

Coletânea Interfaces entre Ambiente, Saúde e Sustentabilidade:  
construindo diálogos e atuações interdisciplinares

# AMBIENTE URBANO E SUSTENTABILIDADE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Wanda R. Günther  
Gabriela Marques Di Giulio  
Organizadoras



# AMBIENTE URBANO E SUSTENTABILIDADE: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

DOI: 10.11606/9788588848283

**Wanda Risso Günther**  
**Gabriela Marques Di Giulio**  
Organizadoras

**Faculdade de Saúde Pública**  
**Universidade de São Paulo**

**São Paulo**

**2018**



**Apoio técnico**

Equipe da Biblioteca da Faculdade  
de Saúde Pública da USP  
Av. Dr. Arnaldo, 715 - 01246-904  
Cerqueira César - São Paulo - SP  
<http://www.biblioteca.fsp.usp.br>  
[markt@fsp.usp.br](mailto:markt@fsp.usp.br)

**Organizadoras**

Wanda Risso Günther e  
Gabriela Marques Di Giulio

**Produção Editorial**

Edu Ambiental

**Produção e Realização**

Programa de Pós-Graduação em

**Foto da Capa**

Marcos Akira Watanabe

Ambiente, Saúde e Sustentabilidade  
- Faculdade de Saúde Pública - USP

**Catálogo na Publicação**

**Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública**

Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e  
oportunidades/ Wanda Risso Günther e Gabriela  
Marques Di Giulio (Organizadoras). [recurso eletrônico].  
São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2018.  
303 p.: il. color. - (Coletânea Interfaces entre Ambiente,  
Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações  
interdisciplinares; n. 1)

Inclui bibliografia

ISBN: 978-85-88848-28-3 (eletrônico)

DOI: 10.11606/9788588848283

1. Meio Ambiente Urbano. 2. Sustentabilidade. 3. Espaço  
Urbano. 4. Saneamento Urbano. 5. Saúde Ambiental. 6. Saúde  
Pública I. Günther, Wanda Risso II. Di Giulio, Gabriela  
Marques III. Título IV. Série

CDD 301.3

Elaborado por Hálida Fernandes CRB 8/7056

*“É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria,  
proibindo qualquer uso para fins comerciais.”*

# Conselho Editorial

Adriana Marques Rossetto (UFSC), Antônio C Witkoski (UFAM), Cíntia Mara Ribas de Oliveira, (UP), Cleverson Andreoli (Andreoli Engenheiros Associados), Jairo L. Schimitt (FEEVALE), Liliana P Naval (UFT), Maria Aurora Santos da Mota (UFPA), Maria do Carmo M Sobral (UFPE), Mario Augusto Goncalves Jardim (MPEG), Soraya Nór (UFSC), Valdir Schalch (USP), Wagner Costa Ribeiro (USP), Werônica Meira de Souza (UFRPE)



# Sumário

Prefácio .....	VII
Apresentação .....	IX
Parte I - Áreas urbanas e seus desafios	
<b>Capítulo 1</b>	
A contribuição das áreas verdes e parques para a saúde ambiental das cidades .....	2
Fernando Tolffo e Leandro Luiz Giatti	
<b>Capítulo 2</b>	
Estudo da presença de amônia na atmosfera da cidade de São Paulo e sua relação com a poluição por veículos automotores .....	27
Silmara Regina da Silva e João Vicente de Assunção	
<b>Capítulo 3</b>	
Sistema dutoviário de transporte de grãos como equalizador dos desafios da gestão da qualidade do ar em Cubatão .....	56
Mônica Silveira e Costa Cheng e Sonia M. Viggiani Coutinho	
Parte II - Saneamento ambiental e sistemas urbanos	
<b>Capítulo 4</b>	
Análise da cobertura de saneamento e indicadores de sustentabilidade no Vale do Ribeira .....	81
Arisnandes Antonio da Silva e Leandro Luiz Giatti	

**Capítulo 5**

- Sistemas naturais de tratamento de esgoto: utilização da tecnologia de *wetlands* construídas para remoção de nutrientes ..... 109  
 Cristiane Dias Poças e Wanderley da Silva Paganini

**Capítulo 6**

- Exploração da água subterrânea próximo a áreas contaminadas: reflexos no ambiente e na saúde pública ..... 131  
 Gabriela M. Arantes Rodrigues e Wanderley da Silva Paganini

**Capítulo 7**

- Compostagem de lodo de esgoto e produção de biossólido: redução de patógenos e elementos potencialmente tóxicos..... 149  
 Thiago Leite e Wanderley da Silva Paganini

**Capítulo 8**

- Utilização de índices como ferramenta para avaliação de aspectos ecológicos e monitoramento de *Culex quinquefasciatus* em piscinões ..... 174  
 Rodolfo Andreani Sobrinho e Delsio Natal

**Parte III - Interações entre ambiente, sociedade e saúde****Capítulo 9**

- Tragédia na Boate Kiss: A dimensão química do ocorrido tem origens em dinâmicas sociais ..... 202  
 Marcelo Louffi e Ildeberto Muniz de Almeida

**Capítulo 10**

- Saúde do trabalhador na atenção primária: a percepção dos profissionais de saúde ..... 225  
 Lais Soares Vello e Maria Dionísia do Amaral Dias

## VI - Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e oportunidades

### Capítulo 11

Texturas da cracolândia: relações entre saúde, ambiente, risco e subjetividade .....	247
Thiago Godoi Calil e Rubens de Camargo Ferreira Adorno	

### Capítulo 12

O mapa-falante e o grupo focal como instrumentos metodológicos de pesquisa sobre práticas alimentares, ambiente e saúde .....	272
Tatiana Tenorio Matuk e Renata Ferraz de Toledo	

Sobre as organizadoras.....	296
-----------------------------	-----

Sobre os autores.....	298
-----------------------	-----

# Prefácio

O Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, inserido no Plano de Metas da Faculdade de Saúde Pública em 2010, foi cuidadosamente planejado e implementado, tendo sido bem recebido tanto institucionalmente como por profissionais das mais diversas áreas de conhecimento. Seu primeiro edital, de 2013, focado nas interrelações entre ambiente e saúde e os princípios da sustentabilidade, atraiu 214 candidatos.

Primeiro Mestrado Profissional da USP na área de conhecimento Ciências Ambientais da CAPES, leva em consideração a necessidade de se tratar os aspectos socioambientais e de saúde de modo interdisciplinar, intersetorial e com base nos princípios da sustentabilidade, e coloca o programa em sintonia com a proposta USP de ser uma Universidade de classe mundial, fortalecendo suas relações com a sociedade e contribuindo para questionar os atuais modelos e processos de desenvolvimento.

Considerando estas características, as Professoras *Wanda Risso Günther* e *Gabriela Marques Di Giulio*, coordenadoras do Programa, em boa hora decidiram colocar esforços para disponibilizar, em forma de livro, parcela dos resultados obtidos a partir dos estudos e pesquisas realizados, de modo a demonstrar a contribuição dos profissionais pós graduados e seus orientadores à geração de conhecimento sobre questões contemporâneas, visando soluções tecnológicas e de inovação aplicáveis à realidade, e desta forma, contribuindo com formação profissional para atuação em diferentes setores e instituições no país e no exterior.

Este primeiro livro, fruto desta iniciativa, tem seus 12 capítulos adequadamente distribuídos em três partes, abordando, em sua parte I, *Áreas urbanas e seus desafios*; na parte II, *Saneamento ambiental e sistemas urbanos*; e na parte III, *Interação entre ambiente, sociedade e saúde*.

## VIII - Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e oportunidades

Seguramente, a abrangência e riqueza dos temas tratados têm respaldo na excelência de seu corpo docente, caracterizado pela adequada diversidade de formação, atuação e experiência profissional e acadêmica, enquanto diferencial relevante que tem atraído profissionais de diferentes campos do conhecimento.

Ao cumprir com a proposta do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, as organizadoras demonstram, com esta publicação, o potencial de entrega à sociedade dos produtos de um trabalho intenso, sério e convergente realizado pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Arlindo Philippi Junior  
Professor Titular da Faculdade de Saúde Pública da USP

# Apresentação

Por Wanda Günther e Gabriela Di Giulio

O Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, idealizado por docentes do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da USP, foi criado em 2012 e implantado em 2013, com o objetivo de formar profissionais em processos de gestão e intervenção em uma perspectiva interdisciplinar focada na interface ambiente, saúde e sustentabilidade. A proposta do Programa leva o estudante, ao longo de sua jornada, a desenvolver conhecimento técnico-científico que possa subsidiar intervenções e melhorias em suas instituições de origem, sejam estas públicas, privadas ou do terceiro setor, de modo a subsidiar políticas públicas e tomadas de decisão mais alinhadas à sustentabilidade.

O Programa compreende o conceito de sustentabilidade através de uma perspectiva mais ampla, integrada e interdisciplinar. Assim, as pesquisas realizadas buscam internalizar em seus recortes analíticos e metodológicos as dimensões social, econômica e ambiental. Na dimensão social, os estudos alinham-se à discussão sobre o princípio da equidade, distribuição de bens e de renda e igualdade de direitos. Quanto à dimensão ambiental, as pesquisas dialogam com perspectivas sobre serviços ecossistêmicos, usos de recursos naturais e impactos decorrentes das ações antrópicas e modos de vida contemporâneos. Na dimensão econômica, atentam-se aos modelos de produção e consumo e como estes impactam a organização da vida material. Dentro do conceito de sustentabilidade, os estudos realizados buscam também incorporar a dimensão espacial, considerando as relações inter-regionais estabelecidas, entre o rural e o urbano, entre o global e o local, especialmente buscando entender os resultados do processo de globalização nos estilos de vida atuais, sobre os sistemas sociais, culturais, de saúde, políticos, econômicos e ambientais. Consideram ainda a dimensão política, institucional e cultural, com respeito à afirmação do local, do regional e do nacional no contexto de padronização imposta pela globalização.

## X - Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e oportunidades

Compreendendo que o desenvolvimento sustentável está relacionado a um novo conceito de desenvolvimento, baseado em soluções socioeconômicas inovadoras guiadas por políticas ambientais, o Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, por meio das pesquisas realizadas, tem buscado dinamizar a participação da universidade como suporte à governança de questões ambientais e de saúde, privilegiando uma forte articulação entre academia, gestores, corporações e sociedade. Nossa proposta é ampliar a usabilidade do conhecimento técnico e científico e sua aplicação nos serviços públicos, no setor produtivo e no terceiro setor.

Dentro deste escopo, a coletânea "Interfaces entre Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares", idealizada desde o início das atividades do Programa, busca reunir os trabalhos desenvolvidos pelos egressos e orientadores que integram o Programa de Pós-graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade. A coletânea traz contribuições que evidenciam as temáticas trabalhadas nas dissertações concluídas, com enfoques selecionados a partir das discussões de resultados propostas pelos autores. Neste primeiro livro intitulado "**Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e oportunidades**", os capítulos apresentados evidenciam as linhas de pesquisa estruturantes do Programa, que buscam fomentar estudos que interfiram positivamente em diferentes intensidades e dimensões, em escalas temporais e espaciais, no ambiente e na saúde humana, considerando o atendimento de necessidades humanas atuais e a conservação de recursos e a minimização de impactos e danos para o atendimento de demandas futuras.

O livro reúne 12 capítulos, divididos em três partes. A primeira traz contribuições ao debate sobre áreas urbanas e seus desafios na contemporaneidade. No primeiro capítulo, intitulado "A contribuição das áreas verdes e parques para a saúde ambiental das cidades", os autores Fernando Tolffo e Leandro Luzi Giatti destacam a relevância da vegetação dos parques e áreas verdes para a qualidade ambiental urbana e como os serviços ecossistêmicos contribuem para a promoção da saúde.

Em "Estudo da presença de amônia na atmosfera da cidade de São Paulo e sua relação com a poluição por veículos automotores", Silmara Silva e João Vicente de Assunção discutem o incremento das concentrações de amônia na atmosfera e apresentam resultados de estudo

que avaliou a relação entre estas substâncias e as concentrações dos poluentes regulamentados, associados à emissão veicular no município de São Paulo.

Já no capítulo “Sistema dutoviário de transporte de grãos como equalizador dos desafios da gestão da qualidade do ar em Cubatão”, Mônica Cheng e Sonia Coutinho discutem o conjunto de ações relacionadas à gestão ambiental da qualidade do ar, adotadas entre 1980 e 2013, no município de Cubatão, Baixada Santista, e seu entorno, particularmente referente ao parâmetro material particulado (MP<sub>10</sub>). Os resultados do estudo realizado, como discutido no texto, envolvem a proposição de protótipo como uma das possíveis ações de gestão para a região, considerando a associação do tráfego de caminhões e a qualidade do ar.

Na segunda parte do livro, focada em saneamento ambiental e sistemas urbanos, os autores Arisnandes da Silva e Leandro Giatti discutem em “Análise da cobertura de saneamento e indicadores de sustentabilidade no Vale do Ribeira” resultados da pesquisa que buscou identificar indicadores que possibilitem uma abordagem mais ampla do saneamento, sob o ponto de vista de seus efeitos e da retroalimentação consequente, na perspectiva da sustentabilidade do setor. Para tanto, o estudo enfocou municípios da região do Vale do Ribeira, considerando suas características ambientais e relevância social, já que é uma das regiões mais pobres e com altos índices de população em vulnerabilidade social.

No capítulo “Sistemas naturais de tratamento de esgoto: utilização da tecnologia de *wetlands* construídas para remoção de nutrientes”, Cristiane Poças e Wanderley Paganini discutem novas tecnologias capazes de remover nutrientes presentes no esgoto. Nessa perspectiva, o capítulo apresenta resultados de estudo que abordou a eficiência de remoção de nutrientes por *wetlands* construídas.

Já em “Exploração da água subterrânea próximo a áreas contaminadas: reflexos no ambiente e na saúde pública”, os autores Gabriela Rodrigues e Wanderley Paganini, a partir de um conjunto de informações disponibilizadas em relação às áreas contaminadas por postos de combustível no município de São Paulo e em face dos potenciais impactos à saúde decorrentes dessas contaminações, discutem resultados de



## XII - Ambiente urbano e sustentabilidade: desafios e oportunidades

um estudo sobre áreas suscetíveis à contaminação de poços de captação de água subterrânea.

No capítulo "Compostagem de lodo de esgoto e produção de bi-ossólido: redução de patógenos e elementos potencialmente tóxicos", produzido por Thiago Leite e Wanderley Paganini, os autores apresentam os resultados do monitoramento da qualidade do lodo tratado na ETE Jundiaí, Estado de São Paulo, por meio do processo de compostagem em leiras revolvidas e as possibilidades do seu uso na agricultura, face aos requisitos da legislação brasileira que orienta a questão.

Finalmente, no capítulo "Utilização de índices como ferramenta para avaliação de aspectos ecológicos e monitoramento de *Culex quinquefasciatus* em piscinões", os autores Rodolfo Andreani Sobrinho e Del-sio Natal, a partir de uma discussão sobre a importância de estruturar sistemas de indicadores, apresentam resultados de estudo que buscou desenvolver uma forma prática e eficaz de monitorar a população de *Culex quinquefasciatus* (mosquito doméstico tropical) como estratégia de intervenção para controle na região urbana de Santo André, São Paulo.

Na terceira parte do livro - Interações entre ambiente, sociedade e saúde -, o capítulo "Tragédia na Boate Kiss: a dimensão química do ocorrido tem origens em dinâmicas sociais", produzido por Marcelo Loutfi e Ildeberto de Almeida, traz resultados de um estudo sobre o desastre de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Com base na técnica de mapas verticais como ferramenta de reanálise do desastre, os autores estabelecem uma discussão crítica sobre o episódio e suas reverberações.

No capítulo "Saúde do trabalhador na atenção primária: a percepção dos profissionais de saúde", Laís Vello e Maria Dionísia Dias discutem resultados de estudo sobre percepção dos profissionais da Atenção Primária à Saúde sobre Saúde do Trabalhador, realizado no município de Franco da Rocha, região metropolitana de São Paulo. As autoras argumentam que, entre as necessidades destacadas pelos profissionais, estão melhorias das condições para o desenvolvimento das ações relacionadas à Saúde do Trabalhador envolvendo comunicação; orientação e capacitação; estabelecimento de fluxo e normativas do trabalho; redução da burocracia; e reposição e valorização do profissional de saúde.

No capítulo "Texturas da cracolândia: relações entre saúde, ambiente, risco e subjetividade", os autores Tiago Costa e Rubens Adorno

abordam resultados de um estudo sobre a região da cracolândia, em São Paulo. A partir de narrativas e imagens colhidas ao longo do estudo, os autores discutem a relativização da noção de risco em um espaço de fronteiras onde o olhar externo confronta-se com o modo de vida dos que estão ali no “fluxo” de uso do crack. Na reflexão sobre o espaço urbano da cracolândia e os modos de vida ali experimentados, os autores trazem elementos que ampliam o olhar para as questões relacionadas às pessoas que fazem uso de drogas, o que propiciaria diferentes perspectivas na construção de políticas públicas de redução de danos mais eficientes.

Finalmente, no capítulo "O mapa-falante e o grupo focal como instrumentos metodológicos de pesquisa sobre práticas alimentares, ambiente e saúde", Tatiana Matuk e Renata Toledo, com base no relato de uma pesquisa desenvolvida com consumidores, agricultores e nutricionistas, discutem as contribuições de instrumentos metodológicos participativos no entendimento e enfrentamento de temas complexos, como o sistema agroalimentar atual.

Espera-se com esse livro dar início a uma série de publicações que permitam apresentar o escopo do Programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade e contribuir para a difusão ampla das pesquisas realizadas pelos egressos e corpo de orientadores. Os resultados alcançados e apresentados neste primeiro livro permitem compreender as dinâmicas investigadas em diferentes contextos regionais e pensá-las e confrontá-las à luz de uma perspectiva mais global, privilegiando um constante diálogo entre os diferentes campos de conhecimento. Com essa publicação, busca-se também ampliar a articulação com outras esferas e atores da sociedade, com o objetivo de colaborar para processos, gestões e intervenções mais alinhados à perspectiva da sustentabilidade.



# Parte I

## Áreas urbanas e seus desafios

# 1 A contribuição das áreas verdes e parques para a saúde ambiental das cidades

Fernando Tolffo  
Leandro Luiz Giatti

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos foram registrados sucessivos recordes de temperaturas máximas em diversas regiões do planeta, sinalizando que esse e outros efeitos das mudanças climáticas, decorrentes sobretudo do aquecimento global, possivelmente já se fazem perceber. Há reiteradas advertências de organismos internacionais de pesquisa nesse sentido. O relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC de 2014 expressa grande confiança de que o fenômeno está relacionado com a influência das atividades humanas sobre o clima, alterando suas condições, o que poderá vir a afetar a segurança alimentar, a saúde ambiental, a integridade física e bem-estar geral de enormes contingentes populacionais, notadamente nos aglomerados urbanos (IPCC, 2014). Nesses ambientes, há expressiva parcela de pessoas em situação de vulnerabilidade e expostas a riscos em decorrência das dinâmicas históricas de ocupação do solo urbano.

A proteção à integridade da biodiversidade global, sistemas ecológicos e aos chamados serviços ecossistêmicos derivados é fator que vem sendo reconhecido como fundamental na mitigação e adaptação aos eventos climáticos extremos. Em escala local, as cidades também podem se beneficiar dos ecossistemas locais como estratégia coadjuvante

na melhoria das suas condições de habitabilidade, o que envolve suas áreas verdes livres ou a floresta urbana. Instrumentos de gestão com caráter econômico têm sido propostos em alternativa ou complementação a instrumentos normativos e políticas públicas que não têm logrado alcançar objetivos de melhoria das condições ambientais em todas as suas dimensões. Destaca-se também que o desenvolvimento e a evolução de recursos tecnológicos que concorrem para a gestão do espaço urbano consolidou-se em indispensável ferramenta para a compreensão e dimensionamento das interações entre os moradores das cidades e seus espaços verdes. A constatação da existência de um conjunto de benefícios decorrente da variedade e amplitude dos serviços ecossistêmicos originados das árvores no meio urbano do qual a população se beneficia sob várias perspectivas lança um desafio aos gestores públicos pelo seu reconhecimento e valoração.

Dentro desse contexto, este capítulo possui como objetivos destacar a relevância da vegetação contida nos parques e áreas verdes das cidades para a qualidade ambiental urbana; identificar e quantificar os serviços ecossistêmicos derivados de fragmento arbóreo significativo existente na malha urbana; propor que a preservação dos serviços ecossistêmicos prestados pela cobertura arbórea integre políticas que visem à promoção da saúde pública nas áreas urbanas.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **Metrópoles e a saúde ambiental**

A história da humanidade é o resultado da adaptação de suas sociedades às condições do ambiente físico-natural terrestre e à transformação desse pelas atividades de origem antrópica (MENDONÇA, 2001).

As cidades são a maior invenção humana e a melhor representação social do espaço construído, constituindo-se em objeto de desejo, desafios e sonhos (LEITE; AWAD, 2012; LOMBARDO, 1985).

Viver em cidades representa aos olhos dos migrantes e moradores urbanos a oportunidade de busca por serviços diversificados mais confiáveis, maior oferta de atrações culturais, assistência médica e educação de melhor qualidade e pela expectativa em garantir alimento e

abrigo em tempos de dificuldades; quanto mais urbanizadas, sociedades tendem a apresentar taxas de alfabetização, renda *per capita* e expectativa de vida maiores e instituições democráticas mais estáveis (GUADAGNO et al., 2013).

Apesar dos contrastes do ambiente urbano, com todas as mazelas conhecidas, é contínuo o deslocamento de pessoas que deixam a paisagem rural para fixação de residência nas cidades em busca de uma pretendida melhor qualidade de vida; poucos conseguem se estabelecer nos centros urbanos, a maioria permanece na periferia, em residências modestas (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

Três quartos da população urbana mundial e a maioria das suas maiores cidades estão em países de baixa ou média renda que deverão concentrar quase todo o aumento da população mundial até 2050. É nos centros urbanos que é gerada a maior parcela do Produto Interno Bruto (PIB) das nações e onde se concentram cada vez mais as atividades econômicas, ativos e os riscos climáticos (IPCC, 2014).

A vida na Terra tem conseguido se manter sob ciclos e ritmos de longa e longuíssima duração demonstrando relativa estabilidade há 400 milhões de anos, adaptando-se a mudanças dentro de certos padrões de regularidade ou variações temporais que condicionam os organismos a determinadas condições de gravidade, temperatura, luz, umidade e oxigênio (RIBEIRO et al., 2010).

As mudanças climáticas constituem em alterações no comportamento do clima, demonstradas estatisticamente por médias, que podem ser identificadas por mudanças no equilíbrio e/ou a variação de suas propriedades persistindo por décadas ou período ainda maior; tais alterações podem ser originadas de processos naturais internos ou por forças externas (como, por exemplo, ciclos solares, erupções vulcânicas) bem como por interferências humanas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra (IPCC, 2014; LAVELL et al., 2012).

Segundo a Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - UNFCCC (1992) - a mudança climática é "uma mudança de clima que é direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altera a composição da atmosfera mundial e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis".

Especificamente em relação às condições atmosféricas, as cidades apresentam alterações climáticas que se destacam das áreas circunvizinhas. A expansão urbana modifica substancialmente a paisagem natural ao concentrar áreas construídas, adensamento populacional e impermeabilização do solo natural que, associados à poluição, altera o comportamento da camada limite atmosférica (troposfera) em ambientes urbanos, contribuindo para a alteração do balanço de energia e hídrico (LOMBARDO, 1985; RIBEIRO et al., 2010).

Cidades consomem vorazmente florestas, terras agrícolas, água e ar para suprir o consumo de seus moradores e às demandas de desenvolvimento. Emitem 70% dos gases de efeito estufa e os resíduos produzidos; poluição e emissões são transportadas para outras regiões, causando impacto global (TEEB, 2010).

Alteração da diversidade biológica nativa (supressão da vegetação), desequilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, alteração dos cursos d'água, alta densidade demográfica e ingresso de energia para manter a cidade funcionando são outras características importantes do ambiente urbano (PHILIPPI JR.; MALHEIROS, 2005).

Pequenas mudanças em grande escala, como a alteração em pouca quantidade da composição gasosa da atmosfera do planeta, ou grandes mudanças em pequena escala, como no caso da eliminação de uma floresta local, podem gerar efeitos contra o bem-estar das populações pois provocam impactos negativos sobre a saúde ambiental decorrente da alteração do equilíbrio dos sistemas naturais terrestres e aquáticos (COSTANZA et al., 1997).

A principal fonte de poluição do ar na cidade de São Paulo é o tráfego de veículos, que responde por 90% do material particulado respirável de tamanho até 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ). Durante os meses de inverno, o fenômeno da inversão térmica ocorre com mais frequência dificultando a dispersão dos poluentes (MIRAGLIA et al., 2001).

Aproximadamente 100 mil óbitos foram registrados no Estado de São Paulo entre 2006 e 2011 por causas atribuíveis à poluição por material particulado de tamanho até 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{2,5}$ ). Dados de 2011 alertam que na cidade de São Paulo morrem devido à poluição o triplo de pessoas do que por acidentes de trânsito, três vezes e meia mais do que por câncer de mama e quase seis vezes mais do que por AIDS ou câncer de próstata (SALDIVA et al., 2013).



Poluentes como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Ozônio (O<sub>3</sub>) e monóxido de carbono (CO) podem causar severos impactos à função pulmonar, aumento de internações hospitalares, intoxicação com lesões neurológicas, associação com doenças cardiovasculares, neoplasias e morte (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002).

A poluição atmosférica pode comprometer o desenvolvimento cognitivo de estudantes com idades entre seis e dez anos, prejudicando o aprendizado de habilidades como ler, escrever e calcular. Alunos nesta faixa etária estariam mais suscetíveis aos efeitos da poluição. (SUNYER et al., 2015).

Pesquisa realizada na cidade de São Paulo com amostras de urina apontou a presença de substâncias encontradas na fumaça de cigarros e nas emissões de veículos automotores que podem provocar modificação no DNA humano, mutações e câncer (GARCIA et al., 2013).

A poluição térmica é outro tipo de poluição que pode agravar as condições de saúde da população urbana, pois está associada a desconforto e estresse fisiológico quando fora de uma faixa de temperatura aceitável, que varia entre 17° C e 31° C (SALDIVA et al., 2010).

O IPCC (2014) reitera que a emissão contínua de gases de efeito estufa causará aumento do aquecimento planetário e alerta para o fato de que as três últimas décadas têm apresentado sucessivamente as temperaturas mais quentes, destacando com um índice de 95% de segurança que tal evento seja causado pelas atividades humanas.

Investigações apontam evidências de vínculo entre temperaturas altas e maior incidência de violência interpessoal e conflito entre grupos (HSIANG et al., 2013; MENDONÇA, 2001) e o colapso de recursos naturais decorrente de problemas ambientais experimentado por sociedades do passado pode ter induzido igualmente à violência entre seus membros, extinguindo-as ou as fragilizando (DIAMOND, 2009; NEVES, 2013).

À alteração das relações entre clima e urbanização decorre implicações para a perenidade dos ecossistemas naturais – as mudanças climáticas podem acelerar pressões ecológicas nas cidades por interagirem com tensões urbanas políticas, econômicas e ambientais (IPCC, 2014).

As regiões metropolitanas brasileiras caracterizam-se por unidades administrativas autônomas que não ocupam o território em acordo

com a distribuição dos ecossistemas e respectivas zonas de transição; esta realidade afetaria a resiliência dos ambientes urbanos diante da ocorrência de eventos naturais (GIATTI et al., 2013).

## **Vulnerabilidade urbana e social**

A vulnerabilidade se estabelece quando a exposição ao perigo, que é a fonte geradora (como os impactos da mudança climática), representa um risco (através da exposição àquela fonte) pela probabilidade de que ocorra o evento perigoso amplificada pela extensão do impacto.

As megacidades em países em desenvolvimento apresentam maior vulnerabilidade ambiental relacionada, frequentemente, ao crescimento caótico que promoveram. Ilhas de calor, moradias precárias em áreas críticas de declividade ou sujeitas a enchentes, transporte e saneamento básico deficientes são o cotidiano dos mais desfavorecidos nas periferias. Tal realidade acentua as bases das desigualdades socioeconômica e ambiental e constitui grande parcela do risco para a saúde e insegurança frente às mudanças climáticas (C40 CITIES, 2011; IPCC, 2014).

Desastres naturais têm ocorrido com frequência maior e com alcance e intensidade devastadores, abatendo-se inclusive sobre áreas sem histórico de ocorrências. A lógica da formação das metrópoles contemporâneas em seus aspectos físicos e humanos as transformam em potenciais geradoras de riscos, sob os quais padecem com mais intensidade grupos vulneráveis como os relacionados à idade, gênero ou condições econômicas, embora as parcelas mais abastadas da população também não estejam isentas de riscos.

O Quadro 1 resume os principais fatores indutores ao risco.

A questão da vulnerabilidade a que estão expostos os moradores das cidades reveste-se com destacada importância quando se constata que 85% da população brasileira encontra-se em meio urbano.

Segundo o Perfil dos Municípios Brasileiros publicado pelo IBGE (2013), envolvendo as 5.570 cidades brasileiras, contendo dados do período compreendido entre 2008 e 2012, 97,4% dos municípios com mais de 500 mil habitantes registraram alagamentos; também 1.543 cidades foram atingidas por enchentes, 1.574 registraram inundações

bruscas e 948 municípios foram afetados por ambos os eventos no período pesquisado. Processos erosivos atingiram 1.113 cidades, sendo 20% do total.

### Quadro 1 - Principais fatores indutores ao risco no meio urbano

1. O crescimento das populações urbanas e o aumento de sua densidade, o que interfere diretamente nos solos e nos serviços, ampliando as ocupações de planícies costeiras, ao longo de encostas instáveis, e das áreas de risco.
2. A concentração de recursos e capacidade em âmbito nacional, com ausência de fiscalização, recursos humanos e capacidades no governo local, incluindo ordens pouco claras para ações de resposta e de redução de riscos de desastres.
3. A governança local fragilizada e a participação insuficiente dos públicos de interesse locais no planejamento e gestão urbana.
4. A gestão dos recursos hídricos, dos sistemas de drenagem e de resíduos sólidos inadequada, a causar emergências sanitárias, inundações e deslizamentos.
5. O declínio dos ecossistemas, devido às atividades humanas, tais como a construção de estradas, a poluição, a recuperação das zonas úmidas e a extração insustentável de recursos que comprometem a capacidade de oferecer serviços essenciais, como, por exemplo, a proteção e regulação contra inundações.
6. A deterioração da infraestrutura e padrões de construção inseguros, que podem levar ao colapso das estruturas.
7. Os serviços de emergência descoordenados, que afetam a capacidade de rápida resposta e preparação.
8. Os efeitos adversos das mudanças climáticas que irão, provavelmente, aumentar as temperaturas extremas e as precipitações, na dependência de condições localizadas, com um impacto sobre a frequência, a intensidade e a localização das inundações e outros desastres relacionados ao clima.

A urbanização progressiva tem possibilitado a perda da biodiversidade, a fragmentação de áreas naturais remanescentes e é uma ameaça aos serviços ecológicos que sustentam tanto áreas rurais como urbanas (IPCC, 2014), contribuindo para que desastres naturais afetem comunidades quando reduzem a eficácia dos serviços dos ecossistemas (TEEB, 2010).

A vegetação arbórea é relevante porque contribui para a organização dos espaços e para a manutenção da qualidade ambiental para uma cidade como São Paulo, com grande carência de áreas verdes (SÃO PAULO, 2002).

### **Áreas Verdes, Florestas Urbanas e Arborização**

A representação da natureza nas cidades através das árvores, estabelecendo um elo natural com o ser humano, não deixa de ser uma forma de reaproximar o homem do mundo natural (FARAH, 2004).

A utilização de árvores como elemento de melhoria do ambiente é prática antiga e civilizações ancestrais de egípcios, fenícios, persas, gregos e outras as tinham em grande conta; em muitas situações, as adoravam. A Europa do século XVIII já desenvolvia jardins botânicos e reconhecia a importância do uso de árvores em áreas urbanas (GREY; DENKE, 1978). A industrialização da Grã-Bretanha produziu condições deploráveis nas cidades resultando em esforços para melhorar as condições urbanas, um dos quais foi a introdução de espaços verdes públicos e praças com árvores localizadas em áreas residenciais (MILLER, 1997).

O parque urbano brasileiro, ao contrário, não surgiu da preocupação em atender às necessidades das massas urbanas. Foi idealizado a partir do século XIX por ação das elites emergentes em uma nação ainda em formação, tentando estabelecer uma configuração urbana compatível com o cenário das cidades europeias. Os grandes centros brasileiros experimentaram forte expansão urbana a partir das décadas de 1950 e 1960 e o processo eliminou bosques, campos e pastagens, quintais e chácaras, deixando flagrante a carência de espaços ao ar livre para o lazer das massas; a multiplicação de parques ocorre a partir de 1960 quando se inicia um processo de investimento público em sua criação, não sendo mais voltados exclusivamente às elites (MACEDO; SAKATA, 2002).

Há uma vasta literatura que propõe diversos conceitos e tipificações para áreas verdes, parques, arborização urbana, florestas urbanas, espaços livres e termos correlatos. Muitas vezes não há consenso entre os autores. Portanto, eleger definições transforma-se em tarefa difícil, pois as referências à temática são extensas.

Este estudo destaca a fundamentação da importância da preservação das áreas arborizadas em meio urbano bem como sua expansão, pois as árvores e as áreas verdes livres constituem-se em fatores de proteção à saúde ambiental e à qualidade de vida dos moradores das cidades.

## **Sobre Serviços Ecossistêmicos**

A civilização contemporânea expõe uma visão bastante utilitarista da natureza, como se fosse uma “usina” a produzir continuamente recursos e “serviços” necessários ao bem-estar humano e outros seres vivos, sendo fundamentais para a vida cotidiana, como a água, purificação do ar, fauna e flora, fertilidade do solo e equilíbrio climático, dentre outros (BORN; TALOCCHI, 2002).

O Conselho de Avaliação Ecossistêmica do Milênio (CAEM) define um ecossistema como um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e de microrganismos e o ambiente inorgânico, interagindo como uma unidade funcional e a raça humana é parte integrante dos ecossistemas. O CAEM considera serviços dos sistemas ecológicos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas conforme disposto e sintetizado no Quadro 2 (CAEM, 2005).

A noção de que os sistemas ecológicos prestariam “serviços” à humanidade evoluiu progressivamente a partir da década de 1960 e a expressão “Serviços Ambientais” surge em 1970 em estudo desenvolvido pelo MIT nos Estados Unidos e referenciado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Suécia, em 1972. Conforme o IPCC (2014), sua importância originalmente remedia à necessidade de resolver problemas como falta d’água e inundações, mas as perspectivas atuais em relação às mudanças climáticas fizeram com que esses serviços sejam cada vez mais reconhecidos como estratégicos para adaptação.

Os ecossistemas urbanos são parte de um sistema global igualmente constituído por elementos biológicos, sociais e construídos e apresentam importância crucial para a qualidade da vida urbana (WEBER; MEDHI, 2013). Árvores e demais vegetações fornecem muitos benefícios às cidades.

**Quadro 2** - Serviços prestados pelos ecossistemas

Serviços de abastecimento	Serviços de regulação	Serviços culturais
Produtos obtidos dos ecossistemas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimento</li> <li>• Água doce</li> <li>• Combustível</li> <li>• Fibras</li> <li>• Bioquímicos</li> <li>• Recursos Genéticos</li> <li>• Ornamentais</li> </ul>	Benefícios obtidos da regulação dos processos dos ecossistemas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação do clima</li> <li>• Regulação de enfermidades</li> <li>• Regulação da água</li> <li>• Purificação da água</li> <li>• Polinização</li> <li>• Controle da erosão</li> <li>• Controle biológico</li> <li>• Proteção contra tempestades</li> </ul>	Benefícios intangíveis obtidos dos ecossistemas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espirituais e religiosos</li> <li>• Recreativos e ecoturísticos</li> <li>• Estéticos</li> <li>• Inspiracionais</li> <li>• Educacionais</li> <li>• Sentido de pertencer a um lugar</li> <li>• Herança cultural</li> </ul>
Serviços de Apoio		
Serviços necessários para a produção de todos os outros serviços dos ecossistemas		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos de nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção primária</li> <li>• Produção do oxigênio</li> </ul>

Fonte: CAEM (2005), p. 106

Os benefícios dos ecossistemas existentes nas cidades são frequentemente ignorados e considerados não relevantes nos processos de planejamento pelos gestores, daí resulta que os municípios sejam dominados pela infraestrutura construída, embora mesmo pequenas áreas cobertas com vegetação natural ou implantada possam ser identificadas como prestadoras de serviços ambientais (GUADAGNO et al., 2013; SVMA; CEM, 2008).

Em acréscimo, a combinação baseada na biodiversidade e serviços dos sistemas ecológicos em áreas urbanas como parte das estratégias de adaptação às alterações do clima extrapola a dimensão de simples foco em árvores e parques, destacando potencial de redução da vulnerabilidade das pessoas (IPCC, 2014).

Alguns dos efeitos benéficos (“serviços”) derivados da presença de vegetação arbórea e áreas verdes livres (parques) no meio urbano seriam, dentre outros vários:

- **Psicológicos**, porque espaços verdes promovem relaxamento, reduzem o estresse e influem à recuperação de doenças (CRESTANA et al., 2007; SCANAVACA JR., 2012; TAKANO et al., 2002; ULRICH, 1984);
- **Sobre a poluição do ar**, devido às árvores interagirem com os poluentes e removerem ou reduzirem os contaminantes aéreos por absorção pelos estomas das folhas, pela superfície da planta e também por interceptarem partículas em suspensão (CRESTANA et al., 2007; MILLER, 1997; NOWAK et al., 2006);
- **Controle de ruídos**, que é uma das principais causas de estresse, hipertensão, perda de audição e distúrbios do sono - folhas, galhos, arbustos e ramos das árvores podem atenuar o ruído do tráfego e construções das cidades (GUADAGNO et al., 2013; MILLER, 1997);
- **Lazer/recreação/interação social**, pois os espaços verdes públicos incentivam a prática de atividades físicas em grupo ou individuais, promovendo a interação social e melhorando as comunidades (TEEB, 2010);

- **Abrigo para a fauna**, porque os parques fornecem habitat e alimentação para a crescente quantidade de vida selvagem que tem se adaptado às cidades. A fauna urbana é um indicativo da condição do ecossistema urbano (MILLER, 1997; PINHEIRO; CÂNDIDO, 2009; TEEB, 2010). Abelhas melíferas são criadas e mantidas nas áreas verdes de alguns aeroportos europeus pois a cera e o mel passaram a servir como biomarcadores na detecção e indicação de níveis de metais pesados e hidrocarbonetos orgânicos voláteis e poliaromáticos (BEURTEAUX, 2015);
- **Temperatura do ar e ilhas de calor**, sendo que o aumento da cobertura arbórea é uma forma de reduzir as ilhas de calor urbanas. Os efeitos de resfriamento e sombreamento são consideráveis em grandes parques ou áreas de floresta pelo processo de evapotranspiração, que retira o calor do ar para evaporar a água. Uma árvore de grande porte consegue processar até 400 litros de água e retirar 960 MJ de calor por dia no verão (GARTLAND, 2008; IPCC, 2014; SCANAVACA JR., 2012);
- **Hidrologia**: superfícies das folhas, galhos e demais estruturas das árvores em uma densa comunidade vegetal influenciam a quantidade e a distribuição espacial da chuva que atinge o solo, o que é fundamental para o controle do escoamento superficial da água nas ruas das cidades por mitigar a intensidade das enchentes (CRESTANA et al., 2007; LARCHER, 2000);
- **Sequestro de carbono**: o dióxido de carbono é um gás que favorece o aumento da temperatura global devido ao efeito estufa. A captura de CO<sub>2</sub> pela vegetação é um fator reconhecido e importante no combate aos resultados das mudanças climáticas (TEEB, 2010).

Nas pesquisas voltadas à temática da sustentabilidade, Rockström et al. (2009) propuseram a definição de nove “fronteiras” biofísicas dentro das quais a humanidade possa desenvolver-se com segurança e cuja transgressão poderia ocasionar mudanças ambientais com efeitos catastróficos e irreversíveis. São elas: mudanças climáticas; camada do ozônio estratosférico; mudanças no uso do solo; uso da água



doce e ciclo hidrológico global; biodiversidade; acidificação dos oceanos; absorção de nitrogênio e fósforo pela biosfera; acúmulo do aerossol atmosférico e poluição química. Três desses limites já teriam sido ultrapassados: mudanças climáticas, taxas de perda de biodiversidade e interferência com o ciclo do nitrogênio.

## PESQUISA E MÉTODO

Os parques e as áreas verdes existentes na malha urbana são a melhor expressão da compatibilidade entre a natureza e o ambiente construído.

Para corroborar o quanto disposto na literatura a respeito da importância com que os serviços ecossistêmicos derivados das árvores urbanas podem beneficiar os cidadãos sob diversos aspectos, foi empreendida uma pesquisa em caráter preliminar que envolveu a vegetação arbórea contida em um parque urbano da cidade de São Paulo.

Considerado um dos símbolos paulistanos, a opção pelo Parque Ibirapuera como referência para a identificação e quantificação dos serviços ecossistêmicos proporcionados pela cobertura arbórea existente no local deveu-se às suas dimensões e pelo contexto da oferta de lazer, educação ambiental, convívio social e pela localização geográfica privilegiada. O Parque Ibirapuera possui área de 1,58 milhão m<sup>2</sup> e foi criado em 1954 como parte das comemorações do IV Centenário da fundação da cidade de São Paulo.

Para o levantamento dos benefícios derivados da vegetação do parque aplicou-se um *software* denominado i-Tree ECO e desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA Forest Service) e parceiros locais. A proposta dos idealizadores do aplicativo é fornecer ferramenta para a avaliação e gestão dos privilégios oferecidos pelas florestas urbanas, ao pretender prover auxílio às comunidades de qualquer tamanho a melhorar a proteção urbana por meio da quantificação dos serviços ambientais que as árvores fornecem.

O programa é baseado no modelo *Urban Forest Effects* (UFORE), que avalia a estrutura da floresta urbana (número de árvores, composição das espécies, dimensões e a saúde individual, dentre outras variáveis) e suas várias funções (remoção de poluentes, etc), operando por protocolos e algoritmos (NOWAK et al., 2008).

O i-Tree ECO é empregado por diversas cidades em vários países. No Brasil, alguns projetos utilizando o aplicativo foram iniciados. O estudo aqui apresentado foi denominado Ibirapuera *Project* e apresentou caráter pioneiro no Brasil pelos objetivos propostos, por ter sido aplicado em um parque e pelos resultados alcançados.

Um inventário realizado em 2008 através de parceria entre a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo e a direção do Parque Ibirapuera revelou existirem, à época, 15.066 árvores de diversas espécies no parque, sendo referenciados para o presente estudo um total de 14.334 indivíduos. A partir deste censo, foi montado um banco de dados, posteriormente enviado à equipe responsável pelo processamento das informações nos Estados Unidos (i-Tree *team*), contendo dezenas de informações sobre a estrutura e constituição de cada árvore do universo analisado, incorporando medidas variáveis como a altura total, altura até a base da copa viva, diâmetro do tronco à altura do peito, comprimento da copa nos sentidos N-S e L-O, número de lados da árvore que recebe luz solar pelo topo, percentual de pericímio da copa, percentual do volume da copa sem folhas, presença de doenças ou pragas, dentre muitas outras, e também o tipo de uso do solo do local de interesse.

Além das medições de características das árvores, o i-Tree ECO também requer entradas relacionadas às concentrações horárias na atmosfera, ao longo de um ano, dos poluentes monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e material particulado 2,5 µm (MP<sub>2,5</sub>) e 10 µm (MP<sub>10</sub>). O total dos dados necessários sobre o monitoramento da qualidade do ar passou a ficar disponível no sítio da CETESB a partir do ano de 2011 e tais informações foram obtidas através das estações medidoras do Ibirapuera e Congonhas.

A leitura horária da precipitação (dados pluviométricos) durante um ano para a cidade de São Paulo é outra informação obrigatória; pluviogramas diários com dados como a duração e o volume de chuvas durante o ano de 2011 foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP).

O i-Tree ECO requer a classificação climática (que reúne em uma grande área zonas com características homogêneas) do local onde está

inserido o ponto de interesse, que pode basear-se nas características da paisagem natural. A cidade de São Paulo caracteriza-se sob o tipo Cwa, que apresenta condições como clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, segundo a especificação de Köppen-Geiger; no entanto, pelo fato de se tratar de um projeto internacional, algumas classificações climáticas ainda não são reconhecidas pelo programa, pelo que se optou, então, pela classificação Cfa, a qual predomina na região sudeste dos EUA e possui características próximas à Cwa.

## IDENTIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NA MALHA URBANA: Resultados

A conclusão do processamento das informações que constituíram o banco de dados do *Ibirapuera Project* pela equipe gestora do i-Tree Eco nos EUA segue condensada pelos Quadros 3 e 4, salientando que a investigação sobre os benefícios derivados da concentração arbórea existente no Parque Ibirapuera revelou, dentre outros, a retenção de 8.740 t de carbono (2011) com contínuo sequestro de aproximadamente 76 t do elemento anualmente. Em acréscimo, suas árvores promoveram a remoção do ar de 83,4 kg/ano de CO, 984,3 kg/ano de O<sub>3</sub>, 355 kg/ano de NO<sub>2</sub>, de 253,4 kg/ano de MP<sub>10</sub>, de 129,9 kg/ano de MP<sub>2,5</sub> e de 110,5 kg/ano de SO<sub>2</sub>.

### Quadro 3 - Dimensões da cobertura arbórea analisada do Parque Ibirapuera, em São Paulo, SP

A população de 14.334 árvores do Parque Ibirapuera:	a) possuía área total de copa ( <i>Canopy Cover</i> ) de 166.982 m <sup>2</sup> .
	b) alcançou 818.405 m <sup>2</sup> de área foliar ( <i>Leaf Area</i> ).
	c) tinha acumulados 84.377 kg de biomassa foliar.
	d) havia armazenado 8.740 t de carbono.
	e) sequestrou 76,3 t de carbono durante um ano.

Valores dos itens a), b) e c) obtidos com referências da população arbórea de 2008 e dos itens d) e e) com dados de 2011.

**Quadro 4** - Volumes totais de poluentes atmosféricos removidos pela população arbórea analisada do Parque Ibirapuera, São Paulo, SP, em kg/ano, com dados atmosféricos de 2011

Poluentes removidos (em kg/ano) – dados de 2011					
CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	MP <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	MP <sub>2,5</sub>
83,449	984,310	355,225	253,436	110,547	129,998

A atribuição de valor (valoração) dos “serviços prestados” pela vegetação é uma dimensão a ser proposta para integrar estratégias que visem a melhoria das condições ambientais do espaço urbano. O reconhecimento de que tais benefícios à saúde pública possuam valor econômico pode representar um contraponto à contínua erradicação do verde nas metrópoles. Sob tal consideração, o Quadro 5 relaciona o “preço” atribuído à tonelada de cada poluente considerado às respectivas quantidades removidas.

Os mesmos método e *software* foram empregados no dimensionamento dos serviços ambientais prestados pela floresta urbana presente em duas cidades com características diversas às de São Paulo cujas conclusões podem ser comparadas às obtidas através do *Ibirapuera Project*.

Chicago (EUA) registrou em 1994 a existência de 50,8 milhões de árvores na cidade as quais haviam armazenado aproximadamente 5,6 milhões de toneladas de carbono, com sequestro anual pela sua cobertura vegetal de 140,6 mil toneladas de C por ano (McPHERSON et al., 1997).

A cidade do Rio de Janeiro realizou uma análise com a utilização do i-Tree ECO no ano de 2012, estimando-se existirem 46,77 milhões de árvores no local que removem 6.400 toneladas de poluentes por ano (considerou-se apenas CO, O<sub>3</sub>, MP<sub>10</sub> e SO<sub>2</sub>). A valoração econômica pelo serviço ecossistêmico foi fixada em US\$ 46,2 milhões/ano. O estoque de carbono retido pelas árvores foi calculado em 3,4 milhões de toneladas,

sendo valorado pela equipe gestora do i-Tree em US\$ 268 milhões (NO-WAK et al., 2012).

À exceção do mercado de carbono, não se conhece no Brasil uma bolsa de valores e transações que envolvam a comercialização ou outras modalidades como forma para valorar a remoção de poluentes específicos; portanto, as valorações monetárias atribuídas aos resultados do *Ibirapuera Project* foram alocadas em função dos preços já determinados e utilizados pelos operadores dos EUA. Possivelmente o estabelecimento de parâmetros nacionais ('mercado') vinculados às características do meio ambiente urbano das cidades brasileiras para a cotação de unidades de medida dos poluentes considerados levaria a resultados diversos.

**Quadro 5** - Atribuição de valor (valoração) para o total de cada poluente removido pelo conjunto das árvores analisadas do Parque Ibirapuera, São Paulo, SP, referenciado para 2015 pelo U.S. Forest Service, EUA

Valores de remoção (em R\$/ano)					
CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	MP <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	MP <sub>2,5</sub>
Preço/t	Preço/t	Preço/t	Preço/t	Preço/t	Preço/t
1.599,00	11.257,00	11.257,00	7.516,00	2.756,00	7.516,00
X	X	X	X	X	X
83,449 kg	984,310 kg	355,225 kg	253,436 kg	110,547 kg	129,998 kg
133,44	11.080,37	3.998,71	1.904,78	304,65	977,00

O i-Tree Eco também permite mensurar e valorar a interferência que a área foliar das árvores promove quanto ao amortecimento do impacto das chuvas em relação às inundações, fenômeno cada vez mais frequente nas grandes cidades. Além disso, possibilita a identificação de outros serviços e funções relacionados à presença das árvores no meio

urbano como a economia de energia nas propriedades e a valorização dos imóveis, por exemplo.

Os resultados apresentados pelo *Ibirapuera Project*, de maneira introdutória, permitiram mensurar em unidades de medidas e em valores econômicos uma fração dos múltiplos benefícios derivados da cobertura arbórea na malha intraurbana por árvores agrupadas, como nos parques e em áreas verdes, e dos indivíduos espalhados pelas ruas e avenidas através dos projetos e ações municipais de arborização viária.

## O PAGAMENTO POR SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Os serviços dos sistemas ecológicos e estoques de capital natural, embora fundamentais para o suporte à vida na Terra, frequentemente têm pouco peso nas decisões políticas ou deixam de ser adequadamente valorados em termos comparáveis aos serviços econômicos e capital manufaturado (COSTANZA et al., 1997).

Simplificadamente, o Pagamento por Serviços Ecosistêmicos é uma proposta para a proteção dos serviços fornecidos pelos sistemas ecológicos baseada em incentivos que compensem os proprietários ou gestores de terras que promovem práticas favoráveis a um ecossistema – aqueles que se beneficiam de um serviço ecosistêmico pagam àqueles que os fornecem (TEEB, 2010).

Existem em execução no Brasil diversas iniciativas que remuneram projetos que cuidam da conservação das funções ecosistêmicas que envolvem o sequestro de carbono (por exemplo, recuperação de áreas degradadas, reflorestamento ciliar, desmatamento evitado), produção de água (por exemplo, conservação dos recursos hídricos, restauração florestal) e proteção à biodiversidade (por exemplo, regeneração de florestas).

Por similaridade com os objetivos de tais propostas e dentro da normatização que rege o instrumento do Pagamento por Serviços Ecosistêmicos (ou Ambientais, para alguns), através desse estudo é proposto que o poder público seja remunerado pela conservação e expansão dos espaços verdes e pela presença maciça de árvores, pois proveem diversos serviços que beneficiam a população urbana difusamente.

Identificar os benefícios advindos da natureza e compreender o valor desses benefícios é um dos fatores de indução para a criação de

uma cidade sustentável. No longo prazo, a manutenção do funcionamento dos ecossistemas é a solução mais econômica e por vezes a única maneira de satisfazer as necessidades humanas pelo fato de alguns serviços dos ecossistemas serem insubstituíveis (PNUMA, 2012; TEEB, 2011).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades representam um polo de atração e fixação para crescente contingente da população mundial, significando para a maioria a esperança de progresso material e condições de vida mais confortável.

No entanto, o crescimento das áreas urbanas não significa necessariamente que as pessoas estejam seguras no habitat construído das metrópoles em relação aos riscos a que estão expostas devido às consequências, reais ou esperadas, da perda da biodiversidade e alterações do clima originadas das atividades sobretudo de origem antrópica. Sofrem os piores efeitos as parcelas menos favorecidas da sociedade, cuja vulnerabilidade socioeconômica é agravada pela perda da qualidade do ambiente onde estão assentadas.

Os resultados obtidos com o levantamento dos benefícios derivados de fragmentos arbóreos na malha intraurbana, como o representado pelo Parque Ibirapuera, corroboram que a floresta urbana tem relevância na paisagem cinzenta das grandes cidades e é uma resposta ao compor estratégias para a proteção à saúde da população. Especificamente da cobertura arbórea remanescente nas cidades derivam serviços ecossistêmicos como conforto térmico, filtragem de poluentes, retirada de carbono da atmosfera, efeitos psicológicos e desestressantes, abrigo para fauna, mitigação de enchentes, oportunidades para lazer e interação social e influência no microclima, melhorando a qualidade ambiental local.

O desenvolvimento de técnicas e modelos para a identificação, mensuração e valoração econômica dos benefícios decorrentes da presença da floresta urbana estimula a atuação dos agentes públicos e privados para a preservação e expansão dos ecossistemas urbanos frequentemente sob a configuração de parques e áreas verdes livres locais, os quais, no limite, contribuem para a saúde pública, atividades econômicas e sustentabilidade das cidades.

## REFERÊNCIAS

- BEURTEAUX, M. Abelhas encontram refúgio em aeroportos. *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 7 mar. 2015. The New York Times International Weekly, p. 5.
- BORN, R. H.; TALOCCHI, S. *Proteção do capital social e ecológico por meio de Compensações por Serviços Ambientais*. São Lourenço da Serra: Peirópolis, 2002.
- CAEM - CONSELHO DE AVALIAÇÃO ECOSISTÊMICA DO MILÊNIO. *Ecossistemas e bem-estar humano: estrutura para uma avaliação*. São Paulo: SENAC, 2005. Relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecológica do Milênio.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, London, v. 387, p. 253-260, 1997.
- CRESTANA, M. de S. M. (Org.) et al. *Árvores & Cia*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), 2007.
- C40 CITIES. *Carta de Recomendações em Saúde, São Paulo C40 2011*. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2011. Disponível em: [www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/Carta\\_de\\_recomendacao\\_em\\_saude\\_sp\\_c40.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/Carta_de_recomendacao_em_saude_sp_c40.pdf). Acesso em: 1 jun. 2015. - C40 Large Cities Climate Summit. Faculdade de Medicina da USP & Instituto Saúde e Sustentabilidade.
- DIAMOND, J. M. *Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso*. 9. ed. Rio de Janeiro: Record, 2009.
- FARAH, I. M. C. Árvores e População: as relações que se estabelecem no contexto da cidade. *Paisagem e Ambiente*, São Paulo, n. 18, p. 99-120, 2004.
- GARCIA, C. C. M. et al. Elevated  $\alpha$ -Methyl- $\gamma$ -hydroxy-1, N2-propano-2'-deoxyguanosine Levels in Urinary Samples from Individuals Exposed to Urban Air Pollution. *Chemical Research in Toxicology*, v. 26, p. 1602-1604, 2013. DOI: 10.1021/tx400273q



GARTLAND, L. *Heat Islands: understanding and mitigating heat in urban areas*. Londres: Earthscan, 2008.

GIATTI, L. L. et al. Metropolitan environmental health: Asymmetrical knowledge and management in São Paulo, Brazil. In: *Urban Environment - Proceedings of the 11<sup>th</sup> Urban Environment Symposium (UES)*. Germany: Springer, 2013.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. *Urban Forestry*. New York: John Wiley and Sons, 1978.

GUADAGNO, L. et al. Urban disaster risk reduction and ecosystem services. In: *The role of ecosystems in disaster risk reduction*. RENAUD, F.G.; SUDMEIER-RIEUX, K.; ESTRELLA, M. (Eds.) Tokyo: UNU Press, 2013. p. 389-415.

HSIANG, S. M. et al. Quantifying the influence of climate on human conflict. *Science*, v. 341 (6151), 2013. Disponível em: DOI:10.1126/Science.1235367. Acesso em: 29 jun. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Perfil dos municípios brasileiros*. 2013. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil\\_Municipios/2013/munic2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf). Acesso em: 04 mar. 2014.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Fifth Assessment Report - AR5*. 2014. Disponível em: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). Acesso em: 19 fev. 2015.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

LAVELL, A. et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. FIELD, C. B. et al. (Eds.). A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Cambridge, U. K., and New York: Cambridge University Press, 2012, p. 25-64. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Chap1\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Chap1_FINAL.pdf). Acesso em: 9 out. 2014.

- LEITE, C.; AWAD, J. di C. M. *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes*. Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MACEDO, S. S.; SAKATA, F. G. *Parques urbanos no Brasil*. São Paulo: EDUSP, 2002.
- McPHERSON, E. G. et al. Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban Ecosystems*, n. 1, p. 49-61, 1997.
- MENDONÇA, F. *Clima e criminalidade: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana*. Curitiba: Editora da UFPR, 2001.
- MILLER, R. W. *Urban Forestry. Planning and Managing Urban Greenspaces*. NJ: Prentice Hall, 2. ed., 1997.
- MIRAGLIA, S. G. E. K. et al. *Analysis of the impact of fuel consumption on mortality rates in São Paulo*. Laboratório Experimental de Poluição do Ar da Faculdade de Medicina da USP. São Paulo, 2001.
- NEVES, W. A. *Um esqueleto incomoda muita gente*. Campinas: Editora da Unicamp, 2013.
- NOWAK, D. J. et al. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 4. Elsevier, p. 115-123, 2006.
- NOWAK, D. J. et al. A Ground-Based Method of Assessing Urban Forest Structure and Ecosystem Services. *Arboriculture & Urban Forestry Journal*, v. 34, p. 347-358, 2008.
- NOWAK, D. J. et al. *The Trees and Forests of Rio de Janeiro: Ecosystem Services and Values*. Preliminary Report. Syracuse, 2012.

PAIVA, H. N. de; GONÇALVES, W. *Florestas Urbanas*. Planejamento para Melhoria da Qualidade de Vida. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2002.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente. In: PHILIPPI JR., A. (Ed.). *Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento Sustentável*. Barueri: Manole, 2005, p. 3-31.

PINHEIRO, A. L.; CÂNDIDO, J. F. *As árvores e a apicultura*. Viçosa: Arka, 2009.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. *Povos Resilientes, Planeta Resiliente: um Futuro Digno de Escolha*. ONU, New York, 2012. Disponível em: <http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/gsp-integra.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2014.

RIBEIRO, H. et al. Alterações no Clima Urbano. In: SALDIVA, P. et al., (Orgs.). *Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles*. Instituto Saúde e Sustentabilidade. São Paulo: Ex-Libris Comunicação Integrada, p. 67-87, 2010.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. de. Efeitos das Queimadas na saúde humana. *Revista do Instituto de Estudos Avançados da USP*, n. 44, p. 125-148, 2002.

ROCKSTRÖM, J. et al., *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*. Disponível em: <http://ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>. Acesso em: 21 nov. 2014.

SALDIVA, P. O Homem e o meio ambiente urbano. In: SALDIVA, P. et al., (Orgs.). *Meio Ambiente e saúde: o desafio das metrópoles*. Instituto Saúde e Sustentabilidade. São Paulo: Ex-Libris Comunicação Integrada, p. 17-20, 2010.

SALDIVA, P. et al. *Avaliação do impacto da poluição atmosférica no estado de São Paulo sob a visão de saúde*. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabi-

lidade, 2013. Disponível em: [http://saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/Documentofinalda-pesquisa-padroao\\_2409-Final-sitev1.pdf](http://saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2013/09/Documentofinalda-pesquisa-padroao_2409-Final-sitev1.pdf). Acesso em: 25 set. 2013.

SÃO PAULO (cidade). *Atlas Ambiental do município de São Paulo*. Disponível em: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?B=32&id=22>. Acesso em: 22 dez. 2014.

SCANAVACA JR., L. Áreas Verdes como Subsídio ao Planejamento Urbano. In: *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Arborização Urbana*. Uberlândia, 2012.

SUNYER, J. et al. Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *Plos Medicine*, 2015. Disponível em: DOI: 10.1371/journal.pmed.1001792. Acesso em: 17 mar. 2015.

SÃO PAULO - Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente (SVMA) e Centro de Estudos da Metrópole (CEM) – *Indicadores ambientais e gestão urbana: desafios para a construção da sustentabilidade na cidade de São Paulo*. São Paulo, 2008. Disponível em: [www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/meio\\_ambiente/publicacoes/0008/indicadoresambientais.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/arquivos/secretarias/meio_ambiente/publicacoes/0008/indicadoresambientais.pdf), p. 69. Acesso em: 23 dez. 2014.

TAKANO, T. et al. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiological Community Health*, v. 56, p. 913-918, 2002.

TEEB – THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. *A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade para Formuladores de Políticas Locais e Regionais*. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Traduzido e impresso pela Confederação Nacional da Indústria, CNI, 2010.

TEEB – THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. *Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*. United

Nations Environment Programme, 2011. Disponível em: [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org). Acesso em: 19 mar. 2013.

ULRICH, R. S. View Trough a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*, v. 224, n. 4647, p. 420-421, 1984.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. *Como Construir Cidades Mais Resilientes*. Um Guia para Gestores Públicos Locais. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/26462\\_guiagestorespublicosweb.pdf](http://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf). Acesso em: 23 nov. 2014.

WEBER, C.; MEDHI, L. Ecosystem Services Provided by Urban Vegetation: A Literature Review. In: *Urban Environment - Proceedings of the 11<sup>th</sup> Urban Environment Symposium (UES)*. Rauch, S. et al. (Eds.). Germany: Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013.

# 2 Estudo da presença de amônia na atmosfera da cidade de São Paulo e sua relação com a poluição por veículos automotores

Silmara Regina da Silva  
João Vicente de Assunção

## INTRODUÇÃO

A poluição do ar é motivo de preocupação nos centros urbanos. Os primeiros episódios agudos de poluição do ar registrados no século XX aconteceram na Europa. Entre eles o que teve maior repercussão foi o episódio ocorrido em 1952 em Londres, na Inglaterra, totalizando 8.000 mortes (BELOTTI, 2012).

As grandes metrópoles são aglomerações que possuem uma dinâmica complexa de fenômenos e processo físicos, sociais e econômicos que afetam características demográficas, sociais, políticas, econômicas e ecológicas. (PEREIRA et al., 2010). Dentre estas modificações está a qualidade do ar. Assim, grandes cidades como Santiago (Chile), Cidade do México (México), Los Angeles (Estados Unidos), São Paulo (Brasil), Beijing e Shanghai (China), Nova Délhi (Índia) e muitas outras na Ásia, apresentam problemas de poluição atmosférica devido a condições meteorológicas de má dispersão em determinadas épocas do ano, grande número de fontes de poluição do ar e também por características topográficas específicas que intensificam a má dispersão atmosférica.

Consequentemente, grandes metrópoles tendem a apresentar sérios agravos à saúde, com aumento nas taxas de morbidade e mortalidade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), os poluentes atmosféricos podem causar uma faixa de efeitos significativos como irritação, odor desagradável e efeitos agudos e de longo prazo. Dentre estes efeitos agudos os respiratórios são proeminentes, bem como, o são a incidência e a mortalidade por câncer de pulmão na exposição de longo prazo.

Um das principais fontes de poluição atmosférica nas grandes cidades são os veículos, cujas emissões incluem compostos tóxicos, mutagênicos e cancerígenos (ABRANTES et al., 2009; ASSUNÇÃO et al., 2005; RIBEIRO, 2011).

O município de São Paulo transformou-se, ao longo dos anos, em uma cidade predominantemente de serviços, devido à mudança de várias indústrias para outras localidades. Assim, a cidade tinha em 2013 como principal fonte de poluição atmosférica uma frota circulante de 4,5 milhões de veículos (CETESB, 2014a).

O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE regulamentou as emissões dos veículos comercializados no mercado brasileiro (BRASIL, 1986). Para atender aos limites de emissão, que são cada vez mais restritivos, há necessidade de uma constante evolução tecnológica no ramo automotivo.

A principal tecnologia de controle de emissões veiculares é o catalisador automotivo de três vias, que foi introduzido no Brasil, obrigatoriamente, nos veículos do ciclo Otto, a partir de 1997. No caso dos veículos pesados movidos a diesel, uma inovação para a redução dos óxidos de nitrogênio emitidos por esses motores, foi a introdução, em 2012, do sistema de pós-tratamento de gases, conhecido pela sigla SCR - *Selective Catalyst Reduction* (Redução Catalítica Seletiva) (BORSARI, 2014).

Apesar das diferentes características, tanto o catalisador do tipo três vias quanto o sistema de pós-tratamento de gases do tipo SCR, podem emitir amônia para a atmosfera. Atualmente as fontes móveis tem sido uma crescente e significativa fonte de emissão de amônia nas áreas urbanas (ZHAN, 2009).

Na atmosfera, a amônia pode se transformar em sais de amônio que formam parte do material particulado fino  $MP_{2,5}$  (BEHERA; SHARMA, 2012). Portanto, caracterizar e quantificar as emissões de

amônia na exaustão veicular pode colaborar para o desenvolvimento de estratégias de redução do material particulado pelos órgãos regulatórios (SUTTON, 2006).

Diante de um possível impacto nas concentrações da amônia atmosférica devido à introdução dos sistemas de tratamento de gases nos veículos pesados, com a nova fase do PROCONVE, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB iniciou, em 2012, monitoramento sistemático da amônia atmosférica.

O possível incremento das concentrações de amônia na atmosfera aliado ao início do monitoramento pela CETESB foi a motivação para o trabalho desenvolvido por Silva (2015), que avaliou a relação entre as concentrações de amônia na atmosfera do município de São Paulo e as concentrações dos poluentes regulamentados associados à emissão veicular. Os resultados desse estudo são apresentados neste capítulo.

## **POLUIÇÃO DO AR E A SAÚDE HUMANA**

Os poluentes atmosféricos podem apresentar-se na forma de partículas ou gases. De forma geral, o grupo de poluentes universalmente consagrados como indicadores mais abrangentes da qualidade do ar é composto pelos poluentes: monóxido de carbono (CO), material particulado (MP<sub>2,5</sub> - Material Particulado Fino; MP<sub>10</sub> - Material Particulado Inalável; PTS - Partículas Totais em Suspensão), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e o ozônio (O<sub>3</sub>). A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada a maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam à saúde e ao meio ambiente (CETESB, 2015).

A poluição do ar é um grande fator de risco ambiental para a saúde humana. Ao se minimizar os níveis de poluição do ar pode-se reduzir a carga global de doenças tais como infecções respiratórias, cardíacas e câncer de pulmão. Estima-se que a poluição do ar urbana cause 1,3 milhão de mortes no mundo por ano. A exposição à poluição do ar geralmente está fora do controle dos indivíduos e requer uma ação dos poderes públicos nos níveis nacional, regional e mesmo internacional (WHO, 2014).

Os poluentes atmosféricos podem induzir a uma resposta inflamatória nas vias aéreas e pulmões e ainda reduzir a eficiência do sistema



de defesa pulmonar. O sistema respiratório é a principal via de contato com os poluentes atmosféricos a sofrer seus efeitos nocivos. As substâncias oxidantes presentes na atmosfera aumentam a produção, a acidez, viscosidade e consistência do muco produzido pelas vias aéreas, reduzindo a sua eficácia (CANÇADO et al., 2006).

Mais recentemente, concluiu-se que a poluição do ar induz ao câncer em seres humanos. Foi encontrada associação entre o material particulado e aumento da incidência de câncer, especialmente câncer de pulmão. Uma associação também foi observada entre poluição do ar e aumento de câncer do trato urinário/bexiga (WHO, 2014).

As partículas inaláveis ( $MP_{10}$ ) e as inaláveis finas ( $MP_{2,5}$ ) são pequenas o suficiente para penetrar o sistema respiratório e podem provocar agravamento da asma, dos sintomas de doenças respiratórias e aumento nas internações hospitalares. Podem ainda causar mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias e câncer de pulmão.

A Organização Mundial da Saúde afirma que há uma relação estreita e quantitativa entre a exposição às altas concentrações de partículas inaláveis e o aumento da mortalidade ou morbidade de curto e longo prazo (WHO, 2013).

## AMÔNIA

A amônia é o principal gás alcalino na atmosfera e contribui com a neutralização dos compostos ácidos. Esse processo de neutralização é chamado de conversão de gás para partícula no qual os compostos ácidos são transformados em sais de amônio. Esses sais de amônio formam parte do material particulado fino ( $MP_{2,5}$ ) os quais podem ser transportados pelo vento e retornar à superfície por processo de deposição seca ou úmida, ocasionando efeitos adversos ao meio ambiente e aumento de risco à saúde pública (BEHERA et al., 2013).

Com a produção de alimentos em grande escala, assim como de outras atividades antropogênicas, aumentou a preocupação com relação à adição de compostos de nitrogênio (como os óxidos de nitrogênio, óxido nítrico e a amônia) na atmosfera e seus possíveis efeitos à saúde humana e ao meio ambiente. Desses gases, a amônia é emitida pelo

maior número de fontes como: a volatilização de excrementos de animais, queima de biomassa (inclusive incêndios florestais), perdas do solo sob vegetação nativa, fertilização de solos para cultivo agrícola, emissões de excrementos humanos e combustão de combustíveis fósseis (BEHERA et al., 2013).

Com o crescente aumento da frota de automóveis, que utilizam, em sua maioria, catalisadores do tipo três vias e sistemas de pós-tratamento de gases do tipo SCR, os quais podem emitir amônia para a atmosfera, atualmente as fontes móveis são consideradas fontes significativas de emissão de amônia nas áreas urbanas (ZHAN, 2009).

## POLUIÇÃO VEICULAR

As emissões dos veículos automotores podem ocorrer pelo escapamento (emissões diretas) ou podem ser de natureza evaporativa, do combustível. São influenciadas por vários fatores como: a tecnologia do motor; porte, tipo de uso e idade do veículo, tipo e qualidade do combustível, condições de manutenção e condução; entre outros (BRASIL, 2011a).

As emissões de escapamento que, tipicamente, são originadas da queima dos combustíveis no motor são: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (exceto metano) (NMHC), óxidos de nitrogênio (NOx), aldeídos (RCHO), material particulado (MP), metano (CH<sub>4</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (BRASIL, 2011a).

O Brasil estabeleceu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, que tem como um dos objetivos reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos (BRASIL, 1986).

Para a definição dos limites de emissão, esse Programa classifica os veículos automotores em: i) leve de passageiros (automóveis); ii) leve comercial (comerciais leves) e iii) pesados (caminhões e ônibus).

Os períodos em que vigoram os limites de emissão determinados pelo PROCONVE para cada categoria são denominados de "fases". Para os automóveis e comerciais leves as fases são denominadas "L" e

para os veículos pesados as fases são denominadas “P” (BRASIL, 2011b).

As fases e períodos de implantação do PROCONVE para os automóveis, comerciais leves e veículos pesados são apresentados no Quadro 1. Por questões de atraso no oferecimento de combustível com baixo teor de enxofre, a Fase P6 não foi implementada e foi substituída pela P7.

**Quadro 1** - Fases e períodos (2012 e 2013) de implantação do PROCONVE por categoria de veículos

AUTOMÓVEIS		COMERCIAIS LEVES		PESADOS	
Fase	Período	Fase	Período	Fase	Período
L1	1989 - 1991	L2	1997	P1	1987 - 1989
L2	1992 - 1996	L3	1998 - 2004	P2	1990 - 1993
L3	1997 - 2004	L4	2005 - 2008	P3	1994 - 1997
L4	2005 - 2008	L5	2009 - 2011	P4	1998 - 2002
L5	2009 - 2013	L6	2012 e 2013	P5	2003 - 2011
L6	2013			P7	2012

**Fonte:** Adaptado de CETESB, 2014

## Sistemas de tratamentos de emissões

A queima incompleta de combustível nos veículos do ciclo Otto resulta em emissões de poluentes como o monóxido de carbono, hidrocarbonetos e aldeídos. Como indicado anteriormente, para o controle dessas emissões e, assim, atender aos limites de emissão cada vez mais rigorosos é fundamental a constante evolução tecnológica no ramo automotivo. Nesse processo de aperfeiçoamento foi desenvolvido o conversor catalítico automotivo ou “catalisador”.

