

III-337 - GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Rosângela Gomes Tavares⁽¹⁾

Bacharel e Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (CTG/UFPE). Professora Assistente da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE). Doutora em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (CTG/UFPE/Universidade do Minho, Portugal).

Maurício Alves da Motta Sobrinho

Engenheiro Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Pós-Doutorado na UMINHO/Portugal. Professor Associado do Depto. de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Coord. do PPG Eng Quim. da UFPE. Pesquisador 2 do CNPq.

Valmir Cristiano Marques de Arruda

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre e Doutor em Engenharia Civil - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (CTG/UFPE). Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE). Pós-doutorando em Biotecnologia Ambiental no BRIDGE - Bioresources, bioremediation, biorefinery Group na Universidade do Minho, Portugal (DEB/UMinho).

Marcus Metri Correa

Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2001). Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52.171-900 - Recife/PE - Brasil - Tel: (81) 3320.6261 - e-mail: rosangelatavares@dr.ufpe.br

RESUMO

A qualidade da água destinada ao consumo humano deve ser uma prioridade dos governantes, gestores dos sistemas de abastecimento e dos consumidores. O uso de tecnologias mais específicas e com maior eficiência no tratamento, como a coagulação, geralmente está associado ao maior consumo de produtos químicos, gerando mais resíduos, formados por sólidos e precipitados químicos, que constituem uma massa de partículas orgânicas e inorgânicas, densa e viscosa, denominado lodo de ETA (SILVA et al. 2012). Este resíduo é classificado como um resíduo sólido não inerte pela NBR 10.004 (ABTN, 2004) e que a Lei Federal, nº 11.445 de 05/01/2007, estabelece diretrizes nacionais para o manejo adequado à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Segundo o IBGE (2010), existem 5.564 municípios no Brasil, dos quais apenas 2.098 possuem ETAs, os quais totalizam cerca de 7.500 estações. Estas ETAs produzem, em média, 56.739.726 m³/dia, de água tratada que, em sua grande maioria, geram lodos cuja disposição ocorre em solos e corpos hídricos. Segundo Achon et al. (2013), essa disposição inadequada contraria a legislação vigente, pois provoca impactos ambientais negativos. O presente trabalho tem como proposta, abordar a geração e quantificação de lodos de ETAs, a partir das tipologias existentes no estado de Pernambuco, gerenciadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, através da quantificação e coleta de dados das ETAs existentes no estado de Pernambuco; verificação da disposição geográfica por tipo de ETA em todo estado e estimar a produção de lodo em todas as ETAs existentes no estado.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo, ETA, Alumínio, Coagulação, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água destinada ao consumo humano deve ser uma prioridade dos governantes, gestores dos sistemas de abastecimento e dos consumidores. Segundo Lucentini et al. (2013), a Comunidade Europeia possui uma rígida legislação (Diretiva da Água Potável, DWD - 98/83/CE), que engloba

desde a proteção dos recursos hídricos e dos ecossistemas, até o monitoramento de parâmetros microbiológicos e químicos da água, com o objetivo de garantir a qualidade da água potável e a proteção da saúde humana.

Para Gheyi (2012), a crise de água, em termos quantitativos e qualitativos, é consequência do mundo em mudança, onde o crescimento populacional e a poluição ambiental têm andado juntos. A quantidade, e também a qualidade da água são influenciadas por diversos fatores, tais como: clima, geografia, topografia, geologia, e, principalmente, as atividades humanas. Os efeitos adversos que as atividades antrópicas têm exercido sobre os mananciais de abastecimento, impõem uma ameaça à saúde humana, exigindo o uso de tecnologias de tratamento de água, resíduos líquidos e sólidos.

