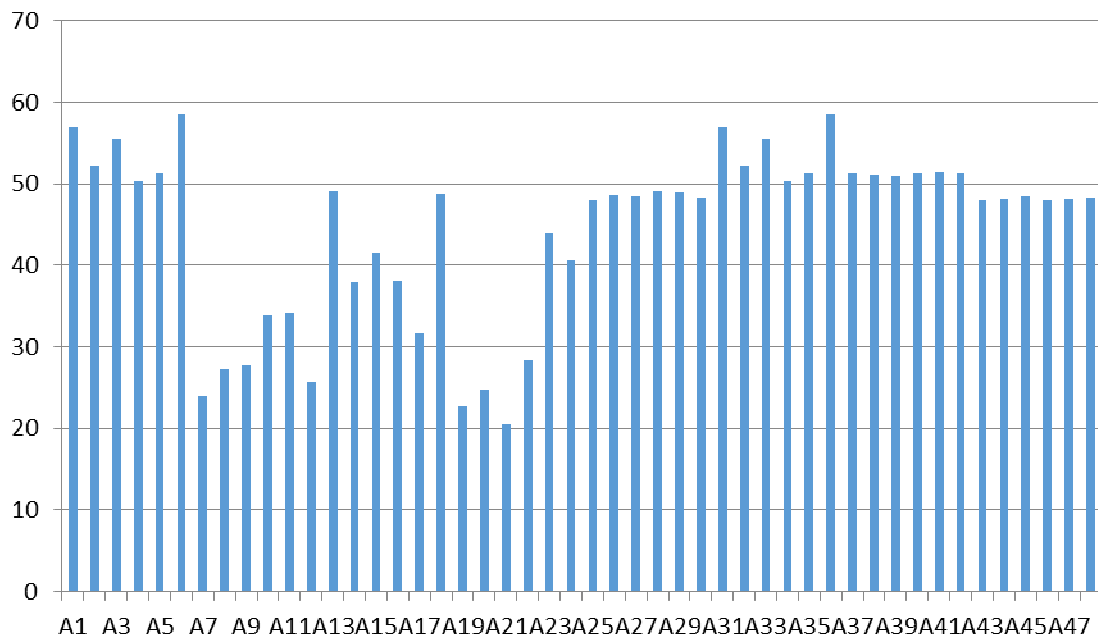


Figura 4: Umidade Relativa do Ar referente aos municípios de Miguel Pereira (A1-A24) e Três Rios (A25-A48), respectivamente.

