

II-542 - RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO: UM ESTUDO DE VIABILIDADE PARA USO NA PAVIMENTAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VILA VELHA/ES

Diego Klein⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Novo Milênio, Vila Velha/ES.

Daiane Martins de Oliveira⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Novo Milênio, Vila Velha/ES.

Endereço⁽¹⁾: Rua C, s/n, Condomínio Itaparica Mar (3ª Etapa), Edifício Álamo, Apto 302 - Coqueiral de Itaparica - Vila Velha - ES - CEP: 29102-903 - Brasil - Tel: +55 (27) 99700-0302 - E-mail: diegoklein_@hotmail.com.

RESUMO

A quantidade de resíduos gerados no processo de tratamento de água e esgoto é expressiva e seu descarte de maneira incorreta pode provocar severos danos ambientais. O estudo teve por objetivo analisar a viabilidade do uso do lodo proveniente de Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), no município de Vila Velha/ES, para pavimentação de vias.

Com base em coleta de dados, visitas técnicas e comunicação junto a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV), a pesquisa de cunho exploratório, organizou-se em quatro etapas distintas: análise bibliográfica de artigos e documentos, estudo das propriedades do lodo, contato com a CESAN e a PMVV, e por último, a busca de informações *in loco* nas empresas produtoras de asfalto.

Os resultados revelam que o uso do lodo, como produto para sub-base de pavimentos asfálticos, mostrou-se eficaz, satisfatório e alternativo ao reduzir o descarte do material destinado a aterros.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de biossólido, resíduos, estação de tratamento, pavimentação, lodo.

INTRODUÇÃO

A qualidade de vida associa-se à eficiência de um sistema de saneamento básico. Com o crescimento urbano acelerado aumenta-se a produção de lodo gerado na Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Esse resíduo normalmente é descartado em aterros sanitários e, quando depositado incorretamente, pode ocasionar prejuízos ambientais e econômicos afetando toda a população.

Dados da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) (2017)^[1] informam que cerca de 50% da população do município de Vila Velha/ES tem acesso à rede coletora de esgoto, porém, apenas 37% da população está conectada. São 215.041 habitantes em 18.184 ligações e 52.820 economias que dispõem de rede para efetuar a ligação. O esgoto coletado por essas 18.184 ligações alcança 141.815 habitantes. Tal fato revela a necessidade de políticas concretas para condicionar um tratamento correto dos resíduos sólidos gerados na cidade.

O lodo proveniente do processo de tratamento de água e esgoto apresenta características que o permite ser utilizado como material para a produção de asfalto, uma técnica de reuso a favor da qualidade e economia de gastos.

Esta pesquisa foi realizada para verificar a viabilidade da utilização do lodo como insumo para asfalto e indicar a melhor forma para ser aplicado na pavimentação no município de Vila Velha/ES, haja vista que a ausência de calçamento em todas as vias da cidade, especialmente nos bairros de periferia. Os contratos de concessão do sistema de tratamento de água e esgoto neste município são delegados à CESAN. As ETAs Vale Esperança, Cobi e Caçaroca produzem em média 4.695 L.s⁻¹ (litros por segundo) e a participação de cada sistema no abastecimento do município é de 76%, 9% e 15% respectivamente, segundo dados da Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (2014)^[2].

Quanto ao Sistema de Esgotamento Sanitário, as ETEs que atendem o município analisado trabalham com tratamentos de diversos tipos: lodos ativados, oxidação biológica, aeração prolongada, reator anaeróbico de fluxo ascendente, biofiltro aerado, lagoa facultativa, sistema fossa filtro, entre outros. Para a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (2014)^[2], em todas as estações, a eficiência média ultrapassa a marca dos 70%, o que gera quantidade expressiva de lodo. De acordo com Lima *et al.* (2011)^[3], a produção média de lodo nas ETEs da Região da Grande Vitória/ES é de 350 ton.mês⁻¹ (toneladas por mês). A expectativa é que esse número cresça ainda mais com a adesão da população à rede coletora de esgotos.

O lodo proveniente de ETA, de acordo com a NBR 10004/2004^[4], é classificado como resíduo sólido. Esse material, após receber tratamento adequado, chama-se “insumo”, podendo ser incorporado em revestimentos rodoviários. Para Coelho *et al.* (2015)^[5], esse mesmo resíduo, quando submetido à desidratação, torna-se passível de uso na fabricação de solo-cimento, especialmente na estabilização do solo ao melhorar suas características e propriedades.