Inicialmente, para veículos do ciclo Otto, foram desenvolvidos os catalisadores de oxidação que evoluíram para os catalisadores de três vias, conhecido como TWC - *Tree Way Catalyst* (Catalisador de Três Vias), que são capazes de oxidar o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos e, ao mesmo tempo, reduzir quimicamente os óxidos de nitrogênio (FIGUEIREDO, 2013).

A eventual redução química do monóxido de carbono pelo catalisador de três vias pode formar amônia. Essa formação é atribuída à reação do óxido de nitrogênio com o gás hidrogênio produzido pela reação do CO com a água (LIVINGSTON et al., 2009).

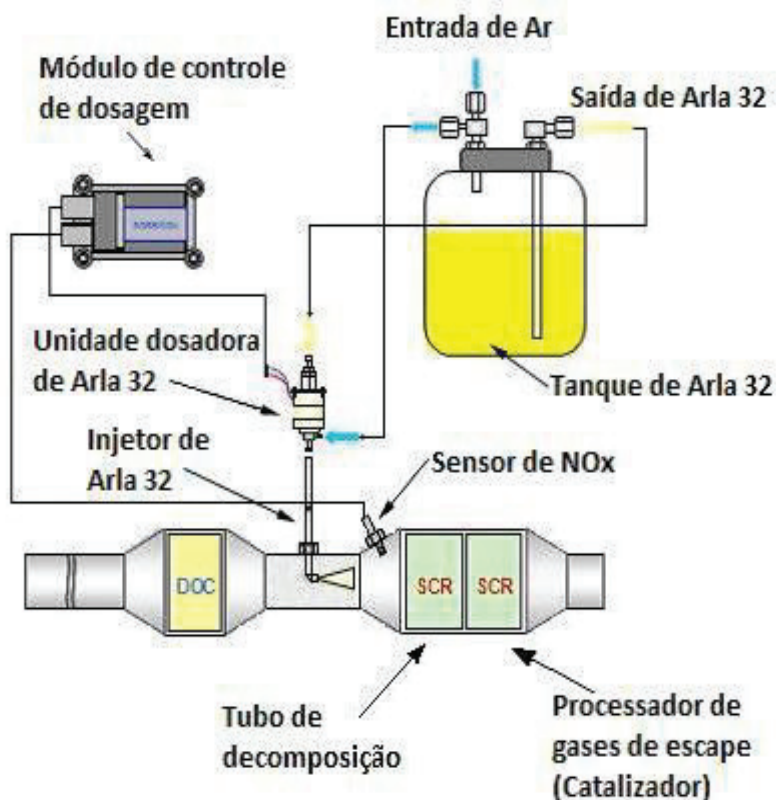
O catalisador automotivo de três vias foi introduzido no mercado brasileiro com a implantação da Fase L2 do PROCONVE para os automóveis (1992). A partir da Fase L3, iniciada em janeiro de 1997, todos os fabricantes de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto, adotaram injeção eletrônica com circuito fechado, multiponto e o catalisador de três vias.

Para redução e controle das emissões veiculares do ciclo Diesel, os gases de escapamento são tratados também nos próprios veículos, antes de serem liberados para a atmosfera. Existem vários sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento, porém o sistema de especial interesse no presente capítulo é o SCR o qual utiliza um reagente líquido que é pulverizado em quantidades precisas na passagem do gás no escapamento, ocorrendo uma reação química dentro do catalisador que reduz quimicamente os NOx (FIGUEIREDO, 2013).

No Brasil, esse reagente líquido é chamado de ARLA 32 (Agente Redutor Líquido Automotivo). Constitui-se de solução composta por água e ureia em grau industrial que, quando submetida à alta temperatura do cano de escapamento, transforma-se em amônia e se mistura aos gases de escape. Essa mistura é transportada até o catalisador, onde a

amônia reage com os óxidos de nitrogênio, transformando-os em nitrogênio e vapor d'água (SCANIA, s.d.).

A partir de janeiro de 2012, a implementação da Fase P7 do PROCONVE para o controle das emissões dos veículos pesados movidos a óleo diesel, implicou na redução nos limites de emissão da ordem de 60% para óxidos de nitrogênio (NOx) e de 80% para material particulado (MP), em relação à fase anterior. Para atender a esses limites, a maioria dos fabricantes de veículos pesados optou por utilizar o sistema SCR (Figura 1).



**Figura 1** - Funcionamento do Sistema SCR

Fonte: Luz e Matos (2013)

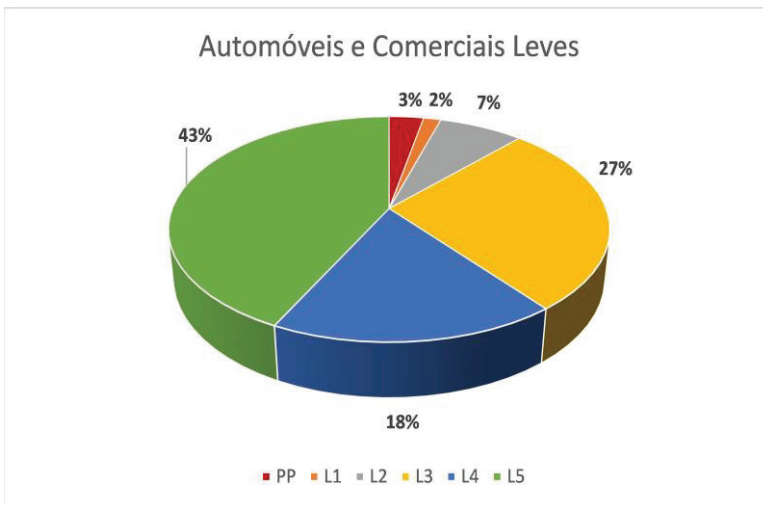
## O MONITORAMENTO DA AMÔNIA ATMOSFÉRICA

Com a implementação da Fase 7 do PROCONVE, onde ocorreu a introdução dos sistemas de tratamento de gases nos veículos pesados e, conseqüentemente a possibilidade de aumento nas concentrações da amônia atmosférica, a CETESB, deu início em 2012, ao monitoramento sistemático da amônia atmosférica na cidade de São Paulo.

O município de São Paulo, capital do Estado, é o maior e mais populoso município brasileiro (SEADE, s.d.). Possui a maior frota automotiva do país, que em, em 2013 estava estimada em aproximadamente 4,5 milhões de veículos em circulação, sendo: 3,3 milhões de automóveis, 600 mil veículos comerciais leves, 82 mil caminhões, 34 mil ônibus e 500 mil motocicletas (CETESB, 2014).

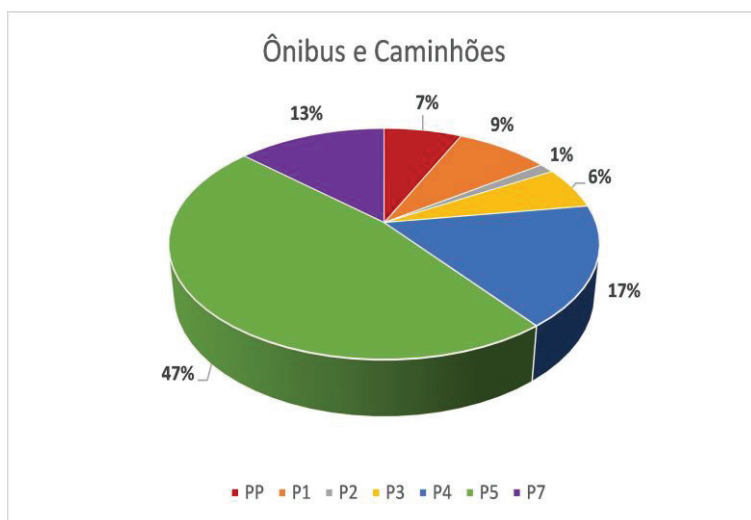
As distribuições percentuais de veículos circulantes de 2013 do município de São Paulo, identificadas segundo as fases do PROCONVE, são apresentadas nas Figuras 2 e 3, para veículos leves e pesados.

Na Figura 2 é possível observar que 88% da frota de automóveis e comerciais leves encontravam-se na Fase L3 e acima, nas quais o catalisador de três vias já era de uso universal.

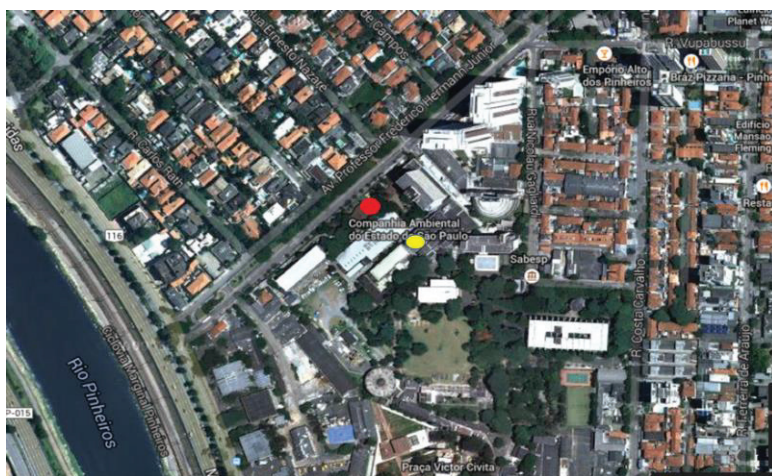


**Figura 2** - Distribuição percentual da frota de automóveis e comerciais leves do município de São Paulo, por fase do PROCONVE, em 2013

Fonte: CETESB (2014a)



**Figura 3** - Distribuição percentual da frota de ônibus e caminhões do município de São Paulo, por fase do PROCONVE, em 2013  
**Fonte:** CETESB (2014a)



**Figura 4** - Localização das estações automática e manual da qualidade do ar – Pinheiros, em São Paulo

**Fonte:** Google Maps, acesso em: jan. 2015

- Estação Manual
- Estação Automática



Na Figura 3, observa-se que a grande maioria da frota de veículos pesados encontra-se na Fase P5 e que 14% dessa frota encontram-se na fase P7, e está equipada parcialmente com sistema de pós-tratamento SCR.

A rede de monitoramento da qualidade do ar, no Município de São Paulo, em 2013, era composta por 17 estações automáticas e 9 estações manuais (CETESB, 2014a). Foram selecionados, para este estudo, os dados das estações automática e manual localizadas na Avenida Professor Frederico Hermann Júnior, 345 – Alto de Pinheiros, São Paulo. A Figura 4 indica a localização das estações de qualidade do ar denominadas “Pinheiros”, instaladas na sede da CETESB.

A Figura 5 mostra a estação manual de qualidade do ar, onde a amônia foi monitorada, enquanto que a Figura 6 apresenta a foto da estação automática da qualidade do ar.



**Figura 5** - Estação manual de monitoramento da qualidade do ar de Pinheiros, localizada na sede da CETESB, em São Paulo

Fonte: Arquivo dos autores





**Figura 6** - Estação automática de monitoramento da qualidade do ar de Pinheiros, localizada na sede da CETESB, em São Paulo

**Fonte:** Arquivo dos autores

O monitoramento da amônia foi realizado na estação manual, com utilização do método de amostragem de “Nessler”, com período de coleta de 24 horas (das 0h às 24h), a cada seis dias. Esse método consiste em se fazer borbulhar o ar atmosférico em solução diluída de ácido sulfúrico que reagirá com a amônia presente, resultando em sulfato de amônio. O íon amônio é então determinado, quantitativamente, por reação com reagente de Nessler, sendo a determinação realizada espectrofotometricamente. O limite de detecção do método (LD) é de  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CETESB, 2013).

## Resultados do Monitoramento

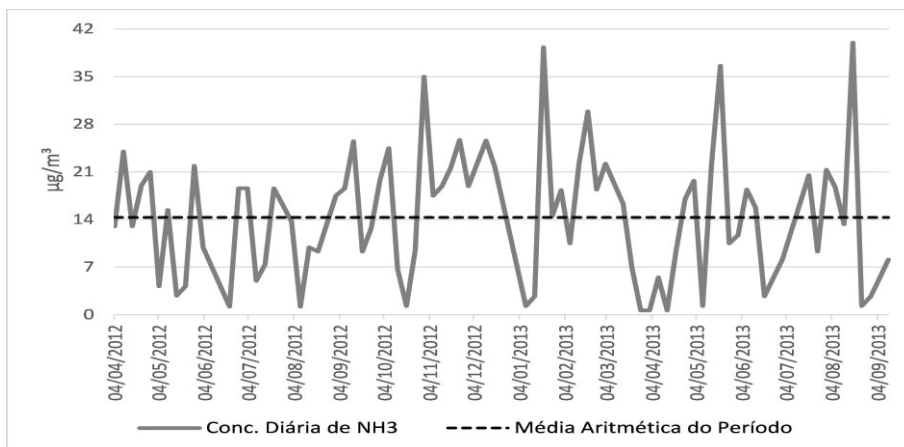
O monitoramento da amônia foi realizado de abril de 2012 a setembro de 2013, contabilizando um período de 18 meses. O valor da média aritmética de concentrações de amônia obtida no período de monitoramento, foi de  $14,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a faixa de valores variou de  $1,3$  a  $40,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A comparação dos resultados não pôde ser feita com limites nacionais pois não há padrão federal ou estadual de qualidade do ar para a amônia. A CETESB (1993 e 1999) considera como referência o valor de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para um período de 24 horas. Esse valor de referência também é utilizado pelo Ministério do Meio Ambiente de Ontário no Canadá (MOE, 2012).

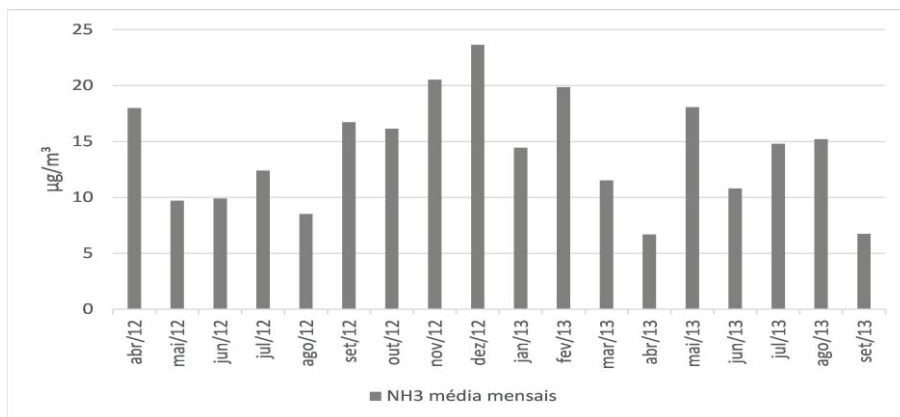
A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2000) sugere, em sua publicação *Air Quality Guidelines for Europe*, (Guias de Qualidade do Ar para a Europa) o valor-guia para a amônia é de  $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para exposição de curto prazo (24 horas) e de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como média anual.

Assim, comparando-se os valores diários obtidos durante o período de monitoramento, com os valores de referência citados, verifica-se que os valores diários estão bem abaixo desses limites. Tais valores também estão dentro do valor-guia de curto prazo, da OMS, porém são superiores ao valor de referência para a média aritmética anual. Devido a não ser um período longo de monitoramento, ficou prejudicada a análise de tendência de longo prazo de comportamento da amônia no ambiente urbano estudado.

As concentrações diárias de amônia no período de abril/12 a setembro/13 são apresentadas na Figura 7. Observa-se que os maiores valores de concentração, em torno de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ocorreram no ano de 2013.

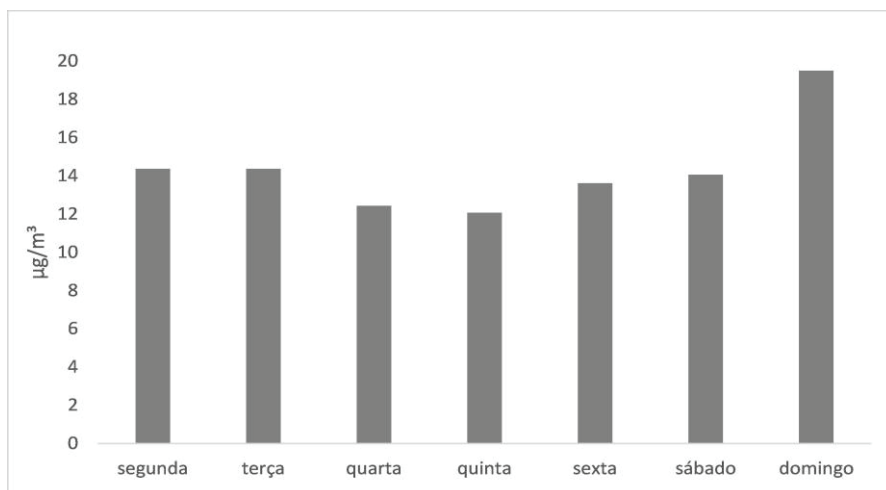


**Figura 7** - Concentrações diárias de amônia, entre abril/2012 e setembro/2013



**Figura 8** - Concentrações médias mensais de amônia, no período de abril/2012 a setembro/2013

As concentrações médias mensais de amônia no período de abril de 2012 a setembro de 2013, com o objetivo de indicar a sazonalidade deste poluente são apresentadas na Figura 8. Observa-se que as maiores concentrações ocorreram entre novembro/2012 e fevereiro/2013, período esse que envolve fim da primavera e parte do verão.



**Figura 9** - Concentrações médias de amônia, por dias da semana, no período de abril/2012 a setembro/2013

O mês de abril/2012 chama a atenção por apresentar concentrações de amônia atmosférica acima do esperado para o comportamento da série. Porém, ao se analisar as médias mensais de amônia conjuntamente com as médias das máximas de temperatura, apresentadas na Figura 14, nota-se que o mês de abril também apresentou valor médio de temperatura acima do comportamento esperado para a série.

Em geral, as concentrações mais altas dos poluentes primários na atmosfera ocorrem no período compreendido entre os meses de maio a setembro, devido à: i) maior ocorrência de inversões térmicas em baixas altitudes; ii) alta porcentagem de calmaria; iii) ventos fracos e iv) baixos índices pluviométricos.

Com relação aos poluentes secundários, ou seja, aqueles formados na atmosfera, principalmente o ozônio, ocorrem com maior frequência no período compreendido entre setembro e março (primavera e verão), meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera (CETESB, 2009).

Estudos apresentados por Ianniello et al. (2010), Pandolfi et al. (2012) e Reche et al. (2015) mostram o aumento nas concentrações de amônia no verão. Segundo esses autores, é esperado que os níveis de amônia sejam maiores no verão devido ao aumento do seu potencial de volatilização e sua emissão a partir de fontes biológicas submetidas a temperaturas mais altas nessa época.

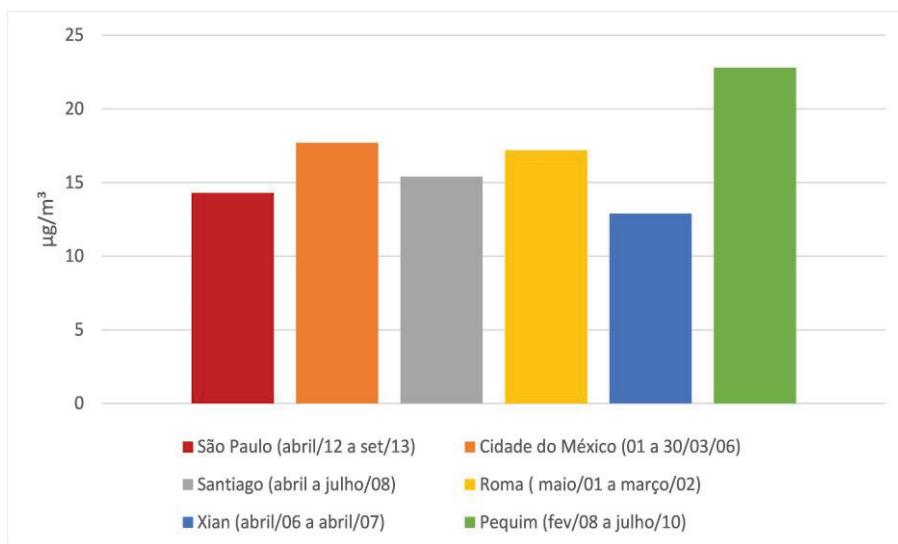
As concentrações médias de amônia por dia da semana são apresentadas na Figura 9. Observa-se que as concentrações médias variaram de 12,1 a 19,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que a maior média foi observada no domingo. O fato de as concentrações não serem mais baixas nos finais de semana, dias em que, geralmente, o volume de tráfego é menor, aponta para a influência de outras fontes além das emissões veiculares para a formação desse poluente. O número de amostras variou de 9 a 13 para cada dia da semana.

## **Comparação com cidades de outros países**

Várias pesquisas sobre monitoramento de amônia foram realizadas em diversas cidades de outros países, porém com métodos e abordagens diferentes deste estudo. Na Figura 10 foram selecionados alguns

estudos por apresentarem objetivo de monitoramento mais próximo a este trabalho.

Observa-se (Figura 10) que a média das concentrações de amônia em São Paulo, cujo valor encontrado neste estudo foi de  $14,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , é muito próxima aos valores encontrados em Santiago do Chile (TORO et al., 2014), Roma, Itália (PERRINO et al., 2002), Cidade do México, México (FOUNTOUKIS et al., 2009) e Xi'na, China (CAO et al., 2009) e menor que aquele encontrado em Beijing, China de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (IANIELLO et al., 2010).



**Figura 10** - Concentrações médias de amônia em outros estudos

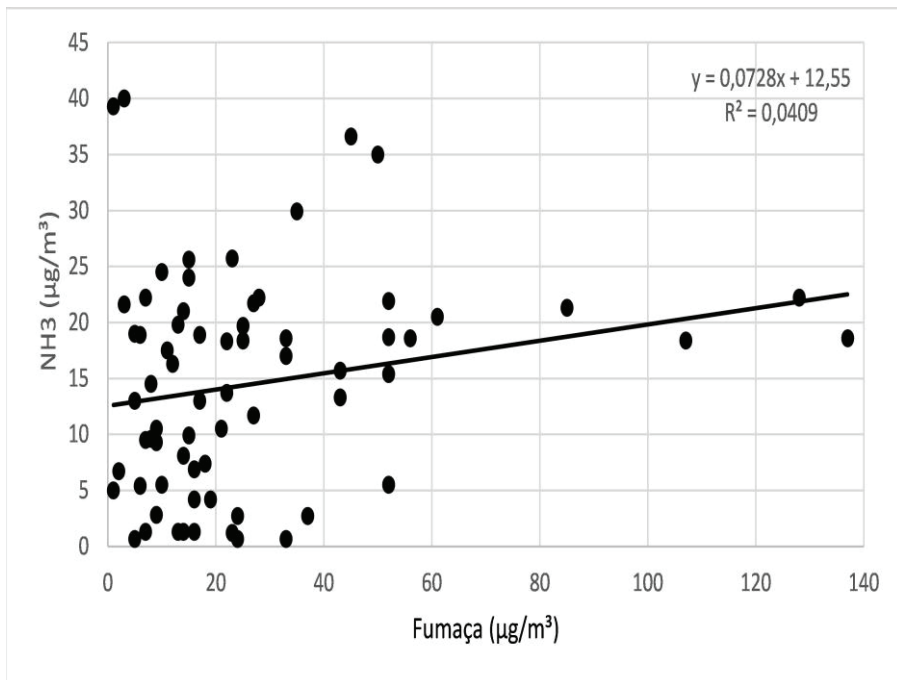
### Comparação com outros poluentes

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) a fonte veicular de emissão de amônia predominante são os veículos leves, sendo que uma contribuição significativa dos veículos pesados só é esperada quando a frota de veículos produzidos a partir de 2012 (Fase P7) for expressiva (BORSARI, 2014).

Dessa forma, visando ao entendimento dos resultados obtidos foi realizado estudo de correlação entre os dados de amônia e o monóxido de carbono, cuja principal fonte de emissão no município de São Paulo são os automóveis (aproximadamente 75%) (CETESB, 2014). O monóxido de carbono foi medido na estação automática de Pinheiros, distante cerca de 40 metros do local de medição da amônia.

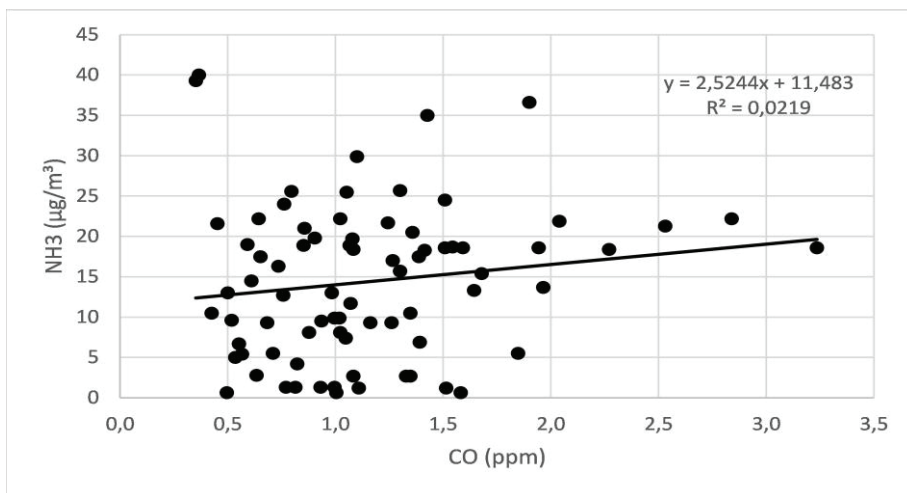
Embora atualmente não seja esperada participação significativa dos veículos pesados na emissão de amônia, foi também analisada a existência de correlação dos dados deste poluente com a fumaça, também medida no mesmo local de medição da amônia. A fumaça está diretamente associada à emissão de veículos pesados.

A Figura 11 apresenta a dispersão entre as médias diárias de amônia e fumaça no mesmo período. Foi encontrada fraca correlação ( $r = 0,2$ ) entre os dois poluentes.

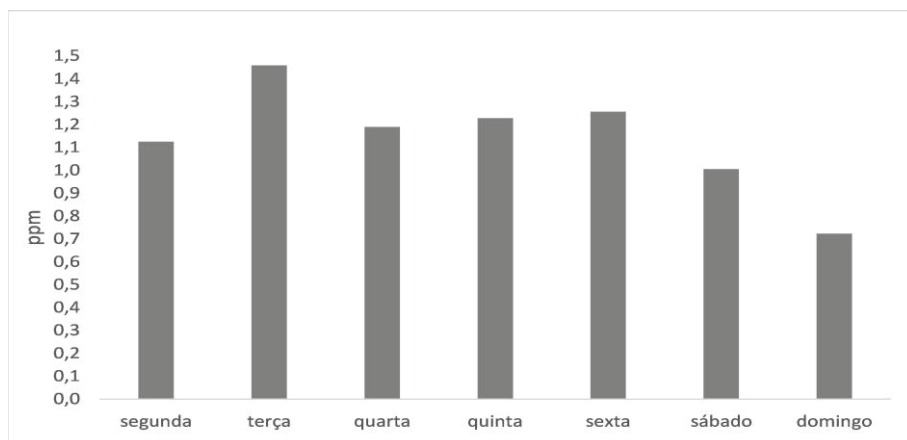


**Figura 11** - Correlação entre as médias diárias de amônia e fumaça, no período de abril/2012 a setembro/2013

Na Figura 12 é apresentado gráfico de dispersão entre as médias diárias de amônia e CO no mesmo período. Neste caso também foi encontrada fraca correlação entre os dois poluentes ( $r = 0,1$ ).



**Figura 12** - Correlação entre as médias diárias de amônia e CO, no período de abril/2012 a setembro/2013



**Figura 13** - Concentrações médias diárias de CO, por dia da semana, no período de abril/2012 a setembro/2013

Na Figura 13 são mostradas as concentrações médias de CO, por dia da semana, com o objetivo de verificar se há diferença no comportamento desse poluente entre os dias da semana e final de semana. Pode-se constatar que, conforme esperado, as concentrações foram menores no sábado e no domingo quando, geralmente, o volume de tráfego é menor.

Para compreender melhor o comportamento da amônia seria interessante conhecer o perfil horário das concentrações, como o fizeram Saylor et al. (2010), que encontraram um comportamento muito parecido entre a amônia e o monóxido de carbono.

Também foi analisada a existência de correlação entre amônia e compostos de nitrogênio e não foram observadas correlações significativas. Portanto, não é possível identificar se a amônia atmosférica medida é de origem veicular.

## **Comparação com parâmetros meteorológicos**

As condições da atmosfera são fortemente influenciadas pelas situações meteorológicas. A circulação geral da atmosfera também interfere na dispersão, uma vez que a movimentação das grandes massas de ar afeta a circulação local (DAMILANO, 2006).

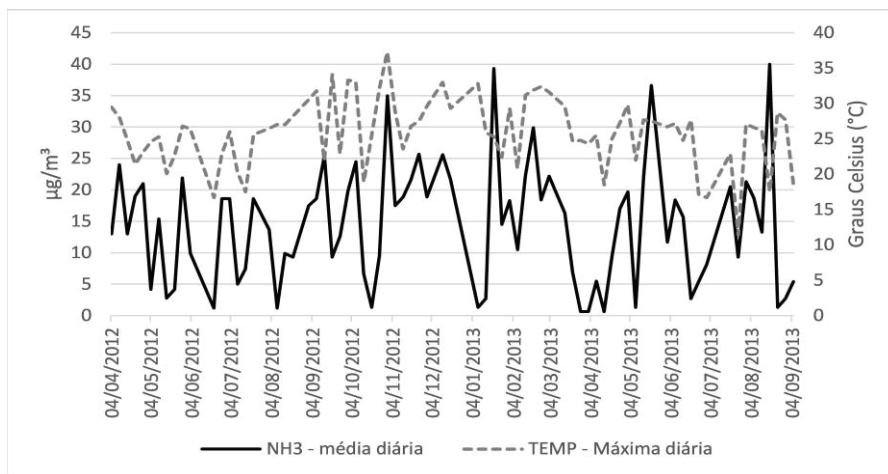
A temperatura do ar constitui um parâmetro de interesse para o estudo da dispersão de poluentes (DAMILANO, 2006). Como a literatura indica que a concentração de amônia tende a ser mais alta em períodos mais quentes, foram analisadas suas concentrações médias juntamente com as médias das máximas de temperatura (Figura 14). Observa-se que em vários momentos da série as concentrações de amônia e máximas de temperatura apresentam uma tendência semelhante.

Ao analisar todos os dados em conjunto, foi possível perceber que quando ocorreu a máxima de temperatura, ocorreu também valor de concentração de amônia elevado. Porém, esse mesmo fato não aconteceu no dia em que ocorreu a máxima concentração de amônia em todo o período amostrado.

Na Figura 15 estão apresentadas as médias mensais das concentrações de amônia juntamente com os valores médios mensais das má-



ximas diárias de temperatura. Observa-se a semelhança entre o comportamento da amônia e da temperatura, assim como a tendência das concentrações médias de amônia que foram mais elevadas nos meses mais quentes e mais baixas nos meses mais frios.



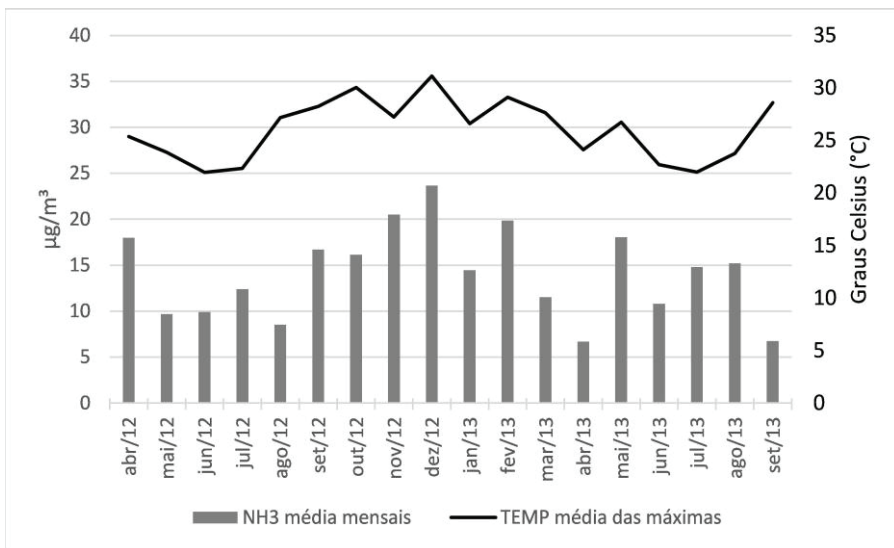
**Figura 14** - Concentrações médias diárias de amônia e máximas diárias de temperatura, no período de abril/2012 a setembro/2013

Apesar das concentrações de amônia e temperatura apresentarem tendência parecida ao longo da série histórica do período foi encontrada fraca correlação entre elas ( $r = 0,3$ ), porém representa a melhor correlação entre as correlações obtidas neste trabalho. Assim, percebe-se que a amônia não apresenta comportamento típico de poluente primário, pois seria esperado que os valores de concentração fossem mais elevados no período de inverno quando, geralmente, piora a dispersão de poluentes, o que não ocorreu.

Por outro lado, foi possível verificar que nos meses mais quentes as concentrações de amônia foram maiores, com exceção do dia em que ocorreu a máxima de todo o período no qual a temperatura máxima foi baixa.

Estudos feitos por Perrino et al. (2002), Pandolfi et al. (2012) e Reche et al. (2015) sobre a amônia atmosférica sugerem que as variações na temperatura ao longo do ano afetam substancialmente as emissões de amônia oriundas de atividades agropecuárias ou de fontes como: aterros sanitários, lixões, esgotos sanitários, etc., pois sua volatilização é muito sensível à temperatura do ar.

Sabendo que a amônia é também originada da biodegradação de matéria orgânica nitrogenada (SCHIRMER; LISBOA, 2008) e que as fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas, sendo que os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, que lança nas águas nitrogênio orgânico (CETESB, 2015a), uma possível fonte de emissão de amônia na região de Pinheiros seria o Rio Pinheiros. Classificado como rio classe 4, esse rio fica a, aproximadamente, 350 metros da estação de monitoramento da CETESB utilizada neste estudo, o que pode ter influência na medição da amônia.



**Figura 15** - Concentrações médias mensais de amônia e médias mensais das máximas diárias de temperatura, no período de abril/2012 e setembro/2013

Também foram analisados os dados de umidade relativa do ar conjuntamente com os dados de amônia, por ser este um parâmetro meteorológico que caracteriza o tipo de massa de ar que está atuando sobre a região. Foi observada uma correlação negativa ( $r = -0,2$ ) entre as médias diárias de amônia da estação Pinheiros e os percentuais mínimos de umidade relativa do ar medida na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, distante cerca de 8 km em linha reta do local de medição da amônia. Como a amônia é muito solúvel em água, o aumento da umidade relativa do ar tende a facilitar sua remoção.

Outro fenômeno importante na dispersão dos poluentes são as chuvas, elas “lavam” a atmosfera decantando não só os particulados, mas também contribuem com a dissolução de gases (ROMÃO et al., 2007), em especial os muito solúveis. Assim, é esperado que seu comportamento na atmosfera esteja intimamente ligado à ocorrência de precipitação. Nesse aspecto, foi analisado o perfil das concentrações médias diárias de amônia e o índice pluviométrico medido na estação do Sistema Cantareira no município de São Paulo (SABESP, s.d.). Observou-se que, dos quatro dias em que ocorreram as máximas concentrações de amônia, em três deles não houve a presença de chuva e, por outro lado, nos quatro menores valores diários de concentração de amônia, em três dias, ocorreu a presença de chuva.

Os resultados da análise da influência dos parâmetros meteorológicos no comportamento da amônia, mostram que é possível observar a influência da temperatura e da chuva nos valores de concentração, porém somente a temperatura, umidade e precipitação não explicam todas as situações registradas.

## CONCLUSÕES

Os resultados da análise das concentrações de amônia medidas no período entre abril de 2012 e setembro de 2013, no bairro de Pinheiros, no município de São Paulo, permitem concluir que o valor médio encontrado em São Paulo é muito próximo aos encontrados em outras cidades ao redor do mundo.

Os resultados de correlação entre as concentrações de amônia e os poluentes conhecidos de origem veicular foram muito fracos, não sendo possível afirmar qual a contribuição das emissões veiculares nas concentrações observadas. Com relação aos parâmetros meteorológicos, os resultados das correlações obtidas, apesar de fracos, foram melhores dos que os observados com os poluentes, porém não explicam todas as situações encontradas.

Aventa-se a possibilidade do Rio Pinheiros, possível fonte de biodegradação de matéria orgânica próxima à estação de monitoramento de amônia, ser em parte responsável pelas concentrações observadas nesta pesquisa, porém não é possível afirmar esta influência com os dados obtidos. Para tanto, seria necessário um mapeamento de todas as possíveis fontes no entorno da estação e sua influência.

Para identificar a possível fonte da amônia medida em determinado local é necessário entender seu comportamento na atmosfera, assim como adequar a metodologia de amostragem para comparar com outros poluentes. Porém, os valores observados neste trabalho são importantes para servir de base para um estudo futuro com objetivo de avaliar o impacto da introdução da tecnologia de pós-tratamento de emissões nos veículos pesados.

Ainda como recomendação, sugere-se que, como a amônia é muito importante na formação do material particulado fino e, sendo este um poluente que requer atenção na região, a continuidade do monitoramento da amônia é importante para aumentar a base de dados históricos sobre o mesmo.

Também seria interessante que o monitoramento fosse ampliado para outros locais, preferencialmente abrangendo usos de solos diferentes para avaliar o comportamento da amônia na área urbana e em áreas sem influência de tráfego.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, R. de et al. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons from gasohol and ethanol vehicles. *Atmospheric Environment*, v. 43, p. 648-654, 2009.

ASSUNÇÃO, J. V. de et al. Dioxins and furans in the atmosphere of São Paulo City, Brazil. *Chemosphere* (Oxford), Inglaterra, v. 58, n. 10, p. 1391-1398, 2005.

BEHERA, S. N.; SHARMA, M. Transformation of atmospheric ammonia and acid gases into components of PM<sub>2.5</sub>: an environmental chamber study. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 19, n. 4, p. 1187-1197, May 2012.

BEHERA, S. N. et al. Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science Pollution Research*, v. 20, p. 8092-8091, Nov. 2013. DOI 10.1007/s11356-013-2051-9.

BELOTTI, L. *Efeitos cardiopulmonares da exposição ao material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) proveniente do concentrador de partículas ambientais (CPA) na hipertrofia ventricular esquerda de ratos wistar*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BORSARI, V. *Emissão de amônia de veículo automotor leve e sua importância para a saúde ambiental*. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução CONAMA n° 18, de 06 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. Com alterações posteriores. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, 17 jun. 1986. Seção 1, p. 8792-8795. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>. Acesso em: 2 maio 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 1° Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviário. *Relatório Final*. Brasília, DF, 2011a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. *Coleção Meio Ambiente*, n. 3, p. 17-19, Brasília, DF, 2011b.

CANÇADO, J. E. D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, v. 32, supl. 2, p. S5-S11, maio 2006.

CAO J. J. et al., Characterization of atmospheric ammonia over Xi'an, China. *Aerosol and Air Quality Research*, Taoyuan City, v. 9, n. 2, p. 277-289, 2009.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Estudo de amônia na atmosfera de Cubatão - 1992*. São Paulo, 1993.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Amônia na atmosfera de Cubatão - 1998*. São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacao-es-e-relatorios>. Acesso em: 2 abr. 2014.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2008*. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>. Acesso em: 02 abr. 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Descrição método de Nessler*. Documento elaborado pelo Setor de Amostragem e Análise do Ar, São Paulo, 2013.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Emissões veiculares no Estado de São Paulo - 2013*, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2013/12/relatorio-emissoes-veiculares-2013.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2013*, São Paulo, 2014a. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>. Acesso em: 2 abr. 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2014*, Série Relatórios/CETESB, ISSN 0103-4103, São Paulo, 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Apêndice D - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade*. São Paulo, 2015a. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/apendices-relatorio-%20Significado%20Ambiental%20e%20Snit%C3%A1rio%20>  
Acesso em: 2 maio 2015.

DAMILANO, D. C. R. *Estudo da influência da poluição atmosférica e das condições meteorológicas na saúde em São José dos Campos*. Relatório final de projeto de iniciação científica. INPE, São José dos Campos, 2006.

FIGUEIREDO, S. A. *Avaliação técnico-econômica das principais tendências e alternativas do transporte rodoviário nacional sob o ponto de vista energético e ambiental*. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FOUNTOUKIS, C. et al. Thermodynamic characterization of Mexico City aerosol during MILAGRO 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 9, p. 2141-2156, 2009.

IANNIELLO, A. et al. Occurrence of gas phase ammonia in the area of Beijing (China). *Atmospheric Chemistry and Physics*, v.10, p. 9487-9503, 2010.

LIVINGSTON, C. et al. Ammonia emissions from a representative in-use fleet of light and medium-duty vehicles in the California South coast Air Basin. *Atmospheric Environment*, v, 43, p. 3326-3333, July 2009.

LUZ, H. A. S; MATOS, M. *Sistema de redução catalítica de NOx com injeção de ureia*. 2013. Monografia para conclusão de curso (Tecnologia em Eletrônica Automotiva) - FATEC, Santo André, 2013.

MOE - ONTARIO MINISTRY of the ENVIRONMENT. *Ontario's ambient air quality criteria*, april 2012. Disponível em: <http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf>. Acesso em: 2 maio 2015.

PANDOLFI, M. et al. Summer ammonia measurements in a densely populated Mediterranean city. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 12, p. 7557-7575, Aug. 2012.

PEREIRA, L. A. A. et al. O ar da cidade, ruído e as desigualdades na saúde. In: SALDIVA et al., (Org.). *Meio Ambiente e Saúde: O desafio das metrópoles*. São Paulo: Ex Libris, 2010. 1a. ed., p. 146-161.

PERRINO, C. et al. Gaseous ammonia in the urban area of Rome, Italy and its relationship with traffic emissions. *Atmospheric Environment*, v. 36, p. 5385-5394, Nov. 2002.

POPE, C. A. 3<sup>RD</sup> et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, v. 287, n. 9, p.1132-1141, Mar. 2002.

RECHE, C. et al. Urban NH<sub>3</sub> levels and sources in six major Spanish cities. *Chemosphere*, v. 119, p. 769-777, Jan. 2015.

RIBEIRO, A. A. *Estudo de correlação das internações hospitalares por câncer, poluição relacionada ao tráfego e nível socioeconômico no município de São Paulo*. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ROMÃO, M. et al. *Uso da Meteorologia no controle da poluição do ar. Vento Noroeste - Meteorologia & Meio Ambiente*. 2007. Disponível em: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2011/03/metereologia-e-poluicao.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2015.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Situação dos mananciais. Índices pluviométricos*. [s.d.] Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/DivulgacaoSiteSabesp.aspx> Acesso em: 2 jul. 2015.

SAYLOR, R. D. et al. Continuous gaseous and total ammonia measurements from the southeastern aerosol research and characterization (SEARCH) study. *Atmospheric Environment*, v. 44, p. 4994-5004, Dec. 2010.

SCANIA. *Tecnologia Scania SCR*. [s.d.] Disponível em: <http://www.scania.com.br/caminhoes/tecnologia-do-veiculo/scania-scr> Acesso em: 28 set. 2015.



SCHIRMER, W. N., LISBOA, H. M. Química da atmosfera: constituintes naturais, poluentes e suas reações. *Revista Tecno-Lógica*, Santa Cruz do Sul, v. 12 n. 2, p. 37-46, jul./dez. 2008.

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. *Principais indicadores do município de São Paulo*. [s.d] Disponível em: <[http://produtos.seade.gov.br/produtos/msp/tabela\\_sintese.htm](http://produtos.seade.gov.br/produtos/msp/tabela_sintese.htm)> e Projeções Populacionais. Disponível em: <[http://produtos.seade.gov.br/produtos/perfil\\_regional/index.php](http://produtos.seade.gov.br/produtos/perfil_regional/index.php)>. Acesso em: 25 maio 2015.

SILVA, S. R. da. *Concentrações de amônia na atmosfera na cidade de São Paulo e sua relação com a poluição veicular*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SUTTON, M. Atmospheric Ammonia: detecting emission changes and environmental impacts. In: Scope and overview of the UNECE Expert Workshop in ammonia. *Workshop...* Edinburg, Dec. 2006, p. 1-8.

TORO, R. A. et al. Urban atmospheric ammonia in Santiago City, Chile. *Aerosol and Air Quality Research*, Taoyuan City, v. 14, p. 33-44, 2014. Doi: 10.4209/aaqr.2012.07.0189.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regional Office for Europe. *Air Quality Guidelines for Europe*. European Series, n. 91 second edition, Copenhagen, 2000. Disponível em: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E719](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E719) Acesso em: 2 maio 2015.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Air Quality Guidelines: Global update 2005*. Copenhagen, 2006. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Housing-and-health/publications/pre-2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-o3-zone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide>. Acesso: 3 nov. 2017.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Health effects of particulate matter*. Geneva, 2013. Disponível em: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/)

Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf?ua=1. Acesso em: 2 maio 2015.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Ambient (outdoor) air quality and health - Fact sheet N°313*. Geneva, 2014. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>. Acesso em: 1 maio 2015.

ZHAN, T. *On-Road Motor Vehicle Emissions including NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> - Final Report*. Contract No. 7-319. Prepared for the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency. Oct. 2009. Disponível em: <[http://www.feat.biochem.du.edu/assets/databases/Cal/Tricity\\_NH3\\_SO2\\_NO2\\_2008\\_Report\\_ARB.pdf](http://www.feat.biochem.du.edu/assets/databases/Cal/Tricity_NH3_SO2_NO2_2008_Report_ARB.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2017.

# 3 Sistema dutoviário de transporte de grãos como equalizador dos desafios da gestão da qualidade do ar em Cubatão

Mônica Silveira e Costa Cheng  
Sonia Maria Viggiani Coutinho

## INTRODUÇÃO

O controle da poluição é um desafio constante para qualquer cidade, região ou país. As situações características de cada localidade devem ser analisadas e consideradas, não apenas no contexto ambiental, mas também observando todas suas interfaces importantes, como características geográficas, densidade demográfica, vocação econômica, entre outras. Para que haja controle sobre a poluição ou seus efeitos, há que se estabelecer um conjunto de ações específicas para a localidade em questão, bem como o momento em que se está avaliando. Não há uma fórmula de sucesso que possa ser aplicada a todos os casos. A dinâmica das cidades e regiões altera-se ao longo dos anos, lenta ou rapidamente. Por isso, observar as mudanças e notar as possíveis influências entre as interfaces auxilia no planejamento para a gestão ambiental.

Os desafios da gestão da qualidade do ar em Cubatão, as consequências da poluição do ar e seus efeitos sobre a saúde são bastante conhecidos, sendo encontrados estudos sobre o tema desde a década de 1980. O mesmo se dá com a identificação das mudanças ocorridas nas atividades, fluxo e cenários de ocupação do município, porém estas não

foram considerados de forma sistemática, na definição de ações de controle da poluição do ar (BARNEY et al., 1995; CUMMING, 2013; FERREIRA, 2007; FIGUEIREDO et al., 2014; FREITAS, 2006; GIBSON, 2006; JONES et al., 2011; MARRO et al., 2009; POPE et al., 2002; SANTOS, 2009).

O município de Cubatão, ocupa uma área de 148 km<sup>2</sup> e situa-se a 57 km da capital paulista, não pode ser estudado dissociado de seu entorno, pois possui um importante Polo Industrial abrigado entre as escarpas da Serra do Mar, sofrendo também influência da logística do Porto de Santos, com tráfego intenso de caminhões e contém uma das vias de acesso às praias do litoral do Estado de São Paulo.

Sabe-se que vêm ocorrendo mudanças de atividades, fluxos e cenários de ocupação no município de Cubatão e seu entorno que não foram acompanhadas de ações de gestão em um mesmo ritmo, como a logística de apoio ao Porto de Santos e o consequente aumento da intensidade de movimentação de caminhões nas estradas e entorno das estações medidoras da qualidade do ar da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB.

O ponto inicial foi identificar o conjunto de ações relacionadas à gestão ambiental da qualidade do ar, adotadas entre 1980 e 2013, no município de Cubatão e seu entorno, particularmente referente ao parâmetro material particulado (MP<sub>10</sub>), que é o parâmetro mais significativo para a área em estudo. O MP<sub>10</sub> é constituído por partículas sólidas ou líquidas em suspensão na atmosfera e pode ser formado por fontes naturais e/ou por fontes antropogênicas. O período inicial foi determinado em função da época em que as estações medidoras da qualidade do ar foram instaladas. A década de 1980 foi um período crítico, no qual Cubatão ficou conhecido como Vale da Morte.

Com base nas circunstâncias ocorridas ao longo do tempo, como Políticas Públicas, crises mundiais e nacionais, comparando as ações e reações e suas influências com a evolução da qualidade do ar no município de Cubatão, foram identificadas situações de eventos críticos de poluição do ar ou ações de controle destes eventos. Cada período em que ocorreu uma mudança significativa na qualidade do ar foi denominado cenário.

Observando-se os cenários, pôde-se identificar a nova dinâmica que se apresentava na região, sinalizando um desequilíbrio, que poderia afetar a qualidade do ar em Cubatão.

E, com base nessa observação, partiu-se para a proposição de ações de gestão encontradas. Desta forma, a discussão que segue remete à proposição de protótipo como uma das possíveis ações de gestão para região, considerando a associação do tráfego de caminhões e a qualidade do ar em Cubatão e entorno.

O percurso metodológico considerou levantamento bibliográfico, legislação, materiais divulgados na imprensa, banco de dissertações e teses acadêmicas, bem como análise, desenvolvimento e proposição de solução tecnológica, em etapa empírica realizada em conjunto com a Escola Politécnica da USP e InovaLab@POLI.

Foram incluídos trabalhos sobre a dinâmica de ocupação ao longo do tempo; sobre problemas associados a emissões atmosféricas, principalmente aqueles relacionados à ocorrência de episódios críticos de poluição do ar durante o período de 1980 a 2013 e sobre ações de gestão adotadas para controle da poluição do ar.

Desta forma, foram abordadas três dimensões: as diretrizes de desenvolvimento (Políticas) de influência no município de Cubatão e seu entorno, as alterações na dinâmica da região ao longo do tempo e o histórico da qualidade do ar em Cubatão para o parâmetro material particulado (MP<sub>10</sub>). No desenvolvimento do estudo, também foram identificadas ações de gestão adotadas durante episódios críticos de poluição do ar, no período de 1980 a 2013, que possibilitaram análise das transformações ocorridas e discussão sobre a compatibilidade destas ações de controle com a situação atual (ANUATTI-NETO et al., 2005; CASTRO, [201?]; D'ARAUJO, [201?]; MOREIRA, [201?]; RODRIGUES, 2005; CETESB, 2013d; CIDE, 2006; CIESP, 2012; FERREIRA, 2007; II PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO, 2012; PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO, 2014a, 2014b e 2014c; VALARINI, 2011).

As informações consideradas significativas foram agrupadas e a alteração de vocação econômica ocorrida ao longo do tempo foi identificada, analisando a compatibilidade destas em relação aos recursos e espaços disponíveis na região. Observou-se que a intensidade das ações adotadas na região levou a consequências significativas, quando utilizados como referência os resultados dos índices de qualidade do ar.

Com base nos resultados obtidos pela consolidação das informações, pode-se dizer que, em um contexto mais amplo, este estudo implica considerar questões relacionadas aos modelos estratégicos para desenvolvimento adotados, que consideram, como exemplo de industrialização no Brasil, principalmente após os anos 1950, o uso intensivo de combustíveis fósseis e a opção do transporte rodoviário. Posteriormente, o modelo estratégico investe também na intensiva produção e exportação de grãos, tendo o porto de Santos, como uma importante opção de escoamento. Em ambos os casos, busca-se refletir sobre o momento em que a questão ambiental é observada quando da implantação dos modelos de desenvolvimento no país.

## ANÁLISES DOS CENÁRIOS

As grandes alterações começaram a ocorrer com a industrialização, ou seja, a partir de 1921. Porém, de 1921 a 1950, as maiores consequências foram sociais e urbanas. O que norteia a delimitação dos cenários, neste estudo, é a alteração da qualidade do ar. Portanto, tornam-se significativas quanto a esse critério as alterações ocorridas a partir de 1950, quando se iniciou a fase intensa de industrialização no município. Considerou-se também o cenário até 2013, em função da identificação de novo ciclo de alteração da qualidade do ar, que pode estar relacionada à nova dinâmica da região.

Sendo assim, ficaram delimitados três períodos: de 1951 a 1980, em que claramente foi verificado o impacto ambiental e início da reação para controle da poluição; de 1981 a 2000, no qual houve efetivamente a reação e a recuperação ambiental (FIESP; CIESP, 2008) e, de 2001 a 2013, em que houve sinalização de que alterações da qualidade do ar vinham ocorrendo.

As situações características de cada cenário foram definidas observando-se o conjunto de ações e reações ocorridas num período em que houve forte influência umas sobre as outras, refletindo sobre os indicadores de qualidade do ar.

Para definição dos elementos-chave foram consideradas as situações que caracterizam um potencial de influência nos índices monitorados para o parâmetro material particulado (MP<sub>10</sub>). Foram considerados como referência, para identificar as alterações da qualidade do ar,

dados medidos a partir da década de 1980, período em que se iniciou a operação das estações medidoras em Cubatão pela CETESB.

Foram definidos quatro elementos-chave, considerando a evolução da qualidade do ar em Cubatão, com relação ao parâmetro material particulado MP<sub>10</sub>: Planos/Diretrizes de Ação (Políticas), Dinâmica de Ocupação, Qualidade do ar e Planos de Reação. Com base nestes elementos, o cenário de 2013 foi escolhido e apresentado como conceituação do problema para o desenvolvimento de uma solução tecnológica.

Na conceituação do problema, foram discutidas as políticas de desenvolvimento econômico instaladas, a partir de 2000, que tiveram forte viés de expansão do agronegócio e, conseqüentemente, de exportações com ações voltadas à expansão portuária e ao incentivo à produção de grãos. Sem considerar o aspecto predatório ambiental do modelo industrial e do agronegócio brasileiro, esta expansão gerou impacto no Polo Industrial de Cubatão com o intenso tráfego direcionado ao Porto de Santos nos períodos de safra. Esta nova dinâmica na região foi observada com mais intensidade após 2004, quando se estabeleceram mais de 10 pátios de caminhões em Cubatão, para apoio às operações do Porto de Santos.

Outra diretriz do Governo Federal que influenciou foi o lançamento do programa da Petrobrás – Pré-Sal, com a perspectiva de aumento da produção de petróleo na Bacia de Santos, atraindo investimentos diversos, principalmente na área da construção civil, que gerou um *boom* imobiliário na Baixada Santista.

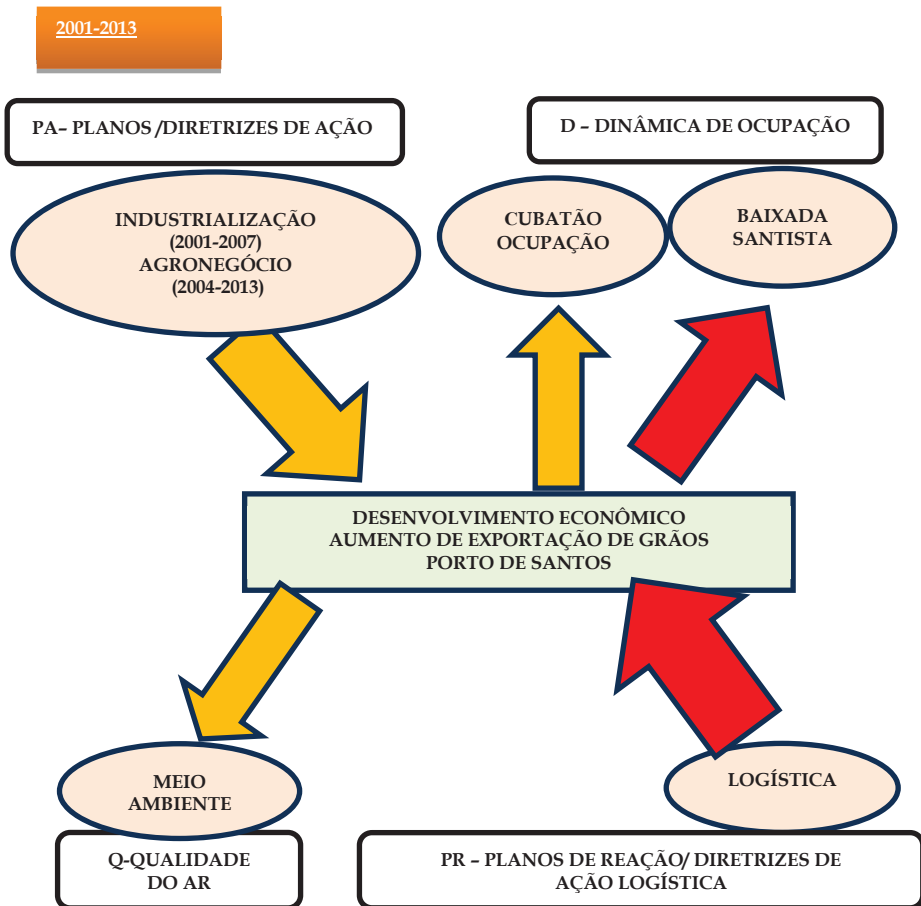
Esses fatores geraram impactos regionais importantes, e em 2013, os congestionamentos acarretaram perdas para o setor de exportação de grãos e para o setor industrial da região. Buscando amenizar o problema, foram criados pátios para que os caminhões fossem desviados enquanto esperavam para descarregar no Porto de Santos. Estes pátios foram estabelecidos em Cubatão, junto ao Polo Industrial.

Também foram adotadas ações de controle de tráfego, após o caos detectado nas estradas, em 2013, com a criação de pátios de espera no Planalto, no alto da Serra, de forma que, na ocorrência de congestionamento, os caminhões ficavam estacionados até que houvesse liberação dos pátios instalados no Polo Industrial. Posteriormente, com a conclusão da implantação de novas faixas na Rodovia dos Imigrantes e com

a duplicação da Rodovia Domenico Rangoni, finalizadas em 2014, houve melhora no fluxo das vias na Baixada.

Para consolidação das informações na construção dos cenários, foram utilizadas figuras ilustrativas, sem indicadores específicos, para visualizar as ações, impactos e reações ocorridos em cada período.

Ilustrando o período de 2001 a 2013, considerando o que foi discutido nos parágrafos anteriores, na Figura 1 observa-se que a criticidade da situação está associada ao segmento logístico, que pode estar contribuindo para a alteração dos índices de qualidade do ar.



**Figura 1** - Cenário 2001-2013 - Alteração da dinâmica - qualidade do ar



O tamanho das setas demonstra a intensidade dos impactos identificados. A cor laranja significa alteração das condições, sinalizando pouca compatibilidade com recursos e espaços; e a vermelha alteração das condições, incompatível com recursos e espaços, requerendo ações imediatas.

Neste cenário, as ações de reação para controle do segmento logístico foram adotadas, mas não focaram diretamente nas emissões atmosféricas decorrentes de emissões veiculares e ressuspensão de poeiras nas vias de tráfego. Desta forma, as ações adotadas podem ter auxiliado na solução de situações críticas de congestionamentos e consequências econômicas, porém não implicaram em melhora efetiva da qualidade do ar.

A qualidade do ar nesse período manteve-se controlada, sem ocorrência de episódios críticos de poluição do ar (estados de Alerta e Emergência), porém os índices de qualidade do ar para o MP<sub>10</sub> demonstraram alterações importantes. A estação medidora da CETESB de Cubatão-Vila Parisi, que é a mais sensível às alterações da dinâmica da região, apresentou tendências de aumento dos índices de MP<sub>10</sub>. A estação medidora Cubatão - Vale do Mogi apresentou tendência de aumento dos índices de MP<sub>10</sub>, porém não de forma significativa se comparada à primeira. As alterações observadas nesse período sinalizam que alterações na qualidade do ar vêm ocorrendo, com tendência a ficarem mais significativas, tendo em vista os índices com os novos padrões estabelecidos, mais restritivos.

## DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Após a identificação e análise dos cenários, propôs-se a discussão e o desenvolvimento de solução tecnológica para o cenário que se delineava em 2013, considerando a interação entre os elementos identificados.

Esta etapa ocorreu durante a disciplina Desenvolvimento Integrado de Produtos, da Escola Politécnica/USP, que reúne equipes mul-

tidisciplinares para solução de problemas. O desenvolvimento do protótipo foi realizado por um grupo proveniente de cursos diversos<sup>1</sup>, com acompanhamento de professores, monitores e da pesquisadora principal.

Foi utilizado o método de *design thinking*, que é, conforme Kie-ling et al. (2013, p. 8):

uma abordagem para problemas complexos focada no uso da criatividade e da empatia, e que incentiva a participação de usuários finais na criação de soluções que já nascem mais adaptadas e, por isso, possuem maiores índices de adoção e maior potencial de serem catapultadas ao patamar de inovação.

Para a conceituação do problema, foram levantadas as atividades que interferem na qualidade do ar em Cubatão e entorno para, em seguida, ser definida uma *persona*<sup>2</sup>. Após entendimento destes fatores, foram evidenciados os agentes diretos e indiretos que se relacionam ao problema, organizados em dois grupos. No primeiro, estão os agentes que participam diretamente, vivendo no seu dia-a-dia a poluição do ar em Cubatão e/ou participando do seu aumento. No segundo grupo, estão as organizações que participam do problema de maneira mais administrativa, monitorando vias, fazendo medições da qualidade do ar e implementando projetos com a finalidade de tentar controlar a situação (FIGUEIREDO et al., 2014). Outros clientes surgiram, como caminhoneiros e produtores, que são oriundos de outras regiões do estado de São Paulo ou de outros estados do Brasil.

Com base nesta divisão, foi feita uma avaliação para considerar a relação destes grupos com a poluição e o congestionamento, segundo sua relação a problemas ambientais. Concluiu-se que o *persona* relacionado a esse problema seria alguém capaz de receber as informações de cada organização, integrar esses dados e gerar uma política pública que

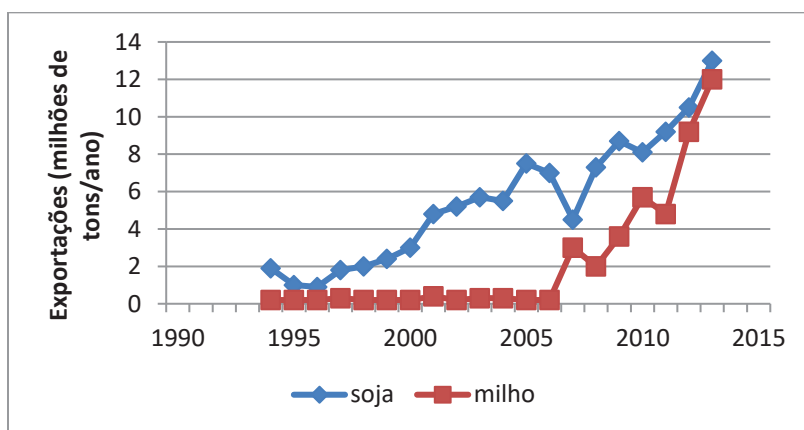
---

<sup>1</sup> Alunos de graduação dos cursos de Nutrição, Sistemas de Informação, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Ambiental e Engenharia Civil.

<sup>2</sup> Arquétipos ou personagens ficticiais, concebidos a partir da síntese de comportamentos observados a partir de perfis extremos.

pudesse gerar alguma mudança. Foi criado então o *persona* com o cargo de Gestor Otimizador da Qualidade do Ar (FIGUEIREDO et al., 2014).

Seguiu-se etapa de levantamento das necessidades do usuário - *user needs* e, em sequência, foram identificados alguns modelos de *benchmarking* existentes para sistemas diversos. Nesta fase de avaliação dos sistemas identificados, foram destacadas as características que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento de uma solução para o problema apresentado. Em seguida as ideias foram categorizadas em: produtores, porto, gerenciamento, modais e Cubatão para a fase de ideação.



**Figura 2** - Evolução das exportações de grãos pelo Porto de Santos até 2013

**Fonte:** Associação Nacional dos Exportadores de Cereais - ANEC citada por Figueiredo et al., 2014, p. 29.

Após realização de entrevistas e visita técnica às instalações do Porto de Santos, conheceu-se o padrão de funcionamento dos terminais, com foco sobre os procedimentos de importação, constatando-se que o agronegócio brasileiro foi responsável, em 2013, por 22,5% do Produto Interno Bruto (PIB), com crescente aumento das exportações de grãos, especialmente soja, a partir de 1995, e milho, a partir de 2005 (Figura 2).

Também, verificou-se que as exportações de grãos estão sujeitas às safras, que se intercalam durante o ano. Assim, praticamente durante o ano todo, há intensa movimentação no Porto de Santos, devido à exportação de grãos.

Em seguida, foram apresentadas propostas para os modais que poderiam ser utilizados ou melhorados para promover o transporte de cargas. Entre as propostas apresentadas, foi analisado um aplicativo denominado *Super Waze* (nome fantasia), que seria um sistema de informações de posição e velocidade médias coletadas por meio de aplicativos com informações de GPS, informando e orientando o caminhoneiro para descansar ou realizar paradas para acertar o agendamento para carga e descarga no Terminal Portuário. Contudo, o modal rodoviário não foi tido como especialmente adequado ao escoamento da produção de soja do Centro-Oeste para os portos de exportação nas regiões Sul e Sudeste, tendo em vista a longa distância a ser percorrida combinada com as variáveis inerentes desse modal; a pequena capacidade de carga; o custo médio superior e o maior consumo de energia. O país tem perdas na competitividade da produção de soja pelo fato do seu escoamento se concentrar no modal rodoviário, que é inadequado para transporte de cargas volumosas e de baixo valor agregado.

Na sequência, foi estabelecido um protótipo do tipo *dark horse*. O termo *dark horse* constitui uma das etapas do *design thinking*, sendo uma metáfora dos eventos de corridas de cavalos, em que a maioria das pessoas não apostaria nada em um cavalo azarão que, ao final, caso ganhe a corrida, representa grande ganho (inovação). Antes do desenvolvimento deste protótipo foi feito um reenquadramento dos antigos pressupostos.

Considerando o baixo consumo de energia e a não emissão de poluentes no local de estudo, o transporte de grãos, por meio de dutos, principalmente para a soja, se mostrou interessante para o problema em Cubatão, já que reduziria o volume da circulação de vários veículos. Para tornar a ideia possível, o duto foi planejado para fazer o percurso de descida da serra. A carga seria recebida no alto da serra por um terminal, desceria por ação da gravidade e seria distribuída na Baixada por esteiras fechadas até o terminal portuário de destino. Esta solução foi, ao final, selecionada como a mais adequada.

Calabrezi (2005), citado por Figueiredo et al. (2014), destaca que cada modal possui vantagens e desvantagens quando utilizados individualmente. Entretanto, os aspectos negativos podem ser minimizados com a combinação entre dois ou mais modais de transportes, sendo imprescindível uma estrutura de apoio do terminal intermodal.

Assim, o protótipo final focou especialmente no terminal intermodal - entre o modal rodoviário e o dutoviário, e foi guiado pelos seguintes princípios:

minimizar a necessidade do uso do transporte rodoviário nos transportes de grãos, especialmente de soja e milho, no trajeto entre o Alto da Serra e a baixada Santista; garantir tempo mínimo ocioso em relação à capacidade total instalada do sistema; minimizar o impacto na área de preservação da Serra do Mar (com pouca área ocupada pelos terminais do Alto e Pé da Serra, tecnologia de instalação com menor impacto, acesso aos terminais sem abertura de nova rodovia); não transferência do problema de filas e trânsito que ocorrem na baixada para o alto da Serra; garantir segurança aos transportadores e funcionamento 24h por dia; garantir manutenção das instalações de forma fácil e garantir planos de contingência para eventuais paradas no sistema, sem gerar riscos aos colaboradores e à carga. (FIGUEIREDO et al., 2014, p. 34)

Foi proposto o ESCOA - Transportes Dutoviários, nome fictício, com o objetivo de escoar a produção de grãos sólidos, inicialmente operando para a soja e o milho. Esta empresa deve operar com: rapidez no escoamento; diminuição das perdas de carga no transporte; redução dos impactos sociais, econômicos e ambientais, que são gerados pelo modal rodoviário; operação 24 horas, todos os dias; entrega da produção diretamente nos terminais do porto, eliminando a necessidade de outro modal entre o terminal intermodal da Escoa, no topo da serra, e os terminais do porto, na baixada santista, e ser responsável pelo escoamento de 90% da produção bruta de soja e milho que passam pelo Porto de Santos.

Esse modelo, segundo Figueiredo et al. (2014), poderia ser referência no transporte dutoviário nacional, destacando-se como pioneiro para o escoamento de grãos utilizando a força da gravidade com visibilidade mundial pela eficiência e qualidade do serviço prestado, observando normas internacionais de meio ambiente e sustentabilidade e operando por meio de parceria público-privada.

A arquitetura do sistema para entregar os grãos do alto da Serra até os terminais seria composta por 4 subsistemas:

1. Terminal de descarga no Alto da Serra, no qual os grãos seriam pesados e transferidos a um armazém, com a função de regular o fluxo escoado pelo Duto;
2. Duto retilíneo, que faria o transporte por gravidade do Alto da Serra ao Pé da Serra, imediatamente no término do trecho de alta declividade;
3. Terminal do Pé da Serra, que receberia os grãos escoados pelo duto, regulando sua vazão de saída, armazenando e regulando a vazão de saída para as esteiras;
4. Esteiras transportadoras, que seriam responsáveis por levar a carga do pé da serra pela Baixada até os terminais de carga no Porto. Operariam na região de baixa declividade com capacidade controlada pela velocidade de transporte.

O sistema foi dimensionado tendo como base a exportação mensal do Porto de Santos para o ano de 2013, considerando crescimento da produção em 15%.

A configuração final adotada foi de um duto de 1,5 m de diâmetro, com capacidade de veiculação e 4.000 t por hora, significando veiculação semanal de 672.000 t, suficiente para transportar o pico individual da safra de soja. A mudança entre o transporte dos grãos seria feita entre os pontos de intersecção de exportação, o que significa que de março a agosto o sistema transportaria soja em grão, e de setembro a fevereiro, transportaria milho.

Esta configuração permitiria transportar pelo menos 79% da carga de soja e milho, reduzindo pela metade o número de caminhões que descem a serra no período crítico da última semana de agosto e primeira de setembro, quando soja e milho se igualam em volume.

O duto operaria em capacidade máxima somente uma vez por ano. Isto significa que o sistema ainda suportaria um aumento da exportação, desde que planejada, para ser distribuída nos intervalos de subutilização (FIGUEIREDO et al., 2014).

Os benefícios econômicos gerados pelo transporte em duto poderiam ser estímulos para o planejamento de produção ou criação de

armazenamento estático próximo ao produtor, além de ser interessante migrar mercadorias do pico da união de safras para aproveitar o transporte atrativo através do duto (FIGUEIREDO et al., 2014).

Outras possibilidades envolveriam arranjos operacionais de recebimento e escoamento de um produto com inversão para o outro em curto espaço de tempo que possibilitaria operação em capacidade mais próxima da máxima, absorvendo maior volume e aumentando a eficiência do sistema. Por exemplo, durante certo período, o agendamento de descarga de soja seria feito entre 00:00 e 12:00h. Após este horário seria recebido milho e armazenado no alto da serra tão logo se possa esvaziar o terminal Pé da Serra. Sendo assim, o sistema trabalharia com capacidade máxima e não transferiria metade do volume para o sistema rodoviário (FIGUEIREDO et al., 2014).

