



## II-185 – ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS: O CASO DA ETE- PIRAJÁ, TERESINA-PI

**Iago Antonio Lima Araújo** <sup>(1)</sup>

Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário – UNINOVAFAPI. Pós-Graduando em Avaliações e Perícias de Engenharia pelo Instituto Brasileiro de Educação Continuada – INBEC.

**Leonardo Madeira Martins**

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do UNINOVAFAPI.

**Mario de Alencar Freitas Neto**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Coordenador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNINOVAFAPI. Mestre e Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Visconde da Parnaíba, 2340 – Horto Florestal - Teresina - PI - CEP: 64049-570 - Brasil - Tel: (86) 3305-3120 - e-mail: araujo.iago@outlook.com

### RESUMO

No que concerne à cobertura de saneamento básico, a nação brasileira não apresenta posição de destaque, tendo 48,6% de acesso à coleta de esgoto, e destes 39% dos esgotos são tratados. Relacionado ao saneamento tem-se o processo acelerado da urbanização que vem ocorrendo cada vez mais célere. Este trabalho tem como objetivo principal a avaliação de alternativas para Estações de Tratamento de Esgoto em áreas densamente urbanizadas, com enfoque para a ETE-Pirajá, localizada na cidade de Teresina, Piauí, cuja alternativa proposta dispõe de um tratamento preliminar composto por: gradeamento peneiras rotativas, desarenadores e desengordurante, assim como o uso de reatores UASB no tratamento anaeróbio, seguido de lagoas aeradas e maturação, contendo um sistema de desinfecção entre elas. A alternativa proposta representa uma opção para ampliações de vazões no tratamento e melhorias na eficiência de estações em áreas densamente urbanizadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento Básico, Áreas Urbanizadas, ETE-Pirajá.

### INTRODUÇÃO

Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que visa alcançar salubridade ambiental, modificando as condições das áreas habitadas, através de abastecimento de água potável, disposição de excretas e esgotamento sanitário, coleta de lixo, controle de vetores de doenças transmitidas pela água, drenagem urbana e habitação salubre. Ele tem importância fundamental na conservação de ambientes e na qualidade de vida da população, uma vez que reflete diretamente na saúde (HESPANHOL, 2002).

Segundo LIMA (2007), no que concerne à cobertura de saneamento ambiental, a nação brasileira, infelizmente, não apresenta posição de destaque, a população atendida no setor urbano é representada pela porcentagem de 55% enquanto que a da área rural, apresenta porcentagem de somente 3%.

No Brasil apenas 48,6% da população têm acesso à coleta de esgoto, e destes 39% dos esgotos são tratados conforme o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento 2013.

Em 2013, o Brasil possuía aproximadamente 14,7% (22,6 milhões) de domicílios sem acesso a abastecimento de água por rede geral, conforme dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quanto ao sistema de esgotamento sanitário, aproximadamente 36 % (23,26 milhões) não possuíam coleta por rede geral, quando se considera também o uso de fossa séptica, o número de domicílios sem acesso a formas adequadas de esgotamento sanitário cai para aproximadamente 26 milhões. Há, portanto, um déficit de acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico no país, observados há várias décadas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social essa



realidade do sério desequilíbrio entre o número de domicílios servidos por rede de abastecimento de água e o número de domicílios que possuem rede coletora de esgoto (BNDES, 1996).

De acordo com SAIANI (2006), o déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil está intimamente relacionado ao perfil de renda dos consumidores, sugerindo assim o fato que os investimentos realizados ao longo do tempo no setor foram motivados pelo possível retorno econômico do que pelo enorme retorno social que tais serviços geram.

O saneamento e a saúde estão diretamente ligados, sendo os índices reflexos disso, pois em 2013 foram registradas 2.135 mortes nos hospitais devido à infecções gastrointestinais, número sendo reduzido para 329 se tivessem tido acesso a um sistema de saneamento básico (Instituto Trata Brasil / CEBDS, 2014). Conforme a OMS e a ONU, a diarreia mata 2.195 crianças por dia e faz mais vítimas do que a Aids, a malária e o sarampo juntos, sendo a segunda causa de óbito entre meninos e meninas entre 1 mês e 5 anos no mundo. Enquanto no Piauí os índices chegam a 75% das internações de crianças serem por falta do serviço urbano de acordo com o IBGE, desta maneira se torna evidente a grande relevância desta infraestrutura.

Relacionado ao saneamento tem-se o processo acelerado da urbanização, que até meados da década de 80, a maioria das grandes organizações internacionais, dos governos e dos pesquisadores com interesse nas questões relacionadas às condições de vida e saúde das populações, priorizava as populações rurais, mais especificamente a dos países em desenvolvimento, como o foco principal de suas atenções e investimentos (ROSSI-ESPAGNET et al., 1991). Tal assertiva se justifica em grande parte dos centros urbanos, virem oferecendo até então, melhores condições de garantia para uma boa qualidade de vida a seus habitantes.

