



Escola Técnica Estadual de São Paulo

Trabalho IV

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROSCÓPICA
COMPARATIVA DAS PRECIPITAÇÕES ANTES DE
CHEGAR AO SOLO NO JARDIM DA LUZ, METRÔ
SANTANA E MARGINAL TIETÊ NA ALTURA DA
PONTE DA CASA VERDE, SP.**

SOUZA, Janis Santos de;
CHIMATTI, Jéssica Martins;
ARAÚJO, Karoline Alves de;
SOUZA, Nathalia Costa Domingues de;
SILVA, Thaís da;

Professores Orientadores: MENEZES, Cristian;
REBELATTO; Naicir;
KEIROGLO; Paulo

Análise físico-química e microscópica comparativa das precipitações antes de atingir ao solo no Jardim da Luz, Metrô Santana e Marginal Tietê na altura da ponte da Casa Verde, SP.

Orientadores: MENEZES, Cristian; REBELATTO, Naicir; KEIROGLO, Paulo

Introdução

A água pura (H_2O) é um líquido formado por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio e acredita-se que seu surgimento no planeta foi a cerca de 4,5 bilhões de anos atrás. O que permitiu ao nosso planeta conservar essa água da qual dispõe, foi a relação entre a sua massa e a distância do Sol. Além de ser um solvente universal, a água possui características curiosas e vitais para o planeta; como exemplo, seu alto calor específico que permite a estabilidade do clima e a dissolução de gás carbônico, que por sua vez, têm a propriedade de absorver as radiações infravermelhas tendendo a manter temperaturas muito elevadas. (BRANCO, 1993, pág.10).

Analogamente o ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada, que abrange o volume total da água do sistema terrestre. Parte deste fenômeno participa da atmosfera e é delimitado pelas camadas denominadas troposfera e estratosfera e pela camada superficial da crosta terrestre. Este segmento é impulsionado pela energia solar associada à gravidade e à rotação.

A atmosfera possui diversidades de condições físicas importantes que a caracteriza e subdivide. As correntes aéreas que transportam a umidade deslocam-se tanto nos estados físicos de vapor, líquido e sólido. A umidade no estado de vapor é invisível, assim neste contexto as nuvens constituem-se num

conjunto de aerossóis visíveis de microgotículas de água que dependendo da região e da estação do ano, podem caracterizar-se por partículas de gelo.

A atmosfera terrestre, na sua composição atual, é fruto de processos físico-químicos e biológicos iniciados há bilhões de anos. É formada por inúmeros gases, sendo os principais: Nitrogênio (N_2) com distribuição média de 78,11%, Oxigênio (O_2) com 20,95%, Argônio (Ar) com 0,934% e Gás Carbônico (CO_2) com 0,033%. Além destes gases a atmosfera também é constituída por vapor d'água, cristais de sal, material particulado orgânico (polens, bactérias, micróbios, etc.) e inorgânico (areia muito fina, subprodutos de combustão, etc.).

A presença das partículas sólidas em suspensão no ar tem fundamental importância no ciclo hidrológico, pois são estas que produzem núcleos de condensação, acelerando o processo de formação das nuvens e conseqüentemente a ocorrência da precipitação. Este fenômeno é denominado coalescência.

Como o ciclo hidrológico é fechado quando contemplado a nível global, os volumes evaporados em um determinado local do planeta não precipitam necessariamente onde ocorreu, porque há movimentação contínua com a dinâmica específica da atmosfera.

A transferência de água entre atmosfera e superfície terrestre ocorre em

qualquer estado físico, sendo a mais comum, a precipitação através da chuva.

Precipitação é o fenômeno de queda de um corpo físico em suspensão na atmosfera, quando a sua densidade supera a pressão atmosférica que o mantinha em suspensão, ele se precipita em estado sólido ou líquido, a esta forma de precipitação damos o nome de chuva.

Tendo como base os trabalhos “A variação da qualidade da chuva no início da precipitação” de Luciano Rebello e as obras “Aproveitamento da água da chuva” e “Poluição Difusa” de Plínio Tomaz, o presente trabalho tem como objeto de estudo: água da chuva antes de atingir alguma superfície ou solo.

Justificativa

O crescimento populacional, a urbanização e a industrialização ampliam a demanda pela água. Sua escassez é um problema sócio-ambiental causado pela falta de planejamento de manejo dos recursos hídricos. Atualmente, mais de um bilhão de pessoas já não tem acesso a água potável suficiente para suprir suas necessidades básicas diárias. O consumo

de água dobrou em relação ao crescimento populacional no último século. Assim, a água da chuva pode se tornar uma alternativa viável para suprir algumas necessidades.

O aproveitamento da água da chuva ajuda a reduzir enchentes e compensar as distorções no ciclo hidrológico pelas atividades das cidades. Estudos da Agência Nacional de Água apontam que a quantidade de água da chuva que cai durante o ano sobre o telhado de 100m² de área é suficiente para abastecer uma família de quatro moradores por seis meses. A água da chuva não deve ser usada para consumo humano e sim para fins nobres, como regas de jardins, lavagem de áreas externas, irrigação e descargas sanitárias.¹

O local escolhido para o estudo foi o município de São Paulo devido ao seu atual estágio de crescimento urbano que tem como característica marcante a importância assumida pela dimensão ambiental dos problemas de ocupação urbana.

¹SOUZA, 2008. **Aproveitamento de água de chuva dribla o desperdício** Disponível em: <<http://www.acesa.com/cidade/meioambiente/chuva/>>. Acesso em: 17 outubro 2009.

