

ANÁLISE DO PADRÃO DE QUALIDADE PARA REUSO DE ÁGUA EM CANTEIRO DE OBRAS

ARISTON SILVA MELO JÚNIOR ¹, KLEBER ARISTIDES RIBEIRO, CAIQUE DIEGO PEREIRA, JEÚ SOUZA CHAVES, MARCELO AUGUSTO MARTINI CARLOS, NATALIA PEREIRA ROCHA DOS REIS

RESUMO

A disponibilidade de água no atual cenário mundial faz com que seja importante a conservação dos recursos hídricos. Com o crescimento populacional e a demanda por água para consumo e produção cada vez maior, tornou-se importante à reutilização quando possível de toda água usada nos processos humanos. Um dos setores que utiliza grandes quantidades hídricas é o setor de construção civil. O crescimento do mercado imobiliário tem levado à demanda de grandes quantidades de água no processo de construção de obras civis. O reuso de água em canteiros de obras tornou-se uma importante ferramenta para a conservação de água e ao mesmo tempo uma fonte de redução de custos nos novos empreendimentos. Neste contexto é importante que o setor de construção civil procure proteger as fontes hídricas e estimular o reuso para um crescimento sustentável. O objetivo do presente trabalho foi estudar os padrões de concentração de fósforo e nitrato em amostras de água destinadas ao uso em canteiro de obras de três empreendimentos distintos na cidade de São Paulo, Brasil. Os resultados obtidos permitiram avaliar um valor percentual menor de 47,35% e 59,45% respectivamente para as águas pluviais e subterrâneas em comparação as águas cinza com relação à concentração de fósforo de 3,31 mg.L⁻¹. Já para a concentração de nitrato, o valor de águas cinza foi de 9,46 mg.L⁻¹, enquanto que o percentual de águas pluviais e subterrâneas foi de 39,29% e 54,10%, respectivamente.

Palavras Chaves: Reuso, sustentabilidade, engenharia, meio ambiente.

¹ Pós-Doutor em Materiais Cerâmicos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) da USP; Pesquisador colaborador da Universidade Estadual de Campinas e Professor do Departamento de Engenharia Civil do Complexo Educacional FMU. Contato: ariston.junior@fmu.br

ABSTRACT

The availability of water in the current world scenario makes conservation of water resources important. With population growth and the demand for water for consumption and increasing production, it has become important to reuse where possible all water used in human processes. One of the sectors that uses large amounts of water is the construction sector. The growth of the real estate market has led to the demand for large amounts of water in the process of construction of civil works. The reuse of water in construction sites has become an important tool for water conservation and at the same time a source of cost reduction in new developments. In this context it is important that the construction sector seeks to protect water sources and stimulate reuse for sustainable growth. The objective of the present work was to study the concentration patterns of phosphorus and nitrate in water samples destined to the construction site of three distinct projects in the city of São Paulo, Brazil. The results obtained allowed to evaluate a percentage value lower of 47.35% and 59.45% respectively for rainwater and groundwater compared to gray water in relation to the phosphorus concentration of 3.31 mg.L⁻¹. For the nitrate concentration, the gray water value was 9.46 mg.L⁻¹, while the rainwater and groundwater percentage was 39.29% and 54.10%, respectively.

Keys Word: Reuse, sustainability, engineering, environment.

INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com a escassez de água é crescente. Uma vez que, apesar do planeta ser constituído de 75% de água, o percentual disponível e próprio para o consumo humano é de apenas 0,8% de seu total no mundo. A oferta de água potável não acompanha, na mesma proporção, o crescimento populacional e sua demanda por água tratada (MARCONDES, 2010).

A má distribuição da água doce no mundo, a crescente degradação, poluição e contaminação de suas fontes agravam a situação (MAY, 2004).

A água potável está associada à qualidade de saúde e expectativa de vida. Segundo levantamentos da ONU, 80% das doenças do planeta têm como causa a água contaminada (MARCONDES, 2010).

No campo econômico, há evidente correlação entre a disponibilização de água potável e o PIB *per capita* de um país.

Se países como o Brasil, Canadá e Islândia podem se dar ao luxo de dispor de abundância de água doce, países do Oriente Médio e da África setentrional, algumas regiões da China e até mesmo da Europa sofrem com a escassez de água.

Segundo Marcondes (2010) o Brasil mantém uma posição privilegiada no cenário mundial, detém cerca de 12% da água doce superficial do planeta. A distribuição pelo território brasileiro é, porém, desigual.