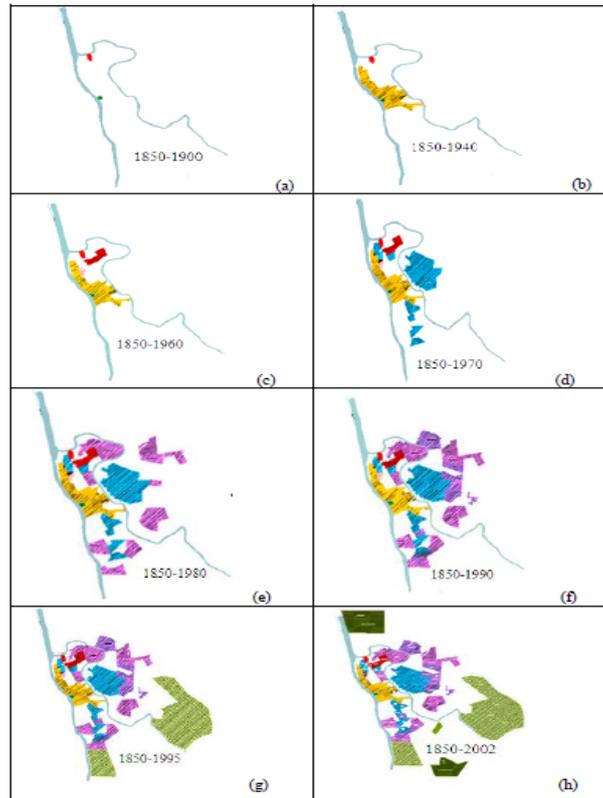
Entretanto, o intenso processo de urbanização que ocorre de maneira acelerada, as cidades passaram a ser o foco das atenções do mundo contemporâneo. Uma urbanização sem precedentes em nossa história, que com seus desdobramentos físicos, sociais e econômicos, está tendo um impacto importante na saúde da população.

No Piauí, a urbanização passou por um redirecionamento marcado pela crise do modelo extrativista voltado para exportação. A década de 1950 marcou o início da alteração na relação entre a zona rural e urbana, observando-se, a partir desse momento, a inversão da concentração populacional entre cidade e campo. FAÇANHA (1998) entende que a conjuntura nacional e regional iria contribuir para que ocorresse o desenvolvimento do Estado, consolidando a cidade de Teresina como a sua principal cidade. Nesse período, houve um aumento nos investimentos para urbanização, notadamente nos serviços de infraestrutura: instalação de abastecimento de água e energia elétrica, coleta e tratamento de esgoto, abertura de vias e pavimentação de ruas principais (LIMA, 1996).

Nessa conjectura, no ano de 1952 a Assembleia Legislativa Provincial eleva a antiga Vila do Poti à categoria de cidade com o nome de “Therezina”. Esta Teresina nascente foi uma cidade planejada. Seu traçado obedece às orientações das cartas pombalinas, com especificidades típicas do urbanismo português do séc.XII, inclusive no que diz respeito à escolha criteriosa da localização, a implantação de suas praças e edifícios institucionais que serviam como balizadores da estrutura urbana do território (ABREU, 2000).

Teresina assim como qualquer outro aglomerado urbano, atrai um enorme contingente populacional do interior do estado. Entre os anos de 1950 e 1980 observou-se uma taxa de crescimento populacional superior a 5% ao ano, um dos maiores das cidades da região Nordeste.

Segundo BACELLAR (1994), em 1950 a população de Teresina era de 90.723 habitantes; em 1970 atingia 363.666 habitantes; e em 1980 somava 538.294 habitantes, podendo se observar uma elevada taxa de crescimento populacional. A maioria dessa população é oriunda de pequenas cidades piauienses, principalmente da zona rural, mas também de outros estados do Nordeste. O censo de 2010 apresenta uma população de 814.320 habitantes, com uma taxa de média geométrica de crescimento de 1,30% entre os anos de 2000 e 2010. Nota-se um intenso crescimento populacional na capital ao longo de sua história como pode-se observar na figura 1.



**Figura 1: Mapas da evolução urbana de Teresina, PI no período de 1850 a 2002.**  
**Fonte: FEITOSA apud TERESINA (2010a).**

A implantação de conjuntos habitacionais em várias áreas da cidade acelerou o processo de urbanização de Teresina, embora os contingentes de nível de renda mais baixos continuassem excluídos do sistema e localizados em áreas mais afastadas e menos valorizadas. Esse fato, e o aumento dos fluxos migratórios atraídos pelas perspectivas oferecidas pelos centros urbanos gerariam um desemprego crescente e uma série de problemas sociais associados à expansão desordenada do sítio urbano e a proliferação de aglomerados habitacionais irregulares, com baixa qualidade na segurança e desprovidos dos serviços básicos de saneamento que consistiam em uma das promessas da atração exercida.

Portanto, este trabalho tem como objetivo principal a avaliação de alternativas para ETEs em áreas densamente urbanizadas, tendo como área de estudo a estação de tratamento do Pirajá (ETE – Pirajá), localizada na cidade de Teresina – Piauí. Objetiva-se ainda a caracterização e uma avaliação de alternativas de ampliação da mesma.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na estação de tratamento de esgoto Pirajá (ETE Pirajá), localizada na Avenida Maranhão, margem direita do Rio Parnaíba, região centro-norte de Teresina com as coordenadas geográficas 5° 4'36.69"S e 42°49'48.83"O.