Do ponto de vista do abastecimento de água, o uso de tecnologias mais específicas e com maior eficiência no tratamento, como a coagulação, geralmente está associado ao maior consumo de produtos químicos, gerando mais resíduos, formados por sólidos e precipitados químicos, que constituem uma massa de partículas orgânicas e inorgânicas, densa e viscosa, denominado lodo de ETA (SILVA et al. 2012). Este resíduo é classificado como um resíduo sólido não inerte pela NBR 10.004 (ABTN, 2004) e que a Lei Federal, nº 11.445 de 05/01/2007, estabelece diretrizes nacionais para o manejo adequado à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Nesse contexto, destacam-se a produção, tratamento e disposição adequada dos lodos gerados nas ETAs. Esta é uma problemática que afeta todo o Brasil e principalmente as regiões Norte e Nordeste. Segundo o IBGE (2010), existem 5.564 municípios no Brasil, dos quais apenas 2.098 possuem ETAs, os quais totalizam cerca de 7.500 estações. Estas ETAs produzem, em média, 56.739.726 m³/dia, de água tratada que, em sua grande maioria, geram lodos cuja disposição ocorre em solos e corpos hídricos. Segundo Achon et al. (2013), essa disposição inadequada contraria a legislação vigente, pois provoca impactos ambientais negativos.

OBJETIVOS

O presente trabalho teve como proposta, abordar a geração, quantificação e a disposição de lodos de ETAs, a partir das tipologias existentes no estado de Pernambuco, gerenciadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e documental, fundamentado, principalmente, na coleta, sistematização e interpretação de informações secundárias. A base dos dados utilizada teve como fonte a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos - SRHE/PE, Agência de Regulação de Pernambuco (ARPE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

A área de estudo foi o Estado de Pernambuco, localizado geograficamente na região Nordeste do Brasil, coordenadas 08°04' S e 37°15' W. Limitado pelos estados da Paraíba (Norte), Ceará (Noroeste), Alagoas (Sudeste), Bahia (Sul), Piauí (Oeste) e o Oceano Atlântico (Leste).

Para caracterizar e quantificar as ETAs, no que diz respeito a fontes geradoras de lodos foram analisados os relatórios técnicos de monitoramento da COMPESA e de fiscalização da ARPE, no período de 2009 a 2015. O número de estações em operação no estado, de acordo com a tecnologia de tratamento, foi quantificado por meio do índice, aleatoriamente chamado de i_t , índice de tratamento, que representa:

$$i_t = \frac{Na}{Neo}$$

- i_t - Índice de tratamento
- Na - Número de ETAs avaliadas
- Neo - Número de ETAs existentes em operação

A quantificação dos lodos gerados nos decantadores das ETAs do estado de Pernambuco foi estimada por meio de equações descritas por AWWA (1999), Dillon, (1996), AFEE (1993), Kawamura (1991) e Cornwell (2006). A escolha desses modelos empíricos teve como base a facilidade de obtenção dos dados de entradas, vazão, dosagem de coagulantes, turbidez e cor da água bruta, que fazem parte do monitoramento diário da água bruta em todas as ETAs operadas pela COMPESA. O período observado compreendeu os meses de janeiro a dezembro dos anos de 2013, 2014 e 2015.

Os mapas temáticos, na escala 1/100.000, de bacias hidrográficas e região de desenvolvimento econômico do Estado, foram obtidos junto a Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco e manipulados para adequação às necessidades da pesquisa. A pesquisa contou com o apoio de um Sistema de Informações Geográficas-SIG, estruturado com informações relevantes e primordiais para o desenvolvimento do trabalho. As coordenadas geográficas das ETAs foram obtidas de relatórios técnicos da COMPESA, da ARPE e através do *Google Earth*, juntamente com as respectivas características: tipo, nome, município, origem, disposição do resíduo, média anual de turbidez, média anual de cor, dosagem de coagulante, vazão e carga de resíduo. Ao final, foram organizadas em planilhas eletrônicas e posteriormente adicionadas ao SIG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o estudo realizado, existem em Pernambuco 246 estações, sendo 69 ETAs convencionais, que geram resíduos nos decantadores e filtros, e 177 ETAs não convencionais, chamadas de compactas. Dessas, 176 geram resíduos, apenas durante as lavagens dos filtros, havendo uma que utiliza a tecnologia de dessalinização, por se tratar de um sistema que tem como fonte de abastecimento, a água do mar. Portanto, os resíduos gerados nessa estação são dispostos no oceano. Essa prática, de acordo com Porto et al. (2004), é usada nos países desenvolvidos, onde os detritos são lançados no oceano, ou injetados em poços profundos. Entretanto, para Lattemann e Hopner (2008), o processo de descarte dos resíduos no mar, como é realizado na ETA de Fernando de Noronha, apresenta a desvantagem de impactar os organismos marinhos que habitam o local de descarga, devido à frequência e intensidade de exposição à solução salina, quando não é observada a adequação das descargas em função das correntes oceânicas. Existem ainda as ETAs que tratam a água de fonte subterrânea, utilizando apenas a desinfecção. Nessas não há geração de resíduo, por isso, não foram incluídas nesta pesquisa.

A maioria das ETAs é do tipo Compactas, segundo Libânio (2010) é uma alternativa para tratar água com turbidez baixa, no máximo 100 uT, em locais onde não há grandes espaços para sua instalação e com menor custo, de até 50% de uma ETA convencional. Das ETAs compactas, foram identificadas a predominância daquelas tipo dupla filtração. Para Di Bernardo (2004), essa tecnologia é uma das mais usadas, principalmente por garantir eficiência no tratamento mesmo com turbidez elevada (até 300 uT), sendo capaz de produzir água filtrada com turbidez menor que 0,5 uT. A Tabela 1 apresenta o índice de quantitativo de ETAs, por tipo de tratamento adotado no estado, mostrando que o modelo mais comum é a dupla filtração, que corresponde a 32% do total de ETAs, índice superior ao de Estações convencionais, correspondendo a 28%.

Tabela 1: Tipos de tratamento, características e índice de adoção no estado de PE

| Tipo de Tratamento | Características | Índice (i) em Pernambuco (%) | Total |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| CC - Convencional | Coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. | 28,5 | 28,5 |
| FDA - Compacta tipo Filtração Direta Ascendente | Coagulação por adsorção-neutralização de cargas e filtração de fluxo ascendente | 17,2 | 71,0 |
| FDD - Compacta tipo Filtração Direta Descendente | Coagulação, por adsorção-neutralização de cargas, e filtração de fluxo descendente | 21,7 | |
| DF - Compacta tipo Dupla Filtração | Coagulação, por adsorção-neutralização de cargas, e dupla filtração, fluxo ascendente e descendente. | 32,1 | |
| SM - Compacta tipo Separação por Membrana *(MF, UF, NF, OR, D, ED e PV) | Processo físico-químico de retirada de sais da água por meio de membranas osmóticas sintéticas | 0,5 | 0,5 |
| Legenda: * MF – microfiltração; UF – Ultrafiltração; NF – Nanofiltração; OR – Osmose reversa; D - Diálise; ED – Eletrodialise e PV- Pervaporação. | | | |

A quantificação do lodo gerado, em kg de lodo/m³ dia, nos decantadores das 69 ETAs convencionais e nos filtros das 176 ETAs compactas, foi realizada através de 5 modelos empíricos, segundo AWWA (1999) - modelo 1, Dillon (1996) – modelo 2, AFEE (1993) - modelo 3, Kawamura (1991) - modelo 4 e Cornwell (2006) – modelo 5. Os valores de produção de lodo para ambos os tratamentos (convencional e compacta) estimados através desses modelos, apresentaram resultados semelhantes quando analisado o grau de dispersão, através do coeficiente de variação.

A Tabela 2 mostra a produção média de lodo, segundo os modelos por RD do Estado. A diferença significativa no kg/m³dia, de lodo gerado, conforme os resultados acima, entre o modelo 1 e os modelos 2, 3, 4 e 5 pode ser causada pelo fato do modelo 1 admitir uma produção de lodo, diretamente relacionada com a turbidez da água bruta e a vazão da mesma; sem considerar outros fatores como: dosagem de produtos químicos (coagulante e polímero) e cor da água bruta. Katayama (2012), que também utilizou esses modelos empíricos para estimar a produção de lodo em ETAs convencionais, operadas pela Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo - SABESP, encontrou da mesma forma menor valor para o modelo 1. Esse padrão subestima a produção de lodo e é uma estimativa grosseira de determinação, por não considerar outras variantes importantes. Da mesma forma, Ribeiro (2007) determinou a quantidade de lodo gerado em uma estação convencional, ETA Itabirito em Minas Gerais, pelos mesmos modelos empíricos, comparando com valor encontrado pelo balanço de massa. O autor escolheu o modelo 3, com base na precisão e menor variação dos resultados. Para Saron e Leite (2001) o modelo 1 se enquadra para ETAs que não realizam a coagulação, apenas fazem a filtração, não sendo o caso das ETAs estudadas. A variabilidade dos demais modelos está associada ao tratamento que cada autor atribuiu a relação sólido suspenso e turbidez, além da inclusão ou não do parâmetro cor.

Tabela 2- Produção média de lodo por RD, em Pernambuco.

| Tipo de ETA | RD | Nº de ETAs | Faixa de vazão (L/s) | -----Kg/m ³ dia----- | | | | |
|---------------------|-----|------------|----------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 |
| Convencional | RM | 15 | 46 - 5130 | 7585,13 | 21800,07 | 16986,07 | 18832,27 | 20050,27 |
| | ZM | 13 | 21 - 199 | 296,24 | 948,22 | 550,48 | 603,85 | 704,49 |
| | AGR | 25 | 20 - 880 | 658,92 | 2054,12 | 1368,36 | 1488,32 | 1661,84 |
| | SER | 12 | 17 - 183 | 234,50 | 677,17 | 390,75 | 435,25 | 507,75 |
| | SER | 4 | 54 - 687 | 2417,00 | 6031,25 | 5153,25 | 5749,00 | 5971,25 |
| Compacta | RM | 14 | 8 - 28 | 60,34 | 132,61 | 96,50 | 106,65 | 115,79 |
| | ZM | 25 | 6 - 67 | 86,02 | 37,18 | 92,78 | 53,70 | 54,14 |
| | AGR | 80 | 4 - 48 | 78,03 | 29,74 | 75,90 | 44,43 | 46,66 |
| | SER | 48 | 4 - 59 | 79,18 | 31,40 | 85,48 | 46,74 | 50,31 |
| | SER | 14 | 13 - 54 | 58,59 | 39,36 | 86,71 | 52,66 | 56,74 |

Quando se observa a produção de lodo por bacias hidrográficas do estado de Pernambuco, verifica-se 13 bacias hidrográficas, 6 bacias de pequenos rios litorâneos e 9 bacias de pequenos rios interiores, conforme mostra a Tabela 3. Nota-se na tabela que a bacia do rio Capibaribe possui o maior número de ETAs, totalizando 40, entre convencionais e compactas, com produção diária ente 50 - 100 kg/m³ para as compactas; e entre 5000 e 50.000 kg/m³ para as convencionais. A bacia do grupo de pequenos rios litorâneos, GL 2, apesar de ter apenas 10 estações, está entre essas: a ETA Pirapama, cuja produção diária é superior a 150.000 kg/m³ dia, as bacias do grupo de pequenos rios litorâneos, GL 6, e dos pequenos rios interiores, GI 2 e GI 6, não possuem ETA em suas áreas, podem não receber diretamente esse tipo de resíduo.

Tabela 3 - ETAs por Bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco, 2016

| Bacia hidrográfica | Área superficial do Estado (%) | Estação de Tratamento de Água | | | |
|--------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| | | Compacta | | Convencional | |
| | | Nº de ETA | Carga de lodo (Kg/m ³ dia) | Nº de ETA | Carga de lodo (Kg/m ³ dia) |
| BRÍGIDA | 13,73 | 15 | ≤ 50 | 5 | 500 - 5000 |
| CAPIBARIBE | 7,58 | 29 | 50 - 100 | 11 | 500 - 5000 |
| GARÇAS | 4,16 | 2 | ≤ 50 | 0 | 0 |
| GI 1 | 1,39 | 2 | 50 - 100 | 2 | ≤ 500 |
| GI 2 | 0,16 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GI 3 | 2,32 | 2 | 50 - 100 | 2 | ≤ 500 |
| GI 4 | 1,33 | 2 | ≤ 50 | 0 | 0 |
| GI 5 | 0,72 | 1 | ≤ 500 | 0 | 0 |
| GI 6 | 0,85 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GI 7 | 1,23 | 2 | ≤ 50 | 0 | 0 |
| GI 8 | 1,32 | 3 | ≤ 50 | 2 | 500 - 5000 |
| GI 9 | 0,55 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GL 1 | 1,21 | 4 | 50 - 100 | 3 | 500 - 5000 |
| GL 2 | 1,29 | 2 | 100 - 150 | 8 | 5000 - 50.000 |
| GL 3 | 0,13 | 0 | 0 | 1 | 5000 - 50.000 |
| GL 4 | 0,30 | 2 | 50 - 100 | 1 | 500 - 5000 |
| GL 5 | 0,07 | 1 | 50 - 100 | 0 | 0 |
| GL 6 | 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GOIANA | 2,90 | 12 | 50 - 100 | 11 | 500 - 5000 |
| IPANEMA | 6,32 | 8 | 50 - 100 | 4 | ≤ 500 |
| IPOJUCA | 3,49 | 11 | 50 - 100 | 7 | 500 - 5000 |
| MOXOTÓ | 8,92 | 3 | 50 - 100 | 2 | ≤ 500 |
| MUNDAÚ | 2,19 | 7 | 50 - 100 | 2 | 500 - 5000 |
| PAJEÚ | 16,97 | 23 | 50 - 100 | 5 | ≤ 500 |
| PONTAL | 6,12 | 2 | ≤ 50 | 0 | 0 |
| SIRINHAÉM | 2,13 | 9 | 50 - 100 | 0 | 0 |
| TERRA NOVA | 4,97 | 5 | 50 - 100 | 1 | ≤ 500 |
| UNA | 6,37 | 28 | ≤ 50 | 2 | 500 - 5000 |

Fonte: autor (2016)

As Figuras 1 e 2 apresentam os mapas temáticos, construídos com os valores médios de lodo em Kg/m³dia, encontrados para o período de 2013 a 2015. Segundo AFEE (1993), modelo 3, que avalia a produção de lodo, em função do coagulante usado, remoção da turbidez e cor da água bruta. Esse modelo apresentou o menor coeficiente de variação; logo, foi o modelo em que os resultados apresentaram um menor grau de dispersão.

