



R4th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Alternatives Reuse for Waste of Treatment Plants Water and Sewage: The Brazilian Situation

NASCIMENTO, C. M. da S.^a, EL-DEIR, S. G.^{a*}

a. *Universidade Federal Rural de Pernambuco*

*Corresponding author, sorayageldeir@gmail.com; sorayaeldeir@pq.cnpq.br

Resumo

A existência de um sistema de saneamento ambiental que atenda a população nos serviços de abastecimento d'água e coleta de esgoto é extremamente relevante para o suprimento das necessidades básicas. Esta infraestrutura previne doenças de veiculação hídrica e melhora a qualidade de vida. Entretanto, o processo de tratamento da água e dos efluentes gera resíduos sólidos. Por isso, esta atividade tem trazido preocupações acerca da destinação final adequada destes resíduos produzido pelas Estações de Tratamento de Água - ETA e de Esgoto - ETE. O rejeito acumulado durante o processo de tratamento tem como via de destinação o sistema aquático e solos de terrenos nas proximidades das estações. Este é depositado in natura, sem qualquer tratamento prévio, o que acarreta grandes danos ambientais pela inserção de contaminantes químicos e biológicos nestes ambientes, contidos no resíduo disposto. Os chamados lodos de ETA e ETE possuem carga orgânica altamente tóxica ao meio ambiente. A adoção de medidas alternativas para correta disposição final é um tema urgente. O presente trabalho traz abordagem sobre a reutilização do material proveniente dos procedimentos operacionais das estações em alguns segmentos apontados como unidades de aproveitamento desses resíduos. O presente trabalho foi desenvolvido durante a disciplina Gestão Ambiental, pela discente do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRPE.

Palavras-Chave: *Saneamento. Resíduos sólidos. Reuso.*

1. Introdução

As exigências ambientais, quanto à disposição final dos resíduos produzidos por indústrias, têm se acentuado no âmbito legal expresso pelas legislações pertinentes. A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (2010) trazem diretrizes acerca da produção e disposição final, ou seja, no gerenciamento do resíduo produzido onde estabelece uma ordem de prioridades que vai desde a não geração, redução, reutilização, reciclagem, até o tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, na qual é necessário o conhecimento do tipo de rejeito que está sendo produzido. A política Nacional dos Resíduos sólidos apresenta ainda como um dos seus princípios básicos: “O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania” (PNRS, 2010).

O que dificulta, para muitas empresas, uma boa gestão dos resíduos são fatores tais como a complexidade referente ao tipo de rejeito e a exigência de interface com outras áreas de conhecimento; o que ratifica a importância de se conhecer as características do seu produto de forma completa, que inclui o resíduo gerado.

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

O conhecimento tanto da quantidade do lodo produzido quanto das características físico-químicas apresentadas por estes, é de extrema importância para a decisão não só do local, mas também da forma que se dará a devida disposição. Várias alternativas de inserção do lodo produzido encontram-se em estudo e em operação, dentre estas podemos mencionar: aterros exclusivos, compostagem, disposição no solo para fins agrícolas, co-processamento e aplicações em diversas indústrias como as da construção civil, na fabricação de tijolos, cerâmicas e cimento.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no Brasil, o serviço de esgotamento sanitário, considerando zona rural e urbana, chega a atender em torno de 60% da população, e do volume coletado apenas 40% recebe o tratamento adequado. O remanescente acaba sendo lançado em terrenos no entorno e até mesmo em corpos hídricos atingindo diretamente a qualidade da água destes, que ao *ser captada* para o processo de potabilização nas ETA, necessitará da adição de maior quantidade de produtos que são parte do procedimento de tratamento, a fim de tornar esta água apropriada para o consumo, o que acarretará maiores concentrações do produto adicionado no resíduo final. Tal situação aumenta o teor de toxicidade no material, gerando um problema ainda maior no que se refere à destinação final dos resíduos produzidos pela indústria da água. Vários pesquisadores em seus estudos mostram que a classificação do insumo gerado são classificados como RESÍDUOS SÓLIDOS CLASSE II - NÃO INERTE, devendo estar em conformidade com as considerações estabelecidas na ABNT NBR 10004(2004). Além desse aspecto, as condições de seu lançamento pode infringir a Lei Federal de nº6.938 de 1981, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, a Lei Federal n.9605 (BRASIL,1998) que dispõe sobre crimes ambientais e a resolução CONAMA n.357 (BRASIL,2005) que dispõe os padrões quanto ao lançamento de efluentes em corpos d'água.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Estações de Tratamento de Água

As Estações de Tratamento de Água (ETA) foram criadas para remover os riscos presentes nas águas das fontes de abastecimento, por meio de uma combinação de processos e de operações de tratamento. A seleção da técnica deve satisfazer três conceitos fundamentais: múltiplas barreiras, tratamento integrado e tratamento por objetivos.