A construção de dois dutos, um para cada safra foi descartada, tendo em vista o Preço Sombra desta decisão. Isto é, com o investimento para a construção de um duto obteríamos 79% de redução das viagens. Entretanto dobrando o investimento transportar-se-ia somente 21% da carga, o que seria inviável, tendo em vista que ficaria boa parte do tempo ocioso (FIGUEIREDO et al., 2014).

O local escolhido alia acesso prévio existente, tanto no alto da serra, quanto na Baixada, declividade relativamente constante, e proximidade com outras estruturas, como um oleoduto, uma linha de transmissão de energia e tubulações da hidroelétrica de Henry Borden. Esta área já sofreu com alterações em sua vegetação e possui estrada de acesso no último trevo na Via Anchieta, antes da descida da Serra, que faz ligação com o Sistema Imigrantes. Seria necessária a criação de um novo acesso e a partir daí seguiria pela Estrada do Mirante, que seria utilizada para a manutenção das estruturas citadas e necessitaria de ampliação e adequação ao volume de carga esperado, dispensando a necessidade de supressão vegetal para abertura de novo caminho (Figura 3). Na Baixada Santista, o terminal do Pé da Serra também seria próximo da Via Anchieta, o que facilitaria as obras e permitiria a saída do sistema de esteiras na marginal desta via.

Destaca-se, contudo, a necessidade de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental e as Licenças correspondentes.

Da saída do terminal do Pé da Serra, as esteiras transportadoras levariam os grãos para os terminais do porto de Santos. O porto possui



terminais nas duas margens do estuário de Santos, na margem Direita, município de Santos e na margem esquerda, no município do Guarujá. Devido a isso, as esteiras também poderiam chegar aos dois lados.



**Figura 3** - Vista 3D dos terminais e saída das esteiras

**Fonte:** Figueiredo et al., 2014, p. 41.

Da saída do terminal do Pé da Serra, as esteiras transportadoras levariam os grãos para os terminais do porto de Santos. O porto possui terminais nas duas margens do estuário de Santos, na margem Direita, município de Santos e na margem esquerda, no município do Guarujá. Devido a isso, as esteiras também poderiam chegar aos dois lados.

A primeira esteira (Figura 4), iria para Santos seguindo a Rodovia Anchieta e depois as Ruas Antônio Prado, Av. Cidade de Santos e Av. dos Portuários até a Ponta da Praia, o chamado Corredor de Exportação, completando a extensão de 24 km. Para a margem Esquerda a esteira deveria seguir a Rodovia Cônego Domenico Rangoni, passando por Cubatão e chegando ao Guarujá, sendo desviada para a rua Cristóvão Gilardi Lopes, paralela à região portuária.





**Figura 4** - Traçado das esteiras, chegando aos dois lados do estuário de Santos

**Fonte:** Figueiredo et al., 2014, p. 41

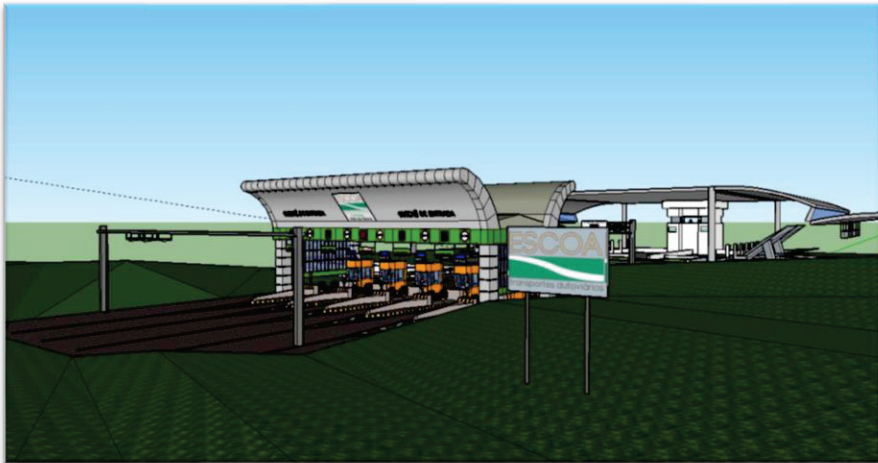
Tudo isto representaria uma extensão de 35 km. Possíveis alternativas de traçado foram levantadas para reduzir esta distância. Entretanto, a área de estudo é muito complexa, passando por áreas de preservação ambiental, manguezais e restingas no interior do estuário, e pelo fato de que as formas do estuário não são fixas, solo mole e de difícil acesso para construção ou operação de esteiras que reduzissem caminho. Portanto, se surgir traçado melhor, como por exemplo, o previsto túnel subterrâneo que ligará Santos ao Guarujá, com espaço para travessia das esteiras se teria um traçado muito mais otimizado (FIGUEIREDO et al., 2014).

Os subsistemas deste Graneloduto envolveriam, portanto, um terminal do Alto da Serra; dutos; um terminal do pé da Serra e esteiras.

Para não transferir os problemas de trânsito da Baixada Santista para o alto da serra, foi projetado um terminal (Figura 5) para atender de forma eficiente a demanda máxima recebida pelo sistema dutoviário,

que é de escoamento de 4.000 t por hora no pico da safra de soja. Para isso planeja-se uma distribuição inteligente de todas as etapas de acesso, recepção, identificação, conferência, pesagem e descarregamento da carga, além de propiciar segurança ao transportador e carga, bem como o manuseio adequado ao gênero transportado (FIGUEIREDO et al., 2014).

O duto teria diâmetro de 1,5 m com capacidade de veiculação de 4.000 t/h. Sua extensão seria de 1.780 metros e inclinação de 35%. Para manter a inclinação constante, seriam vários os trechos superados por uso de estruturas suspensas de até 5 metros de altura, estratégia recomendada para obter menor interferência no deslocamento de espécies nativas (FIGUEIREDO et al., 2014).



**Figura 5** - Terminal Alto da Serra

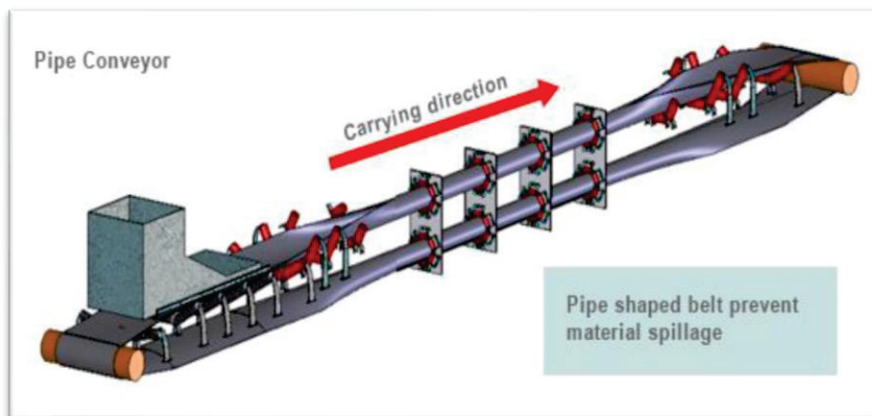
**Fonte:** Figueiredo et al., 2014, p. 43

O terminal do Pé da Serra seria constituído por Regulador de vazão da Saída do Duto; Armazém e Regulador de vazão de saída do armazém para a esteira (FIGUEIREDO et al., 2014).

As esteiras utilizadas teriam capacidade estipulada a partir de estudos posteriores, visto que para isto devem ser analisadas as deman-

das dos terminais portuários em cada margem. São necessárias informações da capacidade de armazenamento estático e fluxo de carregamento de navios de cada terminal para poder realizar os dimensionamentos.

O sistema de esteiras utilizado para transporte dos grãos poderia ser o *Pipe Conveyor Belt*, desenvolvido pela *Bridgestone* (Figura 6), pois já foi testado em várias partes do mundo como China e Alemanha em distâncias de 40 km, transportando de grãos até minério. Isto traz credibilidade e maior garantia ao projeto. Esta esteira também tem a vantagem de se fechar após o carregamento e descarregamento, ficando de forma tubular (FIGUEIREDO et al., 2014).



**Figura 6** - Sistema Pipe Conveyor Belt da Bridgestone

**Fonte:** Bridgestone citado por Figueiredo et al., 2014, p. 49.

Como discutido anteriormente, o protótipo desenvolvido buscou compatibilizar os planos de expansão de exportação de grãos, a logística necessária para atender às demandas dos produtores e o funcionamento do Porto de Santos, sem interferir no tráfego para o Polo Industrial de Cubatão que permanece em plena atividade, promovendo um alívio nas vias de tráfego e melhorando as condições de locomoção para os cidadãos dos municípios de Cubatão e entorno. No cenário de Cubatão, para a característica local e histórica do Município a questão

ambiental é muito relevante. Sendo assim, esta necessidade foi observada durante o desenvolvimento do projeto, observando-se os ganhos potenciais, como a minimização das emissões veiculares e fugitivas, bem como os cuidados ambientais, visando mínima interferência da obra e operação do equipamento sobre os recursos naturais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações ocorridas em 63 anos, tanto em relação à dinâmica quanto aos índices de qualidade do ar, foram verificadas no eixo do Polo Industrial de Cubatão e seu entorno. Podem ser notadas pela evolução dos índices de qualidade do ar monitorados, comparando-se três estações medidoras, ao longo de períodos específicos.

Os três cenários foram marcados por quatro elementos-chave que traduziram as ações e reações ocorridas em Cubatão e seu entorno, ao longo do tempo: Planos de Ação (Políticas de Desenvolvimento); Dinâmica; Planos de Ação Ambiental e Qualidade do Ar e demonstraram possuir inter-relações importantes na região do Polo Industrial de Cubatão, afetando-se mutuamente.

Essas relações são observadas principalmente na região da antiga Vila Parisi, onde os índices de qualidade do ar para o parâmetro  $MP_{10}$  mostram valores mais significativos. É também nesta região que a dinâmica sofre maiores alterações.

A vocação, notadamente industrial, observada nos dois primeiros cenários (1950-1980; 1981-2000), levou a consequências diversas. As negativas ocorreram ao longo dos primeiros 30 anos, observadas com maior intensidade na região da antiga Vila Parisi e tiveram suas causas bem definidas, ou seja, os efeitos da poluição do ar eram claramente devidos à atividade industrial.

Como consequência positiva, tem-se que a implantação de um plano estruturado e bem conduzido levou à recuperação ambiental do município de Cubatão, alcançando-se um marco de quase 20 anos sem a ocorrência de episódios críticos de poluição do ar. Para a implantação desse plano foram necessárias atuações importantes de todos os segmentos: governo estadual, órgãos legislativos, CETESB, Prefeitura de Cubatão, bem como entidades privadas e a população.

A alteração da dinâmica da região, ou seja, o incremento de atividades logísticas no Polo industrial levou à desestabilização de um cenário, que estava equacionado. As interferências neste cenário começam a ser sinalizadas a partir de 1995, com aumento da circulação de caminhões na região. Nova alteração da dinâmica ocorre em função do aumento do número de pátios de caminhões estabelecidos no Polo industrial de Cubatão, para atendimento ao Porto de Santos. Com isso, as ações existentes começam a sinalizar que serão insuficientes para o controle da qualidade do ar e o impacto em toda a região do entorno pode ser notado.

As ações adotadas no passado e, que perduram até então, foram estabelecidas de forma planejada e estruturada, direcionando esforços à realidade local, como: medidas de redução de emissões atmosféricas pelas fontes fixas (indústrias), aumento da malha de monitoramento da qualidade do ar e identificação dos principais parâmetros de interesse voltados à proteção à saúde da população, quais sejam, a adoção de ações emergenciais em casos de ultrapassagens dos padrões considerados críticos, para  $MP_{10}$ . As ações emergenciais, como a redução da produção ou paralisação de processos industriais de alto potencial de emissão de poluentes e limpeza e umectação das vias de acesso ao Polo Industrial, obtiveram, ao longo do tempo, resultados positivos.

A tomada de decisão, quanto às ações de controle de poluição do ar, inclusive em caso de ocorrência de episódios críticos de poluição por  $MP_{10}$ , é feita com base nas informações obtidas pelas estações da Cetesb - Cubatão-Centro, Cubatão-V. Parisi e Cubatão-V. do Mogi.

De 2001 até 2013, foi identificada necessidade de complementação nas ações de controle. A publicação da nova legislação, em 2013, com padrões de qualidade do ar mais restritivos remete a uma nova preocupação, com potencial de estar-se vislumbrando um novo cenário e requerendo uma reavaliação das ações de controle para a qualidade do ar em Cubatão.

Por meio da construção dos cenários foi possível identificar alterações na qualidade do ar de forma antecipada, em função de novas diretrizes ou de alterações da dinâmica da região, para que sejam identificados os principais pontos a serem focados, estabelecendo objetivos, permitindo que possa ser realizada uma avaliação das alterações necessárias ou complementação das ações de controle já existentes.

As alterações significativas na dinâmica da região do Polo Industrial de Cubatão têm ocorrido em intervalos cada vez mais curtos e de forma cada vez mais rápida, o que reforça a necessidade de se proporem análises e soluções periodicamente. Propõe-se, portanto, que a cada 5 anos, sejam reavaliadas as condições do local de forma que as ações adotadas possam ser revistas e implantadas de forma estruturada, para que um planejamento e adoção de ações efetivas possam ser realizadas.

Para enfrentar o cenário de 2001 a 2013, considerou-se que as ações atualmente adotadas para controle de emissões oriundas das atividades industriais estão estabelecidas e são eficazes. Então o foco para o desenvolvimento do protótipo foi analisar várias alternativas para a região, sendo que a proposição da instalação do graneloduto pode ser considerada satisfatória, uma vez que tiraria grande parte do tráfego de caminhões das estradas, liberando congestionamentos e eliminando parte de emissões veiculares e ressuspensão de poeira das estradas. Essa ação, cuja implantação só poderia ser realizada em longo prazo, pode ser avaliada antecipadamente como ação de planejamento para a região, considerando, para os elementos-chave identificados, os possíveis benefícios e pontos negativos para o município de Cubatão e entorno.

Porém, devem ser realizados estudos aprofundados de Avaliação de Impacto Ambiental e comparação destes com os impactos advindos do atual cenário, composto por excesso de caminhões, aumento da contaminação do ar e eliminação de fragmentos florestais para construção de pátios de estacionamento de caminhões ao longo da Serra do Mar e Planalto.

Este trabalho implica reflexão sobre questões relacionadas aos modelos estratégicos para desenvolvimento adotados, e como a questão ambiental é inserida na avaliação para a implantação dos modelos de desenvolvimento no país. A realidade de cada região é muito diferente, o que torna difícil a missão do Estado em regular e estabelecer ações de controle. Não é viável utilizar uma única medida para diferentes realidades, tornando o controle da qualidade do ar mais simples ou complexo, conforme cada caso, devendo ocorrer em trabalho conjunto, multidisciplinar, multi-institucional e entre municípios.

Contudo, não pretendendo solucionar questão de tão grande amplitude, este estudo buscou traçar cenários, avaliar possibilidades e



desenvolver solução tecnológica que possa criar melhorias sistêmicas para a região.

## REFERÊNCIAS

II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), 2012. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/II\\_Plano\\_Nacional\\_de\\_Developmento](http://pt.wikipedia.org/wiki/II_Plano_Nacional_de_Developmento)  
Acesso em: 1 março 2015.

ANUATTI-NETO, F. et al. Os efeitos da privatização sobre o desempenho econômico e financeiro das empresas privatizadas. *Revista Brasileira de Economia*, v. 59, n. 2, Rio de Janeiro, abril/jun 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-71402005000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71402005000200001) Acesso em: 17 abr. 2015.

BARNEY, O. G. et al. The Threshold 21 Sustainable Development Model. Arlington, Virginia (USA). *Systems Dynamics*. v. 1, p. 23-29, 1995.

CASTRO, C. *O Golpe de 1964*. São Paulo: CPDOC; FGV, [201?]. Disponível em: <http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/Golpe1964> Acesso em: 18 jan. 2015.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Classificação preliminar da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no Estado de São Paulo*, 2013.

CIDE - CENTRO DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL DA BAIXADA SANTISTA. *Cubatão 2020 - A cidade que queremos - Agenda 21*. Cubatão, CIESP, 2006.

CIESP - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório da Comissão de Logística - Cubatão - Estudo de movimentação de cargas no Polo - 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 e 2011*. Cubatão, 2012.

CUMMING, G. S. Scale mismatches and reflexive law. *Ecology and Society*. v. 18, n. 1, art. 15, 2013. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss1/art15/>. Acesso em: 2 mar. 2018.

D'ARAUJO, M. C. *O AI5*. São Paulo: CPDOC; FGV, [201?]. Disponível em: <http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/AI5>  
Acesso em: 18 jan. 2015.

FERREIRA, L.G. *A gestão ambiental do pólo industrial de Cubatão a partir do programa de controle de poluição iniciado em 1983: atores, instrumentos e indicadores*. 2007. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FIESP; CIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *A recuperação ambiental de Cubatão - 25 anos*. 2008.  
Apresentação realizada em Cubatão, disponibilizada pelo CIESP-regional Cubatão.

FIGUEIREDO, B. et al. *Sistema logístico de transporte no eixo São Paulo - Cubatão - Santos e sua relação com a qualidade do ar*. Relatório final da disciplina “Desenvolvimento de Produto Integrado”, da Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, 2014.

FREITAS, A. H. A. *Gestão ambiental com auxílio de avaliação integrada de riscos*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GIBSON, R. B. Beyond the pillars: Sustainability assessment as a framework for effective integration of social economic and ecological considerations in significant decision-making. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*. London, v. 8, n. 3, p. 259-280, set. 2006.

JONES, T. et al. Regional planning and resilient futures: destination modelling and tourism development - The case of the ningaloo Coastal Region in Western Australia. *Planning Practice and Research*. London, v. 26, n. 4, p. 393-415, Aug. 2011.

KIELING, A. P. et al. Aspectos interdisciplinares em design thinking - um enfoque na administração de negócios, moda e psicologia social. In: *Simpósio Internacional sobre Interdisciplinaridade no Ensino, na Pesquisa e na Extensão - Região Sul*, 2013, Florianópolis. Anais do Simpósio Internacional sobre Interdisciplinaridade no Ensino, na Pesquisa e na Extensão - Região Sul, 2013. p. 1-13.



MARRO, A. A. et al. *Lógica Fuzzy: conceitos e aplicações*. 2009. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?user=qD-QQr-sAAA-AJ&hl=pt-BR&oi=sra>. Acesso em: 2 jul. 2014.

MOREIRA, R. L. *CSN: Uma decisão política*. São Paulo: CPDOC; FGV, [201?]. Disponível em: <http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/CSN/> Acesso em: 18 jan. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO - *Aspectos econômicos*, 2014a. Disponível em: <http://www.cubatao.sp.gov.br/historia/cidade/aspectos-economicos/> Acesso em: 19 jan. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO - *Aspectos geográficos*, 2014b. Disponível em: <http://www.cubatao.sp.gov.br/historia/cidade/aspectos-geograficos/> Acesso em: 19 jan. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO - *Origem e desenvolvimento*, 2014c. Disponível em: [www.cubatao.sp.gov.br/historia/origem-desenvolvimento/](http://www.cubatao.sp.gov.br/historia/origem-desenvolvimento/) Acesso em: 19 jan. 2014.

POPE, J. et al. Advancing the theory and practice of impact assessment: Setting the research agenda. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 41, p. 1-9, jul. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019592551300019X> Acesso em: 1 mar. 2018.

RODRIGUES, O. *A década perdida: 1980*. 2005. Disponível em: [http://www.coladaweb.com/\\_decada\\_perdida\\_1980](http://www.coladaweb.com/_decada_perdida_1980) Acesso em: 19 set. 2014.

SANTOS, F. S. *A construção de material didático contextualizado como subsídio para as aulas de Ciências do Ensino Fundamental (II): Uma experiência colaborativa em Cubatão, SP*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VALARINI, S. *Caracterização do material particulado em Cubatão*. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.



# **Parte II**

## **Saneamento ambiental e sistemas urbanos**

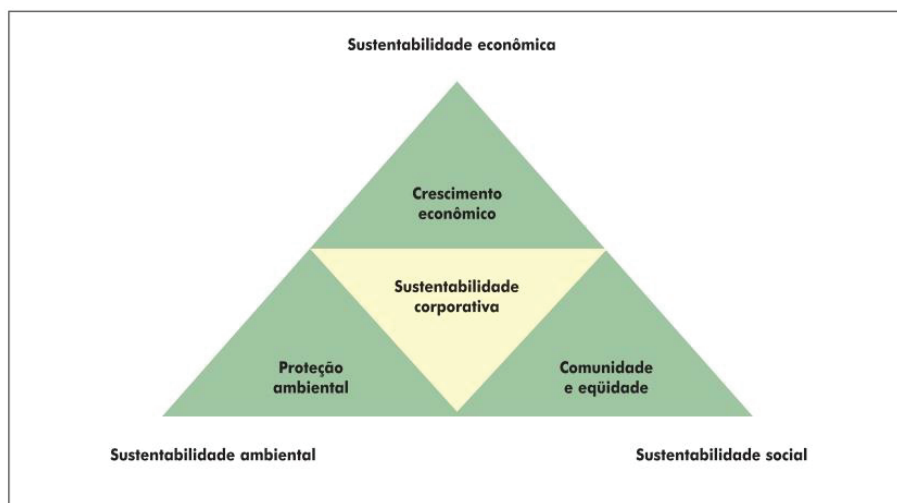
# 4 Análise da cobertura de saneamento e indicadores de sustentabilidade no Vale do Ribeira

Arisnandes Antonio da Silva  
Leandro Luiz Giatti

## INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade utilizado neste texto está relacionado à sustentabilidade empresarial, uma vez que o saneamento básico no Brasil é feito, em grande parte, por empresas públicas ou privadas, com capital próprio ou por meio de financiamentos nacionais e internacionais. Considerando que a defasagem de infraestrutura de saneamento básico é grande, que as obras são muito dispendiosas e que a única forma de remuneração dos investimentos é por meio de cobrança de tarifa pela prestação dos serviços, a questão da sustentabilidade econômico-financeira torna-se de vital importância para as empresas do setor saneamento básico. Não se deve, contudo, considerar que apenas a dimensão econômica seja a norteadora das ações para o setor, pois há impactos no meio ambiente e na sociedade que precisam ser considerados de forma integrada, como propõe Elkington (2012) em seu modelo de sustentabilidade empresarial (ou corporativa) denominado *Triple Bottom Line* (TBL). Para o autor, a sustentabilidade corporativa é obtida por meio da interseção entre as sustentabilidades econômica, ambiental e social, possibilitando a coexistência pacífica de crescimento econômico, proteção ambiental, comunidade e equidade, como mostrado na

Figura 1. Elkington (2012) alerta que muitas vezes será impossível determinar se uma empresa é ou não sustentável, mas será possível desenvolver as habilidades para avaliar se ela está se deslocando no sentido da sustentabilidade.



**Figura 1** - Sustentabilidade corporativa, segundo a abordagem do *Triple Bottom Line*

**Fonte:** Evangelista (2010 p. 88).

A Política Nacional do Saneamento Básico, conforme Brasil (2007), estabelece que o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável, b) esgotamento sanitário, c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e d) drenagem e manejo de águas pluviais. Neste capítulo, entretanto, optou-se por considerar apenas os dados de abastecimento de água e o esgotamento sanitário, uma vez que as empresas de saneamento básico, criadas na época do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), foram constituídas e ainda persistem no modelo de saneamento básico composto apenas por estes dois serviços. Dessa forma, todas as referências a saneamento básico feitas a partir daqui são relativas a serviços de água e esgoto.

A execução de obras para ampliação ou implantação de sistemas de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário costuma ser justificada pelo poder público por meio da relação do saneamento básico com a saúde pública e com o meio ambiente. Isso ocorre, contudo, de forma muito superficial, sem aprofundamento do nexo causal dos efeitos anunciados.

Sob o ponto de vista da utilização de indicadores a análise tradicional é ainda mais restrita, com a utilização da Taxa de Mortalidade Infantil (TMI) como norteadora dos investimentos na ampliação da infraestrutura de saneamento básico, associada a indicadores de cobertura da prestação de serviço, tais como: percentual da população urbana atendida com redes de água, percentual da população urbana atendida com redes de esgoto e percentual de tratamento dos esgotos coletados.

Certamente há outros indicadores, relacionados às dimensões econômica e social, que são influenciados pelas intervenções de saneamento básico e que não estão tendo a devida atenção, perdendo-se, assim, a oportunidade de analisar o saneamento básico de forma abrangente, com base ampliada de correlações sistêmicas entre essas dimensões. Essas correlações com o saneamento básico, ainda que não haja indicadores específicos para aferição dos resultados, são percebidas por efeitos como a redução da pobreza relacionada aos benefícios gerados pelos ganhos à saúde por meio das melhorias nas condições de habitação e fornecimento de saneamento (McMICHAEL, 2000), redução das desigualdades regionais e elevação da qualidade de vida das populações beneficiárias (OPAS, 2004) e, em oposição, exclusão social combinada com problemas de saúde derivados da falta de saneamento ambiental (FRANCO NETTO et al., 2009). Nosso objetivo aqui é justamente identificar outros indicadores que possibilitem uma abordagem mais ampla do saneamento, sob o ponto de vista de seus efeitos e da retroalimentação consequente, conduzindo à sustentabilidade do setor.

Nesse sentido, foram escolhidos os municípios do Vale do Ribeira como área de estudo, dado que suas características de importância ambiental, considerando o estado de preservação do último reduto de mata atlântica do estado de São Paulo, e relevância social, por ser uma das regiões mais pobres e com altos índices de população em vulnerabilidade social, permitem estabelecer relações do saneamento básico com as dimensões social, ambiental e econômica da sustentabilidade.

O Vale do Ribeira encontra-se posicionado entre as periferias das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Curitiba (ver Figura 2), sendo composto por 30 municípios – 7 no estado do Paraná e 23 no estado de São Paulo (CBH-RB, 2008; SEVÁ FILHO; KALINOWSKI, 2012; SSRH, 2010). Restringiu-se a amostra aos 23 municípios da porção paulista do Vale do Ribeira, abrangendo população total de 365.189 habitantes, com 71,2% morando em áreas urbanas. (IBGE, 2014).



**Figura 2** - Mapa do Vale do Ribeira  
Fonte: Adaptado de Consaúde (2011).

Retratando a situação da região, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de 2010 coloca todos os municípios do Vale do Ribeira abaixo da média estadual (0,783) com apenas três municípios acima da média nacional (0,727), fato que mostra uma região carente não só em relação ao restante do estado, mas também em termos nacionais. O IDH-M médio para os municípios do Vale do Ribeira é 0,712, com 16 municípios obtendo valores abaixo. O IDH-M é obtido por meio de uma adaptação da metodologia do IDH Global, considerando as mesmas três dimensões (longevidade, educação e renda) para cada município brasileiro (PNUD, 2013).

Outros indicadores também mostram o Vale do Ribeira como uma região com população vulnerável, tais como o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) e o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), ambos produzidos pela Fundação SEADE. Pela metodologia do IPRS, muito próxima a do IDH-M, mas com características mais apropriadas à realidade do estado de São Paulo, os municípios são classificados em cinco grupos de acordo com os resultados de riqueza, longevidade e escolaridade. Os grupos 1 e 2 concentram os municípios com alta riqueza, enquanto os outros três grupos concentram os municípios mais pobres, tendo os piores resultados para os três fatores colocados nos grupos 4 e 5. Os municípios do Vale do Ribeira estão distribuídos da seguinte forma: 9 no grupo 4, 13 no grupo 5 e apenas 1 no grupo 3 (SEADE, 2014). O IPVS, por sua vez, classifica os municípios em 7 grupos de acordo com requisitos socioeconômicos e demográficos, de acordo com o nível de exposição à pobreza dos núcleos familiares, a chamada vulnerabilidade social. Os grupos 1, 2 e 3, onde se encontra 64,2% da população do estado de São Paulo, são os que apresentam vulnerabilidade baixíssima, muito baixa e baixa, respectivamente. A população do Vale do Ribeira, encontra-se com mais de 60% das famílias nos grupos 4,5 e 7, ou seja, vulnerabilidade média e alta urbana e alta rural, respectivamente. Não houve famílias classificadas no grupo 6 (vulnerabilidade muito alta urbana) para a região, uma vez que esse enquadramento é típico para núcleos urbanos subnormais e não há presença significativa desse tipo de situação nas sedes dos municípios do Vale do Ribeira, sendo comum, por outro lado, a existência de núcleos familiares em situação de alta vulnerabilidade rural, classificadas como grupo 7 (SEADE, 2014).

Sob o ponto de vista ambiental/ecológico o Vale do Ribeira constitui-se em uma região extremamente rica, possuindo a maior concentração de áreas remanescentes de mata atlântica do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994). Por isso há uma grande quantidade de Unidades de Conservação Ambiental parcial ou totalmente inseridas em seu território, entre elas as Áreas de Proteção Ambiental da Serra do Mar, Cajati, Ilha Comprida, Planalto Turvo, Quilombos do Médio Ribeira, Rio Vermelho e Pardinho; os parques estaduais Turístico do Alto do Ribeira (PETAR), Caverna do Diabo, Lagamar de Cananéia, Rio do Turvo, Intervalos (PEI), Campina do Encantado, Carlos Botelho, Ilha do Cardoso,



Serra do Mar (núcleos Curucutu e Itarirú); a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul (Cananéia, Iguape e Ilha Comprida); além das Estações Ecológicas de Banhados de Iguape (parcial), Chauás, Juréia-Itatins (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2015). Além das extensas áreas verdes, a região possui uma complexa rede hidrográfica, composta principalmente pelos rios Ribeira de Iguape, Itapirapuã, Pardo, Juquiá, São Lourenço, Jacupiranga, Turvo, Una da Aldeia, Ponta Grossa e Itariri (SSRH, 2010).

Essa configuração díspar, alternando entre a pujança ambiental e a carência econômica, pode ser explicada pela história da ocupação humana no Vale do Ribeira, uma das primeiras áreas no Brasil a ser ocupada pelos Portugueses, ainda no século XVI. A ocupação humana na região, entretanto, não se resume apenas ao período colonial, tendo seu início muito antes da chegada do colonizador europeu, como comprovam os diversos sítios arqueológicos encontrados na região – a maior concentração de sítios arqueológicos do estado de São Paulo – constataando a ocupação de todas as regiões do Vale, mas de forma dispersa, sem a ocorrência de locais com grande concentração populacional. Somente no período colonial vieram a se constituir núcleos populacionais com as funções de permitir a penetração para o interior do território brasileiro (século XVI), mineração e agricultura (séculos XVI a XVIII). Na segunda metade do século XVIII houve grande incentivo do governo à produção agrícola, transformando a região em um centro produtor de arroz e farinha de mandioca. Com o aumento da produção surgiu a necessidade de aumentar a eficiência dos meios de transporte e na primeira metade do século XIX surgiu um projeto de abrir um canal que ligaria os portos de Ribeira (fluvial) e de Iguape (marítimo). Esse canal ficou conhecido como Valo Grande e foi concluído por volta de 1860, sendo considerado a primeira grande obra hidráulica do estado de São Paulo. Essa obra foi a responsável por um grande desastre ambiental que acabou por comprometer a operação do Porto de Iguape pelo assoreamento que impediu a atracação das embarcações, decretando a decadência econômica da região. Junte-se a isso o abandono das terras após a libertação dos escravos, a grilagem de extensas áreas, a omissão das autoridades para as questões fundiárias e o endurecimento da legislação ambiental ocorrida a partir dos anos 1980 e chega-se às causas para

a região ser uma das mais pobres e menos habitadas de São Paulo (NUNES, 2003). Apenas como complemento, a participação do Vale do Ribeira no Produto Interno Bruto (PIB) estadual é 0,30%, enquanto abrange 7% do território e 0,88% da população do estado (SSRH, 2010, IBGE, 2010).

Com relação aos serviços de abastecimento de água e coleta de esgotos para a população urbana, em 2010, a região dispunha de cobertura com redes de água de 90,3%, enquanto a cobertura com redes de esgotos chegou a 63,4%. Os índices de cobertura do estado, para o mesmo ano, eram 97,9% para água e 89,8% para esgotos (SEADE, 2015).

A primeira etapa da pesquisa constitui-se em identificação e seleção de indicadores de saneamento para as dimensões da sustentabilidade em estudo, utilizando o banco de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) para indicadores de cobertura por redes de água e esgotos, além de outros indicadores operacionais e financeiros das empresas de saneamento, os relatórios da qualidade das águas superficiais da CETESB para indicadores de qualidade ambiental, os dados do Censo 2010 do IBGE, o Atlas Brasil do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e a fundação SEADE para indicadores socioeconômicos e o DataSUS (TABNET) para indicadores de saúde pública, resultando em 24 indicadores selecionados para a pesquisa, conforme lista apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1** - Relação dos indicadores utilizados na pesquisa

Nº	Sigla	Indicador	Dimensão
1	CEEA	Índice de Consumo de Energia Elétrica em sistemas de abastecimento de Água	E/A
2	CEEE	Índice de Consumo de Energia Elétrica em sistemas de Esgotamento sanitário	E/A
3	CMA	Indicador Consumo médio <i>per capita</i> de água	S/E
4	DM3Fat	Indicador Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	E
5	GINI	Índice de GINI	S/E

(continua)

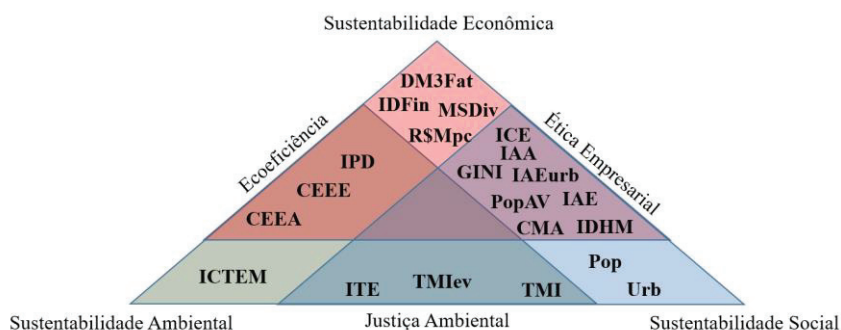
**Quadro 1** - Relação dos indicadores utilizados na pesquisa  
(continuação)

Nº	Sigla	Indicador	Dimensão
6	IAA	Índice de Atendimento total de Água	S/E
7	IAE	Índice de Atendimento total de Esgoto referido aos municípios atendidos com água	S/E
8	IAEurb	Índice de Atendimento urbano de Esgoto referido aos municípios atendidos	S/E
9	ICE	Índice de Coleta de Esgoto	S/E
10	ICTEM	Índice de Coleta e Tratabilidade do Esgoto Municipal	A
11	IDFin	Indicador de Desempenho Financeiro	E
12	IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	S/E
13	IDHME	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - educação	S/E
14	IDHML	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - longevidade	S/E
15	IDHMR	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - renda	S/E
16	IPD	Índice de Perdas na Distribuição	E/A
17	ITE	Índice de Esgoto Tratado referido à água consumida	S/A
18	MSDiv	Indicador Margem do Serviço da Dívida	E
19	Pop	População residente	S
20	PopAV	Taxa da população com alta vulnerabilidade	S/E
21	R\$Mpc	Rendimento médio mensal domiciliar <i>per capita</i>	E
22	TMI	Taxa de Mortalidade Infantil	S/A
23	TMlev	Taxa de Mortalidade Infantil por causas evitáveis	S/A
24	Urb	Taxa de Urbanização	S

As dimensões, considerando também suas interseções, atribuídas aos indicadores foram: Econômica (E), Ambiental (A), Social (S), Socioeconômica (S/E), Socioambiental (S/A) e Econômico-ambiental (E/A). Os critérios para inclusão em cada dimensão foram os seguintes:

- Econômico [E]: permite a verificação da situação econômico-financeira da empresa ou do cidadão (rendimentos, receitas, endividamento, desempenho financeiro, etc);
- Social [S]: permite a caracterização de um determinado aspecto de uma população (qualidade de vida, situação de moradia, vulnerabilidades diversas, etc);
- Ambiental [A]: permite a verificação de situações de pressão e/ou degradação do meio ambiente (concentração/emissão de poluentes/contaminantes, emissão de gases estufa, degradação ambiental, etc);
- Socioeconômico [S/E]: permite a verificação de padrões de consumo da população, é obtido por meio de investimento do prestador de serviços para atendimento de demandas sociais ou cujo atendimento representa aumento de receita para o prestador de serviços (desenvolvimento humano, desigualdade na distribuição de renda, índices de cobertura por sistemas, vulnerabilidade à pobreza, etc);
- Socioambiental [S/A]: permite a verificação de situações relacionadas à saúde pública devido a degradação ambiental ou melhora as condições ambientais da comunidade (mortalidade, internações, etc);
- Econômico-ambiental [E/A]: permite a verificação de situações de ineficiência operacional com impactos sobre recursos naturais, permite a verificação de ganhos econômicos em decorrência de economia de recursos naturais (perdas, alto consumo de recursos naturais finitos, ecoeficiência, etc).

Com a atribuição das dimensões aos indicadores foi possível distribuí-los no modelo TBL para sustentabilidade corporativa, obtendo o resultado apresentado na Figura 3.



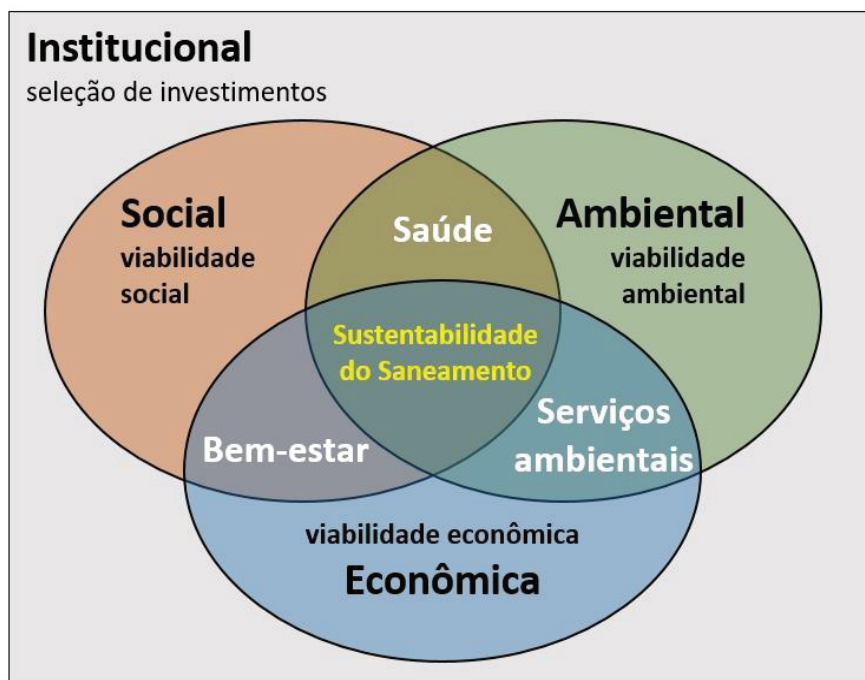
**Figura 3** - Organização de indicadores baseado no modelo TBL

A utilização deste modelo e o acompanhamento dos indicadores associados a cada dimensão para um determinado município, por exemplo, pode fornecer aos tomadores de decisão um indicativo sobre a direção que o desenvolvimento da infraestrutura de saneamento está seguindo e se essa direção condiz com a sustentabilidade corporativa.

O modelo TBL é bastante útil porque reduz e transporta os conceitos mais abrangentes da sustentabilidade para o ambiente empresarial. Por isso, adicionando uma dimensão institucional às três dimensões tradicionais, para abarcar as decisões e ações dos órgãos de governança corporativa, é possível estruturar o planejamento do saneamento básico voltado à sustentabilidade, utilizando como critérios de seleção dos investimentos a serem realizados, os seguintes objetivos: viabilidade econômica; viabilidade social; viabilidade ambiental; promoção do bem-estar; realização de serviços ambientais e melhoria na saúde pública. Este modelo alternativo é apresentado na Figura 4.

Não há dúvida de que, entre os objetivos apresentados, o mais difícil de obter é a viabilidade econômica, pois a aplicação de metodologias e indicadores de viabilidade, como a Taxa Interna de Retorno (TIR), raramente são bem-sucedidas para empreendimentos de saneamento básico, por frequentemente demonstrarem taxas negativas de retorno dos investimentos realizados. A razão disso, entre outros aspectos, reside no fato de a infraestrutura de saneamento básico ser formada por redes de alta capilaridade, principalmente em regiões urbanas, composta por ativos específicos tais como: redes de distribuição e coleta, reservatórios, estações de tratamento, etc. Estes ativos, sob o ponto de

vista econômico, são caracterizados como tendo longo período de retorno e baixo valor de revenda na desmobilização (GALVÃO JR.; SILVA, 2012).



**Figura 4** - Critérios de sustentabilidade para seleção de investimentos em saneamento básico

Há a possibilidade de melhor avaliação nesse quesito se vários dos custos atualmente externalizados, ou seja, não considerados nos cálculos, passarem a ser considerados em termos de valores monetários. Não que isso seja fácil, pois preservar o meio ambiente e ser economicamente viável nem sempre é algo simples de realizar, pois a adoção de medidas de proteção ambiental torna as intervenções de saneamento extremamente dispendiosas. Isso ocorre porque ainda não foi adotado um mecanismo de determinação do custo total, internalizando os custos decorrentes da transformação de capital natural (árvores, rios, etc.) em outras formas de recursos, ou ainda dos efeitos da intervenção que se

quer realizar sobre o capital humano da região. É importante deixar claro que não se está falando apenas de aumento de custos, pois há outros valores que poderiam vir a ser adicionados, por exemplo, o valor dos serviços ecossistêmicos oriundos da preservação ambiental ou o valor que poderá deixar de ser investido em saúde por conta da intervenção planejada. A viabilidade econômica pode ser alcançada se as análises de investimentos partirem, desde o início, de uma visão integrada, considerando esses custos adicionais e as possibilidades de buscar outras fontes de recursos, como o meio ambiente e a saúde.

Como viabilidade social deve-se buscar o que Romeiro (2012) coloca como “socialmente desejável” quanto ao desenvolvimento sustentável, ou seja, buscar a inclusão das comunidades locais, além do próprio poder concedente, nos processos decisórios relacionados às intervenções de saneamento. Somente com o entendimento e a percepção, por parte da comunidade local, dos impactos (positivos e negativos) gerados pelas intervenções de saneamento é que poderá surgir o sentimento de pertinência e a conseqüente valorização e incentivo às ações planejadas. Não é incomum que uma determinada comunidade se posicione contrária à execução de infraestrutura de saneamento em seu bairro, por vislumbrar apenas os custos (contas de água e esgoto) com os quais terão de arcar, sem considerar os impactos positivos na saúde e no ambiente. Trazer as comunidades impactadas para dentro do processo decisório, tornando-as protagonistas de seu próprio destino, constitui-se em fator preponderante para assegurar implantação, operação e manutenção da infraestrutura de saneamento básico. A viabilidade ambiental também não é fácil de ser alcançada, pois as conseqüências das intervenções de saneamento básico não são integralmente benéficas. A implantação de redes de abastecimento de água e coleta de esgoto pode funcionar como indutora de adensamento populacional ou de expansões territoriais de núcleos urbanos, que passam a exercer mais pressão sobre o meio ambiente, sob a forma de necessidade de aumento no fluxo de recursos, diminuição da cobertura vegetal, aumento da geração de cargas poluidoras, impactando na realização de serviços ecossistêmicos pelo meio ambiente local. Também a implantação de instalações para tratamento de água e esgoto e suas estruturas de disposição de efluentes e resíduos exerce pressão significativa sobre o ambiente. Com a viabilidade ambiental busca-se tornar o ambiente melhor do que estava antes

das intervenções, isto é, possibilitar um ganho ambiental, considerando todas as etapas e processos envolvidos e lembrando que a melhoria do ambiente de uma comunidade não pode significar a piora no ambiente de outra. Também é importante considerar o aumento na pegada ecológica da região e seus possíveis impactos na sociedade, na economia e no ambiente locais.

Os três primeiros objetivos, as viabilidades, devem ser tratados durante as fases de planejamento e implantação. Os outros três devem ser tratados como benefícios a serem alcançados e, de acordo com indicadores de situação, devem funcionar como subsídio aos critérios de seleção de investimentos em saneamento.

O objetivo “promoção do bem-estar” está intimamente relacionado à qualidade de vida, nesse caso, quanto a execução das intervenções de saneamento poderá melhorar o padrão de vida das comunidades, ou seja, o acesso dos cidadãos a bens e serviços aos quais estariam privados sem a realização dessas intervenções. As ações de saneamento básico podem diminuir a vulnerabilidade de certas camadas da sociedade à pobreza, pela melhoria das condições de habitação, além da própria valorização imobiliária da região. Isso coloca o saneamento na fronteira entre as dimensões social e econômica.

Também se pode considerar as intervenções de saneamento básico sob sua forma clássica de componente da saúde pública, ou seja, como promotoras da “melhoria na saúde pública”. Ao sanear o ambiente por meio da implantação de infraestrutura, o homem é afastado de vetores importantes de doenças de veiculação hídrica, componentes, por exemplo, das causas evitáveis da mortalidade infantil. É possível, então, situar o saneamento na interface entre as dimensões social e ambiental.

Como último objetivo, é necessário considerar que as intervenções de saneamento básico agem sobre o meio ambiente ao melhorar as características dos ecossistemas, através da redução das pressões que os estressam, permitindo a continuidade da realização dos serviços ecossistêmicos de suporte à vida – os “serviços ambientais”. Uma possibilidade que daí surge é a reversão de fundos destinados a pagamento por serviços ambientais às comunidades onde se implanta a infraestrutura de saneamento, possibilitados a partir dessas intervenções, colocando o saneamento na interseção entre as dimensões ambiental e econômica.



Esse modelo de estruturação de indicadores também abrange os elementos necessários à sustentabilidade empresarial, uma vez que a sustentabilidade econômica da empresa prestadora de serviço é considerada na viabilidade econômica. É importante lembrar que a própria lei do saneamento define que os serviços de saneamento básico devem ser remunerados por meio de tarifa e devem ser pautados pela sustentabilidade econômico-financeira (BRASIL, 2007). Então, a implantação de infraestrutura de saneamento deve ser um desejo da sociedade, deve preservar o meio ambiente e ser viável economicamente, conforme detalhado. Para alcançar os seis objetivos é preciso que se realize uma ação integrada entre os prestadores de serviços de saneamento, os poderes concedentes e a sociedade, pois a abordagem multidimensional requer que todas as partes interessadas atuem de forma conjunta.

Sob esse ponto de vista, avaliando a sustentabilidade empresarial de forma mais ampla, abrangendo a sustentabilidade do setor econômico onde ela está inserida, é necessário considerar que há indicadores que não estão no âmbito de planejamento e decisão das empresas, mas que podem ser impactados por suas decisões e conseqüentemente por suas ações. É importante avaliar os relacionamentos entre essas variáveis, de forma a buscar uma relação de causa-efeito, ou, ao menos, indícios de possíveis correlações, de forma a subsidiar o processo decisório e a definição de critérios de intervenção para futuros investimentos no setor.

A segunda etapa da pesquisa foi a determinação da correlação entre variáveis para os dados obtidos com os 24 indicadores selecionados, para os 23 municípios do Vale do Ribeira. Foram definidas como variáveis dependentes os indicadores de cobertura por redes de água (IAA) e por rede de esgoto (IAE), mantendo os demais indicadores como variáveis independentes – exceto os indicadores ICE, ITE, IAEurb e ICTEM, em relação ao IAE, pois são todos dependentes. Correlacionar variáveis é a técnica de distribuir dois conjuntos de dados de duas variáveis (X e Y) em um plano cartesiano, de forma a identificar o comportamento de uma em relação à outra (quando X sobe, Y pode subir, descer ou ser aleatório). Para que o resultado seja válido, as duas variáveis precisam ser independentes, pois se uma for formada por componentes da outra, elas serão obrigatoriamente correlacionadas. A Tabela 1 apresenta os valores dessas variáveis para os municípios em estudo.

**Tabela 1** - Valores para as principais variáveis correlacionadas para os municípios do Vale do Ribeira

Município	IAA	IAE	Pop	Urb	TMI	TMIev	IDHM	GINI
Apiáí	78,0%	44,1%	25.191	72,3%	11,8	50,0%	0,710	0,5556
Barra do Chapéu	45,6%	19,5%	5.244	29,4%	27,8	50,0%	0,660	0,5492
Barra do Turvo	40,7%	28,5%	7.729	41,1%	17,1	50,0%	0,641	0,5043
Cajati	77,9%	53,7%	28.372	73,0%	8,4	25,0%	0,694	0,4837
Cananéia	77,8%	46,9%	12.226	85,4%	15,9	33,3%	0,720	0,5010
Eldorado	53,6%	41,8%	14.641	49,2%	8,4	50,0%	0,691	0,5042
Iguape	71,5%	49,9%	28.841	85,6%	8,3	0,0%	0,726	0,5612
Ilha Comprida	82,3%	30,9%	9.025	100,0%	8,3	0,0%	0,725	0,4814
Iporanga	55,4%	41,5%	4.299	55,9%	0,0	0,0%	0,703	0,5318
Itaóca	62,6%	20,8%	3.228	54,5%	57,1	0,0%	0,680	0,5512
Itapirapuã								
Paulista	62,8%	38,7%	3.880	48,8%	43,5	0,0%	0,661	0,5351
Itariri	41,5%	24,5%	15.471	63,9%	18,0	0,0%	0,677	0,5260
Jacupiranga	65,5%	53,9%	17.208	54,5%	8,2	100,0%	0,717	0,5338
Juquiá	66,4%	43,7%	19.246	63,1%	21,4	33,3%	0,700	0,4947
Juquitiba	44,8%	12,0%	28.737	77,4%	4,3	100,0%	0,709	0,5159
Miracatu	56,5%	32,4%	20.592	51,4%	28,1	50,0%	0,697	0,5090
Pariquera-Açu	73,9%	55,9%	18.446	68,6%	13,7	0,0%	0,736	0,4754
Pedro de Toledo	59,9%	31,4%	10.204	68,9%	7,7	100,0%	0,696	0,4794
Registro	87,1%	69,7%	54.261	88,8%	6,2	40,2%	0,754	0,5335
Ribeira	59,7%	18,5%	3.358	36,8%	0,0	0,0%	0,698	0,4766
São Lourenço da Serra	43,9%	25,6%	13.973	91,0%	10,0	50,0%	0,728	0,5148
Sete Barras	64,4%	45,2%	13.005	55,3%	9,8	0,0%	0,673	0,5156
Tapiraí	64,7%	57,0%	8.012	71,5%	27,0	0,0%	0,681	0,4437

(continua)

**Tabela 1** - Valores para as principais variáveis correlacionadas para os municípios do Vale do Ribeira (continuação)

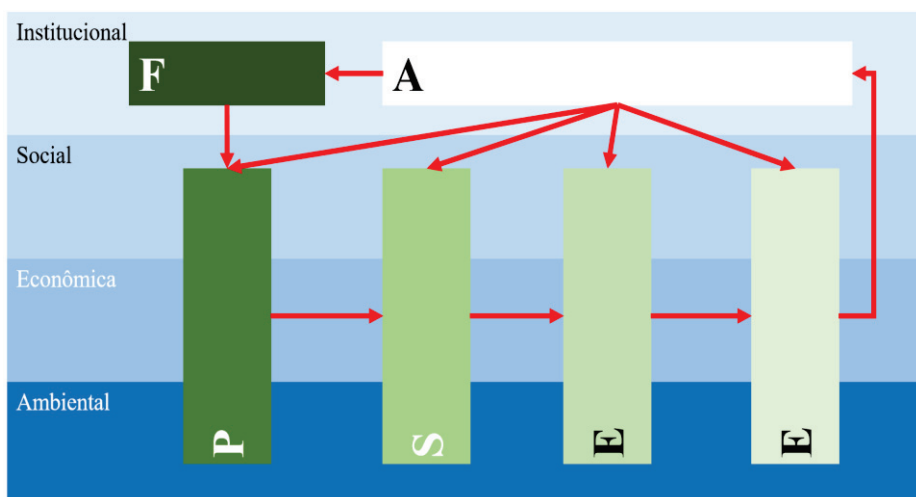
Município	R\$Mpc (R\$)	CMA	IPD	CEEA	CEEE	DM3Fat (R\$)	IDFin	MSDiv	PopAV
Apiáí	483,00	121,5	39,9%	0,46	0,00	2,35	73,2%	52,6%	45,1%
Barra do Chapéu	324,00	111,6	44,8%	0,78	0,04	2,35	68,4%	64,0%	69,7%
Barra do Turvo	379,00	128,6	31,6%	0,36	0,55	2,68	77,0%	55,4%	58,2%
Cajati	422,00	130,7	42,0%	0,61	0,41	2,33	79,5%	39,5%	46,3%
Cananéia	498,00	172,6	26,5%	0,39	1,28	2,26	89,0%	48,0%	37,7%
Eldorado	398,00	130,1	34,0%	0,63	0,50	2,50	74,3%	39,9%	57,2%
Iguape	475,00	172,2	19,9%	0,71	1,32	2,26	82,9%	53,6%	21,8%
Ilha Comprida	538,00	257,0	23,1%	0,02	2,38	2,58	72,8%	122,8%	5,6%
Iporanga	352,00	124,2	25,5%	0,75	1,63	3,30	56,4%	33,6%	28,0%
Itaóca	335,00	121,3	8,1%	0,05	0,00	2,56	66,5%	120,4%	49,5%
Itapirapuã Paulista	293,00	109,2	29,5%	0,59	0,24	2,14	70,2%	28,6%	69,4%
Itariri	398,00	170,0	30,1%	0,38	0,37	2,66	68,7%	43,0%	35,9%
Jacupiranga	493,00	153,0	33,7%	0,55	0,89	2,07	95,0%	27,9%	38,7%
Juquiá	425,00	139,9	37,0%	0,53	0,41	1,75	67,2%	59,8%	45,6%
Juquitiba	448,00	189,2	35,4%	0,85	1,10	2,94	69,3%	99,7%	53,5%
Miracatu	395,00	148,7	38,9%	0,54	0,49	2,82	65,7%	44,0%	55,1%
Pariquera- Açu	519,00	149,3	28,2%	0,62	0,40	2,40	98,0%	22,0%	24,5%
Pedro de Toledo	433,00	177,7	38,2%	0,78	0,34	3,10	63,3%	50,7%	28,6%
Registro	601,00	149,1	33,4%	0,51	0,32	2,17	93,6%	47,6%	22,7%
Ribeira	372,00	130,4	25,1%	0,42	0,00	3,23	61,5%	58,5%	61,8%
São Lourenço da Serra	535,00	179,1	24,7%	1,15	0,81	2,89	68,4%	52,8%	26,4%
Sete Barras	407,00	138,0	27,1%	0,61	0,30	2,24	82,4%	41,3%	40,9%
Tapiraí	416,00	122,5	39,4%	0,96	0,63	2,66	69,8%	44,8%	50,1%

**Fonte:** Elaborado pelos autores com base em dados do SNIS, IBGE, SEADE, RIPSAs para o ano de 2010

Nesta pesquisa, para a medida do grau de correlação entre as variáveis, foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ).

O valor do coeficiente  $r$  pode variar entre -1 e 1, dependendo se a correlação é positiva ou negativa, e permite o julgamento do grau de correlação em quatro categorias: nula, fraca, moderada ou forte – igualmente distribuídas a cada intervalo de 0,25. Em estudos de fenômenos típicos das ciências físicas os valores para o coeficiente  $r$  são maiores que aqueles encontrados nas correlações de fenômenos das ciências da saúde, em face da grande variabilidade dos fenômenos biológicos. Nas ciências do comportamento, por exemplo, dificilmente são encontrados valores de  $r$  superiores a 0,70 (VIEIRA, 2008).

Também é possível verificar se uma determinada correlação entre variáveis tem significado estatístico através da aplicação do teste  $t$  de Student, conforme Vieira (2008). O valor de  $t$  apresenta o valor crítico obtido em função do valor de  $r$  e do tamanho da amostra. A Figura 5 apresenta as equações para determinação do coeficiente de correlação linear de Pearson e o valor crítico de Student,  $r$  e  $t$  respectivamente.



**Figura 5** - Equações para determinação do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e do valor crítico ( $t$ ) de Student

Fonte: Vieira (2008)

É possível determinar o valor crítico mínimo para um certo intervalo de confiança em termos do tamanho da amostra. Para o estudo em questão o valor crítico ( $t$ ) foi determinado para o tamanho da amostra (23 municípios do Vale do Ribeira) e intervalo de confiança de 95% (significância 5%). De acordo com tabela apresentada por Vieira (2008), esse valor para  $t$  é 2,08. Dessa forma foi possível estabelecer uma linha de corte para a qual os resultados obtidos são estatisticamente relevantes.

Como principais resultados verificou-se que, no âmbito socioeconômico, os municípios com maiores coberturas por redes de abastecimento de água (IAA) tendem a ser mais populosos (Pop), com maiores taxas de urbanização (Urb), maior renda mensal *per capita* (R\$Mpc), maior IDHM – todos com correlação positiva – e menor taxa da população vulnerável à pobreza (PopAV) – correlação negativa. No âmbito da sustentabilidade econômica empresarial, os prestadores de serviço nesses municípios também tendem a ter melhor índice de desempenho financeiro (IDFin) e menor despesa por metro cúbico ( $m^3$ ) faturado (DM3Fat). Não se pode afirmar que há uma relação de causa-efeito, mas esses resultados apontam para potenciais efeitos das intervenções de saneamento básico – a relação inversa também é possível, ou seja, a variação de indicadores de saneamento ser efeito da variação dos demais indicadores. Faz-se necessária uma pesquisa mais profunda dessas relações para determinar sua validade.

Não deixa de ser importante, entretanto, a falta de correlação entre o IAA e a taxa de mortalidade infantil (TMI), fato que efetivamente lança dúvida sobre a associação direta que é feita entre as intervenções de saneamento e a redução da TMI. Por outro lado, as únicas correlações significativas com a TMI foram as variáveis IDHM e renda média mensal *per capita* (R\$Mpc) ambos com correlação negativa e taxa da população com alta vulnerabilidade (PopAV) com correlação positiva. Isso demonstra que a TMI ainda está fortemente relacionada à exclusão social, pois as maiores taxas de mortalidade infantil estão associadas a menores IDHM, menores rendas médias mensais *per capita* e maiores taxas de população com alta vulnerabilidade.

Para o índice de atendimento total de esgotos, verificou-se que nos municípios onde a cobertura por rede de esgotos (IAE) é maior, há a tendência de ter maiores populações (Pop), IDHM mais alto e renda

*per capita* maior (R\$Mpc), no bloco socioeconômico. No bloco econômico da sustentabilidade empresarial, verifica-se que há a tendência de indicadores de desempenho financeiro (IDFin) melhores, menores despesas por metro cúbico faturado (DM3Fat) e menor margem do serviço da dívida (MSDiv) – o que significa maior possibilidade de alavancagem de recursos para investimentos. Foi notável a correlação positiva obtida entre o atendimento total de esgotos e a componente longevidade do IDHM. Sob o ponto de vista da saúde pública, também não houve correlação estatisticamente significativa entre as coberturas por redes de esgotos e a TMI (Tabela 2).

Dos indicadores estudados, agrupando-os de acordo com o grau de correlação identificado, é possível dizer que os mais promissores são aqueles que apresentaram correlação estatisticamente significativa com os indicadores de cobertura por redes de água e esgotos (IAA e IAE). Estes indicadores compõem o grupo A e são: População residente (Pop); Taxa de Urbanização (Urb); Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); Rendimento Médio Mensal per capita (R\$Mpc); Índice de Desempenho Financeiro (IDFin); Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado (DM3Fat); Taxa da População com Alta Vulnerabilidade (PopAV) e Margem do Serviço da Dívida (MSDiv). São quatro indicadores da dimensão econômica, dois indicadores da dimensão social e dois indicadores da interface socioeconômica. Essas correlações não são garantia de causalidade, mas certamente merecem ser melhor estudadas, com a utilização de séries históricas maiores, em amostras com maior número de municípios.

**Tabela 2** - Índice de correlação linear de Pearson (r) e valor crítico de Student (t) para as principais variáveis estudadas

Indicadores	Pop	Urb	TMI	TMIev	IDHM	IDHML	ICTEM	GINI	
IAA	r	0,43	0,52	-0,10	-0,25	0,58	0,57	0,24	-0,10
	t	2,21	2,76	-0,48	-1,17	3,28	3,20	1,15	-0,44
IAE	r	0,51	0,33	-0,18	-0,15	0,43	0,81	0,67	-0,11
	t	2,72	1,62	-0,86	-0,70	2,19	6,30	4,19	-0,52

(continua)

**Tabela 2** - Índice de correlação linear de Pearson (r) e valor crítico de Student (t) para as principais variáveis estudadas (continuação)

Indicadores	R\$Mpc	CMA	IPD	CEEA	CEEE	DM3Fat	IDFin	MSDiv	PopA	
IAA	r	0,53	0,16	-0,07	-0,34	0,17	-0,47	0,52	0,00	-0,46
	t	2,88	0,75	-0,32	-1,68	0,79	-2,43	2,81	-0,02	-2,37
IAE	r	0,47	-0,15	0,18	0,09	0,05	-0,54	0,67	-0,56	-0,36
	t	2,44	-0,71	0,82	0,43	0,24	-2,92	4,14	-3,06	-1,75

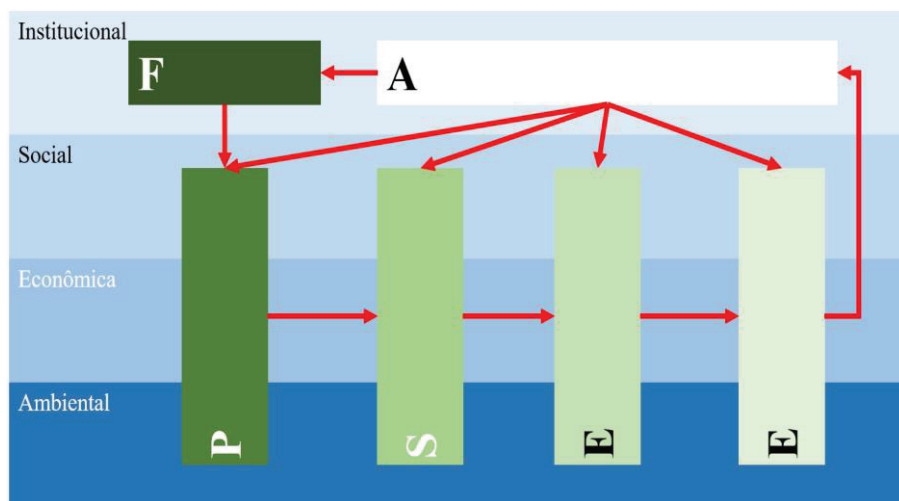
Os demais indicadores, sendo: um da dimensão ambiental (IC-TEM), quatro da interface socioeconômica (ICE, IAEurb, CMA e GINI), três da interface socioambiental (ITE, TMI e TMlev) e três da interface econômico-ambiental (IPD, CEEE e CEEA), podem compor um grupo B de indicadores, sem correlações significativas com os indicadores de cobertura por redes. Os indicadores desse grupo podem ser utilizados para compor as matrizes de sustentabilidade, nas categorias onde não há indicadores do grupo A, mas sempre tendo em mente que as relações podem ser mais complexas, não se descartando, entretanto, a possibilidade de causalidade.

Mediante resultados das correlações, concluímos que há indícios de que a implantação de infraestrutura de saneamento básico pode se associar, dentre outros benefícios, ao aumento populacional, ao aumento da urbanização, a diminuição de população em situação de vulnerabilidade à pobreza, ao aumento da renda *per capita*, além dos benefícios econômicos para os prestadores de serviço. Estes são, portanto, benefícios das dimensões social e econômica. Não foi possível, nesta pesquisa encontrar benefícios da dimensão ambiental, justamente pela falta de indicadores disponíveis para todos os municípios. Essa falta de dados de indicadores ambientais está ligada à pequena cobertura das redes de monitoramento, em face da quantidade de pontos passíveis de monitoramento existentes atualmente.

Para determinação de outros efeitos de curto, médio e longo prazos, faz-se necessário o acompanhamento sistemático dos indicadores para cada uma das dimensões, comparando situações antes e depois de intervenções de saneamento básico, de forma a validar e refinar os indi-

cadores aqui propostos, ou refutá-los buscando indicadores que se mostrem mais adequados. Ficou claro, entretanto, com base nas correlações significativas identificadas, que os investimentos em saneamento possuem uma relação sistêmica positiva com fatores sociais, econômicos, ambientais e de saúde.

Ainda na tentativa de fornecer ferramentas para o processo decisório dos tomadores de decisão das empresas de saneamento básico, foi proposta uma matriz de causa-efeito baseada no modelo Força Motriz - Pressão - Situação - Exposição - Efeito - Ação (FPSEEA) da Organização Mundial da Saúde (OMS). No ciclo do FPSEEA um conjunto de Forças Motrizes são indutoras de Pressão sobre o meio ambiente e a sociedade, levando-os a uma Situação de degradação ou estresse que provoca a Exposição do ser humano a fatores de risco, tendo como Efeito diversos tipos de desordem na saúde pública, gerando a necessidade que Ações sejam realizadas no sentido de reverter o ciclo estabelecido. Como é possível ver em Freitas (2011), a abordagem conceitual do modelo FPSEEA baseia-se na organização de indicadores em saúde ambiental com o objetivo de mensurar e monitorar os possíveis agravos à saúde decorrentes das constantes e intensas mudanças sociais, econômicas e ambientais.



**Figura 6** - Matriz para organização de indicadores baseado na junção dos modelos TBL e FPSEEA



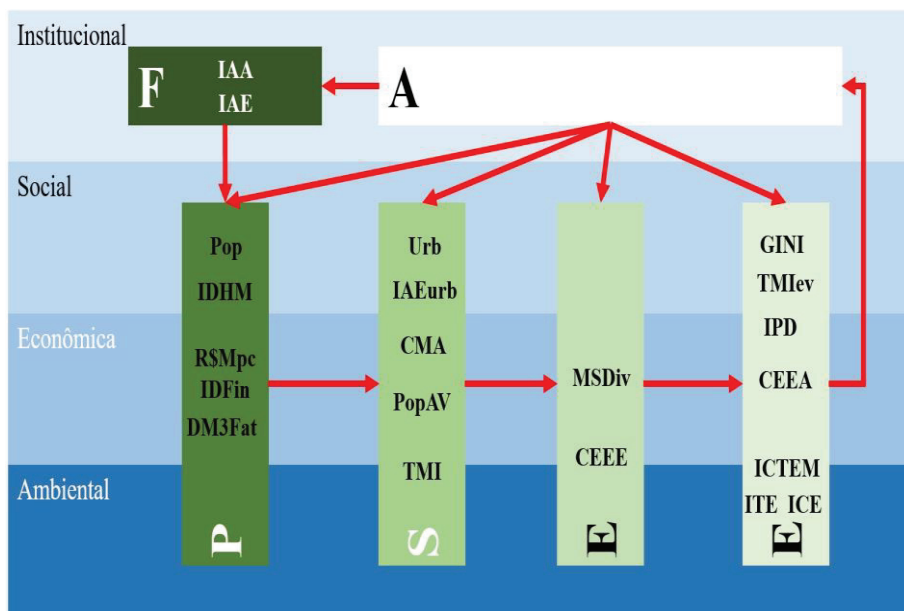
Com duas mudanças foi possível transplantar o modelo FPSEEA para uma matriz de organização de indicadores para sustentabilidade do saneamento básico. A primeira mudança foi a adoção das dimensões da sustentabilidade corporativa (institucional, econômica, social e ambiental) como contexto para a ocorrência das etapas do ciclo, correndo transversalmente às etapas no sentido do tempo. Apenas as etapas Força Motriz e Ações foram deixadas unicamente dentro da dimensão institucional por estarem fortemente relacionadas ao processo decisório e à governança corporativa. A segunda mudança foi a ampliação do conceito de Exposição para além dos riscos à saúde pública do modelo original, passando a abarcar também riscos sociais, econômicos e ambientais. O modelo proposto está apresentado na Figura 6.

O principal ponto fraco dessa proposta, que não a invalida, entretanto, é o fato do modelo FPSEEA ser baseado em relações de causa-efeito e as correlações realizadas entre as variáveis escolhidas para a pesquisa não permitirem a afirmação de que há relação de causa-efeito, servindo apenas como indício de uma possível causalidade. Dessa forma, utilizando algumas premissas, é possível distribuir os indicadores dentro da matriz, criando um primeiro modelo que precisará ser acompanhado e ajustado ao longo do tempo, até que se identifiquem as verdadeiras relações de causa-efeito para as variáveis escolhidas. As premissas adotadas foram as seguintes:

- Os indicadores IAA e IAE são as Forças motrizes;
- Os indicadores que apresentaram correlações estatisticamente significativas com IAA e IAE foram alocados na etapa Pressão;
- Os demais indicadores foram alocados sucessivamente nas demais etapas, de acordo com as correlações que foram identificadas;
- Indicadores já alocados em etapas anteriores foram descartados;
- Os indicadores que não se enquadraram nas etapas anteriores foram alocados na etapa Efeitos;

- A etapa Ações fica em branco, pois depende dos resultados encontrados quando da efetiva utilização do modelo.

Seguindo essas premissas o resultado encontrado está apresentado na Figura 7.



**Figura 7** - Organização de indicadores baseado na junção dos modelos TBL e FPSSEA

Como a correlação entre variáveis não estabelece o sentido temporal, é possível que alguns indicadores estejam invertidos, podendo, inclusive, pertencer à etapa posterior ou predecessora à etapa onde está alocado.

## CONCLUSÕES

A sustentabilidade tem múltiplas definições que abordam questões variando em abrangência (local, regional, global), temporalidade

(resolver questões para hoje ou para o futuro) e objetivos (manter o modo de produção capitalista como está, mudá-lo ou substituí-lo). Há inclusive quem defenda que sustentabilidade é só mais uma palavra da moda, sem desdobramentos relevantes.

Outras linhas de discussão, como pode ser verificado em Meadows (1972), apontam que há um limite físico para a utilização dos recursos oferecidos pela natureza, assim como há um limite físico para a utilização do meio ambiente como repositório dos rejeitos de nossos processos industriais, meios de transporte e estilo de vida.

A abordagem da sustentabilidade pelo ponto de vista setorial e empresarial pode ter o benefício da simplificação dos conceitos, mas deixa dúvida quanto à sua efetividade, pois lhe falta abrangência e ação globais. Nessa forma de abordar o conceito da sustentabilidade também não se discute se o modelo de produção precisa ser substituído, limitando-se a sugerir adaptações no modelo vigente, quando necessário.

Como um dos objetivos da pesquisa era trazer a questão da sustentabilidade para o âmbito empresarial no setor saneamento básico, também não se buscou alternativas ao modelo vigente, buscou-se, por outro lado, identificar os indícios de como ocorrem as relações entre os fenômenos e como podem ser medidas essas relações, de forma a subsidiar os passos futuros.

Como aqui proposto, a sustentabilidade para o saneamento básico consiste em buscar projetos elaborados segundo critérios que atendam aos seis objetivos primordiais: as viabilidades econômica, social e ambiental, a promoção do bem-estar, a realização de serviços ambientais e a melhoria da saúde pública.

Para determinação de outros efeitos de médio e longo prazos faz-se necessário o acompanhamento sistemático dos indicadores para cada uma das dimensões, comparando situações antes e depois de intervenções de saneamento básico, de forma a validar e refinar os indicadores aqui propostos, ou refutá-los buscando por indicadores que se mostrem mais adequados.