Temperatura do Local

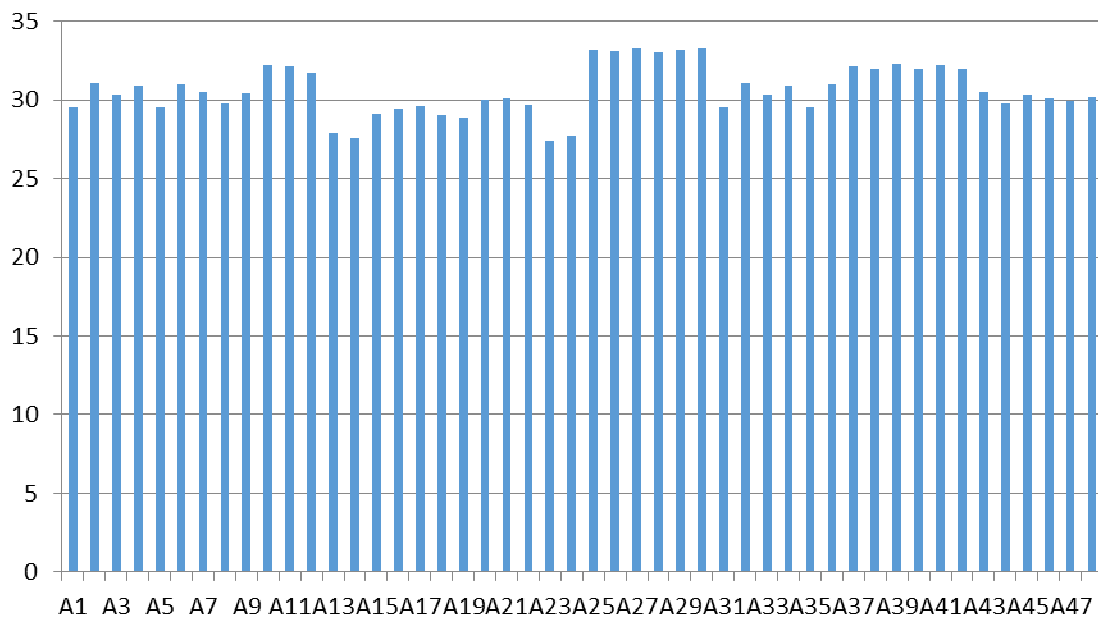


Figura 5: Temperatura referente aos municípios de Miguel Pereira (A1-A24) e Três Rios (A25-A48), respectivamente.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados encontrados, a porcentagem de cobertura de musgos foi maior em Miguel Pereira. Em Três Rios, somente uma rua apresentou alta a porcentagem de cobertura dos musgos, que foi a Av. Prof. Alberto da Silva Lavinias, que apesar de ser uma rua muito movimentada, fatores casuais podem ter contribuído para a proliferação dos mesmos,

porém como as espécies não foram identificadas, podem ser também espécies bioacumuladoras. Com relação a medição da umidade relativa do ar e temperatura, não houve diferenciação entre os dois municípios.

O biomonitoramento de uma área utilizando vegetais como indicadores é um promissor método capaz de identificar o índice de poluição presente em um determinado ambiente, tendo como vantagem o baixo custo e a fácil implementação. Este método tem sido bastante utilizado como alternativa de medir a qualidade do ar, pois alguns destes vegetais, em contato com a poluição atmosférica, não resistem e morrem, já outros, em ambientes poluídos crescem e ocupam o lugar de outros mais sensíveis. Por este motivo, neste tipo de estudo, é importante a identificação das espécies.

REFERÊNCIAS

- Andrade, M.V.A.S. de; Pinheiro, H.L.C.; Pereira, P.A. de P.; Andrade, J.B. de. 2002. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. *Química Nova* 25 (6B): 1117-1131.
- Costa, W.R., Mineo, M.F. 2013. Os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica no município de Uberaba, Minas Gerais, Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 2690- 2700.
- Gentil, K.C.S. & Menezes, C.R. 2011. Levantamento de briófitas bioindicadoras de perturbação ambiental do campus Marco Zero do Equador da UNIFAP. *Biota Amazônica* 1(1): 63-73.
- Gomes, O.V.O.; Marques, E.D.; Souza, M.D.C. & Silva-Filho, E.V. 2013. Influência antrópica nas águas superficiais da cidade de Três Rios, (RJ). *Geochimica Brasiliensis* 27: 77-86.
- Guariero, L.N.; Vasconcellos, P.C.; Solci, M.C. 2011. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. *Revista Virtual de Química* 3 (5): 434-445.
- Gutberlet, J. 1989. Uso de *Shagnum recurva* P. Beauv. como biofiltro no monitoramento de poluição área industrial de metais pesados. *Acta Botânica Brasílica* 2(1): 103-114.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2014. Censo Demográfico: Rio de Janeiro. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2014/estimativa_dou_2014.pdf>. Acesso em 11 setembro 2015.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Dados gerais do município. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=330600>>. Acesso em 17 de abril de 2016.
- Martins, S.M. de A.; Kaffer, M.I. & Lemos, A. 2008. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrônica, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea* 35(3): 425-433.
- Martins, R.J.E. & Boaventura, R.A.R. 2016. Briófitas aquáticas como bioindicadoras de poluição de águas superficiais por metais pesados. XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Ambiental. Disponível em <[https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/4379/1/Silubesa%202004%20Bri%C3%B3fitas_bioindicadores%20%20\(Ramiro%20Martins\).pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/4379/1/Silubesa%202004%20Bri%C3%B3fitas_bioindicadores%20%20(Ramiro%20Martins).pdf)>. Acesso em 07 de março de 2016.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). Cidades Sustentáveis: Qualidade do Ar. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em 20 de abril de 2016.
- ONUBR (Nações Unidas do Brasil). 2015. OMS: Poluição do ar provoca morte de mais de 7 milhões de pessoas por ano. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/oms-poluicao-do-ar-provoca-morte-de-mais-de-7-milhoes-de-pessoas-por-ano/>>. Acesso em 20 de abril de 2016.