No sistema de abastecimento de água o conceito de múltiplas barreiras sugere a necessidade de haver mais de uma etapa de tratamento para alcançar condições de baixo risco; juntas devem remover os contaminantes, progressivamente, para produzir água de qualidade satisfatória, promovendo a máxima proteção contra agentes de veiculação hídrica, (Solano et al., 2000). O conceito de tratamento integrado sugere que as barreiras devem ser combinadas para produzirem um melhor efeito. O tratamento por objetivos considera que cada fase possui uma meta específica de remoção, relacionada a alguma característica da água.

Existem diversos processos de tratamento de água como, por exemplo, tratamentos sem coagulação química (filtração lenta), com coagulação química (filtração direta ou tratamento completo), abrandamento (por troca iônica ou dosagem de cal) e separação por membrana (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa).

No Brasil, a maioria das ETA que fazem o tratamento de águas de mananciais superficiais utilizam o tratamento convencional com ciclo completo, utilizam aplicação de cloro para oxidar matéria orgânica e alguns metais como ferro e manganês facilitando sua remoção e adição de cal ou soda na correção do pH para as etapas seguintes do tratamento. A escolha da tecnologia de tratamento também depende de outros fatores como disponibilidade hídrica da região, capacidade da ETA, recursos financeiros disponíveis, pessoal qualificado e/ou capacitado para construir, operar e manter o sistema de tratamento. Outro aspecto importante consiste em atrelar a qualidade da água tratada com a preocupação de se gerar a menor quantidade possível de resíduos.

2.2. Resíduos Gerados no Tratamento da Água

As ETA funcionam como indústrias de transformação, onde a partir da água inadequada para o consumo humano tem-se água potável. O que torna as ETA numa etapa de grande importância nos sistemas de abastecimento de água, principalmente quando a captação é realizada em mananciais superficiais. Porém a princípio não eram considerados os impactos negativos sobre o ambiente causadas por sua instalação e funcionamento.

Segundo Gandiniet al. (2000), o que é levado em consideração para que se determine o impacto ambiental nas ETA são: área construída, volume de construção, requerimentos energéticos, produtos químicos e resíduos gerados no tratamento. A última variável representa sérios problemas para as empresas de saneamento no Brasil, uma vez que no país existe legislação que regulamenta a disposição destes resíduos no ambiente, conforme legislação federal: Resolução CONAMA nº 357 de 2005, Lei nº 9433 de 1977 e Lei nº 9.605 de 1998) e demais leis.

As ETA geram resíduos, sendo estes originados principalmente nos decantadores, nos floculadores (eventual), nos filtros, nos tanques de preparação e aplicação de produtos químicos (eventual). Estes resíduos são descartados de acordo com a concepção do projeto de cada estação. Por exemplo, ETAs com decantadores de alta taxa de aplicação realizam descarte de resíduos em curtos intervalos de tempo (horas/dias), enquanto que resíduos oriundos de grandes decantadores são descartados em intervalos maiores de tempo (meses).

Richter (2001) define lodo de ETA como resíduo constituído de água e sólidos suspensos originalmente contidos na fonte de água, acrescidos de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento. Estes resíduos são classificados de acordo com a Norma NBR 10.004, (ABNT, 2004) como resíduos sólidos e, devem, portanto, ser tratados adequadamente, pois causam impacto negativo ao meio ambiente. De acordo com Realli (1999), os resíduos de ETA são potencialmente tóxicos para plantas, seres humanos e organismos aquáticos, dependendo de alguns fatores tais como: características de água bruta, produtos químicos utilizados no tratamento, sub-produtos formados pelas reações químicas no processo e condições físicas, químicas e biológicas do corpo receptor.

Além do impacto causado nos corpos receptores, os lodos das ETAs podem causar riscos à saúde humana devido à presença de agentes patogênicos (Scalizeet al., 1999) e de metais pesados (Barroso e Cordeiro, 2001). De maneira geral, em grande parte dos sistemas de abastecimento público, esses despejos são lançados diretamente nos corpos receptores mais próximos às estações de tratamento de água ou na rede coletora de esgotos, causando significativo impacto ambiental.

O interesse pelo tratamento, aproveitamento e disposição adequada do resíduo da ETA é assunto relativamente novo no Brasil. Por esse motivo, ainda não há regulamentação que forneça limites na quantidade e na qualidade do lodo utilizado em cada uma das alternativas de aproveitamento e disposição do resíduo. Portanto, somente realizando as análises de laboratório e/ou escala piloto, para se ter uma indicação da melhor técnica a se utilizar.