Inicialmente realizou-se um levantamento histórico dos dados de projeto da ETE – Pirajá junto à concessionária, haja vista sua construção datar do ano de 1972. Além disso, buscou-se analisar as mudanças pelas quais a ETE passou ao longo dos anos, bem como as alternativas de melhoria de eficiência e aumento de capacidade de tratamento proposta pela Prefeitura Municipal de Teresina diante do atual quadro de urbanização e universalização do serviço de acordo com o Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Teresina, PMAE-THE.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### *Histórico*

A primeira estação de tratamento de esgoto de Teresina iniciou suas operações em 1972 com a ETE-Pirajá. Formada por uma lagoa de estabilização com tratamento primário, atendendo a uma parte da região norte da capital e a região central, totalizando 22.000 habitantes, com 50 quilômetros de rede coletora e 1.200 ligações. Após 20 anos do início de seu funcionamento, a estação apresentava visíveis problemas em todas suas fases de tratamento, sinais de assoreamento na lagoa devido à falta de processos preliminares como gradeamento, ausência de desarenadores e lançamentos de materiais originários de caminhões limpa-fossas.

Com o decorrer dos anos as áreas próximas a ETE-Pirajá apresentavam notória expansão urbana, assim como outras localidades da capital, dessa forma, a lagoa adquiria carga orgânica superior à sua capacidade, e em consequência sua operacionalidade tornava-se crítica. Percebendo a problemática o órgão responsável pelo saneamento do município, Águas e Esgoto do Piauí SA - AGESPISA, propôs ampliar o tratamento para atender aquelas condições.

No ano de 1998 iniciou-se a ampliação da ETE-Pirajá, sendo suas principais modificações a construção de sistemas preliminares para remoção dos sólidos grosseiros e areias; construção de uma Calha Parshall, dispositivo usado para medir vazão em canais abertos de líquidos fluindo por gravidade, utilizada para medição do efluente recebido. Além disso a profundidade da lagoa foi ampliada de 1,50m para 3,50m. e foram revestidos os taludes da lagoa com placas de concreto. Foram instalados dez aeradores na lagoa já existente e construiu-se uma nova lagoa de maturação como tratamento secundário e por fim a construção de um laboratório para análise da qualidade do efluente (MONTEIRO, 2004).

Em junho de 1999 a estação iniciou sua operação passando a atender uma população de 50.000 habitantes. Atualmente o sistema é composto por um tratamento primário de gradeamento, constituído por barras de aço de 3/8", largura de 1 1/2" e espaçamento de 2,50 cm, desarenadores e duas lagoas em série, sendo a primeira facultativa aerada e a segunda de maturação (Figura 2). Seus efluentes tratados são lançados no Rio Parnaíba, enquadrado nas classes 2 e 3 pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente 357/05.



**Figura 2: Vista aérea da ETE-Pirajá, após ampliação.**  
**Fonte: Aureliano Müller apud MONTEIRO (2004).**

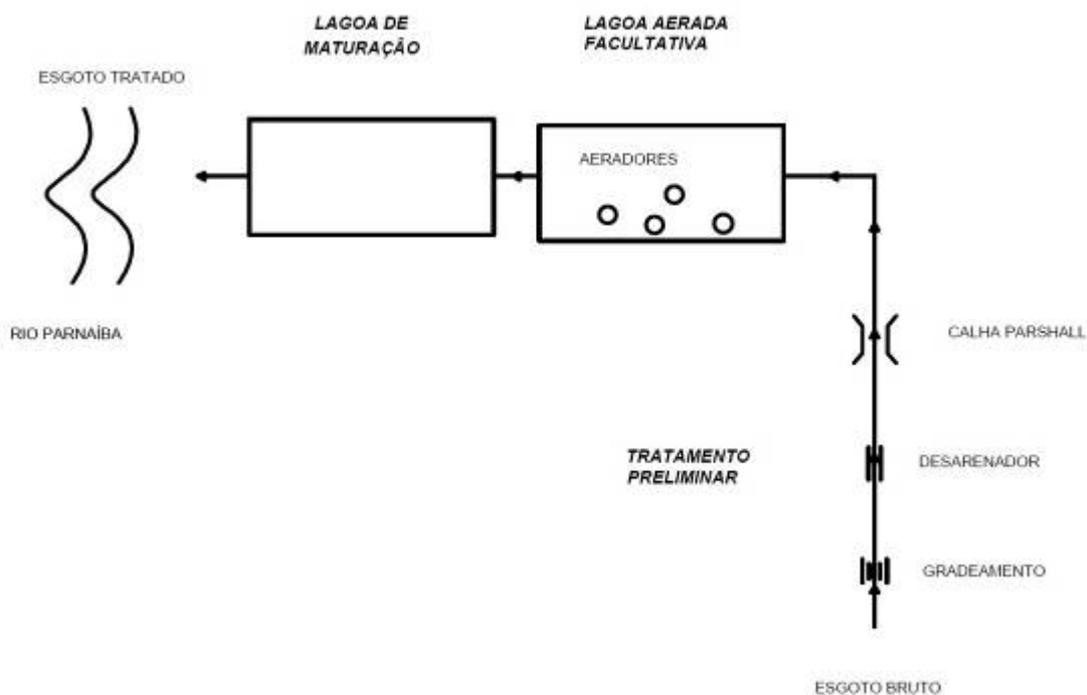
No ano seguinte a rede coletora que atendia as regiões norte e centro foram ampliadas, e passou a ter um total de 325,0 km de rede correspondendo a 13% da população abastecida com água. Atualmente a estação possui remoção média de DBO de 69,67%, remoção de Coliformes de 95,40% e capacidade de tratamento na ordem de 292 l/s, porém operando a 90 l/s.