Ainda de acordo com Coelho *et al.* (2015)^[5] é exigido deste material alternativo quando destinado à base e sub-base de pavimentos, que atenda características de suporte e expansibilidade, tendo em vista a durabilidade da malha rodoviária. Godoi (2013)^[6], por sua vez, esclarece que a pavimentação de vias aplicando os resíduos provenientes do tratamento de água e esgoto reduz os custos com o transporte do resíduo e incentiva sua aplicação, contrariando as alternativas convencionais de descarte de lodo, em aterros por exemplo, que segundo Lucena *et al.* (2016)^[7] apresentam fatores limitantes como a contaminação do solo e o alto custo.

Ainda que estudos realizados por Coelho *et al.* (2015)^[5] tenham indicado que o emprego do lodo de ETA em pavimentos rodoviários resulta em menor resistência à penetração e maior expansão, o uso do lodo como agregado no processo produtivo do asfalto surge como alternativa e solução pertinente para resolver problemas de destino incorreto do material e contenção de gastos com aterros e transporte. Para tanto, Balbo (2007)^[8] define pavimento como uma estrutura não perene, formada por camadas sobrepostas de materiais diversos compactados para atender o tráfego, de maneira econômica e durável, suficientemente capaz de resistir as solicitações de compressão, cisalhamento e tração.

Fagnani *et al.* (2009)^[9] indicam que um Sistema de Gestão Ambiental melhora a imagem da empresa ao considerar a redução e/ou eliminação dos impactos negativos, mitigação os riscos ambientais, cumprimento da legislação ambiental aplicável reduzindo multas por poluição, controle da geração de resíduos e a facilidade de acesso a novos investimentos.

Para viabilizar a logística do processo produtivo de asfalto associado ao lodo, Godoi (2013)^[6] considera necessário diminuir o teor de umidade do biossólido, e consequentemente, seus custos com movimentação e transporte. Com a constante aplicação da coleta e tratamento de esgoto, Lima *et al.* (2011)^[3] afirmam a necessidade de utilização de tecnologias no tratamento de esgoto capaz de reciclar o maior volume de lodo possível.

Em cidades como Vila Velha/ES, onde a densidade demográfica é alta, soluções sustentáveis tornaram-se cada vez mais necessárias. Existem projetos em andamento que estimam, dentro de alguns anos, tratar todo o efluente gerado no município através da ligação completa dos imóveis à rede. O resultado dessa ação essencial para assegurar a saúde humana será a melhoria na qualidade de vida e do ar, combate a mortandade dos peixes e preservação do meio ambiente, ocasionando assim a valorização do município e o desenvolvimento do turismo. A partir da conclusão do projeto, o nível de dejetos recolhido aumentará em proporções significativas sendo necessárias novas alternativas de descarte dos resíduos. No caso do asfalto, o lodo pode substituir alguns componentes não alterando a sua eficácia. Economicamente também é viável por reduzir os custos com a destinação final e como consequência permitir a comercialização de um produto jamais imaginado.

Considera-se que há pouca base teórica sobre o assunto, logo, o presente artigo contribui para maior disseminação do tema, aumentando a base de dados. Em relação à construção civil, a proposta surge como solução para redução da quantidade de lodo destinado a aterros, bem como, os riscos de contaminação do solo e do lençol freático, evitando assim, a desvalorização da área.

OBJETIVO

Analisar a viabilidade do uso de resíduos de Estação de Tratamento de Água (ETA) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no município de Vila Velha/ES para pavimentação de vias.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa verificou a viabilidade da aplicação de lodo gerado em estações de tratamento de água e esgoto na pavimentação do município de Vila Velha/ES, tendo em vista a existência de um projeto público-privado que ofertará a possibilidade de todas as residências do município estarem ligadas à rede coletora de esgoto.

Baseada na coleta de dados, visitas técnicas e comunicação junto à Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (PMVV), a pesquisa, de cunho exploratório, organizou-se em quatro etapas distintas:

1ª ETAPA - Análise bibliográfica de artigos e documentos: na ocasião, os pesquisadores se reuniram e selecionaram diferentes artigos relacionados ao tema, entre os quais simulações laboratoriais de aplicação de lodo na pavimentação, conceitos e definições fundamentais para o reuso de biossólido, técnicas e inovações de reuso de recursos, logística envolvida em Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL), entre tantos outros;