Conforme alertou Meadows (1998), os indicadores têm o poder de mudar estruturas e comportamento de sistemas simplesmente com a mudança de como a informação é passada e para quem é passada. Novas informações em novos lugares. De certa forma é essa a proposta final desse capítulo: a utilização de indicadores bem estabelecidos, mas

sob um novo olhar, constituindo-se em “novos” indicadores para saneamento básico, estruturados em matrizes de organização, com a capacidade de trazer a visão da sustentabilidade para o setor. Com isso, espera-se contribuir com avanços quanto à interpretação dos efeitos do saneamento por meio de uma ótica ampliada, sistêmica, rompendo com a convencional análise circunstanciada na linearidade entre saneamento e sua perspectiva de indução causal direta em um grupo restrito de indicadores de saúde.

O Vale do Ribeira mostrou-se uma região muito rica em termos de possibilidade de estudos e pesquisas, por um lado, mas um grande desafio por outro, quando se trata de pensar o desenvolvimento sustentável da região. A condição singular da região estudada demanda inovação na forma de se valorar as ações de saneamento básico, sendo necessário romper com análises setoriais, optando por outras formas de se aferir os reais e amplos benefícios a justificar investimentos nesse campo. Certamente o saneamento básico pode ajudar em parte, mas somente ações integradas, com participação das comunidades, organizações não governamentais, além das esferas municipal, estadual e federal da administração pública, é que poderão efetivamente dar um direcionamento para região. A chave é pensar a sustentabilidade em escala regional, preservando os recursos naturais, ao mesmo tempo em que se melhora a qualidade de vida de suas comunidades.

Ficou claro, entretanto, com base nas correlações significativas identificadas que os investimentos em saneamento possuem uma relação sistêmica positiva com fatores sociais, econômicos, ambientais e de saúde. Resta explorar ainda as possibilidades advindas do potencial de prestação de serviços ambientais ecossistêmicos na região do Vale do Ribeira. Talvez configurando uma possibilidade de financiar a implantação futura de infraestrutura na região.

## **AGRADECIMENTOS**

À FAPESP (projeto ResNexus, processo 2015/50132-6); e ao CNPq (bolsa de Produtividade em Pesquisa de Leandro L. Giatti, processo 308256/2015-8).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº. 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Seção 1:3.

CBH-RB – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. *Caderno de informações sobre a Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 11: Situação atual – Problemas – Ideias* [caderno na internet]. Registro, 2008 Disponível em: <http://www.sigrb.com.br/projetos/consulta.php?id=21>. Acesso em: 13 ago. 2013.

CONSAÚDE – CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SAÚDE DO VALE DO RIBEIRA. *Boletim Janeiro de 2011*. Disponível em: [http://www.consaude.org.br/wp-content/uploads/2014/01/Boletim\\_Consaude\\_Jan\\_2011.pdf](http://www.consaude.org.br/wp-content/uploads/2014/01/Boletim_Consaude_Jan_2011.pdf) Acesso em: 10 mar. 2015.

ELKINGTON, J. *Sustentabilidade, canibais com garfo e faca*. Edição histórica de 12 anos. São Paulo: M. Books, 2012.

EVANGELISTA, R. Sustentabilidade: um possível caminho para o sucesso empresarial? *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*. Rio de Janeiro, jan/jun, p. 85-96, 2010.

FRANCO NETTO, G. et al. Impactos socioambientais na situação de saúde da população brasileira: Estudo de indicadores relacionados ao saneamento ambiental inadequado. *Tempus Actas em Saúde Coletiva*. Brasília, v. 4, n. 4, p. 53-71, 2009.

FREITAS, C. M. (Org.) Saúde Ambiental. *Guia básico para construção de indicadores*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

FUNDAÇÃO FLORESTAL – Unidades de Conservação. *Parques Estaduais 2015*. Disponível em: [http://fflorestal.sp.gov.br/unidades-de-conservacao/parques-estaduais/parques-estaduais/\\_](http://fflorestal.sp.gov.br/unidades-de-conservacao/parques-estaduais/parques-estaduais/_)Acesso em: 1 abr. 2015.

GALVÃO JR., A. C.; SILVA, A. C. Indicadores para prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. In: PHILIPPI JR. A.; MALHEIROS T. F., (Eds.) *Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2008*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf) Acesso em: 21 abr. 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades@* Rio de Janeiro: IBGE, 2014 Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php> Acesso em: 15 mar, 2015.

McMICHAEL, A. J. The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bull World Health Organ.* v. 78, p. 1117-1126, 2000.

MEADOWS, D. H. *Indicators and Information System for Sustainable Development*. A Report to the Balaton Group. Hartland Four Corners: The Sustainably Institute, 1998.

MEADOWS, D. H. et al. *The limits to growth*. Washington DC: Potomac Associates Book, 1972. Disponível em: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf> Acesso em: 11 abr. 2015.

NUNES, M. *Do passado ao future dos moradores tradicionais da Estação Ecológica Juréia-Itatins/SP*. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. *Avaliação de impacto na saúde de ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013* Brasília: PNUD Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 1 nov. 2013.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados*. v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

SÃO PAULO. Lei nº. 9.034 de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 28 dez 1994, Seção I:3.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. *Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) e Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)* São Paulo: SEADE:2014 Disponível em: <http://www.iprsipvs.seade.gov.br/> Acesso em: 2 set. 2016.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. *Informações dos Municípios Paulistas*. Saúde São Paulo: SEADE:2015. Disponível em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#> Acesso em: 1 abr. 2015.

SEVÁ FILHO O.; KALINOWSKI, L. M. Transposição e hidrelétricas: o desconhecido Vale do Ribeira (PR-SP). *Estudos Avançados*, v, 26, n. 74, p. 269-286, 2012.

SSRH – SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Plano Regional Integrado de Saneamento Básico para a UGRHI-11*[caderno na internet]. 2010 Disponível em: [http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI11/PRS\\_UGRHI11.pdf](http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRHI11/PRS_UGRHI11.pdf) Acesso em: 12 dez. 2013.

VIEIRA, S. *Introdução à bioestatística*. 4a ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2008.

# 5 Sistemas naturais de tratamento de esgoto: utilização da tecnologia de *wetlands* construídas para remoção de nutrientes

Cristiane Dias Poças  
Wanderley Da Silva Paganini

## INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais importante do nosso planeta. É essencial para sobrevivência do homem e demais seres vivos, importante insumo na produção de vários bens de consumo, sendo também um elemento representativo de valores sociais e culturais.

Entretanto, por maior que seja sua importância, a poluição de nascentes, rios, córregos, mananciais e lençóis freáticos cresce descontroladamente. Existe uma relação direta entre qualidade da água e doenças. Há uma gama de enfermidades causadas pela má qualidade da água consumida. Planejar e gerenciar os recursos hídricos é fundamental para garantir a disponibilidade de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para as gerações presentes e futuras. A sustentabilidade dos recursos hídricos está diretamente ligada ao controle de cargas poluidoras que a eles chegam.

A eutrofização é um dos grandes problemas de qualidade da água do país. Quando a água é rica em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, tem-se um crescimento da vida vegetal aquática, num processo natural chamado eutrofização, que se manifesta por meio da produtividade biológica do ecossistema, sendo observada a proliferação de algas e outros vegetais aquáticos. Porém, quando a concentração de nutrientes é excessiva, a eutrofização é acelerada e passa a ter efeitos negativos, podendo provocar odor e sabor na água, decorrentes



da floração e morte de tipos específicos de algas, mortandade de peixes, mudanças na biodiversidade aquática e comprometimento da água destinada ao abastecimento público. Tal processo acontece principalmente em lagos e represas, ocorrendo raramente em rios, uma vez que as condições ambientais destes são mais desfavoráveis ao crescimento de algas.

O controle do lançamento de esgotos, tratados ou não, nos corpos hídricos receptores é uma importante medida preventiva para o controle da eutrofização. As tecnologias convencionais de tratamento biológico de esgotos não contemplam a remoção de nutrientes.

Assim sendo, o estabelecimento de limites para o lançamento de nitrogênio e fósforo no corpo receptor pode implicar na necessidade da realização de um tratamento complementar, pelo emprego de tecnologias que possibilitem a remoção dos nutrientes dos esgotos, como os sistemas por membranas ou osmose reversa. Esses sistemas, além de representarem altos custos de implantação, operação e manutenção, promovem a separação dos nutrientes de modo que o efluente líquido lançado nos corpos d'água esteja em conformidade com a lei. Por outro lado, os nutrientes que foram "separados" precisam ser submetidos a uma destinação final adequada, normalmente constituída pelo aterramento em aterros sanitários, ou mesmo por processo de incineração. Essas alternativas acarretam a quebra definitiva do ciclo natural desses nutrientes, que são irremediavelmente perdidos, ressaltando-se que o fósforo, por exemplo, possui fontes finitas e não renováveis.

Dentro deste contexto, torna-se importante encontrar novas tecnologias capazes de remover nutrientes presentes no esgoto de forma favorável tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. As *wetlands* construídas são soluções promissoras, pois colocam os nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, nos seus ciclos naturais, preservando os ciclos da natureza. Sua concepção e operação representam custos bem mais baixos em relação aos sistemas terciários compactos mecanizados. As *wetlands* construídas são chamadas sistemas naturais de tratamento de esgoto e se diferenciam dos sistemas convencionais em relação à fonte de energia utilizada, pois usam fontes de energia renováveis para degradar a matéria orgânica e reciclar os nutrientes (KADLEC; KNIGHT, 1996). Através do presente trabalho pretende-se abordar a eficiência de remoção de nutrientes por *wetlands* construídas.

## CENÁRIO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

No Brasil, 42,1 % da água utilizada para abastecimento público é proveniente de reservatórios superficiais. Estes reservatórios, mesmo que protegidos pelo ambiente natural, estão sujeitos a fatores que levam ao comprometimento da qualidade de suas águas, como o lançamento de esgotos sanitários, despejos de resíduos industriais e domésticos, atividades mineradoras, agricultura, entre outras (IBGE, 2010).

A Agência Nacional de Águas (ANA), através do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas - PNQA, classificou os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliou a qualidade da água quanto ao enriquecimento de nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas ou aumento da infestação de plantas aquáticas. De acordo com o relatório, 35% dos pontos monitorados apresentaram estado acelerado de eutrofização, sendo que os pontos com pior resultado de estado trófico estão localizados próximos às regiões metropolitanas, principalmente nas bacias dos rios Tietê (Região Metropolitana de São Paulo), Jucu (Região Metropolitana de Vitória), Sinos (Região Metropolitana de Porto Alegre) e Velhas (Região Metropolitana de Belo Horizonte). A região com maior porcentagem de corpos d'água com níveis acelerados de eutrofização abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas por estarem em uma região que se caracteriza pela ausência de grandes rios, escassas precipitações e altas temperaturas, fazendo com que seus açudes tenham altas concentrações de sais e de compostos de fósforo e nitrogênio (ANA, 2009).

Para o controle da eutrofização podem ser adotadas medidas preventivas e corretivas. As medidas preventivas abrangem ações na bacia hidrográfica, ou seja, antes do esgoto ser lançado no corpo receptor, como por exemplo, o controle do lançamento de esgotos e o uso abusivo de fertilizantes no solo. As medidas corretivas envolvem ações direcionadas para a recuperação do corpo d'água degradado, por exemplo, a dragagem de uma lagoa.

Tratar o esgoto antes do lançamento é uma importante medida preventiva para a preservação dos mananciais, entretanto, as tecnologias convencionais de tratamento biológico de esgoto são projetadas visando principalmente à remoção de matéria orgânica, resultando em

um efluente com concentrações de nitrogênio e fósforo próximas as do esgoto bruto (PROSAB, 2009).

## **Fósforo**

O fósforo é um elemento essencial para o funcionamento dos sistemas biológicos de todos os organismos vivos. É um elemento finito na natureza e sua fonte é a litosfera. Vem sendo largamente utilizado como matéria-prima na indústria, como por exemplo, na fabricação de fertilizantes e detergentes em pó. Estima-se que de cada 2 milhões de toneladas de fósforo que são produzidos atualmente, apenas 60 mil retornam ao meio de origem, ao ciclo natural, ou seja, a taxa de retorno do fósforo ao seu ciclo biogeoquímico está cada vez menor, comparada às suas perdas, com impactos na disponibilidade das fontes naturais e na qualidade das águas, em decorrência dos processos de eutrofização (QUEVEDO; PAGANINI, 2011).

No esgoto doméstico o fósforo apresenta-se na forma de fosfatos, orgânicos e inorgânicos, sendo que a fração orgânica é de origem fisiológica e a fração inorgânica é proveniente dos detergentes e outros produtos químicos de uso doméstico. Estima-se que o fósforo originário dos detergentes pode representar até 50% da concentração do fósforo total no esgoto doméstico. O fósforo não apresenta implicações sanitárias na qualidade da água, entretanto, por ser um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e por ser indispensável para o crescimento de algas, pode, sob certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização acelerada (PROSAB, 2009).

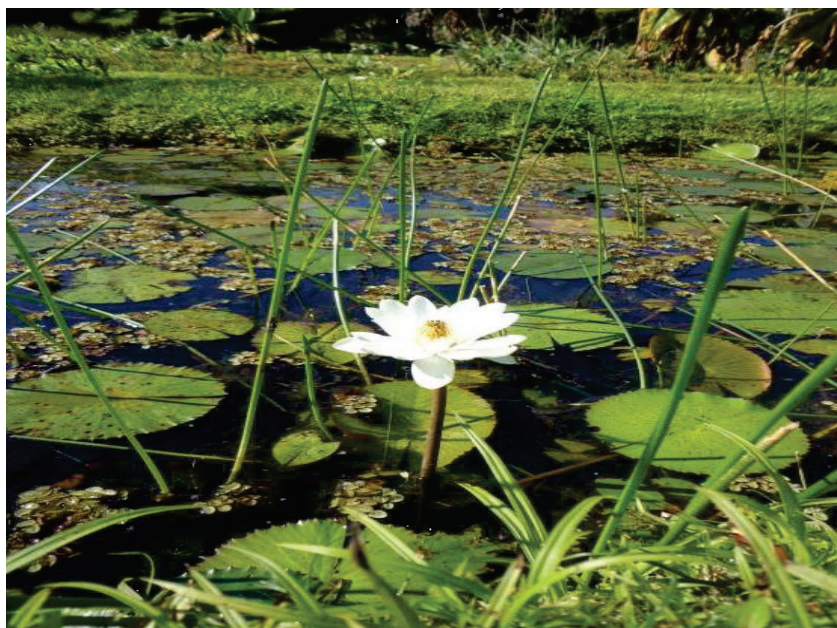
## **Nitrogênio**

No ciclo do nitrogênio na biosfera, este nutriente se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático ele pode ser encontrado na forma de nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, amônia livre, íon amônio, íon nitrito e íon nitrato. É um elemento importante a ser observado nas ações de controle da poluição das águas, pois é um componente indispensável para o crescimento de algas, consome oxigê-

nio dissolvido do corpo d'água durante o processo de nitrificação, é diretamente tóxico aos peixes na forma de amônia livre e na forma de nitrato está associado a doenças (PROSAB, 2009).

## O QUE SÃO WETLANDS?

*Wetlands* naturais são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático, conhecidas como terras úmidas, brejos, várzeas, pântanos, manguezais ou lagos rasos. Esse sistema se destaca entre os processos de autodepuração por serem áreas inundadas constante ou sazonalmente, que desenvolveram uma vegetação adaptada à vida em solos alagados. Neles a água, o solo e os vegetais formam um ecossistema equilibrado, degradando a matéria orgânica, reciclando os nutrientes e consequentemente, melhorando a qualidade da água (ANJOS, 2003). Na Figura 1 é apresentada uma foto da várzea do Parelheiros como exemplo de uma *wetland* natural.



**Figura 1** - *Wetland* natural

Fonte: Bueno (2013)

As *wetlands* construídas, por sua vez, são ecossistemas artificiais que reproduzem as características de *wetlands* naturais, utilizando plantas aquáticas e substratos como: brita, areia, bambu, casca de arroz, entre outros. São construídas de forma específica, com o objetivo de tratar efluentes, combinando processos químicos, físicos e biológicos. A Figura 2 apresenta um exemplo de uma *wetland* construída (ANJOS, 2003; GOPAL, 1999; HABERL, 1999).



**Figura 2** - Exemplo de uma *wetland* construída

**Fonte:** Bueno (2013)

Consideradas filtros biológicos, as *wetlands* construídas possuem microrganismos capazes de promover a depuração da água por meio de processos metabólicos. Os microrganismos, com sua diversidade genética e adaptabilidade funcional utilizam as diversas substâncias presentes na água como fonte de energia para seu crescimento e reprodução.



A remoção do fósforo ocorre através da precipitação, sedimentação e adsorção, sendo o principal mecanismo de remoção, a incorporação do fósforo na biomassa das plantas. Quanto ao nitrogênio, os mecanismos de retenção que se destacam são a incorporação na biomassa vegetal, à adsorção ao material filtrante e principalmente nitrificação seguida da desnitrificação (KADLEC; KNIGHT, 1996).

Esses sistemas têm como finalidade simular as condições ideais de tratamento dos *wetlands* naturais, com a vantagem de oferecer flexibilidade quanto à escolha do local de implantação, definição das variáveis hidráulicas e mais facilidade no manejo da vegetação, objetivando obter maior eficiência de remoção de matéria orgânica e de nutrientes (SANTIAGO et al., 2005).

No Brasil, as *wetlands* são referenciadas pelo próprio termo em inglês, *wetlands* (terras úmidas), *constructed wetlands* e, por *wetlands* construídas, áreas alagadas, alagados construídos ou artificiais, várzeas artificiais, áreas inundadas, leito de raízes, zona de raízes, zonas úmidas, filtros plantados, alagados naturais, terras úmidas construídas, leitos cultivados, entre outros. No presente estudo, utiliza-se o termo *wetland* construída.

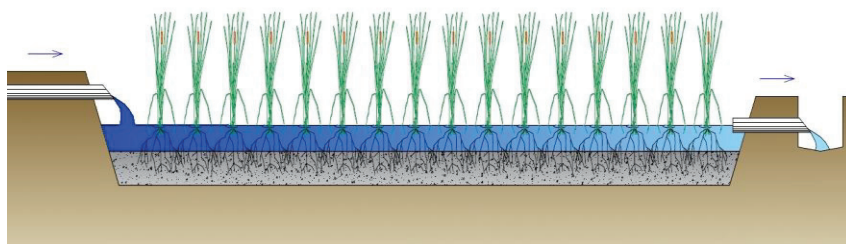
A *wetland* construída se apresenta como uma alternativa para reduzir a concentração de nutrientes presentes em um efluente, antes do lançamento nos corpos hídricos receptores. Altas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, podem causar eutrofização acelerada nos corpos d'água.

### **Classificação das *wetlands* construídas de acordo com o fluxo**

As *wetlands* construídas são classificadas de acordo com o fluxo adotado. Os tipos básicos são: superficial, subsuperficial e vertical (PROSAB, 2009; VYMAZAL, 2005).

Os sistemas de fluxo superficial ou lâmina livre apresentam um fluxo sobre a superfície, com uma altura de lâmina d'água tipicamente menor que 0,4 m, passando através da vegetação. Apresenta melhor eficiência para remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos, pois tem maior tempo de retenção hidráulica. Tem duas desvantagens em relação aos demais fluxos, pois pode ocorrer proliferação de mosquitos e produção de odor. A Figura 3 mostra um exemplo de como funciona

um fluxo superficial (KADLEC; KNIGHT, 1996; Kadlec; Wallace citado por SANTIAGO et al., 2005; USEPA, 2000).



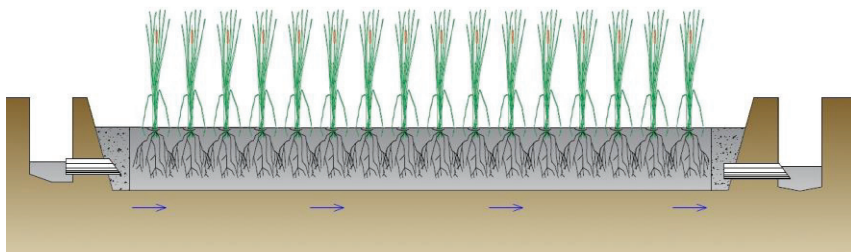
**Figura 3** - Fluxo superficial

Fonte: Adaptado de Salati (1998).

No sistema de fluxo subsuperficial não há uma coluna d'água sobre a superfície do terreno, são essencialmente filtros lentos horizontais preenchidos com brita ou areia como meio suporte, onde as raízes das plantas se desenvolvem. O efluente passa pelo substrato (brita ou areia), onde entra em contato com uma mistura de bactérias facultativas associadas com o substrato e com as raízes das plantas. A altura do substrato é tipicamente menor que 0,6 m. Este tipo de processo demonstra ter maior eficiência para remoção de nitrogênio, fósforo e metais pesados, devido à grande variedade de reações que ocorrem dentro do solo (USEPA, 2000). Na Figura 4 é apresentado o esquema de tratamento de fluxo subsuperficial.

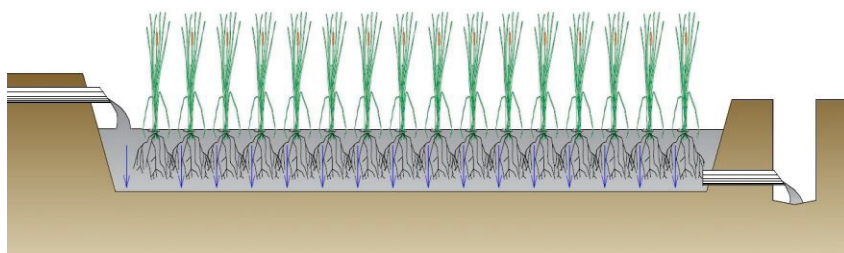
As *wetlands* de fluxo subsuperficial não oferecem condições para o desenvolvimento e proliferação de mosquitos e para o contato de pessoas e animais com a lâmina d'água. São muito utilizadas no tratamento secundário de efluentes de pequenas comunidades, nos Estados Unidos, Austrália, África do Sul e na Europa (Kadlec; Wallace, citado por SANTIAGO et al., 2005).

As *wetlands* construídas de fluxo vertical são constituídas de filtros de escoamento vertical intermitente, preenchidas com brita ou areia e nível d'água abaixo do meio suporte, impedindo o contato direto de pessoas e animais (VYMAZAL, 2005). Na Figura 5 é apresentado o esquema de tratamento de fluxo vertical.



**Figura 4** - Fluxo subsuperficial

Fonte: Adaptado de Salati (1998).



**Figura 5** - Fluxo vertical

Fonte: Adaptado de Salati (1998).

Normalmente, utiliza-se mais de uma *wetland* em paralelo, sendo que uma delas recebe a batelada enquanto as demais permanecem em repouso, o que permite a ocorrência da digestão e secagem do lodo na superfície e a manutenção das condições aeróbias da *wetland* (PROSAB, 2009).

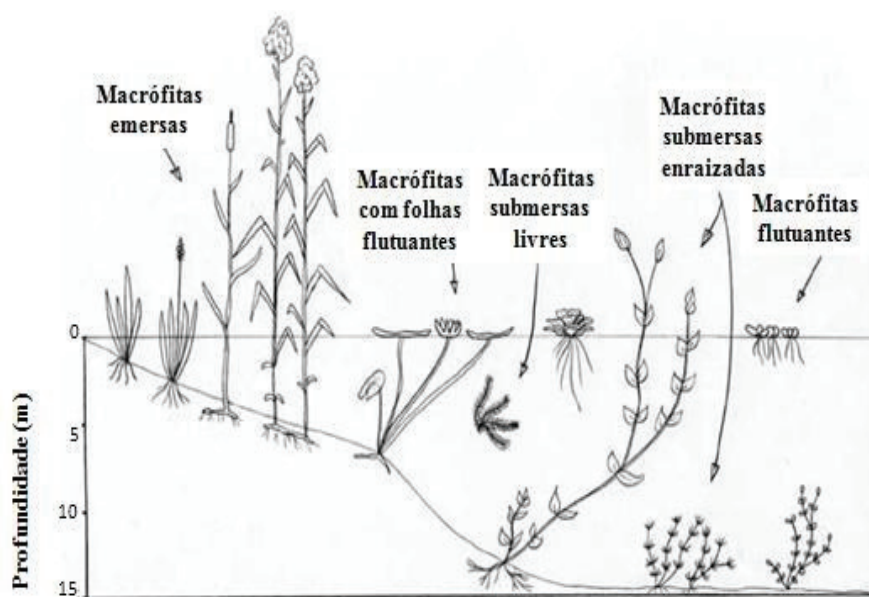
## Plantas aquáticas

As plantas aquáticas são conhecidas pelos pesquisadores como macrófitas, sua presença é essencial para o bom desempenho de uma



*wetland* construída. Atuam como proteção contra erosão, consomem nutrientes para seu desenvolvimento e produção e dão suporte aos microrganismos para formar um filme que funciona como um filtro biológico. As características fundamentais de uma planta para integrar uma *wetland* são perenidade, alta tolerância à umidade, crescimento rápido, alta capacidade de remoção de nutrientes, adaptação às condições de clima e de solo, e significativa importância econômica como subproduto.

Estes vegetais são classificados de acordo com seu grau de adaptação ao meio aquático. De acordo com Esteves (2011), existem cinco principais tipos biológicos, também conhecidos como grupos ecológicos. São apresentados na Figura 6.



**Figura 6** - Principais tipos biológicos de macrófitas aquáticas  
**Fonte:** Esteves (2011).

- Macrófitas emersas ou emergentes: plantas enraizadas no sedimento e com as folhas fora da água. Exemplos: Junco e Taboa;

- Macrófitas com folhas flutuantes: plantas com folhas flutuando na superfície da água e conectadas aos rizomas e raízes através de pecíolos longos e flexíveis. Exemplos: Lírio d'água e Vitória Régia;
- Macrófitas submersas enraizadas: plantas enraizadas no sedimento que crescem totalmente sob a superfície, a exceção de estruturas reprodutivas, que em várias espécies permanecem emersas. Exemplos: Elódea e Cabomba;
- Macrófitas submersas livres: plantas com rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem na subsuperfície da água, geralmente presas aos pecíolos e talos de outras macrófitas aquáticas, ou a outras estruturas submersas. Em sua maioria, emitem flores emersas. Exemplos: Utriculária;
- Macrófitas flutuantes livres: plantas que flutuam livremente e cujas raízes permanecem na subsuperfície, mas sem se fixarem a nenhum substrato; ocorrem em locais protegidos do vento ou de pouca correnteza. Exemplos: Alface d'água, Aguapé, Orelha-de-rato e Salvinia.

Para uma aclimação<sup>1</sup> satisfatória durante o plantio, é essencial, que se mantenha a umidade necessária, seja ela por precipitação natural, por irrigação artificial, ou até mesmo pela disposição controlada de esgoto de forma a garantir condições de umidade somente para a germinação e manutenção da vegetação em boas condições. O início da operação da *wetland* deve acontecer quando a vegetação atingir a fase adulta, ou após o primeiro corte (PAGANINI, 1997).

A colheita e a remoção da biomassa gerada pelas plantas são fatores que influenciam diretamente no desempenho de um sistema de *wetlands*, cada espécie possui um ciclo de desenvolvimento específico, conseqüentemente, a poda deve ser realizada em períodos distintos para cada espécie. A remoção das podas e folhas mortas é fundamental

---

<sup>1</sup> Aclimação: período pelo qual um animal ou planta se adapta a mudanças no seu ambiente.

para que não haja decomposição das mesmas, fazendo com os nutrientes assimilados voltem ao efluente (CUNHA, 2006; KLETECKE, 2011; VALENTIM, 2003).

O único mecanismo de remoção sustentável de fósforo em sistemas de *wetlands* é a partir da incorporação do fósforo na biomassa das plantas e seu manejo periódico através das colheitas regulares. A biomassa pode ser usada na fabricação de tijolos, adubo, artesanato e alimentação animal (FARIA, 2002; KADLEC; KNIGHT, 1996; PAGANINI, 1997).

## Material filtrante

A seleção do material filtrante ou meio suporte para o sistema de *wetlands* é baseada, principalmente, nos custos desse material, configuração de fluxo, vegetação empregada e nas necessidades de tratamento. O material filtrante está diretamente ligado a alguns desses processos: filtração, adsorção e degradação microbiológica. É fundamental o conhecimento das características dos materiais filtrantes a serem empregados nas *wetlands*, sendo a condutividade hidráulica e o potencial reativo, as principais características a serem consideradas (CAPUTO, 1996; SEZERINO, 2006; ZANELLA, 2008).

Encontrar um material que possua bom potencial reativo, ou seja, a capacidade de promover a adsorção de compostos inorgânicos, como amônia e ortofosfato, e bom potencial de fluxo, não é simples. A areia tem ótimo potencial de fluxo, porém, pouca ou nenhuma capacidade adsorviva. A utilização de um material com granulometria e condutividade hidráulica inadequada pode resultar na redução da capacidade de infiltração, causando colmatação<sup>2</sup>. A colmatação é apontada como principal problema operacional nas *wetlands*, havendo pouco conhecimento quanto à sua formação, desenvolvimento e controle. Portanto, a escolha do tipo do material filtrante ou meio suporte a ser empregado numa unidade de *wetland* está condicionada às finalidades do tratamento.

---

<sup>2</sup> Colmatação é um fenômeno induzido pela deposição de sólidos orgânicos e inorgânicos na superfície das *wetlands*, que pode ser denominado como um entupimento do filtro.

## METODOLOGIA

A pesquisa analisou a eficiência de remoção de fósforo e nitrogênio amoniacal em experimentos que utilizam *wetlands* construídas para tratamento de esgoto. Esta análise abrangeu fatores que podem influenciar no resultado desta eficiência, como a escolha da espécie da planta, colheita e remoção das plantas, tipo de fluxo utilizado, substrato utilizado e tempo de detenção hidráulica (TDH)<sup>3</sup>.

No desenvolvimento do trabalho foi feita uma ampla revisão bibliográfica com o objetivo de enriquecer as discussões e conclusões. Na Tabela 1 estão listados os estudos de caso selecionados.

Os casos selecionados guardam semelhanças entre si, especialmente quanto ao tratamento de efluentes, possibilitando a comparação e parametrização dos resultados observados em cada sistema, com vistas a obtenção de recomendações quanto a otimização da tecnologia, facilidade de operação e manutenção, bem como a difusão do conhecimento acerca desse processo.

Os sistemas e estudos avaliados nessa pesquisa são os seguintes:

- Kletecke (2011) analisou quatro plantas ornamentais em *wetlands* de fluxo subsuperficial, preenchidas com brita e efluente proveniente de um reator anaeróbio compartimentado.
- Ucker (2012) avaliou dois níveis diferentes de esgoto dentro das unidades de *wetlands* de fluxo vertical, com Capim Vetiver, preenchidos com brita e areia e com efluente proveniente de uma lagoa facultativa.
- Bordin (2010) estudou a eficiência dos fluxos vertical e horizontal para diferentes misturas de esgoto e lixiviado tratado, *Typha* e brita.
- A SABESP (1998) fez dois experimentos, um na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri-SP (ETE Barueri), utilizando quatro *wetlands* em série como tratamento terciário da ETE, sendo dois de

---

<sup>3</sup> Tempo de detenção hidráulica (TDH): tempo de permanência do esgoto dentro do sistema de tratamento de esgoto.

fluxo superficial e dois de fluxo subsuperficial. O outro experimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água de Cotia-SP, (ETA Baixo Cotia) utilizando quatro *wetlands* em série como pré-tratamento de uma estação de tratamento convencional de água, sendo dois de fluxo superficial e dois de fluxo subsuperficial.

**Tabela 1** - Estudos de caso selecionados

Autor	Campo experimental	Tipo de fluxo	Plantas
Kletecke (2011)	Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP	Subsuperficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lírio do brejo</li> <li>• Helicônia papagaio</li> <li>• Sombrinha chinesa</li> <li>• Inhame</li> </ul>
Ucker (2012)	Estação de Tratamento de Esgoto Sambaíba - GO	Subsuperficial vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capim Vetiver</li> </ul>
Bordin (2010)	Estação de Tratamento de Esgoto da UNISINOS - RS	Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taboa</li> </ul>
SABESP (1998) Cotia	Estação de Tratamento de Água Baixo Cotia - SP	Superficial Subsuperficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantas aquáticas flutuantes</li> <li>• Plantas aquáticas emergentes</li> </ul>
SABESP (1998) Barueri	Estação de Tratamento de Esgoto Barueri - SP	Superficial Subsuperficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantas aquáticas flutuantes</li> <li>• Plantas aquáticas emergentes</li> </ul>

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentados permitem observar que todas as *wetlands* construídas selecionadas apresentaram alguma eficiência na remoção de nutrientes. O sistema que teve o melhor desempenho foi o de Ucker (2012) que usou uma *wetland* de fluxo subsuperficial vertical, capim vetiver e TDH de 3,4 dias. A Tabela 2 apresenta a síntese dos resultados encontrados.

Bordin (2010), Kletecke (2011) e Ucker (2012), compararam os resultados obtidos pelas *wetlands* construídas com ou sem vegetação, e todos comprovaram que as *wetlands* com vegetação são mais eficientes na remoção de nutrientes.

Os sistemas analisados não indicaram nenhum tipo de interferência de vetores. Entretanto, sabe-se que este é um fator que deve ser observado atentamente para não causar danos ao tratamento e à saúde pública. Valentim (2003) relatou em sua pesquisa a presença de diferentes tipos de pássaros, insetos e mesmo de roedores nas *wetlands*. Verificou também a presença de anfíbios nas tubulações e na caixa de passagem. Cunha (2006) descreveu um ataque de gafanhotos a alface d'água que prejudicou a eficiência de um canal de flutuantes e que o arroz pode atrair animais causando movimentação de terra. Isolar a área pode ser uma maneira de prevenir esses ataques.

O tempo de detenção hidráulica afeta significativamente a capacidade de remoção de nutrientes de um sistema de *wetlands* construídas. O capim vetiver com TDH de 3,4 dias resultou em melhor desempenho dentre todos os sistemas avaliados, obtendo remoção de 93,3% de nitrogênio amoniacal, 90,5% de fósforo total e 86,6% de DQO. Em geral, os melhores resultados foram obtidos para os sistemas com maior tempo de detenção hidráulica, guardada as devidas diferenças entre fluxo e planta utilizada.

Kletecke (2011) obteve 11,15% e 5% de remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo total, respectivamente, usando lírio do brejo e TDH de 1,3 dias em uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial. Almeida et al. (2007) também trabalharam com o lírio do brejo para tratar esgoto sanitário em uma *wetland* de fluxo vertical e relataram eficiência de retenção de fosfato da ordem de 46,5% e 53,46% de nitrogênio amoniacal, com TDH de 2,5 dias. Estes mesmos autores, obtiveram remoções de

50,19% de nitrogênio amoniacal e 72% de fosfato utilizando taboa e TDH de 2,5 dias.

**Tabela 2** - Síntese de resultados obtidos em relação ao nitrogênio amoniacal, fósforo total, fluxo, TDH e planta aquática

Autor/ Local	Planta Aquática	Remoção de Nitrogênio Amoniacal (%)	Remoção de Fósforo Total (%)	TDH (dia)
Bordin (2010)	Taboa	56,4	67,2	NI
Kletecke (2011)	Lírio do brejo	11,15	5	1,3
Kletecke (2011)	Helicônia	9,6	7,8	1,2
Kletecke (2011)	Sombrinha chinesa	5,6	5,1	1,3
Kletecke (2011)	Taro	10,95	7,8	1,1
Ucker (2012)	Capim Vetiver	93,90	90,50	3,4
Ucker (2012)	Capim Vetiver	73,70	70,20	1,9
Baixo Cotia SABESP (1998)	Planta flutuante	48,80	61,90	5
	Planta emergente	71,50	39,00	NI
	Planta emergente	51,70	30,60	3
	Planta emergente	54,00	40,00	NI
Barueri SABESP (1998)	Planta emergente	39,25	NI	NI
	Planta flutuante	85,85	NI	5
	Planta flutuante	69,57	NI	3
	Planta emergente	42,86	NI	NI

Legenda: NI = Não informado

O tempo de detenção hidráulica varia de acordo com o volume e a vazão do sistema. De acordo com a literatura estudada não há especificação quanto ao TDH ideal para uma *wetland* construída, que pode variar de acordo com o tipo do efluente tratado, planta escolhida e fluxo do sistema. De maneira geral, pode-se inferir que quanto maior o TDH melhor o desempenho do sistema.

Os estudos analisados nesta pesquisa usaram brita e areia como material filtrante, sendo estes os materiais mais comumente utilizados. Não foi relatada nenhuma interferência no resultado obtido em decorrência do material filtrante, como por exemplo, problemas de colmatação.

Outro fator essencial para a viabilidade da operação de uma *wetland* construída é a destinação da biomassa. O alto teor de água, metais pesados e nutrientes estão entre os fatores limitantes para seu reaproveitamento. Caso não tenha destinação adequada, o armazenamento da biomassa pode se tornar um problema ambiental, além de trazer custos adicionais para o tratamento. Entretanto, os estudos de caso analisados não relataram informações sobre a destinação final, ressaltando-se ainda que a literatura sobre esse tema também não é muito vasta.

O emprego de *wetlands* construídas como alternativa para o polimento de efluentes diversos está cada vez mais frequente, conforme se pode observar com base nos diversos trabalhos publicados sobre o tema. Entretanto, ainda há muito a ser estudado, podendo ser mencionados os mecanismos de depuração, que ainda não estão totalmente esclarecidos.

Além de remover os nutrientes e a matéria orgânica, as *wetlands* construídas apresentam boa eficiência para remoção de coliformes fecais. Também é importante destacar que em relação ao oxigênio dissolvido, não promovem acréscimo significativo no efluente tratado. Os metais pesados podem ser tóxicos às plantas e possuem efeito cumulativo, podendo inviabilizar a destinação da biomassa. O acúmulo de metais potencialmente tóxicos ocorre de maneira específica na maioria das plantas e os fatores pH, temperatura, potencial redox e biodisponibilidade são determinantes nesse sentido.

O tempo de detenção hidráulica é fundamental para o bom desempenho do sistema. A literatura recomenda um tempo de detenção hidráulica de 5 a 14 dias para os sistemas superficiais e de 2 a 7 dias para



sistemas subsuperficiais (Reed, citado por KLETECKE, 2011). Conforme demonstrado, apenas os experimentos de Goiânia (UCKER, 2012), ETA Baixo Cotia e ETE Barueri (SABESP, 1998) seguiram os TDHs indicados pela literatura e foram os sistemas que apresentaram melhor eficiência na remoção de nutrientes.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos dados levantados verifica-se uma diferença significativa entre os resultados de remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo. A eficiência de remoção variou de 5,6% a 93,9% para o nitrogênio amoniacal e de 5% a 90,5% para o fósforo total. Considerando-se as informações disponíveis na literatura especializada, os diferentes resultados podem ser justificados pelo período de monitoramento, pela vazão, pelo tempo de detenção hidráulica, fluxo, vegetais e material filtrante empregados pelos sistemas.

Diante do exposto, a *wetland* construída pode ser uma alternativa adequada para o tratamento de efluentes e remoção de nutrientes. Assim, pode-se afirmar que:

- ✓ O sistema de fluxo vertical é mais recomendado para a remoção de compostos nitrogenados. Entretanto, a eficiência pode ser potencializada com o uso de sistemas híbridos, que são sistemas compostos por um fluxo vertical seguido de fluxo horizontal;
- ✓ Não há na literatura especificação quanto ao tempo de detenção hidráulica ideal para cada tipo de sistema, considerando os diferentes tipos de vegetação, o que aponta para a necessidade de instalar pilotos para avaliação antes de implementar as estações em escala real;
- ✓ A poda e a colheita devem ser realizadas respeitando o ciclo de desenvolvimento de cada espécie;
- ✓ A escolha da composição “planta, material filtrante e fluxo” deve ser de acordo com o efluente a ser tratado;
- ✓ É necessário realizar pesquisas para monitorar o tratamento em longo prazo, visando avaliar o comportamento do sistema durante sua operação; e

- ✓ No cenário brasileiro não há consenso quanto a escolha da planta em relação ao seu desempenho e potencial de remoção de diferentes tipos de poluentes.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A et al. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiânia, v. 37, n. 1, p. 1-9, 2007.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Programa Nacional de Avaliação da *Qualidade das Águas*. Portal da Qualidade da Água. 2009. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/Inicio.aspx>. Acesso em: 19 mar. 2014.

ANJOS, J. A. S. A. *Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA*. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BORDIN, F. *Estudo da remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrogênio amoniacal e fósforo em lixiviado pré-tratado de aterro sanitário empregando Typha em wetlands*. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

BUENO, F. B. Aplicação de *wetlands* construídos como sistemas descentralizados de esgoto. *Capítulo Nacional da AIDIS*. ABES, SP. 2013. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/evento210613/02.pdf> Acesso em: 12 jul. 2015.

CAPUTO, H. P. *Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos*. 6. ed., v. 1. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996. 233 p.

CUNHA, C. A. G. *Análise da eficiência de um sistema de alagados construídos na melhoria de qualidade das águas*. 2006. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 2006.

ESTEVES, F. A. (Coord.). *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 3. ed., p. 461-518, 2011.

FARIA, O. B. *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande*. Tese. 2002. (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GOPAL, B. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: Potential and problems. *Water Science Technology*, v. 40, n. 3, p. 27-35, 1999.

HABERL, R. Constructed wetlands: a chance to solve wastewater problems in developing countries. *Water Science and Technology*. v. 40, n.3, p 11-17. 1999.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Dimensão ambiental – saneamento. Acesso ao esgotamento sanitário. Tabela 59. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2012.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. *Treatment wetlands*. Boca Raton: Lewis Publishers, 2 ed., 1996, 893 p.

KLETECKE, R. M. *Remoção/exportação de nutrientes de esgoto doméstico utilizando plantas ornamentais: Hedychium coronarium, Heliconia psittacorum, Cyperus alternifolius e Colocasia esculenta*. Tese. (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

PAGANINI, W. S. *Disposição de Esgotos no Solo*. Fundo Editorial da AESABESP. 1 ed. São Paulo, 1997, 232 p.

PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISA EM SANAMENTO BÁSICO. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5\\_tema%202.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%202.pdf). Acesso em: 25 fev. 2014.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 16, p. 3529-3538, 2011.

REED, S. C. et al. *Natural systems for waste management and treatment*. 2. ed., McGraw-Hill, 1995, 434 p.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório Geral do Projeto de Reabilitação, Expansão e Conservação do Manancial Baixo Cotia - RMSP*. Contrato nº079/96-A. Revisão de fevereiro de 1998.

SALATI, E. *Controle de qualidade de águas através de sistemas de wetlands construídos*. Rio de Janeiro: FBDS. 1998. Disponível em: [http://fbds.org.br/Apresentacoes/Controle\\_Qualid\\_Agua\\_Wetlan ds\\_ES\\_out06](http://fbds.org.br/Apresentacoes/Controle_Qualid_Agua_Wetlan_ds_ES_out06). Acesso em: 30 jun. 2014.

SANTIAGO, A. F. et al. Potencial para utilização de sistemas de *wetlands* no tratamento de águas residuárias: uma contribuição a sustentabilidade dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Natureza & Desenvolvimento*, v.1, n.1, p. 29-39, 2005.

SEZERINO, P. H. *Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical*. Tese. (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

UCKER, E. F. *Eficiência do capim vetiver (veteveriazizamiodes L. Nash) no tratamento de esgoto sanitário*. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

USEPA - UNITES STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Constructed wetlands treatment of municipal wastewater*. Environmental Agency Protection. 2000. Disponível em: <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/constructed-wetlands-design-manual.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2015.

VALENTIM, M. A. A. *Desempenho de leitos cultivados para tratamento de esgoto: contribuição para concepção e operação*. Tese. (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VYMAZAL, J. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, v. 25, n. 5, p. 478-490, Dec. 2005.

WALLACE, S.; KNIGHT, R. Water Environmental Research Foundation (WERF) small scale treatment wetland database. In: *International Conference on Waste Stabilization Ponds, 6.; International Conference On Wetland Systems, 9.*, Avignon, 2004. Communications of common interest Antony cedexcemagref, 2004. p. 229-235.

ZANELLA, L. *Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como meio suporte*. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

# 6 Exploração da água subterrânea próximo a áreas contaminadas: reflexos no ambiente e na saúde pública

Gabriela Maria Arantes Rodrigues  
Wanderley da Silva Paganini

## INTRODUÇÃO

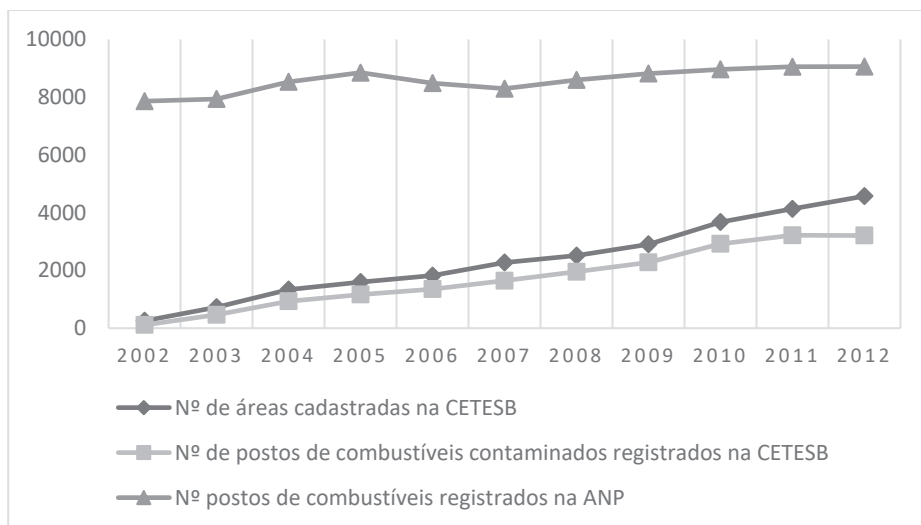
De acordo com a Lei Estadual (São Paulo) nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente, as fontes de poluição podem ser consideradas como a presença, o lançamento ou a liberação no ambiente (água, ar ou solo) de toda e qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, quantidade ou características, em desacordo com os padrões de qualidade ambientais estabelecidos, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde.

Alguns autores consideram os postos de combustíveis como fontes potenciais de impacto ambiental, em função do risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, durante o processo de armazenamento e distribuição de derivados de petróleo (CETESB, 2012; GOUVEIA; NARDOCCI, 2007; MAXIMIANO, 2001; MORAIS, 2006; OLIVEIRA; LOUREIRO, 1998; SANCHES, 2009).

A perfuração de poços de captação de água subterrânea necessita da obtenção de autorização pelos órgãos competentes. No Estado de São Paulo, o órgão responsável pela emissão das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos é o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), sendo que essa outorga se fará por concessão, nos casos de utilidade pública, e nos demais casos haverá uma autorização. Além

disso, é exigido o cadastramento no Centro de Vigilância Sanitária (CVS), para alternativas coletivas de abastecimento de água.

Para a obtenção da Outorga de Direito de Uso da Água dá-se destaque para a aplicação da Resolução Conjunta das Secretarias de Estado do Meio Ambiente, de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, e da Saúde (SERHS/SMA/SES) n° 03, de 21 de junho de 2006, a qual estabelece, entre outros, restrições e condições específicas para a instalação de poços de captação de água subterrânea, quando no entorno das perfurações, em um raio de 500 metros, existirem áreas declaradas contaminadas.



**Figura 1** - Evolução do número postos de combustíveis contaminados cadastrados na CETESB e existentes no Estado de São Paulo entre 2002 e 2012

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) registrou no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, entre os anos de 2002 e 2012, 4.572 áreas contaminadas, sendo 3.210 postos de armazenamento e distribuição de combustíveis (CETESB, 2012). No mesmo período foi registrada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2014) a presença de 9.057 postos de armazenamento e distribuição de combustíveis no Estado de São Paulo, sendo

1.941 postos revendedores de gasolina no município de São Paulo. A Figura 1 apresenta a quantidade de postos registrados pela ANP e CETESB e a quantidade de áreas cadastradas como contaminadas ou reabilitadas pela CETESB.

Maximiano (2001) verificou em sua pesquisa um aumento no registro de ocorrências de vazamentos em postos de serviço, devido ao desgaste dos equipamentos instalados e ao aumento da conscientização da população e das distribuidoras, o que possibilitou a identificação de um maior número de vazamentos e, conseqüentemente, uma ação mais efetiva dos órgãos ambientais estaduais.

Após a publicação das Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 273, de 29 de novembro de 2000, n° 276, de 25 de abril de 2001 e n° 319, de 19 de dezembro de 2002 os postos de armazenamento e distribuição de combustíveis existentes foram reformados e os novos postos foram construídos de acordo com as exigências legais acerca dos mecanismos de controle de poluição. Dentre os mecanismos de controle destacam-se: equipamentos e sistemas de monitoramento, equipamento para detecção de vazamentos, sistemas de drenagem, tanques de armazenamento, tratamento e controle de efluentes proveniente dos tanques e dispositivo para recolhimento de óleo lubrificante usado.

Os postos de armazenamento e distribuição de combustíveis podem ser considerados como áreas com potencial de contaminação (AP), conforme definido no Decreto Estadual (São Paulo) n° 59.263, de 05 de junho de 2013 devido a existência de instalações, tais como tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis, que podem acumular substâncias e compostos aromáticos em condições que tornem a área contaminada, sendo necessário o acompanhamento destas áreas para evitar contaminação do solo e das águas subterrâneas locais e do entorno. Neste contexto, é necessário mencionar a existência de fontes difusas de contaminação ambiental em postos, como por exemplo, o vazamento de pequenas quantidades de combustível durante o processo de abastecimento de veículos, a presença de água acumulada em canaletas de proteção e a presença de trincas ou rachaduras no piso, o que pode resultar na exposição dos trabalhadores e moradores do entorno destas áreas aos contaminantes da gasolina, que é o principal combustível derivado de petróleo revendido em postos.



A gasolina é constituída por diversos hidrocarbonetos, dentre eles destacam-se a presença de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), considerados tóxicos à saúde humana e ao ecossistema (KEENAN et al., 2010; USEPA, 1992). Os principais efeitos à saúde humana causados pelo BTEX, de acordo com Integrated Risk Information System<sup>1</sup>, em resumo, são:

- Benzeno: carcinogênico, podendo causar leucemia, tumores na cavidade oral, glândulas mamárias, ovários, pulmão e efeitos no sistema nervoso central;
- Tolueno: efeitos no sistema nervoso central e danos ao funcionamento do fígado e nos rins;
- Etilbenzeno: lesões pulmonares, efeitos no fígado e nos rins; e,
- Xilenos: prejudica a coordenação motora.

Considerando o conjunto de informações disponibilizadas em relação às áreas contaminadas por postos de combustível e em face dos potenciais impactos à saúde decorrentes dessas contaminações, este trabalho apresenta um estudo para o município de São Paulo, visando identificar áreas suscetíveis à contaminação de poços de captação de água subterrânea.

## **ÁREAS CONTAMINADAS PRÓXIMAS A POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

O centro urbano selecionado para o estudo foi o município de São Paulo, localizado na porção central da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com 11 milhões de habitantes em um território de 1.521,1 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013). Para visualização das áreas susceptíveis à contaminação ambiental foram locados em mapas os postos de armazenamento e

---

<sup>1</sup> Pesquisa realizada em Banco de Dados *on line* em 16/11/2013.

distribuição de combustíveis existentes no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado de São Paulo, publicado em dezembro de 2012 (CETESB, 2012). Nos mesmos mapas foram também locados os poços de captação de água subterrânea outorgados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo até dezembro de 2012 (DAEE, 2012), de modo a compor um cenário que permita identificar as áreas que possam representar potencial perigo à saúde da população, conforme os critérios adotados nessa pesquisa.

Para a composição dos mapas e o desenvolvimento das avaliações, adotou-se a divisão da área em regiões, de forma análoga à divisão administrativa do município de São Paulo, em subprefeituras. Estas regiões foram discretizadas em função da densidade dos poços de abastecimento de água subterrânea outorgados ( $n^{\circ}$  de poços de captação subterrânea/ $km^2$ ) e dos postos de armazenamento e distribuição de combustíveis ( $n^{\circ}$  de postos de combustíveis/ $km^2$ ), conforme apresentado na Tabela 1.

Estas informações foram interpoladas e classificadas em situações de criticidade, considerando os níveis de alta, média e baixa restrição à instalação de novos poços de captação de água subterrânea.

Ao alocar os postos de armazenamento e distribuição de combustíveis e os poços de captação, conforme as subprefeituras do município de São Paulo, foi possível verificar que nas 32 subprefeituras existentes, há pelo menos um poço de captação outorgado pelo DAEE (2012) ou um posto de combustível cadastrado pela CETESB (2012).

**Tabela 1** - Densidade de poços de captação e áreas contaminadas por subprefeituras

Subprefeituras	Densidade de poços de captação (poços/ $km^2$ )	Densidade de áreas contaminadas (áreas/ $km^2$ )
Aricanduva	3,16	2,47
Butantã	4,53	0,89
Campo Limpo	3,49	0,49

(continua..)

**Tabela 1** – Densidade de poços de captação e áreas contaminadas por subprefeituras*(continuação)*

Subprefeituras	Densidade de poços de captação (poços/km <sup>2</sup> )	Densidade de áreas contaminadas (áreas/km <sup>2</sup> )
Capela do Socorro	1,55	0,14
Casa Verde	1,69	0,79
Cidade Ademar	1,47	0,20
Cidade Tiradentes	0,20	0,07
Ermelino Matarazzo	0,79	1,06
Freguesia do Ó	0,60	0,29
Guaianases	0,28	0,39
Ipiranga	3,15	1,97
Itaim Paulista	0,69	0,83
Itaquera	0,98	0,66
Jabaquara	2,20	0,57
Jaçanã	1,19	0,36
Lapa	4,61	2,39
M'Boi Mirim	0,92	0,16
Mooca	4,40	3,64
Parelheiros	0,17	0,00
Penha	0,63	1,45
Perus	0,63	0,02
Pinheiros	9,43	2,74
Pirituba	1,17	0,27
Santana	1,93	1,04
Santo Amaro	9,89	1,12
São Mateus	0,55	0,37
São Miguel	4,16	0,95
Sé	6,68	4,62
Vila Maria/ Vila Guilherme	3,22	1,63
Vila Mariana	6,08	3,17
Vila Prudente	2,43	1,53
<b>Máximo</b>	<b>9,89</b>	<b>3,93</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>
<b>Média</b>	<b>2,67</b>	<b>1,15</b>

**Fonte:** Adaptado de Prefeitura de São Paulo

**Tabela 2** - Índices estabelecidos para composição dos níveis de criticidade

Criticidade	Densidade de poços de captação (poços/km <sup>2</sup> )	Densidade de áreas contaminadas (áreas/km <sup>2</sup> )
Baixa	$0,0 \leq \text{poços/km}^2 < 3,0$	$0,0 \leq \text{áreas contaminadas /km}^2 < 1,5$
Média	$3,0 \leq \text{poços/km}^2 < 6,0$	$1,5 \leq \text{áreas contaminadas /km}^2 < 3,0$
Alta	$\geq 6,0 \text{ poços/km}^2$	$\geq 3,0 \text{ áreas contaminadas /km}^2$

**Tabela 3** - Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de criticidade

Subprefeituras	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Poços de Captação outorgados <sup>1</sup>	Densidade de poços de captação outorgados <sup>1</sup> (poços/km <sup>2</sup> )	Nº Postos de Combustíveis contaminados <sup>2</sup>	Densidade de postos cadastrados <sup>2</sup> (áreas/km <sup>2</sup> )
Aricanduva	21,5	68	3,16	53	2,47
Butantã	56,1	254	4,53	50	0,89
Campo Limpo	36,7	128	3,49	18	0,49
Capela do Socorro	134,2	208	1,55	19	0,14
Casa Verde	26,7	45	1,69	21	0,79
Cidade Ademar	30,7	45	1,47	6	0,20
Cidade Tiradentes	15,0	3	0,20	1	0,07

(continua..)


**Tabela 3** - Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de criticidade*(continuação)*


Subprefeituras	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Poços de Captação outorgados <sup>1</sup>	Densidade de poços de captação outorgados <sup>1</sup> (poços/km <sup>2</sup> )	Nº Postos de Combustíveis contatados <sup>2</sup>	Densidade de postos cadastrados <sup>2</sup> (áreas/km <sup>2</sup> )
Ermelino Matarazzo	15,1	12	0,79	16	1,06
Freguesia do Ó	31,5	19	0,60	9	0,29
Guaianases	17,8	5	0,28	7	0,39
Ipiranga	37,5	118	3,15	74	1,97
Itaim Paulista	21,7	15	0,69	18	0,83
Itaquera	54,3	53	0,98	36	0,66
Jabaquara	14,1	31	2,20	8	0,57
Jaçanã	64,1	76	1,19	23	0,36
Lapa	40,1	185	4,61	96	2,39
M'Boi Mirim	62,1	57	0,92	10	0,16
Mooca	35,2	155	4,40	128	3,64
Parelheiros	353,5	59	0,17	1	0,00
Penha	42,8	27	0,63	62	1,45
Perus	57,2	36	0,63	1	0,02
Pinheiros	31,7	299	9,43	87	2,74
Pirituba	54,7	64	1,17	15	0,27
Santana	34,7	67	1,93	36	1,04
Santo Amaro	37,5	371	9,89	42	1,12
São Mateus	45,8	25	0,55	17	0,37
São Miguel	24,3	101	4,16	23	0,95
Sé	26,2	175	6,68	121	4,62


*(continua..)*

**Tabela 3** – Classificação das subprefeituras de acordo com os critérios de criticidade*(continuação)*

Subprefeituras	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Poços de Captação outorgados <sup>1</sup>	Densidade de poços de captação outorgados <sup>1</sup> (poços/km <sup>2</sup> )	Nº Postos de Combustíveis contaminados <sup>2</sup>	Densidade de postos cadastrados <sup>2</sup> (áreas/km <sup>2</sup> )
Vila Maria /Vila Guilherme	26,4	85	3,22	43	1,63
Vila Mariana	26,5	161	6,08	84	3,17
Vila Prudente	33,3	81	2,43	51	1,53

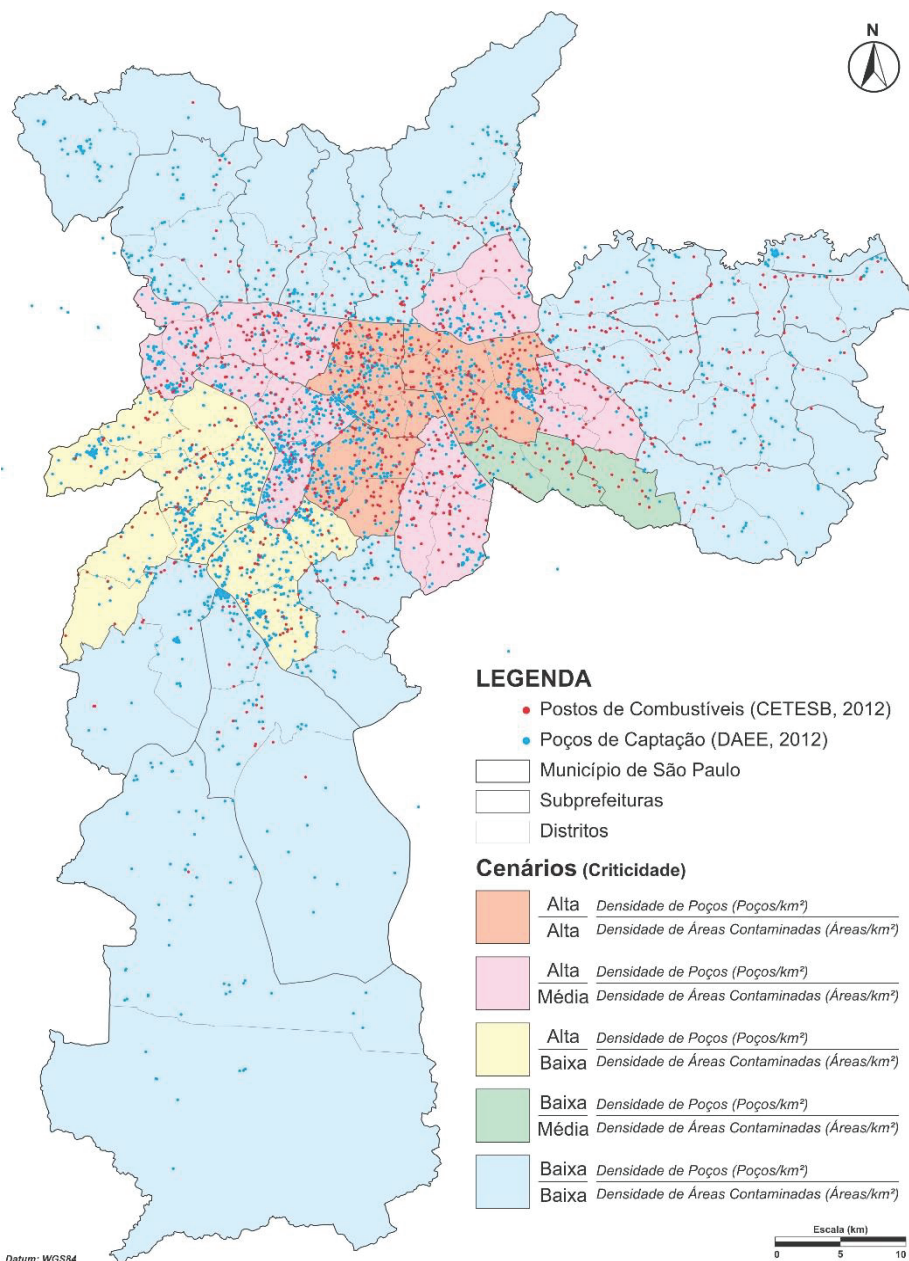
**Legenda:**<sup>1</sup> DAEE (dez/2012)<sup>2</sup> CETESB (dez/2012)
 - Criticidade - Alta

 - Criticidade - Média

 - Criticidade - Baixa

Os valores máximos e mínimos e a média apresentados na Tabela 1 foram considerados para o estabelecimento dos critérios de criticidade apresentados na Tabela 2, sendo que a Tabela 3 apresenta a classificação das subprefeituras conforme o índice proposto.

No município de São Paulo, conforme apresentado na Figura 2, observa-se três subprefeituras com elevada densidade de áreas contaminadas e de poços de captação, com nível de criticidade (insegurança) alto: Mooca, Sé e Vila Mariana. Ressalta-se que o conjunto de dados considerado incluiu somente os postos de armazenamento e distribuição de combustíveis cadastrados pela CETESB, no entanto, o cenário pode ser mais crítico se considerar os demais tipos de atividades com potencial de contaminação, como por exemplo, as áreas comerciais, industriais, armazenamento de resíduos, derramamentos/acidentes e áreas agrícolas.



**Figura 2** - Definição das áreas de criticidade considerando as subprefeituras

Fonte: Soares (2011)

Soares (2011) mapeou as áreas registradas para atividades industriais do município de São Paulo, e concluiu que estas áreas estão distribuídas ao longo dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros, com a possibilidade da descoberta de novas áreas devido ao histórico de industrialização do município de São Paulo ao longo dos recursos hídricos superficiais. Da mesma forma como espera-se um aumento do número de áreas contaminadas, sabe-se da existência de inúmeros poços de captação de água subterrânea clandestinos, também apontado por Soares (2011) como uma situação preocupante.

Ao aplicar o mesmo critério adotado nos distritos das subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana, é verificado que 10 distritos (Belém, Mooca, Pari, Tatuapé, Bela Vista, Bom Retiro, República, Santa Cecília, Moema e Vila Mariana) dos 17 avaliados possuem situação de criticidade alta, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Classificação dos níveis de criticidade nos distritos das Subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana

Distritos	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Poços de Captação outorgados <sup>1</sup>	Densidade de poços de captação outorgados <sup>1</sup> (poços/km <sup>2</sup> )	Nº Postos de Combustíveis cadastrados <sup>2</sup>	Densidade de postos cadastrados (áreas/km <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
<b>Subprefeitura da Mooca</b>					
Água Rasa	6,9	10	1,45	21	3,04
Belém	6,0	30	5,00	21	3,50
Brás	3,5	7	2,00	16	4,57
Mooca	7,7	50	6,49	27	3,51
Pari	2,9	14	4,83	9	3,10
Tatuapé	8,2	44	5,37	34	4,15
<b>TOTAL</b>	<b>35,2</b>	<b>155</b>	<b>4,40</b>	<b>128</b>	<b>3,64</b>
<b>Subprefeitura da Sé</b>					
Bela Vista	2,6	32	12,31	13	5,00
Bom Retiro	4,0	20	5,00	17	4,25


(continua..)




**Tabela 4** – Classificação dos níveis de criticidade nos distritos das Subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana

(continuação)

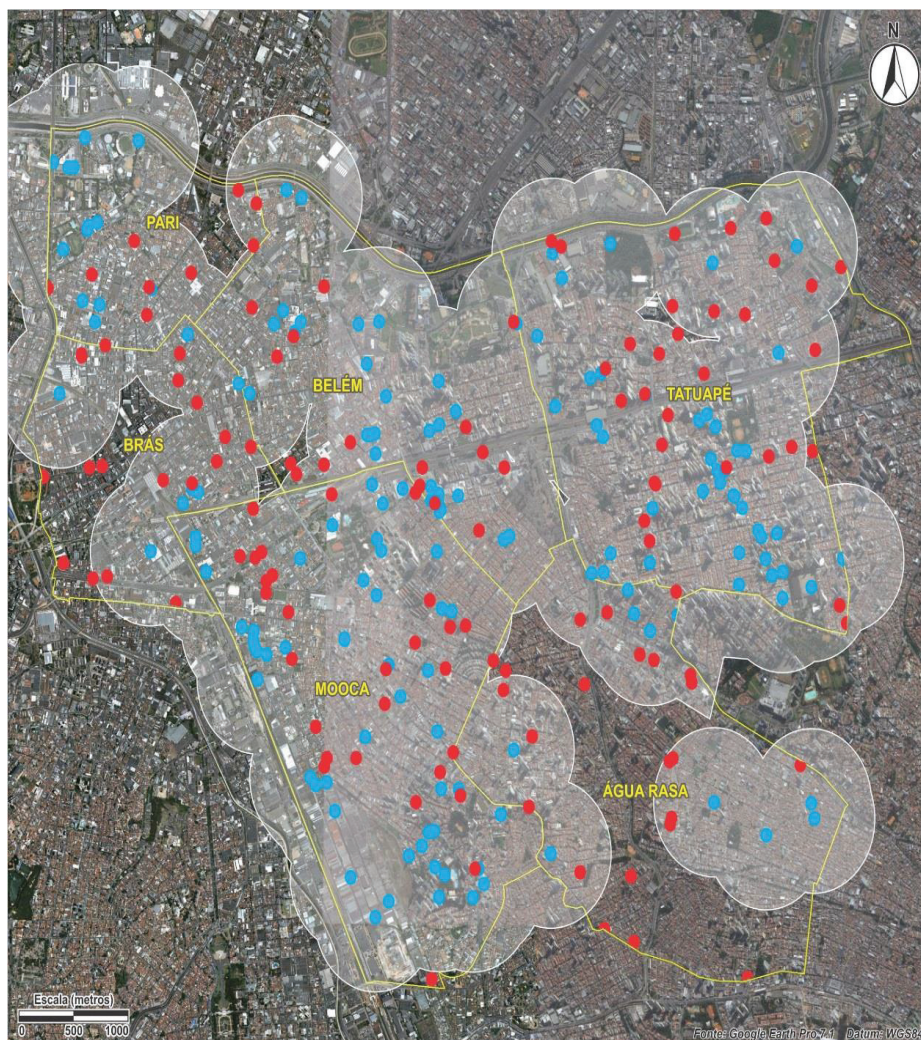
Distritos	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Poços de Captação outorgados <sup>1</sup>	Densidade de poços de captação outorgados <sup>1</sup> (poços/km <sup>2</sup> )	Nº Postos de Combustíveis cadastrados <sup>2</sup>	Densidade de postos cadastrados (áreas/km <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
Cambuci	3,9	16	4,10	10	2,56
Consolação	3,7	29	7,84	10	2,70
Liberdade	3,7	16	4,32	10	2,70
República	2,3	30	13,04	11	4,78
Santa Cecília	3,9	17	4,36	26	6,67
Sé	2,1	10	4,76	6	2,86
<b>TOTAL</b>	<b>26,2</b>	<b>175</b>	<b>6,68</b>	<b>121</b>	<b>4,62</b>
<b>Subprefeitura da Vila Mariana</b>					
Moema	9,0	81	9,00	29	3,22
Saúde	8,9	21	2,36	27	3,03
Vila Mariana	8,6	59	6,86	28	3,26
<b>TOTAL</b>	<b>26,5</b>	<b>161</b>	<b>6,08</b>	<b>84</b>	<b>3,17</b>

**Legenda:**<sup>1</sup> DAEE (dez/2012)<sup>2</sup> CETESB (dez/2012)
 - Criticidade - Alta

 - Criticidade - Média

 - Criticidade - Baixa

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam a distribuição espacial dos poços de captação e dos postos de combustíveis nas subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana, considerando a subdivisão em distritos e o raio de proteção de 500 metros no entorno dos poços de captação, conforme recomendado pela Resolução Conjunta das SERHS/SMA/SES nº 03, de 21 de junho de 2006. De maneira geral, é verificada a sobreposição dos raios de proteção com a presença de postos de combustíveis em todas as subprefeituras consideradas.