### Avaliação da alternativa adotada

As diretrizes nacionais para o saneamento básico são estabelecidas pela Lei Federal nº 11.445/2007. Assim, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) deve considerar o que a referida lei determina, atendendo também as Resoluções CONAMA 357/05 e 430/11. Com base nessa premissa e considerando os anseios da população, foram estabelecidas as seguintes diretrizes do PMSB de Teresina, relacionadas aos diferentes setores: ampliar o sistema de esgotamento sanitário para atender toda população municipal, adotando práticas adequadas ao tratamento do esgoto gerado, sem causar prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública.

O crescimento populacional das cidades tende a agravar o problema, uma vez que há uma relação direta entre o aumento populacional e o aumento no volume do esgoto coletado. Salvo casos especiais, tratar esse esgoto é uma medida necessária para manter a qualidade da água dos corpos receptores, permitindo os diversos usos dessa água, em especial o uso para abastecimento público, sem riscos à saúde da população.

A ETE Pirajá está localizada na margem direita do Rio Parnaíba, entre os bairros Matinha, Pirajá e Acarape, no município de Teresina, dimensionada para uma capacidade de tratamento da ordem de 292 l/s, a ETE é composta por um pré-tratamento, constituído por gradeamento, uma caixa de areia e calha Parshall; um tratamento biológico, que consta de uma lagoa aerada com área útil de 2,66 hectares e profundidade de 3,50 m, seguida por uma lagoa de maturação, esta com área útil de 2,04 hectares e profundidade de 2,30 m. O efluente final é lançado no rio Parnaíba.



**Figura 3: Esquema atual da ETE-Pirajá.**  
**Fonte: Elaborado pelo Autor (2015).**

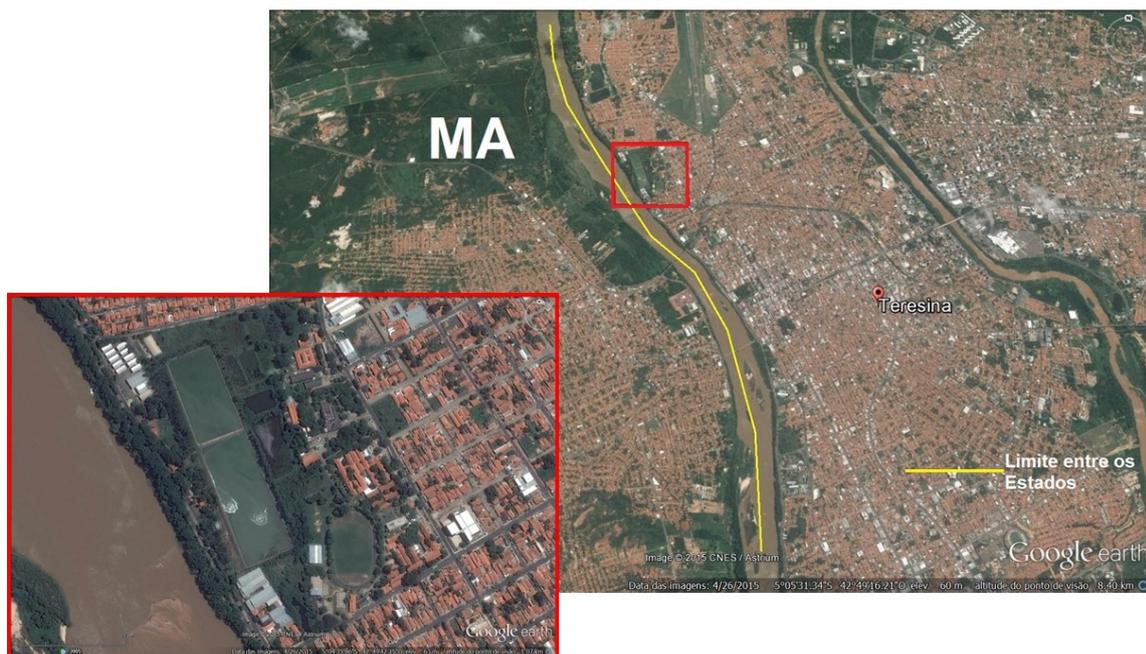
A ampliação adotada dar-se-á a atender os requisitos do PMSB, para assim universalizar o serviço até o ano de 2034. Apesar da ETE estar operando abaixo de sua capacidade, observou-se uma ineficiência no tratamento. Além disto, a partir de cálculos feitos por técnicos da Prefeitura Municipal de Teresina, denotou-se um cenário em que a estação não tem capacidade para suportar a vazão futura de 418,57 l/s que será recebida, sendo o déficit de 150,70 l/s no ano de 2034, como mostra a tabela 1.