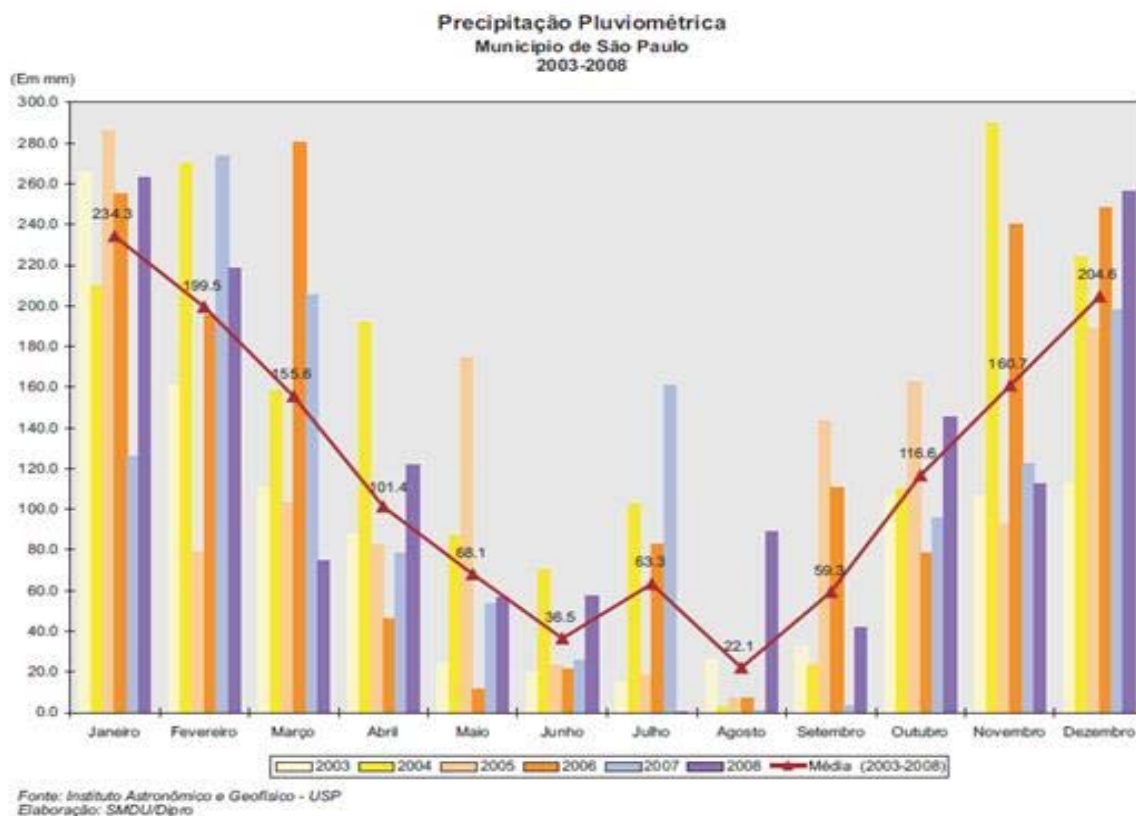


Fig.01 – Gráfico da precipitação pluviométrica no município de São Paulo de 2003 a 2008.

Outros fatores que influenciaram na escolha do local de estudo foram os altos índices pluviométricos da cidade de São Paulo, que são crescentes ao longo dos anos.

A cidade possui uma das maiores zonas industriais da América do Sul e também as maiores frotas de veículos do Brasil, o que presume a gravidade da qualidade do ar.

Os problemas de poluição do ar datam desde a história antiga. Registrada em Roma, há dois mil anos, surgiram às primeiras reclamações a respeito do assunto. O ar pode ser considerado poluído quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações que causem algum dano à população, fauna e flora.

A poluição no município de São Paulo é provocada por duas fontes: as estacionárias (chaminés das fábricas) e as fontes móveis (diversos meios de transporte), sendo esta última a maior responsável pela poluição do município. Este problema de poluição móvel começou a se destacar no ano de 1956, marcado por tentar atender os interesses da indústria automobilística que se instalou em São Paulo, e fazia parte do “Plano de Avenidas” do prefeito Prestes Maia que investiu no sistema viário.

Atualmente em São Paulo, oitocentos veículos entram em circulação diariamente.

O transporte de poluentes na atmosfera geralmente ocorre através da movimentação dos ventos. A velocidade

de transporte é alterada pela altitude, topografia e variação térmica.

Portanto a dispersão de poluentes está relacionada com a superfície do solo e sua ocupação (edifícios, chaminés, etc.), que atuam como barreiras ao fluxo de poluentes na atmosfera.

Os problemas de poluição atmosférica podem ser globais (efeito estufa, destruição da camada de ozônio na estratosfera e chuva ácida de origem antropogênica) ou locais. Os problemas locais são formados por episódios críticos de poluição, como em cidades, e dependem da geração e das condições climáticas existentes para sua dispersão.

Com relação à cidade de São Paulo, uma megalópole, a dispersão dos poluentes é limitada pela grande concentração de edificações.

Considerando o ciclo hidrológico ativo na região metropolitana de São Paulo e as particularidades atmosféricas, o projeto contempla a interação entre as precipitações e as poluições locais.

Delimitado por uma área referencial, localizada entre os pontos abaixo indicados, amostras das precipitações poderão indicar a ocorrência da dispersão de poluentes:

- Marginal Tietê, na altura da Ponte da Casa Verde, é uma área de baixa densidade populacional por ser uma importante via de tráfego, interligando as regiões oeste, norte e leste da cidade. Além de sofrer influência do Rio Tietê, sofre com a poluição industrial e com os lançamentos de esgotos domésticos que geram gases, possui trânsito intenso, ou

seja, emissões constantes de poluentes provenientes de automóveis, porém possui um entorno que permite a dispersão;



Fig.02 – Imagem de satélite da Marginal Tietê na altura da Ponte da Casa Verde.