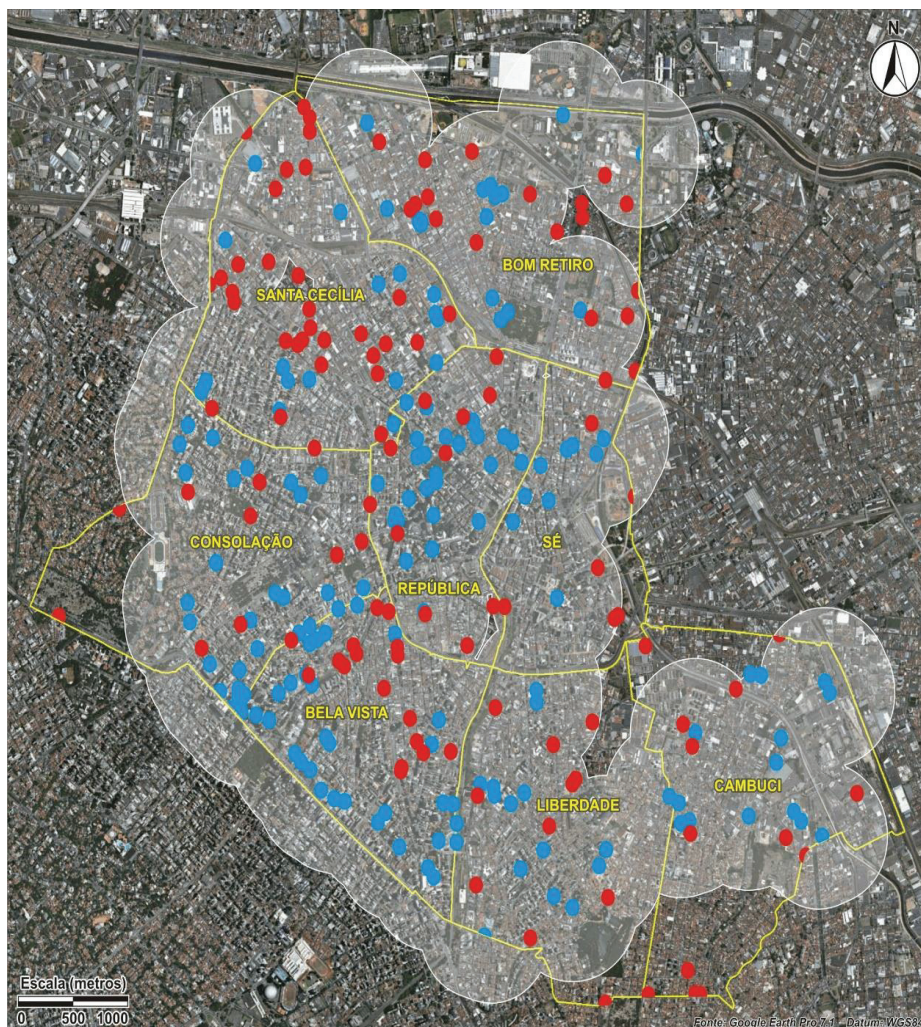


### Legenda





- Limite da Subprefeitura e dos Distritos
- Poços de Captação (DAEE, dez/2012)
- Postos de Combustíveis (CETESB, dez/2012)
- Raio de 500 m (Resolução Conjunta n° 03/2006)

**Figura 3** - Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Mooca



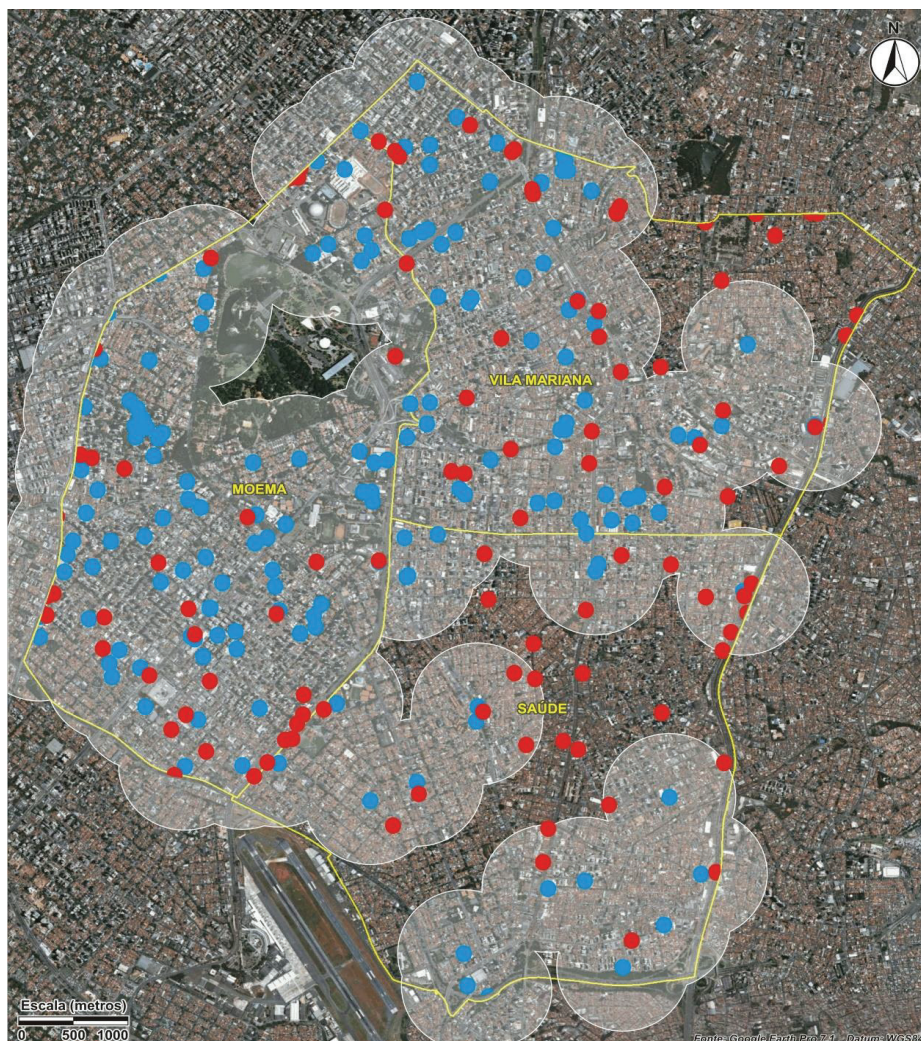


### Legenda

-  Limite da Subprefeitura e dos Distritos
-  Poços de Captação (DAEE, dez/2012)
-  Postos de Combustíveis (CETESB, dez/2012)
-  Raio de 500 m (Resolução Conjunta nº 03/2006)

**Figura 4** - Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Sé





### Legenda

- Limite da Subprefeitura e dos Distritos
- Poços de Captação (DAEE, dez/2012)
- Postos de Combustíveis (CETESB, dez/2012)
- Raio de 500 m (Resolução Conjunta nº 03/2006)

**Figura 5** - Representação dos Poços, Postos e Áreas com Restrição para Instalação dos Poços de Captação na Subprefeitura da Vila Mariana

## UNIVERSO COMPLEXO: SAÚDE PÚBLICA E ÁREAS CONTAMINADAS

No município de São Paulo, o cruzamento de informações sobre a localização de postos de combustível envolvidos em processos de gerenciamento de áreas contaminadas, com os poços de captação outorgados gerou um cenário que evidencia potencial risco ao ambiente e à saúde pública, pela possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por esses postos de combustível. Esta situação corrobora com a pesquisa realizada por Soares (2011), a qual conclui que na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tiete existe a possibilidade de riscos para a saúde pública no consumo direto da água subterrânea, principalmente no município de São Paulo, o qual possui o maior número de áreas contaminadas que podem influir na qualidade do meio subterrâneo por meio de perfuração de poços de abastecimento. Da mesma forma, em outros centros urbanos, existe um universo complexo quando o tema são as áreas contaminadas e suas interfaces com a saúde pública e a ocupação urbana. Esta situação está associada à sustentabilidade do município, pois não apenas as questões ambientais são afetadas, uma vez que as áreas sociais e econômicas também possuem relação e sofrem os efeitos decorrentes da existência de áreas com distintos graus de contaminação e de risco.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade dos órgãos fiscalizadores exigirem o atendimento das diretrizes da Resolução Conjunta das SERHS/SMA/SES nº 03, de 21 de junho de 2006 com relação ao raio de proteção a ser considerado quando da instalação de um poço de captação, a saber, no raio de 500 metros no entorno de um poço de captação de água subterrânea não deveria existir áreas contaminadas. Adicionalmente, outras formas do poder público atuar nesta problemática seria a continua evolução dos requisitos legais, a atualização constante do Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas da CETESB – ambos em constante desenvolvimento, principalmente nos últimos 15 anos – e a otimização no processo de obtenção de outorgas. Dentre estes, somente as outorgas tem sido alvo de críticas, uma vez que a demora em sua liberação está associada à criticidade da conjuntura atual da escassez de água nos recursos hídricos que leva a população a perfurar poços clandestinos, sem fiscalização e sem critério para a instalação. As

peças que utilizam direta ou indiretamente destas águas, de poços outorgados ou clandestinos, podem estar expostas a riscos à saúde.

As subprefeituras da Mooca, Sé e Vila Mariana, classificadas neste estudo como “alta insegurança”, são locais que necessitam de uma fiscalização mais rigorosa pelos órgãos competentes, no que tange ao controle do uso e da qualidade da água subterrânea consumida direta ou indiretamente pela população. Nas áreas classificadas como “média” ou “baixa insegurança” existe a necessidade da atuação pública para a manutenção ou melhoria da qualidade das águas subterrâneas visando a garantia da saúde pública.

## REFERÊNCIAS

- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. *Anuário Estatístico 2014*. 2014. Disponível em: <<http://anp.gov.br/?pg=58083&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1405014150848>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo*: Texto explicativo. São Paulo: CETESB, 2012.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Pesquisa de Dados dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*. Disponível em: <<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/fchweb.html>>. Acesso em: 30 jun. 2012.
- GOUVEIA, J. L. N.; NARDOCCI, A. C. Acidentes em postos e sistemas retalhistas de combustíveis: subsídios para a vigilância em saúde ambiental. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 317-324, 2007.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *São Paulo*. 2013. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030>. Acesso em: 30 nov. 2013.
- KEENAN, J. J. et al. Gasoline: A complex chemical mixture, or a dangerous vehicle for benzene exposure? *Hemico-Biological Interation*, v. 184, p. 293-295, 2010.

MAXIMIANO, A. M. de S. *Determinação dos níveis aceitáveis no ambiente para hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas em risco (RBCA): aplicações para a cidade de São Paulo*. 2001. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MORAIS, M. G. *Identificação das durações estimadas e praticadas durante as etapas de concepção, desenvolvimento e implantação de postos revendedores de combustíveis da Petrobras Distribuidora S.A. em Porto Alegre – RS*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

OLIVEIRA, L. I.; LOUREIRO, C. O. Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em Belo Horizonte: Avaliação Preliminar. 1998. In: *X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Disponível em: [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados\\_demograficos/index.php?p=12758](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758). Acesso em: 16 jun. 2014

SANCHES, V. L. *Remediação de Solos da Formação São Paulo Contaminados por vapores de gasolina*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SERHS; SMA; SES - SECRETARIAS DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO, E DA SAÚDE. *Resolução Conjunta nº 3, de 21 de junho de 2006*. Dispõe sobre procedimento integrados para controle e vigilância de soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano proveniente de mananciais subterrâneos.

SOARES, M. de S. *Áreas Contaminadas e águas subterrâneas na Unidade de gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê*. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY. *Leaking underground storage tanks and health: understanding health risk from petroleum contamination*. 1992. EPA/530/UST-91/018. Disponível em: <http://nepis.epa.gov/Exe>. Acesso em: 1 jun. 2014.



# 7 Compostagem de lodo de esgoto e produção de biossólido: redução de patógenos e elementos potencialmente tóxicos

Thiago Leite  
Wanderley da Silva Paganini

## INTRODUÇÃO

A oferta de serviços de saneamento ambiental, em especial os que envolvem o sistema de tratamento de esgoto, é imprescindível para a melhora da qualidade de vida da população, haja vista que sua ausência implica em poluição dos recursos hídricos, acarretando em prejuízos à saúde humana. Contudo, entre os anos de 2011 e 2012, a cobertura média nacional de tratamento de esgotos gerados cresceu apenas 1,2 % nos municípios brasileiros, cujos prestadores de serviços são participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, passando de 37,5% para 38,7% (SNIS, 2014). Segundo o IBGE (2002), o esgotamento sanitário é o serviço de saneamento básico com menor presença nos municípios brasileiros. Porém, mesmo que a passos lentos, a cobertura do tratamento de esgotos tem crescido no país, e por consequência, também cresce a preocupação com a gestão integrada adequada do lodo gerado nos processos de tratamento de esgoto (tratamento e disposição final).



Na cidade de Jundiaí – SP, localizada a aproximadamente 58 Km da capital do estado, 95% dos esgotos gerados no município, oriundos da contribuição de uma população de aproximadamente 397.000 mil habitantes, são tratados na Estação de Tratamento de Esgotos de Jundiaí – ETEJ, operada pela Cia Saneamento de Jundiaí – CSJ. De todo o volume de esgoto tratado, 70 % representa esgoto de origem sanitária e 30% industrial. Além disso, toda a produção mensal de lodo que atinge 14.000 m<sup>3</sup> é submetida a tratamento por meio do processo de compostagem, originando um composto orgânico com grande aptidão agrícola, sendo usado em culturas que não são de consumo direto da população.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é apresentar os resultados do monitoramento da qualidade do lodo tratado na ETE Jundiaí através do processo de compostagem em leiras revolvidas e as possibilidades do seu uso na agricultura, face aos requisitos da legislação brasileira que orienta a questão.

## **PRODUÇÃO DE LODO DE ESGOTO E SUA COMPOSIÇÃO**

A produção de lodo de esgotos vem aumentando em todo o mundo como resultado do crescimento populacional, em especial nos grandes centros urbanos, de investimentos em infraestrutura com incremento dos sistemas de esgotamento sanitário, da maior preocupação ambiental e das exigências cada vez mais restritivas no que tange à qualidade final do efluente tratado e da legislação ambiental aplicável ao setor.

Machado (2001) estudou a produção de lodo no Brasil entre os anos de 2000 e 2001, em 17 estados brasileiros e o Distrito Federal, abrangendo 275 Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs, com produção total estimada de lodo de 151.724 ton/ano (peso seco). No ano de 2015, a produção de lodo das cinco maiores ETEs operadas pela SABESP, localizadas na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP (Suzano, São Miguel, Parque Novo Mundo, ABC e Barueri) foi estimada em 750 ton/dia (base seca) (IWAKI, 2017). Todavia há um potencial de ocorrer um incremento substancial na quantidade de lodo de esgoto a ser disposto nos próximos anos, uma vez que, os índices de coleta e tratamento de esgotos existentes no país são baixos e é natural uma maior pressão

da sociedade por melhores condições socioambientais (ANDREOLI; TEXEIRA PINTO, 2001).

O termo lodo de esgoto tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgoto (VON SPERLING; ANDREOLI, 2001), enquanto o termo "biossólidos" foi introduzido na área do saneamento pela indústria de tratamento de águas residuárias no início de 1990 para designar apenas o lodo de esgoto que foi suficientemente processado a fim de permitir, de forma segura, sua reciclagem, ao invés de ser tratado apenas como um resíduo a ser disposto por meio de incineração ou em aterro sanitário (NEBRA, 2007; WANG et al., 2008).

A composição do lodo de esgotos é muito dinâmica, pois depende especialmente da origem do esgoto, do processo de tratamento utilizado e das épocas do ano. Geralmente um lodo de esgoto apresenta em torno de 40 % de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo, demais macro e micronutrientes, além de outros constituintes potencialmente tóxicos (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

Por ser rico em macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio) e em matéria orgânica o lodo de esgoto apresenta ótimas perspectivas de uso no solo para fins agrícolas. Por outro lado, uma vez que é produto do tratamento de esgotos sanitários, o lodo apresenta características potencialmente nocivas, com destaque a presença de material putrescível, microrganismos patogênicos (capazes de disseminar doenças) e poluentes orgânicos variados, inviabilizando a disposição do lodo cru, isto é, sem tratamento prévio (DIAS, 2012; MAGALHÃES, 2012). Metais pesados, também chamados de elementos potencialmente tóxicos, presentes, principalmente, em efluentes industriais também podem limitar a disposição de lodos no solo. Portanto, para superar esse aspecto indesejado e permitir a utilização agrícola segura do ponto de vista ambiental e de saúde humana (risco ocupacional e consumidores), o lodo de esgoto deve ser submetido a uma série de tratamentos capazes de eliminar ou reduzir esses agentes patogênicos em níveis seguros, conforme a disposição final pretendida.

Por essas razões o uso benéfico do lodo demanda planejamento e emprego de técnicas adequadas de tratamento para atendimento das leis que regulamentam o assunto.

## ASPECTOS LEGAIS SOBRE O TRATAMENTO E O USO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA é o órgão federal responsável pela legislação acerca da produção e comercialização dos insumos agrícolas, incluindo fertilizantes, biofertilizantes, corretivos, entre outros. Todo o arcabouço legal que versa sobre a questão está fundamentado, primeiramente, na Lei Federal n.º 6.894/1980 alterada pelas Leis n.º 6.934/1981 e 12.890/2013. A referida Lei Federal n.º 6.894/1980 está regulamentada pelo Decreto Federal n.º 4.954/2004, alterado pelos Decretos n.º 8.059/2013 e 8.384/2014, que estabelece as normas gerais sobre os registros dos estabelecimentos produtores, bem como dos seus respectivos produtos, com foco na saúde humana e sanidade ambiental. Em consonância com as instruções normativas do MAPA, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão ligado ao Ministério do Meio Ambiente, com o intuito de normatizar o uso de lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgotos sanitários na agricultura, criou em 29 de agosto de 2006 a Resolução CONAMA n.º 375, a qual estipula duas classes, com os seguintes requisitos de qualidade microbiológicas: (i) lodo Classe A: Coliformes Termotolerantes (CT) < 103 / g Sólidos Totais (ST), ausência de Salmonella em 10 g ST, Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g ST e Vírus < 0,25 UFP ou UFF / g ST; (ii) lodo Classe B: Coliformes Termotolerantes (CT) < 106 / g Sólidos Totais (ST), Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g ST. Determina, ainda suas respectivas restrições de uso, critérios e procedimentos para uso, bem como técnicas capazes de produzir lodo tratado compatível com cada classe, visando assim benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde humana e ao ambiente (BRASIL, 2006a).

Igualmente a legislação americana, “Norma 503”, a Resolução CONAMA n.º 375/2006 prevê a adoção de Processos de Redução Adicional de Patógenos (PRAP) para produção de lodo Classe A, de maior qualidade, sendo eles: compostagem, secagem térmica direta ou indireta, tratamento térmico, digestão aeróbia termofílica, irradiação com raios beta e pasteurização (USEPA, 1993).

## GENERALIDADE SOBRE O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

A compostagem pode ser definida como um processo de degradação biológica da matéria orgânica na presença de oxigênio, caracterizado pela produção de CO<sub>2</sub>, água, liberação de calor e substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES; SILVA, 2000; PEREIRA NETO, 2007). A decomposição ou estabilização da matéria orgânica na compostagem é desenvolvida por uma população diversificada de microrganismos, com destaque para as bactérias, os fungos e os actinomicetos, que se sucedem ao longo do processo (PEREIRA NETO, 2007).

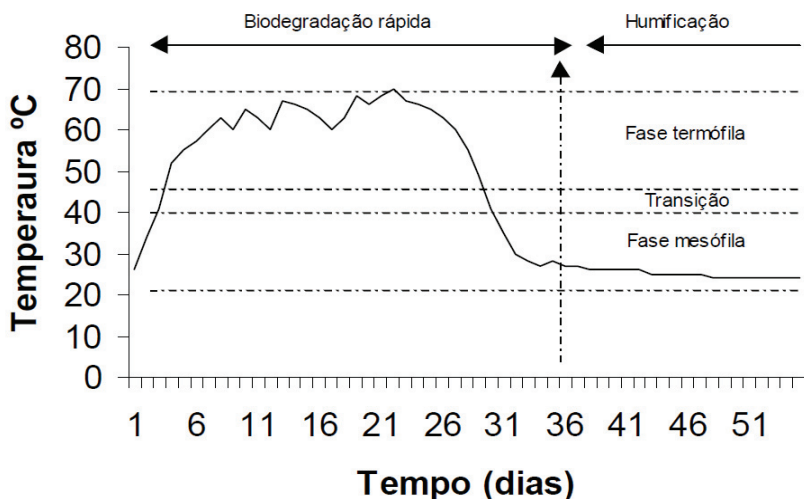
Segundo Fernandes e Silva (2000), o início do processo é marcado pela fase de rápido crescimento dos microrganismos mesófilos, e pelo aumento gradativo da temperatura, resultante do processo de biodegradação. Assim que a temperatura sobe acima de 45° C, a atividade biológica dos microrganismos mesófilos diminui, sendo substituídos pela ação dos microrganismos termófilos, extremamente ativos provocando intensa e rápida degradação da matéria, liberando ainda mais calor e, conseqüente, elevação da temperatura, propiciando a inativação dos microrganismos patogênicos presentes no lodo.

À medida que a matéria orgânica de mais fácil biodegradação se esgota, a temperatura no interior da massa de compostagem começa a declinar e a ação dos microrganismos termófilos torna-se limitada, permitindo que os mesófilos se instalem novamente, porém com atividade mais moderada (PINTO, 2001).

Nesse momento, inicia-se a fase de humificação ou maturação, que é a fase onde há continuidade da degradação da matéria orgânica, redução dos microrganismos patogênicos remanescentes e, principalmente, a humificação do material, resultando na formação de um composto orgânico com aptidão agrícola (PEREIRA NETO, 2007).

De forma geral, o processo de compostagem ocorre em duas etapas (Figura 1). Na primeira etapa de biodegradação ativa, também chamada de bioestabilização ou decomposição ativa, há intensa atividade dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica e, portanto, há grande consumo de oxigênio. Elevação da temperatura e alterações na aparência, cor e odor, são percebidas na massa em compostagem. Ainda

assim, o composto não está pronto para ser utilizado. Por outro lado, na fase seguinte, maturação, nota-se diminuição da atividade microbiológica, reduzindo os requisitos de aeração. A etapa ocorre em temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química, ou seja, polimerização de moléculas orgânicas estáveis no processo conhecido como humificação.



**Figura 1** - Comportamento da temperatura no processo de compostagem.

**Fonte:** Fernandes e Silva (2000).

Deste modo, tem-se que a higienização ou inativação dos microrganismos patogênicos presentes no lodo está diretamente ligada à elevação da temperatura durante a oxidação e o tempo de exposição. Como resultado do processo, observa-se a produção de um composto estabilizado, isento de microrganismos patogênicos, de odor não agressivo e aspecto agradável, rico em matéria orgânica humificada com grande aptidão agrônoma, fornecendo nutrientes e minerais às plantas e atuando como condicionador de solo, isto é, melhorando a sua estrutura física (TORRES DE CARVALHO, 2002).

Por se tratar de um processo biológico, a compostagem sofre influências de diversos parâmetros, que afetam a atividade dos microrganismos responsáveis pelo processo, entre os quais destaca-se: aeração, temperatura, umidade, relação Carbono/Nitrogênio, tamanho da partícula e pH.

Segundo Krogmann (2001), a aeração, além de fornecer oxigênio, tem a função de secar o composto e controlar a temperatura, que pode ser prejudicial aos microrganismos. Esta atividade pode ocorrer de forma natural (reviramentos) ou por aeração forçada (insuflação ou aspiração de ar). Quanto o parâmetro temperatura, Krogmann (2001), afirma que muitos experimentos concluíram que a temperatura ótima para a fase de degradação ativa é 55°C, sendo que na faixa entre 45° e 65°C ocorre máxima atividade microbiológica e eliminação dos patógenos. Em temperaturas acima de 65 °C, a diversidade microbiana é reduzida, diminuindo a atividade tornando o ciclo da compostagem mais longo.

De acordo com Krogmann (2001), umidade é essencial para o processo de decomposição, pois a maior parte da atividade microbiológica ocorre nas finas camadas de líquido situada sobre a superfície das partículas. Conforme Kiehl (2012), a umidade deve estar sempre dentro da faixa de 40% a 60%, sendo o valor ótimo 55%. Teores de umidade abaixo de 40% restringem a atividade microbiológica de degradação dos resíduos orgânicos, enquanto valores acima de 60% inibem à livre passagem do ar pelos espaços vazios da massa, criando zonas de anaerobiose, isto é, zonas sem presença de oxigênio (SHAMMAS; WANG, 2007).

Os microrganismos atuantes na compostagem necessitam de carbono (C) como fonte de energia e de nitrogênio (N) para a reprodução (síntese de proteínas). Shammass e Wang (2007) afirmam que a relação C/N inicial ideal para compostagem de lodo de esgoto deve estar na faixa de 25 a 35:1, sendo que ao longo do desenvolvimento da compostagem, a relação C/N vai caindo, tendendo para valores entre 10 e 20. O controle dessa relação de nutrientes se dá pela introdução e mistura de materiais mais ricos em carbono (resíduos palhosos) ou nitrogênio (excretas de animais, lodo de esgoto) (KROGMANN, 2001).

Outro fator que exerce grande influência no processo de compostagem é o tamanho da partícula ou granulometria. Quanto menor o

tamanho, maior será a superfície de contato exposta à atividade microbológica e mais rápida a decomposição. Entretanto, a compostagem de materiais muito finos, como o lodo de esgoto, resulta em problemas de aeração, encharcamento, compactação, entre outros, em decorrência da ausência de espaços vazios entre as partículas. Uma alternativa à essa dificuldade, é a introdução de materiais estruturantes (restos vegetais, cavacos de madeira e outros) picados em tamanhos maiores de forma a aumentar a porosidade da massa em compostagem e permitir a sua aeração (PINTO, 2001).

Finalmente, o pH é outra variável que deve ser acompanhada para o bom andamento da compostagem. O processo ocorre numa faixa de pH situada entre 6 a 9. Valores fora desse espectro reduzem ou até mesmo inibem a atividade dos microrganismos responsáveis pelo tratamento do lodo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Estação de Tratamento de Esgotos Jundiaí (ETEJ), interior de São Paulo. O sistema de tratamento da fase líquida é constituído pelo gradeamento mecanizado, bombas submersas, caixa de areia com remoção de sólidos sedimentáveis através de parafusos sem fim, lagoas de aeração com difusores de ar (degradação biológica), lagoas de decantação (2,0% de sólidos) e o lançamento final. Por sua vez, a fase sólida é submetida as seguintes unidades de tratamento: bombas de sucção, sistema de desaguamento do lodo pelo uso de centrífugas (20% de sólidos) e, finalmente, a compostagem (60% de sólidos).

As Figuras 2 e 3 apresentam as unidades responsáveis por desidratar o lodo: a lagoa de decantação do lodo e as centrífugas.

O processo de compostagem ocorre em galpões abertos e cobertos por estufas agrícolas, em duas fases: na primeira, o lodo desidratado é disposto no galpão de compostagem (área das leiras) e misturado com os resíduos estruturantes, ricos em carbono, formando diversas leiras triangulares, que são revolvidas uma vez ao dia, por meio do uso de um trator composteira, para homogeneização da mistura e aeração da massa em compostagem. As leiras apresentam as seguintes dimensões:



largura da base de 3,0 m, 1,0 m de altura e 240,0 m de comprimento. Na segunda fase, as leiras são transferidas para uma área denominada “área de estoque”, onde são reunidas em pilhas, formando os lotes, onde ocorrem a manutenção de temperaturas elevadas, proporcionando a higienização, propriamente dita (Figuras 4, 5 e 6).



**Figura 2** - Lagoa de decantação do lodo



**Figura 3** - Centrífugas utilizadas para desidratação do lodo.





**Figura 4** - Vista geral da planta de compostagem da ETE Jundiaí



**Figura 5** - Detalhe da leira de compostagem

O tempo médio da compostagem foi estimado em 82 dias, sendo 30 dias para a etapa das leiras e 52 dias de empilhamento com temperaturas superiores a 55°C na fase dos lotes para higienização do lodo, alcançando uma redução de volume de 50 %.



**Figura 6** - Trator enleirador ou composteira utilizado no revolvimento das leiras.

O balanceamento da concentração de nutrientes, carbono e nitrogênio, fundamental para os microrganismos que atuam no tratamento, é realizado pela introdução de uma mistura homogênea de bagaço de cana, podas de árvores urbanas trituradas e resíduo de celulose, rica em carbono, na proporção de 1,5:1,0 (mistura homogênea de resíduos verdes rica em carbono: massa de lodo de esgoto desidratada, respectivamente) (Figura 7).



**Figura 7** - Resíduos de celulose utilizados no processo.

O estudo foi realizado entre janeiro e dezembro de 2014, com o monitoramento dos 9 lotes de lodo tratados durante o ano (Tabela 1). Em cada evento de amostragem, nas pilhas dos lotes, materiais do lodo tratado foram coletados em posições e profundidades aleatórias, utilizando pás de jardineiro.

Essas amostras eram homogeneizadas e colocadas em sacos plásticos limpos e levadas diretamente aos laboratórios contratados (Instituto Agronômico de Campinas - IAC e Bioagri Mérieux Nutrisciences Company) para realização das análises.

Ressalta-se que, o lodo bruto (torta) não foi analisado juntamente com os lotes tratados (biossólido). A critério da empresa, responsável pela operação, somente os lotes tratados eram enviados aos laboratórios para verificação.

**Tabela 1** - Identificação dos lotes monitorados, datas de formação dos lotes e das coletas para análise laboratorial e a massa total.

Lote de lodo	Formação do Lote	Data da coleta para análise	Massa de lodo (ton)
Torta de lodo	-	13/03/2015	-
Torta de lodo	-	17/04/2015	-
Lote 1	03/01/2014	21/01/2014	4.132,27
Lote 2	13/02/2014	11/03/2014	4.732,32
Lote 3	10/03/2014	23/04/2014	2.021,96
Lote 4	02/05/2014	02/06/2014	4.665,35
Lote 5	04/06/2014	07/07/2014	3.751,00
Lote 6	09/07/2014	09/09/2014	2.066,15
Lote 7	15/08/2014	16/09/2014	3.710,58
Lote 8	02/09/2014	28/10/2014	5.014,73
Lote 9	13/10/2014	01/12/2014	418,34

Para fins de comparação e verificação do tratamento, duas amostras da torta de lodo, foram coletadas após a etapa de desaguamento, realizada em centrífugas, e encaminhadas para análise em 2015, sendo a primeira em março e a segunda em abril (Figuras 8 e 9).



**Figura 8** - Torta de lodo coletada para análise



**Figura 9** - Lote tratado pronto para análise



O monitoramento da qualidade do lodo foi realizado por meio da realização das análises a cada lote produzido, excetuando a temperatura, que foi monitorada entre os meses de janeiro de 2014 e novembro de 2014, com a leitura de dados, praticamente, a cada três dias, somente na massa de compostagem que se encontrava empilhada na área de estoque, com o registro de dados de temperatura em 133 dias diferentes. Cabe esclarecer, ainda, que o período inicial nos gráficos, da Figura 10, identificados sem registro de temperaturas se refere, primeiramente, aos 30 dias adotados como de ocorrência da fase da montagem das leiras e homogeneização da mistura, onde nenhum parâmetro foi monitorado. Além desse período da primeira fase, ocorre que alguns lotes não tiveram a primeira notificação de temperatura realizada imediatamente após a formação do lote, como é o caso do Lote L2, cujo monitoramento foi iniciado 32 dias após o término da primeira fase.

As temperaturas dos lotes foram monitoradas utilizando o equipamento Termômetro Digital GULterm 200 da Gultron. As variáveis microbiológicas: Coliformes Termotolerantes (CT), *Salmonella* sp e ovos viáveis de helmintos foram realizadas conforme metodologia descrita em 40 CFR Part 503. Appendix F, (USEPA, 2003) pelo IAC. A determinação dos teores de metais pesados, realizadas no IAC, utilizou o método EPA-SW-846-3051a, com determinação por ICP-AES (USEPA, 2007), e EPA-SW-846-6010c, enquanto que no laboratório Bioagri a determinação foi conduzida conforme metodologia 3120 B, descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (RICE et al., 2012) com preparo baseado em USEPA 3010A: 1992. Por fim, os valores de pH foram medidos em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo:água), segundo métodos descritos em Andrade e Abreu (2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor interpretação dos resultados, os gráficos apresentados na Figura 10, contém as duas fases do processo, coincidindo o 30º dia com o momento da transferência do lodo da primeira etapa, “fase das leiras”, para a segunda etapa, a qual a operadora do sistema, denomina “fase dos lotes”.

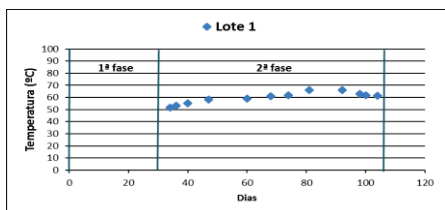
Nos nove gráficos apresentados, verifica-se, na 2ª fase do processo de compostagem, a incidência de temperaturas elevadas, mantendo-se acima de 60°C por mais de um mês. Temperaturas acima de 70°C foram evitadas para não comprometer o sistema, pela restrição do número de microrganismos na massa de compostagem, podendo ocasionar a insolubilização de proteínas hidrossolúveis, provocar alterações químicas indesejáveis e o desprendimento de amônia, principalmente quando o material possui baixa relação C/N, (KIEHL, 2010 e 2012).

A fase termófila, caracterizada por temperaturas acima de 45° C, ocorreu em todos os lotes, logo no início formação das pilhas na fase dos lotes, permanecendo até o final do monitoramento, período que alcançou a marca de 82 dias em média.

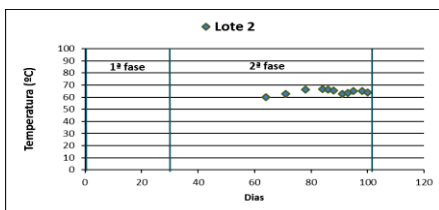
Considerando que, para obtenção de lodo do tipo A em PRAP do tipo compostagem com revolvimento das leiras, a resolução CONAMA 375/2006 recomenda que a temperatura das pilhas deve ser mantida 15 dias a 55° C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias ao longo dos 15 do processo (BRASIL, 2006a) pode-se afirmar, a partir dos resultados obtidos, que a operação do sistema atende os requisitos exigidos, garantindo, dessa forma, a higienização do lodo através da compostagem empregada. Logo, o binômio tempo-temperatura obtido neste estudo seria suficiente para a produção de biossólido próprio para uso na agricultura quanto à presença de patógenos.

O monitoramento da torta de lodo bruto da ETEJ identificou, no início do processo, 2.467,20 NMP/g de CT, ausência de *Salmonella* sp. e 0,27 ovos viáveis de helmintos /g de ST (concentrações médias). Evidencia-se assim a reduzida contaminação microbiológica do lodo, ao menos no que se refere aos organismos monitorados (Tabela 2).

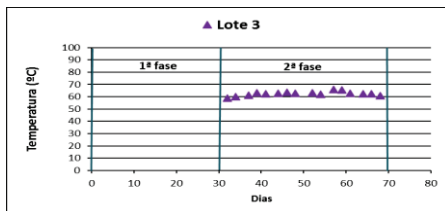
Ressalta-se que para os lotes a eficiência do tratamento foi semelhante, com ausência de Coliformes Termotolerantes e de *Salmonella* sp. Em relação a ovos de helmintos, verificou-se uma concentração média de 0,053 Ovos de helmintos /g de ST, sendo que nos Lotes L3, L4, L5, L6, L7, L8 e L9 verificou-se ausência de ovos de helmintos. Os resultados obtidos, ausência de Coliformes Termotolerantes e *Salmonella* e concentração máxima de 0,15 ovos de helmintos/g de ST, encontram-se abaixo dos valores máximos recomendados pela resolução nº 375 do CONAMA (BRASIL, 2006a) e pela IN nº27 do MAPA (BRASIL, 2006b).



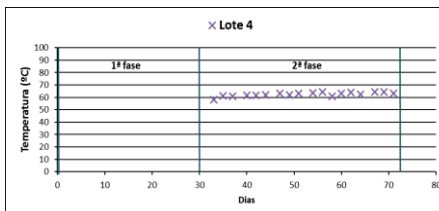
(a) - Lote 1



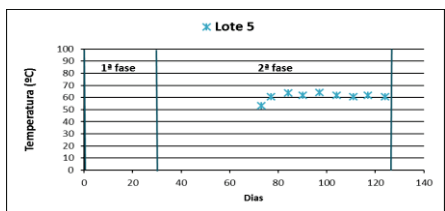
(b) - Lote 2



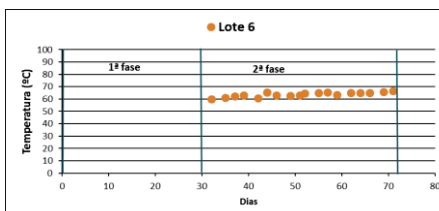
(c) - Lote 3



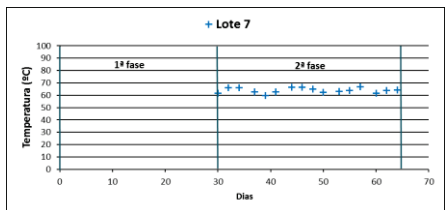
(d) - Lote 4



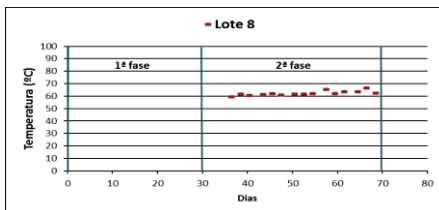
(e) - Lote 5



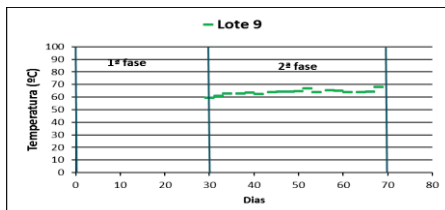
(f) - Lote 6



(g) - Lote 7



(h) - Lote 8



(i) - Lote 9

Figura 10 - Evolução das temperaturas médias dos Lotes 1(a), 2(b), 3(c), 4(d), 5(e), 6(f), 7(g), 8 (h) e 9(i) durante o processo de compostagem

**Tabela 2** - Resultados do monitoramento de Coliformes Termotolerantes, *Salmonella sp.* e ovos viáveis de helmintos no lodo bruto e após a compostagem

Material	Coliformes Termotolerantes	<i>Salmonella sp.</i>	Ovos viáveis de helmintos	Remoção de ovos viáveis de helmintos em unidade logarítmica	Percentual de remoção de ovos viáveis de helmintos (%)
	NMP/g	NMP/10 g	Ovos/g de ST		
Torta de Lodo 1	4.528,30	Ausente	0,37	0,84	85,6
Torta de Lodo 2	406,09	Ausente	0,17	0,50	68,6
<b>Média Torta</b>	<b>2.467,20</b>	<b>Ausente</b>	<b>0,27</b>	<b>0,67</b>	<b>77,1</b>
Lote 1	0	Ausente	0,15	0,26	44,4
Lote 2	0	Ausente	0,15	0,26	44,4
Lote 3	0	Ausente	0	-	100
Lote 4	0	Ausente	0	-	100
Lote 5	0	Ausente	0,13	0,32	51,9
Lote 6	0	Ausente	0	-	100
Lote 7	0	Ausente	0	-	100
Lote 8	0	Ausente	0,05	0,73	81,5
Lote 9	0	Ausente	0	-	100
<b>Média Lotes</b>	<b>0</b>	<b>Ausente</b>	<b>0,053</b>	<b>0,70</b>	<b>80,2</b>

Destaca-se, no entanto, reduzidas concentrações encontradas já na torta de lodo, o que favoreceu o cumprimento das determinações dos normativos citados. Todavia, a ausência de *Salmonella sp.*, ainda no



lodo bruto, impediu a avaliação da eficiência do processo de compostagem na inativação/eliminação desse microrganismo. Quanto à concentração inicial de ovos viáveis de helmintos no lodo, evidencia-se uma concentração ligeiramente acima do limite máximo permitido pela IN nº 27 do MAPA (0,25 ovos/g ST); e que o classifica como classe B, conforme a Resolução Conama 375/2006, no entanto próxima ao exigido para Lodo Classe A, ainda no lodo bruto.

A reduzida concentração de ovos viáveis de helmintos no lodo bruto pode ter influência na reduzida eficiência de remoção nos Lotes com presença de ovos viáveis de helmintos no lodo tratado, com média de remoção de 0,053 Log (70%), e com remoções mínima e máxima de 0,26 Log (44,4%) e 0,73 Log (81,5%), respectivamente, muito embora tenha se alcançado remoção total nos Lotes 3, 4, 6, 7 e 9). Diante do exposto, o processo de compostagem foi capaz de elevada redução da concentração de microrganismos patogênicos presentes no lodo de esgoto, atendendo os normativos que regulamentam a disciplina.

No que diz respeito aos elementos potencialmente tóxicos (metais pesados), àqueles que em determinadas concentrações e tempo de exposição, oferecem risco à saúde humana e ao ambiente, prejudicando a atividade dos organismos vivos (SILVA et al., 2001), apenas os elementos Cadmio (Cd) e Níquel (Ni) apresentaram teores superiores ao normativo mais restritivo, IN nº 27 MAPA (limites máximos admitidos em fertilizantes orgânicos), na torta de lodo, sendo a concentração do Cd, aproximadamente, 3 vezes maior do que o admitido. Por sua vez, todas as análises de metais pesados dos lotes submetidos à compostagem apresentaram resultados abaixo dos limites estipulados pelo arcabouço legal que trata da matéria: Resolução CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006) e Instrução Normativa - IN nº 27 do MAPA (BRASIL, 2006b) (Tabela 3).

As reduções nos níveis dos metais pesados no biossólido observadas na tabela anterior podem ser justificados pela: (i) adição e mistura de grande quantidade de material estruturante rico em carbono com o lodo durante a preparação das leiras para a compostagem, fato que “dilui” a concentração desses elementos no produto final (FERNANDES et al., 1993); (ii) pela presença da matéria orgânica contida no biossólido, principalmente quando rica em húmus, que tem papel fundamental na retenção dos metais, em virtude da sua capacidade de troca de cátions;

(iii) e pela formação de quelatos, que é um componente da matéria orgânica humificada e complexos organometálicos, que formam complexos estáveis com íons metálicos, reduzindo a mobilidade e a adsorção pelas plantas quando empregados na agricultura.

**Tabela 3** - Concentrações de metais pesados presentes na torta de lodo e nos lotes tratados e limites estabelecidos pelas legislações brasileiras

Material	Un. <sup>1</sup>	Ar	Ba	Cd	Cr	Pb	Ni
Torta de Lodo	mg/kg	13,35	916,5	8,45	91,705	72,95	72,95
Lote 1	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	382,00	2,06	65,00	44,00	30,00
Lote 2	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	491,00	2,17	73,00	51,00	33,00
Lote 3	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	345,00	2,50	67,00	46,00	32,00
Lote 4	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	210,00	<0,1	40,00	22,00	18,00
Lote 5	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	86,40	< 1	13,80	8,05	5,89
Lote 6	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	275,00	1,25	49,20	70,70	21,50
Lote 7	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	268,00	1,21	48,70	25,00	22,20
Lote 8	mg/kg	< 1 <sup>(2)</sup>	374,00	2,17	69,20	33,90	32,90
Lote 9	mg/kg	2,05	253,00	< 1	52,00	24,20	23,00
Média Lotes	mg/kg	-	298,27	-	53,10	36,09	24,28
<b>Referências</b>							
CONAMA 375/2006	mg/kg	41	1000	39	1000	300	420
MAPA IN 27 substrato/condicionador	mg/kg	20	-	8,0	500	300	175
MAPA IN 27 (fertilizante orgânico)	mg/kg	20	-	3,0	200	150	70

(continua)

<sup>1</sup> Resultados expressos em base seca.

<sup>2</sup> Não quantificado, concentração menor do que o limite de quantificação.

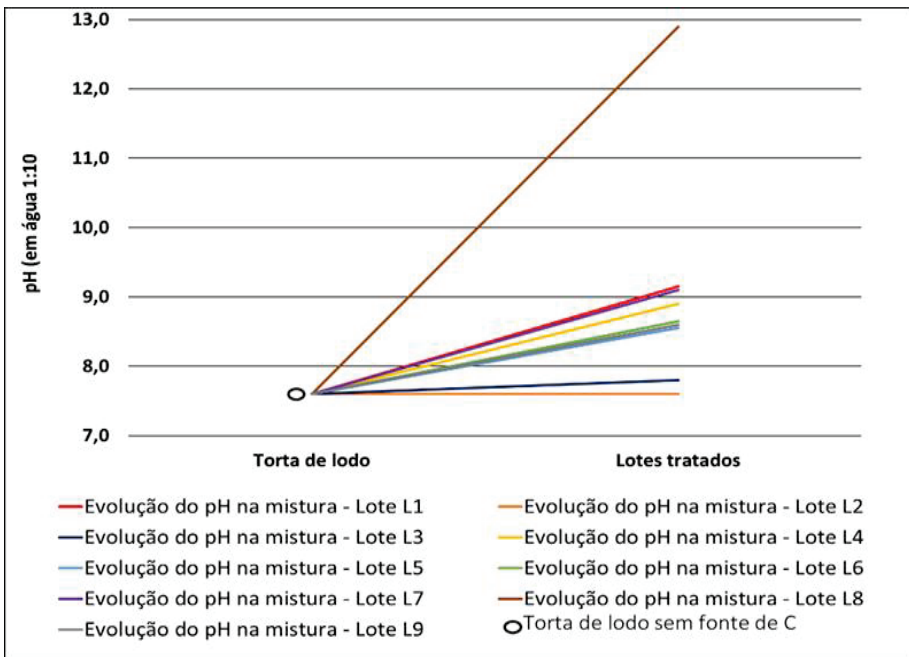
**Tabela 3** - Concentrações de metais pesados presentes na torta de lodo e nos lotes tratados e limites estabelecidos pelas legislações brasileiras (continuação)

Material	Un. <sup>1</sup>	Hg	Se	Mo	Cu	Zn
Torta de Lodo	mg/kg	< 1,0	< 1 <sup>2</sup>	21,4	600	2712
Lote 1	mg/kg	0,24	< 1 <sup>2</sup>	< 1 <sup>2</sup>	149,00	536,00
Lote 2	mg/kg	0,50	< 1 <sup>2</sup>	11,0	241,00	548,00
Lote 3	mg/kg	0,55	< 1 <sup>2</sup>	8,0	192,00	588,00
Lote 4	mg/kg	0,21	< 1 <sup>2</sup>	< 1 <sup>2</sup>	109,00	283,00
Lote 5	mg/kg	< 0,05	1,17	1,99	39,80	110,00
Lote 6	mg/kg	0,64	< 1 <sup>2</sup>	5,37	154,00	344,00
Lote 7	mg/kg	0,51	< 1 <sup>2</sup>	< 1	128,00	415,00
Lote 8	mg/kg	0,67	< 1 <sup>2</sup>	9,07	184,00	465,00
Lote 9	mg/kg	0,52	< 1 <sup>2</sup>	5,68	124,00	354,00
Média Lotes	mg/kg	0,43	-	-	146,76	404,78
<b>Referências</b>						
CONAMA 375/2006	mg/kg	17	100	50	1500	2800
MAPA IN 27 substrato/condicionador	mg/kg	2,5	80	-	-	-
MAPA IN 27 (fertilizante orgânico)	mg/kg	1,0	80	-	-	-

Outro fator que pode ter contribuído para a diminuição das concentrações dos metais pesados, é a tendência de elevação do pH observada no lodo tratado que, em tese, influencia a dinâmica e disponibilidade dos metais pesados (GOUVÊA; PEREIRA NETO, 1997; KIEHL, 2012; LOPES, 2008). A Figura 11 mostra que, de forma geral, todos os

lotes tenderam a alcalinização após o tratamento, com valores bem abrangentes: 7,8 (L3), entre 8,6 e 9,1 (lotes L1, L4, L5, L6, L7 e L9) e acima de 12 (Lote L8). O lote L2 não teve o valor de pH alterado após o tratamento.

Vale mencionar que todos os valores de pH alcançados após o tratamento na ETEJ estão acima do valor mínimo de 6,0 estipulado pela IN nº 25 do MAPA para compostos orgânicos classe D (BRASIL, 2009).



**Figura 11** - Evolução dos valores de pH dos lotes tratados desde a torta de lodo até a geração do produto

Diante do exposto, pode-se observar que a compostagem gera um condicionador de solo com pH favorável para a realidade de nosso país, onde há predomínio de solos antigos, demasiadamente intemperizados, ou seja, desgastados por ações físicas, químicas e microbiológicas.

## CONCLUSÕES

Os resultados apreciados neste estudo confirmam sugestões anteriores que a compostagem constitui em método efetivo de higienização de lodo de esgoto. O tratamento conduzido possibilitou a produção de bio sólido Classe A, com redução significativa de Coliformes Termotolerantes e ovos viáveis de helmintos, a níveis aceitáveis após 82 dias (média) do início do tratamento. Os teores de metais pesados Ar, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se e Z sofreram reduções substanciais após os tratamentos, apresentando concentrações dentro dos níveis permitidos preconizados pelo normativo vigente.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. *Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais*. Campinas: IAC, 2006.
- ANDREOLI, C. V.; TEIXEIRA PINTO, M. A. Introdução. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo em solo agrícola In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (Coord.). *Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
- BRASIL - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 ago. 2006a.
- BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 27 de 5 de junho de 2006. Estabelece nos anexos I, II, III, IV e V os limites no que se refere às concentra-

ções máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 9 jun. 2006b.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa n. 25 de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem, e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. *Diário Oficial da União*, Brasília, 28 jul. 2009.

DIAS, E. H. B. *Tratamento do lodo de esgoto por secagem em estufa: higienização e produção de biossólido para uso agrícola*. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa Viçosa, 2012.

FERNANDES, F. et al. Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 28, p. 567-574, 1993.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. *Manual prático para a compostagem de biossólidos*. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

GOUVÊA, L. C.; PEREIRA NETO, J. T. Avaliação da distribuição de metais pesados durante o processo de compostagem do lodo de esgoto estritamente doméstico. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Foz do Iguaçu, 1997.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – Ano 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IWAKI, G. *Destinação final de lodos de ETAs e ETEs*. Portal Tratamento de Água, 2017. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-et-as-e-et-es/>. Acesso em: 03 abr. 2018.

KIEHL, E. J. *Novos fertilizantes orgânicos*. 1 ed. Piracicaba: O autor, 2010.

KIEHL, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 6. ed. Piracicaba: O autor, 2012.

KROGMANN, U. Composting. In: SPINOSA, L.; VESILIND, P. A. (Eds.). *Sludge into Biosolids: Processing, Disposal, Utilization*. 1 ed. London: IWA Publishing, 2001.

LOPES, M. A. J. B. M. *Incorporação do lodo de esgoto e seus efeitos sobre alguns atributos do solo cultivado com rabanete*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais). Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

MACHADO, M. F. S. *A situação brasileira dos biossólidos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MAGALHÃES, T. B. *Uso agrícola de biossólidos: análise crítica da resolução CONAMA 375/2006 na perspectiva da metodologia da avaliação quantitativa de risco microbiológico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

NEBRA - NORTH EAST BIOSOLIDS AND RESIDUALS ASSOCIATION. *A National Biosolids. Regulation, quality, end use and disposal survey, final report*, North East Biosolids and Residuals Association. Tamworth: NEBRA, 2007.

PEREIRA NETO, J. T. *Manual de compostagem: processo de baixo custo*. Viçosa: UFV, 2007.

PINTO, M. T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V. et al. (Eds.) *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. 1ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental (UFMG); Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). 2001. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6).

RICE, E. W. et al. (Eds.) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 2012.

SHAMMAS, N. K; WANG, L. K. Biosolids composting. In: WANG, K. L. et al. (Eds.) *Biosolids treatment process*. Totowa, NJ: Humana Press, 2007. (Handbook of environmental engineering, v. 6).

SILVA, S. M. C. P. et al. Principais contaminantes do lodo. In: ANDREOLI, C. V. et al. (Eds.) *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. 1ª

ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental (UFMG); Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). 2001. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6).

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental: Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 20102* Brasília: SNSA; MCIDADES, 2014.

TORRES DE CARVALHO, P. C. Compostagem. In: TSUTIYA, M.T. et al. (Eds.) *Biossólidos na agricultura*. 2. ed. São Paulo: ABES/SP, 2002.

VON SPERLING, M.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V. et al. (Eds.) *Lodos de esgoto: tratamento e disposição final*. 1. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental (UFMG); Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). 2001. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6).

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *The standards for the use or disposal of sewage sludge*. Whashington, DC: Federal Register, Code of Federal Regulations CFR, Title 40, part 503, 1993.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40 CFR, part 503*. Whashington, DC: EPA, 2003.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Microwave assisted acid digestion of sediments sludge, soils, and oils*. SW 846 3051a. Whashington, DC: EPA, 2007.

WANG, L. K. et al. Engineering and management of agricultural land application. In: WANG, K. L. et al. (Eds.) *Biosolids engineering and management*. Totowa, NJ: Humana Press, 2008. (Handbook of environmental engineering, v. 7)



# 8 Utilização de índices como ferramenta para avaliação de aspectos ecológicos e monitoramento de *Culex quinquefasciatus* em piscinões

Rodolfo Andreani Sobrinho  
Delsio Natal

## ASPECTOS AMBIENTAIS

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com 39 municípios e uma população de mais de 19 milhões de habitantes, é um ecossistema complexo e frágil. Está localizada na região Sudeste do Brasil e é o terceiro maior conglomerado urbano do mundo, uma área de 7944 Km<sup>2</sup> (JACOBI, 2013).

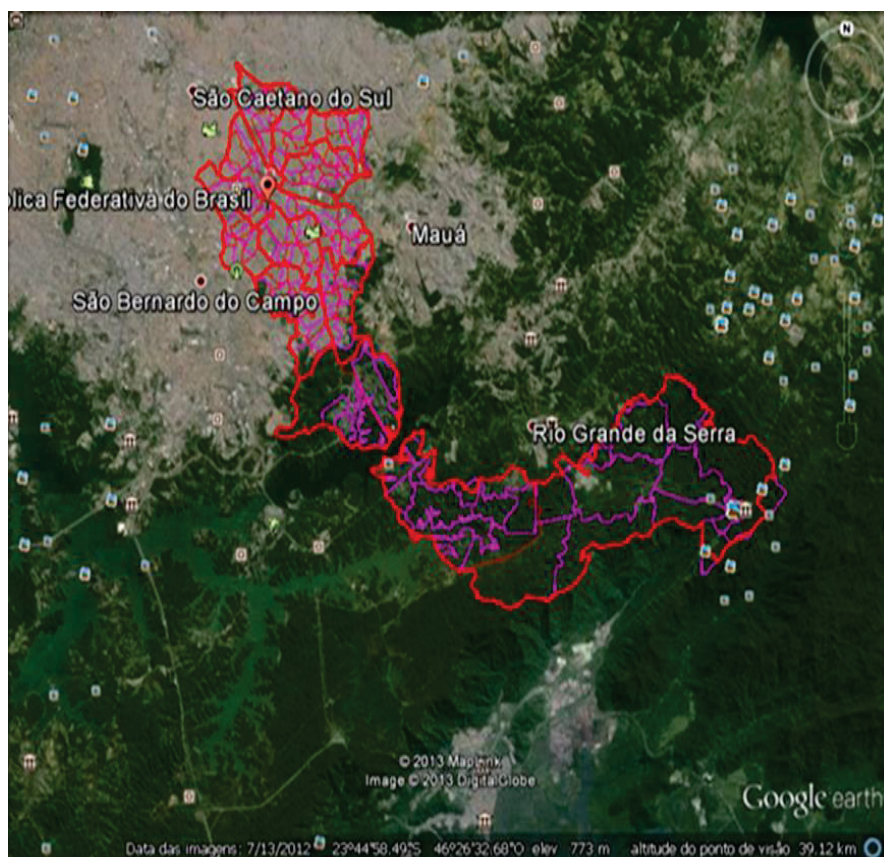
A taxa de crescimento da RMSP nas últimas décadas aproxima-se de 0,96 % ao ano. Apesar da diminuição no ritmo de crescimento nos últimos anos há uma elevada pressão demográfica para a ocupação das áreas ditas como várzeas e conseqüente impermeabilização do solo, especialmente nas franjas da mancha urbana (JACOBI, 2013).

A RMSP localiza-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Nesta bacia, além do próprio rio Tietê, os principais cursos d'água são seus afluentes: os rios Pinheiros, Aricanduva, Cabuçu-de-cima, Cabuçu-de-baixo, Itaquera e Tiquatira. Além dos rios, a bacia abriga as represas Billings e Guarapiranga. A bacia tem uma superfície de 5.500 m<sup>2</sup> na região metropolitana e limita-se ao sul e sudeste, pelas Serra do Mar, Taxaquara, Itatuba, Taquaxiara, ao norte pelas serras da Cantareira, do Banaanal, Itaquí e ao leste pela serra de Itapeti e, devido a este limite montanhoso sua única saída para as águas é o Rio Tietê. Esta localização

propicia baixas velocidades no escoamento das águas, e na época das precipitações intensas, há uma extrapolação na capacidade de vazão do rio e seus afluentes, ocasionando as inundações (GIROLDO, 2003).

O município de Santo André, está inserido na RMSP, foi fundado oficialmente em 8 de abril de 1553, com área de 174,38 Km<sup>2</sup>, localizado no Grande ABC, distante 18 km da capital. Conforme censo em 2011, Santo André possuía 678.486 habitantes (PMSA, 2013).

A Figura 1, revela parte da malha urbana da Grande São Paulo, contendo os limites do município de Santo André.



**Figura 1** - Malha urbana da grande São Paulo indicando os limites do município de Santo André, SP, destacado pela cor vermelha

Fonte: Google Earth

Em decorrência do desenvolvimento urbano a partir da década iniciada em 1950, houve notável aumento da frota de veículos que utilizam combustíveis fósseis gerando intensa poluição do ar. O clima regional sofreu impactos que se manifestam atualmente por meio de ilhas de calor que chegam a elevar em até 10°C a temperatura ambiente em determinados locais. A posição geográfica da região metropolitana está sujeita aos avanços da brisa provenientes do litoral e seu encontro com as ilhas de calor formadas sobre a grande área pavimentada, fenômeno que provoca temporais de elevada precipitação, e que gera graves enchentes no meio urbano (GIROLDO, 2003; NOBRE, 2010; SILVÉRIO, 2008).

Além das questões abordadas, o aumento da população que reside em condições impróprias de moradia, com limitações na coleta de resíduos sólidos, aliado às deficiências na educação ambiental, resultam na disposição destes descartes diretamente no solo ou nos corpos d'água acarretando o entupimento dos sistemas de drenagem, como bueiros e bocas de lobo, agravando ainda mais o quadro das enchentes (BESEN et al., 2010; JACOBI, 2013).

Além do aumento de consumo da população e da explosão demográfica, há um crescimento considerável na produção de resíduos sólidos aliados a regras de mercado, como o uso de embalagens descartáveis e obsolescência programada, que contribuem para agravar o quadro de aumento de resíduos e consequentes colapsos dos sistemas de drenagem (BESEN et al., 2010).

Devido à pressão demográfica, a procura de habitação provoca um efeito deletério em regiões de mananciais acarretando: a perda da mata ciliar, a redução da cobertura vegetal, a compactação do solo, o aumento da taxa de erosão, entre outros agravantes. Diante desse quadro, há o incremento do assoreamento das reservas hídricas e aumento do risco de deslizamentos de terrenos (MARICATO, 2010).

Segundo Nobre et al. (2010) a RMSPP poderá sofrer um aumento de temperatura na ordem de 2 a 3°C neste século e este nível de alteração climática poderá provocar uma mudança significativa no regime de chuvas. Tais autores fazem a previsão de que essa situação dobraria o número de dias com chuvas intensas, com consequentes inundações as quais atingiriam uma maior área territorial. O aquecimento global pro-

vocará chuvas cada vez mais intensas, portanto, os reservatórios de detenção (piscinões), atualmente abarrotados de lixo, sofrerão sérios danos caso não sejam projetados de forma a dificultar a entrada de resíduos e sedimentos (GIROLDO, 2003; BESEN et al., 2010).

Desde de 1960, ações voltadas para o controle de inundações têm sido desenvolvidas na RMSP. Tais iniciativas ganharam mais força nos anos 1980 por meio de diversos estudos nas quais as inundações eram vistas como uma questão a ser tratada intersetorialmente (JACOBI, 2013).

Em 1998, foi criado o Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia hidrográfica do Alto Tietê, objetivando combater as enchentes na RMSP com a construção de piscinões, além de rebaixamento da calha do rio Tietê, canalização de afluentes e construção de barragens (JACOBI, 2013).

Os reservatórios de controle ou contenção de cheias, referidos popularmente como “piscinões”, alteram a forma de projetar o manejo das águas pluviais, ao procurar retardar o escoamento da massa líquida durante os episódios de chuvas intensas.

Os 45 piscinões na RMSP, 24 de responsabilidade estadual e 21 sob a gestão das prefeituras, sejam superficiais ou subterrâneos, cumprem uma das funções das várzeas - amortecimento do pico das cheias - liberando de forma controlada e aos poucos as águas após o final da chuva forte. Diferentemente das várzeas naturais os piscinões não podem ser deixados sem manutenção, pois rapidamente transformam-se em criadouros de mosquitos (GIROLDO, 2003; RUTKOWSKI et al., 2010; SILVÉRIO, 2008). Sendo assim, para garantir o bem-estar e a saúde da população do entorno são necessários o monitoramento e o controle das populações de mosquitos associados aos piscinões.

## O MOSQUITO

O mosquito ou pernilongo *Culex quinquefasciatus* conhecido popularmente como mosquito urbano, é comum nas áreas urbanas com problemas de saneamento das águas superficiais, sendo classificado na ordem Diptera, família Culicidae (FORATTINI, 1962). A família Culicidae é ampla, sendo conhecidas mais de 3500 espécies distribuídas pelo

mundo, com exceção do Continente Antártico, região permanentemente congelada. Dentre os culicídeos, a espécie *Culex quinquefasciatus* é típica urbana, com elevado grau de sinantropia e antropofilia (FORATTINI, 2002).

Seus criadouros podem ser representados por depósitos artificiais, com água rica em matéria orgânica, de aspecto suja e malcheirosa. Entretanto, usualmente ocorrem em criadouros de solo, como charcos, lagos e valas poluídas com resíduos humanos de esgotos. Podem ocorrer tanto em criadouros ensolarados, como naqueles protegidos pelas sombras; sempre nas proximidades das habitações humanas. É mais frequente nos meses quentes e chuvosos, mas também é coletado durante o ano todo (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Como a maioria dos culicídeos as fêmeas de *Culex quinquefasciatus* são hematófagas e apresentam acentuada endofilia e endofagia, ou seja, tem o hábito biológico de predileção por ambientes internos assim como se alimentar nestes ambientes onde exerce seu repasto sanguíneo, sendo praticamente a espécie que mais pica o homem dentro das casas no período noturno; porém, alternativamente as fêmeas recorrem à alimentação complementar de carboidratos de origem vegetal (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994). Como ocorre com os demais mosquitos, o macho alimenta-se de carboidratos presentes em seivas, flores e frutos, de origem vegetal, não sendo hematófagos. A fêmea necessita de sangue de hospedeiros e seu desenvolvimento ovariano depende do repasto sanguíneo (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

O *Culex quinquefasciatus* em sua fase imatura é uma espécie adaptada às águas poluídas, com elevada carga orgânica, turbidez, baixa transparência, alta concentração de nitrogênio, suportando viver em ambiente praticamente anóxico, onde seus potenciais predadores não subsistem. Com muito alimento e sem a regulação da cadeia ecológica de predação, a espécie tende a proliferar em elevada densidade, tornando-se uma praga urbana (URBINATTI 2000).

### **Agravos causados pelo mosquito**

Os mosquitos de modo geral transmitem uma série de patógenos. No Brasil, *Culex quinquefasciatus* é importante epidemiologicamente por ser o vetor comprovado da *Wuchereria bancrofti*, agente da filariose

bancroftiana, doença que ocorre em áreas urbanas do Nordeste brasileiro; e também, por ser potencial vetor de uma série de arbovírus (ACHA; SZYFRES, 1989; NATAL, 1981).

Na Grande São Paulo, o principal agravo causado pelo mosquito *Culex quinquefasciatus* é a irritação noturna que provoca no homem ao picar. A reação a essa agressão varia de pessoa a pessoa, podendo haver algumas com elevado grau de sensibilidade. Há indivíduos altamente suscetíveis à resposta inflamatória os quais podem sofrer alergias e infecções bacterianas secundárias variáveis na sua intensidade, além da espoliação sanguínea.

O pernilongo comum *Culex quinquefasciatus* possui um zumbido característico e devido aos seus hábitos noturnos provoca noites de insônia ou mal dormidas resultando em fadiga que pode ser a causa de acidentes de trabalho e de trânsito (FOFANA et al., 2010; KIRBY et al., 2008). Karch et al. (1993) em estudo realizado na atual República Democrática do Congo constataram que em algumas áreas urbanas da capital Kinshasa a média de picadas por indivíduo por noite chega a 400 picadas pela espécie *Culex quinquefasciatus*.

## O controle e monitoramento do mosquito

Com a preocupação cada vez maior com o ambiente e com o advento de resistência que os insetos poderiam apresentar, utilizou-se de diversas formas de controle como o uso de métodos físicos, químicos e biológicos.

Como destaque para os métodos biológicos para a espécie alvo desse estudo, por ter seus imaturos em coleções aquáticas altamente poluídas, a predação direta é inviável, pois a maioria dos predadores não vive em ambientes sem oxigênio.

Além disso, há a conhecida e bem estudada resistência dos insetos aos inseticidas organoclorados, organofosforados e piretróides (BRACCO, 1998, VITOR NETO, 2006; WHO, 1997).

Em virtude dos fenômenos descritos, faz-se imprescindível mitigar possíveis danos ambientais e biológicos das aplicações de quaisquer produtos de controle no ambiente. Nesse contexto, ganha relevância a questão do monitoramento com o intuito de utilizar do controle



em épocas adequadas e nas doses corretas seja com estratégias de aplicações espaciais ou focais. Um dos desafios para a Saúde Pública é o de estruturar sistemas de indicadores que possibilitem análises das condições atuais e tendências das interações entre forças motrizes e pressões socioeconômicas e a progressiva degradação ambiental, afetando os serviços dos ecossistemas que servem de suporte à vida, saúde e bem-estar humano. Nessa perspectiva, têm sido realizados esforços procurando constituir indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde e bem-estar em escala municipal (FREITAS; GIATTI, 2009).

Desta forma, ajuda governos a formular e monitorar políticas econômicas com maior eficácia, determinar regulamentações ambientais estratégicas de gestão de recursos mais eficazes e utilizar os impostos e subsídios com maior eficiência. Oferece, também, uma forma de melhorar o diálogo político entre diferentes atores, ao fornecer um sistema transparente de informação sobre a relação entre as atividades humanas e ambientais (CEZARE et al., 2007, PHILIPPI JR.; MALHEIROS, 2012).

Essa sistemática é comum nos meios oficiais estatais tornando-se uma importante fonte de informação. Por parte há uma pressão advinda dos meios de comunicação e da sociedade, pois é por meio do acompanhamento desses índices ou indicadores que a população pode exercer seu controle dentro do livre exercício da cidadania.

De modo diferente ao controle do *Aedes aegypti*, vetor dos vírus da dengue, que conta com uma série de indicadores entomológicos práticos e úteis para fundamentar a vigilância, em relação ao *Culex quinquefasciatus* não há índices de monitoramento devidamente padronizados, para nortear seu controle nas áreas impactadas pelos piscinões. Desenvolver uma forma prática e eficaz de monitorar a população desses dípteros adequada para essas áreas facilitará e tornará mais racional as estratégias de intervenções de controle.

## METODOLOGIA DO ESTUDO

As áreas de estudo definidas para essa pesquisa encontram-se na região urbana da sede do município de Santo André. Correspondem a dois piscinões, destinados à regulação de águas pluviais em picos de

enchentes, que são: o piscinão localizado à Rua Grã-Bretanha (Reservatório RM-9/Faculdade de Medicina), estadual e o piscinão localizado à Rua Xingu (Bom Pastor), municipal, por terem histórico de maiores reclamações de pernilongo comum por parte dos munícipes.

O Reservatório RM-9/Faculdade de Medicina é conhecido popularmente como piscinão do Valparaíso porque está nesse bairro onde se localiza também a Gerência de Controle de Zoonoses. Esse empreendimento opera desde 1999 e tem uma capacidade de 120.000 m<sup>3</sup>, sendo classificado como *off-line*<sup>1</sup>.

A Figura 2 mostra uma imagem aérea desse Piscinão.



**Figura 2** - Imagem aérea do piscinão Reservatório RM-9/Faculdade de Medicina, situado na malha urbana do município de Santo André, SP  
**Fonte:** [www.semasa.sp.gov.br](http://www.semasa.sp.gov.br)

O entorno deste reservatório caracteriza-se por estar numa área tipicamente urbana, ao lado do Ribeirão dos Meninos, que é um córrego

---

<sup>1</sup> Reservatórios “on line” são aqueles cuja construção acompanha o leito do rio ou curso d’água, enquanto reservatórios “off line” ficam à margem do rio ou curso d’água (GIROLDO, 2003; SILVÉRIO, 2008).



usado para delimitar a divisa político-administrativa dos Municípios de Santo André e São Bernardo do Campo.

A outra área escolhida para pesquisa está localizada na Várzea do Ribeirão dos Meninos, construído junto ao leito do Córrego Araçatuba, trecho da Rua Dom Silvério Pimenta até a Rua Xingu. Esse piscinão opera desde 1994 e tem uma capacidade de reter 19.300m<sup>3</sup> de água, sendo classificado como “on-line”. A Figura 3 mostra a fotografia do piscinão do Bom Pastor, vista na perspectiva do nível do solo.



**Figura 3** - Vista do piscinão Reservatório de Retenção do Jardim Bom Pastor, situado na malha urbana do município de Santo André, SP

**Foto:** Delsio Natal, setembro de 2013

O entorno deste reservatório caracteriza-se também por estar numa área tipicamente urbana, desaguando no Ribeirão dos Meninos, no seu limite ao norte.

Esse piscinão municipal está em uma área aberta, sem limites bem definidos por cerca e muros e podemos dividi-lo em duas partes. A primeira parte consiste de uma lagoa propriamente dita com formato circular. A segunda é um braço de água que sai da lagoa através de um espaço feito para torres de linhas de transmissão de energia elétrica e vai permeando adentro o bairro residencial da Vila Floresta, passando por baixo de ruas asfaltadas e pinguelas de madeira construídas para a passagem de pedestres.

Foram escolhidos 5 pontos para a pesquisa larvária, 5 pontos para a aspiração de adultos na vegetação e 5 caixas de repouso foram instaladas em cada piscinão.

As coletas mensais e registro de reclamações foram feitas no período de agosto de 2014 a abril de 2015. As visitas ao campo e as coletas ocorreram na frequência de uma por mês, durante todo o período de observação. Assim como a somatória das reclamações que foram fechadas no prazo de um mês.

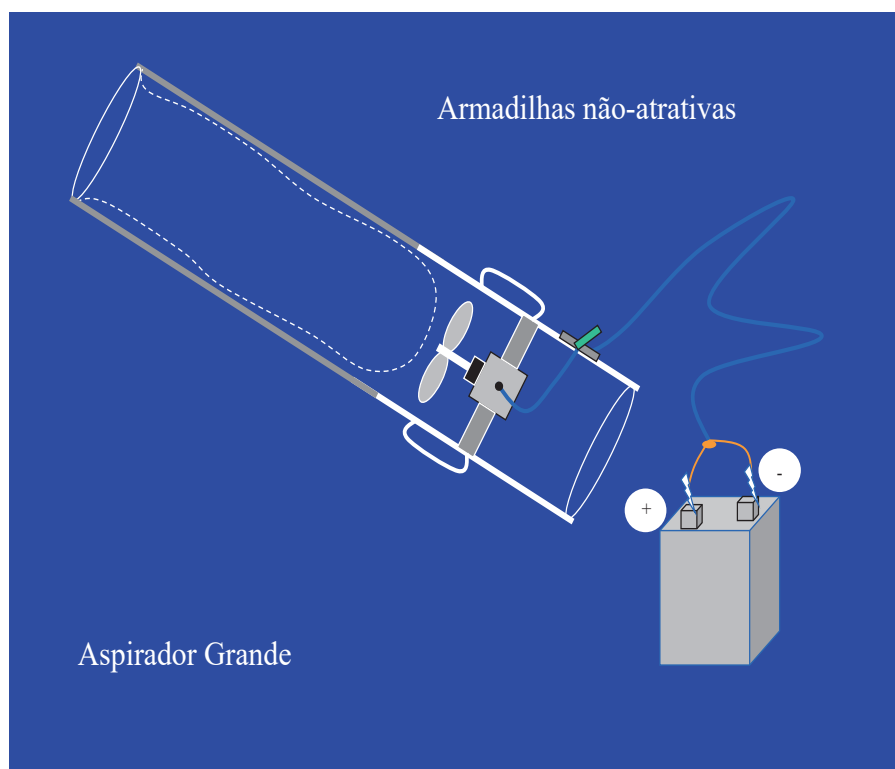
Para as coletas específicas de larvas e pupas para a construção de índices de imaturos foi utilizada uma concha entomológica de 350 ml à qual foi anexado um cabo extensor. Em cada visita as amostras foram obtidas através da imersão da concha na coleção hídrica até completar-se um litro (1000 ml) cuja água recolhida foi transferida para um frasco graduado, sendo cinco os pontos definidos em cada piscinão; baseado em normas do Ministério da Saúde (MS, 2011). As larvas de primeiro e segundo estágio, por serem diminutas e difíceis de serem visualizadas, foram desprezadas.

Assim, foram computadas as larvas de terceiro e quarto estágio e as pupas. A identificação e contagem foram feitas no Laboratório de Entomologia da Gerência de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de Santo André.

Os mosquitos adultos foram obtidos mediante duas técnicas de coleta: aspiradores elétricos nos abrigos e nas caixas de repouso.