2ª ETAPA - Estudo das propriedades do lodo: foram identificadas as propriedades do biossólido e o processo pelo qual o mesmo é originado durante visitas realizadas nas ETA e ETE dos municípios de Cariacica/ES, Vila Velha/ES e Vitória/ES. O contato direto com as estações de tratamento presentes na Região Metropolitana da Grande Vitória/ES foi essencial para que os pesquisadores vislumbassem a realidade ao qual está submetido o município analisado, a eficiência dos serviços ofertados em saneamento na região e a necessidade concreta de condução da pesquisa;

3ª ETAPA - Contato com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e a Prefeitura Municipal de Vila Velha/ES (PMVV): realizado em suma pelas plataformas digitais, os pesquisadores entraram em contato com a Prefeitura Municipal de Vila Velha (PMVV) na busca por esclarecimentos sobre o projeto que tem por objetivo interligar todo o município à rede coletora da CESAN para tratamento posterior. Os dados fornecidos pela CESAN foram considerados durante toda a execução e sem eles haveria limitações para determinar a potencialidade ou não de desenvolver a técnica na região em questão;

4ª ETAPA - Busca de informações in loco nas empresas produtoras de asfalto: os benefícios fornecidos pelo biossólido permitiram que os pesquisadores encontrassem em sua aplicação junto ao asfalto uma forma eficaz de reaproveitamento. As informações *in loco* foram dificultadas, pois grande parte das empresas produtoras de asfalto não investem em busca por novas tecnologias e não acreditam na potencialidade existente do produto gerado pelas estações. O contato foi posterior às visitas feitas às estações devido a medida adotada pelos pesquisadores em dar prioridade para o fornecimento de informações e esclarecimentos, caso houvesse, de usinas de asfalto que já estivessem em contato/serviços com uma das estações de tratamento.

A análise de estudos experimentais já realizados indicou parâmetros necessários para definir a eficácia do asfalto à base de lodo. Todos os dados essencialmente coletados *in loco* que dizem respeito ao processo de deposição e reuso do lodo das ETAs e da ETE foram adquiridos na ETA Caçaroca (Endereço: Estrada do Dique, 3952, Vila Velha/ES), ETE Mulembá (Endereço: Rua Miguel Arcânio, S/N, Joana D'arc, Vitória/ES) e na ETA Vale Esperança (Endereço: Avenida Perimetral, S/N, Boa Sorte, Vale da Esperança, Cariacica/ES). Não foram considerados os resíduos de outras estações administradas pela CESAN.

O principal benefício fornecido pela pesquisa é um maior conhecimento sobre o tema abordado, ao agregar outros saberes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ausência de planejamento estratégico e gestão dos recursos naturais no município de Vila Velha/ES faz surgir um desafio eminente: dar destino correto aos resíduos gerados na cidade. Esse desafio é potencializado com políticas de restrição ao licenciamento ambiental cada vez mais rigorosas e também pelos gastos exigidos com a logística na deposição de lodo de ETA e ETE em aterros sanitários.

Mesmo havendo dificuldade para determinar a quantidade de massa e volume de lodo produzido nas estações, pois variam de acordo com o material e procedimentos do tratamento adotados, o objeto de estudo concentrou-se na análise de dados provenientes de duas ETAs e uma ETE da Região Metropolitana da Grande Vitória/ES.

A primeira estação analisada foi a ETA Vale da Esperança que possui capacidade nominal de tratamento de 4.200 l.s^{-1} (litros por segundo). Consta no Plano Municipal de Saneamento Básico de Vila Velha/ES (2014)^[2] que 34,3% da vazão média produzida nessa estação é distribuída para o município. A estação não possui sistema de recuperação da água de lavagem ou desidratação do lodo, o que implica que, atualmente, o direcionamento do para o Rio Marinho, que divide os municípios de Vila Velha/ES e Cariacica/ES.

A segunda ETA analisada foi a ETA Caçaroca, que possui capacidade de produção de 395 l.s^{-1} (litros por segundo) e dispõe de estação de desidratação do lodo. Da vazão média produzida, 82,0% é distribuída para Vila Velha/ES, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Vila Velha/ES (2014)^[2].

Na ETA Caçaroca, a água do rio Jucu é captada para posterior tratamento. A última etapa consiste no processo de secagem que gera o lodo desidratado: o lodo é desaguado quando passa pela centrífuga da estação de desidratação de lodo (figura 1), permitindo seu descarte. De acordo com a CESAN (2017)^[1], o contato do lodo com o solo não causa impacto ambiental, pois o lodo não altera o pH do solo.



Figura 1: Vista da estação de desidratação de lodo Caçaroca fechada para manutenção.