Classicamente as técnicas utilizadas como soluções, partem de uma redução de volume através da remoção de umidade, a co-disposição em aterros de resíduos sólidos urbanos, a disposição em aterros exclusivos, a estocagem por períodos prolongados em lagoas, a utilização no solo, o co-processamento. Entre outras alternativas como a utilização na fabricação de cimento, peças cerâmicas e recuperação de área degradadas, além de técnicas como compostagem e vermicompostagem.

2.3 Estações de Tratamento de Efluentes

Os sistemas de tratamento de esgoto têm por objetivo remover as impurezas e o material potencialmente poluidor dos esgotos, concentrando-os no lodo produzido (ILHENFELD, PEGONINI e ANDREOLI, 1999). A remoção das impurezas que estão dissolvidas e suspensas no meio líquido nas ETE, ocorre através de fenômenos físicos, químicos e biológicos durante as etapas de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, gerando um grande volume de subprodutos na forma sólida, semisólida, ou líquida, cujo destino final depende do método de purificação e da tecnologia utilizada (NICOLL, 1989; LIMA, 1996).

Uma alternativa de destinação do lodo de ETA é o lançamento deste na rede coletora de esgoto doméstico. Porém, suas características diferem muito das que possuem os esgotos domésticos. Caso as análises químicas apontem toxicidade do lodo de ETA, este tipo de disposição pode comprometer o bom funcionamento da ETE e afetar a qualidade do corpo d'água que recebe o efluente do tratamento. Esta prática é muito comum na Europa e nos EUA, sendo exigido um pré-tratamento do lodo de ETA antes do lançamento na rede coletora. A ASCE; AWWA; USEPA (2002), afirmaram que os requisitos mais comuns, indicados pelas concessionárias, para a aplicação do lodo de ETA na ETE são: equalização do volume a ser disposto; ajuste do pH quando necessário; atendimento aos limites para recebimento de efluentes não domésticos em sistema público de esgotos, tais como sólidos totais, metais pesados, sulfatos, sulfetos, etc.

As principais limitações para esta prática se devem: à aplicação de padrões mais rígidos no pré-tratamento de esgotos, à baixa capacidade das estações de tratamento de esgoto para receber este resíduo sólido, a possíveis impactos no desempenho dos digestores e a necessidade de atender padrões de emissão mais restritivos para o efluente final. Outra limitação, que pode tornar inviável esta disposição, é a tarifa aplicada pelas concessionárias para recebimento deste tipo de resíduo. Com a finalidade de sanar esse problema, estudos vêm sendo desenvolvidos, na busca de ações que viabilizem a disposição final dos lodos de ETA e ETE, a fim de que estes passem de fontes pontuais de poluição a recursos ambientais.

2.4 Política dos 3R's

A política dos 3 R'S consiste num conjunto de medidas de ação adotadas em 1992, por ocasião de Conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro, na qual foi criada a Agenda 21 que aborda em seu capítulo 21.19 o seguinte: "Os Governos, as instituições e as organizações não-governamentais, inclusive grupos de consumidores, mulheres e jovens, em colaboração com os organismos pertinentes do sistema das Nações Unidas, devem lançar programas para demonstrar e tornar operacional a reutilização e reciclagem de um volume maior de resíduos. Esses programas, sempre que possível, devem basear-se em atividades já em curso ou projetadas ..."

O principal objetivo da política é a sensibilização das pessoas para uma correta gestão dos resíduos produzidos. Para a aplicação dessa política é necessário conhecer os seguintes conceitos: Reduzir: Limitar, tornar menor; Reutilizar: Utilizar de novo / Dar novo uso e Reciclar: Adquirir uma nova formação por reciclagem; reciclar-se (AURÉLIO, 2012).

Já de acordo com a PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos em seu Capítulo II, art. 3º, o qual traz definições importantes podemos entender que: Reutilização é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

3. Método de Pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa, partiu-se de levantamento bibliográfico por meio de artigos científicos para consolidação do referencial teórico sobre o tema 3R (reciclagem, reuso e reaproveitamento), expandindo-se este conceito agregando-se os temas reduzir, repensar e reordenar. Por meio de observações participativas, diretas, via verificação *in loco* de algumas estações da Região Metropolitana de Recife - PE, foram realizadas visitas em Estações de Tratamento de Água e de Esgoto, para anotações qualitativas da presença de resíduos processuais, assim como formas de seu uso e reaproveitamento. Diálogos com especialistas, por meio do método Ad Hoc, tiveram lugar para a discussão do tema e consolidação da proposta operacional aqui delineada. As características qualitativas que envolvem a temática trabalhada foram analisadas por meio de aplicação de checklist. Por fim, foram usadas bases bibliográficas para a busca de informações e dados secundários e leituras complementares e discussão das informações obtidas.

4. Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Caracterização do lodo de ETA

De acordo com Tavares (2003) no estado de Pernambuco há aproximadamente 200 Estações de Tratamento de Água (ETA) e apenas cerca de 10 tratam de alguma forma seus resíduos. Entretanto, as que os tratam, fazem apenas a separação sólido-líquido, onde a parte líquida é recirculada, visto que 98% da composição desse resíduo é água, e o lodo sedimentado é lançado em terrenos próximos às estações ou em corpos d'água, o que pode provocar o assoreamento e deterioração da qualidade dos mesmos”.

De acordo com as informações citadas, o quantitativo de estações em funcionamento, todas estas gerando resíduo, irá trazer ao final de seu processo um montante considerável de material sedimentado (lodo). Na ETA, esses resíduos são originados nos decantadores, nos filtros, nos tanques de preparação e aplicação de produtos químicos (eventual e variável de acordo com o produto e concentração a qual o mesmo é aplicado), nos floculadores (eventual). Sendo dispostos de acordo com o que consta no projeto de cada ETA no que diz respeito a tempo de acumulação, podendo variar em horas, dias ou meses a depender do porte da ETA (Fig. 1). A característica principal do lodo de ETA em nosso estado é a elevada presença de sulfato de Alumínio, composto este adicionado na 1ª etapa do tratamento propriamente dito, a floculação.

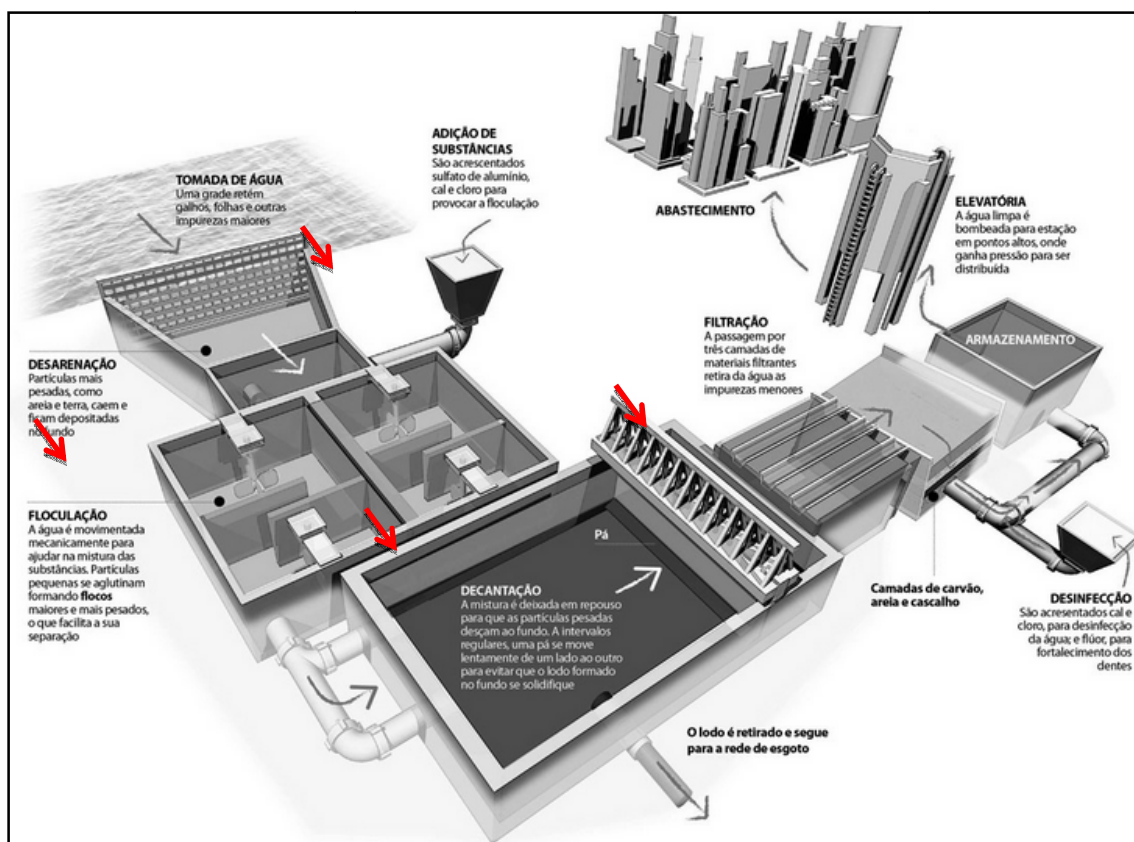


Fig.1. Esquema de funcionamento de ETA, com destaque nos pontos onde há acúmulo de lodos. Fonte: Haztec (2013).