O método de aspiração para obtenção de mosquitos alados nos abrigos consiste da utilização de um aspirador manual, de corpo em "PVC 6", com motor 12 volts, com tubo de alumínio de 60 cm de comprimento e provido de um puçá. Esse equipamento é movido à bateria a qual é presa ao corpo do coletor por meio de uma cinta de couro (NASCI, 1981). Em cada visita mensal ao campo foram amostrados

cinco pontos equidistantes. Esses pontos estão situados no entorno da área inundável, em lugares cobertos por vegetação, arbórea ou de gramináceas, que representam os abrigos de mosquitos adultos. Cada ponto foi submetido a uma aspiração com tempo cronometrado em cinco minutos de operação. Os mosquitos adultos foram retirados do interior do puçá e a seguir mortos com clorofórmio. Foram dispostos em caixinhas entomológicas padronizadas e remetidos para a identificação e contagem no Laboratório de Entomologia da Gerência de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de Santo André. A Figura 4 ilustra um aspirador de Nasci.



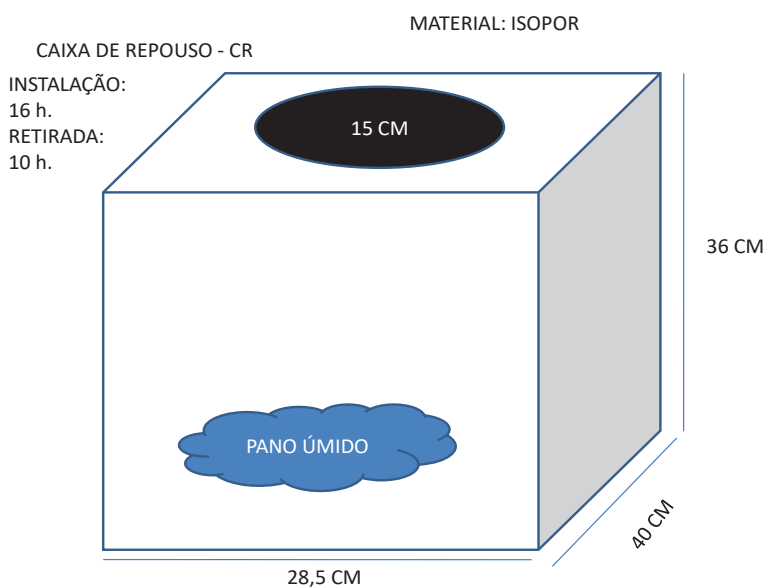
**Figura 4** - Desenho de um Aspirador de Nasci

A linha tracejada corresponde ao filó aonde são coletadas as formas adultas dos mosquitos

**Fonte:** Paulo Urbinatti (2000)

Por se tratar de técnica de coleta pouco utilizada no Brasil, a estratégia por meio do uso de caixa de repouso (Figura 5) levou em consideração aspectos descritos por vários grupos de pesquisadores (BARATA et al., 2001; KWEKA et al., 2009; VAN DEN BIJLLAARDT, 2009). Foram dispostas cinco caixas de repouso para amostragem de mosquitos adultos nas áreas dos pisciões selecionados para estudo.

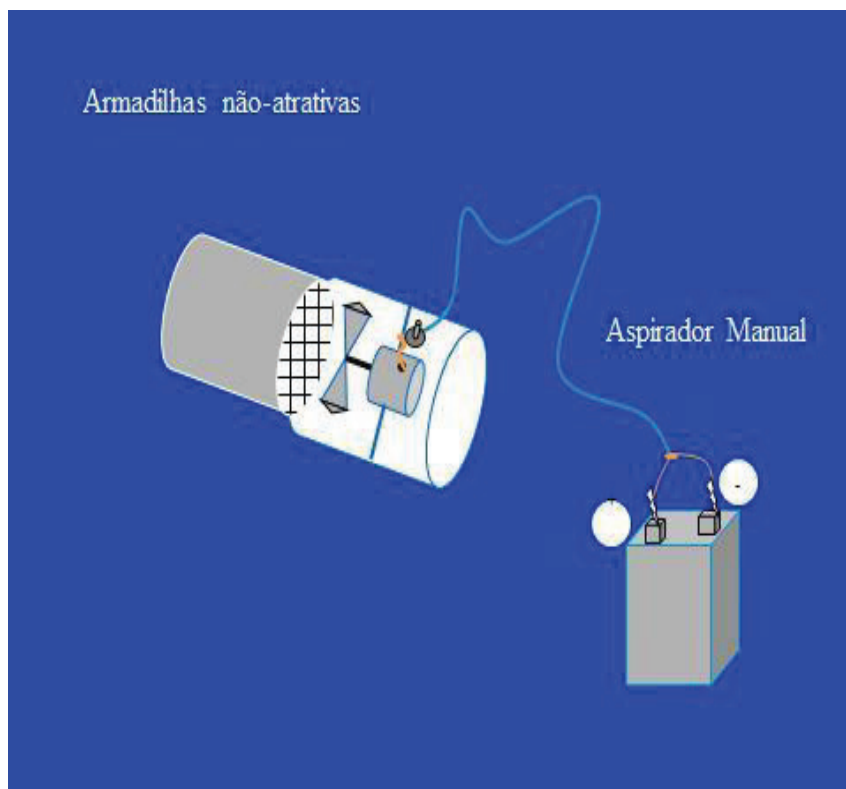
As cinco caixas foram posicionadas em pontos equidistantes, no entorno da área inundável, em lugares favoráveis ao abrigo de mosquitos. Para melhor a atratividade aos *culicídeos*, além da pintura preta interna, foi colocado no interior de cada caixa um pano úmido para simular um microclima ótimo de umidade, essencial para este tipo de inseto.



**Figura 5** – Desenho ilustrativo de uma caixa de repouso

Em cada pisciões, as cinco caixas foram instaladas uma vez por mês no período crepuscular vespertino por volta das 17 horas. As caixas foram visitadas no dia seguinte, por volta das 11h do período matutino,

quando então foram coletados os exemplares adultos com um aspirador (Figura 6) portátil (NATAL; MARUCCI, 1984). Os mosquitos mortos foram colocados em caixinhas entomológicas rotuladas e enviados para a identificação e contagem no Laboratório de Entomologia da Gerência de Controle de Zoonoses da Prefeitura Municipal de Santo André.



**Figura 6** - Desenho ilustrativo do Aspirador de Natal e Marucci  
**Fonte:** Paulo Urbinatti (2000)

Para a construção de índice para avaliar o incômodo dos pernilongos causado à população circunvizinha aos piscinões foi adotada a estratégia descrita a seguir.

Através de aplicativos de georreferenciamento a área foi delimitada dentro de um raio circular de 2000 m a partir do centro geométrico

de cada piscinão escolhido para estudo. Nos limites dessa área de cobertura foram registradas as reclamações sobre incômodo provocado pelo pernilongo comum.

Os dados climáticos foram obtidos no SEMASA e coincidem, pois, os dois piscinões estão na mesma região, inclusive a estação medidora fica dentro do piscinão Reservatório RM- 9/Faculdade de Medicina (Valparaíso) e é denominada Unidade de Transmissão Remota (UTR-78).

## **Os índices**

A partir das técnicas utilizadas no trabalho desenvolvido a campo, buscou-se construir os índices descritos a seguir:

### **Densidade de Imaturos por Litro (DIL)**

O índice Densidade de Imaturos por Litro (DIL) foi assim proposto porque há diferenças entre o tamanho de conchas entomológicas, que variavam de 150 ml a 900 ml. Em virtude disso, procurou-se um tamanho padrão de uma graduação bem frequente e que caberia em um recipiente com as características de ser de fácil transporte e que comportasse grande número de formas imaturas sem que as mesmas danificassem umas às outras por falta de espaço no recipiente.

Chegou-se à quantidade de um litro e assim que a coleção de água chegou a este nível de graduação, as formas imaturas foram contadas, independentemente do número de conchadas (procura-se seguir ao máximo o padrão do M.S. 2011) dando o resultado direto do índice. Portanto, a razão do índice é o número de larvas sobre um litro de água coletada.

### **Índice de Mosquitos Aspirados por Minuto (IMAM)**

O Índice de Mosquitos Aspirados por Minuto (IMAM) calcula-se contando os mosquitos aspirados por cinco minutos pelo aspirador de Nasci e dividindo o número achado por cinco. Deve-se lembrar de que a obtenção do IMAM se dá individualmente, ou seja, por cada aspiração. Ao fazer um IMAM geral de um local, por exemplo, de um piscinão em que foi feito cinco aspirações deve-se fazer a somatória e dividir

por<sup>25</sup>. O IMAM pode ser reclassificado, ou seja, é possível fazer um IMAM para mosquitos machos e um IMAM para fêmeas. A razão seria o número de mosquitos coletados pela quantidade de minutos dispensados em cada aspiração ou pode ser somatória de aspirações.

### **Índice de Mosquitos Aspirados por Caixa de Repouso (IMACR)**

O Índice de Mosquitos Aspirados por Caixa de Repouso (IMACR) é calculado contando os mosquitos aspirados pelo aspirador de Natal e Marucci de dentro de cada caixa de repouso individualmente e diretamente, isto é, cada caixa dará um IMACR. O IMACR assim como o IMAM pode ser subdividido em IMACR para machos e para fêmeas. A razão será número de mosquitos aspirados por caixa de repouso.

### **Índice de Reclamação Correspondente (IRC)**

O Índice de Reclamação Correspondente (IRC) consiste em obter de um banco de solicitações dos munícipes (no caso de Santo André, o software chama SIA- Sistema de Informação de Atendimento), identificar a praga-alvo e fazer um georreferenciamento, isto é, localizar espacialmente de onde vem a reclamação e no caso de pernilongos utilizou-se um aplicativo (Google Maps) relacionando o endereço do incômodo com a posição geográfica da fonte de infestação. No caso, os piscinões, considerando o raio de voo dos mosquitos até dois quilômetros (2 km). Assim, a somatória mensal destas reclamações comporá o IRC. A razão será número de reclamações até 2 km do local de estudo contabilizadas por mês.

Recomenda-se não aplicar este índice imediatamente, é conveniente esperar o resultado da vistoria gerada pela reclamação porque a mesma pode ser descartada (exemplo, descrita como pernilongo e pertencer à outra espécie) ou então até aumentar o índice (por exemplo, o viés cognitivo gerado pela mídia a respeito da dengue, quando o temor da população “transforma” tudo em mosquito da dengue, quando na realidade trata-se de *Culex*).

Os índices aqui propostos têm como objetivo serem simples, de fácil aplicação pelos órgãos controladores de pragas, vetores ou zoonoses assim como foram baseados em instrumental de fácil aquisição.



Os três índices de infestação são quantitativos, ou seja, refletem uma contagem de insetos sobre uma variável enquanto o índice de reclamações trata-se de um índice qualitativo, pois está condicionado a um juízo de valor, que é o incômodo produzido das picadas pela população e não o número de picadas contabilizadas, portanto sujeito a uma maior incidência de subjetividade.

## RESULTADOS

Os resultados das distintas coletas realizadas durante o trabalho de campo demonstraram uma quantidade maior de larvas apenas no piscinão Bom Pastor, ainda assim, só nos primeiros meses da pesquisa larvária. Na atividade de aspiração nos abrigos (vegetação), a predominância maior foi de machos sobre as fêmeas, acredita-se que tal fato se dá porque como se trata de uma área urbana, as fêmeas adentram nas casas para se alimentar, ficando nos piscinões antes de serem fecundadas, abandonando o local após a consumação do acasalamento. Porém, no piscinão do Bom Pastor que permeia residências, em alguns meses (fevereiro e maio) ocorreu o predomínio de fêmeas nos pontos de aspiração, mas por ser uma área externa também, no geral, predominaram os machos, e constatamos a prevalência de machos sobre fêmeas também nas caixas de repouso.

Estas atividades mostraram os seguintes resultados ao final do estudo: a coleta de pupas e larvas coletou 621 espécimes, a aspiração nos abrigos 1896 espécimes e a aspiração nas caixas de repouso recolheram 67 espécimes. O reservatório localizado no Bom Pastor foi superior em quantidade de amostras comparado ao do Valparaíso. De uma maneira geral, a aspiração usando como equipamento o aspirador de Nasci foi a técnica que coletou mais indivíduos, seguida da contagem de imaturos e da técnica de caixas de repouso.

Quanto à análise dos índices verificamos que o IRC não mantém uma relação direta com o DIL, afinal quem causa o incômodo são as formas adultas, porém o IRC apresenta um acréscimo acompanhando os maiores valores numéricos apontados pelos índices IMAM e IMACR, porém somente no mês subsequente, o que é explicável pelo lapso de tempo da percepção do incômodo e a comunicação da reclamação.

Como complementos do estudo foram obtidos dados climáticos medidos na área e período do experimento, pois tais informações auxiliam na interpretação dos achados entomológicos.

Pelas informações recolhidas da UTR 78 (Unidade de Transmissão Remota) que cobre a região dos dois reservatórios, agosto foi o mês mais frio enquanto janeiro foi o mês mais quente e quanto à precipitação outubro foi o mês que menos choveu enquanto fevereiro foi o mês que choveu mais.

Para discutir o que se considera o que é controle, é imprescindível observar fatores que interferem na proliferação dos mosquitos, as chamadas variáveis que podem ser muitas, mas que podem ser agrupadas nas naturais, que estão a cargo da natureza e as antrópicas que são provocadas pela ação humana. Foram avaliadas a precipitação, a umidade do ar, a temperatura ambiente como variáveis naturais e no caso da precipitação, ela agiu como fator positivo para as larvas de mosquito no piscinão do Bom Pastor, que devido ao seu piso e características não oferece um bom escoadouro de água formando poças delimitadas, e foi um fator negativo no piscinão do Valparaíso.

De acordo com Forattini (2002), a água deve ser escoada num período de 24 horas para não ocorrer formação de larvas, uma vez que a fêmea de *Culex* deposita seus ovos diretamente na água. O escoamento ocorre no piscinão do Valparaíso, porém não no piscinão do Bom Pastor.

As atividades antrópicas, que também são muitas, mas escolhemos três como mais influentes: limpeza mecânica, capinação e a aplicação de inseticidas e larvicidas.

A limpeza mecânica com tratores, caminhões e *topcats* realizada por empresas terceirizadas por si só ao remover a lama e o lodo provoca uma grande mortandade de larvas.

A capinação retira os abrigos naturais dos mosquitos adultos o que fez com que apenas as duas ações mantivessem a população de mosquitos em níveis relativamente baixos.

Nos meses em que houve a limpeza mecânica, verificou-se um aumento no índice das caixas de repouso (IMACR) encostando com o IMAM, que é o índice de mosquitos aspirados da vegetação, muito provavelmente por causa da agitação e levantamento de poeira, afinal não

tinha o mato e a lama para segurar o pó, e os mosquitos procuraram abrigo nas caixas de repouso.

Já a aplicação de larvicida em novembro de 2014 quando foi utilizado o *Bacillus sphaericus* parece que foi crucial para o desaparecimento das formas imaturas até maio de 2015.

Depois de considerar as variáveis, para fazer esta análise foram aplicados os índices propostos onde utilizamos a mediana.

Procedeu-se a análise individual e em conjunto dos dois reservatórios. É importante esta análise em conjunto porque o gestor público tem que lidar com a escassez de recursos tanto humanos como materiais, e é uma prática comum agrupar estabelecimentos comuns e escolher um período para dar atenção àquele tipo de estabelecimento como, por exemplo, um cronograma de desinsetização em estabelecimentos escolares, de saúde, etc. todos na mesma época.

Ao verificar o valor da mediana os meses apontados pela DIL para fazer alguma intervenção seriam, para os dois piscinões, os meses do segundo semestre anual.

Como o tratamento de eleição para controle é o larvário estes são os meses adequados para combate ao pernilongo comum. Na atividade de coleta de imaturos o número geral de larvas foi maior que o número de pupas.

Caso o gestor opte por fazer um “fog” nas imediações dos piscinões, que seria uma medida mais extrema para controle dos adultos, os meses mais indicados, segundo o IMAM, seria agosto, outubro, novembro, dezembro e fevereiro. Se for seguir o IMACR daria valores diferentes, muito em decorrência das atividades antrópicas praticadas nos reservatórios e os meses seriam outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, ou seja, os meses mais quentes, e denota que os mosquitos procuram a caixa de repouso por causa do calor.

Na questão da confiabilidade, a DIL (Densidade de Imaturos por Litro) aqui proposta é mais confiável até que o índice proposto pelo Ministério da Saúde (2011) que é a DLP, porque esta usa a razão de número de larvas por amostra ou “conchada”. Esta conchada compreende a capacidade da concha entomológica que se subentende que seja 350 ml, porém no mercado há conchas que variam de 150 a 900 ml enquanto que a DIL o denominador será 1 litro que é a medida de volume mais comum mundialmente.

No caso do controle de insetos voadores, a preferência e adequação se dão melhor pelo controle larvário quando é muito mais fácil o princípio ativo das formulações virem a atingir a espécie-alvo. Dias (2000) ao traçar um panorama geral do controle de endemias coloca em dúvida a técnica da termonebulização (“fog” ou “fumacê”), atribuindo assim um efeito mais de pirotecnia e espetáculo do que eficácia a esta prática.

Foram analisadas as variáveis naturais como precipitação diária, temperatura média ambiente e umidade relativa do ar junto ao SEMASA e antrópicas como limpeza mecânica, capinação, aplicação de larvicida e adulticida junto ao DAEE, SEMASA e GCZ e foi verificado que a DIL é o índice que mais é alterado com as variáveis antrópicas, fato mencionado por Forattini (2002) ao mencionar o carreamento de imaturos pela enxurrada.

O IMACR, relativo às caixas de repouso, apresenta maiores dificuldades de operacionalização e números muito baixos, representando somente 3,53% do universo amostral se comparado ao IMAM e 2,59% do universo amostral geral realizado. As caixas de repouso tiveram sua maior positividade no mês de janeiro no Reservatório do Valparaíso e no mês de dezembro no Bom Pastor.

## DISCUSSÃO

Sandhu et al. (2013) testaram o método das caixas de repouso no Condado de Riverside na Califórnia, Estados Unidos, com resultados bem diversos deste trabalho, mas cabe aqui ressaltar as diferenças metodológicas e as características locais.

Este estudo foi feito numa área urbana e a fonte de alimento das fêmeas está num ambiente interno, ou seja, para chegar a um resultado um pouco mais similar teria que se instalar a caixa de repouso dentro dos domicílios enquanto na Califórnia foi feito numa área rural onde as fontes de alimentos, que são os animais, estão numa área externa.

Nesta pesquisa, os índices de incômodo da população em relação à picada de mosquitos, foram obtidos e validados, porém se faz necessário um ajuste no raio das reclamações pontualmente referentes ao Valparaíso porque provavelmente o epicentro das reclamações não seja o piscinão referido, devido aos resultados das amostras encontrados.

Stephens et al. (1995) em estudo realizado na Tanzânia verificaram que a população de vilarejos é mais cética e desconfiada às autoridades sanitárias quando sofrem em seus lares picadas e incômodos relativos ao *Culex quinquefasciatus*, não fazendo distinção entre o vetor da malária e o fator de incômodo.

Estes índices foram úteis para determinar a melhor época de controle do *Culex quinquefasciatus* em Santo André, porém esse dado é específico e variará de acordo com a região devido a características geográficas e fatores ligados à Gestão Pública.

## CONCLUSÃO

Os piscinões estudados mostraram-se como criadouros bem controlados pela ação humana, mas que é sempre necessária a atenção para sua manutenção porque o incômodo causado por esta praga urbana é real.

Avaliando cada município em relação a esses valores, é possível estabelecer um *ranking* de prioridades de investimentos.

Este ranking ou gradiente é estabelecido da seguinte forma e as medidas pertinentes estão relacionadas conforme a situação:

**Cor verde claro** - Situação controlada, pouco preocupante, medidas educativas e/ou orientação são suficientes.

**Cor amarela** - Situação de atenção, medidas de controle mecânico ou físico são suficientes.

**Cor laranja** - Situação crítica, medidas de controle químico ou biológico. Requer intervenção, porém são as rotineiras.

**Cor vermelha** - Situação alarmante, requer deslocamento de equipe de controladores operacionais especificamente para o problema, além de mobilização do gestor para envolvimento de outros órgãos ou empresas.

Os Quadros 1, 2, 3 e 4 versam sobre os gradientes cujos valores devem ser considerados para fins de decisões a serem tomadas pelo gestor.

Recomenda-se a confecção de planilhas de registro de dados para acompanhamento de todos os índices aqui propostos.

**Quadro 1** - Valores dos gradientes a serem considerados em relação ao Índice de Imaturos por Litro - DIL

Gradiente	DIL
Sob Controle	Até 3,0
Atenção	4,0 a 50,0
Crítico	51,0 a 499,0
Alarmante	≥ 500,0

**Quadro 2** - Valores dos gradientes a serem considerados em relação ao Índice de Mosquitos Aspirados por Minuto - IMAM.

Gradiente	IMAM
Sob Controle	Até 1,4
Atenção	1,41 a 4,0
Crítico	4,01 a 149,0
Alarmante	≥ 150,0

**Quadro 3** - Valores dos gradientes a serem considerados em relação ao Índice de Mosquitos Aspirados das Caixas de Repouso - IMACR.

Gradiente	IMACR
Sob Controle	Até 0,4
Atenção	0,41 a 10,0
Crítico	10,01 a 29,9
Alarmante	≥ 30,0

**Quadro 4** - Valores dos gradientes a serem considerados em relação ao Índice de Reclamações Correspondentes – IRC.

<b>Gradiente</b>	<b>IRC</b>
<b>Sob Controle</b>	<b>Até 1,0</b>
<b>Atenção</b>	<b>1,1 a 2,0</b>
<b>Crítico</b>	<b>2,01 a 49,9</b>
<b>Alarmante</b>	<b>≥ 50,0</b>

No período do trabalho de campo verificou-se que o DIL se manteve sob controle no piscinão Valparaíso e no piscinão do Bom Pastor ficou crítico em agosto e em estado de atenção em setembro e outubro, ficando sob controle nos demais meses após a aplicação de larvicida em novembro. O IMAM ficou sob controle no piscinão Valparaíso com exceção de novembro (estado de atenção) e no piscinão Bom Pastor em estado considerado crítico em outubro, novembro e dezembro e em estado de atenção nos demais meses, com exceção de maio que ficou sob controle. Pela avaliação proposta o IMACR ficou em estado de atenção em setembro, outubro e janeiro no piscinão do Valparaíso justamente os meses em que ocorreu limpeza mecânica denotando que os mosquitos procuram o refúgio nas caixas de repouso quando ocorrem estas ações. Nos demais meses o quadro de infestação por este índice manteve-se sob controle. Já no piscinão Bom Pastor ficou em estado de atenção nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro ficando sob controle nos demais meses. Quanto ao IRC o piscinão do Valparaíso ficou sob controle em agosto, outubro, novembro, abril e maio, em estado de atenção em setembro e dezembro e crítico em janeiro, fevereiro e março. No piscinão do Bom Pastor ficou crítico em outubro, novembro e janeiro e sob controle nos demais meses. Normalmente este índice revela-se mais tardio em relação aos demais devido à percepção do incômodo pela população.

Estes índices servem como parâmetro inicial, não se encerrando em si, ficando à mercê de ajustes que se fizerem necessários.



## REFERÊNCIAS

- ACHA, P. N.; SZYFRES, B. *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y los animales*. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1989, 989 p.
- BARATA, E. A. M. F. et al. População de *Aedes aegypti* em área endêmica de dengue, sudeste do Brasil. *Revista Saúde Pública*, v. 35, n. 3, p. 237-242, 2001.
- BELLEN, H. M. V. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 256 p.
- BESEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA, P. (Ed.) *Meio ambiente e Saúde: desafio das metrópoles*. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2010. p. 106-123.
- BRACCO, J. E. *Avaliação da resistência a inseticidas a população de Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae) do Rio Pinheiros (São Paulo, Brasil)*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- BURKOT, T. R. et al. Barrier screens: a method to sample blood-fed and host-seeking exophilic mosquitoes. *Malaria Journal*. v. 12, n. 49, 2013.
- CEZARE, J. P. et al. Avaliação da política ambiental e sustentabilidade: estudo de caso do município de Santo André - SP. *Engenharia Sanitária Ambiental*. Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, out/dez 2007, p. 417-425.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. de. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994, 228 p.
- DIAS, J. C. P. Participação, descentralização e controle de endemias no Brasil. In: BARATA, R. B.; BRICEÑO-LEON, R. (Eds.) *Doenças endêmicas: abordagens sociais, culturais e comportamentais*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000, 376 p.
- FOFANA, D. et al. Specific diversity and culicidian nuisance in the villages of N'gatty and Allaba in laguna area of Ivory Coast. *Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, v. 103, n. 5, p. 333-339, Dec. 2010.

FORATTINI, O. P. *Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia*. v. 2. São Paulo: Edusp, 2002.

FORATTINI, O. P. *Entomologia médica*. v. 1. São Paulo: Edusp, 1962.

FREITAS, C. M.; GIATTI, L. L. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 1251-1266, jun. 2009.

GIROLDO, J. *Reservatórios de contenção de cheias existentes na RMSP: contribuição para análise de projeto, operação e manutenção*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

JACOBI, P. R. São Paulo, metrópole insustentável - como superar esta realidade? *Cadernos Metropolitanos*. São Paulo, v. 13, n. 29, p. 219-239, jan/jun. 2013.

KARCH, S. et al. The culicidian fauna and its nuisance in Kinshasa (Zaire). *Le Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, v. 86, n. 1, p. 68-75, 1993.

KIRBY, M. J. et al. Risk factors for house-entry by culicine mosquitoes in a rural town and satellite villages in The Gambia. *Parasit Vectors*, v. 1, n. 41, p. 1-7, Oct. 2008.

KLUCK, M. et al. Gestão da qualidade assistencial do Hospital das Clínicas de Porto Alegre: Implementação e validação de indicadores. *Revista de Administração em Saúde*, São Paulo, v. 4, n. 16, p. 27-32, jul./set., 2002.

KWEKA; E. J. et al. A resting box for outdoor sampling of adult *Anopheles arabiensis* in rice irrigations schemes of lower Moshi, northern Tanzania. *Malaria Journal*, v. 8, n. 82, p. 1-6, Apr. 2009.

MARICATO, E. et al. Crise urbana, produção do habitat e doença. In: SALDIVA, P. (Ed.) *Meio ambiente e saúde: desafio das metrópoles*. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2010, p. 46-65.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Diagnóstico Rápido dos Municípios para Vigilância Entomológica do Aedes aegypti no Brasil*. Metodologia para Avaliação dos índices de Breteau e Predial. Manual do Ministério da Saúde. Brasília, 2005, 62 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica. *Guia de vigilância e manejo do Culex quinquefasciatus*. Brasília, 2011, 71 p.

MONTES, J. Culicidae fauna of Serra da Cantareira, São Paulo, Brazil. *Revista de Saúde Pública*. v. 39, n. 4, p. 578-584, 2005.

MORAIS, S. A. de. *Aspectos da infestação de Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae) no Rio Pinheiros, São Paulo (São Paulo, Brasil) e considerações sobre as aplicações de controle da população*. 2005. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NASCI, R. S. A light weight battery powered aspirator for collecting resting mosquitoes in the field. *Mosquito News*, v. 41, p. 808-811, 1981.

NATAL, D. *Importância epidemiológica de Culex do subgênero Melanocnion (Diptera: Culicidae)*. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

NATAL, D.; MARUCCI, D. Aparelho de sucção tipo aspirador para captura de mosquitos. *Revista Saúde Pública*, v. 18, p. 418-420, 1984.

NOBRE, C. A. et al. Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas. Região Metropolitana de São Paulo – Sumário executivo, São Paulo INPE/Unicamp/USP/IPT/UNESP, Rio Claro, 2010, 186 p.

PHILIPPI JR., A; MALHEIROS, T. F., (Eds.). *Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2012, 743 p.

PMSA – PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANDRÉ, 2013. Disponível em: [www.santoandre.sp.gov.br/index.php/noticias](http://www.santoandre.sp.gov.br/index.php/noticias). Acesso em: 14 dez. 2013.

RUTKOWSKI, E. et al. As águas metropolitanizadas do Alto Tietê. In SALDIVA; P. et al. (Eds.) *Meio Ambiente e Saúde: o desafio das metrópoles*. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2010, p. 88-105.

SANDHU, T. S. et al. Population dynamics of blood-fed female mosquitoes and comparative efficacy of resting boxes in collecting them

from northwestern part of Riverside County, California. *Journal Global Infectious Diseases*, v. 5, p. 15-18, 2013.

SILVÉRIO, E. C. *Estudo da fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) em reservatórios de contenção de cheias em área metropolitana da cidade de São Paulo, SP*. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

STEPHENS, C. et al. Knowledge of mosquitoes in relation to public and domestic control activities in the cities of Dar es Salaam and Tanga. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 73, n. 1, p. 97-104, 1995.

TAUIL, P. L. *Perspectivas de controle de doenças transmitidas por vetores no Brasil*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. v. 39, n. 3, p. 275-277, maio/jun., 2006.

URBINATTI, P. R. *Imaturos de mosquitos (Diptera, Culicidae): caracterização de criadouros - Parque Ecológico do Tietê, Guarulhos, SP, Brasil*. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

VAN DEN BIJLLAARDT, R. et al. The suitability of clay pots for indoor sampling mosquitoes in an arid area in northern Tanzania. *Acta Tropica*. v. 111, n. 2, p. 197-199, Aug. 2009.

VITOR NETO, J. B. *Revisão dos métodos de controle e dos mecanismos de resistência do Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae)*. Dissertação. (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance*. Division of Control of Tropical Diseases/ WHO Pesticides Evaluation Scheme. Geneva, 1997. 108 p.



# Parte III

**Interações entre  
ambiente, sociedade  
e saúde**

# 9 Tragédia na Boate Kiss: a dimensão química do ocorrido tem origens em dinâmicas sociais

Marcelo Loutfi  
Ildeberto Muniz de Almeida

## INTRODUÇÃO

Desde a década de 1980 interessados na análise e prevenção de acidentes acompanham significativas mudanças em conceitos e formas de entendimento adotado para compreender eventos acidentários (REASON, 1990).

Tais mudanças se refletem em novas práticas de condução de análises, de interpretação de achados e de elaboração de sugestões de caminhos para a prevenção (DEKKER, 2006; HOPKINS, 2000; LEVE-SON, 2004; LLORY, 1999; PERROW, 1999; RASSMUSSEN, 1997; RASSMUSSEN; SVEDUNG, 2000; REASON, 1990).

O surgimento desses novos olhares veio na esteira de estudos sobre desastres ocorridos em sistemas sócio técnicos complexos, mas também, em outros acidentes em que a incorporação de tecnologias informatizadas e automáticas foi mais evidente como, por exemplo, na saúde, na aviação, em indústrias químicas e nucleares.

No bojo desses estudos, os acidentes passam a ser compreendidos como eventos com história pretérita, com potencial para desencadear consequências tardias. Que podem e vão muito além dos impactos imediatos mais visíveis.



A análise de acidente visto como fenômeno psico-organizacional ou sistêmico passa a exigir, de um lado, a exploração de causas, de origens em profundidade do ocorrido. Em contraposição aos modelos lineares de causas e consequências surgem modelos de causalidade complexa, de redes de aspectos com múltiplas interações e múltiplos atores. As representações passam a mostrar, entre outras, contribuições de decisões gerenciais estratégicas relacionadas a escolhas de tecnologias, políticas de recursos humanos, manutenção, comunicação, gestão de segurança, projetos e obras. De outro lado, consolida-se compreensão de que a história do acidente não se encerra no evento em si e que sua análise deve se estender para além das consequências imediatas não se restringindo aos impactos imediatos à saúde.

Freitas et al. (1995) fazem coro com essa opinião:

Considera-se, portanto, acidentes químicos ampliados os eventos agudos, tais como explosões, incêndios e emissões, individualmente ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos. O que caracteriza os acidentes químicos ampliados não é somente sua capacidade de causar grande número de óbitos, embora sejam frequentemente conhecidos exatamente por isto. É também o potencial da gravidade e extensão dos seus efeitos ultrapassarem os seus limites espaciais - de bairros, cidades e países - e temporais - como a teratogênese, carcinogênese, mutagênese e danos a órgãos alvos específicos (FREITAS et al., 1995, p. 505).

Esse texto revê, a luz desses conhecimentos, o desastre que a mídia apresentou como incêndio, ocorrido em janeiro de 2013 na Boate Kiss, casa de shows no município de Santa Maria, RS, Brasil. Na ocasião morreram 242 pessoas e mais de 600 ficaram feridas sendo a quase totalidade dos casos em decorrência de intoxicação por produtos provenientes da queima de poliuretano (PU) sem tratamento antichama usados para controlar ruídos na edificação. Portanto, não é por acaso que este trabalho destaca a dimensão de acidente químico na tragédia de Santa Maria. Essa, aliás, foi a informação inicial passada aos serviços de saúde que direcionaram os preparativos para cuidado a queimados.

Esta mesma ideia equivocada de que ocorrera um incêndio, também influenciou análises do evento que chegaram a focar em aspectos de como estava estruturada e funcionava a prevenção de incêndios na

boate. De acordo com Trivelato (2013), o que aconteceu foi um acidente químico. Ao destacar esse aspecto procura-se alertar não apenas para o eventual atraso na identificação do que realmente aconteceu e para eventuais implicações na adequada resposta de emergência a situações assemelhadas, mas também, para a importância de que sejam valorizados aspectos particulares da história do evento.

A tragédia remonta a fatores que vão além da queima de espuma de PU gerando atmosfera tóxica e fatal no interior da boate. Pretende-se assim estimular que caminhos da prevenção de situações análogas se beneficiem da exploração de aspectos não técnicos do ocorrido.

Este estudo visa chamar a atenção para o fato de que abordar a tragédia de Santa Maria como um incêndio oculta aspectos da realidade de modo que pode ter consequências deletérias para o campo da prevenção.

A primeira delas é o não reconhecimento da ocorrência de acidente químico de grandes proporções em área urbana e em ambiente de diversão. Formou-se, uma verdadeira câmara de gás no centro de uma cidade.

Também assumiria características negativas para a prevenção a abordagem desse tipo de evento que se centrasse apenas em aspectos técnicos do evento final, a saber, a queima da espuma de PU, desconsiderando aspectos associados à construção social do cenário que acabou se desenhando na Boate Kiss. Como se discutirá adiante a formação da atmosfera tóxica que matou a maioria das vítimas tem origens nas histórias da boate, dos órgãos licenciadores do funcionamento de casas de diversão, assim como, dos reguladores de prevenção de incêndios e tragédias ou ainda na história do funcionamento da banda e do comércio de produtos inflamáveis. Aqui, trata-se da importância da visibilidade desses aspectos para o desenho de políticas de prevenção de tragédias assemelhadas no país.

Observou-se que este estudo foi pensado quando primeiros relatórios de análises do ocorrido já estavam sendo divulgados. Naquele período a literatura dedicada ao tema dos desastres e acidentes já defendia abordagens desses eventos como fenômenos organizacionais e sistêmicos. Ou seja, criticavam explicações baseadas em falhas de componentes ou de partes do sistema.

Por componentes ou partes do sistema quer dizer que a visão sistêmica não se esgota, por exemplo, em atitudes das pessoas como o uso de material pirotécnico durante o show, nem em causas técnicas como o confinamento do ambiente, ou ainda, apenas em aspectos organizacionais como a gestão da boate ou da administração pública municipal para, além disso, vislumbrar aspectos das relações entre estes fatores.

As novas abordagens descrevem desastres como eventos com história que associa contribuições de aspectos proximais e distais ou latentes, incubados no sistema em questão. Será que esse novo olhar se reflete nos relatórios oficiais?

Nesse passo, a ferramenta mapas verticais de análise (*accimaps*) (RASMUSSEN, 1997), foi usada para revelar aspectos sistêmicos e até que ponto sua utilização seria possível com as fontes de informações disponíveis publicamente e, se esse uso permitiria revelar aspectos das origens da tragédia não considerados até então. Trata-se de reanálise baseada preliminarmente em informações disponíveis em relatório de análise do evento, a exemplo do que já foi feito em desastre anterior (JOHNSON; ALMEIDA, 2008). Ou seja, discutir até que ponto com a ajuda dos mapas verticais as informações disponíveis permitiriam compreender o desastre como processo com dimensões técnica e social, com origens que remontam a decisões enraizadas na história e funcionamento de múltiplos atores envolvidos na atividade municipal, estadual ou federal, com consequências que se prolongam no tempo e exigem abordagem específica para a sua adequada identificação.

A literatura recente de desastres e de acidentes afirma que o estudo em profundidade da tragédia de Santa Maria pode revelar esses aspectos. Alerta também para o fato de que as escolhas teórico-metodológicas das diferentes equipes de análise poderiam explicar, em grande parte, os achados e aparentes incongruências entre os relatórios divulgados.

As principais fontes consultadas nesta pesquisa foram os relatórios elaborados pelo Conselho Regional de Engenharia do RS (CREA-RS), pela Comissão Parlamentar de Inquérito da Câmara Municipal de Santa Maria e por integrantes da Assembleia Legislativa do RS. Além disso, foi organizado um banco de publicações sobre o caso, incluindo cópia do inquérito policial, reportagens de jornais, revistas, entrevistas

de especialistas, registros de informações divulgadas em palestras, dentre outros documentos.

O processo de análise de acidente como apresentado pode ensinar a formulação de questões que persistam sem resposta à luz das informações que foram acessadas. Em condições ideais essas dúvidas deveriam ensinar novas buscas de informações e até caminhos para a análise. Neste caso, não houve acesso a interlocutores e o processo foi interrompido com o registro desses pontos de parada que deveriam ter recebido exploração complementar.

A técnica dos *accimaps* está descrita em detalhes na literatura (RASMUSSEN, 1997; RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000). Nela, as organizações envolvidas são abordadas como sistemas estruturados em níveis hierárquicos distintos (de operadores de chão de fábrica à alta gerência) e em que os segmentos situados acima devem organizar o controle dos demais. No modelo, instituições públicas, organismos de governo com responsabilidade de fiscalização e controle são representados como hierarquicamente acima dos níveis internos da empresa.

Trata-se de elaborar esquemas, ou mapas, que representam os atores envolvidos em cada nível assim como os elementos das diferentes alças de controle entre esses componentes. Ou seja, as barreiras legalmente prescritas para o sistema e outras que a evolução do conhecimento permita recomendar.

No mapa do evento, o nível hierárquico inferior inclui representação dos fatos ocorridos no interior da boate e na assistência e acompanhamento posterior. Os níveis superiores mostram as relações entre atores seja em conformidade com prescrições legais seja com aspectos do realmente ocorrido e ou visto como fator relevante<sup>1</sup>, entre os níveis sociais. Os componentes assim identificados permitem elaborar mapa de atores com todos os envolvidos, ou seja, a boate, a banda, a prefeitura o corpo de bombeiros, empresas de engenharia encarregadas de projetos e obras de adequação das instalações, empresas que atuam no comércio de pirotécnicos entre outros.

Desse modo, é possível trazer para o debate da prevenção e da aprendizagem necessária com o evento o produto de um novo olhar. A

---

<sup>1</sup> Pinçar o que é ou não relevante não é tarefa trivial. Rasmussen (1997) indica que para a elaboração do mapa basta a plausibilidade, ou seja, fatores que não necessitam de uma explicação detalhada sobre sua interligação.

técnica dos *accimaps* ajuda a colocar nesta discussão também o papel desempenhado no caso pelas barreiras (de prevenção, de monitoramento e de proteção), existentes ou não, atuantes ou não, na cidade de Santa Maria.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A escolha da técnica de mapas verticais como ferramenta de reanálise do desastre de Santa Maria embute opções teóricas metodológicas já citadas. A principal delas refere-se à concepção de acidente ou evento que passa a ser entendido como resultado de rede de inter-relações entre múltiplos atores internos e externos ao sistema ou organização diretamente atingido, envolvendo aspectos sócio técnicos a serem necessariamente explorados em suas dimensões micro, meso e macro. Na literatura, escolhas assemelhadas sobretudo em caminhos adotados por múltiplos autores (LEVESON 2004; LE COZE, 2016; RASSMUSSEN, 1997; RASSMUSSEN; SVEDUNG 2000).

A abordagem de acidentes sistêmicos aponta a necessidade de que sejam compreendidos e enfrentados na perspectiva de gerenciamento de riscos em sociedades dinâmicas.

A preservação da vida e em especial da vida em sociedade a cada dia se torna desafio maior dado à estrondosa escala industrial e informacional, resultando em desenfreada exploração dos recursos naturais e a velocidade exponencial das mudanças tecnológicas que obscurecem a compreensão do mundo que nos cerca dada a velocidade dos fatos.

O ambiente empresarial é cada vez mais agressivo com forte pressão por ganhos financeiros, onde o poder econômico impera sobre os aspectos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana.

Certamente a modelagem de riscos é dinâmica em tais ambientes, de alta pressão e velocidade crescente, encontra eco na contribuição dos modelos dinâmicos tal qual pensado por Rasmussen (1997) e retomado por autores como Salmon et al. (2012), Waterson e Jenkins (2011), Johnson e Almeida (2008) e Hopkins (2000).

O desenho de seis níveis de Rasmussen (1997) é útil para a compreensão de como são formadas as pressões para a migração do sistema para um desastre ou acidente.

A Figura 1 mostra os componentes envolvidos na gestão em cada camada. A importância da hierarquia é que a mesma “foca nas pressões sócio técnicas criadas pelo sistema como pré-condições para a ocorrência da adversidade” (JOHNSON; ALMEIDA, 2008, p. 39).

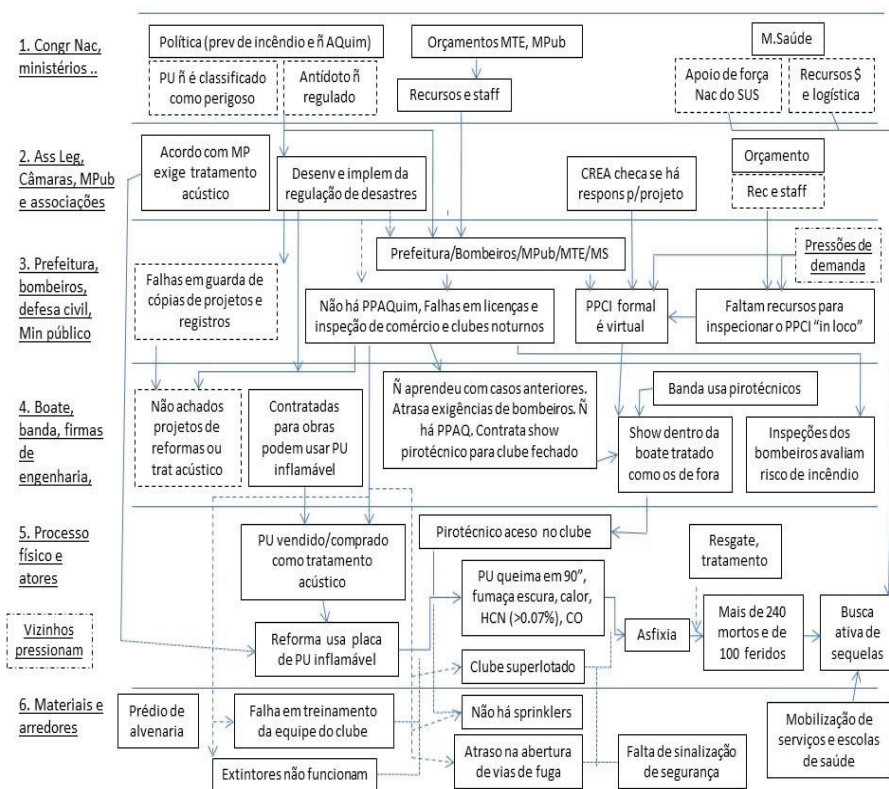


Figura 1 – AcciMaps de eventos, Boate Kiss, Santa Maria – RS

As camadas inferiores são influenciadas por decisões tomadas nas camadas superiores que podem disparar mudanças que se propagam atingindo o nível mais abaixo, alterando ou mesmo provocando processos perigosos. Os riscos precursores de uma dada situação podem estar disseminados ao longo das camadas decisórias e não apenas circunscritos a um ator único. Esta situação se deve em parte às pressões

de políticas públicas, de cima para baixo e das mudanças tecnológicas de baixo para cima. Consequentemente os diversos níveis não devem ser estudados de forma estanque.

A abordagem usual por decomposição e exploração circunscrita de cada nível ou camada implica em desconsiderar resultados das interações entre os diversos níveis. Tais influências devem ser levadas em conta inclusive no julgamento dos comportamentos em situação de trabalho real (RASMUSSEN; SVEDUNG, 2000).

Outro aspecto destacado nesse modelo é o desequilíbrio na relação entre a produção de riscos e o desenvolvimento de meios e instrumentos para sua regulação. Em sociedades marcadas pela velocidade da evolução de novas tecnologias e mudanças organizacionais o controle de perigos e riscos que vão sendo criados fica para trás. Equilibrar esse jogo torna-se desafio daqueles interessados na prevenção.

Através do modelo avançou-se na compreensão e entendimento das mais diversas condições ambientais, em especial no ambiente das tarefas e suas influências.

A Figura 1 não é uma representação estática, mas sim uma visualização do contexto do qual emergiu o acidente. Mesmo fixado de modo gráfico, o mapa nos encoraja a visualizar relações e influências e não apenas fatos ocorridos. Nele o fator tempo não existe, é abstraído para melhor compreensão.

Nesse sentido, dialogando com a perspectiva a seguir:

Pode-se construir um modelo geral abstrato dos acidentes? Se isso ocorresse, seria possível melhorar muito nossa capacidade de prever os acidentes. As análises feitas vão ao encontro desta esperança. Não apenas se deve admitir que todas as informações interessantes não estão contidas no desenrolar do acidente, e que é necessário retornar a muito antes dele para explicá-lo e interpretá-lo, mas vimos que também é necessário dispor de informações sobre o trabalho habitual, o trabalho cotidiano. Além disso, a pesquisa das causas profundas, das causas secundárias, dos antecedentes distantes do acidente é problemática em si mesma. As causas são incertas, os fatores de influência discutíveis. Precisamos aceitar essa parte *enigmática* do acidente, (...) (LLORY, 1999, p. 294).

Dois desdobramentos que podem ser antecipados nesse tipo de reanálise se destacam. O primeiro, dificilmente investigações anteriores



foram apoiadas em referenciais que considerem a amplitude de perímetro do sistema atingido que essa opção metodológica define *a priori* como devendo ser explorada. Embora nenhuma técnica de análise explicita regra de parada a ser adotada durante a busca de origens em profundidade ou da exploração de *causas das causas* do ocorrido, na prática as interrupções adotadas tendem a ocorrer precocemente e, no pior dos cenários, nas proximidades do desfecho sem atingir as chamadas condições latentes. Origens micro e macro do evento tenderiam a não se beneficiar dos aportes recentes da literatura específica.

Essa situação já foi apontada:

Ao lado de vantagens e importância de investigações de acidentes na literatura, vários autores apontam a existência de falhas nessas práticas. Destacam-se críticas à ineficácia dos métodos de análise e de prevenção, assim como indicações de que grande parte das investigações fica incompleta, deixa 'zonas de sombras' e resulta em atribuição de culpa ao próprio acidentado (Hale e Hale 1972; Wigglesworth 1978, Leplat e Cuny 1979; Booth 1981; Saas e Cook 1981; Dwyer 1984, 1991; Allegrante e Sloan 1986; Dwyer e Raftery 1991; Almeida 1996). Para estes autores, a correção dos problemas citados pode ocorrer pela utilização adequada de métodos de investigação que considerem a empresa como sistema sócio-técnico aberto e que valorizem reconstrução sistematizada do evento, inclusive o resgate de percepções do(s) acidentados e de seus colegas de trabalho (ALMEIDA, 2001, p. 2).

Um segundo desdobramento refere-se a dificuldades práticas e operacionais associadas à opção teórica acima destacada. Analisar evento com essas ferramentas não só consome muito mais tempo que as práticas usuais como exige cooperação de esferas gerenciais estratégicas e tomadores de decisões que raramente são convocados a cooperar nesse tipo de ação. É esperado, portanto, que esse tipo de proposta venha a enfrentar resistências de gerências que ao invés de nela enxergarem o esforço visando ao aperfeiçoamento do sistema se sintam ameaçadas ou questionadas em suas decisões e, principalmente, de influências provenientes da esfera jurídica que tradicionalmente estimulava a adoção de práticas de atribuição de culpa às vítimas como estratégia de defesa da empresa contra eventuais responsabilizações em esferas civil, penal, ambiental e outras.



Explicações simplistas tendem a encerrar precocemente a história do acidente atribuindo o ocorrido aos últimos dos múltiplos fatores identificados na rede de aspectos cuja interação ajuda a entender o acontecido. Em tragédias, como a de Santa Maria, essa abordagem tende a restringir o leque de possíveis causas selecionando-as entre as mais envolvidas em decisões relacionadas aos eventos finais do acidente.

A recorrência de acidentes com aspectos de similaridade já registrada foi apontada como indício de oportunidade de aprendizagem perdida por parte de uma organização. Aviso que teria sido não captado ou mal interpretado.

No caso das casas noturnas há registros de série de desastres, com destaque para o que atingiu a The Station, em Rhode Island em 20 de fevereiro de 2003, matando 100 pessoas e deixando 200 feridos (NIST, 2005) e que também envolveu o uso de material pirotécnico e a queima de espuma de PU ensejando a propagação de gases tóxicos. Diferentemente de Santa Maria, as facilidades encontradas com saídas de emergência contribuíram para que o número de vítimas fosse menor.

Em outro acidente, no Boliche Republica Cromagnon, em Buenos Aires, na Argentina, em 12 de abril de 2004, morreram 194 pessoas depois que o fogo atingiu o material de acabamento do teto, liberando fumaça tóxica num ambiente cujas saídas de emergência estavam bloqueadas (SEITO et al., 2008).

No Brasil, no ano de 2001, em Belo Horizonte, na casa de shows Canecão Mineiro morreram sete pessoas. Para anunciar a entrada de uma banda, um funcionário da casa acendeu um artefato pirotécnico conhecido pelo nome comercial de chuva-de-prata. O calor foi suficiente para a ignição de isopor e plásticos decorativos, promovendo a destruição quase completa do local.

Esses antecedentes são registrados para enfatizar que o risco de ocorrências assemelhadas poderia ter sido reconhecido e abordado pela gestão da casa de shows, por organismos responsáveis pelo licenciamento desse tipo de atividade, por partes daqueles encarregados da prevenção de desastres e ainda por outros interessados no tema. O conhecimento de eventos como os citados influencia na atuação de bombeiros em países europeus que ao se deslocarem para cenários similares sabem com antecedência que a situação mais provável que terão pela frente é a de um acidente químico, e não incêndio.

Provavelmente caso as ocorrências citadas tivessem ensejado aprendizagem por parte das organizações encarregadas da gestão de segurança no sistema em questão, a análise preliminar de riscos teria identificado o perigo intoxicação química adotando providências visando a instalação e funcionamento adequado de barreiras de prevenção, de monitoramento e de proteção ou mitigação de impactos.

Desse modo, os relatórios de investigações de acidentes conduzidos a *posteriori* teriam procurado normas não atendidas ou não conformidades com normas técnicas relacionadas ao perigo intoxicação. Não foi o que aconteceu. A investigação adotada no caso da Boate Kiss explorou normas técnicas legais, de combate e prevenção de incêndios e de suas consequências. (CREA-RS 2013).

Com efeito, a proposta desta nova análise sobre o acidente na Boate Kiss, lança alerta contra as leituras que atribuem acidentes ao mero descumprimento de itens de normas. Tais abordagens, embora entusiasmem por suas facilidades, estreitam sua condução e resultam num conhecimento incompleto. Isto é, partir da premissa que acidentes ocorrem apenas por não conformidade e fazer um *checklist*, por exemplo, pode não ser suficiente para identificar a totalidade de atores envolvidos e compreender a dinâmica de antecedentes que leva ao desastre.

Nas origens desse sintoma, no caso da tragédia em Santa Maria, pode estar presente a concepção de como os gestores da casa noturna entendiam seus papéis em relação ao sistema de prevenção e proteção contra incêndios e desastres em geral e que meios e estrutura dispunham para a execução dessas ações. E, o sistema público encarregado do controle, como se certificaria de sua aplicação e eficácia.

Em conformidade com a literatura mais recente, tais proposições, são representadas por gravata-borboleta que, em seu lado esquerdo, inclui antecedentes ou origens distais e tardios e, em seu lado direito consequências proximais imediatas ou tardias.

A abordagem de acidentes deve abranger a integralidade do fenômeno, incluindo tanto a prevenção nas chamadas origens como a mitigação de suas consequências. Tais condições costumam assumir formatos de rede de múltiplos fatores em interação com diferentes dinâmicas. Por isso a crítica à ideia de causas raiz ou causas básicas de acidentes. As interações que levam aos desfechos não pretendidos mudam

constantemente e, por isso mesmo, sempre incluem a possibilidade de caminhos não antecipados.

Para subsidiar avanços nesta direção o caminho nos parece como segue:

A prevenção de acidentes desse tipo exige esforços políticos que impulsionem a cooperação e a coordenação de ações do conjunto de atores identificados como envolvidos no desastre de Santa Maria. Para além de seus papéis específicos no novo sistema seus componentes precisam atentar para o fato de que decisões tomadas sob a lógica exclusiva de um determinado lugar, qualquer que seja ele no sistema, vai ensejar múltiplas interações com aquelas adotadas pelos demais atores podendo criar efeitos potencialmente negativos ou positivos e que precisarão ser considerados se o objetivo é alcançar o estado dito de Pro Atividade no Gerenciamento de Riscos apontado como necessário em sociedade dinâmica marcada pela velocidade de mudanças. (tradução livre dos autores) (LOUTFI et al., 2014, p. 8460)

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade de aplicação da técnica para este caso, ou seja, a compreensão causal do desastre com essa ferramenta.

## RESULTADOS E BREVE ANÁLISE

A causa imediata das mortes dos que estavam na boate foi asfixia. No mapa de eventos (Figura 1) é representada no nível estratificado como atividades e processos. Ela decorre da ação conjunta de particulados, baixo nível de oxigênio, excesso de monóxido de carbono e, a liberação do gás cianídrico, este último originado pela queima de PU.

Nesse nível e naqueles mais próximos o *accimap* representa a dimensão química do desastre ocorrido na boate, mas permite também a visualização de aspectos sociais, notadamente a contratação de espetáculo em que são utilizados dispositivos pirotécnicos para ambiente fechado, que havia sido alvo de reforma, que resultara em instalação de material inflamável cuja queima ensejaria produção de atmosfera tóxica.

A representação ainda mostra que a espuma de PU sem tratamento retardante de chama foi instalada como proteção acústica depois

de reclamações de vizinhos ao Ministério Público (MP) que mediou à assinatura de Termo de Ajuste de Conduta (TAC) que determinava a instalação de isolamento acústico na boate. Nesse ponto é possível apontar como positivo o fato de que a investigação conduzida tenha esclarecido esse aspecto.

Foi contratada empresa especializada para aferição da intensidade sonora, mas somente para avaliação dos níveis de ruído e não para realizar as correções necessárias.

As informações obtidas dão conta de que para cumprir o acordo, um dos *barmans* da boate teria comprado a espuma de PU e feito sua instalação. Os relatos não informam quem o designou para a tarefa e tampouco qual era a experiência profissional e ou formação do *barman*.

Foi possível constatar que a venda da espuma de PU sem tratamento antichama para uso como isolante térmico era comum, e que por ser mais barata costumava ser sugerida por vendedores aos interessados no produto. A análise não esclareceu se a decisão teria sido influenciada por pressões de corte de custos por parte da direção da boate.

As informações coletadas não esclarecem se houve projeto técnico para a introdução do isolamento e tampouco como teria se dado a gestão da obra.

Perguntas como se havia especificação recomendando PU com tratamento antichama, ou mesmo se houve acompanhamento da qualidade e do tipo de produto usado ficaram sem resposta.

Com relação a prevenção química a legislação apresenta lacunas que podem ensejar dúvidas até para os técnicos e profissionais do setor. Portanto, a prevenção desse tipo de ocorrência ficou prejudicada e só teria amparo se a atividade envolvesse profissional que conhecesse o risco químico em questão e práticas de tomada de decisão que resolvessem considerar tais riscos.

No que se refere à ação dos órgãos fiscalizadores, o Corpo de Bombeiros estabelece como primeira condição o chamado Plano de Prevenção e Controle de Incêndio (PPCI), documento digitado de forma unilateral em portal da internet, sem exigência de vistoria *in loco*. Essa forma de organizar a gestão ainda precisa ser avaliada em realidades como a brasileira. Se a checagem passa a ser mero cumprimento do formalismo, a qualidade do plano proposto, sua adequação às especificidades da situação tende a ficar em segundo plano. Além disso, dado o

foco do controle na legislação anti-incêndio a prevenção dos riscos de acidente químico fica fora do arcabouço jurídico e regulador.

Na Boate Kiss, o gatilho do desastre esteve no uso no interior do clube, de dispositivos pirotécnicos originalmente concebidos para ambientes externos. Uma vez acesos deram início a queima da espuma de PU que produziu a fumaça negra e o gás cianídrico. As dimensões assumidas pela tragédia se associaram a condições como a superlotação, ao *design* com características do confinamento do local, a falta de *splinkers*, à demora no reconhecimento do que estava ocorrendo e a lentidão para abertura de vias de fuga.

Aparentemente a ausência de sinalização de vias de fuga, o despreparo para reconhecer e lidar com o que realmente estava acontecendo, seja por parte da equipe da boate, seja por parte das equipes envolvidas no socorro, interferiram no desfecho.

Por sua vez, a situação não foi ainda mais grave porque, em face ao ocorrido, não só proliferaram gestos heroicos da parte de bombeiros como de alguns dos presentes na cena, como também houve rápida mobilização de larga rede de serviços assistenciais e de apoio no município, em outros locais do estado e até do governo federal.

Vale destacar nota relativa ao papel do sistema de resgate e serviço médico local. Em alguns países europeus equipes de bombeiros estão alerta para o fato de que em cenários como o da Boate Kiss o principal risco enfrentado pelos presentes é o da contaminação química. E não o de sofrer queimaduras. Por isso, é comum que os bombeiros não só estejam equipados com máscaras protetoras adequadas, que inexistiam no caso de Santa Maria, como também que compareçam ao local do evento já portando o antídoto para aplicação imediata, em condições consideradas ótimas para sua atuação. No Brasil, a comercialização do antídoto não era permitida e infelizmente, anos depois do ocorrido, a situação é a mesma.

Outro aspecto que merece destaque nesse caso foi à pronta resposta do governo federal, no momento subsequente ao evento. Os esforços na mobilização dos órgãos públicos e liberação de recursos devem ser reconhecidos.

Um de seus componentes, de grande interesse e normalmente pouco empreendido envolve seguimento da coorte para o caso, ou seja, os sobreviventes, as equipes de resgate, equipes assistenciais e outros

envolvidos na avaliação de sequelas, de impactos tardios do evento. Pela primeira vez, no Brasil, foi implementado acompanhamento do estado de saúde da coorte afetada com busca ativa de consequências imediatas e tardias do acidente.

O relatório divulgado pelo CREA-RS não comenta o fato da legislação vigente, usada como referência ou padrão de análise, não abordar o risco químico de modo claro e objetivo, sendo que a legislação subsequente Decreto n.º 51.803 de 10 de setembro de 2014 (chamada por alguns de Lei da Kiss), promulgado pelo governador do estado do Rio Grande do Sul, parece ter trazido significativos avanços em relação à anterior.

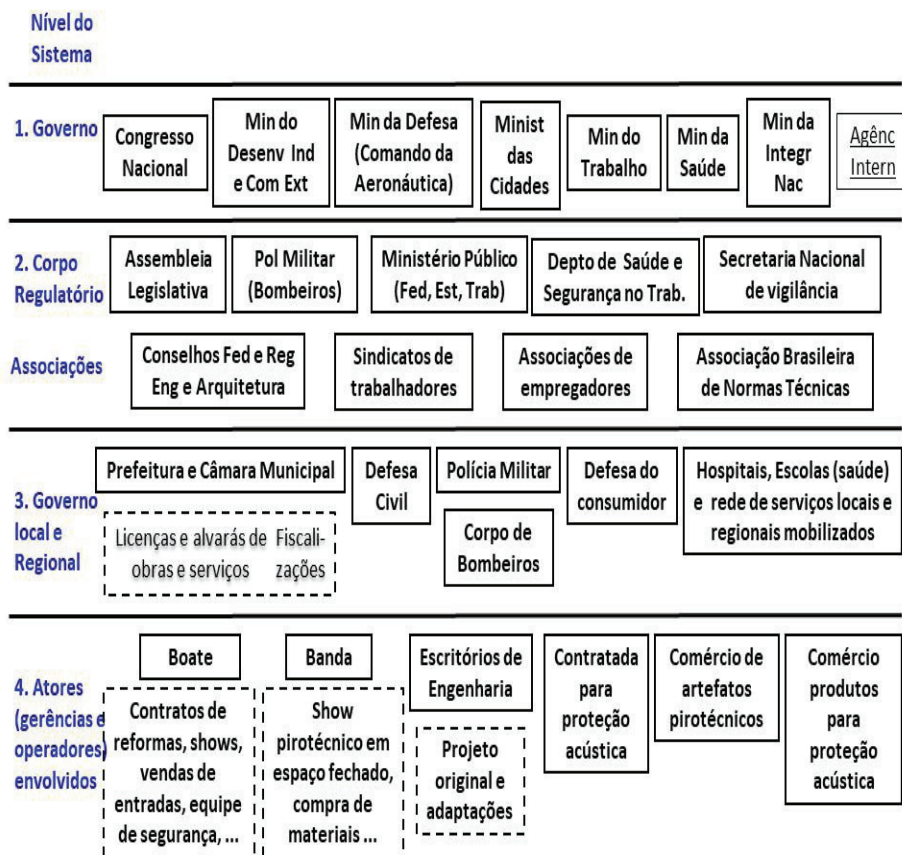
Em relação a esse aspecto o uso dos mapas facilita a identificação e a visualização do papel de cada órgão, departamento ou ator no acidente.

Ao representar os diferentes níveis hierárquicos do sistema, com seus respectivos atuadores e controladores pode levar a equipe a especificar normas e estratégias de controle preconizadas e criadas para a prevenção do tipo específico de acidente ocorrido.

Cabe então para facilitar este trabalho um olhar à Figura 2, de forma que sejam visualizados a rede de participantes ou envolvidos e aspectos de seus papéis no sistema em questão.

O uso da técnica dos mapas exige descrição do sistema em questão com as camadas de níveis hierárquicos. Tal descrição deve explorar os papéis exercidos, no evento, e componentes indo das camadas inferiores às superiores no tocante ao controle de riscos desse sistema. Isso se refere não só aos papéis das gerências intermediárias e alta gerência da empresa (nível meso) como também às instâncias governamentais e privadas com papéis de controle (nível macro) na atividade em questão. No uso da maioria das técnicas equipes de análise costumam restringir a busca de causas ao interior do sistema e raramente ascendendo até as contribuições de decisões gerenciais, escolhas estratégicas das chefias envolvidas.

No Mapa Vertical a exploração dessas dimensões inclusive fora dos muros das empresas é passo sistemático. Isso influencia não só a coleta de dados como a interpretação dos achados da análise e assume especial importância em acidentes que assumem dimensões catastróficas como foi o caso de Santa Maria.



**Figura 2** – AcciMap parcial dos atores atuantes no desastre da Boate kiss, Santa Maria – RS

**Fonte:** Adaptado de Loutfi et al. (2014)

A análise desse tipo de acidente, por força do modelo, passa necessariamente a explorar em que consistia a gestão de segurança na atividade por parte dos componentes, verificando como ocorre o controle dos riscos. O uso do Mapa vertical neste caso, apoiado em dados secundários de análises anteriores permitiu identificar lacunas importantes nesse aspecto. Questões que deveriam ter sido formuladas, exploradas



e ajustadas e não o foram, por exemplo, no tocante a aspectos construtivos como aqueles de saídas de emergência, presença de materiais inflamáveis, controle de material de acabamento e sinalização de rota de fuga.

Após a divulgação com ênfase em múltiplos casos assemelhados já ocorridos cresceram especulações que destacavam possíveis falhas dos organismos reguladores da atividade e da prevenção que deveriam ter antecipado o risco e adotado providências *a priori*.

O desfecho catastrófico como o de Santa Maria enseja defesa de punições mais rígidas para os culpados. O contraponto a esse viés reforça a necessidade de investigações que busquem esclarecer as razões que explicam os comportamentos de cada um dos atores ao longo de sua história. Quais os motivos pelos quais para cada um dos atores fazia sentido agir como vinham agindo até então?

O uso do mapa inclui a elaboração de representação de todos os atores presentes na situação do acidente pensada como um sistema de atividade.

Embora outras técnicas de análise possam também listar os atores envolvidos poucas se propõem a enxergá-los como um sistema em que cada componente desempenha funções e está em interação seja com os demais componentes seja com o ambiente físico e organizacional em que se insere.

Neste caso, o Mapa Vertical mostra de modo fácil a profusão de atores ou subsistemas envolvidos, com destaque para: a) Boate (gestão de contratos de atrações, gestão de reformas, gestão de segurança, gestão de vendas de entradas, gestão da festa propriamente dita); b) banda contratada (gestão da inclusão de show pirotécnico em ambiente interno de boate, gestão da compra de materiais pirotécnicos, gestão de segurança); c) prefeitura municipal (gestão do licenciamento de casas noturnas, alvarás, reformas); d) corpo de bombeiros (regulação e controle de incêndios e desastres, gestão de pessoal com programas de formação, gestão de materiais e de intervenção em diferentes cenários de desastres); e) serviços assistenciais mobilizados para organização da resposta de emergência ao desastre incluindo mobilização de apoios externos, como de outros níveis de governo, atenção de urgência, emergência no município, cidades vizinhas, capital do estado e ainda o acompanhamento em longo prazo de sobreviventes, familiares e equipes que



atuaram no caso; f) comerciantes encarregados das vendas de produtos para reformas, tratamento acústico e também dispositivos usados em shows pirotécnicos em diferentes ambientes, g) profissionais encarregados de projetos, gestão de obras e os respectivos organismos de controle de atuação profissional.

A lista poderia estender-se considerando que o evento incluiu rápida resposta da esfera federal seja com a disponibilização de recursos militares que possibilitaram transporte aéreo de vítimas para serviços assistenciais da capital como também o apoio de equipes com experiências de gestão de cenas de desastre, notadamente a Defesa Civil e o Serviço de Apoio Psicológico de emergência.

O mapa ajudou a mostrar que o rol de atores envolvidos no desastre não foi em momento algum pensado como um sistema de atividade que incluísse em suas funções o controle desse tipo de desastre. Ou seja, no comércio a oferta de substituição de PU não inflamável, mais caro, pelo inflamável passava a ocorrer sem que fossem antecipadas possibilidades de aumento do risco no ambiente da boate em eventual situação de show pirotécnico. O mesmo se dá em relação à contratação da reforma negociada em atendimento a exigências de acordo com o Ministério Público que, por sua vez, não antecipa o reconhecimento de possíveis implicações de risco associadas à demanda que visa diminuir queixas de moradores das proximidades da boate. A utilização de ferramentas tradicionais de análise de desastres por parte de representantes do CREA faz com que a contribuição desse tipo de fator visualizado nos *accimaps* sequer tenha sido identificada nos relatórios divulgados.

Os achados deste estudo estão em consonância com a opinião de Vicente (2005) que se refere à progressiva degradação da segurança em sistemas que convivem com múltiplos objetivos e pressões:

Poderíamos pensar que esse não cumprimento de normas e essa degradação de segurança fariam com que uma bandeira vermelha de alerta logo se levantasse, mas por duas razões isso não acontece. Primeiro, as pessoas têm de modificar seu modo de trabalhar para cumprir suas tarefas, diante das pressões que qualquer sistema complexo vem sofrendo. É por isso que as campanhas para que os funcionários executem suas tarefas estritamente pelas normas fazem com que em geral os sistemas tecnológicos complexos cheguem a um estancamento estridente. Segundo, a mudança nas práticas de trabalho normalmente não

tem um impacto negativo visível e imediato. A ameaça à segurança não se torna óbvia até que um acidente ocorra porque a violação dos procedimentos não leva imediatamente à catástrofe. Em cada nível na hierarquia, as pessoas estão trabalhando arduamente, esforçando-se para responder às medidas de custo benefício, mas não veem como as decisões interagem com as já feitas por outras pessoas em níveis diferentes do sistema. Contudo a soma total dessas tentativas desorganizadas de adaptação aos tensores sociais está empurrando o sistema lenta, porém firmemente, e ‘preparando o palco para um acidente’ para usar uma frase de Jens (p. 309, destaque nosso).

O que se pretende destacar é, de um lado, a existência de dificuldades na visualização da possibilidade de interações entre decisões tomadas em diferentes níveis de um sistema ou organização. No caso de Santa Maria, falamos de um sistema cujos componentes atuam totalmente independentes. As organizações encarregadas da gestão do risco desse tipo de desastre não anteciparam a possibilidade de ocorrência como a que acabou resultando na tragédia. O grau de dificuldade envolvido nessa tarefa era, portanto, bem maior que os sistemas estão habitualmente encarando e procurando controlar.

Uma questão de interesse ao campo da análise de acidentes é qual a contribuição que o uso da técnica dos *accimap* aporta ao estudo desse caso? Que aspectos não revelados por outras técnicas puderam ser evidenciados ou destacados graças ao seu uso?

Importante destacar a contribuição de Trivelato (2013) que mesmo sem recorrer aos mapas verticais já apontou a dimensão de acidente químico, e não de incêndio, como divulgado *ad nauseam* na mídia.

A confusão a esse respeito talvez tenha sido alimentada pelo fato da maioria das pessoas associarem a atuação do corpo de bombeiros com o controle de incêndios e também pela divulgação de relatórios de análises do evento que apontavam como causas do ocorrido irregularidades no tocante ao cumprimento da legislação de prevenção de incêndios encontrada na situação e na história da Boate.

As Figuras 1 e 2 em seus múltiplos aspectos apontam para o fato de que o incêndio foi o último elo de uma intrincada rede de fatores que desencadeou o acidente químico. De acordo com Loufí, 2015, p. 68:

O evento incêndio então é tido como acidente inicial ou desencadeador, ou ainda acidente meio, em uma linguagem atualmente em desuso, mas que capta a ideia de ser este, o incêndio, um acidente que provocou outro, o acidente principal, daí a expressão: meio.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou que a tragédia da Boate Kiss, em Santa Maria, teve origens em rede de múltiplos fatores e aspectos originados em diversos componentes do sistema de atividade.

O conjunto de atores envolvidos no desastre em momento algum se enxergou ou atuou como um sistema, ou conjunto de componentes com um mesmo fim. Por isso, cada ator agiu de modo descoordenado e fragmentado como subsistemas cujas decisões internas não são capazes de interagir com produtos de escolhas realizadas nos demais componentes criando o cenário que levou à catástrofe ocorrida.

As instâncias responsáveis pela prevenção de incêndios e desastres, inclusive de intoxicações por produtos químicos, como o HCN, os organismos públicos encarregados de licenciar construções, reformas, adaptações nos diferentes tipos de construções, os empresários do setor de diversões, os serviços de saúde e os demais encarregados de lidar com as consequências imediatas e tardias desse tipo de evento foram, entre outros, surpreendidos pelo inusitado tipo de evento numa casa de shows noturnos.

Dada a confusão inicial entre eventos incêndio e acidente químico, o risco desse último tipo de ocorrência merece ser destacado como desafio específico. A ser abordado desde ajustes na legislação do país no que se refere à definição e controle de produtos ou misturas perigosas até a adequada preparação de equipes encarregadas do seu reconhecimento e manejo. O alerta, agora visível e que se manifestou em uma tragédia de grande comoção, pode ser um passo para melhoria das condições de segurança vigentes em nossa sociedade.