- Jardim da Luz, está localizado no bairro do Bom Retiro (com 26.598 habitantes). O parque tem totais 81.758m², entre os quais 48.376m² de vegetação implantada e 892m² de edificações. Está localizado no centro da cidade, ao lado da Av. Tiradentes, portanto, a dispersão de poluentes é dificultada por conta das árvores e dos prédios nas proximidades do parque;



Fig.03 – Imagem de satélite do Jardim da Luz.

- Terminal Santana está localizado em Santana e encontra-se próximo a Serra

da Cantareira. O bairro apresenta 124.654 habitantes, sendo que este número é relativamente baixo se comparado com outros bairros, porém a circulação de pessoas e veículos diariamente é muito intensa. Seu território é composto em toda sua totalidade por área urbana. São 12,60km² de área e 2.189.700 de m² de cobertura vegetal. A área possui poucos prédios, porém é altamente impermeabilizada. Especificamente no ponto de amostragem, há influência do terminal de ônibus, que tornam a dispersão dos gases menor.



Fig.04 – Imagem de satélite do Metrô Santana.

Não há parâmetros quanto à determinação da qualidade da água de chuva no município de São Paulo, portanto o trabalho justifica-se por propor parâmetros com finalidade em analisar qualitativamente a água da chuva.

Ainda não existe no Brasil legislação no âmbito nacional ou norma para a qualidade da água da chuva, porém há uma norma da ABNT sobre o aproveitamento de água de chuva em coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT NBR 15.527/07). No

entanto, a avaliação qualitativa desta água pode ser realizada através dos parâmetros encontrados na Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde relativa do padrão de potabilidade da água, e na Resolução N°357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) relativa à qualidade dos corpos d'água. (MELLO, 2007, pág. 52)

A análise da água da chuva isoladamente, durante a sua fase inicial, ainda não é suficiente, pois a maioria dos trabalhos realizados sobre a qualidade da água de chuva avalia esta qualidade apenas após de sua captação e armazenamento. Tal estudo é essencial, pois pode identificar se as impurezas nela encontradas são provenientes da atmosfera ou da captação e armazenamento, fazendo com que se possa evoluir nas técnicas de aproveitamento deste manancial.

É de suma importância o conhecimento da qualidade do ar de uma região, assim como os impactos decorrentes de sua deterioração, de forma a evitar danos ao meio ambiente e permitir o gerenciamento das fontes poluidoras. No estado de São Paulo a CETESB monitora continuamente a qualidade do ar por meio de 29 estações, que estão situadas na Grande São Paulo e no interior; porém não há no estado, tampouco no Brasil, uma rede de monitoramento de águas de chuva, que vise sua caracterização quanto ao pH e à composição química. (LARA et al; TRESMONDI et al., 2005).

Objetivo geral

Avaliar a variação da qualidade da água da chuva na cidade de São Paulo, em várias situações de tempo e espaço.

Objetivo específico

- Coletar e analisar as precipitações de três pontos distintos, sendo eles: Jardim da Luz, Metrô Santana e Marginal Tietê na altura da ponte da Casa Verde;
- Correlacionar a qualidade da água da chuva e do ar com a ação antrópica;
- Constatar a solubilização e o decréscimo dos poluentes em função do tempo-espaço;
- Analisar a influência da poluição atmosférica na água da chuva e suas propriedades físico-químicas e microcópicas;
- Avaliar a presença de contaminantes na água da chuva;
- Verificar se há estabilização das variáveis utilizadas e a partir de quantos minutos ocorre;
- Avaliar o tipo de chuva por conta de suas características bem como suas consequências;
- Discutir a abrangência e influência da área do triângulo;
- Relacionar a intensidade da chuva com os outros parâmetros;
- Avaliar a possível influência dos gases na qualidade da água;

- Relacionar os parâmetros obtidos com a Portaria N° 518/04 do Ministério da Saúde.

Materiais e Métodos

Caracterizar ambientalmente os locais de amostragem objetivando sua comparação. Relacionar as dispersões de gases e as características que podem influenciar na qualidade água da chuva; analisando-se:

- Cobertura vegetal;
- Comunidade animal;
- Fluxo de veículos móveis;
- Presença antropogênica;
- Uso e a ocupação do solo urbano;
- Rugosidade.

Definição dos locais específicos das coletas.

Dimensionamento da área de abrangência do trabalho, obtido através da área do triângulo isósceles (dois lados iguais e um distinto), com utilização do programa Google Earth, que fornece estes dados (distância entre os pontos e imagens de satélite).

A definição da área de influência contemplará a abrangência através da seguinte relação:

$$X = \frac{\text{Pop. da cidade}}{\text{área da cidade}} \times \text{área do triângulo}$$

X = pop. inserida no triângulo (influência).



Fig.05 – Imagem de satélite do triângulo isósceles utilizado para o cálculo de abrangência e influência

Construção de três coletores, da seguinte forma: canos de PVC de 50cm de largura e 10cm de diâmetro foram cortados ao meio transversalmente e amarrados com arames em telhas de 50cmx100cm, tal fixação foi reforçada com cola de PVC; copos plásticos foram colocados em uma das extremidades dos canos para impedir a passagem de água e aumentar a quantidade de água coletada. Um protótipo das telhas foi testado em um dia de chuva para saber sua funcionalidade.



Fig.06 – Coletor da água da chuva utilizada nas coletas.

Esterilização dos recipientes de coleta em uma vasilha metálica com água em temperatura elevada e posteriormente

por água destilada. Foram envolvidos com papel *contact* preto para impedir a incidência de luz, afim de não alterar as propriedades da água.

Para o planejamento da data de coleta, acompanhou-se a previsão do tempo segundo os sites do INPE, Clima Tempo e INMET.