Por fim, analisou-se a ETE Mulembá, que é a única que permite estimar a quantidade de lodo gerado no processo de tratamento. A ETE Mulembá é dividida em duas unidades, Mulembá I e Mulembá II, sendo projetada para tratar até 560 l.s^{-1} (litros por segundo) de efluente doméstico em um sistema aeróbio de lodos ativados por aeração prolongada. Gomes *et al.* (2013)^[10] ao considerarem apenas a ETE Mulembá II, que opera a uma vazão de 152 l.s^{-1} (litros por segundo) de esgoto, afirmam que todo o lodo produzido no processo de tratamento passa por uma centrífuga, onde o mesmo é desidratado a média de 68 toneladas por mês (tabela 1).

Tabela 1: Valores médios de funcionamento da ETE Mulembá II em 2013.

MULEMBÁ II – 2013			
Mês	Q (atendida) em l/s	DQO afl. em mg/l	Quant. de lodo* em ton/mês
Janeiro	193,70	351,94	23,39
Fevereiro	80,42	274,00	22,44
Março	141,32	330,00	32,05
Abril	154,48	300,00	71,39
Maio	133,00	387,00	106,34
Junho	162,25	416,44	154,57
Julho	168,03	488,00	36,85
Agosto	156,22	403,00	60,20
Setembro	178,20	373,00	61,58

* Quantidade de lodo seco com teor de umidade de 80%.

Verificada a potencialidade do lodo produzido na ETE Mulembá II, que atende cerca de 70 mil pessoas, espera-se que quando o município de Vila Velha/ES alcançar uma abrangência de esgoto coletado e tratado a produção de lodo aumente significativamente. O lodo de esgoto gerado no Espírito Santo tem critérios estabelecidos para seu uso e disposição sem ocasionar impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana, como indicado na Resolução CONAMA 375/2006^[11].

De acordo com Caus (2012)^[12], a universalização da cobertura de abastecimento de água e do esgotamento sanitário se traduzem na melhoria da qualidade de vida, queda na taxa de mortalidade infantil, redução de gastos com saúde, preservação e recuperação da fauna e flora dos ecossistemas e também o desenvolvimento do turismo.

Segundo consta na Imprensa Oficial do Espírito Santo^[13], em solenidade no dia 31 de janeiro de 2017, foi assinado um contrato de concessão administrativa com a empresa Vila Velha Ambiental, do Grupo Aegea, para ampliação, manutenção e operação do sistema de esgotamento sanitário do município de Vila Velha/ES, visando sua universalização. A parceria público-privada prevê que em até 12 anos a cobertura de esgotamento sanitário salte de 56% para 98%, o que corresponde à 30 bilhões de litros de esgoto a menos sendo lançado no meio ambiente. Serão implantados 643 km de rede coletora de esgoto para dar suporte às 62 mil novas ligações. O diferencial do investimento é que as seis ETE já existentes serão transformadas em somente duas, nas quais o esgoto tratado será utilizado como água de reuso em rega de jardins e uso industrial.

No Brasil, há alguns anos, o saneamento básico passou a ser tratado como política pública que visa o emprego de novas técnicas e tecnologias para ofertar um serviço de qualidade e suprir a estimativa de produção do lodo, que é de cerca de 150 mil a 220 mil toneladas de matéria seca por ano. Uma destinação final alternativa para o lodo pouco desenvolvida no país é a junção do bio sólido em camadas de base e sub-base de pavimentos asfálticos que, segundo Lucena *et al.* (2016)^[7], surge como opção por movimentar grandes volumes de solo e também necessitar de materiais com alto poder de estabilização.

Pavimento asfáltico é o material constituído de camadas que oferecem superfície de rolamento suave, estável e durável, conforto e segurança ao usuário, resistem às intempéries, aos esforços do tráfego e distribuem tais esforços para as camadas inferiores. Para Balbo (2007)^[8], as cinco principais camadas de um pavimento tipo são: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito. Cada camada da pavimentação asfáltica tem uma função e, para garantir o bom desempenho, deve-se levar em conta a qualidade dos materiais utilizados, uso de técnicas adequadas de produção, execução e distribuição do produto na pista.

O uso do lodo para pavimentação no Brasil é uma técnica que precisa ser ponderada. Chama a atenção um estudo que foi realizado no estado de Pernambuco, onde Lucena *et al.* (2016)^[7] analisaram efluentes coletados de decantadores de descargas e filtros da ETA de Botafogo, em Igarassu/PE, e de resíduos retirados da ETE de Cabanga, em Recife/PE.