Conforme Marcondes (2010) salienta, a Amazônia derrama no mar 78% da água superficial do Brasil. O Sudeste fica com apenas 6%, o que representa um grande déficit, pois tem de irrigar quase metade da produção agrícola do país e dar de beber a cerca da metade dos 190 milhões de brasileiros, além de fornecer água para mover 50% do Produto Interno Bruto industrial. Isso coloca a região em um patamar crítico, com menos de 10% do volume de água por habitante preconizado pelas Nações Unidas, ou apenas $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Para Marcondes (2010) tamanha disponibilidade de água doce em seu território fez com que o Brasil não tivesse, até 1934, uma apropriada legislação de gestão de seus recursos hídricos. Nesse ano, é editado o Código de Águas que, já em suas considerações iniciais, reconhecia que até então, o uso das águas no Brasil fora regido por “legislação obsoleta, em desacordo com as necessidades e interesse da coletividade nacional”, tornando-se “necessário modificar esse estado de coisas, dotando o país de uma legislação adequada que, de acordo com a tendência atual, permita ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas”, como também, “a energia hidráulica exige medidas que facilitem e garantam seu aproveitamento racional”.

O Código de Águas de 1934, como conhecido, surgiu no contexto de mudança do modelo sócio econômico brasileiro, anteriormente calcado essencialmente na produção agropecuária, evoluindo para uma nascente industrialização, o que exigia maior utilização da energia elétrica para a produção de bens.

No começo, a energia elétrica no Brasil foi inicialmente desenvolvida por capitais privados em âmbito local e, somente no período do governo de Getúlio Vargas (implementação do Código de Águas em 1934), houve uma intervenção estatal na geração de energia elétrica ao lado das grandes empresas privadas estrangeiras de distribuição de energia do Brasil (MALAGUTI, 2009).

O Código de 1934 foi dividido nos Livros I, II e III. O Livro I versa sobre “Águas em geral e sua propriedade”; o II, “Aproveitamento das Águas”; por último, o III, “Forças Hidráulicas – Regulamentação da Indústria Hidroelétrica”. Apesar de ser um marco na mudança de conceitos relativos ao uso e à propriedade da água, somente os dispositivos do Livro III foram regulamentados, aqueles que priorizavam a geração de energia elétrica.

A administração das águas brasileiras esteve sempre muito próxima à administração dos recursos de energia, por não possuir problemas de escassez e pela abundância, valorizou-se sempre o potencial energético da água (PEIXOTO, 2004).

Em 1997 entra em vigor a Lei nº 9.433, nova legislação sobre a gestão dos recursos hídricos brasileiros que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH. A PNRH tem como principais fundamentos ser a água “um bem de domínio público” e “recurso natural limitado, dotado de valor econômico”; ser usada prioritariamente para consumo humano e dessedentação de animais, em casos de escassez e visar o “uso múltiplo das águas”.

A água tratada tem um custo elevado. Desde a captação em mananciais até a entrega nos pontos de utilização, a água passa por variados processos físico-química de depuração em estações de tratamento de água, denominadas ETAs (Estações de Tratamento de Águas) é distribuída por intrincadas redes de tubulações, e monitorada e controlada quanto aos padrões de potabilidade exigidos por normas.

Essa água, assim, adquire um “valor econômico” alto. Reservar a água tratada para fins mais nobres, priorizando-a ao consumo humano, e destinar a água residuária reciclada, mas sanitariamente segura, para outros fins que admitam menores exigências de potabilidade, são ações que condomínios residenciais, *shopping centers* e canteiros de obras civis devem levar em conta, com vistas à economia e preservação do recurso hídrico.

A utilização da água tratada proveniente de efluentes, ou simplesmente “reuso de água”, é experiência antiga, remontando à era dos antigos gregos que utilizavam as águas residuárias para irrigação. Mais para a época moderna, países como Japão, Estados Unidos, Israel e México são os primeiros a reusar a água.

No Brasil, o reaproveitamento de água é prática que vai ao encontro de fundamentos da Lei nº 9.433, principalmente o “valor econômico” da água, o de prioridade para “consumo humano e a dessedentação de animais”, o de seu “uso múltiplo”, e dos objetivos de comprometimento para com as “futuras gerações” e de “utilização racional”.

O objetivo do presente trabalho foi estabelecer os padrões de qualidade de água residuária oriunda de canteiros de obras civis na cidade metropolitana de São Paulo, Brasil.

Os parâmetros analisados, provenientes de três distintos canteiros de obras, foram com a concentração de fósforo e nitrato para os pontos observáveis de modo a analisar o potencial de reuso.

As amostras foram de origem de águas cinza, pluvial e subterrânea.