A coleta foi feita nos trinta primeiros minutos de chuva, com intervalos de tempo de dez em dez minutos, portanto para cada local foram utilizados três recipientes, ou seja, um total de nove recipientes. O valor máximo de amostragem foi de 300ml (cada recipiente) para estabelecer um padrão de coleta.

No dia da coleta, os integrantes do grupo se dividiram pelos pontos de amostragem. E aguardou-se pelo início da precipitação.

Constatação da pluviosidade através do site Clima Tempo.



Fig.07 – Imagem do momento de coleta no Metrô Santana

As amostras foram identificadas com etiquetas da seguinte forma:

- 1 = Primeiros 10 minutos;
- 2 = De 10 a 20 minutos;
- 3 = De 20 a 30 minutos.

A = Amostra Marginal Tietê;
B = Amostra Parque da Luz;
C = Amostra Santana.



Fig.08 – Recipientes utilizados para o armazenamento da água da chuva coletada.

Inicialmente, foi feita a pesagem dos recipientes antes e depois da abertura dos mesmos, para constatar e mensurar a perda de possíveis gases.

As amostras de água coletadas foram posteriormente analisadas em laboratório, considerando parâmetros físico-químicos e microscópicos.

Parâmetros Químicos analisados:

- pH: usado para indicar a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, ou seja, é o modo de expressar através de escala logarítmica a concentração de íons de hidrogênio (H^+) presentes na solução; medição através do pHmetro digital;



Fig.09 – Testes de pH em pHmetro digital.

- Teste de amônia: constatar se havia processo de degeneração biológica de matéria orgânica animal e vegetal e comparar a quantidade de amônia com o pH das amostras. Pois a amônia tem influencia direta no pH, formando hidróxido de amônio em contato com a água, resultando em um pH básico. A medição foi realizada com os testes de amônia para aquários;
- Teste de nitrito e nitrato: identificar substâncias derivadas de nitrogênio que indicam ação biológica. Análises com testes para aquários.

Parâmetros Físicos analisados:

- Condutividade elétrica: indica a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionado com a presença de íons de ácidos e bases dissociados (partículas carregadas eletricamente) e sólidos dissolvidos na água; medição através do condutivímetro;
- Turbidez: representa o grau de dificuldade que a luz apresenta para atravessar certa quantidade de água, que confere uma aparência turva à água e é decorrente principalmente da

presença de sólidos em suspensão; medição através do turbidímetro.

Análises microscópicas são importantes, pois em ambientes terrestre, aquático ou atmosférico existem seres vivos, microscópicos ou não. Tais organismos têm funções específicas que são vitais para o equilíbrio dos ecossistemas, principalmente as funções relacionadas com transformações de substâncias dentro dos ciclos biogeoquímicos; as amostras foram observadas através do microscópio óptico com aumento de 40X.



Fig.10 – Análise microscópica em microscópio óptico.

A velocidade de captação foi calculada através da relação entre a quantidade da amostra pelo tempo de coleta. Esta depende diretamente da intensidade da chuva e pode influenciar nos resultados das análises laboratoriais, por exemplo, o pH.

De acordo com a intensidade, a duração e a interferência dos ventos classificou-se o tipo de chuva coletada. Pois tais fatores interferem diretamente nas análises.

Resultados e Discussão

A qualidade do ar interfere diretamente na qualidade da água da chuva, que pode variar de acordo com as condições meteorológicas e com as características ambientais, que envolvem a presença de vegetação, as atividades desenvolvidas nas proximidades que emitam cargas poluidoras e a localização geográfica do local de amostragem. (TOMAZ, 2003, pág. 39)

A caracterização ambiental dos locais de amostragem apresentou o seguinte:

1. Ponte da Casa Verde (A):

- Cobertura vegetal: composta por gramíneas e também árvores de médio porte afastadas;
- Comunidade animal: nada consta;
- Fluxo de veículos móveis: fluxo intenso de carros e caminhões;
- Presença antropogênica: não há residências ou prédios nas proximidades, a influência é maior quanto ao fluxo de veículos do local;
- Uso e a ocupação do solo urbano: o solo é impermeabilizado;
- Rugosidade: baixa, considerando que a área é aberta e há pouquíssimos prédios próximos às margens do rio.



Fig.11 – Ponte da Casa Verde

2. Jardim da Luz (B):

- Cobertura vegetal: composta por árvores de grande porte, gramíneas e líquens verdes;
- Comunidade animal: pombas, pássaros, insetos e preguiças;
- Fluxo de veículos móveis: fluxo intenso de carros e caminhões;
- Presença antropogênica: o parque é aberto à visitação pública constante;
- Uso e a ocupação do solo urbano: nas proximidades do local há avenidas e uma concentrada região de comércio;
- Rugosidade: média, por conta das árvores e dos prédios nas proximidades do parque.



Fig.12 – Coreto no Jardim da Luz

3. Metrô Santana (C):

- Cobertura vegetal: composta por gramíneas dispersas e pouquíssimas árvores de médio porte;

- Comunidade animal: pombas e insetos;
- Fluxo de veículos móveis: fluxo intenso principalmente de ônibus e lotações, e também de carros;
- Presença antropogênica: a circulação de pessoas é constante no local, principalmente por conta do acesso aos meios de transporte público (metrô e ônibus);
- Uso e a ocupação do solo urbano: nas proximidades do metrô há avenidas e prédios residenciais e comerciais;
- Rugosidade: alta, por conta dos poucos prédios nas proximidades do local.



Fig. 13 – Cruzeiro do Sul (Metrô Santana)

A área de abrangência foi calculada em 4,73km², sendo esta a que a chuva atingiria diretamente. Quanto maior a distância dos pontos de amostragem e do interior do triângulo menor a influência dos resultados obtidos.