O acesso às cópias de relatórios de análise do desastre, em especial daquele do CREA-ES e a outras fontes de informação sobre o ocorrido permitiram a reanálise com a montagem de mapas verticais do ocorrido na Boate Kiss. Os mapas ilustram o fato de que para além da dimensão química esse desastre embute construção social apoiada em

interações de múltiplos atores que também precisam ser convocados a reflexões que destaquem o fato de que decisões isoladas, apoiadas em interesses com foco único e imediato no negócio (da boate, da banda, do comércio de PU ou de pirotécnicos, entre outros) ou de demanda social, como a queixa dos vizinhos acatada pelo Ministério Público, associados a decisões que fragilizem a capacidade técnica e política de organismos de controle e ou de licenciamento de atividades podem resultar ou contribuir para a emergência de perigos não antecipados, notadamente se as agências criadas para lidar especificamente com a prevenção de desastres também estão submetidas a constrangimentos financeiros e políticos que restringem sua capacidade de atuação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. M. de. *Construindo a culpa e evitando a prevenção: caminhos da investigação de acidentes do trabalho em empresas de município de porte médio*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública - USP, 2001.

CREA-RS - CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. *Análise do sinistro na Boate Kiss, em Santa Maria, RS, Porto Alegre, 04 de fevereiro de 2013*. Porto Alegre: CREA, 2013.

FREITAS, C. M. et al. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. *Revista de Saúde Pública*, v. 29, n. 6, p. 503-514, dez. 1995.

HOPKINS, A. An Accimap of the Esso Australia Gas Plant Explosion. *Australian National University, Washington*, p. 1-10, 2000.

JOHNSON, C. W.; ALMEIDA, I. M. An investigation into the loss of the Brazilian space programme's launch vehicle VLS1 V3. *Safety Science*, v. 46, n. 1, p. 38-54, 2008.

LE COZE, J-C *Trente ans d'accidents. Le nouveau visage des risques sociotechnologiques*. Toulouse: Octares Edition, 2016. 288 p.

LEVESON, N. A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, v. 42, n. 4, p. 237-270, Apr. 2004.

LLORY, M. *Acidentes industriais - O custo do silêncio*. Rio de Janeiro: Multiação Editorial Produção, 1999.

LOUTFI, M. *Investigação do acidente da Boate Kiss em Santa Maria - Rio Grande do Sul - Brasil*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

LOUTFI, M. et al. Fire Accidents: An opportunity for organizational learning. In: AHRAM, W. K.; MAREK, T. (Eds.) *Proceeding of 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics - AHFE*. Kraków, 2014, p. 8451-8462.

NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. *Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire*. NIST, 2005.

PERROW, C. *Normal accidents*. New Jersey: Princenton University Presss, 1999.

RASMUSSEN, J. Risk Management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, v. 27, n. 2, p. 183-213, 1997.

RASMUSSEN, J.; SVEDUNG, I. *Proactive risk management in a dynamic society*. Swedish: Swedish Rescue Services Agency, 2000.

REASON, J. *Human error*. England: Cambridge University Press, 1990.

SALMON, P. M. et al. Systems based accident analysis methods: A compararison of Accimap, HFACS and STAMP. *Safety Science*, v. 50, n. 4, p. 1158-1170, 2012.

SEITO, A. I. et al. *A segurança contra incêndio no Brasil*. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

TRIVELATO, G. Compreender para prevenir. *Revista Proteção*, ed. 4. p. 70-76, 2013.

VICENTE, K. *Homens e máquinas*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

WATERSON, P. E.; JENKINS, D. P. Lessons learnt from using AcciMap and the risk management framework to analyse large-scale systemic failures. In: ANDERSON M. (Ed.). *Contemporary Ergonomics and Human Factors 2011*. Proceedings of the International Conference

on Contemporary Ergonomics and Human Factors. London: Taylor and Francis, 2011.

# 10 Saúde do trabalhador na atenção primária: a percepção dos profissionais de saúde

Lais Soares Vello

Maria Dionísia do Amaral Dias

## INTRODUÇÃO

O trabalho tem papel fundamental na vida das pessoas, e pode constituir-se como protetor da saúde, por um lado, ou ser causa de sofrimentos, enfermidades, ou provocar até perda de vida, por outro. Dessa forma, o trabalho constitui-se em importante determinante social do processo saúde-doença, razão pela qual o Sistema Único de Saúde (SUS) enfatiza as ações de Saúde do Trabalhador na Rede de Atenção à Saúde (RAS).

Na RAS, a Atenção Primária à Saúde (APS) tem o papel de ordenadora da Rede e coordenadora do cuidado, atua na prevenção e promoção da saúde, cura e reabilitação de indivíduos e coletivos. A APS possui esse papel devido à facilidade de estar inserida onde os usuários vivem e trabalham. Portanto, é nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) que os profissionais de saúde deverão suspeitar de, ou reconhecer,nexo-causal entre ocupação e patologia do usuário-trabalhador e destiná-lo para o Centro de Referência em Saúde do Trabalhador (CEREST), quando necessário, bem como desencadear ações de vigilância em Saúde do Trabalhador.

A APS, mencionada mundialmente, teve como marco histórico a Conferência de Alma Ata (1978), a qual foi considerada um ponto de

influência nos debates sobre os rumos das políticas de saúde no mundo, validou a saúde como direito humano fundamental, com a realização de ações de muitos outros setores sociais e econômicos, além do setor saúde. A APS é considerada a porta de entrada para o sistema de saúde e prevê a atenção à pessoa e não à doença (BRASIL, 2002; DIAS; SILVA, 2013a; OMS, 1978; STARFIELD, 2002).

No Brasil, também conhecida como Atenção Básica (AB), denominação convencionada no âmbito do SUS, a APS, caracteriza-se por um conjunto de ações de esfera individual e coletiva, realizadas por equipes multiprofissionais, que visam a promoção e proteção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento e reabilitação da saúde (GIOVANELLA et al., 2009; MARTINS et al., 2010).

No percurso de construção da rede de APS, diversos modelos e estratégias de atenção à saúde e organização vêm sendo testados e implantados no SUS. Dentre eles, em 1991, iniciou-se o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS), pautado na proposta de reduzir a mortalidade infantil e materna. Em 1994, o trabalho foi ampliado com a formação das primeiras equipes do Programa Saúde da Família (PSF). Essas propostas visaram, desde o início, mudanças no modelo de atenção para que as práticas de saúde deixassem de ser “medicocêntricas” e “hospitalocêntricas”, como haviam sido historicamente construídas, e incluíssem a participação da comunidade (UFMG, 2010).

O modelo de Saúde da Família apresentou-se como estratégico na AB e tornou-se o dispositivo central na reorientação do modelo assistencial, o qual, anteriormente, norteava-se pelos princípios de um modelo que entendia saúde apenas como ausência de doença e a oferta de atenção concentrava-se no indivíduo e suas demandas, sem considerar o contexto sócio-econômico-cultural no qual ele estava inserido (GIOVANELLA et al., 2009; MARTINS et al., 2010).

Com atualizações, estas propostas ainda permanecem no SUS. E, ao delimitar o território, entende-se que temos implicações importantes para as ações de Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador na APS (UFMG, 2010).

Com este perfil, o papel da APS torna-se cada vez mais importante pela possibilidade de prover cuidados de saúde aos trabalhadores, independente do seu vínculo empregatício (formal ou informal) e do local de sua moradia (rural ou urbana) e às suas famílias e comunidade,



em virtude da facilidade de contato com o usuário-trabalhador, por atuar no território em que vivem e trabalham (DIAS; SILVA, 2013a). Desta forma, a Política Nacional de Atenção Básica (PNAB) (BRASIL, 2006) define atribuições comuns aos profissionais que atuam na APS e que podem ser aplicadas na atenção à ST, pois, uma vez que a APS atua como porta de entrada para esse usuário, deve-se, a partir dela, garantir a assistência integral à saúde do trabalhador (BRASIL, 2012).

A Saúde do Trabalhador (ST) visa a promoção da saúde e a prevenção de doenças de origem relacionada ao trabalho. Por ser um campo novo nas políticas públicas brasileiras apresenta dificuldades de efetiva implementação (DIAS et al., 2011).

No Brasil, o campo da ST tem uma bela história de pessoas, instituições e movimentos organizados, que lutaram e lutam, desde o movimento da Reforma Sanitária na década de 1970, por sua concretização e institucionalização. Ao mesmo tempo, possui uma história de invisibilidade e isolamento. As primeiras ações de saúde pública, voltadas para a Saúde do Trabalhador organizaram-se a partir da década de 1970, com equipes e serviços especializados em estreita integração com o movimento sindical, que muitas vezes, porém, funcionaram como espaços isolados na rede de saúde (DIAS; HOEFEL, 2005; DIAS et al., 2011; DIAS et al., 2012 GOMEZ et al., 2011; NARDI, 2002; SANTOS, 2010).

A ST discorda da prática tradicional da medicina do trabalho e o envolvimento entre o médico e o capital. Ela coloca a saúde dos trabalhadores como principal objetivo na prática médica, ao invés de apenas afirmar a aptidão ao trabalho. Ela incorpora a lógica da Saúde Pública, de prevenção de riscos e de promoção da saúde com a participação dos trabalhadores e efetivou-se no país a partir da criação do SUS, em 1988. Nessa construção, o Estado de São Paulo teve papel de destaque, tendo em vista que no início da década de 1980 um movimento instituído pelos trabalhadores atuou na criação de serviços públicos de Saúde do Trabalhador em vários municípios do estado (GOMEZ, 2011; NARDI, 2002; SANTANA; SILVA, 2008).

É importante recordar que, após a 8ª Conferência Nacional de Saúde em 1986, o conceito de saúde e de direito como conquista social, culminou a ideia de que o pleno exercício do direito à saúde também implica garantir trabalho e em condições dignas, com amplo conhecimento e controle dos trabalhadores sobre o processo e o ambiente de

trabalho (FAGUNDES, 1986). Dessa forma, pode-se dizer que se reconhece o trabalho como importante determinante no processo saúde-doença, o que possibilitou a criação de diretrizes e legislação para o cuidado com a população trabalhadora.

Mas, para que a APS cumpra com seu papel de coordenadora do cuidado e ordenadora da Rede de Atenção, na produção do cuidado aos trabalhadores, é imprescindível ampliar as ações de vigilância em saúde e incluir as de Saúde Ambiental e de Saúde do Trabalhador, conforme explicitado em portarias do Ministério da Saúde. (BRASIL, 2010; BRASIL, 2013b; DIAS, 2013)

Em 1998, estabeleceram-se procedimentos para nortear e instrumentalizar ações e serviços de saúde ao trabalhador, a partir da Norma Operacional de Saúde do Trabalhador (NOST-SUS)<sup>1</sup>, o que gerou uma aproximação da área técnica de Saúde do Trabalhador com a Atenção Básica, no âmbito do Ministério da Saúde, incentivada pelas discussões da proposta de Política de Saúde do Trabalhador para o SUS, quando foram identificadas as dificuldades para o desenvolvimento de ações específicas da área na rede de saúde - a dificuldade do modelo de atenção centrado nos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador - então, sugeriu-se o deslocamento do eixo das ações para a APS (DIAS; HOEFEL, 2005; NARDI, 2002; SANTOS, 2010; UFMG, 2010).

Gomez e Lacaz (2005) analisam a história da Saúde do Trabalhador dividindo-a em duas fases estruturantes:

- A primeira, no período de 1978 a 1986, fez parte do movimento pela Reforma Sanitária. Nesta fase ocorreu a realização da I CNST (Conferência Nacional de Saúde do Trabalhador), como desdobramento da 8ª Conferência Nacional de Saúde e é marcada pela incorporação da atenção à saúde dos trabalhadores como uma prática de Saúde Pública, na rede básica, onde foram criados os Programas de Saúde do Trabalhador (PST). Esse modelo de atenção adotou princípios e diretrizes que posteriormente foram incorporados ao SUS<sup>2</sup>, como a "participação e o controle social", a partir da atuação dos sindicatos de trabalhadores na gestão dos PST, e a "integralidade", mediante a

---

<sup>1</sup> Portaria Ministério da Saúde nº 3098, de 1998.

<sup>2</sup> Leis Federais 8.080/90 e 8.142/90

articulação entre assistência e vigilância; e a "universalidade", pois todo trabalhador tinha direito ao atendimento, independentemente de ser ou não segurado da Previdência Social (GOMEZ; LACAZ, 2005);

- A segunda pode ser compreendida entre os anos de 1987 a 1997 e inclui a realização da II CNST, a institucionalização das ações na rede de assistência à saúde, mediante a consolidação do marco legal e avanços no nível institucional. Ocorreram, nessa etapa, a implantação e a implementação de planos de ação em importantes municípios brasileiros, visando incorporar a atenção à saúde dos trabalhadores na rede de serviços, sob a perspectiva de municipalização da saúde. Em um momento de transição, foram implantados os Centros de Referência em Saúde dos Trabalhadores (CRST), os quais incorporaram as categorias conceituais de análise do trabalho, atuando por meio de equipes multiprofissionais e com a participação sindical nos Conselhos Gestores (GOMEZ; LACAZ, 2005). Para estes autores, o PST defendia a implantação e o desenvolvimento de ações de Saúde Pública e Coletiva, na rede básica de serviços, articulando a assistência com a vigilância, a partir da perspectiva de compreensão do trabalho como determinante de saúde da população trabalhadora. Já o CRST defendia que as ações em saúde dos trabalhadores, comportariam serviços específicos, de nível secundário, em apoio à rede. Daí a preocupação em incorporar quadros técnicos especializados em Medicina do Trabalho, dentre outros (GOMEZ; LACAZ, 2005). Consideramos que a análise dos autores está baseada nas experiências desenvolvidas principalmente nos estados de São Paulo, sobretudo na capital, e Rio de Janeiro. Contudo, existiram outras experiências municipais e estaduais, no mesmo período e posteriormente, que mesclaram as duas concepções ou que centraram suas ações na vigilância.

Após o período analisado pelos autores acima citados, a implantação da Saúde do Trabalhador no SUS teve continuidade, com propostas técnico-políticas que se alternaram entre as duas concepções citadas, conforme interesses e possibilidades institucionais. Atualmente, a dire-

triz da Saúde do Trabalhador no SUS está normalizada na Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora<sup>3</sup>, a qual, de certa forma, incorpora as posturas discutidas acima e avança, atualizando as ações específicas conforme o desenvolvimento do próprio Sistema de Saúde.

É em um cenário de mudanças estruturais no modelo do SUS, de dificuldades para o atendimento de seus princípios básicos, de financiamento e efetivo controle social, entre outros, que se destaca o desafio de integrar e articular a Rede Nacional de Atenção Integral à Saúde do Trabalhador (RENAST), com as linhas de cuidado. Criada em 2002, foi definida como a principal estratégia para a implementação da Política Nacional de Saúde do Trabalhador no SUS. A portaria foi apoiada pelos profissionais técnicos e setores dos movimentos dos trabalhadores, que reconheceram na iniciativa, uma oportunidade de fortalecimento da Saúde do Trabalhador no SUS (BRASIL, 2002; DIAS; HOEFEL, 2005; UFMG, 2010).

É muito enriquecedor, que essa Rede possa articular-se com as instituições locais do Trabalho e da Previdência, em conformidade com os marcos teóricos da vigilância em saúde do trabalhador e inspirar-se em experiências de sucesso, nacionais e internacionais. Essa reflexão ficará incompleta se não levar em conta as mudanças que vêm ocorrendo no modelo assistencial para a Atenção Básica que se configura na Estratégia de Saúde da Família (GOMEZ; LACAZ, 2005), a qual pode favorecer a incorporação das ações de ST, em função do modelo propiciar maior envolvimento da equipe com o território e clientela adscritos e responsabilizar-se por problemas da região de forma mais ampla (DIAS et al., 2011).

Segundo o Ministério da Saúde (Portaria 1378, página 48 - Diário Oficial da União), o CEREST “desempenha uma função de suporte técnico, de educação permanente, de coordenação de projetos de assistência, promoção e vigilância à saúde dos trabalhadores, no âmbito da sua área de abrangência” (BRASIL, 2013a; DIAS, 2013).

O desenvolvimento das ações de ST se dá de forma muito diversificada nos estados e municípios, o que pode ser visto como atraso no cumprimento da lei, e reflete na morbimortalidade dos trabalhadores

---

<sup>3</sup> Portaria MS nº 1.823, de 23 de agosto de 2012.

(DIAS et al., 2011). De acordo com Dias (2013), o SUS está em construção, é um sistema jovem, que precisa amadurecer e enfrenta muitos desafios, em particular, com relação ao campo da ST.

Embora parcela significativa de usuários atendidos no SUS seja de trabalhadores, o reconhecimento do trabalho nos processos saúde-doença mantém-se marginal ou inexistente. Para Dias (2013), torna-se um dos desafios da ST conseguir que o conjunto de trabalhadores e gestores do SUS incorpore na sua prática cotidiana, a compreensão de que o trabalho é um dos determinantes do processo saúde-doença e de que é necessário o envolvimento de todo o sistema de saúde para garantir o cuidado integral aos trabalhadores.

Nesse sentido, as políticas públicas devem oferecer diretrizes sólidas para garantir o cumprimento das prescrições legais e recomendações técnicas, já que o trabalho como importante determinante do processo saúde-doença, deve ser incorporado ao cotidiano de cuidado nas redes de saúde.

A APS, como porta de entrada, é o primeiro cuidado ao usuário-trabalhador e, embora, existam legislações para direcionar as ações em Saúde do Trabalhador, observa-se que o tema é pouco ou nada abordado entre os profissionais da AB. Diante disso, ao considerar que a APS atua como coordenadora do cuidado na Rede de Saúde questiona-se: Qual é a percepção dos profissionais da APS sobre ST?

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA**

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois avalia a percepção do profissional em ações de Saúde do Trabalhador (MINAYO, 2013).

Trata-se de um estudo de caso realizado no município de Franco da Rocha, na região metropolitana da capital do estado de São Paulo.

O município em estudo foi escolhido pela facilidade de acesso oferecida pela coordenadora do CEREST, bem como por sua localização na área metropolitana da cidade de São Paulo, onde há grande concentração de população trabalhadora e de serviços de Saúde do Trabalhador na rede SUS.

Iniciou-se a pesquisa com a análise documental de normativas do SUS, documentos do município em questão, além de artigos científicos, relacionados ao tema para entendimento da problemática atual na atenção à Saúde do Trabalhador e da Atenção Primária à Saúde no SUS, bem como da organização da área de Saúde no município.

Para a compreensão da realidade do município, segundo as características da população, de território e da rede de saúde, foram realizadas entrevistas abertas com gestores da Secretaria Municipal de Saúde, entre julho e agosto de 2014. Um dos entrevistados pertence à Diretoria de Atenção à Saúde. A segunda entrevista foi realizada com a coordenadora do CEREST, na qual foi apresentada a demanda atual do serviço, modo de funcionamento e seus desafios.

A fim de conhecer as ações desenvolvidas no município e o conhecimento em Saúde do Trabalhador que os profissionais da APS possuem, utilizou-se como instrumento de coleta de dados, um questionário auto aplicativo, elaborado com base no instrumento utilizado por Dias (2013) em pesquisa similar. O questionário, a ser respondido individualmente por trabalhadores de todas as categorias profissionais das equipes de saúde da Atenção Básica (desde que tivessem contato com o paciente), foi enviado a todas as unidades básicas de saúde do município.

O instrumento é composto por caracterização do participante e 20 questões que contêm os seguintes temas:

- a) auto percepção do profissional sobre seus conhecimentos diante da temática Saúde do Trabalhador;
- b) percepção do profissional quanto às ações e condições que a unidade de saúde em que trabalha oferece/apresenta para as ações de Saúde do Trabalhador, e
- c) percepção do profissional referente à organização e fluxo estruturados no município em Saúde do Trabalhador.

Os questionários, juntamente com os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, foram entregues em reunião de gerentes das Unidades Básicas de Saúde e devolvidos após 15 dias. A resposta aos questionários foi voluntária e espontânea, sem haver número de entrevistados

pré-estabelecido. Recebeu-se a devolutiva de 75 questionários preenchidos, dentre os 184 funcionários existentes na APS à época da coleta de dados, conforme as informações fornecidas pela Secretaria Municipal de Saúde. As categorias profissionais que responderam foram: recepcionistas e auxiliares administrativos (29,3%), agentes comunitários de saúde (ACS) (24%), auxiliares de enfermagem (16%), auxiliares de saúde bucal (4%), auxiliar de farmácia (2,66%), cirurgião dentista (4%), enfermeiros (6,6%), médicos (5,3%), assistente social, fonoaudióloga, gerentes (4%).

O município, local da pesquisa onde foi realizado o estudo, possui uma população aproximada de 144.000 habitantes (projeção para 2014), conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE (BRASIL, 2015).

Quanto à estrutura própria da rede de saúde, a cidade contava com 10 Unidades Básicas de Saúde, das quais cinco são Unidades de Saúde da Família.

A rede municipal de Saúde conta ainda com: um CEREST de abrangência regional; um serviço de pronto atendimento 24 horas, localizado na região central, destinado a urgências e emergências, adulto e pediátrico; um Centro de Especialidades; um serviço de saúde mental e reabilitação de abrangência regional; serviço de remoção de pacientes, com funcionamento 24 horas.

A organização da Secretaria Municipal de Franco da Rocha está dividida em quatro diretorias:

- 1) Atenção à Saúde, à qual estão vinculados todos os serviços de assistência direta, composta pela Unidade de Pronto Atendimento (UPA), o ambulatório de especialidades, o centro de orientação e aconselhamento sexual (COAS) e as dez unidades básicas de saúde, sendo que cinco delas possuem a Estratégia Saúde da Família e as outras são do modelo tradicional;
- 2) Planejamento;
- 3) Gestão, a qual providencia os insumos; e



#### 4) Vigilância Sanitária e Epidemiológica, na qual está inserido o CEREST.

As Unidades Básicas de Saúde funcionam das 7h às 16h, exceto uma UBS de modelo tradicional, que fecha às 19h, a pedido da população. O acolhimento de usuários-trabalhadores é uma dificuldade encontrada nas redes de saúde e discutida por alguns autores, como apontado por Dias e Silva (2013) quando relatam dificuldades encontradas em municípios estudados, ao cadastrar apenas o usuário que reside na área de abrangência. Recomendam a possibilidade de cadastrar, também, aquele que trabalha no local, independentemente do município no qual reside. Em Franco da Rocha, para não deixar de lado seus residentes trabalhadores em outros municípios, optou-se por ampliar o horário de funcionamento e acolhê-los e prover cuidados.

O CEREST do município, implantado em abril de 2005, é regional e referência para mais quatro municípios de médio porte, abrangendo uma população de aproximadamente 540.000 habitantes, conforme coordenadora do serviço, a qual informou sobre seu funcionamento e seus desafios. O serviço está ligado à Diretoria de Vigilância em Saúde e sua equipe, era composta por uma enfermeira, coordenadora do serviço na época da entrevista, uma fonoaudióloga, um terapeuta ocupacional, uma fisioterapeuta, uma psicóloga, uma médica, uma técnica de segurança do trabalho e um auxiliar de enfermagem. Este CEREST é um serviço de “porta aberta”, isto é, atende trabalhadores que chegam por demanda espontânea, o que, na perspectiva da coordenadora, facilita o acesso dos trabalhadores, pois acredita que, com as dificuldades de articulação entre AB e CEREST, o número de usuários seria menor. Essa postura está em desacordo com as diretrizes da PNAB e da PNSTT (BRASIL, 2006; 2012).

O atendimento no serviço de saúde do trabalhador acontece da seguinte forma: o usuário chega, seja demanda espontânea ou encaminhado pela Atenção Básica, com uma queixa de saúde; realiza-se o acolhimento, no qual é informado sobre o funcionamento do serviço; é agendada consulta com o médico do trabalho, que analisa a queixa. Caso tenha umnexo causal com o trabalho, mantém-se o acompanhamento com os profissionais do CEREST, caso não, é referenciado para a AB do município.



Esse fluxo<sup>4</sup> mostra que as ações de assistência estão centradas no profissional médico, na contramão da proposta de Saúde Trabalhador, na qual se prioriza a atuação multiprofissional, interdisciplinar e inter-setorial (BRASIL, 2002).

Para a população trabalhadora divulgam o serviço com distribuição de panfletos na estação de trem dos municípios de abrangência para orientar a população sobre Saúde do Trabalhador. A coordenadora avalia que esta ação impacta no aumento de demanda de acolhimentos naquele período.

Entre outras ações realizadas pelo CEREST, há a vigilância nos locais de trabalho, quando solicitadas pelo Ministério Público do Trabalho.

## RESULTADOS

Após conhecer o município em estudo, pode-se conhecer a perspectiva de profissionais de saúde para compreender a inserção de ações de ST na rede municipal de Atenção Básica.

Quanto à percepção e atividades realizadas pelo próprio profissional em relação à saúde do usuário-trabalhador, observa-se que a maioria dos respondentes já identificaram queixas/sintomas/agravos, relacionados ao trabalho “algumas vezes”. Destaca-se que 50% dos médicos responderam que “nunca” identificaram essa relação, o que pode ser alarmante, considerando-se tratar-se de profissionais responsáveis por diagnóstico de patologias e de grande relevância no cuidado aos usuários. Porém, a outra parte dos médicos respondentes observaram com alguma frequência uma relação entre queixas e trabalho.

Por outro lado, 74% dos profissionais afirmaram não participar de ações em Saúde do Trabalhador em sua unidade de saúde. Dos que participam, as ações mais assinaladas foram “assistência ao trabalhador

---

<sup>4</sup> Embora haja esse fluxo com a AB, a coordenadora afirma não existir uma rede estruturada entre CEREST e AB. Atribui as dificuldades na articulação com a AB à alta rotatividade dos funcionários neste nível de atenção, em razão de alguns contratos trabalhistas temporários, o que dificulta a capacitação das equipes.

em agravos relacionados ao trabalho” e “educação e promoção em saúde do trabalhador”. Os profissionais que responderam participar foram principalmente os Agentes Comunitários da Saúde (ACS), Enfermeiros, Médicos e Gerentes.

Quando questionado ao profissional se procura saber sobre o trabalho do paciente ao atendê-lo, a maioria (61,33%) dos participantes responderam que sim.

Metade dos participantes referiram não conhecer o território de abrangência da sua unidade de saúde na maior parte dos aspectos relacionados (atividades econômicas, fatores de risco ambientais e ocupacionais presentes no território, tipo de ocupação e de emprego da população do território). Contudo, a maioria dos ACS expressou conhecer os diversos aspectos apresentados; enfermeiros, fonoaudióloga e gerentes também afirmaram conhecer todos os aspectos.

Quando questionados sobre considerar ter condições técnicas para atender às demandas em saúde do trabalhador que aparecem na unidade, 28% negaram ter essas condições e 29% afirmaram não saber se têm condições técnicas.

Quanto às condições técnicas da equipe para atender demandas em saúde do trabalhador, a maioria dos respondentes considera que sim. Destaca-se, porém, que 70% dos gerentes não consideraram que sua equipe tivesse condições técnicas para atender a essas demandas.

Ao indagar sobre as facilidades que o profissional tem para desenvolver ações em Saúde do Trabalhador, obteve-se a resposta, classificada como “educação e apoio”, que pode expressar a necessidade de preparação dos profissionais, com conhecimento e apoio específicos. Embora sejam respostas que carecem de complementos, pode-se inferir que se deseje o apoio matricial do CEREST, conforme preconizado na organização da Rede SUS. Outro tipo de resposta, expressa como “encaminhamentos”, demonstra que, mesmo em pequeno número, há profissionais que encaminham os usuários, ao perceber o trabalho como fator determinante do processo saúde-doença. Ao questionar quais as dificuldades do profissional da saúde no desenvolvimento de ações de saúde do trabalhador, 44% dos participantes não responderam à pergunta. As respostas obtidas referiram-se a: falta de condições de trabalho, como recursos humanos diminuídos, também afirmaram haver

poucos profissionais capacitados, desmotivação da equipe e a não-adesão do usuário.

Sobre as ações de Saúde do Trabalhador realizadas no serviço de saúde em que o participante trabalha, a maioria dos respondentes referiu “notificações epidemiológicas de agravos relacionados ao trabalho”.

Quanto ao agravo relacionado ao trabalho mais comumente atendido na unidade, grande parte dos respondentes afirmaram não saber. Os agravos mais mencionados foram Lesões por Esforço Repetitivo/Distúrbio Osteomuscular Relacionados ao Trabalho, traumas e lesões.

Também foi perguntado o que o profissional de saúde considera importante para o serviço no qual trabalha implantar ou melhorar a atenção em Saúde do Trabalhador. Como resposta, obtivemos, “atenção ao profissional de saúde” e “melhores condições de trabalho”. Essas respostas nos levam a pensar que o profissional de saúde entende Saúde do Trabalhador, como a sua própria saúde e indiretamente faz um apelo para melhores condições de trabalho.

Também foi avaliada a percepção do trabalhador sobre as ações de ST desenvolvidas no município e a maioria dos participantes revelou, em suas respostas, conhecer o fluxo para a assistência e para as informações em Saúde do Trabalhador no sistema municipal de saúde.

Questionou-se, também, se o profissional conhece a estrutura da rede do SUS na cidade em que trabalha e a metade dos participantes afirmou que sim. Já, quando se pergunta se existe um serviço de referência em ST no SUS municipal, 56% mencionam o CEREST, alguns mencionam a Casa de Atendimento ao Trabalhador<sup>5</sup> e outros negaram a existência de um serviço de referência (16%).

Também foi questionado qual serviço é destinado à referência da saúde do trabalhador na estrutura do SUS, 46% responderam CEREST, mas 33% não responderam. Essas respostas demonstram haver confusão para os profissionais da saúde entre a Casa do Trabalhador, também conhecida por Casa do Servidor, e CEREST.

Embora a maioria reconheça como atribuição da AB o desenvolvimento das ações em ST, considera-se, a partir dos resultados gerais do

---

<sup>5</sup> Serviço destinado ao funcionário público do município.

questionário, que na prática dos serviços muitas ações são feitas isoladamente ou até inexistem. Talvez por isso parte dos participantes não tenham respondido à pergunta relativa a este aspecto. Tal apontamento também foi apresentado por Souza e Virgens (2013).

Ao perguntar se há algo a melhorar na atenção em Saúde do Trabalhador no município em que trabalham, as respostas referiram-se a: comunicação; orientação e divulgação das ações em ST; fluxo e normativas do trabalho; redução da burocracia; aumento de profissionais; capacitação e valorização do profissional de saúde.

Aspectos como “dificuldade de recursos humanos”, “déficit de profissionais capacitados” foram observados em diversas questões e outros estudos também apontam estes aspectos.

## DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados observou-se que cerca de 75% dos profissionais não participam de ações em saúde do trabalhador e que a notificação epidemiológica foi a ação mais citada. Essa situação pode demonstrar desde um desinteresse do profissional, assim como uma falta de oportunidades para participar dessas ações, tais como disponibilidade e a oferta de capacitações, pois a maioria dos entrevistados atuam na assistência e realizam ações mesmo que indiretamente ao usuário-trabalhador.

E, embora grande parte dos profissionais questionem sobre o trabalho do usuário, menos da metade dos profissionais disseram relacionar as queixas com o trabalho, assim, pode-se pensar que o questionamento do trabalho apareça apenas como formalidade e não como uma informação para auxiliar na investigação clínica e diagnóstica, o que se mostra curioso, uma vez que essa informação está intimamente ligada com a prevenção, promoção e reabilitação de saúde, portanto dentre as responsabilidades da AB.

Enquanto metade dos respondentes afirmaram não conhecerem o território, não foi surpresa a quase totalidade dos ACS responderem afirmativamente, afinal, é através desses profissionais que se realiza o mapeamento do território e sua atualização periodicamente, o que pos-

sibilitará à equipe conhecer a situação de vida das famílias e seus determinantes e condicionantes do processo saúde doença (DIAS; SILVA, 2013a). E conforme as diretrizes, este profissional necessariamente tem que residir no território de abrangência.

Dias e Silva (2013a) relatam que, embora os ACS incorporem esses processos, muitas vezes essas questões não são discutidas na equipe, como pode ser que ocorra nas equipes dos profissionais participantes desta pesquisa, o que justifica a maioria das outras categorias profissionais negarem conhecer os diversos aspectos do território, por exemplo. Neste trabalho foi perceptível a insegurança técnica para atuar em ações de saúde do Trabalhador. Em estudo semelhante, Dias (2013) também apresenta achados em que a maioria dos respondentes indica sentimento de despreparo técnico para atender às demandas em ST. Em entrevista, a coordenadora do CEREST afirma que realiza capacitações sobre notificações e observa que após a ocorrência das mesmas o número de notificações e demandas aumentam, porém, posteriormente, esse número diminui. Ela atribui essa oscilação, à provável rotatividade de funcionários. E, embora não tenha um matriciamento em Saúde do Trabalhador, existe um grupo informal no qual enfermeiros se comunicam para sanar dúvidas desse assunto.

Ao passo que se observa a insegurança do próprio profissional em realizar as ações em ST, nota-se que existe confiança na equipe para realizar tais ações. O estudo de Dias (2013) apresenta resultado semelhante quanto aos entrevistados considerarem a equipe preparada para as demandas de ST. Este resultado de maior confiança na equipe do que em si mesmo pode estar relacionado ao sentimento de não responsabilidade direta, afinal a maioria dos respondentes foram profissionais não-técnicos, e assim, deixam esse conhecimento para os outros profissionais que eles consideram melhor preparados para atender a essa demanda.

Uma das facilidades encontradas para realizar ações em ST, foi “encaminhamentos”, o que sugere a segurança de ter um serviço para avaliar o usuário, além da AB, poder-se-ia considerar esta ação como pertencente ao rol de atitudes cristalizadas na rede de saúde, isto é, encaminha-se ao especialista sempre que há situação diferente da rotina; porém ela também indica a necessidade de auxílio para as situações que envolvem a ST.

Porém, as dificuldades para realizar as ações de ST relatadas - falta de condições de trabalho, como recursos humanos diminuídos, também afirmaram haver poucos profissionais capacitados, desmotivação da equipe e a não-adesão do usuário - demonstram haver um provável despreparo técnico, o que contradiz a resposta anterior. Dizer sobre a não-adesão do usuário, também pode demonstrar ausência de vínculo usuário-profissional consequente, talvez, desse despreparo. Dias (2012b), também aponta que as equipes da APS não incorporaram as práticas de ST em suas ações rotineiras e identificam a ausência de apoio técnico especializado como fator limitante para a incorporação de ações no cuidado integral aos usuários-trabalhadores.

Os agravos mais frequentes mencionados são semelhantes ao resultado do estudo de Dias (2013), onde os profissionais também relataram LER/DORT, o que foi considerado pertinente ao perfil epidemiológico da saúde dos trabalhadores na atualidade.

Quando se trata da percepção do trabalhador sobre a organização e fluxo estabelecidos na rede municipal de saúde, as respostas foram positivas, porém a coordenadora do CEREST relata que muitos trabalhadores da AB desconhecem o trabalho do CEREST, ou o confundem com o Serviço de Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) da Prefeitura, ou com a Casa do Servidor. Apesar de terem ocorrido capacitações do CEREST às equipes de AB.

Os participantes desta pesquisa apontaram algumas necessidades para a melhoria das condições para o desenvolvimento das ações de ST, tais como: comunicação; orientação e capacitação; estabelecimento de fluxo e normativas do trabalho; redução da burocracia; reposição e valorização do profissional de saúde. Em estudos semelhantes, são apontados como dificuldades da APS em oferecer uma atenção integral ao usuário trabalhador: deficiência da estrutura física, sobrecarga de trabalho, deficiências na formação e no suporte técnico e ausência de fluxos bem definidos (DIAS; SILVA, 2013a), importância da gestão participativa e da organização do Sistema de Saúde (DIAS, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo revelaram que não há claro conhecimento dos entrevistados quanto à função e funcionamento do CEREST,

além de insegurança de profissionais da AB em realizar ações em ST. Tais resultados e até mesmo a situação de não compreensão de algumas questões e omissão de respostas nos questionários, sugerem a existência de vínculo frágil entre a equipe de Saúde do Trabalhador e as de AB, o que pode ocorrer devido à alta rotatividade de profissionais na rede da APS, como dito pela coordenadora, e uma deficiência na comunicação entre profissionais da rede de saúde.

Ao longo da pesquisa, foi possível compreender que a Saúde do Trabalhador surge de um processo de lutas, assim como a criação de uma Constituição que nortearia a saúde pública no Brasil e que esse processo permanece em construção. E, também, a importância da Atenção Primária em organizar o cuidado e a aproximação com a Saúde do Trabalhador perante suas facilidades por estar presente no território onde a população vive e trabalha.

Por ser um campo recente, a ST é um campo repleto de dúvidas, dificuldades e desafios, a iniciar-se pela formação dos profissionais, que muitas vezes não receberam orientações da temática em seus cursos, o que os leva, ao entrar na área de atuação, a apresentar dúvidas, que não raro geram um impasse no cuidado ao usuário-trabalhador. E, embora existam diversos marcos regulatórios que orientam as ações de ST nos serviços públicos, percebe-se uma confusão em quando e como referenciar esse usuário-trabalhador, assim como estabelecer umnexo causal entre a patologia e a ocupação. O conceito de referência se mostra deturpado no caso estudado, pois o serviço de referência em Saúde do Trabalhador apresenta-se como “porta aberta”, o que pode ocasionar a perda do cuidado e o acompanhamento necessário para o usuário atendido.

A Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora tem como um dos seus objetivos fortalecer a Vigilância em Saúde do Trabalhador (VISAT), através de ações que identifiquem as atividades produtivas da população trabalhadora e das situações de risco à saúde dos trabalhadores no território; assim como a identificação das necessidades, demandas e problemas de saúde dos trabalhadores, entre outras. Diante disso, espera-se que o CEREST desempenhe esse papel, o que parece não ocorrer no município estudado, conforme os resultados encontrados.



Embora exista uma facilidade da APS em exercer ações de ST, a percepção da frágil comunicação entre AB e ST, provavelmente se dá pela dificuldade em olhar para o trabalho como fator determinante no processo saúde-doença.

Diante disso, percebe-se a necessidade de realizar estudos na formação dos profissionais, assim como métodos para fortalecer a relação entre APS e ST.

Sugere-se que seja desenvolvido um processo permanente de apoio matricial do CEREST com as equipes da AB, no qual se organizem diversas ações conjuntas, tais como consultas compartilhadas, discussão de casos, ações educativas com equipe multiprofissional, participação dos profissionais de AB em atividades de vigilância.

Nesta perspectiva, seria proveitosa a participação da equipe do CEREST em reuniões nas unidades de AB, periodicamente, a fim de alinhar as informações e perceber quais as dificuldades e necessidades dos profissionais de AB em relação à ST. Essa participação poderá facilitar as relações entre os profissionais facilitando o processo de apoio matricial.

Estrategicamente este processo de apoio matricial poderia ser iniciado com capacitações periódicas para abranger todos os profissionais, tanto aos novos, para que conheçam as funções do serviço e aos antigos, para sua atualização profissional.

Para que essas capacitações sejam efetivas, é importante agendá-las com antecedência, para que a ausência do profissional da UBS seja prevista em escala e não traga prejuízos para a equipe. É importante, também, conscientizar os gestores e toda a equipe das unidades da importância dessas capacitações para evitar as ausências nas atividades formativas e também para que esses profissionais possam replicar aos colegas de trabalho.

Uma boa alternativa, também, é realizar capacitações breves e *in loco*, para que diminua o número de ausentes na unidade e abranja um maior número de profissionais; além de que atividades formativas em pequenos grupos geralmente promovem maior participação e aproveitamento dos profissionais.

Para manter uma comunicação efetiva e atualizada, pode-se criar grupos *on line*, para que haja repasse dos assuntos e troca de experiências. Experiência semelhante foi realizada em plataforma virtual de



Análise e Prevenção de Acidentes de Trabalho, que alcançou um amplo público para realizar discussões em ST, troca de experiências, possibilitando estruturar ações na temática (VELLO et al., 2011).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria n.º 1679 de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a estruturação da rede nacional de atenção integral à saúde do trabalhador no SUS e dá outras providências. *Diário oficial da união*. Brasília, 20 de setembro de 2002; seção 1, p. 53.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Política nacional de atenção básica* / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção à Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 4.279, de 30 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes para a organização da Rede de Atenção à Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). *Diário Oficial da União*, Brasília, seção 1, p. 88.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº1823 de 23 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora. Brasília, 24 de agosto, *Diário Oficial da União*, seção 1, p. 46.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 1378 de 9 de julho de 2013a. Regulamenta as responsabilidades e define diretrizes para execução e financiamento das ações de Vigilância em Saúde pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, relativos ao Sistema Nacional de Vigilância em Saúde e Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. *Diário Oficial da União*. Brasília, 10 de julho, Seção 1, p. 48.

BRASIL. Ministério da Previdência. *Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2013b*. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/tabelas-c-2013/>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

DIAS, E. C.; HOEFEL, M. G. O desafio de implementar as ações de saúde do trabalhador no SUS: a estratégia da RENAST. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 10, n. 4, p. 817-828, 2005.

DIAS, E. C. et al. Saúde ambiental e saúde do trabalhador na atenção primária à saúde, no SUS: oportunidades e desafios. *Ciências & saúde coletiva* [online], v. 14, n. 6, p. 2061-2070, 2009.

DIAS, M. D. A et al. Saúde do trabalhador na atenção básica: análise a partir de uma experiência municipal. *Trabalho, Educação e Saúde*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 137-148, mar./jun. 2011.

DIAS, E. C. et al. Desafios para a construção cotidiana da vigilância em saúde ambiental e em saúde do trabalhador na atenção primária à saúde. *Cadernos de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro v. 20, n. 1, p. 15-22, 2012.

DIAS, E. C.; SILVA, T. L. Contribuições da atenção primária em saúde para a implementação da Política Nacional de Saúde e Segurança no Trabalho (PNSST). *Rev. bras. Saúde ocup.*, São Paulo, v. 38, n. 127, p. 31-43, 2013a.

DIAS, E. C.; SILVA, T. L. Possibilidades e desafios para a atenção integral à saúde dos trabalhadores na atenção primária. In: DIAS, E. C.; SILVA, T. L. (Orgs.) *Saúde do trabalhador na atenção primária à saúde, possibilidades, desafios e perspectivas*. Belo Horizonte, 2013b. Coopmed.

DIAS, M. D. A. Compreender o trabalho na Atenção Primária à Saúde para desenvolver ações em Saúde do Trabalhador: o caso de um município de médio porte. *Revista brasileira de Saúde ocupacional*, São Paulo, v. 38, n. 127, p. 69-80, 2013.

FAGUNDES, C.F. et al. VIII Conferência Nacional de Saúde, *Relatório Final*. Brasília, 1986.

GIL, C. R. R. Atenção primária, atenção básica e saúde da família: sinergias e singularidades do contexto brasileiro. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1171-1181, jun. 2006.

GIOVANELLA, L. et al. Saúde da família: limites e possibilidades para uma abordagem integral de atenção primária à saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 14, n. 3, p. 783-794, 2009.

GOMEZ, C. M. Avanços e entraves na implementação da Política Nacional de Saúde do Trabalhador. *Revista brasileira de saúde ocupacional*, São Paulo, v. 38, n. 127, jan./jun. 2013.

GOMEZ, C. M.; LACAZ, F. A. C. Saúde do trabalhador: novas-velhas. *Ciência & saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, out./dez. 2005.

GOMEZ, C. M.; MACHADO, J. M. H.; PENNA, P. G. L. *Saúde do trabalhador na sociedade brasileira contemporânea*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2011.

LEÃO, L. H. C.; VASCONCELLOS, L. C. F. Rede Nacional de Atenção Integral à Saúde do Trabalhador (Renast): reflexões sobre a estrutura de rede. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 85-100, jan-mar 2011.

MARTINS, A. R. et al. Práticas dos trabalhadores de saúde na comunidade nos modelos de atenção básica do Sul e Nordeste do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 12, p. 2279-2295, dez. 2010.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento*. São Paulo: Hucitec Editora, 2013.

NARDI, H. C. Saúde do trabalhador. In: CATANI, A. D. *Dicionário Crítico sobre trabalho e tecnologia*. 4º ed. rev. ampl. – Petrópolis. Vozes, Porto Alegre: ed. da UFRG, 2002, p. 283.

OMS - ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Atención primaria de salud. *Informe de la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud*. Alma-Ata, URSS, 6-12 de Septiembre de 1978. Ginebra: OMS, 1978.

SANTANA, V. S.; SILVA, J. M. *Os 20 anos da saúde do trabalhador no Sistema Único de Saúde do Brasil: limites, avanços e desafios*. Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, 2008.

SANTOS, A. P. L.; LACAZ, F. A. C. Apoio matricial em saúde do trabalhador: tecendo redes na atenção básica do SUS, o caso de Amparo/SP. *Ciência & Saúde Coletiva*. v. 17, n. 5, p. 1143-1150, 2012.

SANTOS, A. P. L. *Tecendo redes, superando desafios: estudo dos processos de trabalho de casos exitosos em Saúde do Trabalhador no Sistema Único de Saúde do Estado de São Paulo*. Tese. (Doutorado em Saúde Coletiva). Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2010.

STARFIELD, B. *Atenção primária: equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia*. Brasília: UNESCO, Ministério da Saúde, 2002.

SOUZA, T. S.; VIRGENS, L. S. Saúde do trabalhador na atenção básica: interfaces e desafios. *Revista brasileira de saúde ocupacional*, São Paulo, v. 38, n. 128, p. 292-301, 2013.

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. *Desenvolvimento de ações de saúde do trabalhador na atenção primária à saúde: aspectos históricos, conceituais, normativos e diretrizes*. Relatório técnico. Minas Gerais, 2010.

VELLO, L. S. et al. *Apoio ao desenvolvimento de estratégias em saúde do trabalhador através do uso de uma página virtual*. 2011. (Apresentação de Trabalho/6 Congresso de Extensão Universitária da Unesp, 2011).

# 11 Texturas da cracolândia: relações entre saúde, ambiente, risco e subjetividade

Thiago Godoi Calil

Rubens de Camargo Ferreira Adorno

## INTRODUÇÃO

Desde o início da década de 1990 a concentração de pessoas que passaram a usar cocaína sob a forma de crack territorializou-se no bairro da Luz<sup>1</sup>, região do centro histórico da cidade de São Paulo, Brasil. Podemos relacionar a degradação deste território à falta de planejamento urbano após a transferência do centro histórico para a região da Avenida Paulista. Esse fenômeno levou a um impacto na dinâmica local, onde uma área já considerada socialmente ocupada por cortiços e invasões passou a despertar um interesse sócio-político sanitário em função dessa aglomeração de usuários que a tornaria um ambiente de condições de saúde e de vida deterioradas.

Trazemos reflexões do que consideramos ‘texturas’ da cracolândia, um mergulho no cotidiano deste território incluindo percepções de risco e vulnerabilidade da população local. A noção de ‘textura’ tem

---

<sup>1</sup> A localização atual da cracolândia é na esquina das ruas Dino Bueno e Helvetia, no distrito dos Campos Elíseos. Porém, ao longo dos anos transitou pela Santa Efigênia e nas imediações da estação da Luz. A identificação como ‘Luz’ acabou sendo incorporada em função do chamado “projeto Nova Luz” que buscava a revitalização do local. No momento o projeto está parado.

como base o pensamento do geógrafo Torsten Hagerstrand, que, na leitura de Tim Ingold (2011), valoriza a ideia de entrelaçamento de trajetórias pessoais e ambientais. Partimos também da perspectiva de que do ponto de vista social e sanitário, o uso de drogas tanto lícitas como ilícitas tem sido tratado de modo normativo e generalizador. Buscamos refletir sobre as singularidades de experiências e possibilidades de cuidado, considerando que o uso de droga, além de fazer parte de um dispositivo contemporâneo do cuidado de si e da construção das subjetividades, tem características próprias em função da relação entre um tipo específico de droga, o modo de vida dos sujeitos e o contexto/ambiente em que ocorre esse uso. As subjetividades assim como os sentimentos, emoções e sensações também são construídas a partir dessas relações, e, portanto, sensações como dor, sofrimento, doença, violação têm relações com a construção das subjetividades, a história de vida e o contexto de vida às quais os sujeitos estão submetidos dentro das macroestruturas sociais.

Como já possuímos um histórico de trabalhos desenvolvidos na região, consideramos importante dar um passo a mais no contato com este contexto e vivenciar de mais perto o cotidiano no território. Traçamos então diferentes formas de inserção além do periódico trabalho de campo junto ao 'É de Lei'<sup>2</sup> e de outras pesquisas etnográficas anteriormente na região. Decidimos por uma imersão etnográfica permanente, e assim passamos 8 dias e noites consecutivas em um quarto de pensão na Rua Barão de Piracicaba, além de noites isoladas em hotel histórico na Avenida Duque de Caxias durante o ano de 2014 e início de 2015.

Frúgoli Jr.(2005) aponta a heterogeneidade dos estudos urbanos destacando várias formas de interação de diferentes práticas nos espaços urbanos, que explicitam a diversidade constitutiva deste contexto. Apesar da aparente desordem, estes espaços localizados de exclusão apresentam estratégias locais de organização. A escolha pela contribuição etnográfica possibilitou amplo contato com a cultura local proporcionando um "mergulho profundo e prolongado na vida cotidiana desses outros que queremos apreender e compreender" (URIARTE, 2012,

---

<sup>2</sup> Instituição que atua na perspectiva da Redução de Danos pensando alternativas de cuidado com pessoas que usam drogas desde 1998. Thiago, o primeiro autor, atua como redutor de danos desde 2004 na cracolândia. Centro de Convivência É de Lei - [www.edelei.org](http://www.edelei.org)

p. 5). Além disso, a abordagem etnográfica possibilita desconstruir a visão dominante de olhares externos sobre esse contexto:

Fundamentar pesquisas que buscassem reconhecer nos vínculos, dinâmicas e nos modos pelos quais processos macrosociais, políticos, econômicos se fazem presentes no cotidiano dos setores populares, e dessa forma alargar e complexificar a análise e a compreensão que toma como aspecto central e problemático o uso de drogas (ADORNO et al., 2013, p. 11).

Além das observações captadas pela imersão em campo, optamos pelo uso de imagens no corpo do texto. A utilização de imagens tem o objetivo de conectar universos tão distantes entre a vida acadêmica e o dia-dia das pessoas que vivem na cracolândia. A intenção foi trazer elementos visuais para colocar dados de um estudo científico acessíveis às pessoas.

Fotos sempre foram um desafio na cracolândia. Frequentemente recebemos propostas de fotógrafos ou jornalistas para acompanhá-los na rua e facilitar a obtenção de imagens através da 'entrada' que temos no campo. Ao longo dos anos é perceptível certo receio coletivo que evidencia uma regra local: fotos não são bem-vindas na cracolândia. Este incômodo em relação a fotografias aparece por diversos motivos, seja pela preservação do anonimato, desconhecimento da família, foragidos do sistema penitenciário, entre outros.

Optamos pelo uso de desenhos, que foram desenvolvidos a partir dos relatórios etnográficos e trocas entre os autores e desenhistas convidados. A proposta não é que os desenhos se tornem meras ilustrações que adornem o texto, mas sim, como diz Lilia Moriz Schwarcz:

Como documentos que, assim como os demais, constroem modelos e concepções. Não como reflexo, mas como produção de representações, costumes, percepções, e não como imagens fixas e presas a determinados temas ou contextos, mas como elementos que circulam, interpelam, negociam. (SCHWARCZ, 2014, p. 393).

Kuschnir (2014) realiza experiências inovadoras na ponte entre pesquisa e desenho. A autora aponta que a utilização de desenhos como

linguagem de pesquisa é capaz de contribuir na representação e produção de um conhecimento novo. Segundo Manfredo Massironi, o desenho é uma anotação gráfica capaz de descrever ou explicar um mundo de fenômenos, um “instrumento tão simples mas, ao mesmo tempo, tão intrinsecamente elástico que permite a narração, dos mais diversos modos, da complexidade, e cada vez mais dilatável para cobrir a possibilidade expressiva” (MASSIRONI, 2010 in KUSHNIR, 2014, p. 28). Ainda segundo Massironi, na leitura de Kuschnir, o desenho traz à tona a possibilidade de que representações gráficas são uma interpretação/codificação de uma multiplicidade de escolhas. Sendo assim, o desenho é capaz de fazer emergir novas camadas de informação, um material pleno de significados produzidos a partir da interação entre pesquisador, desenhistas e contexto. (KUSHNIR, 2014).

A aproximação com os desenhistas aconteceu de forma bastante variada. Marcelo Maffei, por ser amigo de um dos autores (Thiago) desde a adolescência, foi o ponta pé inicial. A partir desta primeira experimentação com somente um desenhista, avaliamos a potência e riqueza de diferentes olhares na produção das imagens. Para isso, convidamos seis desenhistas, que cada um com seu traço e linguagem, colaborou na criação de imagens e possibilidades de representações. Vale ressaltar que os desenhos aqui utilizados são dados secundários, afinal foram produzidos posteriormente ao trabalho de campo. Com caráter interpretativo, os desenhos visam ampliar as representações possíveis sobre a realidade local.

Este contato com os desenhistas nos instigou a desenhar. Os rasciscos no caderno e o aprofundamento no estudo da utilização de imagens para além de meras ilustrações foi dando forma a ideia de inserir também desenhos nossos no corpo do texto. Segundo John Berger na leitura de Karina Kuschnir (2012), o desenho de uma árvore não nos mostra uma árvore, mas “uma árvore sendo olhada”. Sendo assim, celebrando sua iniciação na produção de desenhos como dados de campo, em uma atitude autobiográfica (KUSCHNIR, 2012), nos colocamos também nesta pesquisa por meio de imagens ao desenhar objetos da cracolândia.

A intenção com os desenhos é estimular o imaginário, e a imagem “se comportar como uma privilegiada instância formadora de representações” (SCHWARCZ, 2014, p. 393).

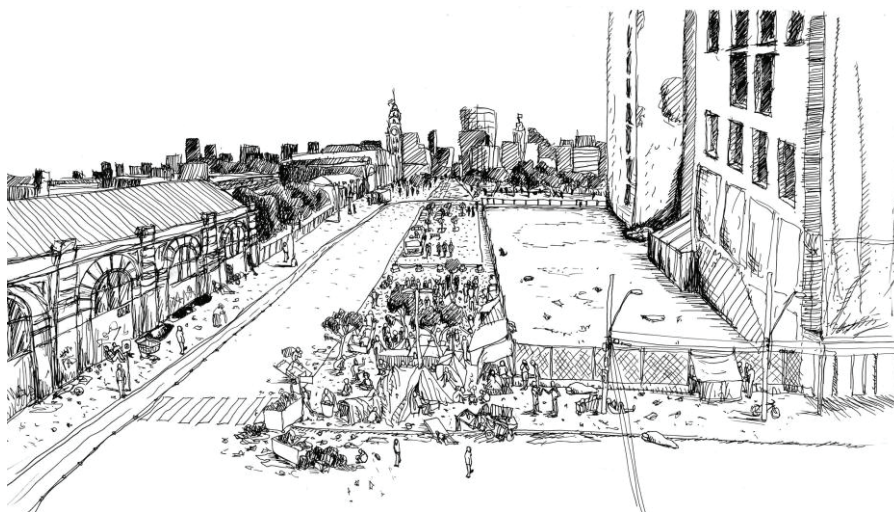


## ONDE A VIDA É VIVIDA

A obscuridade da gramática e da lei! Os dicionários só são considerados fontes fáceis de completo saber pelos que nunca os folhearam. Abri o primeiro, abri o segundo, abri dez, vinte encyclopedias, manuseei infolios especiais de curiosidade. A rua era para eles apenas um alinhado de fachadas, por onde se anda nas povoações...

Ora, a rua é mais do que isso, a rua é um ator de vida das cidades, a rua tem alma! Em Benarés ou em Amsterdam, em Londres ou em Buenos Aires, sob os céus mais diversos, nos mais variados climas, a rua é a agasalhadora da miséria. Os desgraçados não se sentem de todo sem o auxílio dos deuses enquanto diante dos seus olhos uma rua abre para outra rua. A rua é o aplauso dos medíocres, dos infelizes, dos miseráveis da arte.

(RIO, 1997, p. 47).



**Figura 1** - O fluxo na cracolândia no início de 2015, na esquina das ruas Cleveland e Helvetia

Desenho por Marcelo Maffei.

A rua tem papel importante. Além da aglomeração de pessoas e do uso público de crack, muitas outras negociações constroem a vida

neste lugar. Um viver especificamente urbano, no centro, íntimo às inúmeras transformações que ocorreram historicamente no território e que caracterizam o processo de formação da identidade deste lugar e de quem o ocupa.

Este mergulho na vida cotidiana conduziu-nos a relacionar estas vivências e percepções com as reflexões do inglês Tim Ingold, que aponta a múltipla conexão contínua entre tudo que habita determinado espaço, sejam nós, os humanos, mas também tudo que é material e imaterial que compõem o processo e os movimentos que chamamos de vida (INGOLD, 2011). É isso que percebemos na cracolândia, a organização da vida e do espaço em total reciprocidade.

Sendo assim, parece frágil uma reflexão sobre o modo de vida na cracolândia sem considerar o lugar que ela acontece: a rua. Para isso, trazemos algumas observações que explicitam a diversidade de possibilidades de manifestação da vida neste espaço essencialmente urbano (Ver Figura 1).

O bairro da Luz é muito mais do que a ideia de 'cracolândia' que permeia o imaginário público. Sim, o crack está ali, mas este espaço certamente não é composto exclusivamente pelo uso desta substância. Trata-se de um lugar vivo, onde valores, emoções e negociações de todo tipo transbordam pela vida cotidiana. Explicitar outras dimensões da vida de uma pessoa que usa crack pode ampliar o olhar sobre os problemas relacionados ao uso de drogas na cidade, abrindo novas alternativas de atenção e de cuidado.

Nesse sentido, a cracolândia é um território bastante específico. A paisagem, a infraestrutura, as relações interpessoais, as relações de troca, o mercado e as formas de controle são algumas das questões que apresentam peculiaridades próprias deste contexto. É nesta trama entre o ambiente, no caso o espaço urbano, e a produção e manifestação da vida que se torna evidente a necessidade de se aproximar e reavaliar a percepção de quem de fato vive na cracolândia, na rua. Apesar da escassez material e condições de extrema precariedade, as pessoas também usufruem a vida, e é pautando-se em diferentes parâmetros que nos cabe repensar quanto às realizações e limites da população local.

No encontro com os possíveis modos de existência na cracolândia, nos percebemos internados em pensamentos ao deparar com uma questão que ainda nos inquieta. Há anos trabalhando com a questão da

saúde e cuidado em relação ao uso de drogas em diferentes contextos, realidades, substâncias, classes sociais, ritmos<sup>3</sup>, percepções e consequentemente diferentes meios e alternativas de proteção. A escassez de bens materiais básicos, a circulação constante pelas ruas e a notória e extrema precariedade na 'cracolândia' nos fazem aprofundar a ideia de risco (Figura 2).



**Figura 2** - Considerando raras exceções, alguns objetos estão sob posse de quase todos que frequentam o fluxo  
Desenho por Thiago Calil.

<sup>3</sup> Projeto Respire - prática inovadora que pensa o cuidado e informação em relação ao uso de drogas em contextos de festas. Realiza ações em diferentes contextos como festas *raves*, bailes *funk*, festas universitárias e entre outros.

A ideia de risco evidencia incertezas frente ao que está por vir. Risco pode ser uma forma presente de falar sobre o futuro, sob o pressuposto de que se pode decidir qual o futuro desejável (CASTIEL et al., 2010). De certa forma, a princípio é a tentativa de controlar o incontrolável. Uma estratégia que atua não como predição, mas sim como probabilidade, segundo Castiel (2010, p. 12), “risco é uma entidade probabilística (...) Sempre há a possibilidade de ocorrerem imponderabilidades incontroláveis”.

Além dos possíveis danos à saúde relacionados ao uso de crack, a vida na rua apresenta um emaranhado de situações e sentidos capazes de distorcer os parâmetros do que é ou não é arriscado. Que riscos estariam em curso no cotidiano destas pessoas?

O risco não seria ele mesmo uma dimensão da vida? De sua finitude? Os dispositivos biomédicos e entre eles o medicamento revestem-se do significado de segurança e de bem-estar, ao olhar para a vida dos assim chamados “usuários”. Não estariam eles a experimentar de forma mais explícita a vida a partir de sensações e emoções vividas em seus próprios corpos, que tanto nos aparece como capazes de risco e experiências desafiantes. Assim, como sofrem a ameaça de serem reprimidos, presos, encarcerados a qualquer momento, não estariam sujeitos em seus modos de vida experimentar os limites de seus próprios corpos como uma forma de resistência em um ambiente no qual sofrem também a qualquer momento a ameaça de serem exterminados?

## **TUDO PODE ACONTECER E NADA É INDISCUTÍVEL**

Estávamos próximo ao fluxo na rua Barão de Piracicaba, esquina com a rua Glete. É começo de ano e mais uma vez o grupo de pessoas que usam crack era coercitivamente deslocado de um canto para outro. Achamos estranho o comportamento do grupo em relação a um menino que tentava se aproximar do fluxo, mas todos agressivamente pareciam o repelir. Jogavam sapatos, garrafas e outras coisas em sua direção. Nos aproximamos dele para conversar um pouco e entender o que acontecia.

É visível que ele estava bastante sujo, e apesar de um pouco resistente aceita nos acompanhar até a tenda do Programa ‘braços abertos’ da prefeitura. Seu nome é Jony, e acompanhando-o até a tenda percebo que ele está mancando com uma perna, além disso exala um cheiro

forte. É realmente muito forte, beira o insuportável, e enquanto converso com ele tento sutilmente me deslocar para o lado oposto ao vento. Minha sutileza foi em vão. Ele percebe o movimento e me pergunta: *Meu cheiro está muito forte né?*

Eu, desconcertado e sincero respondo: *Sim, está muito forte. O que está havendo?*

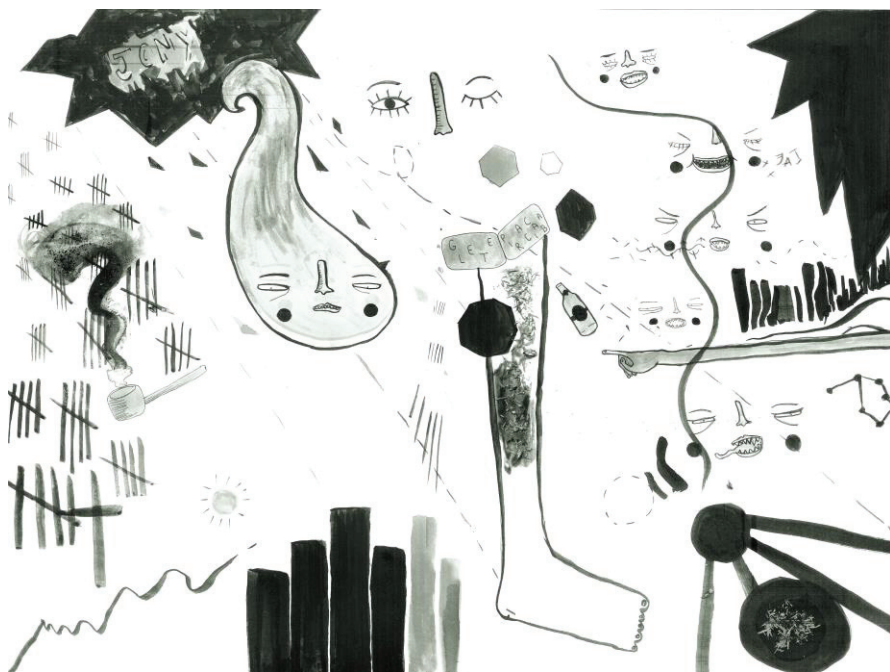
Ele responde: *É uma ferida que eu tenho aqui na perna.* Neste momento levanta a calça e me mostra uma ferida grande, e surpreendentemente com bichos em sua carne! O cheiro forte era sua perna apodrecendo... Reforço a necessidade de irmos até a tenda para limparmos a ferida.

Na tenda, entregam para ele o 'kit limpeza' (sabão, toalha e escova de dente). Ele pede uma troca de roupa. A agente de saúde diz que deve ter alguma e pede para aguardarmos enquanto ela busca. Neste meio tempo, muitas pessoas se aproximam e começam a ofender Jony de diversas formas. O que marcou para mim foi 'pé de lixo'. Outras pessoas sarcasticamente me desafiavam: *"Se você conseguir fazer esse aí tomar banho tiro meu chapéu. Você não vai conseguir"*. Jony responde e xinga-os de volta. Me sinto em um fogo cruzado, informo os rapazes que estão me atrapalhando e peço que me deixem conversar sozinho com ele, enquanto ansiosamente esperava o retorno da agente de saúde. Ela demora. As ofensas continuam e Jony perde a paciência. Joga tudo no chão, diz que não quer mais banho e sai andando rapidamente. Vamos atrás dele, tentamos convencê-lo a retornar. Tentamos em vão, ele irritado diz: *"assim não dá, assim eu não aguento!"*

Volto para casa refletindo... porque não depositar tempo e energia para cuidar de um ferimento tão grave? O que faria chegar a este ponto, praticamente já em decomposição? Fico pensando que quando Jony me mostrou a ferida ele disse com um tom aparentemente conformado: *"é uma ferida que eu tenho aqui"*. Disse como se ela fizesse parte dele, parecia já acostumado com ela, não lhe parecia ser uma questão a resolver. O que seria prioridade então para Jony neste momento? Quais questões o preocupavam? O que de fato traria risco à sua existência que não sua própria perna em putrefação? (Diário de campo - janeiro de 2014).

A definição clássica de risco no campo da saúde surge no século XIX quando buscava-se compreender a relação entre exposição e adoecimento e evitar epidemias de doenças na época, como cólera, pneumonia e febre tifoide. Posteriormente acompanhamos movimento similar em relação ao HIV e as Hepatites virais nos anos 1980. Surgiam nesta época estratégias preventivas para os chamados 'grupos de risco', entre

eles as pessoas que fazem uso de drogas, no caso drogas injetáveis (UDI). O principal risco era a transmissão de doenças pelo contato sanguíneo a partir do comum compartilhamento das seringas durante o uso. É evidente os ganhos referentes ao olhar epidemiológico preventivista, principalmente referente às situações de causa e efeito, como a transmissão de doenças. Na cracolândia, quando questionamos diretamente para algumas pessoas sobre os riscos de saúde/doenças que estavam expostos a resposta foi rápida: Pneumonia e Tuberculose (Figura 3).



**Figura 3** - As questões de Jony  
Desenho por Sefora Rios.

Porém, é preciso salientar que este enfoque epidemiológico não cobre todos os aspectos subjetivos e complexos dos fenômenos sócio-culturais que as pessoas vivenciam. Em outras palavras, quando nos deparamos com o contexto de uso de crack, por exemplo, as relações de



causa e efeito não são tão diretas, e as variantes contextuais ganham importância. É nesta trama que aspectos subjetivos e pessoais sobre a percepção de risco entram em cena.

Paralelo ao olhar do risco epidemiológico que trabalha com dados agregados de um coletivo, consideramos que enriquece o debate apontamentos referentes à construção social do risco. Nesta construção, que inclusive assume situações de ‘colocar-se voluntariamente em risco’, acompanhamos Di Giulio e Ferreira (2013, p. 32) ao enfatizar a “necessidade de considerar que o risco se vivencia no interior de cenários, onde falas, silêncios, expressões e segredos são objetos de um conhecimento coletivamente elaborado”. Considerando fatores subjetivos, éticos, morais e culturais, pressupõe que o “risco e o colocar-se em risco são fenômenos multifacetados que são percebidos, experienciados, normativamente avaliados, e manejados com alta variabilidade” (LYNG, 2014, p. 3). Desta forma, o que é arriscado para mim pode não ser arriscado para você. E dentro da possibilidade do incontrolável, nada é indiscutível.

Erwing Goffman trouxe o conceito de *action* em 1967 em suas primeiras reflexões sobre ‘risco voluntário’, mas foi somente nos anos 1990 que o interesse dessa prática ganha força com o conceito de *edgework* proposto por Stephen Lyng (2014). Desde os anos 1960, segundo Lyng, temos um aumento na prevalência de práticas com estas características extremas como esportes radicais e por que não o uso abusivo de substâncias psicoativas. Os estudos foram na direção de ultrapassar as tendências anteriores de conceitualizar o risco em termos universais, buscando um olhar mais amplo sobre as complexidades e especificidades do contexto de risco. Lyng acrescenta que “pesquisadores teóricos podem e devem estar tão atentos quanto pesquisadores empíricos pela diversidade de temas e influência do contexto social nas percepções e comportamento de risco” (LYNG, 2014, p.16).

O próprio termo *edgework* utilizado para o conceito de ‘risco voluntário’ proposto por Lyng está intimamente relacionado com a noção de fronteira, limite, manejo das incertezas. O colocar-se em risco é uma oportunidade de desenvolver técnicas que permitam negociar as fronteiras inerentes às atividades de risco, sob a recompensa de se sentir mais em controle de sua própria vida e seu contexto. Torna-se então a oportunidade de controlar o que para muitas pessoas é ‘incontrolável’,

e criar sentido para uma existência até então sem sentido (McGOVERN; McGOVERN, 2011).

Assim como registram outros estudos etnográficos (ADORNO et al., 2013; RUI et al., 2015) inúmeras rupturas e decepções são vivenciadas por pessoas que a partir deste marco iniciam ou intensificam o uso de crack, e em algum momento chegam na crackolândia. Nesse sentido, o contato com estes estudos e a dinâmica da vida na crackolândia nos inquietam. O que de fato seria correr risco neste contexto?

A hipótese de associar a possibilidade do 'risco voluntário' e o uso de crack na crackolândia tem como fio condutor a habilidade do controle. Para muitas pessoas que usam, a ideia de risco em relação ao uso de crack passa pela noção de ter ou não controle sobre o próprio uso. Quando pegam os insumos de prevenção distribuídos pelo É de Lei, alguns relatam querer só a piteira, pois "meu lábio não racha, não fico sempre fumando, mantenho o controle". Frases como "uso no meu momento de lazer, quando não estou trabalhando" e "ando atrás do crack para não deixar ele ficar atrás de mim. Se ele estiver atrás de mim é pior!" denotam que apesar de estarem ali para o uso, estão constantemente sob o olhar daqueles que consideram este ato um perigo.

Essa noção do controle do uso é também uma noção subjetiva. Determinações se o uso de drogas está dentro ou fora de controle são impostas a partir de uma construção moral da sociedade, porém, é importante enxergarmos as experiências subjetivas e pessoais de controle, e atravessar o superficial julgamento coletivo que abstrai as individualidades (McGOVERN; McGOVERN, 2011). Rui et al. (2015, p. 102) observam que muito antes de o crack se tornar um problema público de visibilidade nacional, "uma série de saberes locais já estavam e estão sendo levados a cabo pelos usuários, que se esforçam, cada um à sua maneira, para manter o uso sob observação, oscilando fases de cuidado e descontrole". As pessoas que fazem uso estão constantemente em negociações com a fronteira limite entre estar ou não sob efeito da substância, ou seja, de controlar o que para o senso comum é certamente 'incontrolável'.

É esta habilidade de negociação dos limites nas fronteiras urbanas, morais e emocionais que pode viabilizar experiências positivas em relação ao próprio uso de drogas inserido em determinado contexto (McGOVERN; McGOVERN, 2011). Segundo Lyng, a experiência de transcendência colocada pela vivência do risco pode ocorrer pois os:



Efeitos transformadores-da-realidade desta experiência inefável oferecem possibilidades reflexivas de agência e inscrições corporais profundas que proporcionam determinado apelo sedutivo que atraem as pessoas. Por estas razões, podemos dizer que a experiência de ‘edgework’ responsabiliza-se por si mesmo. É valioso porque é capaz de transportar as pessoas para uma realidade alternativa, um lugar de novas possibilidades de experiência existencial e auto-interpretação” (LYNG, 2014, p. 13).

Se o ‘colocar-se em risco’ de forma espontânea compõe o conjunto de recursos no agenciamento da vida, o que poderia acontecer para além dos limites do controle?