**Tabela 1: Cenário analisado e projetado para o ano 2034.**

| CENÁRIO ANALISADO                    |            |
|--------------------------------------|------------|
| Vazão de tratamento atual (2014)     | 90,94 l/s  |
| Capacidade da ETE (2014)             | 267,87 l/s |
| Vazão de tratamento atual (2034)     | 102,30 l/s |
| Contribuições futuras (2034)         | 138,17 l/s |
| Contribuições Lagoas do Norte (2034) | 178,10 l/s |
| Vazão de tratamento final (2034)     | 418,57 l/s |
| Déficit da ETE-pirajá (2034)         | 150,70 l/s |

**Fonte: Elaborado pelo Autor (2015).**

Ampliar a lagoa aerada facultativa já existente é inviável pela urbanização no entorno. A construção da a ETE-NORTE foi a primeira solução suposta, no entanto, a maior desvantagem deste tipo de tratamento é a necessidade de grandes áreas para sua implantação, sendo este um condicionante muito importante a se observar em Pirajá devido à consolidação urbana existente nos arredores da ETE inviabilizando desapropriações para expansão do sistema atual mantendo a mesma metodologia atualmente empregada (Figura 4).

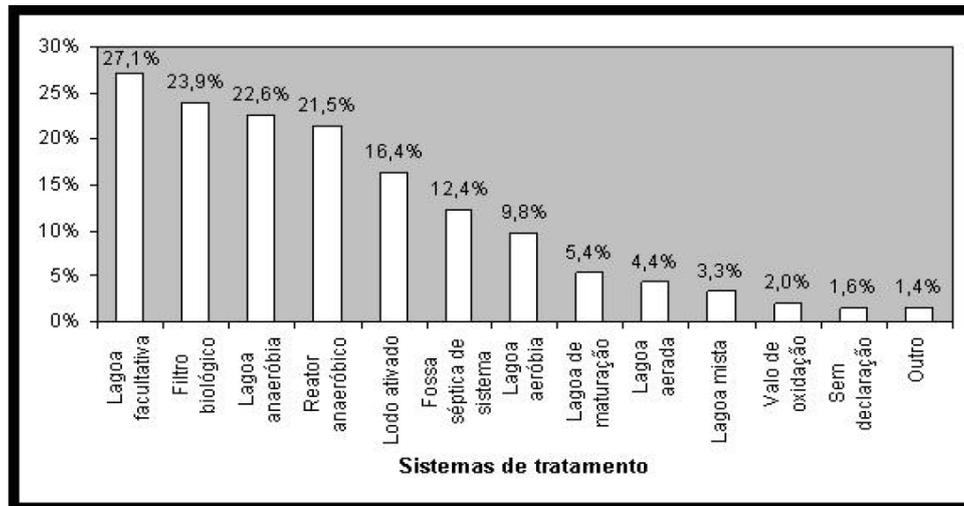


**Figura 4: Destaque da ETE com evidência da urbanização no entorno.**

**Fonte: Elaborada pelo Autor (2015).**

São vários os processos de tratamento, os quais são utilizados em função da composição do esgoto e das características que se desejam para o efluente da estação depuradora, as quais dependem da capacidade do corpo receptor de receber carga poluidora e dos usos da água a jusante do local de lançamento.

Quanto aos tipos de tratamento adotados no Brasil, o gráfico da figura 5, elaborado a partir dos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 2000, apresenta a proporção de distritos que possuem cada um dos sistemas de tratamento listados desde o referente ano, podendo se observar que reatores anaeróbios já eram bastante difundidos.



**Figura 5: Proporção de distritos (dentre aqueles que possuem tratamento de esgotos) no Brasil, por tipos de sistemas de tratamento existentes.**

**Fonte: Fonseca (2005).**

Conforme VIEIRA (1988), algumas das características favoráveis tais como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos conduzem os processos anaeróbios de tratamento de esgotos a uma posição de destaque no Brasil, particularmente os reatores de manta de lodo (UASB).

No ano de 1999 o pesquisador Campos relatou que as experiências brasileiras contribuíram para o desenvolvimento e fixação da tecnologia de reatores anaeróbios de fluxo ascendente adaptados à realidade do país (condições climáticas, construtivas e operacionais).

Atualmente o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo é um dos mais bem-sucedidos e mais utilizados no tratamento de esgoto, por ser de fácil manutenção e baixo custo, especialmente em países de clima tropical ou subtropical (FORESTI et al., 2006). Uma de suas principais características é a configuração que possibilita o desenvolvimento de grande quantidade de biomassa ativa e resistência mecânica, o que lhe confere maior período de retenção celular, podendo acomodar grandes cargas orgânicas volumétricas e menor tempo de detenção hidráulica (KATO et al., 1999). LETTINGA et al. (2004) em seu estudo também afirma que o reator UASB é o sistema anaeróbio mais utilizado no tratamento de esgoto e se tornou popular nos países tropicais, onde a temperatura da água residuária é bastante elevada. Porém apesar desse sucesso, os efluentes de reatores anaeróbios que tratam esgoto sanitário requerem pós-tratamento, a fim de alcançar os padrões de emissão que prevalecem na legislação ambiental na maioria dos países (FORESTI et al., 2006; BOF et al., 1999).