Fig.14 – Imagem de satélite do triângulo isósceles com a distância entre os pontos de coleta.

A área de influência, ou seja, a população inserida no triângulo foi estimada em 52.922 habitantes.

A cidade de São Paulo não possui estações do ano bem definidas. As precipitações ocorrem durante todo o ano, tendo maior concentração nos meses de novembro a março.

A coleta das amostras ocorreu no mês de outubro. A pluviosidade registrada pelo Clima Tempo no dia da coleta foi de 2mm (considerada baixa).

A chuva coletada é classificada como frontal, ou seja, chuvas que são ocasionadas através da colisão entre massas de ar de diferentes densidades, sendo uma quente e úmida e outra com baixas temperaturas e umidade. Com o choque entre as massas, a de menor densidade se eleva bruscamente sofrendo uma expansão sem perda ou ganho de calor, aumentando assim a umidade relativa do ar, ocasionando a precipitação.

Este tipo de precipitação atinge grandes áreas, tem grande duração e

média intensidade. São acompanhadas de ventos fortes com circulação ciclônica.

Os primeiros milímetros de precipitação são responsáveis pela grande redução das impurezas trazidas pela água de chuva, que reduzem os poluentes na atmosfera. (MELLO, 2007, pág. 78)

A contaminação da chuva ocorre quando suas gotas caem trazendo consigo partículas que estão suspensas no ar. Nos primeiros milímetros, esta contaminação é mais elevada, pois as primeiras águas lavam o excesso dessas partículas, limpando assim a atmosfera. Ao decorrer da precipitação a qualidade da água vai melhorando à medida que a concentração de poluentes na atmosfera diminui. As amostras foram coletadas em intervalos de tempo (10 em 10 minutos) para avaliar o decréscimo de poluentes e impurezas em função do tempo. (MELLO, 2007, pág. 18)

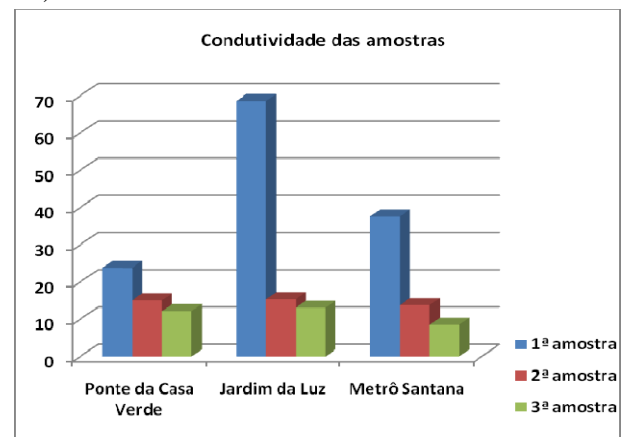


Fig. 17 – Gráfico dos resultados da condutividade elétrica das amostras.

O gráfico expõe o decaimento da condutividade elétrica com o passar da chuva.

A primeira amostra do Jardim da Luz apresentou o maior resultado de condutividade, pois a mesma sofreu

influência dos ventos, ocasionando uma possível contaminação por protozoários ciliados. Se não houvesse esta possível contaminação a primeira amostra do Metrô Santana apresentaria maiores resultados por conta do Terminal de ônibus, onde há maior concentração de material particulado, visto que na Ponte da Casa Verde há maior dispersão de poluentes.

A velocidade de captação é a relação entre a quantidade da amostra pelo tempo de coleta. Esta depende diretamente da intensidade da chuva e pode influenciar nos resultados das análises laboratoriais, por exemplo, o pH.

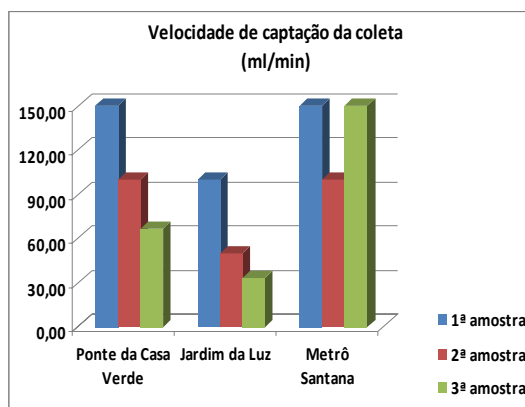


Fig. 15 – Gráfico da velocidade de captação das amostras em ml/min.

No momento da análise a água da chuva analisada apresentava uma temperatura por volta de 25 C°.

A maior disponibilidade de água (precipitação elevada) e alta intensidade (frequência) facilitam a lixiviação dos componentes solúveis, ao passo que a temperatura exerce duplo papel no processo, se acelera a velocidade das reações químicas, mas também aumenta a evaporação, reduzindo a lixiviação. As reações químicas são favorecidas por temperaturas mais elevadas, sendo

duplicadas a cada 10°C, acelerando o processo de lixiviação. (KEIROGLO, 2009).

Pode-se considerar ácido, todo o pH menor que sete, porém, no geral uma chuva considerada limpa tem a média de 5,7 a 6,0.

Convencionalmente, é considerada ácida de origem antropogênica, a chuva que apresenta valores de pH inferiores que 5,6. Este valor expressa o equilíbrio químico estabelecido entre o dióxido de carbono (CO₂) atmosférico e sua forma ácida solúvel, o íon bicarbonato (HCO₃⁻), em água pura. O decréscimo de uma unidade de pH significa um aumento de dez vezes na concentração do íon hidrogênio.