Recursos Hídricos – Painel Geral

A água é um recurso limitado e precioso. Este recurso natural ocupa cerca de 3/4 da superfície terrestre, e apenas 3% desta quantidade é de água doce. Entretanto, 80% da água doce estão congeladas nas calotas polares ou geleiras, ou em lençóis subterrâneos muito profundos (PEIXOTO, 2004).

Logo, 20% do volume total de água doce do planeta encontram-se imediatamente disponíveis para o homem. A distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta faz ainda com que haja escassez deste recurso em vários países (SILVEIRA, 2008).

May (2004) aponta que 20% da água de escoamento global originam-se exclusivamente na Bacia Amazônica, que é uma das maiores bacias hídricas do planeta e corresponde a um quinto de toda a reserva global. O autor descreve que o Brasil contém 12% da água doce do mundo, porém tal porcentagem é distribuída de forma desigual em seu território.

Em alguns estados do Brasil, como: Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte. A disponibilidade hídrica per capita é insuficiente para atender a demanda necessária (MAY, 2004).

O uso exacerbado da água favorece para a atual crise hídrica vivida em todo o mundo, precisando-se de alternativas mais eficazes para um melhor aproveitamento deste valioso bem.

Uma delas é o reuso de água pluvial em canteiros de obras da Construção Civil.

O reuso ou reaproveitamento de água é o procedimento pelo qual a água, tratada ou não, é reusada para a mesma ou outra finalidade (SILVEIRA, 2008).

De acordo com Silveira (2008), existem quatro tipos de reuso:

- Reuso indireto não planejado da água (ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade do homem, é descarregada no meio ambiente e é utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira intencional e não controlada);
- Reuso indireto planejado da água (ocorre quando a água, tratada, é descarregada de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de modo controlado, no atendimento de alguma necessidade); e
- Reuso direto planejado da água (ocorre O reuso ou reaproveitamento de água é o procedimento pelo qual a água, tratada ou não, é reusada para a mesma ou outra finalidade (SILVEIRA, 2008). Este reuso pode ser de forma direta ou indireta e pode decorrer de ações planejadas ou não.

O reuso da água gera benefícios ambientais (como redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, redução da captação de águas superficiais e subterrâneas), econômicos (como mudanças nos padrões de produção e consumo, redução dos custos de produção) e sociais (ampliação da oportunidade de negócios para empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, aumento na geração de empregos diretos e indiretos) (RILLO, 2006).

Sabendo-se da escassez da água em alguns lugares do mundo, principalmente onde a disponibilidade hídrica é pequena, a reciclagem da água, o reuso de água servida e o aproveitamento de água de chuva são alternativas que devem ser utilizadas, após análise técnica e econômica.

O aproveitamento da água da chuva, que é o sistema de reuso analisado neste estudo, é uma alternativa primordial no combate à erradicação deste importante recurso natural.

A captação de água dessa ordem é uma prática bastante difundida em vários países, como Austrália e Alemanha (SILVEIRA, 2008).

A utilização de água da chuva traz vários benefícios, como a redução do consumo de água da rede pública (consequentemente, provocando uma redução no custo do seu uso), evita a utilização de água potável em lugares que não necessitam dela (como descarga de sanitários, irrigação de jardins), ajuda na contenção de enchentes, encoraja a conservação da água, entre outras vantagens (SILVEIRA, 2008).

A captação de água pluvial é uma medida eficaz no combate ao desperdício de água, e necessita ser implantada de forma mais acentuada no Brasil, devidos aos benefícios socioambientais e econômicos gerados por esse sistema.

Segundo Spezzio (2015), o custo de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva se mostra em média menor que 1% do valor total da obra.

De acordo com Spezzio (2015), as normas e leis que regulamentam essa captação são: NBR 15.527/2007 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas fins não potáveis e a PORTARIA MS 518/04 - Qualidade da água.

A NBR 15.527/2007 introduz os requisitos para o aproveitamento da água pluvial coletada em coberturas de áreas urbanas, e trata das águas que passam por tratamento adequado para ter fins não potáveis (SILVEIRA, 2008).

A água de chuva pode ser aplicada para o consumo humano (devendo passar pelos processos de filtração e cloração), para a agricultura (pois apresenta uma destilação natural eficiente e gratuita), a indústria (devido ao custo ser relativamente menor do que a da água fornecida pelas concessionárias) e para a construção civil (RILLO, 2006).

May (2004) relata que o Semiárido Brasileiro é caracterizado por chuvas irregulares e pela alta taxa de evaporação potencial.

O subsolo do semiárido brasileiro apresenta predominância de estrutura cristalina (aproximadamente 80%) com ausência de lençol freático.

Apesar da limitada disponibilidade hídrica, a captação de água de chuva é uma alternativa de considerável potencial para a disponibilidade de água para consumo humano e para a Construção Civil.