Existem várias alternativas para o pós-tratamento anaeróbio, dentre elas: disposição no solo, lagoas de estabilização / maturação, sistema de biomassa suspensa (Lodos Ativados), e sistemas com biofilme (Filtro percoladores, Biofiltros Aerados). É menos oneroso optar por recuperar as lagoas antigas para funcionamento da estação a nível terciário, tratamento de maneira eficaz o efluente.

No momento presente, a maior parte das análises de alternativas de tratamento incluem esses reatores como uma das principais opções, sendo evidente pelo grande número de ETEs implantadas possuindo reatores UASB no fluxograma de tratamento do esgoto. Isto se deve pela sua grande eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos sendo necessárias pequenas unidades de áreas se comparadas a alternativas convencionais. Sendo também uma excelente opção para o upgrading de plantas de tratamento aeróbicas existentes, quando um reator anaeróbico pode ser implantado a montante do sistema aeróbico, reduzindo a energia de aeração, como o caso da ETE-Pirajá.



Em consonância com GONÇALVES (2002), novas ETEs compactas combinando reatores anaeróbios e processos aeróbios em série, apresentam-se como uma excelente alternativa para áreas urbanas de pequeno e médio porte. Teresina, segundo pesquisas do IBGE, é considerada uma cidade de médio a grande porte, desta maneira o uso dessas combinações se torna eficaz.

Desta forma, sua nova ampliação visando melhorias se dará em três etapas, visando manter o tratamento contínuo e realizar upgrade. A etapa 1 priorizou a implantação de um novo tratamento preliminar, constituído por processos físicos de remoção dos materiais em suspensão e a separação da água residual das areias e gorduras a partir da utilização de um canal de separação destas. Na etapa 2 enfoca-se em nível básico a recuperação do sistema de lagoas (incluindo limpeza do sedimentado) e obras de melhorias no processo de tratamento da ETE com finalidade de estabelecer a nova capacidade de tratamento para 510 l/s como vazão média, incluindo a construção de 6 UASB e um sistema de tratamento de lodos. Esta etapa está caracterizada em duas situações de operação, o primeiro momento que correspondente à limpeza das lagoas e um segundo momento com as lagoas em operação funcionando como tratamento secundário.

A etapa 3 corresponde a operação da planta completa de tratamento com um sistema de tratamento por 9 reatores UASBs seguido das lagoas existentes, agora reabilitadas.

### ***Matéria Orgânica***

As tecnologias de tratamento de esgotos são desenvolvidas tendo por principal referência o lançamento em corpo d'água. As exigências para atender aos padrões de qualidade dos corpos receptores ou mananciais de abastecimento são restritivas, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas aquáticos e da necessidade de preservação dos usos múltiplos da água. Assim, necessita-se de substancial redução da carga de matéria orgânica biodegradável e de sólidos em suspensão, de macro nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, de remoção ou inativação de diversos grupos de organismos patogênicos, além do controle das concentrações de inúmeros constituintes químicos com propriedades tóxicas à saúde humana e à biota aquática.

Quanto a remoção de matéria orgânica MONTEIRO (2004) afirma que, para isso é indispensável, a depuração dos esgotos em nível secundário, o que corresponde a 90% de redução com relação a DBO, resultando, também, na melhoria da qualidade para atividades de lazer.

De acordo com VON SPERLING (2005), a matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Sendo um grande causador de impactos ambientais, se não tratados corretamente.

Ainda conforme VON SPERLING (2005), a DBO é um dos parâmetros de maior importância na caracterização do nível de poluição de um corpo d'água, além de ser um parâmetro importante no controle da eficiência das estações de tratamento de esgoto, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como de físico-químicos.

### ***Remoção de Nutrientes***

Os compostos nitrogenados estão presentes em águas residuárias domésticas e industriais, e seu lançamento indevido nos corpos aquáticos ocasiona diversos danos ambientais, como os seguintes efeitos: eutrofização, ou seja, o excessivo crescimento de algas e plantas aquáticas; odor e sabor desagradável, em águas para consumo; toxidez aos peixes; diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (ISOLDI & KOETZ, 2004).

Grandes quantidades de fosfato presentes no esgoto também são uma das principais causas da eutrofização, que afeta negativamente muitos corpos d'água naturais, tanto doces quanto marinhos (DE-BASHAN, 2004). Esses compostos nitrogenados, nos esgotos sanitários, são provenientes dos próprios excrementos humanos, mas atualmente têm fontes importantes nos produtos de limpeza domésticos e ou industriais tais como detergentes e amaciantes de roupas (VON SPERLING, 1996).



As formas predominantes de nitrogênio em águas residuárias são: nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Podendo ser removido através de processos físico-químicos e biológicos, no entanto a remoção biológica é mais eficiente e apresenta menores custos. O tratamento convencional envolve a nitrificação dos compostos nitrogenados amonificados, em ambiente aeróbio, e depois desnitrificação, onde ocorrerá a redução do nitrato a nitrogênio gasoso.