Na chuva, valores de pH inferiores a 5,6 resultam da presença dos ácidos sulfúrico (H₂SO₄) e nítrico (HNO₃), os quais em fase aquosa encontram-se dissociados, isto é, sob a forma de íons hidrogênio, nitrato (NO₃⁻) e sulfato (SO₄⁻²). Os óxidos de nitrogênio e o dióxido de enxofre tanto podem ter origem natural como derivar de fontes poluidoras. (DE MELLO; PERUZZO, 2003, pág. 246).

As análises de amônia têm influência direta no valor de pH, tornando-o básico, porém constataram-se níveis não significativos nas amostras (entre 0,5ppm e 1ppm), ressaltando que 1ppm equivale a 1mg/L, por isso foram desconsiderados, visto que todas as amostras, em relação ao pH se encontravam ácidas.

Nas análises laboratoriais o pH constatado teve variação em todos os

pontos de amostragem. Pode-se afirmar que o arraste de poluentes sofre influência dos ventos, do tipo de chuva e da velocidade da captação, pois estes alteram a localização e a concentração dos poluentes na atmosfera.

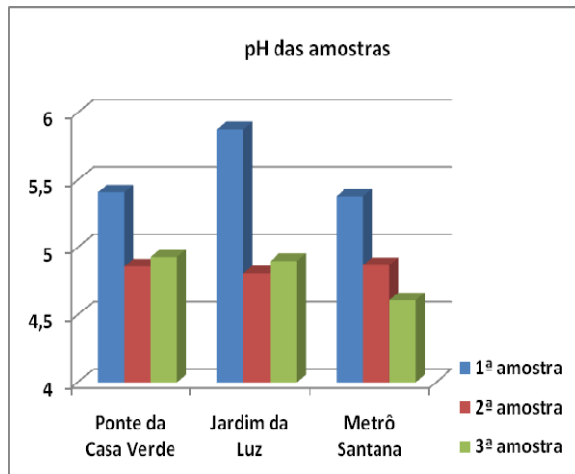


Fig. 16 – Gráfico dos resultados da análise de pH das amostras.

Quando soluções ácidas apresentam o pH entre três e cinco podem provocar acidólise parcial, ou seja, remoção de minerais primários, conseqüentemente são produzidos outros minerais menos insolúveis. Essa reação (acidólise) que ocorre entre a solução ácida e a superfície provoca o intemperismo químico. Sendo a chuva analisada, com o pH variando entre quatro e cinco, supõe-se que esta provoca um conseqüente intemperismo químico ao passar dos anos.

A condutividade elétrica é um parâmetro que indica sólidos dissolvidos e ácidos e bases dissociados na água, que se encontram dispersos na atmosfera. Estes sólidos são arrastados pela chuva nos primeiros 10ml, mitigando impurezas ao longo do tempo.

Seja em ambiente terrestre, aquático ou atmosférico, existe a presença de seres vivos, microscópicos ou não. No

Jardim da Luz a primeira amostra foi a única a apresentar possíveis paramecios, protozoários ciliados. Estes influenciaram diretamente nos níveis de nitrito e nitrato analisados, sendo os únicos a apresentar valores acima de zero (1ppm). A presença de nitrito na água, segundo a CETESB (1995), indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

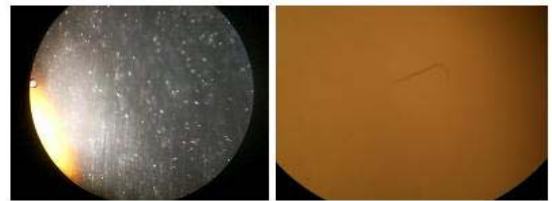


Fig. 18 – Imagens da primeira e última amostra do Jardim da Luz das análises microscópicas (aumento de 40x).

Nas análises microscópicas pôde-se observar que da primeira a última amostra de cada local houve um decréscimo de material particulado.

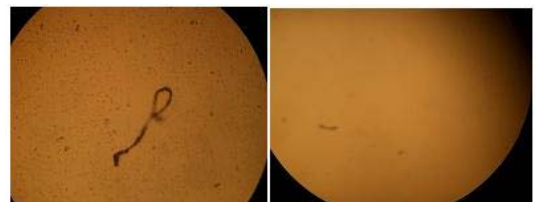


Fig. 19 – Imagens da primeira e última amostra da Ponte da Casa Verde das análises microscópicas (aumento de 40x).

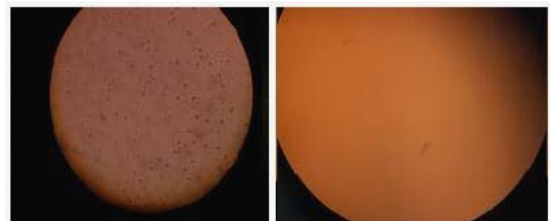


Fig. 20 – Imagens da primeira e última amostra do Metrô Santana das análises microscópicas (aumento de 40x).

Nas análises de turbidez todos os valores foram inferiores a 10.

A turbidez para água de chuva, da mesma forma que a água tratada para abastecimento humano varia entre 0 e 1. (MELO, 2007, p.18)

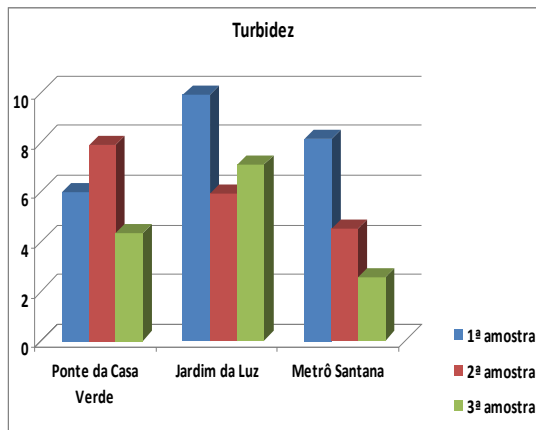


Fig. 21 – Gráfico dos resultados das análises de turbidez das amostras.