A análise das propriedades físicas permitiu que Lucena *et al.* (2016)^[7] verificassem que a textura das lamelas da ETA e do solo são semelhantes, indicando grande compatibilidade física quando misturados entre si. Já quando

misturado (o solo) com lodo da ETE, o solo foi classificado como A-2-4, um tipo considerado excelente para o uso de pavimentação. Ambas amostras apresentaram alto teor de sílica devido a uma carga orgânica elevada e permitiram classificar os resíduos como não perigosos. Com a análise dos fatores de referência que definem o tráfego suportado pelo pavimento durante o seu serviço, os resíduos servem como base de pavimento de tráfego intermediário e trânsito leve. Notou-se ainda, considerando a classificação do material e o teor de umidade ideal para uso em bases de revestimento, que a dispersão dos resultados pode ter sido afetada pela natureza granular do solo.

Para Lucena *et al.* (2016)^[7], a estabilização promove maior resistência do solo e densidade aparente além de menor permeabilidade. Com relação aos testes mecânicos, o solo associado à 20% do lodo proveniente da ETA apresentou os melhores resultados, por sua vez, a adição de 10% de resíduo da ETE mostrou o melhor desempenho entre as concentrações estudadas, permitindo que em ambos os casos, a mistura seja utilizada como base e sub-base de pavimentos asfálticos. Vale ressaltar que ambas análises foram realizadas com o lodo em torrão.

Martinez (2014)^[14], ao analisar o desempenho de misturas betuminosas com adição de lodos de ETA e ETE, definiu a calcinação como processo de queima do lodo no intuito de reduzir seu volume e aplicá-lo posteriormente na construção civil em forma de cinzas. As amostras de lodo de ETA e ETE cedidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) passaram por um processo de calcinação em diferentes temperaturas: 200 °C, 300 °C, 500 °C e 800 °C. Na pesquisa, o lodo foi incorporado ao concreto asfáltico como filer diretamente ao ligante asfáltico em porções de 15% e 20% da composição total. Determinou-se que a presença de lodo de ETA e ETE no ligante asfáltico aumenta a sua consistência à medida que se eleva a temperatura de calcinação. De maneira geral, a resistência a tração por compressão diametral de ambas misturas é satisfatória ao passo que os melhores resultados foram encontrados com lodos calcinados à 500 °C. A forma proposta de aplicação do lodo de ETA e ETE é viável e ambientalmente segura.

Para que o biossólido seja incorporado ao cimento asfáltico de petróleo é preciso considerar o processo ao qual o mesmo foi submetido: calcinação ou estabilização. A medida que a aplicação deste recurso em pavimentação de vias se tornar frequente, será constituído um ciclo: mais lodo sendo produzido, maior quantidade de lodo sendo tratado, ampliação dos processos que transformam o lodo para uso na pavimentação e aumento da disponibilidade e acesso às empresas para adotarem a nova tecnologia.

Com relação aos custos, entende-se que destinar o lodo gerado nas estações para a pavimentação é aplicar a chamada logística reversa, ao dar novo destino a produtos que anteriormente seriam descartados com o propósito de possibilitar seu retorno ao ciclo de negócios. O sistema necessita de estudos e chama atenção pelo benefício fornecido do ponto de vista sustentável e de saúde pública, por ser sinônimo de redução de resíduos destinados à aterros, afetando diretamente a vida da população.

De acordo com o Censo Demográfico 2010 do IBGE^[15], 53,1% de domicílios urbanos do município de Vila Velha/ES estão em vias públicas que possuem bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio, logo, apresentam adequada urbanização. Esse dado revela uma grande quantidade de pessoas ainda não conta com uma infraestrutura satisfatória. Investimentos públicos nesse setor precisam ser cada vez mais frequentes. Para tanto, o emprego de resíduos de estação de tratamento de água e esgoto na pavimentação surge como um projeto inovador e de grande relevância.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do estudo documental das propriedades físicas e dos parâmetros que classificam o tráfego suportado pelo pavimento, o lodo das estações de tratamento de água e esgoto misturados com o solo mostrou-se útil para base e sub-base de pavimento de trânsito leve e intermediário, assumindo qualidade expressiva. Entre diferentes formas de tratamento aplicadas ao resíduo, recomenda-se a calcinação pois a associação de lodo em forma de cinzas garante uma melhor incorporação ao cimento asfáltico de petróleo e, conseqüentemente, a pavimentação produzida, devido ao aumento na consistência.