Conforme Rillo (2006), a água de chuva pode ser utilizada em diversos locais no canteiro de obras, como na confecção de argamassas, lavagem de canteiros de obra, molharem peças de concreto durante a cura da argamassa, limpeza dos pneus dos veículos (que ao sair do canteiro de obras podem sujar as vias da cidade), umectação de materiais finos (que são estocados a céu aberto no próprio canteiro de obras) e também pode ser usada em usinas de concreto ou em pedreiras.

Canteiros de Obras

Antes da implantação de um canteiro de obras, deve ser feito um estudo do abastecimento de água.

Se existirem redes no local devem ser providenciados os pedidos de ligação oficiais na concessionária. Devem ser evitadas improvisações, tais como instalações precárias de empréstimo de com vizinhos (HESPANHOL *et al.*, 2006).

O custo do abastecimento é determinado em lei pela companhia de saneamento e varia de acordo com o tipo de consumidor, sendo categorizado domiciliar, comercial, industrial e pública, e a quantidade consumida.

No caso de São Paulo a companhia responsável, SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), tem seu regulamento do sistema tarifário disposto no Decreto nº 41.446 de 16 de dezembro de 1996 e que através do comunicado 04/15 dispõe do preço que vigora desde 04 de junho de 2015 que é apresentado na Tabela 1 para os consumidores residenciais e industriais.

Tabela 1 – Preços cobrados para consumidores residenciais e industriais.

	Idade	Residencial			Industrial
		Social	Favelas	Normal	
Classes de consumo (m ³ /mês)	0 a 10	R\$ 7,00/m ³	R\$ 5,34/m ³	R\$ 20,64/m ³	R\$ 41,45/m ³
	11 a 20	R\$ 1,21/m ³	R\$ 0,61/m ³	R\$ 3,23/m ³	R\$ 8,07/m ³
	21 a 30	R\$ 4,28/m ³	R\$ 2,02/m ³	R\$ 8,07/m ³	R\$ 15,45/m ³
	31 a 50	R\$ 6,10/m ³	R\$ 6,10/m ³	R\$ 8,07/m ³	R\$ 15,45/m ³
	Acima de 50	R\$ 6,74/m ³	R\$ 6,67/m ³	R\$ 8,89/m ³	R\$ 16,10/m ³

Fonte: SABESP, 2015.

No canteiro de obras, geralmente há o registro de uma unidade consumidora. Através dos hidrômetros instalados, faz-se a leitura e a emissão da conta d'água e o

registro do volume gasto (RILLO, 2006). Além disso, é considerado pelas companhias que tal consumo se enquadra na categoria industrial.

A qualidade e potabilidade dessa água são garantidas pela companhia de saneamento. Sendo assim, é possível utilizá-la para o consumo humano e outros processos que exijam tal nível de qualidade. Deve ser então usada de maneira responsável evitando desperdícios de todos os tipos de água, e se possível evitar seu uso em processos que permitam água de qualidade inferior.

Abastecimento por coleta veicular

O abastecimento por caminhões-pipas é feito com água potável, e pode ser realizado por empresas especializadas obedecendo a determinadas regras estabelecidas pelo Ministério da Saúde.

Tais regras visam garantir a qualidade adequada ao consumo humano, como determina a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, devendo ser comprovadas com análises laboratoriais atestando a qualidade na fonte de coleta de água.

Em São Paulo estão cadastradas na Prefeitura 23 empresas com autorização para realizar esse transporte. Normalmente é feito em caminhões com capacidades de 5 m³ a 36 m³.

A variação do preço é decorrente da proibição de veículos de grande porte circular dentro da cidade de São Paulo, obrigando a utilização de *vucks* que suportam somente 5 m³ de água.

Por se tratar de água potável, seus usos incluem o consumo humano, controles ambientais da obra, testes de impermeabilização e hidráulicos, serviços de obra e limpeza geral (RILLO, 2006).

Abastecimento por poços

A utilização de poços artesianos já nas primeiras fases da construção de um empreendimento pode ser uma boa alternativa para a obtenção de água no canteiro de obras e para gerar uma economia no orçamento da obra.

É importante ressaltar que a construção dos poços deve seguir as normas vigentes na legislação brasileira como também as normas técnicas, para que não haja nenhum prejuízo ao meio ambiente e aos usuários.

Caso um indivíduo seja considerado responsável por um poço irregular ou clandestino, o mesmo será multado. São aplicáveis as seguintes normas:

- NBR 12.212 - "Projeto para captação de água subterrânea";
- NBR 12.244 - "Construção de poço para captação de água subterrânea".

Mesmo sendo uma alternativa de maior investimento inicial, devido ao alto custo de perfuração, proporciona uma maior economia se comparada com os custos em relação ao uso de caminhões-pipa. Sendo assim, em alguns meses já é possível cobrir os gastos da sua implantação.

Por outro lado, vale ressaltar que sua implantação pode demorar, devido à toda burocracia que envolve o procedimento, já que após a perfuração e conferida a vazão, deve ser solicitada a outorga de direito de uso da água, e também pelo fato de que nenhum método de perfuração garante 100% os parâmetros da obra, como profundidade, vazão a ser disponibilizada, qualidade da água e quantidade de revestimento que será necessário.

Outro ponto importante é o de que, caso o poço seja furado e venha a ser inutilizado, deve ser providenciado o tamponamento de tal.

Os usos possíveis dessa água são consumo humano, controles ambientais da obra, testes de impermeabilização e hidráulicos, serviços de obra e limpeza em geral (RILLO, 2006).

Abastecimento alternativo

Consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou, ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias (Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano - CMADU, 2004).

Apresenta-se a seguir as fontes alternativas que mais se adequam aos empreendimentos da construção civil.

Abastecimento água pluvial

São muitos os modelos que têm sido utilizados para a construção de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva (OLIVEIRA, 2009). Para o

dimensionamento desse sistema deve ser considerada a área disponível para coleta e a estimativa de demanda para o uso previsto (Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano - CMADU, 2004).

Segundo Ohnuma (2015), seu custo de implantação se mostra em média menor que 1% do valor total da obra.

As normas e leis que permeiam esse aproveitamento são: NBR 15.527/2007 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas fins não potáveis e PORTARIA MS 518/04 - Qualidade da água.

Seus usos possíveis são não potáveis como a descarga em bacias sanitárias, controles ambientais da obra, testes de impermeabilização e hidráulicos, serviços de obra e limpeza em geral (OHNUMA, 2015).

Abastecimento água reuso

Reuso é a utilização dos efluentes tratados nas respectivas estações ou unidades de tratamento ou, ainda, o uso direto de efluentes em substituição à fonte de água normalmente explorada.

A adoção desse procedimento contribui com a redução do volume de água captado e do efluente gerado pela indústria (MIERZWA, *et al.*, 2005).

O assunto de reuso é tratado na Resolução CNRH nº 54 de 28 de novembro de 2005 onde estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais sobre a prática de reuso direto não potável de água.

Outra lei que trata do assunto é a lei municipal de São Paulo a Lei nº 13.309 de 31 de janeiro de 2002.

O custo da água de reuso varia de acordo com a qualidade de água a ser fornecida e seu transporte é feito por caminhões-pipa com as despesas arcadas pelo usuário.

Para o estado de São Paulo, a SABESP fornece água de reuso mediante contrato de fornecimento.

No canteiro de obras, seus usos mais comuns incluem serviços de obra, controles ambientais da obra, mictórios, bacias sanitárias e testes de impermeabilização e hidráulicos (OHNUMA, 2015).

Disponibilidade hídrica em canteiros de obras

O consumo de água do canteiro de obras devido ao uso humano relaciona-se às demandas essenciais de todos os funcionários, as quais são asseguradas de acordo com a NR-18 (MTE, 1995).

Tal norma cita que os canteiros de obras devem dispor de:

- Instalações sanitárias;
- Vestiário;
- Alojamento;
- Local de refeições;
- Cozinha, quando houver o preparo de refeições;
- Lavanderia;
- Área de lazer;
- Ambulatório, quando se tratar de frente de trabalho com 50

ou mais trabalhadores.

Cada uma dessas unidades depende do uso de água para pelo menos uma atividade realizada em seu interior e que é de necessidade básica para o funcionário, como por exemplo, a norma mencionada acima garante a obrigatoriedade da existência de bebedouros no alojamento.

ESTUDO DE CASO

Para o desenvolvimento deste trabalho foi coletada e analisada a água oriunda de três localidades distintas de canteiros de obras na cidade de São Paulo.

As amostras foram denominadas de:

- ✓ Água Cinza (amostra 1 – AC),
- ✓ Água pluvial (amostra 2 – AP), e
- ✓ Água Subterrânea (amostra 3 – AS).

As localidades das amostras são apresentadas nas figuras 1, 2 e 3. As amostras coletadas foram resfriadas a -5°C até passarem pelas análises de concentrações de fósforo e nitrato.

As análises permitiram avaliar o potencial de reuso das águas nos canteiros de obras a que foram coletadas.

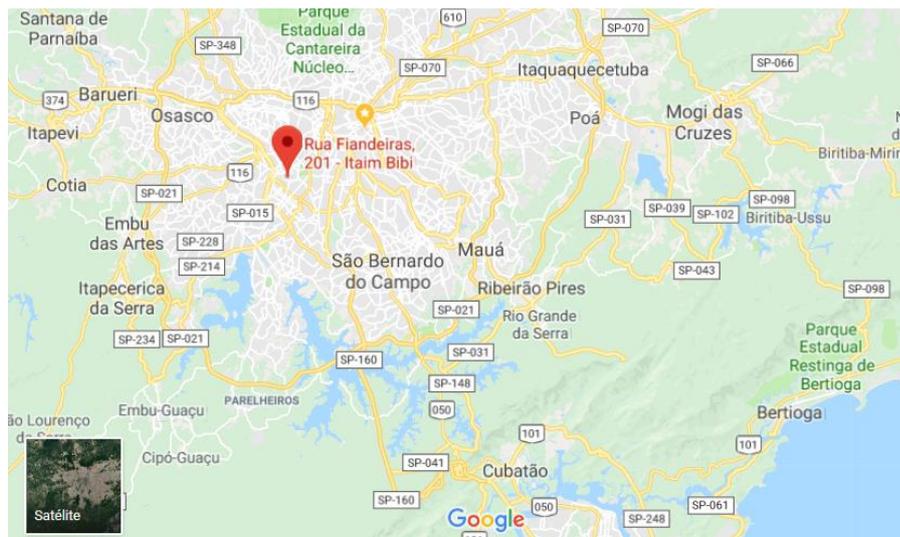


Figura 1: Localidade da amostra de água cinza (AC).



Figura 2: Localidade da amostra de água pluvial (AP).



Figura 3: Localidade da amostra de água subterrânea (AS).

Método – Análise de Fósforo

O processo adotado para avaliação de fósforo presente na água efluente foi o método AOAC Official Method 973.55 – Phosphorus in water.

O processo consiste na identificação de todo fósforo presente independente da forma, medido por digestão de persulfato.

No procedimento, utilizou-se um alíquota de 50 mL de amostra adicionada a 1 mL de uma solução de hidrólise ácida que após misturada é distribuída em um erlenmeyer de 125 mL.

A solução obtida no erlenmeyer teve como etapa subsequente a adição de 400 mg de persulfato de amônio e o produto final passou pelo processo de aquecimento em chapa aquecedora por 30 minutos.

Após o processo de aquecimento a amostra resultante resfriou-se a temperatura ambiente e sofreu a adição de 10 gotas de solução fenolftaleína e posterior ajuste do pH com a adição de solução hidróxido de sódio NaOH, agitando-se o frasco com a solução até obter uma coloração “rosada”.

Após esses procedimentos, ainda realizou-se o ajuste final tirando a cor rosada pela adição de 1 gota da solução de hidrólise ácida utilizada no início do processo.

O produto final foi diluído quantitativamente a 50 mL e transferido para o erlenmeyer de 125 mL.

Espectrofotometria do fósforo presente

Na fase de preparação a amostra de água sofreu a adição de 50 mL de ácido sulfúrico 5N, 5 mL de tartarato de antimônio e potássio, 15 mL de solução de molibdato de amônia e 30 mL de ácido ascórbico.

Após as etapas finais descritas anteriormente, esperou-se um intervalo de 10 a 30 minutos para que fosse revelada a cor “azulada”, tal cor permite visivelmente identificar o grau de fósforo presente. Contudo, para ter-se um resultado mais exato da concentração de fósforo, a solução amostrada foi analisada pelo processo de espectrofotometria para que seja revelado o grau de concentração de fósforo.

A metodologia consistiu em utilizar um espectrofotômetro de massa, onde foram utilizadas duas cubetas de cristal.

As cubetas têm volume de 5 mL e em uma coloca-se a amostra produzida e em outra uma amostra de água deionizada. No processo de absorvência de luz, as duas cubetas permitem avaliar o grau de fósforo na amostra em relação ao padrão branco (água deionizada).

A figura 4 apresenta uma foto do equipamento de leitura.



Figura 4: Equipamento de espectrofotometria.

Método – Análise de Nitrato

Para se efetuar as análises de nitrato utilizou-se o processo de determinação pelo equipamento ANALYSER PH/ION 450M.

O processo inicial contou com a obtenção da curva padrão do nitrato, preparando-se soluções de concentrações diluídas de sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, denominada de solução ISA, em água destilada.

Para tanto, pegou-se 25 mL de H_2O destilada e acrescentou-se 25 mL de nitrato, obtido pela junção de 1,37 gramas de nitrato de sódio em 1000 mL de água destilada.