As pesagens realizadas após a abertura dos recipientes apresentaram uma perda média de 0,4g, indicando possíveis perdas de gases das amostras.

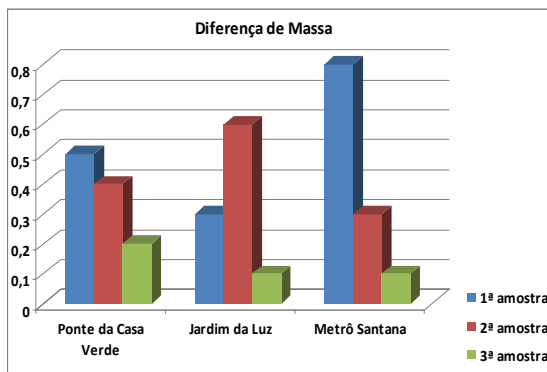


Fig. 22 – Gráfico da diferença de massas das amostras.

Os poluentes são classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles lançados diretamente no ar; como por exemplo, o dióxido de enxofre (SO_2), o óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e alguns particulados. Os secundários formam-se a partir de reações que ocorrem devido à presença de determinadas substâncias e condições físicas, como por exemplo, o

SO_3 (formado pelo SO_2 associado ao O_2 no ar) reage com o vapor de água e produzem o ácido sulfúrico (H_2SO_4), que precipite originando a chuva ácida. (BRAGA et al, 2005, 2ª edição, pág 170)

Dentro do contexto da cidade, suas dinâmicas e os resultados obtidos é possível afirmar que os principais poluentes que podem ter influenciado na água analisada são:

Monóxido de Carbono (CO): gerado por processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e materiais que contenham carbono na composição.

Dióxido de Carbono (CO_2): resultante da combustão completa de combustíveis fósseis e de processo de respiração aeróbia dos seres vivos.

Óxidos de Enxofre (SO_2 e SO_3): produzidos pela queima de combustíveis que contenham enxofre em sua composição.

Óxidos de Nitrogênio (NO_x): originado do processo de combustão, além de ele poder ser gerado por processos de descargas elétricas na atmosfera.

Hidrocarbonetos: resultantes da queima incompleta dos combustíveis e da evaporação destes.

Material Particulado (MP): partículas de materiais sólidos e líquidos capazes de permanecer em suspensão, como por exemplo, a poeira, fuligem das partículas de óleo, além do pólen. Tem origem nos processos de combustão, suspensão de material particulado devido ao vento, etc.

Relacionando os parâmetros com os locais de amostragem, a primeira amostra do Jardim da Luz apresentou o valor mais alto de condutividade elétrica e turbidez, o que pode ter ocorrido por conta do material particulado constatado nas análises microscópicas, além disso, os possíveis paramecios encontrados podem ter contribuído para tais resultados. A presença de fauna e flora provavelmente influenciou no transporte de partículas ou microorganismos.

A primeira e a terceira amostra do Metrô Santana têm o menor pH comparado com os outros locais, presume-se que isso se deve ao intenso fluxo de veículos móveis constantes do terminal de ônibus e da avenida próxima ao local, e também relaciona-se ao fato de ser o local com menor dispersão de poluentes. Da mesma forma que apresentou altos valores de condutividade e turbidez que podem ser relacionados a quantidade de material particulado emitido.

Os resultados das amostras da Ponte da Casa Verde foram em sua maioria intermediários, porém sua primeira amostra apresentou os menores valores de condutividade e turbidez, podendo ser consequência da maior dispersão de gases, devido a menor rugosidade do local.

Relacionando os parâmetros estabelecidos pela Portaria Nº 518/04 do Ministério da Saúde com os parâmetros encontrados, infere-se que a água da chuva coletada não pode ser considerada potável para as variáveis analisadas, pois segundo a Portaria, a água para ser considerada potável deve ter o pH entre 6

e 9, e o pH encontrado nas amostras ficou entre 4,8 e 5,8; a turbidez deve ser inferior a 5uT, e apenas a terceira amostra da Ponte da Casa Verde e a segunda e a terceira amostras de Santana apresentaram valores menores que 5uT; quanto à condutividade não há parâmetro estabelecido pela Portaria.

É importante evidenciar que o uso de água da chuva para uso não potável evita que seja desperdiçada uma água pura e tratada na limpeza de jardins, gramados, descargas de banheiros e outras aplicações industriais, que não necessitam.

- Países industrializados, como Japão e Alemanha, estão seriamente empenhados nos aproveitamentos de água de chuva para fins não potáveis.

Nos países asiáticos, há cerca de uma década já se observa uma grande preocupação, em relação à acidez da precipitação, uma vez que a industrialização crescente provoca um aumento no consumo de combustíveis fósseis, com subsequente aumento das emissões de poluentes, influenciando diretamente a característica da precipitação (SAXENA et al., 1996; KULSHRESTHA et al., 1996).

Nos Estados Unidos, o monitoramento de águas de chuva é realizado por meio de um programa nacional (NADP – National Atmospheric Deposition Program), que coleta e analisa a composição de águas de chuva, simultaneamente, em 200 locais do país. (TRESMONDI et al, 2005).

Na Alemanha, o aproveitamento de água de chuva é destinado à irrigação

(jardins), descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa e uso comercial e industrial e vem sendo feito desde o ano de 1980. Sempre a água de chuva é usada para fins não-potáveis. (TOMAZ, 2003, pág. 23,26 e 27)

Conclusão

Com base nas análises das amostras e em trabalhos consultados nota-se que os parâmetros obtidos indicam uma qualidade da água que não pode ser considerada potável, portanto, o aproveitamento de água da chuva deve ser voltado para usos não-potáveis, mesmo que os níveis de poluição do município de São Paulo, que influem na qualidade da água de chuva, sejam altos.