No discurso cotidiano, é perceptível um clima de desconfiança e um constante receio por falsidade. Estão todos juntos, mas cada um por si, e o maior risco parece ser se tornar vítima de alguma agressão. Em conversas mais abertas em relação à percepção de risco na região, é comum ouvir relatos como “hoje você tem tudo e amanhã pode não ter nada. O difícil é essa malandragem, a ‘radiação’ do lugar”, “ando sozinho, não espero nada de ninguém. Aqui na cracolândia você casa e separa no mesmo dia, quando acaba a pedra acaba o amor”. Em determinado trabalho de campo, Luis explica em poucas palavras sua percepção local de risco: “Aqui tudo pode acontecer”.

Segundo relato de campo:

Logo que chego pela Helvetia vejo Gilson dormindo. Ele está deitado em uma lona na beira da calçada da Helvetia, bem na borda do fluxo próximo a guia, quase na rua. O sol está muito forte. Fico pensativo sobre isso, nos riscos de se dormir exposto ao sol e penso em acordá-lo. Porém, não o fiz, eu estava ocupado procurando uma pessoa que havia marcado de encontrar. Dou a volta e não encontro, e minutos depois ao chegar de volta na Helvetia, Gilson está sentado. Ele ainda parece meio dormindo. Está sentado meio cambaleando com os olhos fechados, encostado em uma mulher enquanto ela parece fazer um tipo de massagem nele, encosta nele, parece ajudá-lo a equilibrar-se sentado.

Pouco tempo depois ouço gritos altos e desesperados. Olho ao lado e Gilson está gritando alto pedindo socorro! Ele está todo molhado gritando, pulando, esfregando os olhos: “Ai meus olhos! Ahhh tá ardendo, meus olhos! Minha pele! Socorro!” Imediatamente vou até ali

tentar fazer algo. A mulher que estava com ele se aproxima e diz, “eu joguei thinner nele! Achei que era água, tinha uma garrafa cheia ao lado dele, uma garrafa de 2 litros. Fui acordá-lo porque estava dormindo no sol. Joguei a garrafa toda nele e era Thiner!”

Gilson grita: “ela quis me matar! Ahhhhh meus olhos! Tá ardendo, minha pele!” O horário é aproximadamente meio dia! Me percebo atônito, sem saber o que fazer. `Cabelo`, um outro usuário que muitas vezes está cozinhando chega com 4 galões de 20 litros de água e despeja rapidamente em cima de Gilson. Outra mulher começa a passar sabão também na pele de Gilson. Alguém veio com essa informação de que sabão neutralizaria o solvente.

Um verdadeiro caos se instala no meio da rua. Seu Ulysses, um senhor de 58 anos que conversava comigo fica atordoado. Ele grita: “temos que levá-lo ao hospital imediatamente, este tipo de coisa é gravíssimo, ele pode ficar cego!!” Seu Ulysses vai em direção aos guardas da GCM que estão do outro lado da rua, exatamente na frente disso tudo e começa a xingar os policiais falando que isso é omissão de Socorro! O caos se intensifica. Os policiais tentam conter seu Ulysses.

Penso que ficar no sol seria pior, e enquanto a polícia nada faz para ajudar e segue tentando conter seu Ulysses sugiro carregarmos Gilson até a sombra do muro do outro lado da rua. Agentes de saúde da prefeitura enfim se aproximam e trazem mais água. Gilson está mais calmo, sentado no chão, na sombra, menos ofegante e ainda esfregando os olhos extremamente vermelhos. “Meus olhos ainda ardem muito...”. Enfim, a gritaria diminui.

Consgo me aproximar e sento ao lado de Gilson. Ouço ele um pouco e Ele diz estar bem e não quer ir ao médico. Quer ficar ali mesmo. Consgo informá-lo da importância de ele ir ao médico passar por uma avaliação, tanto e pelos olhos, pois existe um risco de agredir a visão, ou pelo risco caso tenha engolido thinner. Ele diz que realmente ingeriu um pouco e entende que a avaliação é importante. Decide me acompanhar ao médico. Eu e uma agente de saúde do programa Recomeço o ajudamos a andar até o SAE Campos Elíseos (Serviço de assistência especializada DST/HIV/Aids) na Al. Cleveland, a uma quadra dali. Ele está cambaleando, fraco, abalado e com a visão prejudicada... Neste trajeto me conta que não é a primeira vez que a moça tenta matá-lo. “Agora estou esperto, ela vai se ver comigo”. Sinto um tom de vingança, digo que entendo sua raiva, e que neste momento precisa se preocupar em se cuidar, atravessar este momento. Ele é acolhido no SAE e levado para a Unidade básica de saúde para avaliação. Fico pensando na ideia de vulnerabilidade e risco. Bastou se permitir descansar um

pouco que no fechar dos olhos acordou nesta situação, fritando no sol em um banho de thinner. Tudo parece possível de acontecer no 'fluxo' da cracolândia.

Meses depois vejo Gilson com a perna quebrada. Foi atropelado por um carro enquanto andava de mobilete. Onde? No mesmo lugar, no cruzamento entre as ruas Cleveland e Helvetia.

Lembramos juntos do episódio do thinner: Gilson olha para mim e diz: "Caramba, aquele dia eu fui salvo né!?" (Diário de campo - 11 de setembro de 2014 - 11h00 às 14h00).



Figura 4 - O desespero de Gilson dormindo  
Desenho Por Rafael Trabasso 'Dedos'.





Figura 5 - O desespero de Gilson acordado  
Desenho Por Rafael Trabasso 'Dedos'.

Assim como nas Figura 4 e 5, estar em risco é um fenômeno de um imaginário rico e “multidimensional que não pode ser reduzido a um produto de probabilidades e consequências” (RENN, 2008, p. 21) e principalmente no terreno estigmatizado do mundo das drogas, deve-

mos “ficar atentos à necessidade de superar as correspondentes perspectivas moralizantes de pressupostos preventivistas capazes de atingir as raias da intolerância e da opressão” (CASTIEL et al., 2010, p. 8).

## **RESISTÊNCIA: “CUIDADO PARA NÃO CORTAR O GALHO EM QUE SE ESTÁ SENTADO”**

Epele (2010, p. 46) destaca que processos de expulsão econômica, política, social e até territorial, “participam de modo indissociável e indiscriminado na produção de mal-estares, enfermidades e inclusive a morte em determinadas populações”. Ao pensarmos sobre o modo de vida na cracolândia, parece natural considerar o desenvolvimento de formas cotidianas de resistência frente aos excessos da repressão policial e o descompasso das demais políticas. O cientista político James Scott propõe um referencial teórico-metodológico que nos auxilia a refletir sobre estas práticas. Segundo Scott (2002, p.16), tais práticas “refletem as condições e limitações sob as quais elas se geraram” e dentro do ‘campo de forças’ os diversos interesses de pessoas e grupos que se posicionam na cracolândia (ADORNO; RAUPP, 2011), os enfrentamentos acontecem em um terreno diferente. Além de estratégias pontuais como o desencampamento de fios do poste de luz para carregar celulares, caixas de som e outros eletrônicos, a principal estratégia de resistência adotada parece ser a permanência.

Frúgoli Jr. trabalha a cracolândia como um espaço de ‘territorialidade itinerante’, “que significa situá-la numa certa área urbana, mas sujeita a deslocamentos mais próximos ou mais distantes, a depender do tipo de repressão ou intervenções exercidas, além das dinâmicas de suas próprias relações internas” (FRÚGOLI JR.; SPAGGIARI, 2010, p. 3). Durante um dos muitos episódios de repressão policial, conversei com algumas pessoas que fazem uso de crack sobre a possibilidade de se organizarem e atuarem em alguma resistência política, como passeatas, protestos, algum tipo de enfrentamento entre outros. A resposta foi óbvia: “somos o lado mais fraco, eles vêm com armas, escudos, carros, motos, cavalos e até Helicópteros!”. Sendo assim, de forma relativamente silenciosa, a dinâmica do crack persiste neste espaço urbano já por mais de

duas décadas. Sem uma organização formalizada, é perceptível um processo coletivo no esforço pela perpetuação desta dinâmica. “Este lugar sem a gente não existe” foi outro discurso ouvido durante intervenções da segurança pública em 2009.

A observação de Scott sobre as formas de resistência camponesa em um vilarejo produtor de arroz na Malásia dialoga com a nossa temática, pois “o que falta em termos de coordenação central é compensado pela flexibilidade e persistência. Essas formas de resistência podem não ganhar batalhas premeditadas, mas são admiravelmente eficientes em campanhas de confronto de longo prazo” (SCOTT, 2002, p. 28). Apesar de constantes atomizações nos últimos anos provocadas por inúmeras intervenções oficiais e extraoficiais, a dinâmica rapidamente se reconstitui. Em um constante processo de negociação das relações e dos limites perimetrais e subjetivos, uma das únicas opções disponíveis é permanecer.

Scott ressalta a importância em compreender que “qualquer definição de resistência requer alguma referência à intenção dos atores” (SCOTT, 2002, p. 27). Em determinado momento de uma saída a campo Luis nos diz: “aqui vem gente buscando de tudo: fazer fita, corre, procurar alguém, se esconder, acertar as contas, se proteger, conversar, se acolher, ser aceito, se aceitar e etc... aqui é de fio à pavio”.

Terceiro relato de campo:

A chuva aperta bastante e voltamos para o bar na esquina da Cleveland com Helvetia. Muitas pessoas, inclusive pessoas do fluxo (que usam crack) entram no bar para se proteger. Uma chuva muito forte com vento insano. Acaba a energia elétrica e no escuro vejo que a chuva invade o interior do bar. Do lado de fora vejo um pássaro que voa na chuva se esforçando para não ser levado pelo vento. Com esforço ele pousa no galho de uma das poucas árvores do bulevar da Cleveland. Ao meu lado, dentro do bar, um homem também se abriga da chuva. Negro, alto, magro e com os cabelos enrolados. Sei que já o vi por ali algumas vezes entre as pessoas que fazem uso, provavelmente também usa crack. Ele se aproxima de mim e inicia a conversa com um argumento curioso (Figura 6).

Comenta sobre a dificuldade dos pássaros em um tempo como esse, pois ficam molhados e sem ter para onde ir, sem ter um lugar para ficar. “*Imagina! O mundo caindo em volta dele e ele fica ali, firme!*” Acrescenta que os pássaros têm uma proteção nas penas que não deixam a água

entrar até a pele, uma proteção natural. Mas com esse vento, ele diz: *“devem estar todos molhados”* (Diário de campo - 07 de junho de 2011).



**Figura 6 - O encontro**  
Desenho por Vanessa Pens.





**Figura 7 - O contato**  
Desenho por Vanessa Pens.

Esta cena do pássaro pode ser vista como uma metáfora interessante para ilustrar o modo de vida na cracolândia. A resistência pelo território e a resiliência, assim como o pássaro, de histórias de vida que se misturam em situações de extrema vulnerabilidade. Neste cenário, se apresenta justificável o interesse pela preservação do território por seus atores sociais. A resistência que se concretiza pela existência cotidiana, como uma atitude política limite, em que a resistência se expressa por um saudável interesse em sobreviver (Figura 7).



**Figura 8** - Resistência humana e espacial  
Desenho por Vanessa Pens.

No desenvolvimento deste capítulo buscamos explicitar a necessidade de se considerar aspectos subjetivos na gama de relações que caracterizam o espaço da cracolândia (Figura 8). Tim Ingold, didaticamente aponta a impossibilidade de existir organismos e coisas sem um ambiente, assim como a impossibilidade de existir um ambiente sem a presença de coisas e organismos (INGOLD, 2011). Tudo está conectado,

e corroborado pelo olhar da fenomenologia existencial do filósofo francês Maurice Merleau-Ponty:

O espaço não é o ambiente (real ou lógico) em que as coisas se dispõem, mas o meio pelo qual a posição das coisas se torna possível. Quer dizer, em lugar de imaginá-lo como uma espécie de éter no qual todas as coisas mergulham, ou de concebê-lo abstratamente com um caráter que lhes seja comum, devemos pensá-lo como a potência universal de suas conexões” (MERLEAU-PONTY, 1999, p. 328).

É nesta complexidade e diversidade de se relacionar com o mundo que temos campo valioso na busca de alternativas de cuidado possíveis em diferentes contextos. Alternativas que considerem uma gama mais ampla de relações, inclusive subjetivas entre o ambiente, a existência humana, as drogas e o cuidado.

Esta reflexão sobre o espaço urbano da ‘cracolândia’ e os modos de vida ali experimentados traz elementos que ampliam o olhar para as questões relacionadas às pessoas que fazem uso de drogas, e a partir de suas trajetórias e seus modos de se relacionar com a cidade podemos vislumbrar diferentes ângulos na construção de políticas públicas mais eficientes.

As pessoas não são em si vulneráveis, mas podem estar em condição de vulnerabilidade em determinado momento de suas trajetórias. A relação estritamente biológica de dependência em relação a uma substância psicoativa pode ser simples e reducionista. Raikhel e Garriott (2013) apontam a necessidade de atentar-se e considerar o contexto de uso na produção das relações de dependência. A dependência é um movimento inspirado por múltiplos fatores “e deve ser vista como uma trajetória das experiências que atravessa o biológico e o social, o médico e o legal, o cultural e o político” (RAIKHEL; GARRIOTT, 2013, p. 8). O uso de drogas associado a questões ambientais, políticas e econômicas pode configurar modos de vida em condições de extrema vulnerabilidade.

Após a realização deste estudo as ideias de saúde e ‘saúde ambiental’ tornam-se questões muito mais densas e complexas. É preciso localizar a área da saúde para além de externalidades físicas e integrá-la a questões subjetivas e individuais. Para isso, mostra-se evidente a necessidade de se respeitar, escutar e valorizar a história e experiência cotidi-

ana destas pessoas que buscamos cuidar, afinal elas precisam se reconhecer nesta prática. É deste ponto que precisamos partir. Uma produção do cuidado que entenda e aceite as pessoas como são sem julgamentos e expectativas, e que ofereça a elas o que precisam, quando precisam, e na forma em que precisam. A antropóloga Maria Epele enfatiza a construção histórica e social do cuidado e aponta a necessidade de um deslocamento em direção “à produção de novos e múltiplos canais, práticas e saberes institucionais e informais, fazendo com que o ‘bom trato’ gere novos laços sociais e subjetividades” (EPELE, 2012, p. 264).

A utilização de desenhos na apresentação de dados caminha nesta direção, e pode ser entendida como uma forma de comunicação em saúde e, conseqüentemente, como um aspecto da contribuição para o empoderamento em saúde (TEIXEIRA, 2007, p. 112). O desenho valoriza as situações do cotidiano, e segundo Kamel (2006), na leitura de Karina Cabello et al. (2010), a observação da imagem estimula a inteligência no sentido de permitir a abstração e uma maior combinação de interpretações, dependendo de quem a observa (CABELLO et al., 2010). O conteúdo de pesquisas como esta pode ser enriquecido pela ampliação do grau de criatividade proporcionado pelos desenhos, evidenciando que “continuar insistindo apenas no ensino tradicional levará à fraca construção de conhecimentos” (CABELLO et al., 2010, p. 239).

Karina Kushnir (2014) destaca a necessidade de colocarmos os campos da antropologia, saúde e desenho em diálogo para contribuir didaticamente para uma melhor formação dos mesmos. Porém, a utilização de desenhos ainda é tímida e pouco reconhecida como conhecimento científico. Desta forma Cabello ressalta que “análises detalhadas do uso dessa ferramenta e das vantagens originadas a partir da sua aplicação são mais que bem-vindas” (CABELLO et al., 2010, p. 240).

## REFERÊNCIAS

ADORNO, R. C. F. et al. Etnografia da cracolândia: notas sobre uma pesquisa em território urbano. *Revista Saúde & Transformação Social*. Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 4-13, 2013.

CABELLO, K. S. et al. Uma história em quadrinhos para o ensino e divulgação da hanseníase. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 1, p. 225-241, 2010.

CASTIEL, L. D. et al. *Correndo risco: uma introdução aos riscos em saúde*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010. (Coleções Temas em Saúde).

DI GIULIO, M. G; FERREIRA, L. C; Governança do risco: uma proposta para lidar com riscos ambientais no nível local. *Desenvolvimento & Ambiente*, Editora UFPR, v. 28, p.29-39, jul-dez, 2013.

EPELE, M. *Sujetar por la herida: una etnografía sobre drogas, pobreza y salud*. Buenos Aires: Paidós, 1. ed, 2010.

EPELE, M. Sobre o cuidado de outros em contextos de pobreza, uso de drogas e marginalização. *Mana*. Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 247-268, 2012.

FRÚGOLI JR., H. O urbano em questão na antropologia: interfaces com a sociologia. *Revista de Antropologia*, São Paulo, USP, v. 48, n. 1, 2005.

FRÚGOLI JR., H.; SPAGGIARI, E. Da cracolândia aos nórias: percursos etnográficos no Bairro da Luz. *Ponto Urbe*, São Paulo, v. 4, n. 6, 2010.

INGOLD, T. *Being alive: essays on movement, knowledge and description*. New York: Routledge, 2011.

KUSCHNIR, K. Desenhando cidades. *Sociologia & Antropologia*, v. 2, n. 4, p. 295-314, 2012.

KUSCHNIR, K. Ensinando antropólogos a desenhar: uma experiência didática e de pesquisa. *Cadernos de Antropologia e Arte*, v. 3, n. 2, p. 23-46, 2014.

LYNG, S. Action and edgework: risk taking and reflexivity in late modernity. *European Journal of Social Theory*. v. 17, n. 4, p. 443-460, 2014.

McGOVERN, R.; McGOVERN, W. Voluntary risk-taking and heavy-end crack cocaine use: An edgework perspective. *Health, Risk & Society*. v. 13, n. 5, p. 487-500, Aug. 2011.

MERLEAU-PONTY, M. 1999. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

RAIKHEL, E.; GARRIOTT, W. (Eds.) *Addiction trajectories*. Duke University Press, 2013.

RENN, O. 2008. *Risk governance: coping with uncertainty in a complex world*. London: Earthscan, 2008.

RIO, J. do. *A alma encantadora das ruas*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

RUI, T. et al. Amarga delícia: experiências de consumo de crack na região central de São Paulo (BR). *Revista Inter-legere*. Rio Grande do Norte, n. 2, p. 87-109, 2015.

SCHWARCZ, L. M. Lendo e agenciando imagens: o rei, a natureza e seus belos naturais. *Sociologia & Antropologia*. Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 391-431, 2014.

SCOTT, J. C. Formas Cotidianas da resistência camponesa. *Raízes*. Campina Grande, v. 21, n. 1, p. 10-31, jan/jun, 2002.

TEIXEIRA, C. A. *A trajetória histórica do Jornal da Paulista: uma aproximação à divulgação científica*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

URIARTE, U. M. O que é fazer etnografia para os antropólogos. *Ponto Urbe*. ed. 11, n. 6, 2012.

# 12 O mapa-falante e o grupo focal como instrumentos metodológicos de pesquisa sobre práticas alimentares, ambiente e saúde

Tatiana Tenorio Matuk  
Renata Ferraz de Toledo

## INTRODUÇÃO

Metodologias de caráter participativo têm sido utilizadas de forma crescente em pesquisas sobre cenários complexos, devido sua capacidade de contribuir para novas leituras e novas ações e, consequentemente, para a transformação da realidade.

As pesquisas participativas possibilitam ou têm como princípio a participação ativa dos sujeitos ou grupos sociais tanto nos processos de investigação, quanto nos de tomada de decisões (THIOLLENT, 2011; TOLEDO, 2012). Do trabalho com diferentes atores sociais, dados importantes emergem: planos de trabalho, opiniões, ideias. Além disso, o processo participativo é importante para motivar os próprios participantes (LIST, 2006).

Diante de realidades complexas, nas quais coexistem incertezas, desigualdades e conflitos de interesse, somente o entendimento e conhecimento dos pesquisadores não são suficientes para o planejamento e execução de trabalhos efetivos. Melhores resultados são obtidos com o envolvimento e reflexão também por parte dos sujeitos da situação investigada (TOLEDO et al., 2012).

Dentre os instrumentos que favorecem este processo de reflexão, diálogo e busca de soluções compartilhadas, destacamos o mapa-falante e o grupo focal.



O mapa-falante é uma representação gráfica de determinada realidade. Por exemplo, das condições socioambientais e de saúde de grupos sociais envolvidos em uma investigação. Deve ser construído coletivamente, a partir da percepção e compreensão dos participantes sobre a problemática em estudo. Esta estratégia permite a identificação não só de problemas, mas também de demandas e anseios futuros, além de direcionar a busca de soluções a partir da construção de nexos causais e da responsabilidade múltipla (TOLEDO et al., 2014).

Os grupos focais (GFs) têm sido utilizados internacionalmente em diversas áreas do conhecimento, dentre elas na área da Educação e Promoção da Saúde. Esta técnica promove grupos de discussão sobre determinado tema por meio de estímulos pertinentes ao mesmo (RESSEL et al., 2008). A coleta de dados por meio do GF baseia-se na tendência de formar opiniões e atitudes na interação com outros indivíduos, assim, os participantes têm a oportunidade de fundamentar melhor suas concepções ou mesmo mudá-las. Essa característica do GF contrasta com dados colhidos em questionários fechados ou entrevistas individuais, onde o indivíduo é convidado a emitir opiniões sobre assuntos que talvez nunca tenha pensado antes (IERVOLINO; PELICIONI, 2001). O uso dos GFs está relacionado com os pressupostos e premissas do pesquisador, no caso desta pesquisa, como uma técnica promotora da autorreflexão e da transformação social (GONDIN, 2003).

Com base no relato de uma pesquisa desenvolvida com consumidores, agricultores e nutricionistas (MATUK, 2015), este capítulo objetiva elucidar as contribuições destes dois instrumentos metodológicos participativos – o mapa-falante e o grupo focal – no entendimento e enfrentamento de temas complexos, como neste caso, do sistema agroalimentar atual, bem como, de que forma contribuíram para a elaboração de diretrizes para a criação de um guia alimentar interativo sob a ótica da sustentabilidade.

## **O SISTEMA AGROALIMENTAR: EVOLUÇÃO E INSUSTENTABILIDADE**

O sistema agroalimentar tal como vivenciamos hoje foi marcado por duas grandes transformações, a Revolução Agrícola, que ocorreu

durante a Revolução Industrial no final do século XVIII e início do século XIX, e a Revolução Verde na segunda metade do século XX.

A Revolução Industrial provocou mudanças significativas nas atividades agropecuárias. Diversos países modernizaram os sistemas de cultivo, aumentando a sua produtividade, ou seja, passaram a produzir mais alimentos com menos terra e mão de obra, incentivando o êxodo rural.

No Brasil, a Revolução Verde ocorreu na década de 1960 e foi caracterizada pela tecnicização da produção, disseminação do uso de sementes híbridas selecionadas, fertilizantes sintéticos, agrotóxicos, drogas veterinárias e manejo de animais em confinamento. Dentre os impactos negativos, a Revolução Verde ocasionou a contaminação de recursos naturais, dependência de insumos químicos e de máquinas com custo elevado, concentração fundiária e emigração do campo para as cidades. Ainda neste processo, as monoculturas foram incorporadas como forma de potencializar o lucro e, assim, espécies exógenas altamente produtivas foram adaptadas e substituíram espécies locais, prejudicando a diversidade ambiental (ALVES; GUIVANT, 2010; AZEVEDO; RIGON, 2014).

O aumento progressivo da concentração de pessoas em áreas urbanas e a crescente demanda por alimentos, ocasionados pelo desenvolvimento industrial, provocou o alongamento da cadeia alimentar (GERMANO; GERMANO, 2014). E se intensificou no mundo globalizado, ou seja, existe pouca aproximação entre produtores e consumidores, já que o sistema ultrapassa a economia local, aumentando o número de etapas da cadeia alimentar – produção, colheita, armazenamento, comercialização, processamento, distribuição, venda, consumo – e, conseqüentemente, de atores (FAO, 2013).

Para atender as demandas do estilo de vida urbana, desenvolveram-se diversas tecnologias para garantir maior tempo de vida aos produtos (tempo de prateleira) e praticidade durante o preparo/consumo das refeições, contribuindo para o aumento do consumo de alimentos industrializados. Entretanto, essas conquistas, aparentemente espontâneas e positivas, trouxeram novos riscos socioambientais e à saúde humana, como a exclusão dos pequenos produtores e a baixa geração de

emprego, poluição e esgotamento dos recursos naturais, padrão alimentar pouco equilibrado e comprometimento da diversidade cultural (GERMANO; GERMANO, 2014; MALUF; REIS, 2013).

A intensificação da produção de alimentos tem sido prejudicial ao meio ambiente, levando ao alto consumo de água e de energia proveniente de combustíveis fósseis; degradação do solo; contaminação dos rios e lagos; poluição aérea; perda da diversidade genética e do habitat selvagem; dentre outros impactos (McMICHAEL, 2005).

Estima-se que o sistema agroalimentar seja responsável por 30% do total mundial de emissões de gases de efeito estufa. Em muitos lugares, as taxas de extração de água para irrigação dos cultivos estão excedendo as taxas de reposição, comprometendo as reservas de água do planeta. E, com a expectativa do crescimento populacional para 9 bilhões de pessoas em 2050, os impactos decorrentes do transporte, armazenamento e consumo de alimentos, mantendo-se ou intensificando-se os padrões atuais, poderão agravar a degradação do meio ambiente de forma irreversível, comprometendo a capacidade de alimentar as gerações futuras (FORESIGHT, 2011; JOHNSTON et al., 2014).

Cada etapa do ciclo de vida de um produto traz consequências para o meio ambiente, em diferentes graus, dependendo do tipo de alimento (origem animal ou vegetal, grau de processamento, local de origem e respeito à sazonalidade) e das técnicas utilizadas (consumo de energia, uso da terra, uso da água, toxicidade dos pesticidas, meio de transporte, distância percorrida e empacotamento). Estas etapas têm continuidade até o consumidor final: transporte do alimento até o lar, acondicionamento, preparação e descarte das sobras (PREUSS, 2009).

A produção pecuária, que ocupa cerca de 30% das terras mundiais e 70% das terras agrícolas, é uma das principais contribuintes para problemas ambientais relacionados às mudanças climáticas, à biodiversidade, à poluição e disponibilidade de água doce (BRASIL, 2014; STEINFELD et al., 2006).

Na agricultura, a produção de alimentos fora da estação e provindos de outros países aumentou a necessidade de insumos e as emissões de gases na atmosfera por meio das longas distâncias percorridas entre uma região e outra ou entre um continente e outro (AZEVEDO; RIGON, 2014; PREUSS, 2009).

Na indústria, os alimentos com maior grau de processamento são os mais danosos ao meio ambiente e à saúde. Isto é facilmente perceptível pelas pilhas de embalagens descartadas diariamente no ambiente; pelo incentivo às monoculturas para garantir a necessidade de óleos, açúcares e outras substâncias comuns na fabricação destes alimentos; pelo uso intensivo de contaminantes químicos sintéticos<sup>1</sup>; pela emissão de poluentes, consumo excessivo de água e energia nas diversas etapas de produção, armazenamento e transporte. Paralelamente, estes alimentos possuem elevada densidade energética, quantidade excessiva de sal e adição de contaminantes químicos sintéticos (BRASIL, 2014).

A comercialização de alimentos dependente de investimento em tecnologias, baseada no lucro e na produtividade, favoreceu a grande propriedade rural (AZEVEDO, 2012). Segundo dados do censo agropecuário, os agricultores familiares representam 84,4% dos estabelecimentos agropecuários e produzem a maioria dos alimentos consumidos no país. Apesar da imponente contribuição para a segurança alimentar e nutricional da população brasileira, em 2006, a agricultura familiar ocupava apenas 24,3% da área total de lavouras e pastagens do país. Enquanto os estabelecimentos não familiares representavam 15,6% do total dos estabelecimentos e abrangiam 75,7% da área destinada à agropecuária (IBGE, 2009) e receberam a maior parte dos recursos públicos destinados à agricultura (AZEVEDO, 2012). A dependência em relação às grandes empresas que detinham a tecnologia e os insumos necessários aumentou o custo de produção e, por conseguinte, a diminuição da renda dos agricultores. Conjuntamente, a distribuição desigual dos benefícios, a desvalorização dos saberes tradicionais e os deslocamentos populacionais com reflexos de marginalização prejudicaram a qualidade de vida destes trabalhadores (ALVES; GUIVANT, 2010).

Ainda, o atual modelo depende de empresas comercializadoras para abastecer os mercados devido ao distanciamento entre produtores e consumidores. Em geral, estas empresas recebem a maior parte do valor de venda dos alimentos, restando aos agricultores valores que não

---

<sup>1</sup>Para este trabalho, considerou-se os contaminantes químicos sintéticos que possuem relevância para o sistema agroalimentar, tais como: agrotóxicos, drogas veterinárias, fertilizantes e aditivos alimentares.

condizem com os seus esforços e necessidades (AZEVEDO; RIGON, 2014).

Estamos, portanto, diante de uma grande contradição: apesar de todo o aparato científico e tecnológico acumulado ao longo de décadas, a qualidade dos alimentos produzidos e comercializados hoje é bastante questionável. Assim, novos riscos à saúde, relacionados à contaminação das águas e do solo e à toxicidade dos alimentos consumidos, atingem todas as classes sociais e persistem as iniquidades no acesso à alimentação adequada e saudável (AZEVEDO; PELICIONI, 2011; AZEVEDO; RIGON, 2014).

## **UMA PESQUISA COM ATORES DO SISTEMA AGROALIMENTAR**

O relato a seguir, bem como a evolução histórica descrita, foi fundamentado numa pesquisa que propôs a participação de consumidores, agricultores e nutricionistas num processo compartilhado de produção de saberes sobre práticas alimentares, meio ambiente e saúde, e possíveis inter-relações, a fim de contribuir para o desenvolvimento de um guia alimentar sob a perspectiva da sustentabilidade (MATUK, 2015).

Assim, com o objetivo de realizar um diagnóstico participativo e, ao mesmo tempo, formativo sobre práticas alimentares contemporâneas e sua relação com a promoção da saúde e a sustentabilidade, foram construídos mapas-falantes com consumidores e agricultores, e desenvolvido um grupo focal com nutricionistas, todos importantes atores do sistema agroalimentar. Para favorecer melhor espaço de escuta a todos os participantes foram realizadas etapas distintas com cada um dos três grupos.

Na construção dos mapas-falantes, de forma inovadora, foram promovidas reflexões e o diálogos sobre as facilidades e dificuldades do sistema agroalimentar que os sujeitos vivenciavam, indicando sua relação com a saúde e o ambiente físico, e verificando conhecimentos, percepções, necessidades e interesses dos dois grupos - consumidores e agricultores - sobre o tema de estudo.

Em um terceiro momento, foi realizado um grupo focal com nutricionistas. Com este público, optou-se por esta técnica, para que, a partir da análise dos resultados preliminares obtidos com os mapas-falantes, este grupo pudesse contribuir mais diretamente para a construção coletiva das diretrizes de um guia alimentar sob a ótica da sustentabilidade, além de refletir e reconhecer seus conhecimentos, percepções, necessidades e interesses sobre o tema.

Em um quarto momento, elaborou-se a análise conjunta dos resultados obtidos tanto com a construção dos mapas-falantes com consumidores e com agricultores, quanto com o desenvolvimento do grupo focal com nutricionistas, contribuindo para subsidiar a elaboração do projeto de um guia alimentar interativo, agregando educação em saúde e ambiental e educação nutricional, visando, assim, contribuir para reforçar os conhecimentos existentes ou adquiridos ao longo do processo desta pesquisa e, ao mesmo tempo, para facilitar as ações educativas e o exercício profissional de diversos atores (p. ex. produtores, educadores, profissionais da saúde) e pela população em geral.

## MAPAS-FALANTES COM CONSUMIDORES E AGRICULTORES

O encontro com consumidores foi realizado na Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo - FSP/USP, em 2014, com duração total de 3 horas. Contou com a participação de 11 pessoas, com idade entre 19 e 69 anos, de ambos os gêneros, com ensino superior (completo ou em andamento), convidados por meio de comunicado divulgado pela FSP/USP (mural e *mailing*) e por rede de contatos dos autores. A maioria dos participantes que se interessaram e se inscreveram exercia atividade profissional relacionada ao tema da pesquisa.

Com o grupo de agricultores o encontro foi realizado em um sítio, em Ibiúna-SP, em 2014, também com duração total de cerca de 3 horas. Devido à dificuldade de locomoção desses atores, que costumam trabalhar na área rural, buscou-se formar um grupo que tivesse disponibilidade e interesse no tema da pesquisa. Foram visitados representantes de locais como CEAGESP (Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo), CSA (*Community Supported Agriculture* - Agricultura Sustentada pela Comunidade), Secretaria Municipal da

Agricultura de Ibiúna-SP e CAISP (Cooperativa Agropecuária de Ibiúna); sendo este último o grupo de agricultores interessados. A atividade contou com a participação de 13 pessoas, entre 17 e 56 anos, de ambos os gêneros. Quanto à escolaridade, 2 participantes concluíram o Ensino Fundamental, 4 concluíram o Ensino Médio e 7 possuíam Ensino Superior completo.

Os dois encontros, tanto com consumidores como com agricultores, seguiram a mesma dinâmica. Após breve contextualização sobre a pesquisa e esclarecimentos necessários, foi solicitado aos participantes que se organizassem em subgrupos para a distribuição dos materiais necessários. A seguir, para a construção dos mapas-falantes, os participantes foram orientados a desenhar o sistema agroalimentar da região onde moravam e/ou atuavam, destacando aspectos positivos e negativos para a saúde e para o meio ambiente, conforme o Quadro 1. Todas as informações referentes ao tema julgadas como relevantes pelos participantes poderiam ser incluídas nestas representações gráficas.

**Quadro 1** - Roteiro para a elaboração dos mapas-falantes.  
São Paulo, 2014.

Cada grupo deverá representar graficamente o sistema alimentar da região onde vive, por meio de desenho ou colagem, destacando

- 1) Locais ou situações do sistema alimentar que afetam a saúde do grupo;
- 2) Locais ou situações do sistema alimentar que afetam o meio ambiente;
- 3) Aspectos negativos e positivos do sistema alimentar (como o sistema alimentar interfere nas escolhas pessoais: acesso, segurança alimentar, disponibilidade...);
- 4) Atuação do grupo no sistema alimentar (como as escolhas pessoais interferem no sistema alimentar? Onde cada um atua, poderia ou gostaria de intervir?)





**Figura 1** - Construção dos mapas-falantes por consumidores



**Figura 2** - Construção dos mapas-falantes por agricultores

Todos os grupos realizaram uma discussão prévia sobre 'o que' e 'como' iriam desenhar, por cerca de 30 minutos. Então, iniciavam o desenho de forma coletiva e democrática, com divisão de tarefas (Figuras 1 e 2).

Ao término, após aproximadamente 60 minutos, os desenhos e colagens "ganham voz", pois, cada grupo teve a oportunidade de explicar o seu mapa e compartilhá-lo com os demais presentes (Figura 3). A mediadora deste processo de diagnóstico participativo e intervenção socioeducativa, estimulou reflexões e o aprofundamento de questões relevantes ao tema.



**Figura 3** - Apresentação oral do mapa-falante por agricultores

Neste processo de construção dos mapas-falantes, foram reconhecidos, em ambos os encontros, alguns elementos favoráveis ao alcance dos objetivos pretendidos, tais como: momentos de reflexão e discussão entre os integrantes dos subgrupos; forte interesse dos partici-

pantes para com a atividade e em contribuir para com a pesquisa; divisão democrática de tarefas, em favor das diferentes habilidades dos participantes; construção coletiva e cooperativa; alto nível de concentração; e foco no atendimento às instruções e na abordagem do tema solicitado.

Em cada encontro (com consumidores e agricultores) e dentro de cada subgrupo existiam visões bem diferentes sobre o tema, o que contribuiu para o processo de reflexão, enriquecimento da discussão e para a aprendizagem compartilhada, o que vai ao encontro dos princípios da educação crítica.

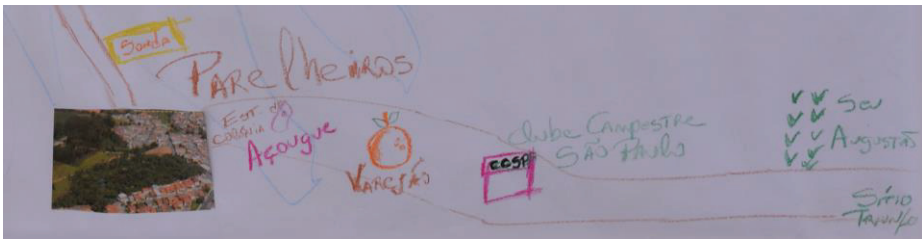
Nas Figuras 4 a 10 estão imagens dos mapas-falantes construídos por cada um dos subgrupos de consumidores e agricultores.



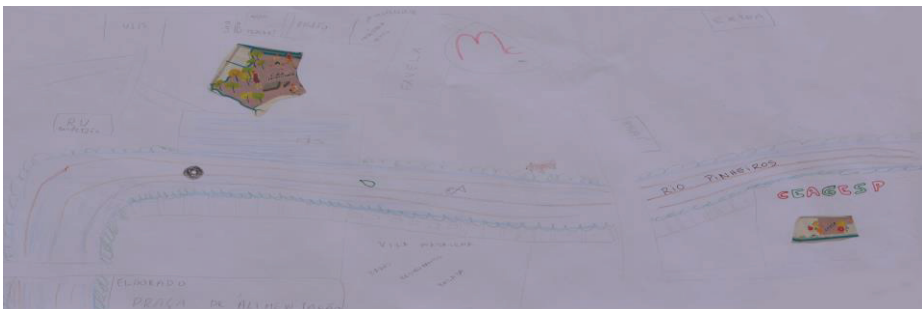
**Figura 4** - Mapa-falante elaborado por consumidores do grupo 1. São Paulo, 2014



**Figura 5** - Mapa-falante elaborado por consumidores do grupo 2. São Paulo, 2014.



**Figura 6** - Recortes do mapa-falante elaborado por consumidores do grupo 3. São Paulo, 2014



**Figura 7** - Recortes do mapa-falante elaborado por consumidores do grupo 3. São Paulo, 2014.

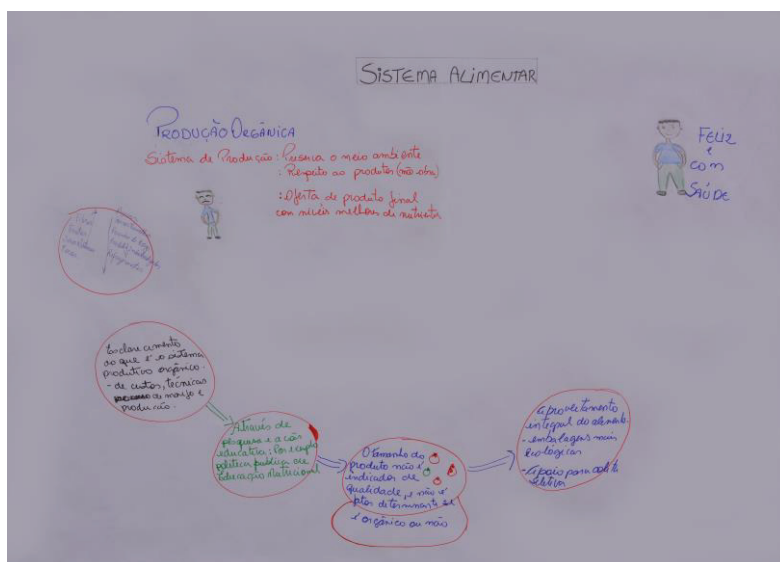
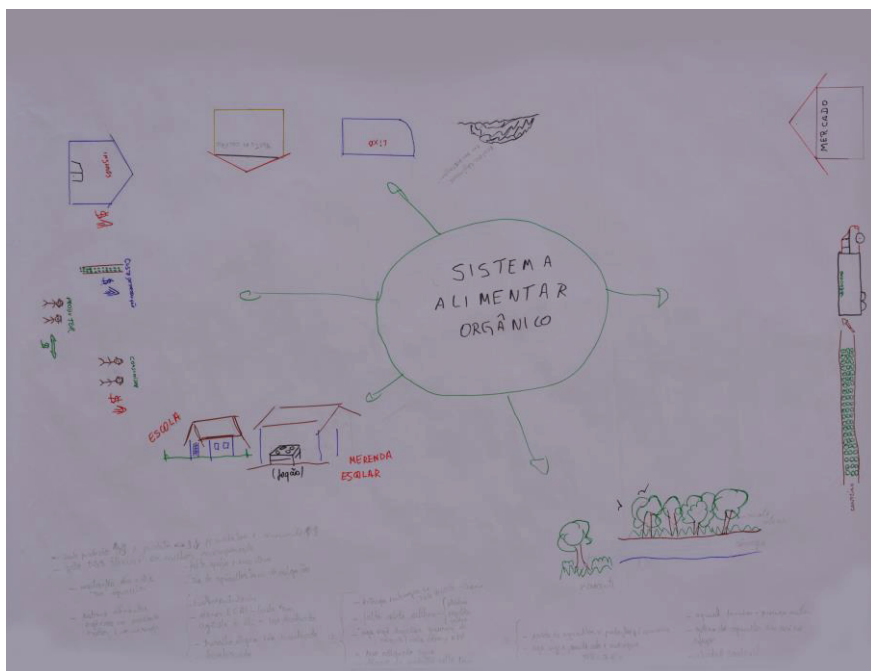


Figura 8 - Mapa-falante elaborado por agricultores do grupo 1. Ibiúna/SP, 2014



Figura 9 - Mapa-falante elaborado por agricultores do grupo 2. Ibiúna/SP, 2014





**Figura 10** - Mapa-falante elaborado por agricultores do grupo 3. Ibiúna/SP, 2014

## GRUPO FOCAL COM NUTRICIONISTAS

O grupo focal foi realizado em 2014, na FSP/USP, com duração de aproximadamente 3 horas. Contou com a participação de 6 nutricionistas, todas do gênero feminino, com idade entre 28 e 46 anos e que atuavam no mercado de trabalho na época do estudo, em áreas diversas. Estas profissionais foram convidadas, como no grupo de consumidores, por meio de comunicado divulgado pela FSP/USP (mural e *mailing*) e por rede de contatos.

Num primeiro momento, foi feita uma breve apresentação, de aproximadamente 20 minutos, sobre os objetivos da pesquisa e os resultados parciais obtidos com os mapas-falantes, com cautela para não influenciar a opinião das nutricionistas. Como recomenda a técnica do GF contou-se com o auxílio de um *relator* das falas e de um *observador* que anotava expressões não verbais (Figuras 11a e 11b).



**Figura 11a-** Grupo focal realizado com nutricionistas  
São Paulo, 2014.



**Figura 11b -** Grupo focal realizado com nutricionistas  
São Paulo, 2014.



Seguiu-se um roteiro de oito perguntas previamente elaboradas de acordo com os objetivos da pesquisa, conforme a seguir. Porém, durante o encontro, duas perguntas foram excluídas, pela saturação do assunto nas demais questões.

## Quadro 2 - Roteiro para o grupo focal. São Paulo, 2014

Cada grupo deverá representar graficamente o sistema alimentar da região onde vive, por meio de desenho ou colagem, destacando

- 1) Qual a relação entre alimentação, saúde e meio ambiente?
- 2) Vocês gostariam de saber mais sobre o modo de produção dos alimentos? O quê?
- 3) Como vocês incorporam as dimensões sociais e ambientais do sistema alimentar no seu dia a dia e na sua rotina profissional?
- 4) Um guia alimentar que agregue, além da saúde, as dimensões sociais e ambientais, baseado nos resultados deste trabalho pode ajudar a sociedade? De que forma?
- 5) Na opinião de vocês, para que público-alvo este guia deve ser destinado? Algum grupo específico ou para a população de modo geral?
- 6) Como este guia pode abordar as questões que envolvem o governo e a indústria de alimentos, por exemplo, a manipulação de informações?
- 7) O que você acha que não deve faltar neste material?
- 8) Você tem sugestões para o formato deste material?

**Fonte:** Matuk, (2015)

Durante todo o GF, as participantes demonstraram interesse, concentração e disponibilidade para agregar suas ideias, experiências e necessidades. Houve breves momentos de discordância, que serviram para fomentar o processo dialógico e que logo eram conduzidos por elas próprias a um consenso.

A motivação pessoal de cada uma das participantes com o tema da pesquisa ficou nítida, assim como a valorização do trabalho por elas desenvolvido e o papel do nutricionista para orientar não apenas práticas alimentares saudáveis, mas também menos impactantes do ponto de vista ambiental, cultural e social, ou seja, no contexto da sustentabilidade.

## **MAPAS-FALANTES E GRUPO FOCAL: ANÁLISE INTEGRADA PARA COMPREENSÃO DO TODO**

A análise conjunta dos resultados obtidos com a construção dos mapas-falantes e com a técnica do grupo focal permitiu melhor compreensão do sistema agroalimentar vivenciado pelos sujeitos desta pesquisa - consumidores, agricultores e nutricionistas. É evidente que a representação dos grupos estudados não reflete as percepções e os conhecimentos da sociedade como um todo, pois sendo uma pesquisa voluntária, inscreveram-se pessoas que já tinham afinidade com o tema. Porém, as apresentações e discussões contribuíram para um melhor entendimento sobre necessidades da população nas diversas etapas do sistema agroalimentar. Ainda, em concordância com a pesquisa participativa, os encontros facilitaram não só o “diagnóstico”, mas também a elaboração colaborativa de diretrizes para um guia alimentar interativo, sob a ótica da sustentabilidade.

Ao analisar as apresentações dos mapas-falantes de consumidores e agricultores notou-se mais simetrias que contradições, indicando que a aproximação dos dois grupos de sujeitos pode fortalecer a compreensão do quadro rumo à mudança. De forma complementar, as nutricionistas trouxeram percepções similares aos demais grupos, mas também abordaram dificuldades específicas à sua prática profissional.

Dentre os principais assuntos debatidos nestes três encontros, com consumidores agricultores e nutricionistas, a partir de preocupações e interesses manifestados pelos participantes, destacaram-se:

- Limites e potencialidades da educação nutricional;
- Falta de transparência e imposição dos alimentos transgênicos no mercado;

- Benefícios à saúde humana e ambiental da produção e consumo de alimentos provenientes da agricultura orgânica, em comparação àqueles obtidos da agricultura convencional, bem como a necessidade de superar barreiras relacionadas ao acesso destes alimentos;
- Impactos negativos da publicidade da indústria de alimentos;
- Urgência por maior atenção dos governantes para o sistema agroalimentar e todos os seus desdobramentos, bem como maior participação da sociedade na elaboração das políticas públicas;
- Necessidade de maior investimento em pesquisas sobre a relação alimentação, saúde e ambiente, não limitadas e/ou vinculadas a grupos de interesses.

## **DIRETRIZES PARA A CONSTRUÇÃO DE UM GUIA ALIMENTAR SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE**

A análise integrada dos resultados obtidos com os mapas-falantes e com o grupo focal, assim como discussões vivenciadas com os sujeitos da pesquisa, subsidiaram a elaboração de diretrizes para a construção de um guia alimentar sob a ótica da sustentabilidade, constituindo-se como um “produto” do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade – MProASaS, no qual esta pesquisa esteve vinculada, conforme a seguir:

- Divulgar os resultados da pesquisa para além do meio acadêmico, para que mais pessoas possam se apropriar desses conhecimentos;
- Aproximar consumidores e produtores, para que possam fazer escolhas num contexto mais amplo de informações sobre a relação entre alimentação e sustentabilidade;
- Criar um material pedagógico que possa auxiliar diversos profissionais, incluindo educadores, profissionais da saúde e políticos, a discutir o tema da pesquisa em ações de promoção da saúde e educação ambiental;

- Ampliar a apropriação pública das diretrizes do atual Guia Alimentar para a População Brasileira<sup>2</sup>;
- Contribuir para a sensibilização da população enquanto atores sociais capazes de influenciar o sistema agroalimentar moderno em busca de sustentabilidade.

Após o processo de investigação e análise, constatou-se que o guia alimentar deverá se configurar na forma de um *site* interativo (Figura 12). O conceito da interatividade tem sido difundido nas mídias de comunicação enquanto recurso que permite ao usuário exercer influência sobre o conteúdo ou sobre a forma de comunicação.



**Figura 12** - Página inicial proposta para o guia alimentar Sustentabilidade no Prato. São Paulo, 2015.

A palavra “guia” remete a algo ou alguém que “conduz, dá uma direção, mostra o caminho”, o que vai ao encontro dos objetivos desta

---

<sup>2</sup> A última versão do Guia Alimentar para a População Brasileira foi publicada pelo Ministério da Saúde em 2014 (BRASIL, 2014), durante a realização dessa pesquisa. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira\\_2ed.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf)

ferramenta, ao facilitar a elaboração de ações educativas. Para tanto, o guia deverá trazer amplo conteúdo sobre o tema, inclusive procurando desmistificar e transparecer assuntos polêmicos. Porém, é importante lembrar que a apropriação dessa ferramenta deve vir sempre acompanhada de uma reflexão crítica, pois a autonomia dos sujeitos (leitores do guia) para fazer suas próprias escolhas deve ser respeitada e incentivada.

Deste modo, sugere-se uma reflexão inicial sobre os termos “escolha” e “sustentabilidade” a fim de subsidiar o leitor para o melhor aproveitamento desta ferramenta. Esta chamada poderá estar em destaque na página inicial conforme mostra a Figura 12.

A abordagem lúdica deve ser o grande diferencial deste produto. Por meio de fluxogramas e desenhos, o leitor poderá visualizar cada etapa e cada protagonista da cadeia produtiva de alimentos. Para facilitar a busca de informações se prevê subdivisões para os diferentes perfis de leitor (consumidor, profissional da saúde, político, educador, entre outros). Porém, o acesso comum em fóruns e espaços para depoimentos, dentre outros, será estimulado para a aproximação destes atores.

Com a ajuda de ilustrações pode-se ainda discorrer sobre questões centrais para o entendimento da relação entre alimentação e sustentabilidade: a) Sistema alimentar: do que estamos falando? b) O que afinal é sustentabilidade? c) Como minhas escolhas interferem no sistema alimentar? d) Como o sistema alimentar interfere nas minhas escolhas? e) Quem são os protagonistas desse sistema e como cada um deles pode ajudar na busca por um sistema alimentar sustentável?

Neste espaço virtual, o leitor poderá obter informações transparentes sobre as tecnologias usadas na agropecuária convencional e orgânica, o processo industrial de fabricação dos alimentos, questões sobre a comercialização dos alimentos, transgenia, desperdício, dentre outros. Estes tópicos, escolhidos conforme as demandas identificadas pelos sujeitos dessa pesquisa, deverão ser sempre correlacionados à saúde e ao impacto socioambiental do sistema agroalimentar. Sugestões de consumo responsável, economia doméstica e esclarecimentos sobre a rotulagem dos alimentos serão fornecidas para facilitar as escolhas da população. E, sendo o *site* uma ferramenta dinâmica, novos temas poderão ser continuamente incorporados e discutidos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com a abordagem participativa, por meio das técnicas de construção de mapas-falantes e do grupo focal, permitiram aos participantes expor seus interesses, suas preocupações e suas experiências sobre o sistema agroalimentar da atualidade. As representações dos sujeitos, considerando suas especificidades, foram bastante críticas, corroborando com outros estudos que indicam a adoção de práticas alimentares contra-hegemônicas por uma parcela crescente da população brasileira.

O termo “escolhas” norteou todos os diálogos. Giddens et al. (1997, p. 94) já diziam que, na sociedade pós-tradicional, “não temos outra escolha senão decidir como ser e como agir”. Assim, a necessidade de emancipar os consumidores para fazer escolhas alimentares menos nocivas ao ambiente e à saúde ficou nítida. Para tanto, as ações informativas, publicitárias e educativas devem promover o entendimento do sistema alimentar numa visão integrada.

De modo geral, os três grupos de sujeitos investigados nesta pesquisa – consumidores, agricultores e nutricionistas – reconheciam o impacto socioambiental das suas práticas alimentares. Dentre as necessidades identificadas, destacaram-se a sensibilização e o empoderamento de todos os atores do sistema agroalimentar nas dimensões da sustentabilidade e da promoção da saúde.

Os agricultores apresentaram dificuldades para divulgar a importância do seu trabalho diante de um mercado cooperativo. A desvalorização da profissão e do produto repercutia na qualidade de vida deles. Já o grupo de nutricionistas ressaltou a importância de se intervir na formação acadêmica de futuros profissionais, nas legislações que regem a sua prática profissional e nas políticas públicas, em busca das dimensões que envolvam a Promoção da Saúde e a Segurança Alimentar e Nutricional.

Diante dos dados e resultados da pesquisa realizada aqui expostos, foi constatado que a aproximação entre produtores, governantes, educadores, profissionais da saúde e consumidores pode contribuir para o desenvolvimento de práticas de produção e consumo de alimentos menos nocivas ao ambiente e à saúde humana. Merece atenção a necessidade de ampliar o olhar de todos estes protagonistas para as reper-

cussões do uso de novas tecnologias e contaminantes químicos sintéticos na produção de alimentos. Instrumentos metodológicos de pesquisa e intervenção, de natureza participativa, como o mapa-falante e o grupo focal, mostram-se bastante adequados para tal finalidade, por promoverem reflexão, diálogo e busca compartilhada de soluções.

Acredita-se que este trabalho tenha fomentado reflexões críticas e posturas proativas sobre o tema de estudo nos sujeitos envolvidos e, tenha continuidade pela elaboração e apropriação do guia alimentar interativo aqui proposto.

Outro importante desdobramento desta pesquisa foi a elaboração de um curso de curta duração intitulado “Sustentabilidade no prato: interfaces entre alimentação, saúde e ambiente”, que vem sendo desenvolvido junto à profissionais da educação, saúde e demais interessados na temática, em diferentes comunidades, acadêmicas e não acadêmicas.

Percebe-se que ainda há muito a ser feito no tocante à relação entre práticas alimentares, sustentabilidade e promoção da saúde. Esta pesquisa não tem a pretensão de esgotar a discussão sobre o tema. Longe de estar resolvido, o sistema agroalimentar vem apresentando novos riscos, incertezas e desafios. Espera-se que este material motive pesquisas futuras e incentive a construção de políticas públicas na busca de transparência e sustentabilidade, no seu sentido mais profundo.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. F.; GUIVANT, J. S. Redes e interconexões: desafios para a construção da agricultura sustentável. *INTERthesis*, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 1-27, jan./jul. 2010.
- AZEVEDO, E. *Alimentos orgânicos: ampliando os conceitos de saúde humana, ambiental e social*. São Paulo: Senac, 2012. 386 p.
- AZEVEDO, E.; PELICIONI, M. C. F. Promoção da saúde, sustentabilidade e agroecologia: uma discussão intersetorial. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 715-729, 2011.
- AZEVEDO, E.; RIGON, S. A. Sistema alimentar com base no conceito de sustentabilidade. In: TADDEI, J. A. et al. (Orgs). *Nutrição em saúde pública*. São Paulo: Rubio, 2014.



BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION of the United Nations. *The state of food and agriculture*, FAO, Rome, 2013.

FORESIGHT. *The future of food and farming*. Final Project Report. London: Government Office for Science, 2011.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. Alimentos e suas relações com a educação ambiental. In: PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M. C. F. (Eds.) *Educação ambiental e sustentabilidade*. 2. ed. Barueri: Manole, 2014. p. 863-910.

GIDDENS, A. A vida em uma sociedade pós-tradicional. In: BECK, U. et al. *Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: UNESP, 1997.

GONDIN, S. M. G. Grupos focais como técnica de investigação qualitativa: desafios metodológicos. *Paidéia, Bahia*, v. 12, n. 24, p. 149-161, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 2006. Agricultura Familiar. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília; Rio de Janeiro: MDA; MPOG, 2009.

IERVOLINO, S. A.; PELICIONI, M. C. F. A utilização do grupo focal como metodologia qualitativa na promoção da saúde. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 35, n. 2, p. 115-121, jun. 2001.

JOHNSTON, J. L. et al. Understanding sustainable diets: a descriptive analyses of the determinants and processes that influence diets and their impact on health, food security and environmental sustainability. *Advances in Nutrition*. v. 5, p. 418-429, 2014.

LIST, D. Action research cycles for multiple futures perspectives. *Futures*, v. 38, p. 673-684, 2006.

MALUF, R. S; REIS, M. C. Conceitos e princípios de segurança alimentar e nutricional. In: ROCHA, C. et al. (Orgs). *Segurança alimentar e nutricional: perspectivas, aprendizados e desafios para as políticas públicas*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2013. p. 15-41.

MATUK, T. T. *Práticas alimentares in (sustentáveis):* participação, promoção da saúde e educação ambiental. 2015. Dissertação (Mestrado em ambiente, saúde e sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

McMICHAEL, A. J. Integrating nutrition with ecology: balancing the health of humans and biosphere. *Public Health Nutrition*, v. 8, n. 6, p. 706-715, 2005.

PREUSS, K. Integrando nutrição e desenvolvimento sustentável: atribuições a ações do nutricionista. *Revista Nutrição em Pauta*, nov./dez., 2009.

RESSEL, L. B. et al. O uso do grupo focal em pesquisa qualitativa. *Texto & Contexto Enfermagem*. Florianópolis, v 17, n 4, p 779-786, out./dez., 2008.

STEINFELD, H. et al. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2006.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TOLEDO, R. F. A pesquisa-ação nas áreas da educação, saúde e ambiente: um panorama de seu desenvolvimento nas universidades estaduais paulistas. In: TOLEDO, R.F. E JACOBI, P.R. (Orgs). *A pesquisa-ação na interface da saúde, educação e ambiente: princípios, desafios e experiências interdisciplinares*. São Paulo: Annablume, FEUSP, PROCAM, IEE, FAPESP, 2012. p. 41-60.

TOLEDO, R. F. et al. Um sistema metodológico aberto, dinâmico e legítimo na participação: uma experiência multidisciplinar com pesquisa-ação em Iauaretê/AM. In: TOLEDO, R. F. e JACOBI, P. R. (Orgs). *A pesquisa-ação na interface da saúde, educação e ambiente: princípios, desafios e experiências interdisciplinares*. São Paulo: Annablume, FEUSP, PROCAM, IEE, FAPESP, 2012. p.115-131.

TOLEDO, R. F. et al. Práticas educativas no contexto da Promoção da Saúde. In: OHARA, E. C. C.; SAITO, R. X. S. (Orgs.). *Saúde da família: considerações teóricas e aplicabilidade*. 3. ed. São Paulo: Martinari, 2014, v. 1, p. 457-483.

# Sobre as Organizadoras

## **Wanda R. Günther**

Graduada Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Mauá/IMT (1981) e Ciências Sociais pela Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP (1986). Tem Mestrado (1993) e Doutorado em Saúde Pública (1998) pela Universidade de São Paulo, Pós-doutorado no Departamento de Geologia e Geoquímica da Universidad Autónoma de Madrid (2010) e Livre Docência em Gestão Ambiental (USP). NA USP é professora titular do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública; ex-Prefeita da Prefeitura do Campus Quadrilátero Saúde/Direito (PUSP-QSD), 2012 a 2017; Coordenadora do Programa USP Recicla-FSP/USP e Coordenadora da Comissão de Sustentabilidade do QSD/USP. Foi coordenadora do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Mestrado Profissional da USP (2013 a 2016) e atualmente é vice-coordenadora (2017-2018). É vice-presidente da Comissão de Pós-Graduação da FSP/USP. Foi representante USP no CONSEMA, CADES e CONESAN. No ensino de graduação, ministra disciplinas para estudantes de Engenharia Ambiental (POLI/USP), Enfermagem (EE/USP) e Saúde Pública (FSP/USP). Na pós-graduação orienta mestrado e doutorado em programas de pós-graduação da FSP/USP (Saúde Global e Sustentabilidade - Doutorado; e Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Mestrado Profissional) e no Programa de Ciências Ambientais - PROCAM/USP. É líder do Grupo de Pesquisa CNPq - Controle da poluição do solo e por resíduos sólidos - e participa de outros 3 como pesquisadora. Está vinculada ao INCLINE/USP- Inter-disciplinary CLimate INvEstigation da USP e ao CEPED/USP- Centro de Pesquisas sobre Desastres Naturais da USP. Coordena o Laboratório de Gestão Ambiental, Inovação e Sustentabilidade da FSP/USP. Desenvolve pesquisas e orientações com ênfase em questões de saúde ambiental, saneamento ambiental, resíduos sólidos, resíduos perigosos e áreas contaminadas, qualidade e gestão ambiental, desastres e resiliência urbana, políticas públicas e educação ambiental, na interface Ambiente-Saúde-Sustentabilidade. Email: [wgunther@usp.br](mailto:wgunther@usp.br)

**Gabriela Marques Di Giulio**

É professora doutora do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP). Tem doutorado em Ambiente e Sociedade pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp-2010), mestrado em Política Científica e Tecnológica pelo Instituto de Geociências da Unicamp (2006), especialização em Jornalismo Científico pela Unicamp (2004) e graduação em Comunicação Social - Jornalismo pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp-2001). Realizou estágio de pós-doutoramento no Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM - Unicamp) entre 2011 e 2013. Realizou estágio de doutorado sanduíche em 2009 no Institute of Hazard, Risk and Relisience (Durham University, Inglaterra) e estágio de pesquisa no exterior na Stuttgart University, Alemanha, em 2012. Atualmente é coordenadora do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Mestrado Profissional da USP (2017 a 2018). Integra o Grupo de Pesquisa Meio Ambiente e Sociedade do Instituto de Estudos Avançados da USP, é pesquisadora permanente do Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Ciências Sociais e Sustentabilidade (NIECSS) e da Rede Ibero-americana de Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Áreas de interesse: Ambiente e Sociedade; Ciência e Comunicação; Riscos e Incertezas; Comunicação, Percepção e Governança do Risco; Processos Decisórios; Dimensões Humanas das Mudanças Climáticas. Email: [ggiulio@usp.br](mailto:ggiulio@usp.br)

# Sobre os autores

## **Arisnandes Antonio da Silva**

Físico pela Universidade de São Paulo, especialista em Gestão Estratégica e Econômica de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, Profissional de Gerenciamento de Projetos (PMP) certificado pelo Project Management Institute - PMI, Mestre em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Trabalha há 23 anos na Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp, onde exerce a função de Coordenador de Planejamento e Controle do Sistema Produtor São Lourenço.

## **Cristiane Dias Poças**

Engenheira de Materiais pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2001), Especialista em Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Apoio a Pesquisa (2003), Mestre em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (2015). Possui experiência na área ambiental, desenvolvendo atividades relacionadas a tratamento de água e efluentes, auditorias, obtenção de certificados verdes, gestão ambiental, licenciamento, educação ambiental e gestão de resíduos.

## **Delsio Natal**

Licenciatura e bacharelado pelo Instituto de Biociências da USP. Especialização em Saúde Pública e em Entomologia Médica, Mestrado e Doutorado em Saúde Pública. Foi biólogo pesquisador pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas onde estudou a anatomia de madeiras brasileiras. Na Faculdade de Saúde Pública da USP, foi professor auxiliar de ensino e dedicou durante toda a vida aos estudos dos insetos vetores, ministração de aulas e orientações. Professor Livre-Docente. Aposentou-se e continua agregado à referida Escola, ministrando e orientando pós-graduandos. É consultor na área ambiental, principalmente voltada aos problemas causados pelo desequilíbrio do meio e sua influência sobre as populações de mosquitos no ambiente.

**Fernando Tolffo**

Graduação em Administração de Empresas pelo UNIFIEO. Especialização em Gestão Ambiental do Espaço Urbano pelo UNIFIEO. MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais pela Escola Politécnica da USP. Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da USP.

**Gabriela Maria Arantes Rodrigues**

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo SENAC, Química pela Faculdade Oswaldo Cruz e Mestre em Ambiente Saúde e Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo. Pós-graduada *latu sensu* em Sistema de Gestão Ambiental e Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Atua desde 2003 em consultorias ambientais em projetos de Licenciamento Ambiental, Gestão de Áreas Contaminadas e Avaliação de Risco à Saúde Humana e Ecológico em unidades industriais no Brasil.

**Ildeberto Muniz de Almeida**

Médico do Trabalho. Mestre e doutor em Saúde Pública. Professor do Depto de Saúde Pública da Faculdade de medicina de Botucatu (UNESP). Um dos organizadores do Fórum Acidentes de trabalho ([www.forumat.net.br](http://www.forumat.net.br)), iniciativa de educação continuada em análise e prevenção de acidentes.

**João Vicente de Assunção**

Engenheiro Industrial pela FEI (PUC-SP, 1970), Engenheiro Sanitarista pela Universidade de São Paulo - USP (1977), Master of Science em Higiene/Poluição do Ar pela Universidade de Pittsburgh, EUA (1974), doutorado e livre-docência em Saúde Ambiental pela USP (1993 e 2006). Atualmente é Professor Titular - Colaborador Sênior da USP. Atua na área da Saúde Pública e Engenharia Ambiental/Engenharia Sanitária, com ênfase em poluição do Ar. Realizou consultorias ad hoc para Ministério do Meio Ambiente, OMS, ONU - Meio Ambiente e Banco Mundial. Pertenceu aos quadros da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB de 1971 a 1990.

**Lais Soares Vello**

Enfermeira graduada pela Unesp. Mestre em Ciências (FSP/USP). Enfermeira da Estratégia Saúde da Família. Áreas de

interesse: Saúde do Trabalhador, Vigilância Ambiental, Atenção Primária.

### **Leandro Luiz Giatti**

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade São Judas Tadeu (1996), mestrado e doutorado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP (FSP-USP). Pesquisador CNPq nível 2, bolsa de produtividade em pesquisa. Professor Associado no Departamento de Saúde Ambiental da FSP-USP. Orientador nos Programas de Pós-Graduação em Saúde Pública e em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade/FSP-USP. Editor adjunto da revista Ambiente & Sociedade. Atua na coordenação de sub-projeto de pesquisa junto ao INCLINE - INterdisciplinary CLimate INvEstigation Center. Pesquisador colaborador no grupo de pesquisa Meio Ambiente e Sociedade do Instituto de Estudos Avançados -USP e no Centro de Estudos de Governança Socioambiental - USP.

### **Marcelo Loutfi**

Engenheiro eletricitista, Mestre em Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade (FSP-USP), Perito Judicial do Tribunal Regional do Trabalho da 2ª Região - São Paulo, Professor convidado do SENAC/SP, Gerente da empresa Data Planejamento LTDA.

### **Maria Dionísia do Amaral Dias**

Psicóloga, doutora e mestre em Psicologia Social. Docente do departamento de Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu/UNESP, vinculada aos programas de pós-graduação em Saúde Coletiva (FMB-UNESP) e Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (FSP-USP). Experiência em Saúde Pública com atuação em serviço técnico especializado e gestão, nas áreas Saúde do Trabalhador, Saúde Mental e Atenção Primária à Saúde. Principais temas de pesquisa: Saúde do Trabalhador no SUS; Saúde do Trabalhador da Saúde; Trabalho e Saúde Mental; Crianças e Jovens Trabalhadores; Consequências psicossociais das violências no trabalho.

### **Mônica Silveira e Costa Cheng**

Engenharia Química pela Universidade de Mogi das Cruzes, mestrado em Ciências pela Universidade de São Paulo, especialista de Meio Ambiente da USIMINAS - Usinas Siderúrgicas de



Minas Gerais. Experiência na área ambiental, foco no acompanhamento de processos e recursos junto à CETESB e demais órgãos ambientais. Vice coordenadora do PRODEMA (Comitê de Meio Ambiente das Indústrias do Polo Industrial de Cubatão); coordenadora da operação inverno do CIESP Cubatão, representante do IABr (siderurgia) junto à câmara técnica da CETESB; representante do CIESP Cubatão nas câmaras ambientais da FIESP; representante do CIESP Cubatão no Conselho Consultivo do Parque Estadual da Serra do Mar.

### **Renata Ferraz de Toledo**

Bióloga (UNESP, Botucatu, SP). Educadora Ambiental, Mestre e Doutora em Saúde Pública (FSP/USP). Professora e Orientadora do Programa de Mestrado Profissional Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (MProASaS - FSP/USP). Editora adjunta da Revista Ambiente & Sociedade. Experiência nas áreas de interface da educação, saúde e ambiente, especialmente, promoção da saúde, educação em saúde e ambiental e metodologias participativas.

### **Rodolfo Andreani Sobrinho**

Médico veterinário pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal da UNESP, com Especialização em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto, Mestre em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública (FSP/USP). Tem experiência em clínica veterinária, controle de zoonoses, assistência técnica na formulação de nutrientes animais e fármacos, controle de pragas urbanas, controle de vetores, manejo de animais silvestres na área urbana e vigilância sanitária de alimentos, produtos e serviços.

### **Rubens de Camargo Ferreira Adorno**

Graduação em Ciências Sociais pela UNICAMP, Mestre e Doutor em Saúde Pública pela USP, Livre Docente. Professor Sênior da Faculdade da Saúde Pública - USP. Atua na linha de pesquisa: Saúde Pública, Ciências Sociais e Sociedade Contemporânea; que procura trazer a contribuição da Pesquisa Social, notadamente da Antropologia e de uma Antropologia Crítica da Saúde, buscando construir um tratamento teórico para as vulnerabilidades contemporâneas; que possam se expressar a

partir dos contextos e das subjetividades, suas relações com o consumo, as moralidades e as políticas públicas que se constituem no capitalismo tardio e articulam os contextos globais, nacionais e locais. As pesquisas mais recentes tematizam o campo das drogas lícitas, ilícitas ou prescritas, como uma esfera do consumo das sociedades contemporâneas a partir do desafio de propor uma abordagem mais complexa do que o tratamento técnico a que esses fenômenos são relegados.

### **Silmara Regina da Silva**

Graduada em Administração de Empresas pela Unisal de Americana/SP (1990). Mestre em Ciências Ambientais pela Faculdade de Saúde Pública - USP. Desde 1992 é funcionária da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, atuando principalmente nos seguintes temas: Qualidade do Ar e Emissões Veiculares.

### **Sonia Maria Viggiani Coutinho**

Graduação em Direito, mestrado em Saúde Pública e doutorado em Ciências, todos pela USP. Pós-doutorado pela USP, com Bolsa Fapesp. Orientadora pontual do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade. Pesquisadora e coordenadora executiva da Rede SIADES - Sistema de Informações Ambientais para o Desenvolvimento Sustentável. Pesquisadora do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Mudanças Climáticas - NapMC/ INCLINE, do Grupo de Pesquisa Modos de Vida, Sustentabilidade e Dinâmicas Contemporâneas, do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade (NIPAS- UTFPR) e da Divisão Científica de Gestão, Ciência e Tecnologia Ambiental (IEE/USP).

### **Tatiana Tenorio Matuk**

Nutricionista, Mestre em Ciências - Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, Faculdade de Saúde Pública - FSP/USP. Atua como educadora com ênfase nos temas Nutrição, Sustentabilidade e Promoção da Saúde.

### **Thiago Leite**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa, especialização em Sistemas de Gestão Integrados da Qualidade, Meio Ambiente,

Segurança e Saúde no Trabalho e Responsabilidade Social pelo SENAC-SP e mestrado em Ciências pela FSP/USP. Atualmente é engenheiro sênior pelo Consórcio Prosan JHE-Concremat-JNS e professor no curso de Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos no SENAC-Campinas. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Saneamento Ambiental, atuando especialmente no gerenciamento de projetos e acompanhamento/fiscalização de obras de saneamento, na viabilização técnica, financeira e ambiental de projetos de infraestrutura urbana, bem como no licenciamento ambiental e regularização de empreendimentos.

### **Thiago Godoi Calil**

Possui graduação em Psicologia pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2006). Doutorando e Mestre em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - FSP/USP. Tem experiência na área de Psicologia, com ênfase na Psicologia Social, atua com pessoas em situação de rua e usuários de drogas desde 2004 na cidade de São Paulo. Atua na perspectiva da redução de riscos e danos sociais e a saúde em contextos de uso de drogas.

### **Wanderley da Silva Paganini**

Engenheiro Civil pela UNESP de Bauru/SP, Engenheiro Sanitarista, Mestre e Doutor em Saúde Pública e Livre-Docente em Saneamento Básico e Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - FSP/USP. Trabalha na SABESP desde 1980 e em fevereiro de 2007 criou e assumiu a Superintendência de Gestão Ambiental da Companhia. É Professor Associado do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP.