

ERNST ZAHNER FILHO

**ÁGUA DE REÚSO:  
ESTUDO PARA FORNECIMENTO COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia da Construção e Estruturas

Orientador: Prof. ELSON ANTÔNIO DO NASCIMENTO, D. Sc.

Niterói

2014

ERNST ZAHNER FILHO

**ÁGUA DE REÚSO:  
ESTUDO PARA FORNECIMENTO COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Tecnologia da Construção e Estruturas.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Elson Antônio do Nascimento, D. Sc. – Orientador  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Paulo Luiz da Fonseca, D. Sc.  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Maj Carlos Alexandre Bastos de Vasconcellos, D.Sc.  
IME – Instituto Militar de Engenharia

Niterói

2014

Aos meus filhos,  
minha mulher,  
meus pais e  
minha irmã.  
Muito obrigado!

## **AGRADECIMENTOS**

- Professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da UFF;
- Funcionários da Secretaria da Pós-Graduação em Engenharia Civil, da UFF;
- Professores membros da banca examinadora;
- Ademirso Cunha, Técnico de Controle de Qualidade, Concreto Vitória/Usina Caju;
- Alberto Ferreira de Araujo, Gerência Operacional, Top Mix;
- Alexandre Rodrigues dos Santos, Engenheiro Civil, SRA Engenharia Ltda.;
- Daniel Pereira Oliveira, Chefe do Departamento de Tratamento e Manutenção da ETE Penha;
- Douglas McIntosh - PhD Microbiologia. Prof Adjunto UFRRJ- Medicina Veterinária;
- Everson Medeiros, Departamento Técnico/Ceterj, Supermix/Caju;
- Giuliano Lemes, Gerência de Filial/Usina Caju;
- Helande Maiques de Carvalho, Engenheiro Civil, no Tribunal Regional Federal da 2ª Região;
- Izabela Xantre Fraga de Pinho, Arquiteta, no Tribunal Regional Federal da 2ª Região;
- João Marcos Lyrio Ramos, Engenheiro Civil, Central e Laboratório da Engemix/Usina Caju;
- Mário Jorge Pereira da Silva, Gerência de Operação e Produção, Rio Mix;
- Pablo Pereira Gonzales, Engenheiro Civil, Gerência de Tecnologia Rio – Lafarge Concreto;
- Paulo Jiovani Hottz, Técnico de Manutenção, SRA Engenharia Ltda.;
- Rafael Diniz, Técnico de Edificações, no Tribunal Regional Federal da 2ª Região;
- Bruno Medina, Carlos Eduardo e Keila Leticia, estagiários de Engenharia Civil, e Caroline, estagiária de Arquitetura, no Tribunal Regional Federal da 2ª Região.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

- Profº Elson Antonio do Nascimento, D. Sc.

## Água

Paulo Tatit & Arnaldo Antunes

Da nuvem até o chão, do chão até o bueiro

Do bueiro até o cano, do cano até o rio

Do rio até a cachoeira

Da cachoeira até a represa, da represa até a caixa d'água

Da caixa d'água até a torneira, da torneira até o filtro

Do filtro até o copo

Do copo até a boca, da boca até a bexiga

Da bexiga até a privada, da privada até o cano

Do cano até o rio

Do rio até outro rio

De outro rio até o mar

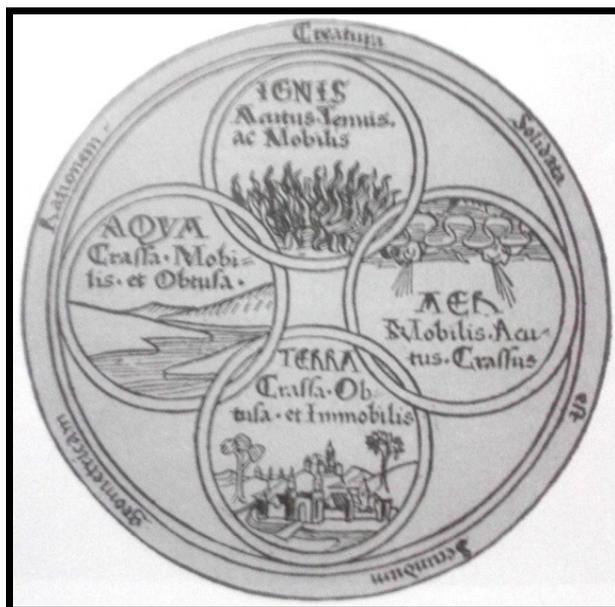
Do mar até outra nuvem

(Grupo Palavra Encantada, Cd 'Canções de Brincar', 1996)

Os versos apresentados são de uma canção para crianças do grupo musical Palavra Encantada, chamada "Água", que de maneira simples e singela reproduz o ciclo hidrológico, com a interveniência do homem.

Desdobrando a composição de sua linguagem infantil, mas ainda a lendo de forma leiga, é descrito que caídas das nuvens, as águas das chuvas são captadas e direcionadas a bueiros e conduzidas por tubulações aos rios. Estes, ao serem represados, abastecem as cidades de água que saciará as necessidades humanas. Após o uso, e chamada a partir daí de esgoto, a água volta encanada aos rios, que a desaguarão no mar e, por evaporação, a água retorna às nuvens.

Um dos quatro elementos clássicos, segundo filósofos da Antiga Grécia, junto com o fogo, a terra e o ar (Figura 1), a água é essencial para a existência de todas as formas conhecidas de vida. Não há um único ser vivo que possa ser criado, se desenvolver e se manter sem a água.



**Figura 1:** Os quatro elementos, segundo Isidoro de Sevilha

Fonte: Isidorus Hispalensis, 1472, in “De responsione mundi et de astrorum ordinatione”

A água está em nossa constituição física desde a concepção, nos envolvendo e protegendo, ambiente onde nos desenvolvemos antes de sermos dados à luz.

Água é mãe.

A água purifica nossas almas pelo batismo, tornando-nos identificados com a cultura e religião de nossos antepassados.

Água é pureza.

A água, tão importante, tão básica, tão simples, que a sábia cultura indígena brasileira a define como uma simples letra: ‘i’.

Água é sabedoria.

A água, motivo de cobiças, discórdias, guerras.

Água é direito natural.

A água, harmonia do ecossistema global da Terra.

Água é equilíbrio.

Água é vida.

## RESUMO

A Lei 9.433/97 e outros instrumentos têm incentivado o uso sustentável da água, priorizando onde e como utilizar a água tratada. A construção civil vem aumentando as medidas que minimizem os impactos de sua ação no meio ambiente, praticando a 'construção sustentável' e maximizando o uso de materiais recicláveis ou reciclados. A água de reúso, produto reciclado, é importante alternativa no uso doméstico ou industrial. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade de fornecimento da água de reúso produzida pela ETE Penha às sete usinas de concreto situadas no bairro do Caju, no Rio de Janeiro, tanto de sua capacidade instalada para produção de água de reúso quanto do estudo para projetar um valor para o seu  $m^3$ , ainda inexistente. A metodologia compreende pesquisas bibliográfica, documental e de campo. Os dados apresentam uma estação produtora de excelente água de reúso, com capacidade mais que suficiente para atender as atuais demandas médias mensais de 9.315  $m^3$  de água das concreteiras do Caju. O valor projetado de R\$ 1,05 para o  $m^3$  de água de reúso para fornecimento pela ETE Penha propicia redução média de 24,51% nos valores de consumo de água das concreteiras. O resultado final aponta a viabilidade quantitativa de fornecimento de água de reúso pela ETE Penha às concreteiras do Caju, associada às vantagens econômicas da utilização desse recurso como água de amassamento.

**Palavras-Chave:** Água de reúso, Água de amassamento, ETE Penha, Reciclagem de água, Reúso de água.

## ABSTRACT

Law 9.433/97 and other instruments have encouraged the sustainable use of water in Brazil, prioritizing where and how to use treated water. The civil construction industry is increasing measures to minimize the impact of its activities upon the environment via the practice of 'sustainable construction' and is maximizing the use of, recyclable or recycled materials. Reuse water, a recycled product, is an important alternative for domestic or industrial use. The objective of this study was to analyze the feasibility of providing reuse water, produced by ETE Penha, to seven concrete factories located in the Caju region of Rio de Janeiro city, in terms the station's capacity for production of reuse water and to estimate a value per m<sup>3</sup>, which had yet to be established. The methodology included bibliographic and documental research, combined with field surveys. The results revealed a treatment plant producing excellent reuse water, with more than sufficient capacity to meet the current, average monthly demands of 9,315 m<sup>3</sup> of the Caju concrete producers. The projected value of R\$ 1.05 per m<sup>3</sup> of recycled water supplied by ETE Penha, would represent average reductions of 24.51% in the costs of water consumption. The final result of this study highlighted the quantitative viability of ETE Penha to supply reuse water to the concrete producers, in association with the economic advantages of using of this resource as mixing water.

**Keywords:** Reuse water, mixing water, Penha waste water treatment station, recycling of water, reuse of water

## ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Os quatro elementos, segundo Isidoro de Sevilha .....	6
<b>Figura 2:</b> Resíduos da demolição da Ala Sul do HUCFF .....	21
<b>Figura 3:</b> Áreas de prestação de serviços de esgoto da Foz Águas 5 e da Cedae, no Rio de Janeiro .....	27
<b>Figura 4:</b> Remoção dos sólidos grosseiros pelo gradeamento .....	31
<b>Figura 5:</b> Etapa de tratamento primário do esgoto, na ETE Mulembá – CESAN/ES .....	31
<b>Figura 6:</b> Lançamento do efluente tratado na ETE Alegria no Canal do Cunha .....	33
<b>Figura 7:</b> Tubos para água de reúso - EUA: cor púrpura .....	36
<b>Figura 8:</b> Plaqueta informativa em ponto de utilização de água de reúso .....	39
<b>Figura 9:</b> Estação Produtora de Água Industrial do Aquapolo Ambiental .....	43
<b>Figura 10:</b> Prédio sede da ETE Penha .....	44
<b>Figura 11:</b> Localização da ETE Penha .....	45
<b>Figura 12:</b> Canal na ETE Penha conduz o efluente já tratado ao corpo receptor .....	46
<b>Figura 13:</b> Canal de captação do efluente da ETE Penha .....	48
<b>Figura 14:</b> Canal de captação do efluente da ETE Penha .....	48
<b>Figura 15:</b> Prédio da ETE Penha, Av. Brasil: fornecimento de água de reúso .....	50
<b>Figura 16:</b> Central dosadora de concreto .....	53
<b>Figura 17:</b> Bate-lastro .....	54
<b>Figura 18:</b> Bairro do Caju e a distribuição das sete concreteiras .....	61
<b>Figura 19:</b> Caminhão-pipa de capacidade de 20.000 l .....	71
<b>Figura 20:</b> A ETE Penha e trajeto até às concreteiras do Caju .....	72

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Produção anual - 2005 a 2012 - de água de reúso da ETE Penha .....	49
<b>Tabela 2:</b> Resultado quanto à presença de 'Coliforme Termotolerante' na produção de água de reúso, ETE Penha, mês 01/2013 .....	51
<b>Tabela 3:</b> Produções médias mensais de concreto por concreteira; respectivos consumos médios mensais de água e valores pagos por m <sup>3</sup> de água .....	65
<b>Tabela 4:</b> Faixas de valores do m <sup>3</sup> cobrados pela Cedae para caminhões-pipas, para fornecimento de água potável, na cidade do Rio de Janeiro (jun/2013) .....	71
<b>Tabela 5:</b> Reduções, em Reais e percentuais, no consumo de água de cada concreteira ao utilizar a água de reúso proveniente da ETE Penha .....	76

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Produção média de concreto usinado/mês de cada concreteira do Caju .....	65
<b>Gráfico 2:</b> Consumo médio de água/mês de cada concreteira do Caju .....	66
<b>Gráfico 3:</b> Distribuição dos valores pagos por m <sup>3</sup> de água, por cada concreteira .....	67
<b>Gráfico 4:</b> Maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela ETE Penha – 2005/20012 - e consumos médios de água/mês de cada concreteira do Caju ..	69
<b>Gráfico 5:</b> Capacidade instalada na ETE Penha para produção mensal de água de reúso; o maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela estação; a soma do consumo médio mensal de água para produção de concreto das sete concreteiras do Caju, e a diferença para a totalidade da capacidade instalada .....	70
<b>Gráfico 6:</b> Composição do valor adotado da água potável fornecida por caminhão- pipa, total de R\$ 18,00 o m <sup>3</sup> .....	73
<b>Gráfico 7:</b> Composição do valor do m <sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão- pipa com capacidade de 20 m <sup>3</sup> .....	74
<b>Gráfico 8:</b> Distribuição dos valores pagos por m <sup>3</sup> de água, por cada concreteira do Caju e o valor de compra do m <sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa com capacidade de 20 m <sup>3</sup> .....	75

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>RECICLAGEM E REÚSO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>O ABASTECIMENTO DE ÁGUA E A COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO</b> .....	<b>24</b>
3.1	HISTÓRICO .....	24
3.2	LEGISLAÇÃO PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS .....	25
3.3	A CEDAE E A FOZ ÁGUAS 5 .....	25
<b>3.3.1</b>	<b>A Cedae</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3.2</b>	<b>A Foz Águas 5</b> .....	<b>26</b>
3.4	A ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE .....	25
<b>4</b>	<b>O ESGOTO SANITÁRIO E SEU TRATAMENTO</b> .....	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>ÁGUA DE REÚSO</b> .....	<b>34</b>
5.1	DEFINIÇÃO .....	34
5.2	A ÁGUA DE REÚSO NAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS .....	35
5.3	A ÁGUA DE REÚSO DAS ETEs .....	40
5.4	A SABESP E A AQUAPOLO .....	41
<b>6</b>	<b>A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA PENHA – ETE PENHA</b> .....	<b>44</b>
6.1	HISTÓRICO .....	44
6.2	A PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PELA ETE PENHA .....	46
<b>7</b>	<b>CONCRETO, CONCRETO USINADO E ÁGUA DE AMASSAMENTO</b> .....	<b>52</b>
7.1	O CONCRETO .....	52
7.2	O CONCRETO USINADO .....	52
7.3	A ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO .....	55
<b>8</b>	<b>O PÓLO DE CONCRETEIRAS DO CAJU</b> .....	<b>60</b>
8.1	O BAIRRO DO CAJU .....	60
8.2	A DEMANDA POR CONCRETO USINADO .....	60
<b>9</b>	<b>CONSUMO DE ÁGUA DE AMASSAMENTO PELAS CONCRETEIRAS DO CAJU</b> .....	<b>62</b>
9.1	QUADRO RESUMO E AVALIAÇÕES .....	64
<b>9.1.1</b>	<b>Quadro resumo</b> .....	<b>64</b>
<b>9.1.2</b>	<b>Avaliações</b> .....	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>VIABILIDADE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA DE REÚSO ÀS CONCRETEIRAS DO CAJU</b> .....	<b>68</b>
10.1	DEMANDAS POR ÁGUA DAS CONCRETEIRAS; VALOR MÁXIMO PRODUZIDO PELA ETE PENHA E SUA CAPACIDADE INSTALADA .....	68

10.2	PREÇO DO M <sup>3</sup> DA ÁGUA DE REÚSO E SUS DISPONIBILIDADE ÀS CONCRETEIRAS DO CAJU .....	70
<b>11</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS .....</b>	<b>77</b>
11.1	CONCLUSÕES .....	77
11.2	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS .....	79
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES .....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1992, a Organização das Nações Unidas, ONU, elegeu e fixou o dia 22 de março de cada ano como sendo o Dia Mundial da Água, com o objetivo de ser uma data de reflexão, análise, tomada de consciência e elaboração de medidas práticas para resolver questões relacionadas à crescente degradação, poluição e contaminação das fontes de água potável.

Treze anos depois, o Dia Mundial da Água de 2005 marcou o início da “Década Internacional da Água, Fonte de Vida”, 2005-2015, estabelecida pela Resolução nº 58/217 da Assembleia Geral da ONU. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2003)

O objetivo dessa Resolução é “promover os esforços para cumprir os compromissos internacionais sobre água e saneamento até 2015”. A água, para a ONU, é fundamental para a reversão do atual quadro de pobreza e para a promoção da saúde humana. Defende a ONU uma melhor distribuição e uso desse recurso. Os estados-membros das Nações Unidas deverão, dentre uma série de deveres até 2015, reduzir à metade o número de pessoas sem acesso à água potável e impedir a exploração não sustentável dos recursos hídricos.

Como a água tornou-se um fator mundial de desestabilização social e política, tanto pelas 22 mil mortes diárias de origem hídrica registradas, quanto pela dura verdade de que 1,1 bilhão de pessoas que não dispõem de água potável e, que 2,4 bilhões sofrem pela falta de saneamento nos países pobres, é que a ONU decidiu acolher as recomendações dos diversos encontros mundiais realizados no último lustro, dando início, neste 22 de março de 2005, a uma nova Década Internacional da Água que culminará em 2015. (CHAYB, 2005)

O Brasil, em consonância com esse evento, instituiu a Década Brasileira da Água, pelo Decreto de 22 de março de 2005, com início nessa mesma data.

A Década Brasileira da Água tem como objetivos “promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água, em todos os níveis, assim como assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades voltadas ao alcance dos objetivos contemplados na Política Nacional de Recursos Hídricos ou estabelecidos em convenções, acordos e resoluções, a que o Brasil tenha aderido”.

A preocupação mundial com a água procede. Apesar de o 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. A má distribuição da água doce no mundo, a crescente degradação, poluição e contaminação de suas fontes agravam a situação.

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. 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.

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. 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 metros cúbicos por segundo/ano. (MARCONDES, 2010)

A letra da canção 'Água', apresentada no prólogo, foi escrita em 1996. Sua simplicidade provavelmente seja reflexo do ambiente jurídico em vigência, à época, relativo à gestão dos recursos hídricos brasileiros. A principal norma legal que norteava essa gestão ainda era o Código de Águas Brasileiro, de concepções da era Vargas, aprovado pelo Decreto Federal nº 24.643/34.

A 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 34, como conhecido, surgiu no contexto de mudança do modelo sócio econômico brasileiro, anteriormente calcado essencialmente na produção

agro-pecuária, 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 34 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 Hidro-Elétrica”. 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”. Objetiva, principalmente, assegurar às atuais e futuras gerações “a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade” e a sua utilização racional, “com vistas ao desenvolvimento sustentável”.

O maior avanço desse instrumento legal não foi no campo da hidráulica, do uso racional da água ou no planejamento estratégico do Brasil. A grande conquista na aprovação da lei 9433 foi no campo social, impedindo que a água continuasse a ser utilizada como um instrumento do aumento da desigualdade social, prática essa utilizada por mais de quatro séculos pelos detentores do poder econômico. [...] Em um país em que a atividade agrária era exercida praticamente por latifundiários, esses grandes proprietários de terras eram também os donos da água. E em sendo a água um bem de subsistência, esse era um poder de vida ou morte. A “negociação” [...] terminaria sempre em uma grande concentração de poder econômico e político, largamente difundido na cultura brasileira, dos chamados “coronéis”. (BODSTEIN et BARROS, 2009)

A partir desta lei, várias outras normas jurídicas são criadas visando assegurar a toda coletividade o “uso sustentável” da água, garantindo o direito de uso e instituindo deveres e obrigações aos usuários. (ABDALA et ABDALA, 2004)

Caso os autores da letra da canção “Água” a escrevessem nos dias atuais, usariam temas técnica, econômica e ambientalmente mais modernizados, tais como aproveitamento da água de chuva, tratamento e purificação da água de consumo, correta disposição de esgoto e seus possíveis reaproveitamentos, por exemplo.

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-químicos de depuração em estações de tratamento de água, denominadas ETAs; 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 indústrias devem levar em conta, com vistas à economia.

A utilização da água tratada proveniente de efluentes, ou simplesmente ‘reúso 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. Atualmente, Israel, com seu histórico problema de captação de água para uso potável, utiliza 80% da água consumida pela população proveniente do esgoto tratado.

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”. Porém, ainda é um mercado pouquíssimo explorado.

Em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH emite a Resolução nº 54 que “estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências”. Esta resolução define oficialmente os termos ‘água residuária’, ‘reúso de água’, ‘água de reúso’, ‘reúso direto de água’ e ‘produtor de água de reúso’, até então utilizados de forma empírica.

A Resolução CNRH nº 54, em seu art. 3º, descreve as modalidades de abrangência do reúso direto não potável de água para os fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e na aquicultura. Para o presente trabalho, os fins de interesse são os 'urbanos' e os 'industriais'.

Para 'fins urbanos', a Resolução CNRH nº 54 descreve as utilizações de reúso da água: "irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana". Para este trabalho a utilização de interesse é 'construção civil'.

Ainda no art. 3º, a resolução cita que para 'fins industriais' poderá a água de reúso ser utilizada "em processos, atividades e operações industriais". Neste caso, todas as utilizações são de interesse deste trabalho.

A Resolução ainda cita que "modalidades de reúso não são mutuamente excludentes, podendo mais de uma delas ser empregada simultaneamente em uma mesma área".

Apesar da existência da Resolução CNRH nº 54, o que se constata é grande ausência de legislação, normas, e normatizações técnicas para a produção e utilização da água de reúso.

A utilização de água reciclada é mais um insumo possível de reaproveitamento na construção civil.

A construção civil é uma das atividades transformadoras que mais consomem recursos naturais extraídos. Rochas são transformadas em britas; areias são retiradas dos rios e jazidas; minérios viram aço e árvores são produzidas madeiras e chapas. E também consome a construção civil materiais reciclados: de demolição de estruturas de concreto obtém-se, por britagem, agregados e areia e reaproveitamento do aço da armadura; chapas de aglomerado de madeira; massa de assentamento proveniente de material cerâmicos moído; pó de borracha de pneus para concreto asfáltico, por exemplo.

Na fabricação do concreto, a água entra como insumo, sendo utilizada como facilitadora para a mistura aglomerante/agregados e como iniciadora dos processos químicos que resultarão, como objetivo final, no endurecimento do concreto. É aqui conhecida como água de amassamento.

A água de reúso apresenta-se como alternativa à água tratada utilizada como água de amassamento. Alternativa técnica, econômica e ambientalmente mais modernizadas.

## 2 RECICLAGEM E REÚSO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Detentora da posição de líder em extração de recursos naturais no mundo, bem como em disposição de resíduos, a indústria da construção civil vem cada vez mais adotando medidas e procedimentos que minimizem os impactos no meio ambiente, procurando maior desenvolvimento sustentável.

De acordo com a Pirâmide de Necessidades, teoria desenvolvida por Abraham Maslow, o abrigo e a proteção contra o perigo estão nas necessidades mais elementares do ser humano. Para tanto, árvores foram cortadas e transformadas em cabanas, os troncos usados como barreiras de proteção; galhos e folhas utilizados como combustível para o fogo ou como armas de defesa pessoal ou de sua comunidade ou ainda para ataque, para conquista de inimigos ou de alimentos e vestuários; pedras, também usadas como material de habitação e armamento, possibilitaram os primeiros represamentos de córregos e riachos para pesca, canalização de água às aldeias e irrigação de culturas agrícolas; do barro retirado das margens de rios e lagos, o homem pré-histórico produziu as primeiras cerâmicas: utensílios domésticos, representações humanas ou religiosas e urnas funerárias; jazidas foram exploradas para obtenção de minérios que manufaturados produziram os primeiros metais, cobre e estanho, os quais possibilitaram a introdução do homem na Idade do Bronze.

E a evolução da humanidade continuou e prossegue, pois a cada conquista de um degrau na escala de necessidades corresponde a busca do degrau imediatamente acima.

Para auxiliá-lo, o homem desenvolveu técnicas, equipamentos e instrumentos, valendo-se de sua inteligência e criatividade e de recursos disponíveis na natureza, sendo inevitável que nesse caminhar evolucionário, para obtenção de insumos, o ambiente não fosse modificado.

Na transição dos anos 80 para 90, temas como preservação ambiental, preservação da biodiversidade, reciclagem e sustentabilidade começam a aparecer e, cada vez mais, ganhar importância nos discursos de líderes internacionais.

Em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco-92, no Rio de Janeiro, é produzido o documento 'Agenda 21 Global' que, em suma, propõe um novo padrão de desenvolvimento, o "desenvolvimento sustentável". Cada país pode produzir a sua 'Agenda 21 local'. No Brasil, a partir das diretrizes da 'Agenda 21 Global', é construída a 'Agenda 21 Brasileira', processo e instrumento de planejamento participativo que procura "estabelecer equilíbrio negociado

entre os objetivos e as estratégias das políticas ambientais e de desenvolvimento econômico e social, para consolidá-los num processo de desenvolvimento sustentável”. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004)

No campo da construção civil, em decorrência desse processo, surge o conceito de ‘construção sustentável’, em consonância com a proposta de desenvolvimento sustentável emanada da Agenda 21. Uma construção sustentável observa que todo o processo de construção, desde a extração e beneficiamento de materiais, seu planejamento, projeto e construção, até a sua demolição e disposição dos resíduos para reutilização e reciclagem, seja para a própria construção civil ou outras finalidades, esteja compatível com os princípios de desenvolvimento sustentável.

A resposta do mercado financeiro às empresas que promovem tais práticas conservacionistas vem, continuamente, agregando valor e segurança a seus ativos e proporcionando maior retorno aos investidores”. (HESPANHOL, 2010)

Assim, várias empresas ligadas ao ramo da construção civil passaram a adotar a prática de gestão ambiental, pois notaram ser um ótimo caminho para se tornarem competitivas, ao diferenciar e valorizar seu produto.

A indústria da construção civil não apenas produz resíduos recicláveis, como também reaproveita por insumos diversos materiais de outras atividades. Um pouco defasado em relação mundo, onde as pesquisas de materiais recicláveis e inservíveis para aproveitamento na construção civil são desenvolvidas há décadas, o Brasil assim o vem fazendo nos últimos anos.

O resíduo de construção e demolição, conhecido pela sigla RCD, gera cerca de 60% da massa de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros. Por seu grande volume e, por conseguinte, de grande preocupação quando de seu despejo, o RCD mereceu normatização pela Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”, induzindo as empresas da construção civil a ter como objetivo não gerar resíduos, mas, se gerar, dever de cuidar de sua reutilização, reciclagem. (CASTILHO, 2009)

Os RCDs mais comuns que produzem materiais possíveis de serem reciclados e reaproveitados são os entulhos de concreto armado, de alvenaria e de madeira. Do entulho do concreto armado separasse o aço da estrutura a ser destinado às aciarias para fundição e produção de novas chapas, barras e fios de aço. Ainda do entulho do concreto, a massa sólida é triturada pra a produção de agregados reciclados como britas, pedrisco e areia, a

serem aproveitados em aplicações não estruturais. Do entulho de alvenarias e telhas cerâmicas obtém-se, também por trituração, material de insumo para confecção de massa de emboço de paredes, de assentamento de blocos e novas peças cerâmicas. E, dos resíduos de madeira, reaproveitamento em peças estruturais de menores dimensões, por corte, ou raspas a serem utilizadas em chapas de aglomerados.

Outros materiais recicláveis provenientes de RCDs são o alumínio, o cobre, vidros, plásticos e borrachas.

Os RCDs são um problema ambiental para sua disposição final. No entanto, a reciclagem desse material o faz ter valor. Recentemente, uma empresa pagou R\$ 1,00 pelos resíduos da demolição do prédio anexo do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. (Figura 2)



**Figura 2:** Resíduos da demolição da Ala Sul do HUCFF

Fonte: Ana Branco – Jornal O Globo, em 27/08/2011 (arquivo)

Essa empresa vislumbrou vendê-los no mercado da construção civil, após a reciclagem do material, por valor acima de R\$ 2,3 milhões, custo por ela estimado para a retirada do entulho. Foram 137 toneladas de entulho que, beneficiado, transformou-se em agregado reciclado para pavimentação de ruas, areia reciclada, pedra de brita e aço para aciarias.

O reaproveitamento de materiais provenientes de outras atividades é frequente na indústria da construção civil.

Na área da pavimentação, a Petrobrás vem realizando estudos, pesquisas e testes no desenvolvimento do asfalto-borracha, um betume ligante modificado pela inserção de borracha moída de pneus inservíveis, insumo que propicia a melhora as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico.

Campos (2009) realizou estudos e testes para o aproveitamento de peças descartadas de isoladores elétricos de porcelana branca. Por segurança, a troca de isoladores elétricos antigos por novos ocorre em intervalos de dez anos, aproximadamente, sendo as peças usadas recolhidas aos pátios dos fabricantes, pois a legislação brasileira de disposição de resíduos desse tipo de material obriga-os a recolher as peças substituídas. As empresas que recolhem materiais para reciclagem somente se interessam pela parte metálica interna dos isoladores, desprezando o corpo cerâmico. Os estudos e testes utilizando a porcelana moída como insumo na confecção de argamassas e concretos, em substituição parcial dos agregados areia e pedra apresentaram ótimos resultados quanto à resistência, à deformação, à impermeabilidade e menores tempos de início e fim da cura.

Carvalho (2005) estudou a utilização de resíduos do processo de forjamento de peças metálicas; do corte de rochas ornamentais e da trituração do entulho da construção civil, na produção de artefatos de sinalização refletiva viária, conhecidos como tachas. Executou-se programa experimental com o desenvolvimento de protótipos em matriz polimérica utilizando aqueles resíduos como carga. Os resultados indicaram que os três resíduos podem ser utilizados na produção de artefatos de sinalização refletiva viária, sendo alternativa ao uso de talco industrial para fabricação daquelas peças viárias.

Leal (2013) pesquisou e analisou o uso do bagaço de cana como aditivo estabilizante nas misturas asfálticas SMA (Stone Matrix Asphalt), alternativa para a melhoria do desempenho dos pavimentos brasileiros. A substituição da fibra de celulose pelo bagaço de cana como aditivo estabilizante nas misturas asfálticas SMA mostrou ser viável pelos ensaios laboratoriais. Testes realizados na BR 356, quando uma seção da estrada foi construída para avaliar o desempenho dessa substituição e os resultados mostraram que o desempenho da SMA com bagaço é similar aquela com fibras de celulose.

Havendo estudos e testes comprobatórios a construção civil é uma indústria que está aberta à utilização de insumos reciclados, provenientes de outras atividades.

E a água de reúso é um desses novos insumos.

Companhias que não incluem idéias ambientais aos seus arsenais estratégicos se arriscam a perder oportunidades em mercados que são continuamente moldados por fatores ambientais.

Outro resultado benéfico gerado pela aplicação de estratégias corretas de gestão ambiental é a obtenção de uma imagem empresarial positiva, ou “eco-imagem”, que pode trazer retornos superiores àqueles proporcionados por programas extensivos de propaganda e marketing. (HESPANHOL, 2010)

### **3 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA E A COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO**

#### **3.1 HISTÓRICO**

Até 1975, antes da fusão dos antigos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, a cidade do Rio de Janeiro era abastecida de água e tinha seus esgotos recolhidos e tratados respectivamente pelas autarquias estaduais Empresa de Águas do Estado da Guanabara – Cedag e Empresa de Saneamento da Guanabara - Esag.

Com a fusão, à Cedag e Esag foi juntada a Companhia de Saneamento do Estado do Rio de Janeiro - Sanerj, esta do antigo Estado do Rio de Janeiro, surgindo a Companhia Estadual de Águas e Esgotos - Cedae, empresa que deu prosseguimento, por sucessão, aos serviços prestados pela Cedag e Esag.

Após a promulgação da Constituição de 1988, a Lei Orgânica do Município do Rio de Janeiro avoca a competência de organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e cita que essa competência será exercido por ele diretamente, através de organismo próprio, ou mediante concessão.

Até 2007, tanto os serviços de abastecimento de água como o de esgotamento sanitário no município do Rio de Janeiro foram prestados exclusivamente pela Cedae. Nesse ano, celebrou-se convênio entre o Estado do Rio de Janeiro, a Cedae e o Município do Rio de Janeiro, pelo qual ficou atribuído a este, “por si, por suas entidades ou por terceiros-delegatários do serviço, a gestão do serviço de esgotamento sanitário na Área de Planejamento – 5, a AP5, e manutenção e operação do esgotamento sanitário nas áreas faveladas da Cidade do Rio de Janeiro”. Delegou-se, então, as atividades de operação, expansão e aperfeiçoamento dos serviços de esgotamento sanitário nessas regiões à Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos, pela Subsecretaria de Águas Municipais, antecessora, em funções, da atual Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro, a Rio-Águas.

Em maio de 2012, começa a operar como concessionária responsável pela operação dos serviços de coleta e tratamento de esgoto da AP5 o consórcio privado Foz Águas 5, na primeira Parceria Público-Privada do Rio para saneamento básico e a maior já feita no país. O contrato entre a empresa e a Prefeitura o Rio de Janeiro é supervisionado e fiscalizado pela Rio-Águas. (RIO DE JANEIRO, 2012)

## 3.2 LEGISLAÇÃO PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS

Os serviços públicos são organizados e prestados pelo poder público, ou diretamente ou sob regime de concessão ou permissão. Essa prestação é regida pelo art.175 da Constituição Federal e disciplinada pela Lei nº 8.987/95, esta com alterações pela Lei nº 11.445/07, a Lei do Saneamento Básico. No plano do Estado do Rio de Janeiro, pelo art. 242 da Constituição Estadual e Lei Estadual nº 2.831/97 e, na capital fluminense, pelo art. 148 da Lei Orgânica do Município e Lei Complementar nº 037/98.

Um dos serviços públicos explorados e prestados pelo poder público é o de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto sanitário, basicamente um serviço de nível municipal.

Especificamente quanto à prestação de serviços públicos de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, alguns municípios optam por fazê-la diretamente, por suas respectivas secretarias de serviços públicos ou autarquias municipais, assim como outros municípios adotam o regime de concessão ou permissão.

No município do Rio de Janeiro, a Lei Municipal nº 2.617/98 autoriza a Prefeitura a explorar, direta ou indiretamente, a operação dos sistemas de abastecimento de água e de esgoto sanitário dentro de seu território, por execução direta ou por delegação a um ou mais concessionários ou permissionários, dos serviços referentes à captação, adução, tratamento e abastecimento de água e à coleta, tratamento e disposição final de esgotos sanitários.

O município do Rio de Janeiro é atendido em sua totalidade nos serviços de fornecimento de água potável pela Cedae. Já para a prestação de serviços de coleta de esgoto, o Rio é dividido em duas áreas, uma delas atendida pela Cedae e a outra pela Foz Água 5.

## 3.3 A CEDAE E A FOZ ÁGUAS 5

### 3.3.1 A Cedae

A Cedae é a união por fusão das empresas Cedag, Esag e Sanerj, em decorrência da fusão dos antigos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, em 1975.

Surge em 1º de agosto daquele ano, como uma sociedade de economia mista estadual que “opera e mantém a captação, tratamento, adução, distribuição das redes de águas, além da coleta, transporte, tratamento e destino final dos esgotos gerados dos municípios conveniados do Estado do Rio de Janeiro”. Atua em 60 municípios fluminenses

(ANEXO A), abastecendo de água potável mais de 12 milhões de pessoas e coletando e tratando os esgotos da maioria dos municípios do Rio de Janeiro.

Para o abastecimento de água, a Cedae capta água em mananciais, realiza seu tratamento, a adução e a distribuição por redes de água potável.

Após passar pelos processos de tratamento - tranquilização, floculação, decantação, filtração, clarificação e desinfecção com cloro – a água, captada barrenta e turva, está apta a ser entregue à clientela de forma pura e cristalina, não sem antes, por determinações legais, receber adições monitoradas de ácido fluorsilícico para a fluoretação, importante medida de saúde pública no controle e diminuição de incidências da cárie dentária.

Para a cidade do Rio de Janeiro, 85% do abastecimento de água tratada é feito a partir da ETA-Guandu, localizada em Nova Iguaçu. Foi inaugurada em 1955 e é uma das maiores estações de tratamento de água do mundo, tratando um volume de água em redor de 43.000 l/s, operada e controlada por equipamentos de alta tecnologia. Além da cidade do Rio de Janeiro, a ETA-Guandu fornece água tratada a cerca de 70% dos municípios da Baixada Fluminense, totalizando 9 milhões de habitantes beneficiados. (CEDAE, 2010a)

Para o tratamento e destino final dos esgotos dentro de sua área de atuação, a Cedae possui 8 estações de tratamento de esgotos: as ETEs Barra da Tijuca, Alegria, Penha, Tauá, Paquetá, Pavuna, Sarapuí e São Gonçalo.

Excetuando-se a da Barra da Tijuca, as ETEs estão inseridas no Programa de Despoluição da Baía de Guanabara - PDBG - programa que visa melhorar as condições sanitárias e ambientais da Baía de Guanabara e áreas próximas.

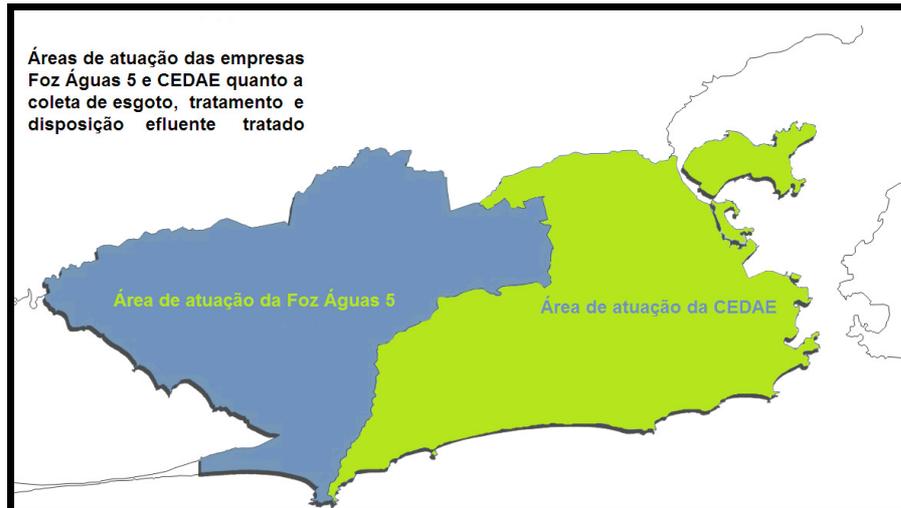
A maioria das ETEs da Cedae utilizam o sistema de tratamento secundário de lodos ativados. Nelas são realizadas controles de diversos parâmetros durante o processamento dos esgotos até o lançamento do efluente tratado nos corpos receptores. Esses parâmetros são: o ph, a turbidez, a dureza/cloreto, a 'dbo' (demanda bioquímica de oxigênio), a 'dco' (demanda química de oxigênio), o 'rnft' (resíduo não filtrável total), fósforo, a série nitrogenada, cor, 'bas' (biofiltro aerado submerso), óleos e graxas e coliformes.

### **3.3.2 A Foz Águas 5**

A concessionária Foz Águas 5, de capital privado, é formada pelas empresas Foz do Brasil e Saneamento Ambiental Águas do Brasil, ambas investidoras e operadoras de sistemas de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos no Brasil.

Respectivamente, têm como acionistas grandes e tradicionais empresas do ramo da construção civil.

Na capital fluminense, a Foz Águas 5 é a empresa que opera os serviços de ampliação, coleta e tratamento de esgoto sanitário e gestão comercial da AP5, área onde se situam 21 bairros da Zona Oeste do Rio de Janeiro (ANEXO B), correspondentes a 48% do território da cidade e onde moram e trabalham mais de 2 milhões de pessoas. (Figura 3)



**Figura 3:** Áreas de prestação de serviços de esgoto da Foz Águas 5 e da Cedae, no Rio de Janeiro.

Na AP5, a grande maioria das ETEs existentes são de pequena capacidade, antigas, deficientes e deterioradas. As ETEs da AP5 antes sob a responsabilidade da Rio-Águas e repassadas à Foz Águas 5 são Palmares, Deodoro, Nova Sepetiba 2, Nova Sepetiba 5, Coqueiros e Vila Kennedy.

Pelo contrato assinado com a Prefeitura o Rio de Janeiro, iniciado em maio de 2012 e com duração de 30 anos, a Foz Águas 5 compromete-se a realizar investimentos para a implantação da infra-estrutura de esgotamento sanitário - redes coletoras, coletores-tronco e estações de tratamento - naquela região, construindo e modernizando 11 ETEs.

Em junho de 2012, foi inaugurada a primeira estação de ETE operada pela Foz Águas 5, a ETE Eng<sup>o</sup> Constantino Arruda Pessôa, ETE Deodoro.

### 3.4 A ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE

A Lei do Saneamento Básico rege as tarifas dos serviços públicos no Brasil. Esta lei prevê a adoção de tarifas diferenciadas segundo as categorias dos imóveis - domiciliar (ou

residencial), comercial, industrial e público (governos federal, estadual e municipal) - e faixas de consumo.

São aplicáveis na cidade do Rio de Janeiro as tarifas de água e esgoto de acordo com a estrutura tarifária da Cedae e as respectivas regras de faturamento, tendo sido essa estrutura regulamentada pelo Decreto Estadual nº 23.676/97. A prefeitura carioca endossa os serviços prestados pela Cedae em seu território pelo Decreto nº 34.290/2011 que aprova o Plano Municipal de Saneamento para Serviços de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário para o Município do Rio de Janeiro.

A cobrança do serviço de fornecimento de água prestado pela Cedae se divide em duas modalidades: a cobrança por consumo estimado e a cobrança por consumo medido. Para o consumo estimado é usada a pena d'água, um limitador de fornecimento de água, e para a medição de consumo de água, é instalado um contador de medição volumétrica de água, o hidrômetro.

Quanto ao serviço de captação do esgoto sanitário produzido pelo cliente, a cobrança é igual ao valor devido pelo consumo de água. Essa paridade – valor cobrado pela coleta do esgoto sanitário igual a 100% do valor da cobrança de água consumida – vem sendo rotineiramente questionada na Justiça.

Pelas regras tarifárias da Cedae, a capital fluminense pode ter até 29 valores diferentes para um mesmo m<sup>3</sup> de água. Além das tarifas diferenciadas segundo as categorias dos imóveis e faixas de consumo, tem-se a diferenciação de tarifas quanto à localização do bairro atendido e, também, pelos serviços de fornecimento de água acompanhados ou não de coleta de esgotos.

O Decreto 23.676/97 divide os usuários, quanto à clientela, em 5 categorias: “domiciliar conta mínima”, “domiciliar”, “comercial”, “industrial” e “pública”. Cada categoria é subdividida em faixas pré-definidas de consumo mensal de água (m<sup>3</sup>/mês), podendo ser desde uma única faixa de consumo, caso da categoria “domiciliar conta mínima”, até 5 faixas, caso da categoria “domiciliar”. A cada uma dessas faixas de consumo está associado um nº de com duas casas decimais, intitulado “multiplicador”, fator majorado a cada mudança de faixa. Esse nº, que varia de 1,00 a 8,00, multiplica o valor da quantidade de m<sup>3</sup> que excedeu a faixa imediatamente anterior. No caso da categoria domiciliar, portanto, o cliente tem até 5 multiplicadores a ser aplicado em sua conta de consumo de água.

Assim, a cobrança por faixa, significa que toda vez que o consumo ultrapassa determinado limite, este consumo excedente sofre a ação multiplicadora de um fator maior, que incide sobre o preço da primeira faixa

de consumo, e assim sucessivamente para as demais faixas. (CARNEVALE, 2009)

Há ainda 3 tarifas diferenciadas – “tarifa 1”, “tarifa 2” e “tarifa 3” – quando a unidade predial é atendida com cobrança de água e esgoto ou atendida com cobrança de água e sem esgoto.

Por último, a cidade do Rio de Janeiro, com relação à cobrança, foi dividida em duas áreas, a “A” e a “B”. Os 196 bairros da cidade estão divididos em 143 para a área “A” e 53 para a “B” (ANEXO C). Os 21 bairros da AP5, atendidos nos serviços de coleta e tratamento de esgotos pela concessionária Foz Águas 5, integram a área “B”.

Os ANEXOS D1 e D2 apresentam a estrutura tarifária da Cedae vigente a partir de 08/2012, aplicável no período deste trabalho.

As indústrias que utilizam a água como insumo para a fabricação de seus produtos, tais como as de bebidas ou as que fabricam concreto, devem levar em consideração o fato de que a quantidade de água que entra pelo seu hidrômetro será aquela que representará a quantidade de esgoto coletado.

## 4 O ESGOTO SANITÁRIO E SEU TRATAMENTO

A NBR 9648:1986, “Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário”, define esgoto sanitário como sendo o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”.

“A transformação da água em esgoto nada mais é do que a incorporação de novos componentes quando de sua passagem pelas instalações sanitárias”. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002)

Também conhecido pelos termos ‘água usada’ ou ‘água residuária’ ou ‘água servida’, o esgoto sanitário é, basicamente, 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, contendo materiais gordurosos e microorganismos.

Após a captação, as águas residuárias são direcionadas para as estações de tratamento de esgotos, as ETEs, onde recebem procedimentos físicos, químicos e biológicos que visam a máxima redução da carga poluente e a depuração da água para o despejo em um corpo d’água – córregos, rios ou mar - ou para o reúso dessa água.

Nas ETEs as águas usadas passam por tratamentos preliminares, primários, secundários e terciários.

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. O tratamento terciário é bastante raro no Brasil. (SPERLING, 2009)

No tratamento preliminar, ou pré-tratamento, o esgoto *in natura* é submetido a processo físico de separação de sólidos passíveis de remoção por grades de grosseiras a finas (conhecido por gradeamento) e/ou peneiras rotativas (Figura 4). São removidos materiais como sacos plásticos, garrafas pet, metais, galhos, folhas, tecidos, papéis e carcaças de animais. Ainda como tratamento preliminar, há a remoção do máximo possível de areia, em caixas de areia, processo conhecido como desarenamento, e de gordura, em caixas de gordura, o desengorduramento.



**Figura 4:** Remoção dos sólidos grosseiros pelo gradeamento

Fonte: Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais/FEC/Unicamp

O tratamento seguinte, o primário (Figura 5), e ainda físico, visa a separação da matéria poluente da água por sedimentação, removendo-se as partículas em suspensão mais densas que a água por gravidade, em sedimentadores primários.



**Figura 5:** Etapa de tratamento primário do esgoto, na ETE Mulembá - CESAN/ES

Fonte: Nathália Poloni/Cesan, material de divulgação da Cesan/ES

Caso necessário, nessa etapa poderão ser utilizados agentes químicos, como o cloreto férrico ou sulfato de alumínio, para que os colóides poluentes ainda existentes promovam a coagulação e floculação dessas micropartículas, com a posterior sedimentação em tanques de decantação.

Baseado em reações bioquímicas, realizadas por microrganismos, o tratamento secundário visa a remoção da matéria orgânica, que não foi eliminada nas etapas anteriores.

Esses microrganismos, bactérias, protozoários, fungos etc, interagem com “o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular. A eficiência de um tratamento secundário pode chegar a 95% ou mais dependendo da operação da ETE. Finalizado o tratamento secundário, as águas residuais tratadas apresentam um reduzido nível de poluição por matéria orgânica, podendo na maioria dos casos, serem despejadas no meio ambiente receptor. (SPERLING, 2009)

O lançamento dos efluentes tratados em corpos receptores - rios, córregos, lagos, lagoas e mar – deve obedecer aos dispostos nas Resoluções CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e nº 430, de 13 de maio de 2011. Esta última, em seu art. 21, estabelece as condições e padrões para que efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários possam ser lançados em corpos receptores:

- pH: entre 5 e 9;
- temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- materiais sedimentáveis: até 1 ml/l em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- demanda bioquímica de oxigênio-dbo 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/l, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/l, e
- ausência de materiais flutuantes.

A Figura 6, abaixo, é do último trecho percorrido pela água tratada na ETE Alegria, a maior das ETEs operadas pela Cedae, situada no bairro do Caju, na cidade do Rio de Janeiro. Em forma de esgoto sanitário domiciliar *in natura*, a água é introduzida na ETE e, após tratamento primário e secundário, é lançada limpa e cristalina no Canal do Cunha, próximo à Ilha do Fundão.



**Figura 6:** Lançamento do efluente tratado na ETE Alegria no Canal do Cunha  
Fonte: Material de divulgação da Cedae

## 5 ÁGUA DE REÚSO

### 5.1 DEFINIÇÃO

A definição oficial de 'água de reúso' é dada pela Resolução CNRH nº 54. No seu art. 2º, inciso III, define-se 'água de reúso' como sendo "água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas".

E, no mesmo art. 2º, mas no inciso I, como água residuária, "esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não".

Assim, baseado na Resolução nº 54, temos que água de reúso é, em suma, efluente líquido tratado que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. Porém, Giacchini (2011) afirma:

Com respeito ao reúso da água, o Brasil ainda não dispõe de normatização técnica específica para os sistemas de reúso da água. Em geral são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas produzidas por instituições privadas. Este é um fator que tem dificultado a aplicação desta prática no país, pois a falta de legislação e normatização específica dificulta o trabalho dos profissionais. Ainda pode colocar em risco a saúde da população devido à falta de orientação técnica para a implantação dos sistemas de reúso das águas servidas e a respectiva fiscalização de tais sistemas.

Na falta de normatização técnica nacional específica para os sistemas de reúso da água, empresas e profissionais ligados a projetos e execução de instalações hidráulicas norteiam-se pelas seguintes normas, todas em vigor nesta data:

- NBR 12722:1992: Discriminação de serviços para construção de edifícios – Procedimento;
- NBR 5626:1998: Instalação predial de água fria;
- NBR 7198:1993: Instalações prediais de água quente – Procedimento;
- NBR 8160:1999: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução;
- NBR 6493:1994: Emprego de cores para identificação de tubulações – Procedimento;
- NBR 11799:1990: Material filtrante - Areia, antracito e pedregulho – Especificação;
- NBR 11887:2003: Hipoclorito de cálcio – Especificação;

- NBR 7229:1993: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos,  
e

- NBR 13969:1997: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

Dessa forma, na era da certificação e orientação ambiental de empreendimentos que adotam ações e práticas de sustentabilidade como o *Leadership in Energy and Environmental Design – LEED* ou o selo Qualiverde, da Prefeitura do Rio de Janeiro, projetos e execução de sistemas de reúso de água, temas tão em voga na indústria da construção sustentável, os chamados empreendimentos ecoeficientes, são elaborados por associação de outras normas, cuja idade média é de 20 anos.

Um padrão norte-americano e internacionalmente conhecido, o *Guidelines for Water Reuse*, produzido pelo *U.S. Environmental Protection Agency*, lançado em 1992, atualizado na edição de 2004 e, por último, na de 2012, é utilizado em diversos países. Usa parâmetros de qualidade norte-americanos, o que torna difícil sua aplicabilidade na realidade brasileira. Apesar disso, alguns conceitos existentes podem ser aproveitados para auxiliar na elaboração de uma norma brasileira específica para as instalações de água de reúso, futuramente.

A universalização da prática de reúso de água no Brasil em todos os setores está, ainda, longe de se concretizar e só ocorrerá através de uma decisão político-institucional e da promulgação de um arcabouço legal realista, que possa ser efetivamente implementado através dos comitês de bacias hidrográficas. (HESPANHOL, 2010)

## 5.2 A ÁGUA DE REÚSO NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Como citado em seu Prefácio, a NBR 5626:1998 “é em grande parte dos casos um subsistema de um sistema maior, composto também pelas instalações prediais de água quente e de combate a incêndio. Dentro da atual estrutura de normatização, cada uma dessas instalações está coberta por norma específica. A instalação predial de água quente é normatizada pela NBR 7198:1993 (Projeto e execução de instalações prediais de água quente) e a de combate a incêndio pela NBR 13714:1996 (Instalações hidráulicas contra incêndio, sob comando, por hidrantes e mangotinhos)”. Uma futura norma específica para instalações de água de reúso será mais um subsistema desse citado sistema maior.

Apesar de ter sido redigida um ano depois da NBR 13969:1997, onde figura o termo ‘reúso’, a despeito de ser ‘reúso de esgoto tratado’ e não ‘reúso de água’, a NBR 5626:1998 utiliza o termo ‘água não potável’.

A NBR 5626:1998 não se aprofunda quanto às instalações de água não potável. Cita precauções a serem tomadas quanto a conexões cruzadas - ligação física entre tubulações que permitam a mistura da água potável de uma com a não potável de outra; dá exemplos onde a água não potável pode ser utilizada – “limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário” e determina que “todas as tubulações (de água não potável), reservatórios e pontos de utilização devem ser adequadamente identificados através de símbolos e cores, e devem advertir os usuários com a seguinte informação: “água não potável”.

Mas, não determina distanciamento mínimo entre as tubulações de água potável e água não potável, determinação de construções independentes para os reservatórios superiores e inferiores, diferença de cotas de fundo dos reservatórios superiores de água potável e água não potável, simbologia e cor específica para água não potável.

Sobre a este último aspecto, do *Guidelines for Water Reuse - 2012* tem-se a sugestão de que as tubulações e conexões para água de reúso sejam na cor púrpura, do inglês *purple* (Figura 7).



**Figura 7:** Tubos para água de reúso - EUA: cor púrpura

Fonte: CDM Smith, in *Guidelines for Water Reuse - 2012*

A falta de normas não impediu que algumas cidades do país com graves problemas de disponibilidade e demanda de água tivessem a iniciativa do reúso, mas implica na segurança do procedimento deste reúso, uma vez que, não havendo diretrizes ou especificações as empresas não tem padrões para se basear. (CHEIS, 2013)

Em Niterói, Estado do Rio de Janeiro, desde o final de julho de 2011, todas as novas edificações, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a

quinhetos metros quadrados e que tenham volume potencial de consumo igual ou superior a 20 metros cúbicos de água por dia, “ficam obrigadas a incentivar o reúso da água através da reciclagem dos constituintes dos efluentes das águas cinza servidas das edificações, com o objetivo de induzir a conservação do uso racional da água, para que a gestão dos recursos hídricos possa propiciar o uso múltiplo das águas”. (Lei n° 2.856, de 25 de julho de 2011, daquele município)

Pioneira no Estado, a Lei 2.856/11 contribui muito positivamente para o meio ambiente ao diminuir a atual demanda de 1.750 litros por segundo de água para a cidade de Niterói.

Essa lei niteroiense obriga que “a operação de qualquer sistema de tratamento de efluentes deverá contar com responsável técnico profissionalmente habilitado”. Visa-se, com isso, que o sistema seja de qualidade e seguro. Determina que as águas servidas provenientes dos chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e/ou máquinas de lavar sejam reaproveitadas para uso não nobres como lavagem de pátios, escadarias, carros, jardinagem e também ao abastecimento das descargas dos vasos sanitários as quais serão descarregadas, aí sim, na rede pública de esgoto. A lei do reúso de águas cinzas de Niterói foi escolhido como uma das dez melhores iniciativas públicas de 2011 voltadas para sustentabilidade no Brasil pelo prêmio *Greenvana Greenbest 2012*. (ONOFRE, 2012)

Segundo Prediger (2008), “os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, sendo boa parte desperdiçada”. Para os novos condomínios de Niterói, a utilização da água de reúso para fins menos nobres, gerada de seus próprios sistemas locais de tratamento de esgoto, em conjunto com o retardo e aproveitamento das águas pluviais, significa uma conta de água e esgoto até 60% menor do que os prédios que não contam com esse sistema de racionalização do uso da água

O reaproveitamento da água nas edificações dá-se pela captação das águas cinzas de chuveiros, banheiras, lavatórios, bidês, tanques e/ou máquinas de lavar roupa, conduzindo-as por gravidade diretamente para uma cisterna chamada de caixa de acumulação ou de retardo. Observa-se que, diferente das instalações prediais de esgotos sanitários usuais, os ramais de descarga desses aparelhos não são conduzidos a um desconector e daí para a canalização primária. Como a finalidade é aproveitar-se as águas cinzas, a tubulação que capta essas águas deve ser totalmente separada daquelas que transportam as águas negras, estas provenientes de bacias sanitárias, mictórios e pias de despejos. Não há captação para efeito de reaproveitamento de águas provenientes de pias

de cozinha ou de copa, visto serem ricas em gordura, e que devem ser conduzidas a caixas de gordura e, daí, às canalizações primárias.

Na caixa de acumulação, a água cinza recebe produtos químicos que iniciam sua depuração, tais como cloro (hipoclorito), carbonato de cálcio (barrilha) e sulfato de alumínio. O hipoclorito realiza ação oxidante e desinfectante; a barrilha, substância alcalina, ajusta o pH da faixa ácida para uma faixa aceitável de 5 a 7, o que aumenta a eficiência da atuação do cloro; o sulfato de alumínio trabalha a aglutinação de toda a matéria em suspensão e na formação de flocos (floculação) que ganham em densidade e se sedimentam por ação da gravidade. Age o sulfato de alumínio, também, no ajuste do pH da água.

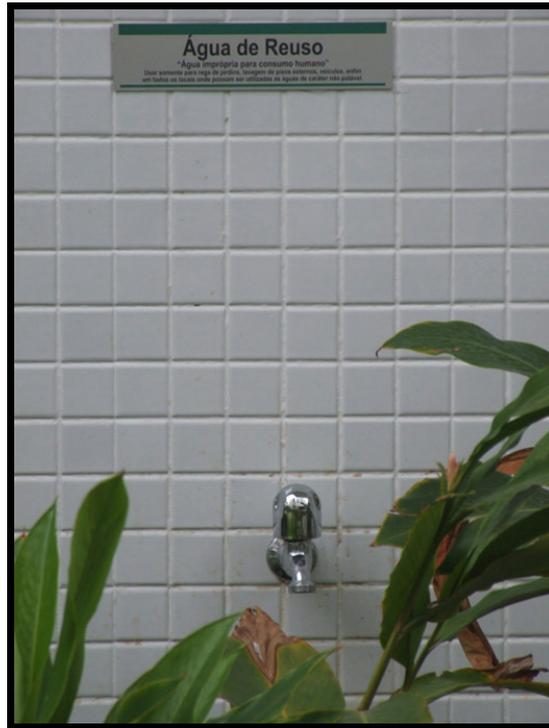
A seguir, há a filtração em sucessivos filtros, para melhor separação de materiais da água. Os meios filtrantes basicamente utilizados são o carvão ativado e o quartzo.

A água, agora filtrada, segue para polimento em tanques preenchidos com cascalhos, areias de diferentes granulometrias, seixos rolados e carvão antracito. A passagem por esses tanques dará à água de reúso aspecto claro e cristalino, semelhante à potável, pronta para a utilização. É a água de reúso para fins domésticos.

O próximo passo é direcionar a água de reúso para armazenamento em cisterna. A cisterna de água de reúso deve ser completamente separada da de água potável, perfeitamente identificada e sinalizada como tal e ter sistema de bombeamento de recalque e tubulações totalmente separados, também identificados e sinalizados. A caixa d'água superior que receberá a água de reúso por recalque, também deve receber os mesmos cuidados daqueles que se tem com a cisterna de água de reúso.

Da caixa d'água superior, a água de reúso é distribuída às colunas que servirão aos pontos de consumo por barriletes também independentes daqueles de água potável, identificados e sinalizados como tais. Caso a água de reúso, que servirá principalmente às descargas das bacias sanitárias, por algum motivo não esteja com cota mínima de serviço na caixa d'água superior, deve ser previsto sistema de bombeamento de água potável ou para a cisterna de água de reúso ou para a caixa d'água de reúso superior.

A NBR 5626:1998, no item 5.4.4.2 estabelece que todas as tubulações, reservatórios e pontos de utilização de água não potável devem ser sinalizados por símbolos e cores, advertindo-se, ainda, os usuários da não potabilidade daquela água. (Figura 8).



**Figura 8:** Plaqueta informativa em ponto de utilização de água de reúso

Fonte: Material de divulgação da SRA Engenharia

O sistema de reciclagem dos efluentes das águas cinzas servidas de edificações, apesar de simples, necessita de seu operador e mantenedor conhecimentos técnicos mais refinados. Normalmente, as tarefas de operação e manutenção dos sistemas hidrossanitários em condomínios são deixadas a cargo de porteiros ou zeladores. Daí a importância da citação na Lei nº 2.856/11 de que “a operação de qualquer sistema de tratamento de efluentes deverá contar com responsável técnico profissionalmente habilitado”.

Para os proprietários de imóveis, cujos condomínios adotam o sistema de tratamento das águas cinzas com vistas à reutilização de água, as vantagens se refletem nas faturas de água e esgoto e na valorização desse seu patrimônio.

Em relação a uma obra convencional, o acréscimo de custo de uma construção que adota o sistema de reúso doméstico de água é de 3% a 5%. Porém, isso rapidamente é absorvido pela economia de água. (SARAIVA, 2013)

A partir da utilização de água de reúso para fins onde não são exigidos padrões de potabilidade para o consumo humano, obedecida a Portaria nº 2.914, do Ministério da Saúde, a redução de entrada de água potável pelo hidrômetro pode ser de 30 a 40%. Como

a Lei nº 11.445/2007 prevê a adoção de tarifas diferenciadas segundo as categorias dos imóveis e faixas de consumo, aqueles que mais racionalizam o consumo de água potável, menos pagam. No art. 29, esta lei permite que haja a cobrança, por parte dos concessionários dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, “preferencialmente na forma de tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos conjuntamente”. Ou seja, não apenas a água que entra pelo hidrômetro é tarifada, mas também aquela que sai pela tubulação de esgoto da edificação.

Assim, a adoção do sistema de tratamento das águas cinzas e a consequente utilização do produto, a água de reúso, pode proporcionar redução de até 60% na conta de água e esgoto.

Outro ganho é a valorização do imóvel, que chega a 20% se comparado a um com sistema convencional de instalações hidrossanitárias, segundo o *Green Building Council Brasil*. A venda e locação dos imóveis com o sistema de reúso doméstico de água tornam-se mais fáceis por conta dos diferenciais da obra. O selo de construção sustentável, por ser visto como um diferencial, interessa a empresas que tenham a sustentabilidade como parte da política corporativa. (SARAIVA, 2013)

### 5.3 A ÁGUA DE REÚSO DAS ETEs

Na Seção 4 foram descritos os processos físicos, químicos e biológicos que o esgoto sanitário recebe a partir de sua entrada em uma ETE e que tem por finalidade despejar a água residual tratada com reduzido nível de poluição por matéria orgânica no meio ambiente receptor, cumprindo todos os requisitos de qualidade prescritos nas Resoluções nºs 357 e 430 do CONAMA.

Mas, para obter-se a água de reúso de uma ETE, água de reúso para fins industriais, este efluente deve passar, ainda, por processos complementares de filtragem e cloração.

Basicamente, os filtros são compostos de membranas de ultrafiltração que removem os sólidos suspensos e microorganismos que ainda existam no efluente após os processos anteriores. A seguir, executa-se a osmose reversa cuja finalidade é baixar a salinidade da água e outros elementos.

O efluente, então, é conduzido a reservatórios onde nele se faz a cloração, com doses pré-estabelecidas de cloro.

Dependendo do operador, há por último a esterilização da água por meio de passagem do efluente pelo sistema de ultra-violeta (radiação UV), eliminando microorganismos aquáticos.

Desta forma, a água de reúso produzida por uma ETE está própria para o uso industrial.

A ETE Alegria, por sua grande capacidade de tratar o esgoto e produzir efluente tratado de qualidade, foi escolhida pela Petrobrás para suprir a demanda por água para fins industriais pelo seu Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro - Comperj. Pelos mesmos motivos, o Consórcio Porto Rio - executante das obras do Porto Maravilha - utilizará 5.000 m<sup>3</sup> de água de reúso produzida pela ETE Alegria no abastecimento de equipamentos de perfuração de rochas e para umedecer bases de pavimentos, vias e calçadas. (CONCESSIONÁRIA PORTO NOVO, 2013)

“A água de reúso é um importante passo na obra que já reutiliza o material de demolição na pavimentação das vias. Estamos sempre trabalhando para um melhor aproveitamento de todos os materiais”, afirma José Renato Ponte, presidente da Concessionária Porto Novo.

O reúso de água para fins industriais consiste na utilização industrial desse efluente, em vez de sua disposição no meio ambiente. Evidentemente, o uso que será feito desse esgoto tratado definirá os processos e as operações unitárias adicionais necessárias para o condicionamento desse esgoto. (MANCUSO e SANTOS, 2003)

As atividades industriais no Brasil respondem por aproximadamente 20% do consumo de água, sendo que, pelo menos 10% é extraída diretamente de corpos d'água e mais da metade é tratada de forma inadequado ou não recebe nenhuma forma de tratamento. Face à sistemática de outorga e cobrança pelo uso da água, que vem sendo implementada pela Agência Nacional das Águas - ANA, a indústria será duplamente penalizada, tanto em termos de captação de água como em relação ao lançamento de efluentes. O reúso e reciclagem na indústria passam a se constituir, portanto, ferramentas de gestão fundamentais para a sustentabilidade da produção industrial. A prática de reúso industrial pode ser entendida na produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento como água de reposição, em lavadores de gases e como água de processos. (GARCIA et al, 2007)

#### 5.4 A SABESP E A AQUAPOLO

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, empresa responsável pelo fornecimento de água, coleta e tratamento de esgotos no Estado de São Paulo, é a única no Brasil a ter um programa comercial de produção de água de reúso

industrial, sendo todo processo desta produção assegurado pelo sistema de gestão ISO 9001:2008.

O início do programa de produção de água de reúso pela Sabesp com finalidade comercial se deu, em 1998, na Estação de Tratamento de Esgotos Dr. João Pedro de Jesus Netto – ETE Jesus Netto. Nesse mesmo ano, a Sabesp assina com uma industrial têxtil o seu primeiro contrato comercial para o fornecimento de água de reúso, com volume mensal a fornecer de 20.000 m<sup>3</sup>, ao preço de R\$ 0,46, o m<sup>3</sup>, retirado na ETE pela contratada.

Hoje, possui a Sabesp, isolada ou em consórcio, uma carteira de variada clientela, formada por governos estadual e municipais, diversos tipos de indústrias, empresas de engenharia e construção civil, *shoppings* e, recentemente, polo petroquímico. Essas relações comerciais são formalizadas por contratos, compromissando-se e garantindo ao cliente a tarifa, a quantidade e regularidade no fornecimento, bem como o grau de qualidade da água de reúso em função da atividade do cliente. A Sabesp disponibiliza comercialmente às indústrias sua produção de água de reúso industrial, de forma customizada, ou seja, faz a compatibilização da qualidade da água de reúso a fornecer com a necessidade do cliente e as características de sua produção industrial. O grau de qualidade da água de reúso é analisado e determinado por técnico da Sabesp, em visita técnica prévia ao fornecimento. Corre por conta e responsabilidade do cliente o transporte por caminhões-pipas da água fornecida, do ponto de captação na Sabesp ao endereço desse cliente. (SAMPAIO, 2012)

A produção mensal média de água de reúso pela Sabesp é de 70.000 m<sup>3</sup>.

Em 2010, a Sabesp, em associação com empresa privada, forma a Aquapolo Ambiental, empresa cujo objetivo é a produção de água de reúso para fins industriais, destinada ao Polo Petroquímico de Capuava, em Mauá, no ABC paulista. Para o abastecimento desse complexo, a Aquapolo implantou o Aquapolo Ambiental, uma Estação Produtora de Água Industrial – EPAI (Figura 9), cuja capacidade de produção de água de reúso de qualidade é de até 1.000 l/s. O Aquapolo está instalado dentro da área da ETE ABC. Para que sua produção de água de reúso chegue ao polo de Mauá, construiu sistemas de bombeamento, tanques de armazenamento e de regularização dessa água com capacidade para 70.000 m<sup>3</sup>, adutora de 17 km e 3,6 km de redes de distribuição.



**Figura 9:** Estação Produtora de Água Industrial do Aquapolo Ambiental

Fonte: Material de divulgação do Aquapolo Ambiental

A empresa Aquapolo estima que a receita anual em contratos para fornecimento de sua água de reúso industrial seja da ordem de R\$ 40 milhões.

O projeto Aquapolo comprova que há mercado para a água de reúso industrial. O potencial de exploração e comercialização neste campo é enorme, no entanto, desconhecido em grande parte do Brasil.

O problema da escassez de água vem fazendo com que se procurem novas alternativas para solucioná-lo e usá-la de forma inteligente. É o caso das águas que podem e devem ser reutilizadas, já que traz economia financeira e dos recursos naturais e benefícios ao usuário da água de reúso e à sociedade. (RUBIM, 2012).

## 6 A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DA PENHA - ETE PENHA

### 6.1 HISTÓRICO

A ETE Penha (Figura 10) localiza-se no bairro da Penha, subúrbio da cidade do Rio de Janeiro.



**Figura 10:** Prédio sede da ETE Penha

Fonte: Vieira Neto e Castro Oliveira, 2008

A construção da 1ª etapa da ETE Penha tem início em 1940 pelo Serviço de Águas e Esgotos do Distrito Federal, o extinto SAEDF, a primeira de moderna tecnologia de então. Inicialmente, recebeu a destinação das redes coletoras de esgoto sanitário dos bairros da Penha e Olaria, atendendo 175.000 habitantes. Em 1949, tem início a 2ª etapa. Em 1965, é ampliada pela também extinta Superintendência de Urbanização e Saneamento - SURSAN. Ampliações e melhorias foram executadas por administrações estaduais posteriores.

Ocupa uma área aproximada de 21.000 m<sup>2</sup> naquele bairro, em posição estratégica para captação de esgotos de vários bairros, às margens da Avenida Brasil e da Baía de Guanabara (Figura 11).



**Figura 11:** Localização da ETE Penha

Fonte: *site* Google Maps

Atualmente, a área de abrangência de captação e tratamento de esgotos da ETE Penha é composta pelos bairros de Brás de Pina, Cordovil, Olaria, Parada de Lucas, Penha, Penha Circular, Vaz Lobo e Vila da Penha, beneficiando uma população estimada de 580.000 habitantes. Está inserida no Programa de Despoluição da Baía de Guanabara – PDBG, programa concebido para elevar as condições sanitárias e ambientais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A capacidade da ETE Penha para tratamento de esgotos foi projetada para a ordem de 1.200l/s.

A ETE Penha utiliza os sistemas de filtro biológico e de lodos ativados como tratamento secundário de seu esgoto. Já dentro da estação, o esgoto bruto preliminarmente passa pelo processo físico de separação, o sistema de gradeamento que retira os sólidos mais grosseiros da fase líquida. Por carregar areia, o esgoto a seguir é direcionado à caixa de separação de areia onde este material é separado do líquido. Havendo ainda outros sólidos, o passo seguinte é direcionar o efluente aos decantadores primários, onde serão separados.

As fases seguintes, onde atuam o tratamento por filtros biológicos e o sistema de lodos ativados, visam reduzir o nível de material orgânica presente no efluente e, como última fase do processo de tratamento, lançá-lo em corpo receptor, segundo os requisitos de qualidade prescritos nas Resoluções nºs 357 e 430 do CONAMA.

No caso da ETE Penha, esse corpo receptor é o canal que margeia a Avenida Brasil, em frente ao Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes – CEFAN (Figura 12).



**Figura 12:** Canal na ETE Penha conduz o efluente já tratado ao corpo receptor

Fonte: Vieira Neto e Castro Oliveira, 2008

O volume diário de efluente tratado despejado nesse canal é de, aproximadamente, 103.000 m<sup>3</sup>, com percentual de remoção da carga orgânica de 97%.

## 6.2 A PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PELA ETE PENHA

Em 2005, a Cedae inicia seu programa de produção de água de reúso, a partir de efluentes tratados. O objetivo é a utilização desse produto tanto pela própria companhia, em atividades como lavagem de centrífugas e diluição do polímero de desidratação, abastecimento de caminhões-tanques utilizados para desobstruir redes de esgotos, como vir a comercializar o efluente tratado em suas ETEs. Para unidade piloto do programa de produção de água de reúso, foi selecionada a ETE Penha, segundo a Cedae, “devido à excelente qualidade do efluente tratado e o resultado do trabalho e o envolvimento da equipe de operação da mesma. Além disso, a referida estação possui tratamento secundário por dois sistemas diferentes, o de filtro biológico e o de lodos ativados, o que fornece mais números de informações numa mesma unidade e sua localização facilita os trabalhos de coleta e monitoração da qualidade”. Os estudos de viabilidade para o programa estimaram a produção diária de água de reúso em 82.500 l. Para tanto, seriam utilizados apenas efluentes oriundos de sistemas de tratamento secundários ou terciários. Complementarmente, para tornar a água de reúso com índices toleráveis de coliformes

fecais, mais um processo adequado de purificação deveria ser aplicado. Os estudos prévios para implantação desse programa de utilização do efluente tratado como água de reúso foram realizados em 2004 pela Cedae e apresentados por Ramos (2005).

Verificou-se a “viabilidade da implementação do programa de reúso de efluentes domésticos tratados, apresentando dados da qualidade destes efluentes e a diversidade de áreas onde seria possível utilizá-los sem riscos à saúde e ao meio ambiente”, estudando “o perfil de qualidade do efluente tratado da ETE Penha”, avaliando “a qualidade físico-química e microbiológica do efluente tratado” dessa estação, “além de verificar a eficiência do processo de desinfecção deste efluente em laboratório”. (RAMOS, 2005)

Durante quatro meses, 10 amostras de efluente tratado foram coletadas, analisados seus perfis físico-químicos e, nessas oportunidades, aplicadas dosagens de hipoclorito de sódio, em concentração de 4 mg/l, por 60 minutos em tempo de contato, visando a remoção de coliformes totais e fecais. Observou-se a remoção completa dos coliformes totais e fecais, além de as concentrações dos parâmetros físico-químicos terem permanecido estáveis.

Concluiu-se que “o efluente da ETE Penha após o processo de desinfecção pode ser reutilizado para fins urbanos”, destinando a água de reúso obtida nas aplicações internas (selagem de bombas, lavagem de centrífugas, água para incêndio, etc), além de fornecer para reúso industrial e no serviço municipal de limpeza”. (RAMOS, 2005)

Em 2005, como parte da implantação do programa de produção de água de reúso, a ETE Penha construiu uma infra-estrutura composta de canalizações, tanques de filtração e de armazenamento, dosador de cloração e bombas de recalque.

A partir do já mencionado canal interno que conduz o efluente tratado para fora da estação, foi instalada uma derivação para captar e conduzir parte do efluente tratado nos processos anteriores para um tanque de filtração, por onde o efluente passará sucessivamente por dois filtros de tela plástica, de tramas muito pequenas (Figura 13).



**Figura 13:** Canal de captação do efluente da ETE Penha

Fonte: Vieira Neto e Castro Oliveira, 2008

Filtrado, o efluente é direcionado ao tanque de armazenamento (Figura 14), onde recebe dosagens controladas de hipoclorito de sódio, à base de 5 mg/l.



**Figura 14:** Canal de captação do efluente da ETE Penha

Fonte: Vieira Neto e Castro Oliveira, 2008

Com esse último tratamento, está o efluente pronto para ser utilizado como água de reúso industrial.

Vieira Neto e Oliveira (2008) informam que a capacidade instalada na ETE Penha para se produzir água de reúso é de até 21.600 m<sup>3</sup>/mês.

Em seu início, a produção da água de reúso era totalmente consumida pela própria estação em suas atividades internas, como água de serviço na diluição de polímero de desidratação, lavagem da área de trabalho das centrífugas, de viaturas operacionais, de arruamento e de pátios. No primeiro ano de operação do programa, a ETE Penha economizou 25.000 l por dia de água potável em suas operações internas. (CEDAE, 2006)

A Tabela 1 apresenta o volume anual de produção de água de reúso pela ETE Penha, desde 2005, ano de início do programa de produção de água de reúso, até 2012.

**Tabela 1:** Produção anual - 2005 a 2012 - de água de reúso da ETE Penha

Ano	m <sup>3</sup> /ano
2005	1.080
2006	4.716
2007	23.085
2008	38.607
2009	71.197
2010	85.323
2011	67.886
2012	70.296

Fonte: Cedae

O volume de efluente tratado captado na derivação a partir dos condutores que o leva para o canal interno da estação e destinado à água de reúso é, em média, atualmente de 0,2% do total desse efluente tratado pela ETE Penha.

Nestes oito anos de execução do programa de produção de água de reúso, a ETE Penha, além de utilizar seu produto nas atividades internas, dividiu sua produção de água de reúso, por convênios, com o Corpo de Bombeiros/RJ e a Prefeitura do Rio de Janeiro, via Companhia Municipal de Limpeza Urbana – Comlurb. Atualmente, apenas o convênio com a Prefeitura carioca está em vigência. (CEDAE, 2010b)

A Cedae e a Comlurb estabelecem em 2007 uma parceria que visa a troca de produto de uma pelos serviços da outra. Toda a parte sólida resultante do tratamento do esgoto da ETE Penha e elevatórias de esgotos é recolhida pela Comlurb e vertida no aterro sanitário do CTR/Comlurb, em Seropédica, com isenção de tarifação para a Cedae. Em contrapartida e também com tarifa zero, a Comlurb capta água de reúso produzida pela ETE Penha, em seu ponto na Av. Brasil (Figura 15), com viaturas próprias, para uso em lavagem de vias públicas, feiras livres, irrigação de parques, rega de jardins e lavagem de campos esportivos. (CEDAE, 2013)



**Figura 15:** Prédio da ETE Penha, Av. Brasil: fornecimento de água de reúso

Essa parceria é muito vantajosa para esses dois órgãos públicos devido ao impacto positivo em seus respectivos custos operacionais.

A ETE Penha mantém constante monitoramento da qualidade de sua água de reúso. Em média a cada 2 dias são coletadas e analisadas amostras dessa água, verificando-se por testes os parâmetros pH, turbidez (ntu), DQO (mg/l), DBO (mg/l), RNFT (mg/l), Cloro Residual (mg/l), Coliformes Totais (PA/100ml) e Coliforme Termotolerante (PA/100ml). Com os resultados é montada mensalmente a 'Ficha de Análise' da água de reúso da ETE Penha (ANEXO E).

As verificações Coliformes Totais e Coliforme Termotolerante, denominadas de colimetria, visam constatar se a dosagem de hipoclorito de sódio está em proporção correta para a desinfecção do efluente já tratado e apto para a utilização como água de reúso. Na ETE Penha a dosagem é feita por dosador automático, sendo este equipamento regulado para 5 mg de hipoclorito de sódio por litro de efluente tratado (5 mg/l). O resultado do teste de colimetria é qualitativo, ou seja, indica 'ausente' ou 'presente'. Caso o teste indique 'presente', o técnico operador do sistema reajusta a dosagem de hipoclorito de sódio.

A Tabela 2 apresenta destaque da 'Ficha de Análise' referente ao mês de janeiro de 2013 (ANEXO E), em um determinado ponto de coleta naquela estação. Por essa ficha, no dia 16 daquele mês o teste de Coliforme Termotolerante indicou 'presente'. Após a correção

da dosagem realizada pelo técnico operador, já no dia seguinte e demais adiante a indicação foi 'ausente'.

**Tabela 2:** Resultado quanto à presença de 'Coliforme Termotolerante' na produção de água de reúso, ETE Penha, mês 01/2013.

<b>Nº da amostra</b>	<b>Data</b>	<b>Coliforme Termotolerante (PA/100mL)</b>
IGO0012/13	02/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0030/13	04/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0043/13	07/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0064/13	08/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0075/13	09/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0106/13	11/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0117/13	14/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0152/13	15/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0175/13	16/01/2013	<b>PRESENTE</b>
IGO0196/13	17/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0207/13	21/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0213/13	22/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0223/13	24/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0225/13	25/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0240/13	28/01/2013	<b>AUSENTE</b>
IGO0262/13	30/01/2013	<b>AUSENTE</b>

Fonte: Cedae

Portanto, a água de reúso produzida pela ETE Penha possui excelentes qualidades para o seu aproveitamento comercial, estando a estação apta a fornecer ao mercado, pela sua estrutura e moldes atuais, até 21.600 m<sup>3</sup>/mês de água de reúso.

## **7 CONCRETO, CONCRETO USINADO E ÁGUA DE AMASSAMENTO**

### **7.1 O CONCRETO**

O concreto é um aglomerado formado pela mistura homogênea de agregados (materiais granulosos e inertes), material cimentante (aglomerante) e água. Desenvolve suas propriedades a partir do endurecimento da pasta do aglomerante e água. Para os efeitos deste trabalho, o termo “concreto” se refere a “concreto de cimento Portland”.

O cimento Portland é um “aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio”, definição esta dada pela NBR 5732:1991, “Cimento Portland comum”. Permite-se, durante a moagem, adicionar à mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos. Dos ingredientes da massa é o cimento aquele que determina as características que o concreto terá.

Segundo a NBR 9935:1987, “Agregados – Terminologia”, agregado é um “material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto”. Pode ser natural – “tal e qual achado na natureza” – ou artificial – “resultante de processo industrial”. Dimensionalmente, no geral é classificado em agregado graúdo e agregado miúdo, sendo o primeiro “material granular com pelo menos 95%, em massa, de grãos retidos na peneira 4,8 mm” e o miúdo, “material granular com pelo menos 95%, em massa, de grãos que passam na peneira 4,8 mm”.

Como agregados miúdos têm-se o fíler, a areia natural ou artificial e o pedrisco. Como graúdos, a pedra britada, o seixo rolado e a pedra de mão. Há, também, outros materiais naturais e artificiais, assim como de dimensões especiais, que serão usados em outros tipos de concreto, função de sua finalidade.

### **7.2 O CONCRETO USINADO**

Obras que utilizam concreto podem fabricá-lo no seu próprio canteiro, utilizando os materiais constituintes, equipamentos próprios/alugados e mão-de-obra. Os primeiros demandam áreas de estocagem e, em especial, depósito de cimento coberto e bem protegido da umidade. Os equipamentos, como pás carregadeiras e betoneiras, têm custo de aquisição/locação, energia, combustível e manutenção. A mão-de-obra, salários e encargos trabalhistas e previdenciários. Outra opção, dependendo do tamanho da obra, é comprar de empresas concreteiras o concreto pronto e entregue na obra. (Figura 16)



**Figura 16:** Central dosadora de concreto

O concreto usinado ou concreto pré-misturado ou, ainda, concreto dosado em central, possui um rígido controle tecnológico dos materiais empregados e sua mistura homogênea confere qualidade à massa e alta precisão às suas especificações. Evita desperdícios, racionaliza o espaço no canteiro de obras - elimina ou diminui a necessidade de áreas de estocagem de cimento e agregados, assim como otimiza tanto equipamentos como mão-de-obra. De todos, o maior benefício é ter-se um produto produzido dentro de padrões normatizados.

A norma técnica brasileira referente ao concreto usinado é a NBR 7212:2012, “Execução de concreto dosado em central — Procedimento”, que “estabelece os requisitos para a execução de concreto dosado em central e inclui as operações de armazenamento dos materiais, dosagem, mistura, transporte, recebimento, controle de qualidade e inspeção, incluindo critérios de aceitação e rejeição do controle interno da central de concreto”, aplicando-se, também, “no que couber, aos casos em que a executante da obra dispõe de central de concreto”.

A NBR 7212:2012 define o concreto pré-fabricado em usina, o “concreto dosado em central”, como “concreto dosado, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão betoneira, transportado por caminhão betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo

determinados, para que se processem as operações subsequentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades pretendidas”.

Retornando da entrega do concreto ao cliente, na usina é feita a lavagem do balão (tambor de volume variável, onde é realizada a mistura da massa) do caminhão betoneira para que se evite a contaminação da nova mistura (traço) a ser feita, bem como retirar o acúmulo de incrustações (concreto endurecido) de sua superfície interna.

A possibilidade de uso dessa água, anteriormente descartada sem preocupações com as consequências ao meio ambiente, é permitida pela NBR 15900-1:2009. Em seu item 3, como já mencionado anteriormente, a referida norma lista 7 tipos de água em função de sua origem para a preparação de concreto. Entre as quais a “água recuperada de processos de preparação do concreto”. Mais adiante, o Anexo A da referida norma, instrui sobre os “requisitos para a utilização de água recuperada de processos de preparo do concreto”.

O efluente decorrente da lavagem do balão do caminhão betoneira é recolhido a um reservatório, estrutura constituída por células interligadas por pequenas passagens, onde os sólidos em suspensão são contidos, decantados e filtrados, visando-se obter água isenta de partículas sólidas para utilização nas dosagens do concreto, limpeza dos caminhões antes da saída da usina para entrega do produto ao cliente, molhagem e limpeza e dos pátios. Essa estrutura é denominada de bate-lastro. (Figura 17)



**Figura 17:** Bate-lastro

As vantagens estratégicas da utilização dessa água recuperada são a redução significativa da demanda externa de água potável e a valorização da marca da empresa junto ao mercado, por demonstrar cuidados com o meio ambiente e consequente consciência na gestão ambiental.

Sob o aspecto ambiental, as atividades desenvolvidas pelas centrais de dosagem de concreto têm graus de potencial de poluição (pp) e de utilização de recursos ambientais (gu) classificadas como 'pequeno' pela Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81, alterada pela de nº 10.165/2000).

A NBR 12655:2006, que define procedimentos para o preparo, controle e recebimento do concreto de cimento Portland, em seu item 5.3, determina que os materiais componentes do concreto, entre estes a água para amassamento, devem permanecer armazenados e separados fisicamente, identificados segundo sua classe ou à graduação de cada procedência. Mais adiante, diz que “a água destinada ao amassamento do concreto deve ser armazenada em caixas estanques e tampadas, de modo a evitar a contaminação por substâncias estranhas”. Assim, uma central de concreto usinado deve, obrigatoriamente, armazenar as águas destinadas ao amassamento, a potável e a água recuperada de processos de preparação do concreto, em reservatórios distintos, bem fechados e identificados quanto à sua origem.

### 7.3 A ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO

Na elaboração do concreto, a água desempenha várias funções.

Antes mesmo de se iniciar a mistura, parte da água calculada para um traço em uma betonada de concreto deve ser inserida na betoneira junto com parte do agregado graúdo calculado. Essa mistura, além de propiciar um exclusivo contato da água com o agregado graúdo, o que vem facilitar a posterior aderência do cimento a este agregado, limpa a superfície interna do tambor de possíveis incrustações decorrentes de má limpeza em betonada anterior. Adiciona-se, a seguir, os componentes restantes, o agregado miúdo e cimento, o restante da água e, havendo prescrição, os aditivos.

A água, hidratando os compostos químicos do cimento, os silicatos e aluminatos, dá início à pega e ao endurecimento da pasta de cimento. Neville (1997) afirma que em termos gerais pega refere-se à mudança do estado fluido para um estado rígido e endurecimento ao aumento de resistência de uma pasta de cimento após a pega.

Início de pega é definido como sendo o tempo decorrido entre o contato da água com o cimento até o início das reações daquela com os compostos deste último. É neste período que o concreto é trabalhado, transportado, lançado e adensado. Daí a extrema importância em se saber – e tecnicamente possível se estabelecer – o período do início da pega.

O tempo normal para o início de pega é de aproximadamente 60 minutos após o contato entre a água e um cimento comum, usual; o fim de pega, de 5 a 10 horas, também para cimentos normais. Dependendo do tipo de obra, do método construtivo, da distância entre a concreteira e o ponto de entrega do concreto entre tantos fatores, utiliza-se aditivos adicionados na massa, ou para retardar ou para acelerar os tempos de início e de fim de pega. O tempo de início de pega também é influenciado pela quantidade de água adicionada à massa. Inversamente proporcional, maiores quantidades de água significam menores tempos de início de pega.

Quanto à qualidade da água, Abrams (apud PIZARRO, 1968) desenvolveu no início do séc. XX os mais completos estudos sobre a qualidade da água, aplicando testes em dezenas de diferentes amostras de águas, rompendo milhares de corpos de prova de argamassa e de concreto.

As águas impuras não produzem efeito nocivo sobre o concreto, ao serem empregadas para o seu amassamento, e que o cheiro e a cor não podem servir para se julgar da qualidade da água, pois concretos executados com águas de má aparência deram boas resistências”. Ainda, conclui Abrams, “a não ser as águas ácidas, de cortumes e das fábricas de tintas, pode-se empregar qualquer água poluída, desde que seja prevista uma redução de 15% da resistência. (PIZARRO, 1968)

A água utilizada como água de amassamento pode conter pequenas quantidades de impurezas. Isso pouco ou nada prejudica a qualidade e resistência do concreto. As agressões mais nocivas que uma estrutura de concreto sofre com relação à água decorrem mais de ações permanentes dos agentes agressivos contidos na água após o endurecimento do que no processo de amassamento. Ainda, elementos impuros que a água de amassamento possa conter têm menor ou nenhuma contribuição em patologias futuras. Neste caso, o fator preponderante de causas de patologias no concreto endurecido é o excesso de água empregada quando da mistura.

Sempre que houver suspeita, devem ser feitos ensaios para verificar a influência das impurezas sobre o tempo de pega, a resistência mecânica e a estabilidade de volume”. (...) “Normalmente, se admite como sendo possível utilizar águas com as quais os concretos com elas executados atinjam nos ensaios uma resistência igual ou superior a 90% da resistência obtida com uma água de reconhecida boa qualidade e sem impurezas, na idade de 28 dias. (PETRUCCI, 1995)

A água, além das funções já citadas, dá à massa a trabalhabilidade necessária para uma adequada mistura dos componentes do concreto, seu transporte, lançamento e o adensamento do material.

A água de amassamento para concreto é normatizada pela NBR 15900:2009, subdividida em 11 partes:

- a NBR 15900-1:2009, a parte 1, se refere a “Requisitos”;
- a NBR 15900-2:2009, “Coleta de amostras de ensaios”;
- a NBR 15900-3:2009, “Avaliação preliminar”;
- a NBR 15900-4:2009, “Análise química – Determinação de zinco solúvel em água”;
- a NBR 15900-5:2009, “Análise química – Determinação de chumbo solúvel em água”;
- a NBR 15900-6:2009, “Análise química – Determinação de cloreto solúvel em água”;
- a NBR 15900-7:2009, “Análise química – Determinação de sulfato solúvel em água”;
- a NBR 15900-8:2009, “Análise química – Determinação de fosfato solúvel em água”;
- a NBR 15900-9:2009, “Análise química – Determinação de álcalis solúvel em água”;
- a NBR 15900-10:2009, “Análise química – Determinação de nitrato solúvel em água”,e
- a NBR 15900-11:2009, “Análise química – Determinação de açúcar solúvel em água”.

No item 3 da parte 1, “Classificação dos tipos de água”, são distinguidos 7 tipos de água em função de sua origem para a preparação de concreto:

- água de abastecimento público;

- água recuperada de processos de preparação do concreto;
- água de fontes subterrâneas;
- água natural de superfície, água de captação pluvial e água residual industrial;
- água salobra;
- água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado, e
- água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto.

A NBR 15900-1:2009, no subitem 3.8, define água de reúso como sendo “água tratada por diversos processos, como filtração e flotação, em estações de tratamento de esgotos, a partir do afluente já tratado para usos não potáveis”. Por esta Norma, as águas de esgoto e as provenientes de esgotos tratados não são adequadas para uso em concreto. No entanto, a água de reúso proveniente de estação de tratamento de esgoto não sofre expressa restrição pela NBR 15900:2009 para sua utilização como água de preparação de concreto.

Após a definição de água de reúso, diz a Norma sobre a sua utilização como água de amassamento:

Até o momento de publicação desta Norma não havia antecedentes suficientes para garantir viabilidade de uso generalizado deste tipo de água. O uso deste tipo de água está condicionado a aplicações específicas em comum acordo entre o fornecedor de água e o responsável pela preparação do concreto, devendo ser atendidos todos os requisitos desta Norma.

Desta forma, a utilização da água de reúso em água de amassamento de concreto não é proibido pela NBR-15900:2009, sendo, então, possível. Há que se fazer, no entanto, estudos, testes, ensaios e análises preconizados por aquela norma, em todas as suas partes. Além disto, também deve-se observar aplicações dos documentos listados no item 2, “Referências normativas”, da parte 1:

- Portaria nº 518, Ministério da Saúde – 25/03/04 – Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade;
- NBR 5738:2003, Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova;
- NBR 5739:2007, Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;

- NBR 7215:1996, Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão;
- NBR 12655:2006, Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento;
- NBR 15577-1:2008, Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto, e
- NBR NM 65:2003 - Cimento portland - Determinação do tempo de pega.

Este trabalho não visa a abordagem técnica da água de reúso como água de amassamento.

## 8 O PÓLO DE CONCRETEIRAS DO CAJU

### 8.1 O BAIRRO DO CAJU

O Caju, bairro da zona norte da cidade do Rio de Janeiro, foi originado da divisão do bairro de São Cristóvão pela abertura e passagem da Avenida Brasil, nos anos 40.

Em sua área estão localizados o Cais do Porto do Rio de Janeiro, grandes estaleiros navais, importantes instalações portuárias, depósitos de containers, garagens de companhias de transporte ou de ônibus, organizações militares, hospitais, quatro cemitérios e indústrias diversas. As moradias desse bairro estão concentradas, em sua maioria, em comunidades de baixa renda.

A localização do Caju dentro da cidade do Rio de Janeiro é bastante estratégica para as indústrias que ali se localizam. Grandes vias de tráfego estão em suas imediações: Avenida Brasil, Linha Vermelha, Linha Amarela, Ponte Rio-Niterói e Viadutos do Gasômetro e da Perimetral. Por essas vias tem-se acesso a diversos bairros cariocas e às rodovias que ligam a capital a outros municípios fluminenses e outros estados. Essa malha rodoviária permite às empresas e indústrias que ali se instalaram facilmente receber insumos e distribuir seus produtos.

### 8.2 A DEMANDA POR CONCRETO USINADO

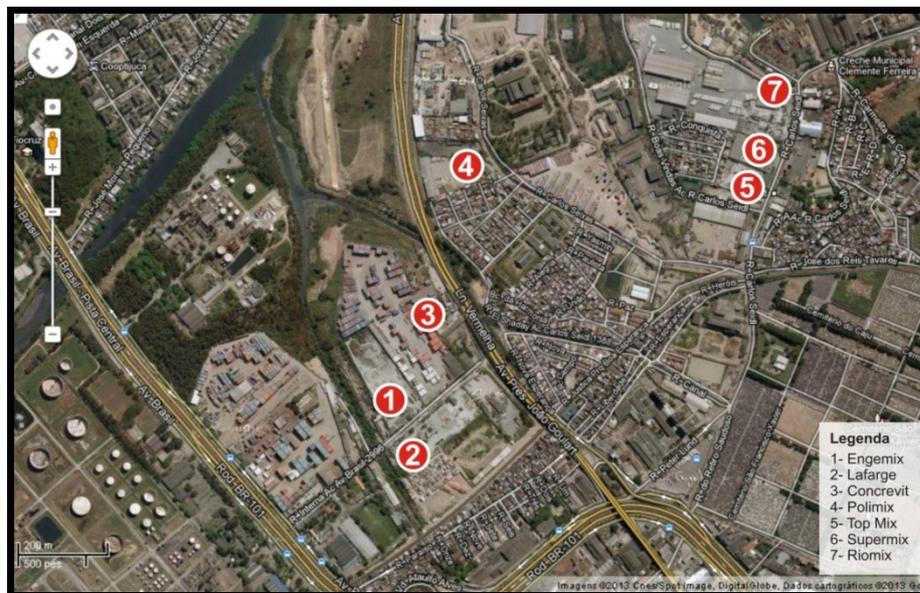
A cidade do Rio de Janeiro vem passando por um momento de grandes obras, principalmente públicas, para a realização de grandes eventos. Recebeu jogos da Copa das Confederações, torneio internacional de futebol, em 2013; abrigou a Jornada Mundial da Juventude 2013, com a presença do Papa; sediou nova edição de um dos maiores festivais de música do mundo, o *Rock in Rio*; será uma das cidades sede e palco da final da Copa do Mundo de Futebol, em 2014 e, finalmente, Cidade Sede do maior evento esportivo do planeta, os Jogos Olímpicos e Paralímpicos, em 2016.

Esses eventos, de enorme apelo atrativo de público nacional e internacional, exigiram e vêm exigindo grandes investimentos em diversos setores e áreas da cidade pelo poder público. Novas vias de transportes estão sendo criadas e antigas sendo remodeladas; túneis de passagem de veículos abertos; novos viadutos; construção de novas redes de águas, esgotos e drenagem; teleféricos para melhor acesso às partes altas de comunidades; novos prédios criados e antigos reformados/restaurados; museus e outras casas de cultura; ampliação do sistema metroviário; ampliação do Aeroporto Internacional Maestro Tom Jobim – Galeão; remodelação do Estádio Mário Filho – Maracanã e criação de

novas arenas esportivas; construção da Vila Olímpica dos Atletas. E, acompanhando, investimentos privados em novos prédios comerciais, hotéis e *shoppings centers*.

Empreendimentos como esses têm grande demanda de equipamentos, mão-de-obra e materiais de construção. Entre estes últimos, o concreto usinado em centrais de dosagem.

Parte expressiva das obras realizadas, em andamento ou a realizar estão no Centro do Rio de Janeiro e bairros nas proximidades do bairro do Caju. Sete empresas da indústria de concreto usinado escolheram esse bairro para instalar suas filiais e produzir seus produtos, podendo facilmente atender, em pouco tempo, às necessidades de concreto das obras situadas no seu raio de atendimento. As sete empresas hoje existentes no Caju são Engemix, Lafarge, Concrevit, Polimix, Top Mix, Supermix e Riomix. (Figura 18)



**Figura 18:** Bairro do Caju e a distribuição das sete concreteiras, naquele bairro

Fonte: *site* Google Maps

Para se destacar e se firmar no mercado, cada empresa oferece, além do concreto convencional, produtos diferenciados em concreto pré-fabricado. Têm-se o oferecimento de concreto poroso, o arquitetônico para pisos, o 'com pega programada', com temperatura controlada, resfriado com gelo ou nitrogênio, entre tantos outros. No entanto, seja qual for o tipo, a empresa concreteira obedece e atende os procedimentos da norma NBR 7212:2012.

## **9 CONSUMO DE ÁGUA DE AMASSAMENTO PELAS CONCRETEIRAS DO CAJU**

O levantamento de dados junto às sete usinas de concreto usinado do Caju foi realizado no primeiro trimestre de 2013.

Cada concreteira, por seu representante técnico, respondeu a um breve questionário, cujas respostas foram lançadas em uma ficha própria, previamente elaborada. Além dos dados práticos de identificação e localização da empresa, constam na ficha o nome do profissional técnico que respondeu à pesquisa, sua função/cargo e nºs de tels/cels. de contato. A seguir, estão os dados fornecidos quanto à produção de concreto por mês, consumos de água (por m<sup>3</sup> de concreto produzido, consumo total mês), informações sobre fornecimento de água, suas análises, reaproveitamento da água de lavagem dos caminhões betoneiras para o bate-lastro e outras pertinentes no campo 'observações'. Cópias das fichas fazem os APÊNDICES A a G.

### **- Engemix (APÊNDICE A):**

Segundo os dados obtidos junto à concreteira Engemix, essa empresa produz, em média, 10.000 m<sup>3</sup> de concreto mensais. Sua opção de atuação no mercado de concreto usinado é a de atender a demanda por concretos do tipos especiais, ou seja, concretos não convencionais, tais como os de alto desempenho, os autoadensáveis, os de pega programada e os de temperatura controlada. Esses tipos de concreto podem ter traços especiais, aumentando a participação de algum insumo ou utilizando agregados diferenciados, utilização de água gelada na confecção do concreto, uso de corantes, entre outros.

O consumo médio de água por m<sup>3</sup> de concreto fabricado é de 180 l, o que resulta num consumo médio mensal de água de 1.800 m<sup>3</sup>. Para atender essa demanda, a empresa optou pelo abastecimento de suas caixas-d'água por caminhão-pipa, cujo fornecedor se localiza no município de Itaboraí, a aproximadamente 50 km de distância do bairro do Caju. A Engemix paga pelo m<sup>3</sup> dessa água R\$ 18,00. A análise da qualidade somente é executada quando é solicitada pelo cliente;

### **- Lafarge (APÊNDICE B):**

Produz mensalmente a média de 6.000 m<sup>3</sup> de concreto, consumindo 200 l por m<sup>3</sup> de concreto produzido, perfazendo um consumo médio mensal de água de 1.200 m<sup>3</sup>. O fornecedor de água da Lafarge, por opção, é a Cedae, utilizando caminhão-pipa

esporadicamente e apenas quando de uma falta ou deficiência de abastecimento por parte daquela concessionária.

A Lafarge pratica o uso da água recuperada de processos de preparação do concreto, como o preconizado pelo item 3 da NBR 15900-1:2009. Dos 1.200 m<sup>3</sup> de água consumidos em média por mês para água de amassamento, 400 m<sup>3</sup> são de água recuperada de processos de preparo do concreto e 800 m<sup>3</sup> da concessionária Cedae. A conta mensal de água fornecida pela Cedae gira entorno de R\$ 20.000,00, o que perfaz, em média, R\$ 25,00 o m<sup>3</sup>. A análise da água é realizada pela concreteira semestralmente;

- Concrevit (APÊNDICE C):

São 8.000 m<sup>3</sup>, em média, o volume de concreto produzido mensalmente por essa concreteira. Para cada m<sup>3</sup> de concreto, a Concrevit gasta 220 l de água. 200 l são para a confecção do concreto e 20 l para lavagens dos caminhões betoneiras. Assim, o consumo médio mensal de água pela Concrevit é de 1.760 m<sup>3</sup>, sendo todo esse volume fornecido pela concessionária Cedae. Por esse fornecimento, a concreteira desembolsa, em média, R\$ 40.000,00 mensais. Quanto à análise da água, a Concrevit a realiza com periodicidade anual e quando é solicitada pelo cliente;

- Polimix (APÊNDICE D):

Fabrica, em média, 6.000 m<sup>3</sup> de concreto por mês, utilizando para cada m<sup>3</sup> de concreto o volume de 200 l de água, consumindo uma média mensal de 1.200 m<sup>3</sup> de água. A estratégia adotada pela Polimix quanto ao consumo de água é a de dividir parte do abastecimento pela Cedae e parte por caminhões-pipas. A água fornecida pela Cedae é apenas para atividades do escritório da concreteira, não sendo utilizada na confecção do concreto. Para esta, o abastecimento da concreteira é realizado por caminhões-pipa. O valor pago pelo m<sup>3</sup> de água para os caminhões-pipa é de R\$ 17,00. Para efeitos deste trabalho interessa-se apenas o valor da água pago para a produção do concreto..

Na produção de seus concretos, usa a água recuperada de processos de preparação do concreto, recolhendo essa água ao seu bate-lastro. Não há, no entanto, dados a fornecer sobre a participação desse tipo de água. A análise da água é efetuada somente quando solicitada pelo cliente;

- Top Mix (APÊNDICE E):

A produção média mensal de concreto é de 3.500 m<sup>3</sup>, utilizando 185 l de água por m<sup>3</sup> de concreto. Com isso, o consumo de água da concreteira Top Mix é de

aproximadamente 650 m<sup>3</sup> por mês, em média. O fornecimento é exclusivo por caminhões-pipa, sendo o valor pago por m<sup>3</sup> de água ao fornecedor escolhido pela concreteira é de R\$ 19,85. Aproveita, ainda, a água de chuva e a água proveniente de seu bate-lastro. Quanto à análise da água utilizada na produção, somente é feita se o cliente solicitar ou, havendo dúvidas, a Top Mix solicita ao seu fornecedor a análise da água;

- Supermix (APÊNDICE F):

A empresa não utiliza a água fornecida pela Cedae via canalização de rua. Essa opção é usada apenas em casos esporádicos e emergenciais, pois toda sua demanda por água é atendida por fornecedores de caminhões-pipa. A empresa recebe de 2 a 3 caminhões de água por dia, cada qual com até 35 m<sup>3</sup>, pagando, por m<sup>3</sup> de água, a quantia de R\$ 17,00.

A produção média mensal de concreto é entorno de 11.500 m<sup>3</sup>, usando para cada m<sup>3</sup> de concreto produzido o volume de 210 a 220 l de água, de acordo com o traço especificado pelo cliente. Assim, o consumo de água da concreteira é de aproximadamente 2.500 m<sup>3</sup> por mês, em média. A concreteira faz análise periódica - semestral - da água, para seu próprio controle, realizando pontualmente por obra, caso seja desejo do cliente;

- Riomix (APÊNDICE G):

A empresa opta por receber água para sua linha de produção de concreto exclusivamente de caminhões-pipas. Mas, utiliza, também, a água proveniente de precipitações pluviais. Produz a média mensal de 1.020 m<sup>3</sup> de concreto, utilizando para tanto 205 m<sup>3</sup> de água, por mês, em média. A concreteira paga ao seu fornecedor de água o valor de R\$ 23,00 o m<sup>3</sup> colocado na usina. A análise da água, segundo o Gerente de Operações da Riomix, fica sob responsabilidade do fornecedor.

## 9.1 QUADRO RESUMO E AVALIAÇÕES

### 9.1.1 Quadro resumo

A partir dos levantamentos de dados com as concreteiras do Caju, realizados no primeiro trimestre de 2013, elaborou-se um quadro resumo com as produções médias mensais (m<sup>3</sup>/mês) de concreto por concreteira, e seus respectivos consumos médios mensais de água (m<sup>3</sup>/mês) e valores pagos por m<sup>3</sup> de água.(R\$/m<sup>3</sup>). O quadro resumo é apresentado na Tabela 3, abaixo.

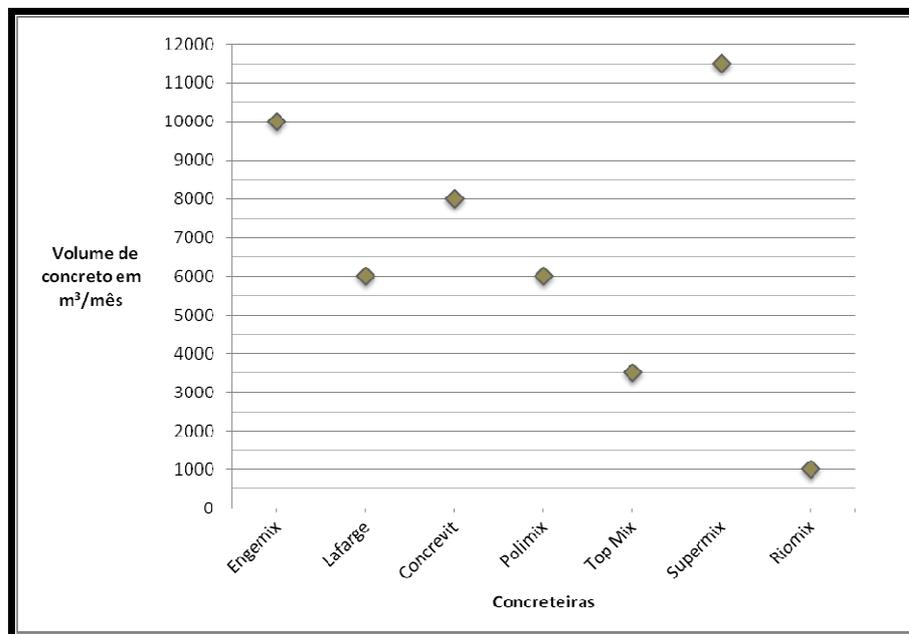
**Tabela 3:** Produções médias mensais de concreto por concreteira; respectivos consumos médios mensais de água e valores pagos por m<sup>3</sup> de água.

Concreteira	m <sup>3</sup> de produção de concreto por mês	Consumo de água (m <sup>3</sup> ) por mês	Valor (R\$) pago por m <sup>3</sup> de água
Engemix	10.000	1.800	18,00
Lafarge	6.000	1.200	25,00
Concrevit	8.000	1.760	22,70
Polimix	6.000	1.200	17,00
Top Mix	3.500	650	19,85
Supermix	11.500	2.500	17,00
Riomix	1.020	205	23,00

### 9.1.2 Avaliações

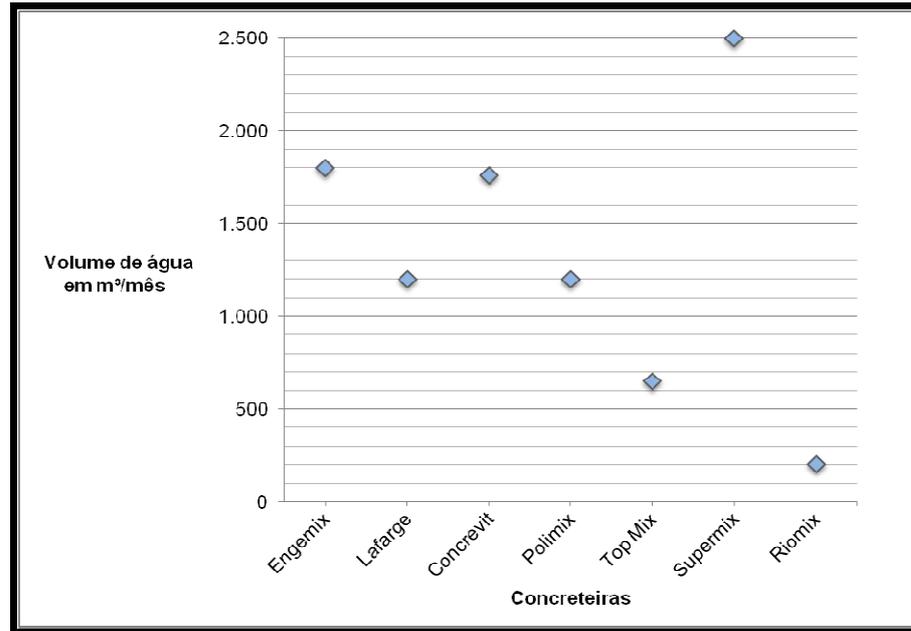
A partir dos dados tabulados na Tabela 3, construiu-se três gráficos para melhor apresentação visual daqueles dados.

O Gráfico 1, abaixo, representa a produção média mensal de concreto usinado de cada concreteira do Caju.



**Gráfico 1:** Produção média de concreto usinado/mês de cada concreteira do Caju

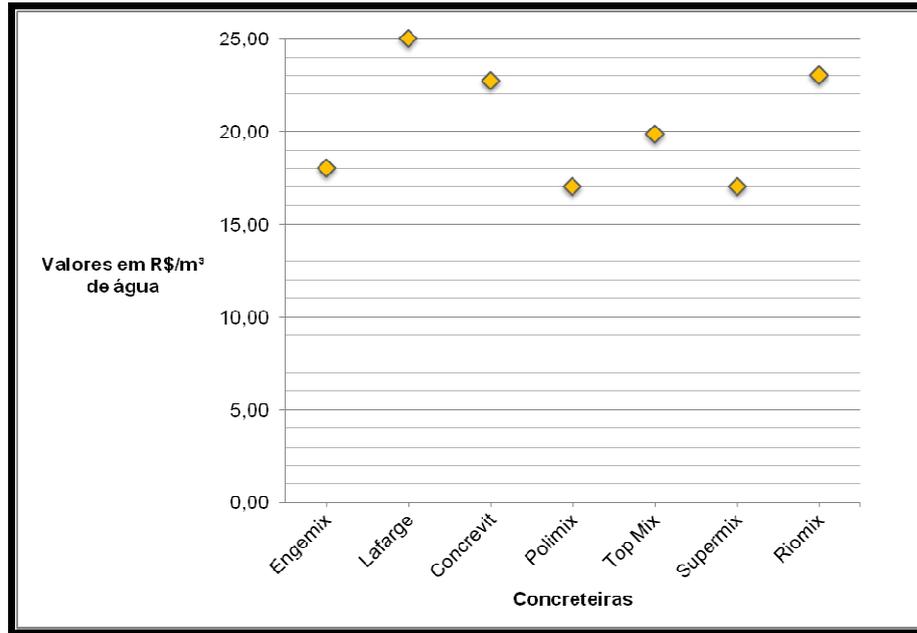
O Gráfico 2 representa o consumo médio mensal de água de cada concreteira do Caju.



**Gráfico 2:** Consumo médio de água/mês de cada concreteira do Caju

Vê-se que os Gráficos 1 e 2 são extremamente semelhantes. O consumo de água para a confecção de 1 m<sup>3</sup> de concreto usinado varia de concreteira para concreteira, de acordo com o tipo de concreto produzido. A variação, no entanto, está dentro da faixa de 185 l a 220 l. A semelhança entre os dois gráficos imediatamente acima apresentados demonstra a confiabilidade nas informações prestadas pelos representantes das empresas.

O Gráfico 3 apresenta os valores pagos pelas concreteiras em reais por m<sup>3</sup> de água usada na fabricação do concreto usinado, seja por caminhões-pipas, seja por canalização da Cedae. Nota-se que das cinco concreteiras que utilizam água fornecida por caminhões-pipa, quatro pagam valores variando na faixa de R\$ 17,00 a R\$ 19,85, valores muito próximos. A concreteira que desembolsa R\$ 23,00 pelo m<sup>3</sup> de água a caminhões-pipas paga valor na faixa dos valores pagos pelas duas concreteiras que optam por fornecimento exclusivamente pela canalização da Cedae, nitidamente mais altos.



**Gráfico 3:** Distribuição dos valores pagos por m<sup>3</sup> de água, por cada concreteira

Para efeito deste trabalho, para os valores a considerar de fornecimento de água por caminhões-pipas, serão levados em conta apenas os valores das quatro empresas que estão na faixa de R\$ 17,00 a R\$ 19,85, visto o valor de R\$ 23,00 ser claramente discrepante dos demais. Apesar de a empresa ter apresentado as notas de pagamento ao seu fornecedor de água, quando da visita para o levantamento de informações, possivelmente há um erro de estratégia de compra da empresa. Desta forma, o valor a adotar neste trabalho como o de m<sup>3</sup> de água potável fornecido por caminhão-pipa é de R\$ 18,00, média dos quatro valores pagos pelas empresas que estão na faixa de R\$ 17,00 a R\$ 19,85.

Os valores pagos pelas duas concreteiras que utilizam exclusivamente a água fornecida pela concessionária Cedae foi em média de R\$ 23,85/m<sup>3</sup>.

## **10 VIABILIDADE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA DE REÚSO ÀS CONCRETEIRAS DO CAJU**

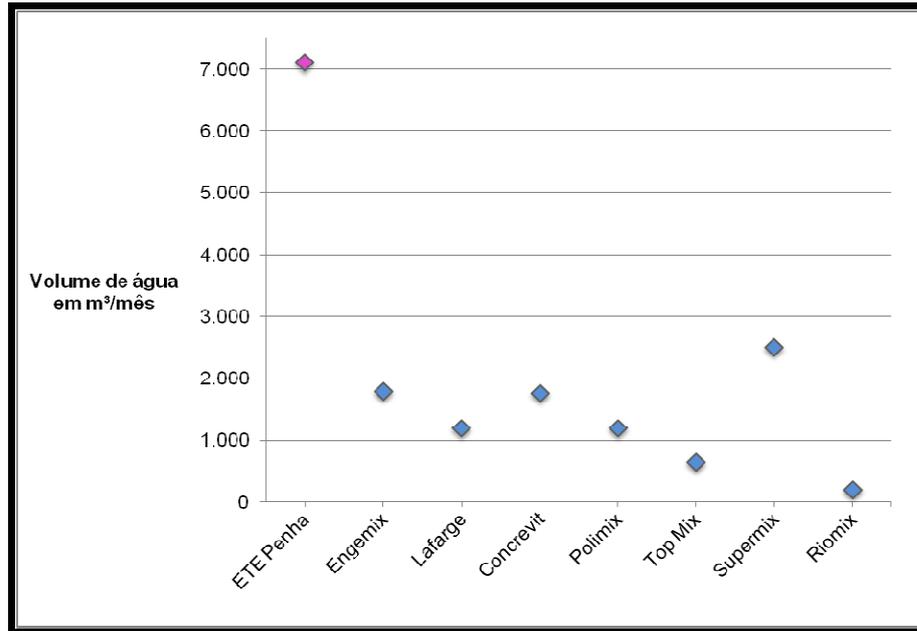
### **10.1 DEMANDAS POR ÁGUA DAS CONCRETEIRAS; VALOR MÁXIMO PRODUZIDO PELA ETE PENHA E SUA CAPACIDADE INSTALADA**

Em 6.2, apresentou-se a Tabela 1, “Produção anual - 2005 a 2012 - de água de reúso da ETE Penha”, com os dados fornecidos pela Cedae. Nela, estão tabuladas as produções de água de reúso pela ETE Penha, de 2005 até 2012, onde se constata que 2010 foi o ano de maior produção, com o total de 85.323 m<sup>3</sup>, tendo, portanto, a média mensal de 7.110 m<sup>3</sup> de produção água de reúso para aquele ano. Para efeito deste trabalho, adotar-se-á este valor como o maior volume médio mensal de água de reúso produzido pela ETE Penha.

Com os dados da Tabela 3, totalizaram-se tanto as produções médias mensais de concreto das sete concreteiras do Caju, quanto os consumos de médios mensais de água dessas usinas.

As sete concreteiras produzem mensalmente a média de 46.020 m<sup>3</sup> de concreto usinado, consumindo para esta produção 9.315 m<sup>3</sup> de água, em média, por mês, sejam fornecidos pela concessionária Cedae via canalização de rua, sejam por caminhões-pipa.

O Gráfico 4, abaixo, apresenta o maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela ETE Penha, no período 2005/20012, e os consumos médios de água/mês de cada concreteira do Caju, para comparação visual. Foi construído a partir do Gráfico 2, ao qual se acrescentou na abcissa a ETE Penha e, correspondentemente na ordenada, o maior valor médio mensal de água de reúso produzido por aquela estação de tratamento.

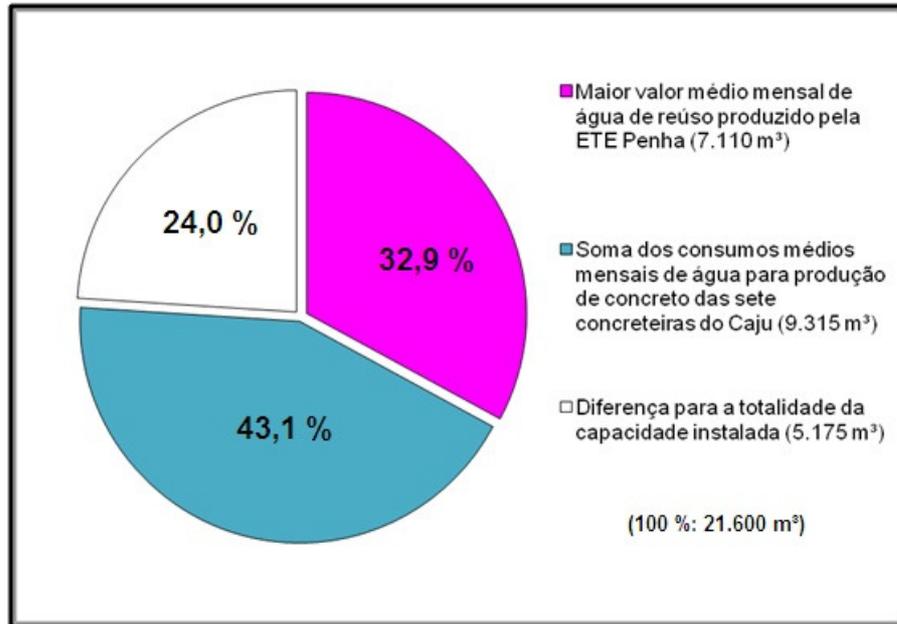


**Gráfico 4:** Maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela ETE Penha - 2005/20012 - e consumos médios de água/mês de cada concreteira do Caju.

Apesar de ter uma infra-estrutura instalada para produção de 21.600 m<sup>3</sup> por mês de água de reúso, a ETE Penha utiliza um pouco menos de um terço de sua capacidade para a produção de água de reúso. Como já mencionado anteriormente, a totalidade da produção de água de reúso da ETE Penha é consumida, atualmente, pela Comlurb.

O Gráfico 5 representa em sua totalidade - 100% - a capacidade instalada na ETE Penha para produção mensal de água de reúso, ou seja, o volume de 21.600 m<sup>3</sup> por mês. Este gráfico é dividido em três setores que representam, respectivamente:

- o maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela ETE Penha, 7.110 m<sup>3</sup> (32,9% da capacidade instalada na ETE Penha);
- o somatório do consumo médio mensal de água para produção de concreto das sete concreteiras do Caju, 9.315 m<sup>3</sup> (43,1%), e
- a diferença para a totalidade dos 21.600 m<sup>3</sup>, 5.175 m<sup>3</sup> (24 %).



**Gráfico 5:** Capacidade instalada na ETE Penha para produção mensal de água de reúso; o maior valor médio mensal de água de reúso produzido pela estação; a soma do consumo médio mensal de água para produção de concreto das sete concreteiras do Caju, e a diferença para a totalidade da capacidade instalada

Depreende-se pelo Gráfico 5 que a capacidade instalada na ETE Penha para a produção de água de reúso, 21.600 m<sup>3</sup> mensais, é suficiente para atender o fornecimento deste tipo de água ao seu único cliente atual, a Comlurb – máximo de 7.110 m<sup>3</sup> mensais, bem como à demanda das concreteiras do Caju, ou de forma individualizada ou em sua totalidade - 9.315 m<sup>3</sup> mensais.

Essas duas demandas de água de reúso - 16.425 m<sup>3</sup> mensais - significariam apenas 76% da capacidade instalada da ETE Penha para produção daquele tipo de água, havendo, ainda, 24%, ou 5.175 m<sup>3</sup> de ociosidade dessa capacidade.

Os 9.315 m<sup>3</sup> de água consumidos pelas sete concreteiras do Caju, sejam fornecidos pela Cedae via canalização de rua, sejam por caminhões-pipas, significam o consumo mensal de aproximadamente 1.240 pessoas, levando-se em consideração o consumo médio diário de água de um indivíduo em 250 litros (MACINTYRE, 2010).

## 10.2 PREÇO DO M<sup>3</sup> DA ÁGUA DE REÚSO E SUS DISPONIBILIDADE ÀS CONCRETEIRAS DO CAJU

Nos serviços de fornecimento de água potável por caminhões-pipas no Rio de Janeiro, a maior parte das empresas fornecedoras de água capta água no posto de

abastecimento da Cedae situado no centro do município. Segundo a Cedae, o preço do m<sup>3</sup> fornecido às empresas está dividido em duas faixas de cobrança, conforme a Tabela 4, abaixo, ressaltando que o valor cobrado por m<sup>3</sup>, na faixa acima de 15 m<sup>3</sup>, se aplica apenas ao que superar esse volume.

**Tabela 4:** Faixas de valores do m<sup>3</sup> cobrados pela Cedae para caminhões-pipas, para fornecimento de água potável, no município de Rio de Janeiro (jun/2013).

Volume fornecido	Valor (R\$) por m <sup>3</sup> de água
Até 15 m <sup>3</sup>	3,07
Acima de 15 m <sup>3</sup>	6,78

Os caminhões-pipas têm variadas capacidades, geralmente de 10, 15 e 20 m<sup>3</sup>, podendo chegar aos especiais de 35 m<sup>3</sup>. Para efeito deste trabalho, adotou-se o de 20 m<sup>3</sup> de capacidade (Figura 19), por ser o mais indicado para o transporte de água para indústrias médias, segundo informações colhidas com os profissionais do ramo, no posto de abastecimento da Cedae.



**Figura 19:** Caminhão-pipa de capacidade de 20.000 l

Fonte: [site.veiculo.mercadolivre.com.br](http://site.veiculo.mercadolivre.com.br)

Aplicando-se os valores da Tabela 04, tem-se:

- valor de 20 m<sup>3</sup> de água potável, para caminhão-pipa dessa capacidade:

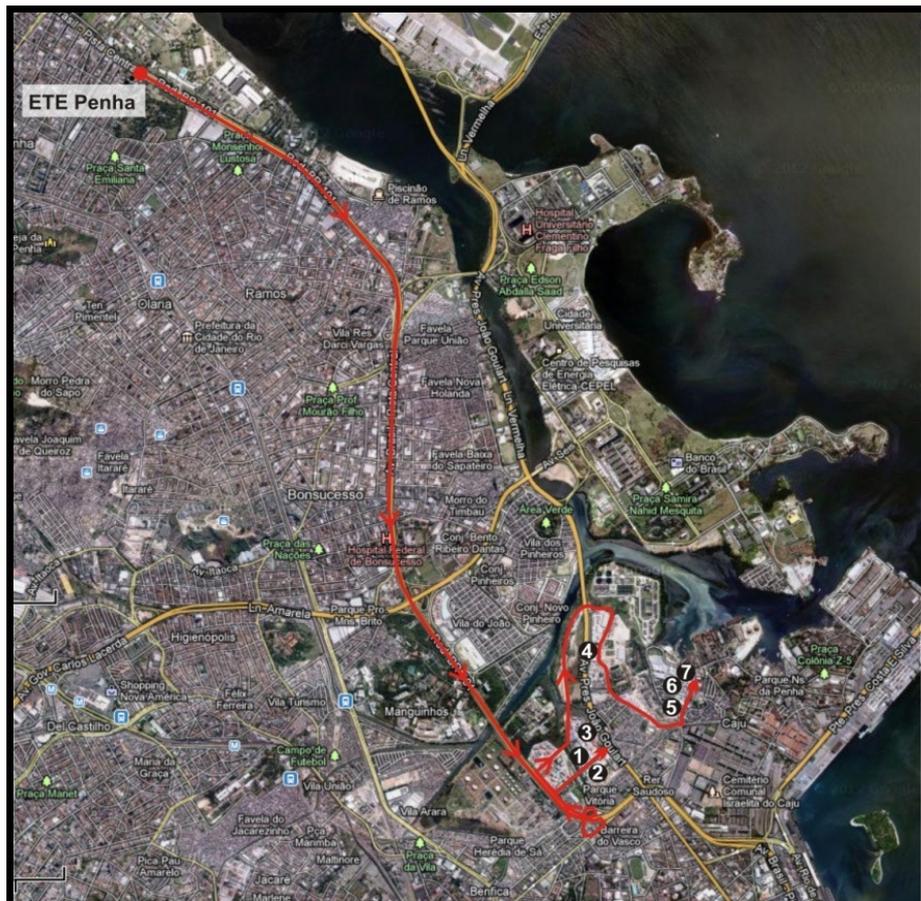
$$(15,00 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 3,07/\text{m}^3) + (5,00 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 6,78/\text{m}^3) = \text{R\$ } 79,95, \text{ e}$$

- valor do m<sup>3</sup> em caminhão-pipa de 20 m<sup>3</sup> de capacidade:

$$\text{R\$ } 79,95 / 20\text{m}^3 = \text{R\$ } 3,9975/\text{m}^3 \approx \text{R\$ } 4,00/\text{m}^3.$$

O valor total de um caminhão-pipa é função de seu volume de água captado e transportado, da distância do ponto de captação ao ponto de entrega, e do frete e lucro do fornecedor.

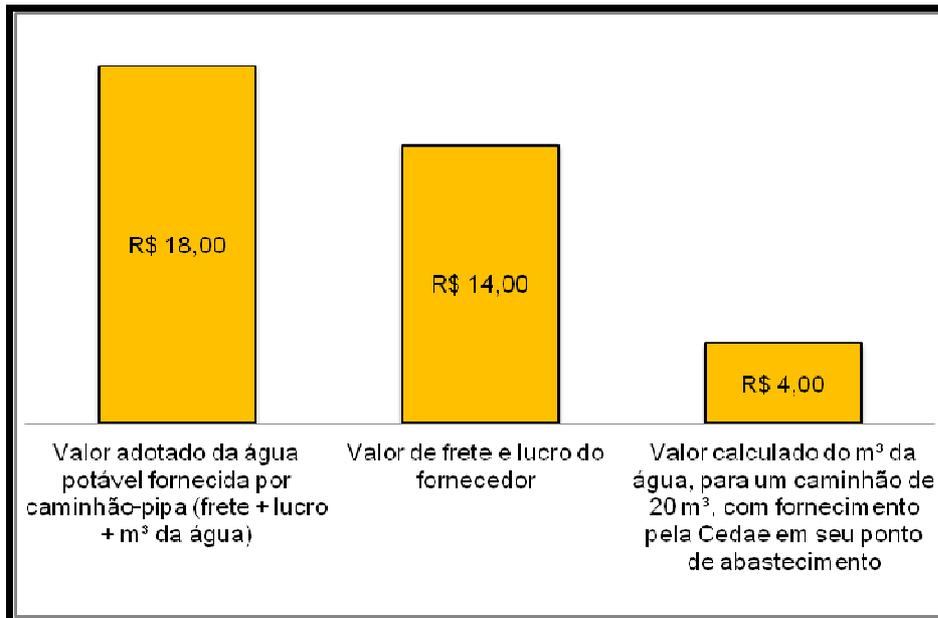
Para uma distância como a da ETE Penha ao bairro do Caju, trajeto de aproximadamente 12 km (Figura 20), segundo levantamentos junto aos fornecedores de água por caminhões-pipas, não há acréscimos para tal distância.



**Figura 20:** A ETE Penha e trajeto até às concretas do Caju.

Fonte: *site googlemaps.com*

Em 9.1.2, adotou-se o valor de R\$ 18,00 para o m<sup>3</sup> de água potável fornecido por caminhão-pipa, já incluídos frete e lucro do fornecedor. Sendo R\$ 4,00 o valor calculado do m<sup>3</sup> da água, para um caminhão de 20 m<sup>3</sup>, com fornecimento pela Cedae em seu ponto de abastecimento, como calculado acima, têm-se R\$ 14,00 como valor de frete e lucro do fornecedor. (Gráfico 6)



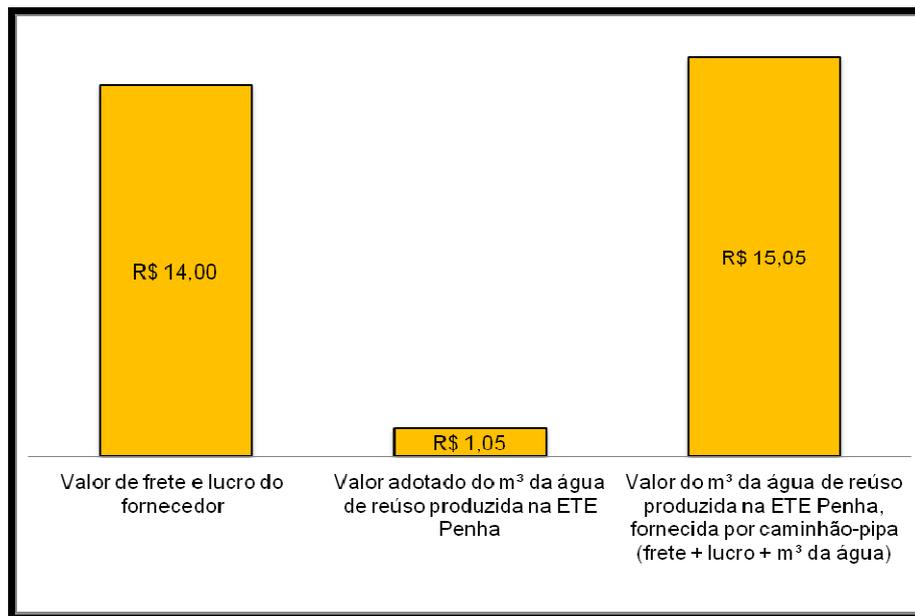
**Gráfico 6:** Composição do valor adotado da água potável fornecida por caminhão-pipa, total de R\$ 18,00 o m<sup>3</sup>

A troca de serviços entre a Cedae e a Comlurb, mencionada anteriormente, por não envolver pagamentos em valores monetários, não estabeleceu um valor para o m<sup>3</sup> da água de reúso produzido pela ETE Penha. No entanto, pode-se ter uma referência desse valor pelos preços praticados pela Sabesp, na sua comercialização de água de reúso para fins industriais, em Mauá, São Paulo, nas condições mencionadas em 5.4.

Sampaio (2012) apresentou informações de que a água de reúso, em uso urbano restrito, tem o valor de R\$ 0,94/m<sup>3</sup>, para empresas privadas, sendo o preço para uso industrial “negociado caso a caso em função da demanda”, exemplificando com o valor de R\$ 1,05/m<sup>3</sup> cobrado a uma indústria de papel e a uma empresa de produção de linhas para costura. Segundo informações obtidas diretamente com o setor de atendimento da Sabesp, o preço do m<sup>3</sup> da água de reúso fornecido no ponto de captação da companhia é a partir de R\$ 1,01, variando de acordo com o grau de qualidade demandada pelo cliente, quantidade e periodicidade. Para efeito deste trabalho, por ser a água de amassamento, de acordo com a NBR 15900:2009, nada muito exigente quanto à sua qualidade, adotou-se o valor real praticado pela Sabesp no fornecimento do m<sup>3</sup> de água de reúso industrial às mencionadas

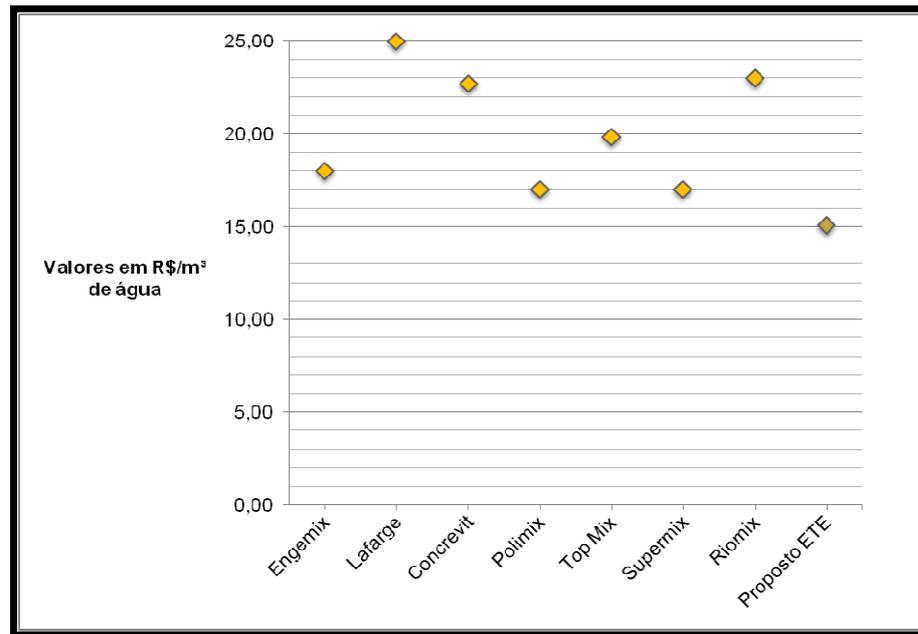
indústrias de papel e de produção de linhas para costura, de R\$ 1,05 para o m<sup>3</sup> a fornecer pela ETE Penha.

O Gráfico 7, abaixo, representa a composição do valor do m<sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa com capacidade de 20 m<sup>3</sup>, levando-se em consideração o valor já mencionado de frete e lucro do fornecedor, R\$ 14,00/m<sup>3</sup>, e agora o valor de R\$ 1,05/m<sup>3</sup> adotado para água de reúso captado diretamente na ETE Penha, como calculado acima, totalizando R\$ 15,05, o m<sup>3</sup>.



**Gráfico 7:** Composição do valor do m<sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa com capacidade de 20 m<sup>3</sup>

Com o valor para o m<sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa com capacidade de 20 m<sup>3</sup> aqui calculado em R\$ 15,05, pode-se comparar visualmente esse valor com os valores pagos pelas sete concreteiras do Caju, pelo Gráfico 8, abaixo.



**Gráfico 8:** Distribuição dos valores pagos por m<sup>3</sup> de água, por cada concreteira do Caju e o valor de compra do m<sup>3</sup> da água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa com capacidade de 20 m<sup>3</sup>

A partir desse último gráfico, montou-se a Tabela 5 cujo objetivo é demonstrar as reduções médias mensais em valores financeiros e em percentuais que cada concreteira teria passando a utilizar a água de reúso a ser entregue por caminhão-pipa, proveniente da ETE Penha. Na primeira coluna estão listadas as sete concreteiras do Caju; na segunda, o consumo mensal de cada concreteira para a produção de concreto usinado; na terceira, a diferença do valor pago por cada concreteira no m<sup>3</sup> de água usado na linha de produção para o valor calculado do m<sup>3</sup> de água de reúso captado e fornecido por caminhão-pipa com capacidade de 20 m<sup>3</sup> (R\$ 15,05); na quarta coluna - resultado da multiplicação da segunda pela terceira - os valores, em Reais, das reduções de consumos de água de cada concreteira ao passar a utilizar a água de reúso; e, por último, na quinta coluna, as correspondentes reduções em percentuais.

**Tabela 5:** Redução de valor no consumo de água de cada concreteira ao utilizar a água de reúso proveniente da ETE Penha.

Concreteira	Consumo de água (m <sup>3</sup> ) por mês	Dif. valor (R\$) pago por m <sup>3</sup> de água	Valor (R\$) da redução no consumo de água por mês	Redução no valor de consumo de água por mês
Engemix	1.800	2,95	5.310,00	16,39 %
Lafarge	1.200	9,95	11.940,00	39,80 %
Concrevit	1.760	7,65	13.464,00	33,70 %
Polimix	1.200	1,95	2.340,00	11,47 %
Top Mix	650	4,80	3.120,00	24,18 %
Supermix	2.500	1,95	4.875,00	11,47 %
Riomix	205	7,95	1.629,75	34,56 %
<b>Médias</b>	<b>1.331</b>	<b>5,31</b>	<b>6.096,96</b>	<b>24,51 %</b>

Verifica-se pela Tabela 5 que todas as sete concreteiras do Caju, mantendo-se seus respectivos consumos de água para de amassamento, mas substituindo-se a água potável por água de reúso produzida pela ETE Penha, com valor aqui projetado a R\$ 15,05/m<sup>3</sup>, têm reduções significativas nos valores pagos nos consumos de água. Em valores financeiros a média de economia é de R\$ 6.096,96, por mês e, percentualmente, 24,51%.

Portanto, demonstra-se ser muito vantajosa economicamente a substituição da água potável a ser fornecida às sete concreteiras do Caju, pela água de reúso produzida pela ETE Penha.

## 11 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

### 11.1 CONCLUSÕES

O reaproveitamento da água por reciclagem das águas residuárias vem se apresentando como uma ótima alternativa tanto no uso doméstico como no uso industrial. Para fins que admitam água com menores exigências de potabilidade, mas sanitariamente segura, utiliza-se a água de reúso e reserva-se a água tratada para consumos mais nobres.

A construção civil, ciente de seu papel de forte indústria transformadora do meio ambiente, vem objetivando maior desenvolvimento sustentável, com mínimos impactos ambientais, com novos empreendimentos sendo realizados sob a filosofia de 'construção sustentável'. A reciclagem, hoje, é termo indissociável da indústria da construção civil, tanto reciclando seus próprios resíduos quanto resíduos de outras atividades, aproveitando-os como insumos na elaboração de diversos produtos. A água de reúso pode ser mais um insumo reciclado, possível de aproveitamento.

A água usada no processo de fabricação do concreto usinado é conhecida tecnicamente como água de amassamento e seus requisitos e avaliações seguem a NBR 15900:2009. Para utilizar-se a água de reúso como água de amassamento, uma alternativa técnica, econômica e ambientalmente mais modernizada, devem ser respeitados os preceitos da Resolução CNRH nº 54, naquilo que se refere à água de reúso, combinados com as NBRs 7212:2012, 12655:2006 e 15900:2009.

A ETE Penha/Cedae tem capacidade instalada para produzir mensalmente o volume de 21.600 m<sup>3</sup> de água de reúso. Porém, a maior média mensal de produção girou em redor de 7.110 m<sup>3</sup>, em 2.010, significando que a ETE trabalha com, no mínimo, 67,1% de ociosidade.

As sete usinas dosadoras de concreto localizadas no bairro do Caju consomem para sua água de amassamento ou a água fornecida pela Cedae, por rede de canalizações enterradas, ou a fornecida por caminhões-pipas, de empresas ou de fornecedores autônomos. No levantamento de dados junto sete às concreteiras do Caju nota-se que a preocupação com a qualidade da água usada como água de amassamento, de um modo geral, não é relevante. A maioria realiza análise da água que lhe é fornecida quando o cliente solicita; somente três concreteiras realizam análises periódicas por suas próprias iniciativas e uma deixa essa análise sob a responsabilidade dos fornecedores por caminhões-pipas.

Os volumes de água demandados, em média, por cada uma das sete concreteiras do Caju, para utilização como sua água de amassamento, variam de 205 a 2.500 m<sup>3</sup> mensais. Juntas, essas sete demandas médias mensais de água totalizam o volume de 9.315 m<sup>3</sup>. A maior média mensal de produção de água de reúso da ETE Penha, de 7.110 m<sup>3</sup>, somada aos 9.315 m<sup>3</sup> de consumo das sete concreteiras perfazem 16.425 m<sup>3</sup> de água, volume perfeitamente capaz de ser fornecido pelos 21.600 m<sup>3</sup> de capacidade instalada da ETE Penha, ou seja, esta estação está apta a manter o fornecimento de água de reúso ao seu único cliente atual, a Comlurb, bem como fornecê-la às concreteiras do Caju, individualmente ou em sua totalidade.

Quanto a valores, os valores médios mensais do m<sup>3</sup> de água pagos pelas concreteiras do Caju variam de R\$ 17,00 a R\$ 25,00. Os valores pagos aos fornecedores de água por caminhões-pipas foram, em média, R\$ 18,00 contra R\$ 23,85, em média, pagos à Cedae, abastecimento via rede canalizada.

O caminhão-pipa mais indicado para abastecimento às concreteiras do Caju, em função do volume transportado é o de 20 m<sup>3</sup>. Para este volume, o valor do m<sup>3</sup> de água fornecido pela Cedae no ponto de abastecimento do centro do Rio de Janeiro é de R\$ 4,00. Sendo o valor médio do m<sup>3</sup> de água transportada por um caminhão-pipa R\$ 18,00, chega-se a R\$ 14,00 como sendo o valor médio do frete do caminhão-pipa e remuneração da empresa proprietária ou autônomo.

Como não há um valor estabelecido para o m<sup>3</sup> de água de reúso produzido pela ETE Penha, pela troca de serviços entre a Cedae e a Comlurb, adotou-se um valor real já praticado por empresa pública também produtora de água de reúso, a paulista Sabesp, de R\$ 1,05 cobrados a indústrias próximas daquela empresa. O transporte corre por conta das indústrias consumidoras. Desta forma, projetou-se o valor de R\$ 15,05 o m<sup>3</sup> de água de reúso produzida pela ETE Penha, disponibilizada ao cliente em seu ponto de entrega na Av. Brasil.

Comparando-se este valor projetado para o m<sup>3</sup> da água de reúso da ETE Penha com os valores atualmente pagos pelas concreteiras do Caju, verificam-se reduções significativas nos valores pagos nos consumos de água por mês das concreteiras. Em valores financeiros a média de economia é de R\$ 6.096,96, por mês e, percentualmente, 24,51%.

Além do ganho na redução de seu valor de consumo de água com a utilização da água de reúso proveniente da ETE Penha, cada concreteira ganha não só a certeza da origem da água que lhe é fornecida, mas também que esta água vem acompanhada de

constantes e rígidas análises físico-químicas de qualidade. A utilização da água de reúso em seu processo de produção do concreto propicia à concreteira imagem positiva no tocante a práticas conservacionistas: empresa usuária de material reciclável, uma das propostas de construções sustentáveis e compatível com os princípios de desenvolvimento sustentável. A água de reúso no processo produtivo da concreteira a diferencia das demais, valorizando seu produto e, por consequência, sua marca.

Para a utilização da água de reúso como água de amassamento há que se fazer, no entanto, os estudos, testes, ensaios e análises preconizados pela NBR 15900:2009, em todas as suas partes.

## 11.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Sugere-se como desenvolvimento de futuros trabalhos:

- o levantamento, estudos e críticas de normas vigentes em outros países que utilizam a água de reúso com vistas a aumentar a base de dados para a elaboração de uma futura norma específica de água de reúso, tanto doméstica quanto industrial;

- estudos para quantificação de custo de reforma em prédios já existentes para adaptação de seus atuais sistemas hidrossanitários a sistemas que reciclem os constituintes dos efluentes de suas águas cinza servidas para produção de água de reúso doméstico para seus respectivos consumos;

- pesquisas sobre as possibilidades de aproveitamento da água de reúso em outras modalidades listadas no art. 3º da Resolução CNRH nº 54;

- estudos para quantificar o volume da água de serviço usada nas limpezas de pátios de concreteiras e dos balões dos caminhões-betoneiras, com vistas a usar a água de reúso da ETE Penha;

- estudos para quantificar financeiramente o serviço de coleta e destinação e, a partir de valores dessa quantificação, projetar o valor do m<sup>3</sup> da água de reúso da ETE Penha com base nessa troca de serviços;

- pesquisas técnico-experimentais com a realização de ensaios, testes e análises com a água de reúso produzida pela ETE Penha para constatação de sua adequação aos requisitos da NBR 15900:2009;

- pesquisas com outras ETEs, levantando os volumes de seus efluentes tratados e projetar o potencial dessas estações para produção de água de reúso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, Carolina M.; ABDALA, Fernanda M. **Água: fonte de vida** - Comentários à legislação e aspectos práticos. *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, VII, n. 17, maio 2004
- ALENCAR, Emanuel. Empresa compra por R\$ 1 entulho da demolição de prédio da UFRJ e vai vender o material à construção civil. **O Globo**, Rio de Janeiro, 27 de ago. 2011. Disponível em <<http://oglobo.globo.com/rio/empresa-compra-por-1-entulho-da-demolicao-de-predio-da-ufrj-vai-vender-material-construcao-civil-2671473>>. Acesso em: 15 abr. 2013.
- BODSTEIN, Airton B.; BARROS, Angela M. A. **A difícil aplicabilidade da política de águas no Brasil**. *InterSciencePlace*, v. 2, p. 1-26, 2009.
- CAMPOS, Marco A. **Estudo do reaproveitamento de isoladores elétricos de porcelana como agregados em argamassas e concretos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNICAMP. Campinas, 2009.
- CARNEVALE, Marcos C. I. S. **A tarifa progressiva da Cedae e a afronta aos princípios que regem os serviços públicos**. Artigo de Pós-graduação - Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro. 2009.
- CARVALHO, Eduardo F. **A potenciabilidade do uso dos resíduos industriais urbanos na confecção de tachas refletivas viárias**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2005.
- CASTILHO, Tais. Reciclar mais para gerar menos. **Revista Visão Ambiental**, Ano 1, nº 3, pags. 40/44. Atenas Editora – São Paulo, 2009.
- CEDAE. **Balanco Social Anual 2005**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <[http://www.cedae.com.br/div/balanco\\_social\\_2005.pdf](http://www.cedae.com.br/div/balanco_social_2005.pdf)>. Acesso em: 23 mai. 2013.
- \_\_\_\_\_. **Relatório Anual/Informações aos Usuários/Guandu/Ref.: 2010**. Rio de Janeiro, 2010. (a)
- \_\_\_\_\_. **Relatório da Administração e Demonstrações Financeiras 2010**. Rio de Janeiro. 2010. (b)
- \_\_\_\_\_. **Relatório da Administração e Demonstrações Financeiras 2012**. Rio de Janeiro. 2013.
- CHAYB, Lucia. A ONU lança a Segunda Década Internacional da Água. **Revista ECO-21**, ed. 100, mar. 2005. Tricontinental Editora. Rio de Janeiro: 2005.
- CHEIS, Daiana. Falta de normas técnicas para reúso de água ainda é um problema no país. **Revista Tratamento de Água & Efluentes**, Ed. nº 12. Editora L3PPM. Santo André/SP, 2013.
- CONCESSIONÁRIA PORTO NOVO. Água de reúso nas obras. **Folha da Porto Novo**. Rio de Janeiro, ed. 12, p.3, ano 2, mar. 2013.
- GARCIA, Giovanni O. et al. Qualidade, uso e reúso de água na agropecuária. *In*: Viana, M. A. (Org.) et al. **Novas tecnologias em Ciências Agrárias**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2007, p. 119-141.

- GIACCHINI, Margolaine. Uso e reúso da água. **Série de Cadernos Técnicos do CREA-PR**. Curitiba, 2011.
- HESPANHOL, Ivanildo. 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.
- LEAL, Claudio L. D. **Aproveitamento do bagaço de cana de açúcar em misturas asfálticas**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2013.
- MACINTYRE, Archibald J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª ed. - Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2010.
- MALAGUTI, Gustavo 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.
- MANCUSO, Pedro C. S.; SANTOS, Hilton. F., **Reúso de água**. Barueri, SP: Ed. Manole, 2003.
- MARCONDES, Adalberto W. **Opulência e Desigualdade**. Disponível em <<http://www.cartacapital.com.br/carta-na-escola/opulencia-e-desigualdade>>. Acesso em: 14 jul. 2012.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde**. - Módulo 3/ Cap. 1, pág. 159. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Brasileira: ações prioritárias/Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2ª. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. Ed. Pini, 2ª Edição. São Paulo: 1997.
- ONOFRE, Renato. Reúso de águas cinzas é umas das dez melhores iniciativas ambientais. **O Globo**, Rio de Janeiro, 18 jan. 2012. Disponível em <<http://www.oglobo.globo.com/niteroi/reuso-de-aguas-cinzas-umas-das-dez-melhores-iniciativas-ambientais-3704055>>. Acesso em: 30 mar. 2013.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **58/217. International Decade for Action, "Water for Life", 2005-2015**. 2003. Disponível em <<http://www.un.org/waterforlifedecade/background.shtml>>. Acesso em: 16 ago. 2013.
- PEIXOTO, Maria 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.
- PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento portland**. Porto Alegre, RS: Globo, 1995.
- PIZARRO, Rufino A. **Materiais de construção** - parte II. E.E/UFRJ, Rio de Janeiro, 1968.
- PREDIGER, Paula W. **Avaliação do grau de sustentabilidade de um condomínio residencial: estudo de caso**. Monografia de Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí/RS, 2008.

RAMOS, Reginaldo et al. Estudo da viabilidade do reúso de efluentes sanitários tratados para fins não potáveis. *In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2005. Campo Grande. **Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Saneamento Ambiental Brasileiro: Utopia ou Realidade?. Rio de Janeiro, ABES, 2005. p.1-6.

RIO DE JANEIRO. **Zona Oeste do Rio tem nova operadora no tratamento de esgoto**. Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro/Poder Executivo, nº 55, 5 de junho de 2012, pg. 69. Rio de Janeiro, 2012.

RUBIM, Cristiane. Reúso das águas cinzas gera economia financeira e ambiental. **Revista Tratamento de Água & Efluentes**, ed. nº 06. Ed. L3PPM. Santo André/SP, 2012.

SAMPAIO, Américo O. **Programas de reúso da Sabesp**. *In: I Simpósio Internacional de Reuso de Água*. 2012. Curitiba. Disponível em <[http://www.abesreusodeagua.eco.br/downloads/americo\\_01.pdf](http://www.abesreusodeagua.eco.br/downloads/americo_01.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2013.

SARAIVA, Jacilio, **Constutora “verde” é raridade**. Disponível em <<http://www.valor.com.br/especiais/2637814/construtora-verde-e-raridade>>. Acesso em: 1º mai. 2013.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG. Belo Horizonte: 2009.

VIEIRA NETO, José N.; OLIVEIRA, José R. C. Desafios e perspectivas do reúso de esgotos sanitários em áreas urbanas: o Projeto da ETE Penha – Cedae. *In: I Seminário do Núcleo Integrado para Reúso de Águas Efluentes*. 2008. Rio de Janeiro. **Anais do I Seminário do Núcleo Integrado para Reúso de Águas Efluentes**. Implantação e Consolidação do NIRAE. Rio de Janeiro, FQ/UFRJ, 2008.

## REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

[pds.lib.harvard.edu/pds/view/7241048?n=17&](https://pds.lib.harvard.edu/pds/view/7241048?n=17&), acesso em 19 de dezembro de 2013.

[ecobacia.org/decada\\_agua.html](http://ecobacia.org/decada_agua.html), acesso em 16 de agosto de 2013.

[www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construção-sustentável](http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel), acesso em 15 de abril de 2013.

[www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/asfalticos/autoborracha](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/asfalticos/autoborracha), acesso em 28 de outubro de 2012.

**Erro! A referência de hiperlink não é válida.**

[www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/historico](http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/historico), acesso em 3 de setembro de 2013.

[www.fozaguas5.com.br](http://www.fozaguas5.com.br), acesso em 3 de setembro de 2013.

[www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-niteroi/a-concessionaria](http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-niteroi/a-concessionaria), acesso em 30 de março de 2013.

[site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=131](http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=131), acesso em 30 de outubro de 2013.

[site.sabesp.com.br/site/fale-conosco/faq.aspx?secaold=134&cid=2](http://site.sabesp.com.br/site/fale-conosco/faq.aspx?secaold=134&cid=2), acesso em 30 de outubro de 2013.

[www.aquapolo.com.br/institucional/quem-somos](http://www.aquapolo.com.br/institucional/quem-somos), acesso em 30 de outubro de 2013.

[www.aquapolo.com.br/institucional/obra](http://www.aquapolo.com.br/institucional/obra), acesso em 30 de outubro de 2013.

[www.aquapolo.com.br/2011/04/09/ganhos-com-o-reúso-de-agua](http://www.aquapolo.com.br/2011/04/09/ganhos-com-o-reuso-de-agua), acesso em 30 de outubro de 2013.

[www.aquapolo.com.br/2012/11/29/foz-do-brasil-e-sabesp-inauguram-o-maior-projeto-de-agua-de-reúso-do-brasil](http://www.aquapolo.com.br/2012/11/29/foz-do-brasil-e-sabesp-inauguram-o-maior-projeto-de-agua-de-reuso-do-brasil), acesso em 30 de outubro de 2013.

**APÊNDICES**

- APÊNDICE A FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - ENGEMIX**
- APÊNDICE B FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - LAFARGE**
- APÊNDICE C FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - CONCREVIT**
- APÊNDICE D FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - POLIMIX**
- APÊNDICE E FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES – TOP MIX**
- APÊNDICE F FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES – SUPERMIX**
- APÊNDICE G FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES – RIO MIX**

APÊNDICE A FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - ENGEMIX

FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 30/03/13

Empresa: Engemix (Votorantim Cimentos S.A.)

End.: Av. Brasil, nº 2996

Tels.: (21) 2580-2327 / 8101-4035

e-mail: \_\_\_\_\_

Nome e cargo do representante da empresa: João Marcos Lyrio Ramos  
Eng.º Civil - Líder de Filial - Resp. p/ Central e Laboratório

Produção de concreto (m³) por mês: 10.000

Consumo de água (m³) por mês: 1.800, por caminhão pipa (100%)

Valor da conta (R\$) por mês: R\$ 18,00/p - Caminhões pipa de Itaboraí.

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: Somente q.do. solicitado pelo cliente.

Obs.: Produz em concretos especiais: auto-adensáveis, pega programada, temperatura controlada. Utiliza gelo na produção, bem como corantes. 80% de sua produção é deste tipo de concreto (especiais).

APÊNDICE B FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - LAFARGE

LAFARGE

FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 26/03/2013

Empresa: Lafarge Concrete - Usina Caju  
 End.: Av. Brasil, nº 2996  
 Tels.: (21) 3878-8203 / 7837-2319  
 e-mail: pablo.gonzales@lafarge.com  
 Nome e cargo do representante da empresa: Pablo Pereira Gonzales -  
Engº Civil - Gerente de Tecnologia Rio

Produção de concreto (m³) por mês: 6.000  
 Consumo de água (m³) por mês: 1.200 - Cedaé, canalizada de rua e  
 Valor da conta (R\$) por mês: R\$ 20.000, aproximadamente de recuperação

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: Realiza análises semestralmente

Obs.: A operat da empresa Lafarge Caju é utilizar água da Cedaé, canalizada de rua, somente utilizando caminhão-pipa quando de falta de água 'de rua'. Usa água recuperada de processos de preparo (item 3, NBR 15900-1). 400 m³ de água recuperada e 800 m³ da Cedaé.

## APÊNDICE C FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - CONCREVIT

## FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 29/01/13

Empresa: Concrevit - Concreto Vitoric Ltda  
 End.: Av. Brasil, 2996 / Lote 14 - Caju  
 Tels.: (21) 2589-9240 - +822-1504  
 e-mail: caju@concrevit.com.br  
 Nome e cargo do representante da empresa: Ademirso Cunha -  
Técnico de Controle de Qualidade

Produção de concreto (m<sup>3</sup>) por mês: 8.000  
 Consumo de água (m<sup>3</sup>) por mês: 1.760 provenientes da Cedae  
 Valor da conta (R\$) por mês: 40.000

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: Periodicidade  
anual ou quando pedida pelo cliente.

Obs.: 220 l/m<sup>3</sup> de concreto produzido + 200 m<sup>3</sup> p/  
o concreto e 20 l para a lavagem caminhão  
após a usinagem do traço.

## APÊNDICE D FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - POLIMIX

## FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 02/02/13

Empresa: Polimix Concreto  
 End.: R. Carlos Seixas, 292 - Caju  
 Tels.: (21) 2580.1190 / 2589.4673 / 3878.0268  
 e-mail: pxcj@polimix.com.br  
 Nome e cargo do representante da empresa: Givliano Lemes -  
Gerente (Lider) de filial

Produção de concreto (m<sup>3</sup>) por mês: 6.000Consumo de água (m<sup>3</sup>) por mês: 1.200

Valor da conta (R\$) por mês: Valor do m<sup>3</sup> de água do  
caminhão pipa: R\$ 17,00  
Caminhões com 15 m<sup>3</sup>

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: A análise da

água é realizada apenas quando pedido pelo  
cliente.

Obs.: A empresa usa tanto a água da Cedae como  
água de caminhões pipa, sendo a da Cedae  
exclusiva para consumo de escritório, variação  
e banhos. Para a produção de concreto, a Polimix  
usa a água de seu bate-lastro

APÊNDICE E FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES – TOP MIX

FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 06/04/2013

Empresa: Top Mix  
 End.: Rua Carlos Seidl, nº 1.226 - Cajó - RJ/RJ  
 Tels.: (21) 2580.0026 / (21) 8485.3074 (Alberto)  
 e-mail: \_\_\_\_\_  
 Nome e cargo do representante da empresa: Alberto Ferreira de  
Araújo - Gerente Operacional da Top Mix

Produção de concreto (m³) por mês: 3.500  
 Consumo de água (m³) por mês: 650 - Caminhões - pipa da Tco. Bicalho  
 Valor da conta (R\$) por mês: R\$ 12.700,00 médio: R\$ 19,85 p/m³ caminhões.

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: Somente se o cliente solicitar  
se houver dúvidas, a concreteira solicita ao seu fornecedor.

Obs.: Exclusivamente a jea por caminhões - pipa (100%).  
Utiliza, ainda, águas de chuva e de bate-bastão  
 Consumo água: JAN.: R\$ 13.296,15 (670.000l.); FEV.: R\$ 14.824,00 (747.000l.);  
MAR.: R\$ 9.823,00 (495.000l.).

## APÊNDICE F FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES - SUPERMIX

## FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 15/03/13

Empresa: SUPERMIX  
 End.: RUA CARLOS SEIDL, Nº 998 - CAJU  
 Tels.: (21) 3539-5499  
 e-mail: caju@supermix.com.br  
 Nome e cargo do representante da empresa: EVERSON MEDEIROS - ENGº  
CIVIL - DPTO. TÉCNICO/CETERJ

Produção de concreto (m³) por mês: 11.500  
 Consumo de água (m³) por mês: 2.500 - 2 a 3 CAMINHÕES PIPA POR DIA  
 Valor da conta (R\$) por mês: ENTRADA DE R\$ 44.000,00  
CAMINHÕES PIPAS DE 35.000 LITROS, A R\$ 17,00 O M³

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: SOMENTE POR MANIFESTAÇÃO  
DO CLIENTE E SEMESTRALMENTE PELA EMPRESA.

Obs.: A SUPERMIX NÃO USA A ÁGUA DA CANALIZAÇÃO DA CEDAE. SUA DEMANDA É TODA ATENDIDA POR CAMINHÕES-PIPAS, SOMENTE USANDO A ÁGUA DA CEDAE VIA CANALIZAÇÃO DE RUA COMO "PLANO B".  
 CADA M³ DE CONCRETO: 210 A 220 L DE ÁGUA

APÊNDICE G FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES – RIO MIX

FICHA DE COLETA DE INFORMAÇÕES

Data: 02/04/13

Empresa: Rio Mix Ltda - Concrete e Argamassa  
 End.: Rua Carlos Seidl, nº 1288 - Caju - RJ/RJ  
 Tels.: (21) 2442-1900 / (21) 7748-9736  
 e-mail: mario@riomix.com.br  
 Nome e cargo do representante da empresa: Mario Jorge Pereira da Silva - Gerente de Operações e Produção

Produção de concreto (m<sup>3</sup>) por mês: 1.020  
 Consumo de água (m<sup>3</sup>) por mês: 205 - Totalmente fornecida por  
 Valor da conta (R\$) por mês: R\$ 23,00/m<sup>3</sup>, no canhão. <sup>admissões-pipas</sup>

Situação da análise da água segundo a NBR-15900: Fica sob responsabilidade do 'pipeiro'

Obs.: Faz o uso de água de chuva.

Consumo 1º trimestre: Jan - 190.000 lts  
 fev - 200.000 lts  
 mar - 225.000 lts

**ANEXOS**

- ANEXO A MUNICÍPIOS ATENDIDOS PELA CEDAE**
- ANEXO B BAIRROS ATENDIDOS PELA FOZ ÁGUA 5**
- ANEXO C BAIRROS DAS TARIFAS ÁREA 'A' E ÁREA 'B'**
- ANEXO D1 ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE P/ ÁREA 'A' (vig. 08/2012)**
- ANEXO D2 ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE P/ ÁREA 'B' (vig. 08/2012)**
- ANEXO E 'FICHA DE ANÁLISE' DA ÁGUA DE REÚSO DA ETE PENHA (jan./2013)**

## **ANEXO A MUNICÍPIOS ATENDIDOS PELA CEDAE**

Fonte: Cedae

Os 60 municípios atendidos pela Cedae, com abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto ou apenas com o primeiro são:

Angra dos Reis, Aperibé, Belford Roxo, Bom Jardim, Bom Jesus do Itabapoana, Cachoeiras do Macacu, Cambuci, Cantagalo, Carapebus, Cardoso Moreira, Cordeiro, Duas Barras, Duque de Caxias, Engº Paulo de Frontin, Itaboraí, Itaguaí, Italva, Itaocara, Japeri, Laje do Muriaé, Macaé, Macuco, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Miguel Pereira, Miracema, Natividade, Nilópolis, Nova Iguaçu, Paracambi, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Pinheiral, Piraí, Porciúncula, Queimados, Quissamã, Rio Bonito, Rio Claro, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Santa Maria Madalena, São Fidélis, São Francisco do Itabapoana, São Gonçalo, São João da Barra, São João do Meriti, São José de Ubá, São Sebastião do Alto, Sapucaia, Seropédica, Sumidouro, Tanguá, Teresópolis, Trajano de Moraes, Valença, Varre-Sai e Vassouras.

**ANEXO B BAIROS ATENDIDOS PELA FOZ ÁGUA 5**

Fonte: Foz Água 5

Os 21 bairros da área de abrangência dos serviços públicos de esgotamento sanitário da Área de Planejamento 5 (AP-5), objeto de concessão à empresa Foz Águas 5 são:

Bangu, Barra de Guaratiba, Campo Grande, Campo dos Afonsos, Cosmos, Deodoro, Gericinó, Guaratiba, Inhoaíba, Jardim Sulacap, Magalhães Bastos, Paciência, Padre Miguel, Pedra de Guaratiba, Realengo, Santa Cruz, Santíssimo, Senador Camará, Senador Vasconcelos, Sepetiba e Vila Militar.

## **ANEXO C BAIRROS DAS TARIFAS ÁREA 'A' E ÁREA 'B'**

Fonte: Cedae

A Cedae tem na sua política de cobrança tarifária a tarifa diferenciada "A" e "B", de acordo com a localidade, criada pelo Decreto nº 23.676 de 04 de novembro de 1997.

Os 143 bairros da área de abrangência referente à Tarifa 'A' são:

Abolição, Acari, Água Santa, Aldeia Campista, Alto da Boa Vista, Andaraí, Anil, Bairro de Fátima, Bancários, Barra da Tijuca, Barros Filho, Benfica, Bonsucesso, Botafogo, Brás de Pina, C. Chagas, Cachambi, Cacua, Caeté, Caju, Camorim, Campinho, Canoa, Castelo, Catete, Catumbi, Centro, Cidade de Deus, Cidade Nova, Cidade Universitária, Cinelândia, Cocotá, Coelho Neto, Copacabana, Cordovil, Cosme Velho, Curicica, Del Castilho, Dendê, Encantado, Engenho da Rainha, Engenho de Dentro, Engenho Novo, Engenho Velho, Estácio, Fazenda Botafogo, Flamengo, Freguesia, Galeão, Gamboa, Gardênia Azul, Gávea, Glória, Grajaú, Grumari, Guarabu, Higienópolis, Honório Gurgel, Humaitá, Ilha do Fundão, Ilha do Governador, Ilhas, Inhaúma, Ipanema, Irajá, Itacolomi, Itanhangá, Izadora, Jacaré, Jacarepaguá, Jacarezinho, Jardim América, Jardim Botânico, Jardim Carioca, Jardim Guanabara, Jardim Oceânico, Joá, Lagoa, Lapa, Laranjeiras, Largo do Jacaré, Leblon, Leme, Lins de Vasconcelos, Mangue, Mangueira, Manguinhos, Maracanã, Maré, Maria da Graça, Méier, Moneró, N. Senhora das Graças, Olaria, Paquetá, Parada de Lucas, Pau Ferro, Pavuna, Pechincha, Penha, Piedade, Pilares, Pitangueiras, Portuguesa, Praça Seca, Praça da Bandeira, Praia Vermelha, R. Prata, Ramos, R. dos Bandeirantes, Riachuelo, Ribeira, Rio Comprido, Rocha, Rocinha, Sampaio, Santa Teresa, Santo Cristo, São Conrado, São Cristóvão, São Francisco Xavier, Saúde, Sumaré, Tanque, Taquara, Tauá, Terra Nova, Tijuca, Todos os Santos, Tomás Coelho, Triagem, Tubiacanga, Urca, Usina, Vargem Grande, Vargem Pequena, Vidigal, Vigário Geral, Vila Isabel, Vila Valqueire, Vila IV Centenário e Zumbi.

Os 53 bairros da área de abrangência referente à Tarifa 'B' são:

Anchieta, Bangu, Barra de Guaratiba, Bento Ribeiro, Boa Esperança Grande, Campo dos Afonsos, Campo Grande, Cascadura, Cavalcanti, Colégio, Cosmos, Costa Barros, Deodoro, Engenheiro Leal, Guadalupe, Guaratiba, Inhoaíba, Madureira, Magalhães Bastos, Marechal Hermes, Mindinha, Monteiro, Oswaldo Cruz, Paciência, Padre Miguel, Palmares, Paquetá, Parque Anchieta, Pedra de Guaratiba, Penha Circular, Praia da Brisa, Quintino Bocaiúva, Realengo, Restinga de Marambaia, Ricardo Albuquerque, Rocha Miranda, Santa Cruz, Santíssimo, Senador Vasconcelos, Senador Camará, Sepetiba, Sete de Abril, Sulacap,

Turiçu, Vaz Lobo, Vicente Carvalho, Vila Aliança, Vila Cosmos, Vila da Penha, Vila Kennedy, Vila Militar e Vista Alegre.

## ANEXO D1 ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE P/ ÁREA 'A' (vig. 08/2012)

Fonte: Cedae

ESTRUTURA TARIFÁRIA - ÁREA 'A' (Ago/2012)								
Categoria de Usuários	Faixas de Consumo (m³/mês)	Multiplicador	Tarifa 1 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)	Tarifa 2 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)	Tarifa 3 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)
<b>Domiciliar Conta Mínima</b>		1,00	2,027093	30,40				
<b>Domiciliar</b>	0 - 15	1,00			2,322237	34,83	2,322237	34,83
	16 - 30	2,20			5,108921	111,45	5,108921	111,45
	31 - 45	3,00			6,966711	215,94	6,966711	215,94
	46 - 60	6,00			13,933422	424,93	13,933422	424,93
	> 60	8,00			18,577896	610,70	18,577896	610,70
<b>Comercial</b>	0 - 20	3,40			7,895606	157,90	7,895606	157,90
	21 - 30	5,99			13,910200	297,00	13,910200	297,00
	> 30	6,40			14,862317	594,24	14,862317	594,24
<b>Industrial</b>	0 - 20	5,20			12,075632	241,50	12,075632	241,50
	21 - 30	5,46			12,679414	368,29	12,679414	368,29
	> 30	6,39			14,839094	665,07	14,839094	665,07
<b>Pública</b>	0 - 15	1,32	2,675763	40,12	3,065353	45,97	3,065353	45,97
	> 15	2,92	5,919112	306,47	6,780932	351,07	6,780932	351,07
<b>Obs.:</b>								
Tarifa 1: Unidade predial atendida com cobrança de água e esgoto;								
Tarifa 2: Unidade predial atendida com cobrança de água e sem esgoto;								
Tarifa 3: Unidade predial atendida com cobrança de água e esgoto;								
A cobrança de esgoto é igual à cobrança de água;								
Tarifa Social: considera 1 economia e cobrança de 30 dias;								
Valor de conta para Unidade Predial (atendida com cobrança de água e esgoto): R\$ 19,06;								
Valor de conta para Unidade Predial (atendida com cobrança de água e sem esgoto): R\$ 9,53								
<b>Notas:</b>								
Tarifa 1: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (>), equivalentes aos seguintes consumos:								
Pública: 60 m³/mês.								
Tarifas 2 e 3: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (>), equivalentes aos seguintes consumos:								
Residencial: 70 m³/mês; Comercial: 50 m³/mês; Industrial: 140 m³/mês, e Pública: 60 m³/mês.								

## ANEXO D2 ESTRUTURA TARIFÁRIA DA CEDAE P/ ÁREA 'B' (vig. 08/2012)

Fonte: Cedae

ESTRUTURA TARIFÁRIA - ÁREA 'B' (Ago/2012)								
Categoria de Usuários	Faixas de Consumo (m³/mês)	Multiplicador	Tarifa 1 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)	Tarifa 2 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)	Tarifa 3 (R\$)	Valor Conta de Água (R\$)
<b>Domiciliar Conta Mínima</b>		1,00	1,778148	26,67				
<b>Domiciliar</b>	0 - 15	1,00			2,037046	30,55	2,037046	30,55
	16 - 30	2,20			4,481501	97,76	4,481501	97,76
	31 - 45	3,00			6,111138	189,42	6,111138	189,42
	46 - 60	6,00			12,222276	372,75	12,222276	372,75
	> 60	8,00			16,296368	535,71	16,296368	535,71
<b>Comercial</b>	0 - 20	3,40			6,925956	138,50	6,925956	138,50
	21 - 30	5,99			12,201905	260,51	12,201905	260,51
	> 30	6,40			13,037094	521,25	13,037094	521,25
<b>Industrial</b>	0 - 20	4,70			9,574116	191,48	9,574116	191,48
	21 - 30	4,70			9,574116	287,22	9,574116	287,22
	31 -130	5,40			11,000048	1.387,22	11,000048	1.387,22
	> 130	5,70			11,611162	1.503,33	11,611162	1.503,33
<b>Pública</b>	0 - 15	1,32	2,347155	35,20	2,688900	40,32	2,688900	40,32
	> 15	2,92	5,192192	268,84	5,948174	307,98	5,948174	307,98
<b>Obs.:</b>								
Tarifa 1: Unidade predial atendida com cobrança de água e esgoto;								
Tarifa 2: Unidade predial atendida com cobrança de água e sem esgoto;								
Tarifa 3: Unidade predial atendida com cobrança de água e esgoto;								
A cobrança de esgoto é igual à cobrança de água;								
Tarifa Social: considera 1 economia e cobrança de 30 dias;								
Valor de conta para Unidade Predial (atendida com cobrança de água e esgoto): R\$ 19,06;								
Valor de conta para Unidade Predial (atendida com cobrança de água e sem esgoto): R\$ 9,53								
<b>Notas:</b>								
Tarifa 1: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (>), equivalentes aos seguintes consumos:								
Pública: 60 m³/mês.								
Tarifas 2 e 3: Os valores das contas se referem aos limites superiores das faixas sendo, nas faixas em aberto (>), equivalentes aos seguintes consumos:								
Residencial: 70 m³/mês; Comercial: 50 m³/mês; Industrial: 140 m³/mês, e Pública: 60 m³/mês.								

## ANEXO E 'FICHA DE ANÁLISE' DA ÁGUA DE REÚSO DA ETE PENHA (jan./ 2013)

Fonte: Cedae - ETE Penha

											
GTE 3.3 - COORDENAÇÃO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ESGOTOS DA ILHA DO GOVERNADOR E PENHA											
ETE PENHA - Água de Reuso		GTE 3.3									
			01/13								
FICHA DE ANÁLISE											
Ponto de Coleta: Decantador 3 após Cloração											
Número da Amostra	Data	pH	Turbidez/ NTU	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	RNFT (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)	Número da Amostra	Coliformes Totais (PA/100mL)	Coliforme Termotolerante (PA/100mL)	
IG00012/13	2/1/2013	7,48	5,0	< 5	3,3	< 3	< 0,039	IG00013/13	-	AUSENTE	
IG00030/13	4/1/2013	7,40	3,0	< 5	2,6	-	1,61	IG00031/13	-	AUSENTE	
IG00043/13	7/1/2013	7,27	4,0	10	< 2	-	0,14	IG00044/13	-	AUSENTE	
IG00064/13	8/1/2013	7,48	6,5	14	3,9	-	2,71	IG00065/13	-	AUSENTE	
IG00075/13	9/1/2013	7,62	6,5	9	< 2	< 3	3,20	IG00076/13	-	AUSENTE	
IG00106/13	11/1/2013	7,56	4,5	< 5	-	-	2,44	IG00107/13	-	AUSENTE	
IG00117/13	14/1/2013	7,00	8,5	< 5	4,4	-	< 0,039	IG00118/13	-	AUSENTE	
IG00152/13	15/1/2013	7,00	3,5	< 5	3,6	-	2,48	IG00153/13	-	AUSENTE	
IG00175/13	16/1/2013	7,00	5,5	< 5	-	< 3	0,12	IG00176/13	-	PRESENTE	
IG00196/13	17/1/2013	7,00	5,5	< 5	-	-	0,25	IG00197/13	-	AUSENTE	
IG00207/13	21/1/2013	6,00	0,50	< 5	< 2	-	0,45	IG00208/13	-	AUSENTE	
IG00213/13	22/1/2013	7,00	1,5	< 5	< 2	3	< 0,039	IG00214/13	-	AUSENTE	
IG00223/13	24/1/2013	6,00	0,50	< 5	< 2	-	1,53	IG00224/13	-	AUSENTE	
IG00225/13	25/1/2013	6,00	0,00	< 5	< 2	-	0,26	IG00226/13	-	AUSENTE	
IG00240/13	28/1/2013	7,00	11,0	< 5	< 2	-	< 0,039	IG00241/13	-	AUSENTE	
IG00262/13	30/1/2013	7,00	2,5	39	19,4	< 3	0,27	IG00269/13	-	AUSENTE	
		Média	6,99	4,28	18,00	6,20	3,00	1,29			
		Desvio Padrão	0,54	3,02	14,17	6,49	#DIV/0!	1,17			
		Limite Inferior	5,91	-1,75	-10,33	-6,79	#DIV/0!	-1,06			
		Limite Superior	8,07	10,31	46,33	19,19	#DIV/0!	3,63			
		Média Real	6,99	4,28	18,00	6,20	3,00	1,29			
NA - NÃO ANALISADO											
Valores máximos permitidos pela Legislação da Espanha para Água de Reuso											
Parâmetros			Valor Mínimo Permitido	Valor Máximo Permitido							
DQO			-	-							
DBO			-	25							
RNFT			-	35							
Turbidez			-	20							
pH			6,0	9,0							
Coliformes Termotolerantes			-	200							