4.2 Caracterização do lodo de ETE

Quanto aos resíduos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), tendo atualmente 46 em operação no Estado, geralmente são dispostos nas proximidades das estações, constituindo um problema de saúde pública e ambiental, levado em consideração que a maioria destas estações possui suas instalações em áreas de periferia, onde se registra uma ocupação desordenada por pessoas de classe social desfavorecida, sem que haja respeito a uma distância mínima segura.

O lodo bruto, também chamado de lodo não digerido é o material sedimentado e removido dos tanques de sedimentação (decantadores primário e secundário), antes que a decomposição esteja avançada. O lodo digerido, também chamado de lodo ativo é a biomassa composta principalmente por bactérias, geradas durante a remoção da matéria orgânica do esgoto por processo biológico aeróbio (Fig. 2).

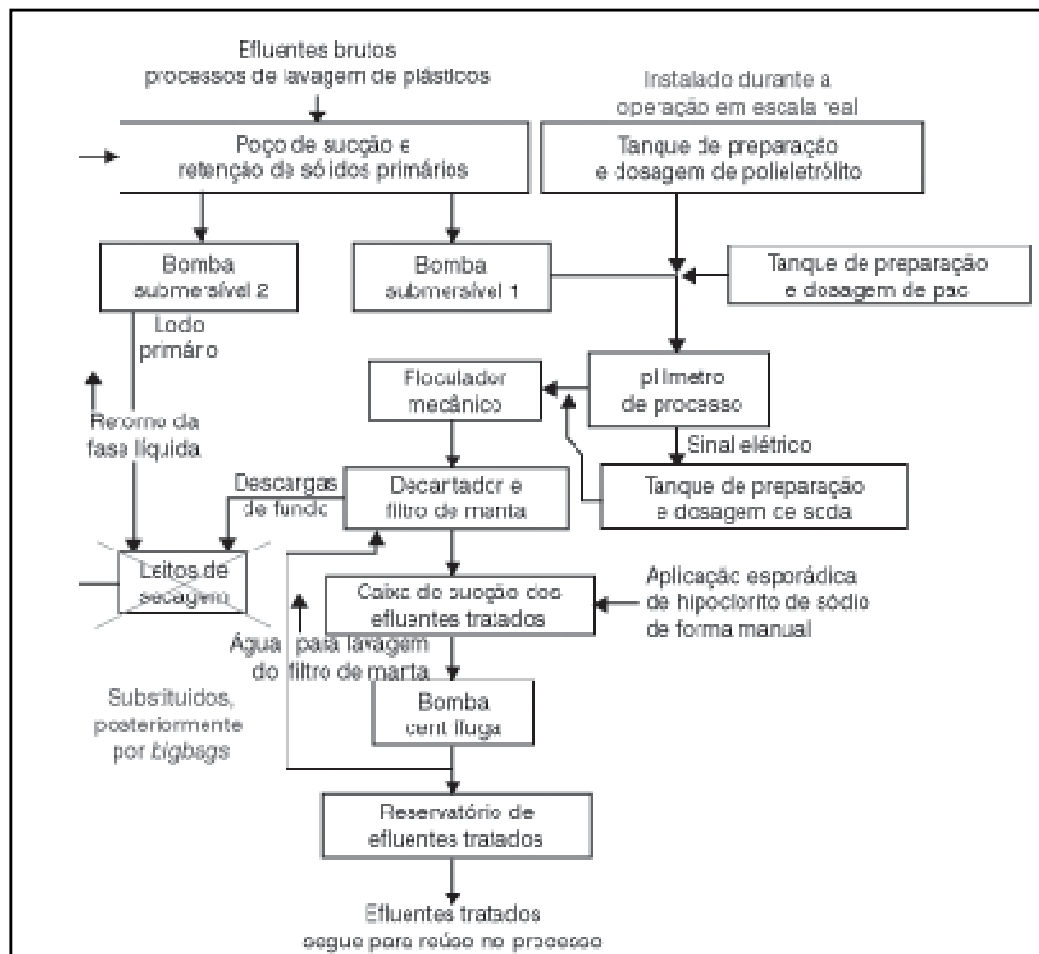


Fig. 2. Fluxograma do processo de tratamento de efluentes visando o seu reúso. Fonte: Bordonalli (2007)

Os lodos provenientes de ETE possuem alta carga orgânica biológica, podendo apresentar agentes patógenos em sua composição, além disso, é composto por alto teor de nitrogênio e por outros elementos tais como alguns metais (podendo ser altamente tóxico dependendo de sua concentração). Estas características podem sofrer inúmeras variações, isto por que o tipo de material que constitui o esgoto tratado pode diferir de acordo com sua composição e forma de tratamento.