A necessidade de evitar os processos de eutrofização levou ao desenvolvimento de sistemas de tratamento terciário. Nestes, o nitrogênio e/ ou o fósforo são removidos, além dos sólidos sedimentáveis (tratamento primário) e do material orgânico (tratamento secundário) (METCALF & EDDY, 1991; VICTORIA, 1993; VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994; DURÁN, 1997). Desta maneira sistemas de tratamento de esgotos com impacto ambiental reduzido devem incluir o tratamento terciário, referente a remoção de nutrientes. A necessidade de produção de esgoto tratado de alta qualidade visa o reuso urbano e atenuação de efeitos do processo de eutrofização em corpos d'água receptores.

Em virtude dos sérios problemas ambientais com quais estão relacionados a remoção dos compostos nitrogenados, com destaque crescente, tem recebido uma maior atenção.

### ***Remoção de Coliformes***

A combinação dos processos anaeróbios e aeróbios tem se mostrado deficiente na remoção de coliformes termotolerantes (SOBRINHO e JORDÃO, 2001).

As características bacteriológicas dos esgotos referem-se à presença de diversos micro-organismos tais como bactérias inclusive do grupo coliforme, vírus e vermes (VON SPERLING, 1996, p. 19).

Resta ainda o desafio da redução de patógenos, malgrado nos sistemas biológicos compactos e mecanizados. Nestes, o emprego de agentes químicos ou físicos são imprescindíveis, destacando-se nesta função os compostos clorados e a radiação ultravioleta. Porém, se por um lado o elevado potencial bactericida e virucida dos principais agentes desinfetantes são conhecidos, por outro, também o são suas limitações na inativação de cistos de protozoários e ovos de helmintos, principalmente em relação aos compostos clorados e helmínticos.

Paralelamente a esta trajetória, os sistemas de tratamento de esgotos por lagoas têm preservado seu espaço, um pouco à parte dos grandes centros urbanos e difundidos nos incontáveis pequenos municípios do país. Reconhecidamente um pouco inferiores aos processos mecanizados em termos de remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, prosperaram em função do baixo custo de implantação e simplicidade operacional. Atualmente, o excesso de algas no efluente final, ou mais propriamente o potencial de proliferação de cianobactérias, associado a concentrações elevadas de clorofila-a, nitrogênio, fósforo e sólidos em suspensão, tem aguçado o rigor dos legisladores ambientais em relação às lagoas. Por outro lado, os sistemas de lagoas gozam de invejável capacidade de remoção de patógenos, especialmente quando se incluem as lagoas de maturação e polimento.

### ***Remoção de Detergentes***

Diariamente, sabões e detergentes usados nas residências atingem o sistema de esgotos e dispostos em rios e lagos. Esses por muitas vezes sintéticos, possuindo em sua composição substâncias não biodegradáveis que causam grande impacto ambiental. No corpo receptor, com o movimento das águas, formam uma camada de espuma na superfície que impede a entrada de oxigênio, essencial para a manutenção da flora e fauna aquática.

Em sistemas aeróbios, os agentes tensoativos interferem nas taxas de transferência de oxigênio, da seguinte maneira: a redução da tensão superficial do meio faz com que as bolhas de ar permaneçam menor tempo que o previsto em contato com o meio, diminuindo conseqüentemente a quantidade de ar que passa através da interface de dentro da bolha para o meio.

Os compostos sulfonados e sulfatados são fontes para bactérias sulfato-redutoras, que elevam os odores das estações de tratamento e corroem as tubulações metálicas de tubulações e equipamentos. Já os compostos



derivados de amônia são fontes de nitrogênio que interferem na nitrificação de lagoas biológicas. Além disso, os agentes não-iônicos podem causar mutações no sistema reprodutor de peixes machos.

De acordo com o boletim de análise de amostras coletadas no mês de maio do presente ano e a legislação ambiental nacional vigente, a tabela 2 mostra a eficiência do sistema proposto.

**Tabela 2: Parâmetros analisados com base nos boletins do mês de maio de 2014.**

|                    | ANTIGO  | PROPOSTO |
|--------------------|---------|----------|
| DBO (mg/L)         | 120,0   | 5,0      |
| CT / 100 ml        | 95,40 % | 99,99 %  |
| N (mg/L)           | 19,4    | 2,0      |
| P (mg/L)           | -       | 0,05     |
| Detergentes (mg/L) | 3,0     | 0,5      |

Fonte: Elaborada pelo Autor (2015).