Outro fator determinante da qualidade, que influi diretamente são as características ambientais de cada local.

A intensidade da chuva influi na variação de alguns parâmetros como pH e turbidez, visto que nos primeiros minutos de chuva ocorre um arraste de poluentes. Se tal intensidade fosse invariável a maioria dos resultados apresentariam dados decrescentes gradativamente, pois, ao longo do tempo houve a diminuição do material particulado. Os resultados dos parâmetros físico-químicos mensuram a presença de contaminantes na água da chuva.

Levando em consideração os resultados encontrados nas análises, podemos considerar a água proveniente da chuva um possível indicador da qualidade do ar.

Ao longo dos anos a chuva analisada pode provocar um conseqüente intemperismo, por conta de sua acidez.

A água da chuva nunca teve a pureza que o senso comum lhe atribuiu, mas o fato é que, pelo desenvolvimento caótico de nossa civilização ela se torna cada dia mais impura, podendo até modificar as características hidrológicas do curso d'água com o aumento ou diminuição da chuva na época certa.

Referências bibliográficas

BRAGA et al - *Introdução a Engenharia Ambiental*; 2005, Ed. Prentice – Hall – São Paulo.

BRANCO, Samuel Murgel – *Água: origem, uso e preservação*; 1993, Ed. Moderna – São Paulo.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 518/04, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e da outras providências.

PERUZZO, Francisco Miragaia – *Química na abordagem do cotidiano*; 2003, Ed. Moderna – São Paulo.

MELO, Luciano – *Variação da qualidade da água de chuva no início da precipitação*; 2007, Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária – Natal.

TOMAZ, Plínio – *Aproveitamento de Água de Chuva*; 2003, Ed. Navegar – São Paulo.

TOMAZ, Plínio – *Poluição Difusa*; 2006, Ed. Navegar – São Paulo.

TRESMONDI, Ana Cláudia – *Avaliação de pH e composição iônica das águas de chuva em Paulínia*; 2005, Artigo técnico científico de Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal.

Sites

SOUZA, 2008. **Aproveitamento de água de chuva dribla o desperdício** Disponível em: <<http://www.acesa.com/cidade/meioambiente/chuva/>>. Acesso em: 17 outubro 2009.

IBGE - **Censos Demográficos, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000.** Disponível em: <http://sempla.prefeitura.sp.gov.br/historico/tabelas/pop_dist.php> Acesso em: 7 outubro 2009.

CATT-BRAMS - CPTEC/INPE - **Emissões Urbano/Industriais.** Disponível em: <<http://meioambiente.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 20 outubro 2009.

Clima tempo – **Previsão do Tempo para o Município de São Paulo.** Disponível em: <<http://climatempo.com.br>> Acesso em 9 outubro 2009.

Anexos

Tabelas dos resultados das análises laboratoriais de pH, nitrato, nitrito, amônia, condutividade e das pesagens dos recipientes.

| pH | 1ª amostra | 2ª amostra | 3ª amostra |
|----|------------|------------|------------|
| A | 5,41 | 4,86 | 4,93 |
| B | 5,88 | 4,81 | 4,9 |
| C | 5,38 | 4,87 | 4,61 |

| Nitrato | 1ª amostra (ppm) | 2ª amostra (ppm) | 3ª amostra (ppm) |
|---------|------------------|------------------|------------------|
| A | 0 | 0 | 0 |
| B | 2,5 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 |

| Amônia | 1ª amostra (ppm) | 2ª amostra (ppm) | 3ª amostra (ppm) |
|--------|------------------|------------------|------------------|
| A | 1 | 1 | 0,5 |
| B | 1 | 1 | 1 |
| C | 1 | 1 | 0,5 |

| Nitrito | 1ª amostra (ppm) | 2ª amostra (ppm) | 3ª amostra (ppm) |
|---------|------------------|------------------|------------------|
| A | 0 | 0 | 0 |
| B | 0,5 | 0 | 0 |
| C | 0 | 0 | 0 |

| Turbidez | 1ª amostra (NTU) | 2ª amostra (NTU) | 3ª amostra (NTU) |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| A | 5,99 | 7,87 | 4,31 |
| B | 9,90 | 5,90 | 7,09 |
| C | 8,11 | 4,51 | 2,57 |

| Condutividade | 1ª amostra ($\mu\text{s}/\text{cm} - ^\circ\text{C}$) | 2ª amostra ($\mu\text{s}/\text{cm} - ^\circ\text{C}$) | 3ª amostra ($\mu\text{s}/\text{cm} - ^\circ\text{C}$) |
|---------------|---|---|---|
| A | 23,8 - 23,8 | 15,10 - 23,3 | 12,19 - 23,7 |
| B | 68,6 - 23,9 | 15,39 - 23,7 | 13,10 - 23,8 |
| C | 37,6 - 23,6 | 13,8 - 23,7 | 8,5 - 23,7 |

| Pontos | 1ª pesagem (g) | 2ª pesagem (g) | 3ª pesagem (g) |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1A | 287,63 | 504 | 503,5 |
| 2A | 305,14 | 545,8 | 545,5 |
| 3A | 221,82 | 592 | 591,2 |
| 1B | 271,57 | 652,8 | 652,4 |
| 2B | 308,68 | 648,8 | 648,2 |
| 3B | 207,64 | 523,5 | 523,2 |
| 1C | 296,24 | 570,3 | 570,1 |
| 2C | 304,93 | 606,8 | 605,7 |
| 3C | 216,04 | 511,2 | 511,1 |