A Resolução CONAMA 375, de agosto de 2006 considera que “a produção de lodos de esgoto é uma característica intrínseca dos processos de tratamento de esgotos e tende a um crescimento no mínimo proporcional ao crescimento da população humana e a solução para sua disposição é medida que se impõe com urgência”. A citada resolução estabelece critérios e procedimentos específicos para o uso de lodo proveniente de ETE em áreas agrícolas, visando benefícios à agricultura e evitando, portanto riscos à saúde pública e ao meio ambiente (Fig. 3).

De acordo com a norma brasileira NBR-10.004 (ABNT, 1987) os lodos de estações de tratamento de água (ETA) e de esgotos sanitários (ETE) são classificados como resíduos sólidos. Esses lodos podem muitas vezes ser tóxicos e perigosos quando certos esgotos industriais chegam, por captação de águas poluídas ou lançamento em redes de esgotos sanitários, às ETA e ETE; dessa forma, os lodos de ambas devem sofrer tratamento apropriado e ser dispostos sem provocar danos ao meio ambiente (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Dispor o lodo produzido nas ETA em mananciais é considerado uma ação inadequada tanto no âmbito operacional como no ambiental e legal. Não sendo diferente para os lodos de ETE, nos quais devem ser realizados estudos prévios a fim de evitar impactos provenientes desta ação.

As técnicas para o processamento do lodo dependem do tipo, capacidade, localização da estação de tratamento, operações unitárias empregadas e o método para disposição final do sólido. O sistema selecionado deve ser capaz de receber o lodo produzido convertendo-o num produto ecologicamente e economicamente aceitável para disposição (HAMMER, 1979).

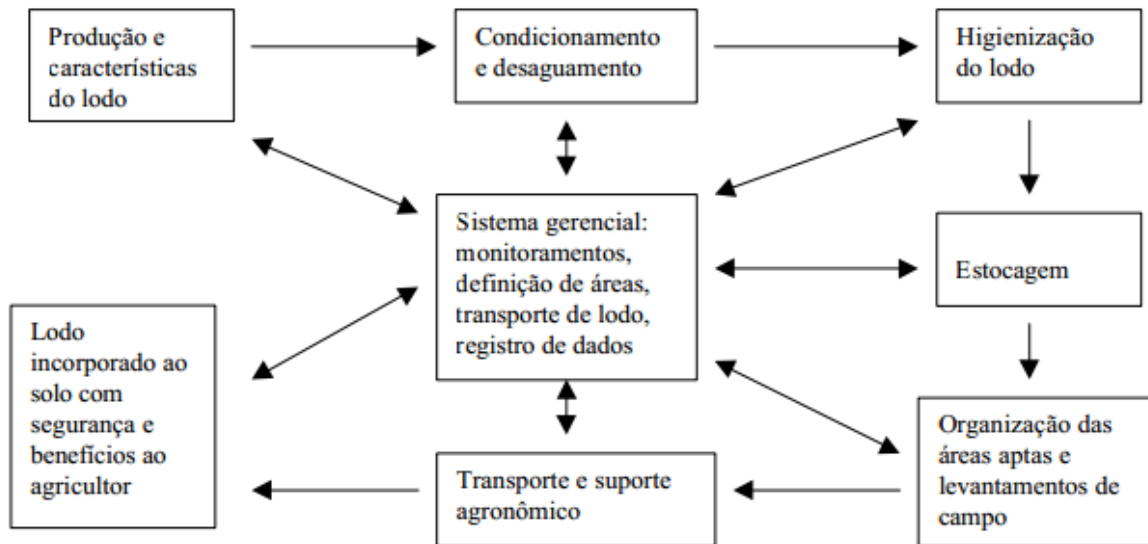


Fig. 3. Esquema básico do sistema gerencial para a reciclagem do lodo agrícola. Fonte: modificado de Fonte: Fernando Fernandes. *et al.* 2001

4.3 Formas de reaproveitamento: o princípio da reutilização

As alternativas apresentadas para a inserção do lodo advindo das estações de tratamentos nas diversas áreas apresentam aspectos positivos em sua maioria, e algumas também trazem negativos. O reuso do lodo da ETA pode ter alguns fins. O processo de compostagem é utilizado para preparar o lodo de ETA que será aplicado na agricultura. O material final obtido é de natureza orgânica, bastante similar ao húmus, a compostagem tem por finalidade a diminuição da presença de microrganismos patogênicos entre outras.

De acordo com Cornwell (1999), a aplicação do lodo proveniente de ETA na agricultura trazem benefícios ao solo tais como: ajuste de pH, aumento da capacidade de retenção de umidade, aumento da capacidade de aeração do solo. Por outro lado a grande concentração de alumínio tende a causar problemas de toxicidade para a planta.