Em seguida transferiu-se 25 mL da solução padrão de nitrato de sódio para um balão volumétrico de 50 mL, acrescentando-se 25 mL de água destilada. Depois se obteve volumes distintos de 2,0 mL; 1,0 mL; 0,5 mL; 0,25 mL e 0,10 mL respectivamente da solução padrão de nitrato de sódio em balões volumétricos de 25 mL e diluiu-se 0,50 mL da solução ISA.

A solução ISA é importante pelo fato dela promover o aumento da eficiência de leitura, uma vez que ela aumenta a força iônica das moléculas presentes na solução.

Feito a calibração, diluiu-se 25 mL da amostra coletada num béquer de 50 mL e acrescentou-se 0,50 mL de solução ISA, posteriormente efetuando-se a medida no ANALYSER PH/ION 450M com o eletrodo de leitura de nitrato.

A figura 5 apresenta uma foto do equipamento.



Figura 5 – ANALYSER PH/ION 450M de leitura (em mV) nitrato.

RESULTADOS

Com o uso da metodologia para análise de fósforo e nitrato presente nas amostras de coleta de: AC, AP e AS, foi possível obter os resultados descrito posteriormente.

Padrão Amostral de Fósforo (P)

A figura 6 apresenta o perfil de distribuição de fósforo nas três amostras estudadas.

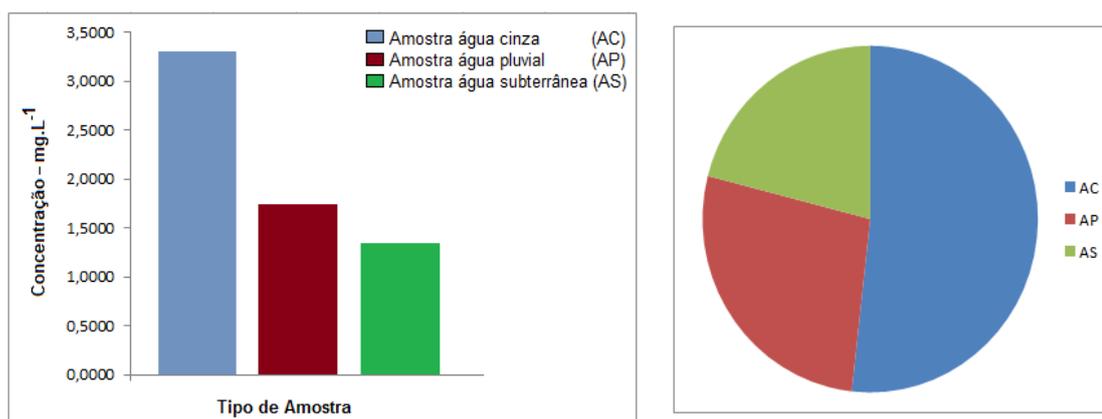


Figura 6 – Concentração de fósforo nas coletas de canteiros.

A figura 6 revela que os valores de água cinza (AC) foram superiores as demais, com o valor de 3,31 mg.L⁻¹.

Para os valores provenientes das amostras de água pluvial e subterrânea foram 47,35% e 59,45% respectivamente, menores em comparação a amostra de água cinza.

Os valores encontram-se bem abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP) de 6 mg.L⁻¹, segundo Portaria 36.

Padrão Amostral de Nitrato (NO₃⁻)

Ao se analisar a concentração de nitrato oriunda das amostras de água dos canteiros de obras, a figura 7 apresenta um perfil dos padrões de concentração.

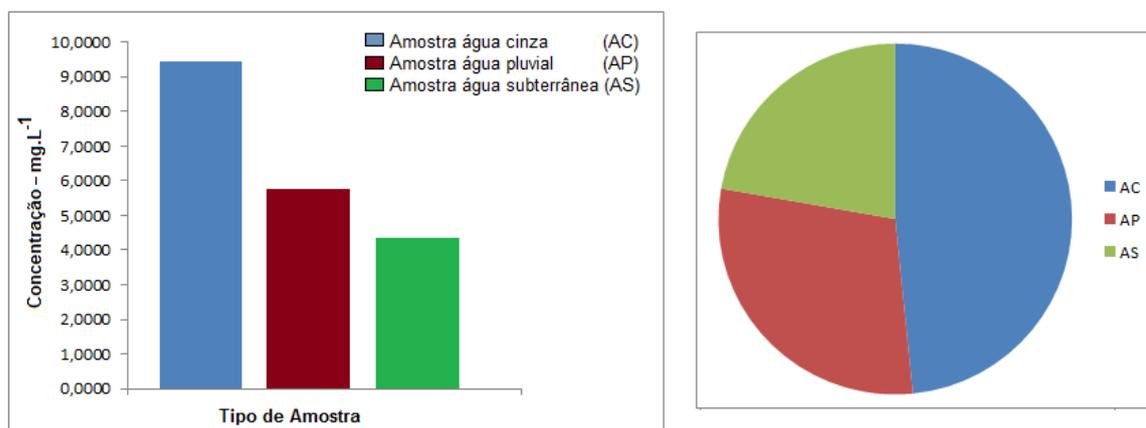


Figura 7 – Concentração de nitrato nas coletas de canteiros.