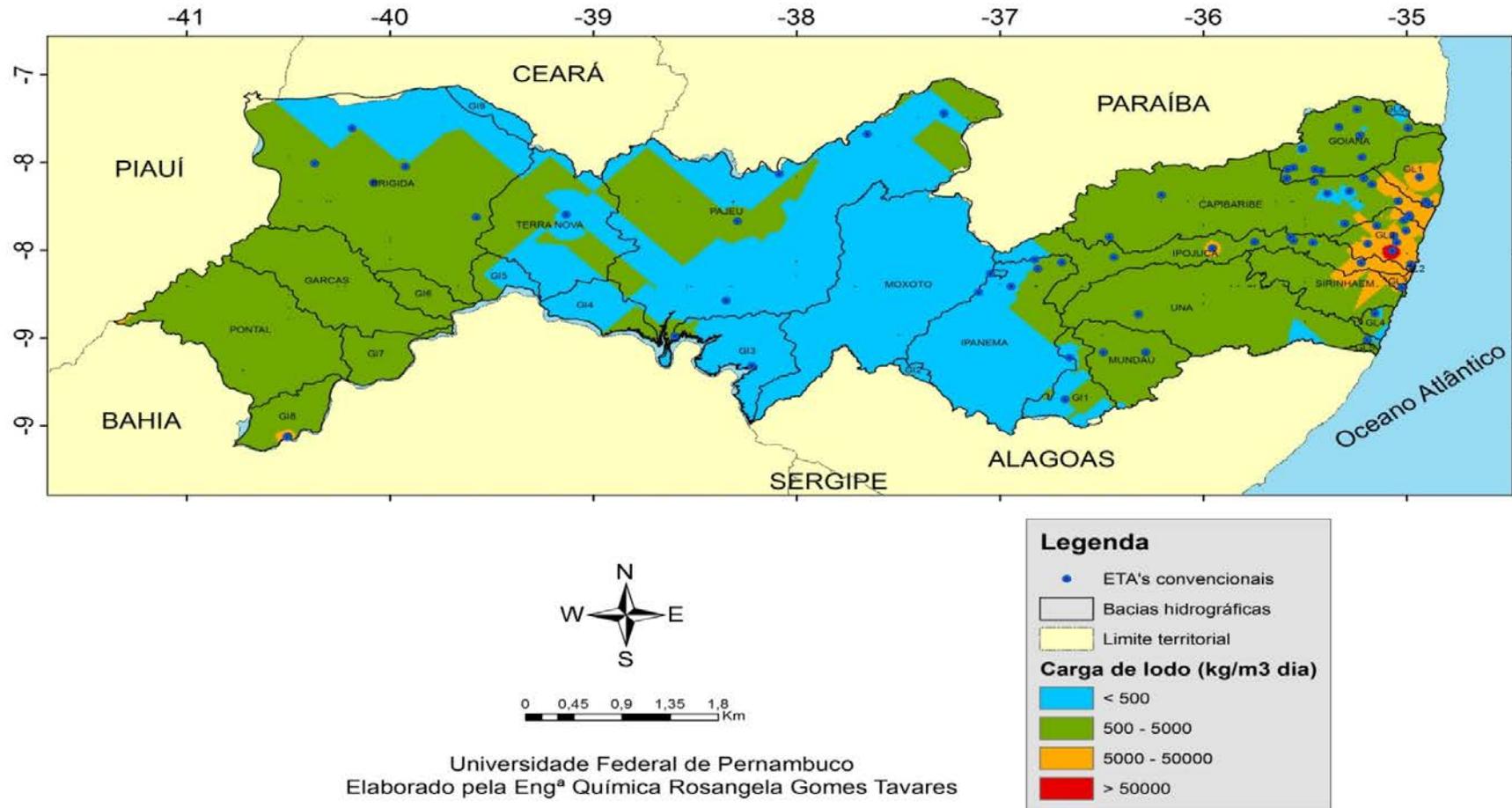


Figura 1 - Disposição das ETAs convencionais no estado de Pernambuco em função da carga de lodo por bacia hidrográfica