O lodo pode servir para a fabricação de cimento e concreto (agregados). As propriedades físico-químicas do lodo de ETA são semelhantes às encontradas nas argilas naturais, comumente utilizadas nas olarias para fabricação de peças cerâmicas. Na fabricação de produtos cerâmicos, o lodo pode ser aplicado como matéria-prima alternativa para confecção de peças cerâmicas, tais como tijolos, telhas e outros blocos. Estudos mostram que dependendo da proporção do lodo utilizado pode haver a diminuição da resistência do material produzido.

O lodo pode ser usado na recuperação do solo, a fim de reabilitá-lo para o crescimento de plantas, ao contrário do uso na agricultura, onde ele funciona como um condicionador. O lado negativo disso é que este método de disposição tem limitações com relação à concentração de certos metais e a possível contaminação que pode causar.

O lodo pode ser reutilizado na aplicação de forma direta no solo; aplicação em áreas de reflorestamento; produção de composto ou fertilizante organo-mineral; solo sintético para agricultura; aplicação da torta de lodo pré-condicionada com calcário; secagem térmica; compostagem e vermicompostagem. A incorporação do lodo reduz custos para adubação do solo, aumenta a produtividade da lavoura e promove a proteção do meio ambiente. Além deste, o lodo pode ser disposto em aterros exclusivos; com co-disposição com lixo urbano.

No setor industrial o lodo pode ser incorporado na produção de agregados leves para construção civil, como também, na fabricação de tijolos e cerâmicas. Além disso, segundo Resende. et al (2012) o lodo é utilizado para a confecção de compostos cimentícios, em substituição parcial do cimento, em massa equivalente para substituição do mesmo volume, determinado pelas massas específicas de ambos materiais, nas porcentagens de 3, 5, 7 e 10%, cuja concentração está diretamente ligada à resistência final do material (Fig. 4).

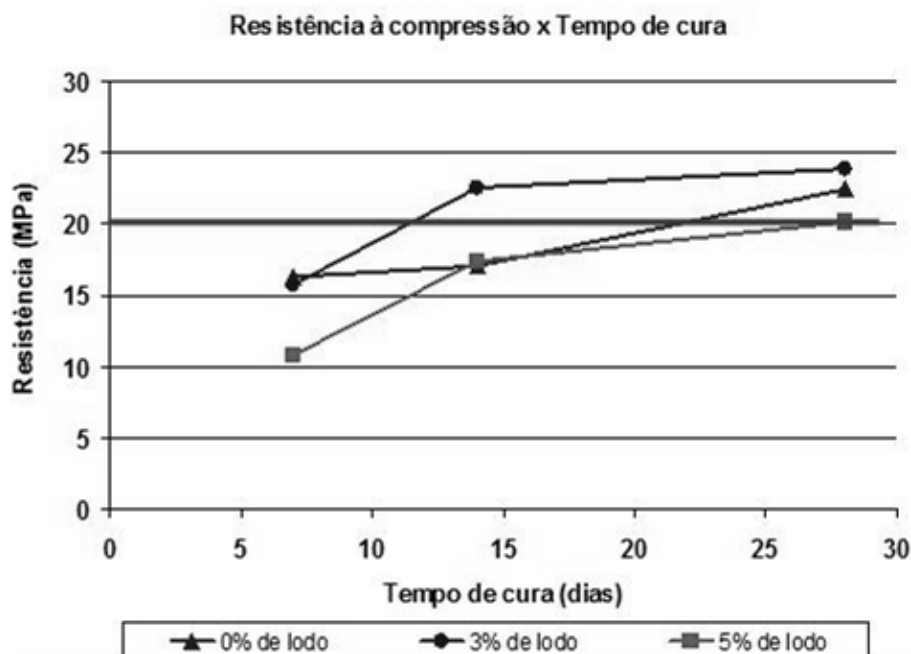


Fig. 4. Relação dos percentuais de concentração do lodo na produção do cimento. Fonte: Resende (2012).

O lodo pode ainda ser reaproveitado no controle de voçorocas, que são espaços erodidos que são causados no solo por efeito hídrico. No preenchimento dessas falhas que podem ser de pequeno, médio ou grande de profundidade utiliza-se o lodo, fazendo a recuperação parcial e até total do local atingido.

5. Conclusão

A partir das informações aqui observadas e discutidas, verifica-se que embora ainda não seja uma prática comum, a incorporação dos resíduos sólidos de ETA e ETE além de ser uma alternativa completamente viável em diversos segmentos produtivos, diminuindo custos e até mesmo garantindo melhor qualidade no produto final; é também uma medida mitigadora na redução dos impactos ambientais provenientes da inadequada disposição final dos lodos gerados nas estações.