## CONCLUSÕES

A alternativa proposta representa uma opção para ampliações de vazões de tratamento de efluentes e melhorias na eficiência de estações em áreas densamente urbanizadas, já que, seria inviável a construção de uma nova ETE para atender a região, pois o lançamento do efluente tratado ficaria à montante de uma tomada d'água, assim como também a redução de custos com longos emissários, recalques e elevatórias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, Irlane Gonçalves e LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. **Igreja do Amparo: o marco zero de Teresina**. In: Cadernos de Teresina - Teresina: Fundação Monsenhor Chaves, outubro de 2000, no. 32, págs. 20 a 25.
2. AGESPISA. Águas e Esgotos Piauí S.A. 2013. Disponível em: <<http://www.agespisa.com.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2015.
3. BACELLAR, Olavo Ivanhoé de Brito. **Carta Cepro**, Teresina, v.15, n.1, jan.-jun, 1994, p.75-98.
4. BNDES. **Saneamento: o objetivo é a eficiência**. Rio de Janeiro: BNDES, jun. 1998. (Informes Infra-Estrutura, n. 23).
5. BOF, V. B.; CASTRO, M. S. M.; GONÇALVES, R. F.; **ETE UASB + Biofiltro Aerado Submerso: Desempenho operacional com retorno do lodo Aeróbio Para O UASB**; Anais eletrônicos do 20º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999;
6. CAMPOS, J. R. (Coord), **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**, Projeto PROSAB, ABES, Rio de Janeiro, 1999;
7. CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos (coord.) et al. . **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: PROSAB, 2001.
8. CONAMA. Conselho Nacional do Meio ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2015.
9. DURÁN, J. (1997). **Remoção biológica de nutrientes**. In: III Curso de tratamento biológico de resíduos. Santa Catarina, Florianópolis: UFSCAR.
10. FAÇANHA, Antônio C. **A revolução urbana de Teresina. Agentes, processo e formas espaciais da cidade**. 1998. 325f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 1998.
11. FEITOSA, Sônia Maria Ribeiro. **Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes**. 2010. 112f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal do Piauí, Piauí.



12. FORESTI, E.; ZAIAT, M.; VALLERO, M. **Anaerobic processes as the core technology for sustainable domestic wastewater treatment: Consolidated applications, new trends, perspectives, and challenges.** Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2006.
13. FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) / Ministério da Saúde. Manual de Saneamento. 3. ed., Brasília: 1999.
14. SILVA, G. M. ; WANKE, R. ; ANA, T. D. C. S. ; PEGORETTI, J. M. ; GONCALVES, R. F. . **Pequenas estações anaeróbio - aeróbio de alta taxa para tratamento secundário de esgoto sanitário no Brasil.** In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002, Cancún. XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002.
15. HESPANHOL, Ivanildo. **Água e saneamento: uma visão realista.** São Paulo: Escrituras, 2002.
16. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: 15 mai. 2015.
17. ISOLDI, L.A & KOETZ, P.R. (2004). **Tratamentos biológicos para remoção de matéria carbonada e nitrogenada.** Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient, v. 12, janeiro a junho de 2004.
18. JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino A. **Tratamento de esgotos domésticos**, 3. ed., Rio de Janeiro: ABES, 1995.
19. KATO, T. M.; ANDRADE NETO, O. C.; CHERNICHARO, L. A. C.; FORESTI, E.; CYBIS, F. L. **Configurações de reatores anaeróbios.** In: CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e disposição Controlada no Solo. Rio de Janeiro: ABES, p.29-52, 1999.
20. LETTINGA, G.; MAHMOUD, N.; ZEEMAN, G.; GIJZEN, H. **Anaerobic sewage treatment in a one-stage UASB reactor and a combined UASB-Digester system.** Water Research, 2004.
21. LIMA, Maria Socorro de Sousa Moura. SANEAMENTO AMBIENTAL NA CIDADE DE BOA VISTA-RR: diagnóstico e perspectiva. **Revista ACTA Geográfica**, ANO I, nº2, jul./dez. de 2007. p.97-103.
22. METCALF & EDDY, Inc. (2003). **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse.** 4ª ed. New York: McGraw – Hill Book. 1815 p.
23. PMAE-THE. Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Teresina, 2011.
24. PMSS. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. **Estudo Preliminar do Sistema de Esgotamento Sanitário de Teresina. Parte A.** Brasília: Ministério das Cidades, Águas e Esgotos do Piauí SA e Prefeitura Municipal de Teresina, 2004.
25. ROSSI-ESPAGNET, A; GOLDSTEIN, G.B & TABIBZADEH, I. Urbanization and health in developing countries: a challenge for health for all. **World Health Stat. Q.**, 44(4):186-244,1991.
26. SAIANI, C. C. S. **Déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil.** Prêmio IPEA-CAIXA 2006, Brasília, 2006.
27. SAIANI, Carlos César Santejo; JUNIOR, Rudinei Toneto. **Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004).** Economia e Sociedade, Campinas, v. 19, n. 1 (38), p. 79-106, abr. 2010.
28. VAN HAANDEL, A.C & LETTINGA, G. (1994). **Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate.** John Wiley and Sons, 222 p.
29. VICTORIA, J.A.R. (1993). **Nitrificação de efluente de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) em filtro aeróbio.** Dissertação (Mestrado). São Carlos, Universidade de São Paulo.117p.
30. VIEIRA, S.M.M. (1988) - **Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience.** Adv. Wat. Poll. Control, no 5, pp. 185-196.
31. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos:** Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.
32. VON SPERLING, M. and CHERNICHARO, C. A. L. (2005). **Introduction to Anaerobic Treatment.** In: **Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions**, vol. 1, IWA Publishing, London. pp. 659-810.