Como se pode observar existe uma similaridade em relação aos dados de fósforo. Neste caso, obteve-se uma concentração de 9,46 mg.L⁻¹ para a amostra de água cinza, enquanto que para as amostras de água pluvial e subterrânea, os valores foram respectivamente 39,29% e 54,10% menores em comparação a água cinza.

Os valores obtidos foram menores que o Valor Máximo Permitido (VMP) da Portaria 36 que corresponde a 10 mg.L⁻¹.

As análises se mantiveram apenas aos parâmetros de fósforo e nitrato, sendo que como os valores foram menores que o VMP da Portaria 36, pode-se afirmar ainda prematuramente que a água está apta para um reuso da água residuária para processos dentro do próprio canteiro de obras.

CONCLUSÃO

Os estudos dos três canteiros de obras civis permitiram avaliar preliminarmente que é possível o reuso de água dos processos dentro da obra civil.

O processo de reuso permite uma economia de até 35% da conta de água necessária segundo a SABESP (2015). Tal economia quando comparada com as concentrações obtidas para as três amostras quanto aos resultados de fósforo e

nitrito são promissores, embora para um estudo mais detalhado fosse interessante que se observasse um estudo mais longo com coletas diárias para posterior análise.

O processo de sustentabilidade gerado pela reutilização das águas residuárias do canteiro de obras torna-se benéfico para a manutenção dos recursos hídricos do planeta.

Uma possibilidade ainda mais interessante seria a utilização de um sistema alternativo de baixo custo de implantação e fácil manuseio como um filtro lento de areia dentro do próprio canteiro de obras, ao molde das usinas de concreto implementadas em grandes obras civis.

Tal processo de tratamento de água residuária produziria um padrão hídrico ainda melhor, o que permitiria uma melhor eficiência dos processos construtivos e ao mesmo tempo menores danos ao meio ambiente.

Sem dúvida a engenharia, e ainda, sobretudo a engenharia civil deve caminhar no progresso da humanidade de “braços abertos” com o meio ambiente. Somente com tecnologia e metodologias diferenciadas pode-se garantir a preservação do bioma do planeta Terra para futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC Official Method 973.55 – **Phosphorus in water**. Official Methods of Analysis of AOAC International. 2000.

Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano - CMADU. **Reuso de água na construção civil**. Vitória: 76º Encontro Nacional da Indústria da Construção - ENIC. 2004.

HESPANHOL, I. Conservação e reúso como instrumentos de gestão para atenuar os custos de cobrança pelo uso da água no setor industrial. *In*: Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. (Orgs). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.

MARCONDES, A. W. **Opulência e Desigualdade**. Disponível em <<http://www.cartacapital.com.br/carta-na-escola/opulencia-e-desigualdade>>. Acesso em: 14 maio 2018.

MALAGUTI, G. A. **Regulação do setor elétrico brasileiro**: da formação da indústria de energia elétrica aos dias atuais. Textos para Discussão. Faculdade de Economia - Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2009.

MAY, S. **Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

MIERZWA, J. C., HESPANHOL, I. **Água na Indústria: Uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos. 2005.

MTE. (1995). NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Acesso em 19 de maio de 2018, disponível em Portal do Trabalho e Emprego:

http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3226A41101323B2D85655895/nr_18.pdf

OLIVEIRA, C. N. **Indicadores de consumo e propostas para racionalização do uso da água em instalações de empreiteiras**: Caso da refinaria Landulpho Alves de Mataripe. Salvador: Universidade Federal da Bahia (Mestrado). 2009.

OHNUMA, D. **Soluções sustentáveis em canteiros de obras com foco na redução de riscos e custos**. São Paulo: CTE (Centro de Tecnologia de Edificações). 2015.

PEIXOTO, M.L.C. **Avaliação da gestão dos recursos hídricos**: impactos da Lei Federal 9.433/97. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2004.

RILLO, J. **Viabilidade Econômica do Reuso da Água na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2006.

SILVEIRA, B. Q. **Reuso da água em edificações residenciais**. 2008. 44 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

SPEZZIO, A. *et al.* Consumo de água em canteiro de obras: gestão da demanda de água. **PHA2537 Água em ambientes urbanos**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.