O reuso do lodo da indústria do saneamento, tem sido considerada por pesquisadores uma atividade promissora, digna de atenção, pois não se trata apenas de uma única solução e sim, um conjunto de alternativas, muito embora a maior dificuldade encontrada na disposição final dos resíduos produzidos pelas estações é dada pelo desprezo dessa etapa na fase de planejamento, fazendo com que essa adequação só seja realizada, ou até mesmo refletida na fase operacional o que acarretará em transtornos para a sua solução.

Com isso, recomenda-se que tanto as universidades como local de promoção do conhecimento acadêmico-profissionalizante, fonte de novas descobertas e de inovação técnico-científica; como as entidades governamentais e municipais responsáveis pelos resíduos gerados sejam parceiros no investimento em pesquisa, em busca de novas formas de reaproveitamento e também na ampla divulgação dos resultados obtidos dos exemplos bem-sucedidos.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1987. **NBR 10.004 – Resíduos Sólidos: Classificação**. ABNT. 63 p.
- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S.. 2008. **Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água**. *Eng. Sanit. Ambient.*, vol.13, n.1, pp. 54-62.
- BIDONE, F.R.A. e POVINELLI, J. 1999. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, SP: EESC/USP, 109 p.
- BORDONALLI, A. C. O.; MENDES, C. G. da N.. 2009. **Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD**. *Eng. Sanit. Ambient.*, vol.14, n.2, pp. 235-244.
- BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. **Políticas Nacionais de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 8 de janeiro de 1997.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 13 de fevereiro de 1998.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes**. Resolução nº 357, CONAMA, Brasília, Brasil.
- Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2006. **Uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados**. Resolução nº 375, CONAMA, Brasília, Brasil.
- Dicionário Aurélio 2012. **Verbete reutilização**. Disponível em: <www.dicionariodoaurelio.com>. Acesso em: 15 fev. 2013.
- FERNANDES, F.; WEIGERT, W.; IHLENFELD, R.G.K.; ANDREOLI, C.V. et al. 2001. **Reciclagem de Lodo de Esgoto – Experiência da Região Metropolitana de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-023.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2013.
- HAMMER, M.J. 1979. **Sistemas de abastecimento de água e esgotos**. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 563 p.
- HOPPEN, Cinthya et al. 2006. **Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental**. *Quím. Nova*, vol.29, n.1, pp. 79-84.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. IBGE, Rio de Janeiro.
- ILHENFELD, R.G.K.; PEGONINI, E.S.; ANDREOLI, C.V. 1999. Fatores Limitantes. In: **Uso e Manejo do Lodo de Esgoto na Agricultura**. Rio de Janeiro: Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB, Cap. 5, p. 46 – 63.
- JANUARIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S.. 2007. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo**. *Eng. Sanit. Ambient.*. 2007, vol.12, n.2, pp. 117-126.

- MIKI, M.C. et al., 2009. **Compostagem através das leiras revolvidas da ETE Limoeiro como alternativa de tratamento de lodo**, São Paulo, maio de 2009. Revista SANEAS - ano X, nº32. Janeiro/Fevereiro/Março.
- NICOLL, E. H. 1989. *Small water pollution control works - design and practice*. EllisHorwoodLimited, England, 502 p.
- RESENDE, D. S. de; BEZERRA, A. C. da S.; GOUVEIA, A. M. C. de. 2012. **Propriedades mecânicas de compósitos cimentícios produzidos com lodo de estação de tratamento de efluentes da indústria de batata pré-fritas**. *Rem: Rev. Esc. Minas.*, vol.65, n.2, pp. 169-174.
- SANEAS. 2009. **Lodo: um ponto de alerta no mundo do saneamento**. Revista ano X, nº32. Janeiro/Fevereiro/Março.
- SOLANO, F. C. A.; SABOGAL, L. P.; GALVIS, C. A.; LATORRE, M. J. 2000. **El riesgo sanitario y la eficiencia de las tecnologías en la selección de tecnología para potabilización de agua**. Seminario Taller de selección de tecnología para El mejoramiento de la localidad del agua. Santiago de Cali. Colômbia.
- TAVARES R.G. et al.. 2009. **Características físico-químicas dos resíduos das estações de tratamento de água do litoral sul do Estado de Pernambuco e da região metropolitana do Recife**. Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife/PE.
- TAVARES, R. G. 2003. **Problemas operacionais da indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da Região Metropolitana do Recife. 2003**. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE.
- TEIXEIRA S.R, P. ALÉSSIO, SANTOS G.T.A, DIAS F.C.. 2004. **Influência da data da coleta do lodo de ETA incorporado em massas cerâmicas nas suas propriedades tecnológicas**. Anais do 48º Congresso Brasileiro e Encontro Anual de Cerâmica.