O uso do biossólido é uma proposta para resolver um problema ambiental e de saúde pública, pois grande é o volume de lodo gerado nas ETA e ETE descartado nos recursos hídricos mais próximos. Vila Velha/ES dispõe

de muitas vias ainda não pavimentadas o que favorece o desenvolvimento da técnica de incorporação de bio-sólido ao pavimento para obras de cobertura asfáltica e recapeamento. É também uma oportunidade para a esfera pública investir em tecnologia a favor do desenvolvimento local, urbano e sustentável.

Assim sendo, o município de Vila Velha/ES tem conjuntura real para elaborar vias que adotem o lodo de ETA e ETE em sua constituição. Contudo, é preciso elaborar uma análise individual do lodo gerado no município e englobar nas estações de tratamento dispositivos, ferramentas e condições para que o lodo passe por um processo de desidratação adequado e mais tarde seja reutilizado para a produção de asfalto. Esse trabalho busca servir de sustentação para que no processo de universalização da malha coletora de esgoto no município de Vila Velha/ES sejam tomadas providências de destino correto de resíduos, sendo necessárias pesquisas adicionais para o reforço desses resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO. Pesquisa estudantil. Vitória: Companhia Espírito Santense de Saneamento, 2017. Disponível em: <<https://www.cesan.com.br/sociedade/pesquisa-estudantil/>>. Acesso: 21/09/2017.
2. PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA/ES. Plano municipal de saneamento básico de Vila Velha/ES: sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Vila Velha: Prefeitura Municipal de Vila Velha, 2014. Disponível em: < <http://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/PMSB%20Vila%20Velha.pdf>>. Acesso: 21/09/2017.
3. LIMA, M.F., MATTOS, C.N., VIEIRA, P.L.C., ALMEIDA, L.F. Geração de lodo de esgoto e seu potencial como fonte de matéria orgânica para a agricultura. Vitória: Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo, cap.1, p.11-18, 2011.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004/2004: Resíduos sólidos - classificação. Disponível em: < <http://www.abnt.org.br/pesquisas/?searchword=10004&x=0&y=0>>. Acesso: 21/09/2017.
5. COELHO, R.V., TAHIRA, F.S., FERNANDES, F., FONTENELE, H.B., TEIXEIRA, R.S. Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária. Goiânia: Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v.10, n.2, p.11-22, 2015.
6. GODOI, L.C. A logística na destinação do lodo de esgoto. São Paulo: Revista Científica On-line Tecnologia – Gestão – Humanismo, v.2, n.1, p.79-90, 2013.
7. LUCENA, L.C., JUCA, J.F.T., SOARES, J.B., BARROSO, S.H.A., PORTELA, M.G. *Characterization and evaluation of the potential use of sludge from STP and WTP in paving*. Jaboticabal: Revista Engenharia Agrícola, v.36, n.1, p.166-178, 2016.
8. BALBO, J.T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, p.35-43, 2007.
9. FAGNANI, K.C., RIBAS, M.M. F., FAGUNDES-KLEN, M.R., VEIT, M.T. Diagnóstico de uma usina de asfalto visando a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental com base na norma ABNT NBR ISO 14001. Paraná: Estudos Tecnológicos, v.5, n.2, p.212-226, 2009.
10. GOMES, I.H., BERNADINO, U.B. Estudo comparativo da produção de lodos das estações de tratamento de esgoto de Mulembá e Vale Encantado e avaliação dos custos com sua disposição. Vitória, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso-Faculdades Integradas Espírito-Santenses, 2013.
11. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 375/2006: Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, n.167, p.141-146, 2006.
12. CAUS, C.L. Das fontes e chafarizes às águas limpas: evolução do saneamento no Espírito Santo. Vitória: CESAN, 2012.
13. IMPRENSA OFICIAL DO ESPÍRITO SANTO. Cesan: contrato para universalizar esgotamento em Vila Velha. Vitória: 2017. Disponível em: <<http://dio.es.gov.br/Not%C3%ADcia/cesan-contrato-para-universalizar-egotamento-em-vila-velha>>. Acesso: 16/11/2017.
14. MARTINEZ, J.G. B. Avaliação de desempenho de misturas betuminosas com adição de lodos de ETA e ETE. Brasília, 2014. Dissertação de Mestrado-Universidade de Brasília, 2014.
15. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Vila Velha: panorama. Governo Federal do Brasil: 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/vila-velha/panorama>>. Acesso: 22/11/2017.