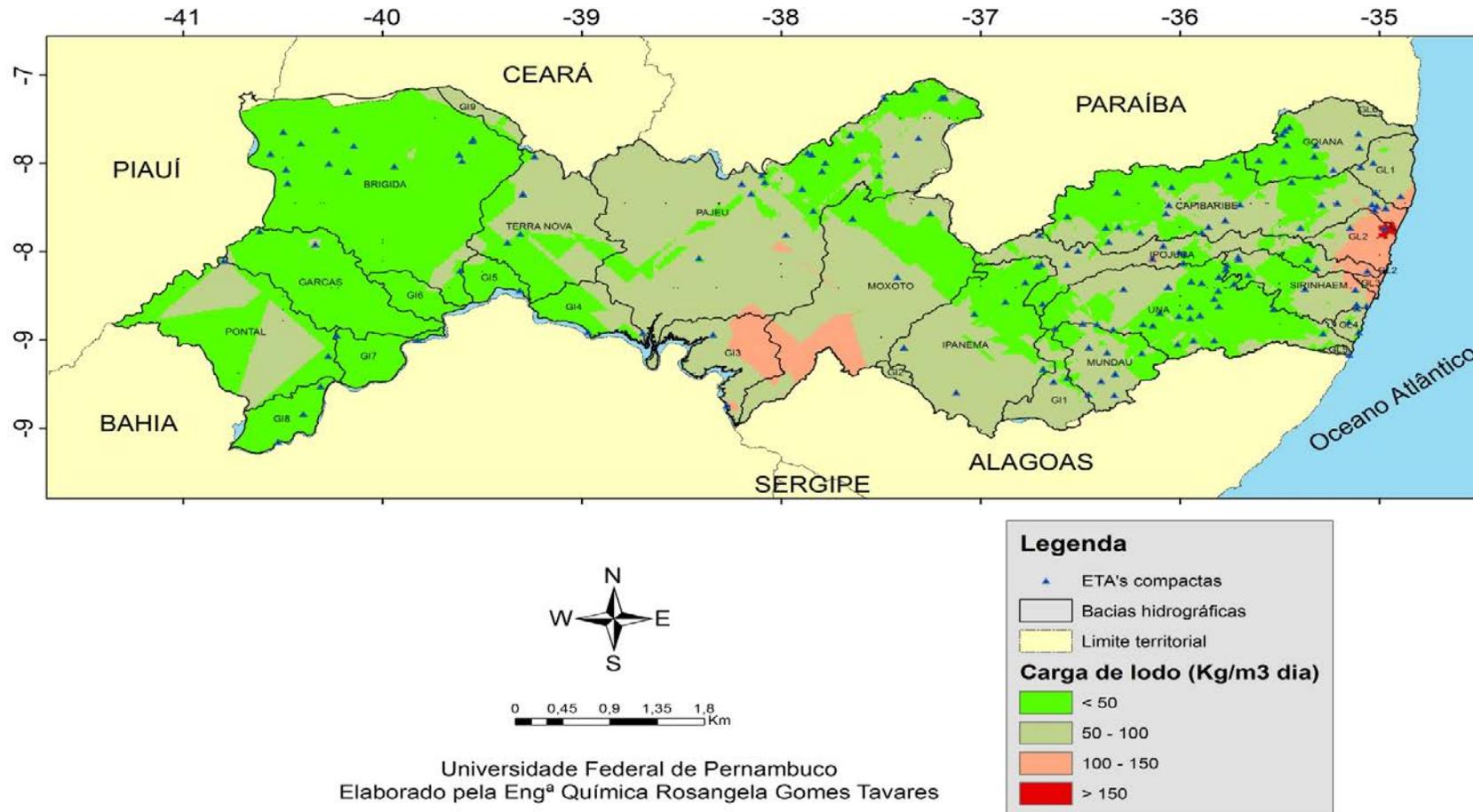


Figura 2 - Disposição das ETAs compactas no estado de Pernambuco em função da carga de lodo por bacia hidrográfica

Quanto à disposição a Tabela 4 apresenta o número de ETAs no estado de Pernambuco que descartam seus resíduos nos corpos hídricos e no solo, como também o número de estação que realizam algum tipo de tratamento de deságue. Verifica-se na tabela citada que 75% dos resíduos de ETAs são dispostos diretamente em corpos hídricos, valor muito superior ao que encontramos na literatura referente à gestão adotada por países desenvolvidos como Estados Unidos, que descartam 11% em corpos hídricos, Reino Unido, apenas 2%, e outros países como Alemanha, França e Japão que não realizam nenhum descarte nos corpos hídricos (ALAMINO, 2010).

Tabela 4- Disposição final dos resíduos de ETAs no estado de Pernambuco

| ETAs | Descarte no Corpo Hídrico | Descarte no Solo | Processo de Deságue |
|-------------------|---------------------------|------------------|---------------------|
| Convencionais | 49 | 15 | 5 |
| Não Convencionais | 135 | 38 | 4 |
| Total | 184 (75%) | 53 (22%) | 9 |

Fonte: autor (2016)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar a distribuição quantitativa das ETAs existentes nos estado de Pernambuco, onde foi identificado 246 ETAs que geram resíduos, sendo 69 em decantadores e filtros, 176 apenas nos filtros e uma no sistema de dessalinização. O tipo de ETA mais comum no estado é a compacta com dupla filtração, que corresponde a 32% do total de ETAs existentes, seguido das convencionais com 28%.

O maior número de ETAs convencionais está localizado na região metropolitana, onde ocorre a maior disponibilidade hídrica e população atendida: 80 e 43%, respectivamente. A região de desenvolvimento do agreste e sertão concentra as ETAs com menores vazões, predominando as do tipo compacta, que tratam menor volume de água, com turbidez relativamente baixa; logo, geram menor carga de lodo.

Quanto à produção do mesmo, foi observado que a bacia do rio Capibaribe recebe a maior carga diária, entre 50 e 50.000 kg/m³, de ETAs compactas e convencionais. Todavia a bacia GL 2 (grupo dos pequenos rios litorâneos) possui a maior ETA, a ETA Pirapama, que chega a tratar 5.130 L/s gerando mais de 150.000 kg/m³ de lodo por dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT/NBR-10004. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos sólidos – Classificação. 2a Ed. 2004.
2. ACHON C.L.; BARROSO M.M.; CORDEIRO J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. Eng. Sanit Ambient. v.18 n.2. pag. 115-122. Abr/jun 2013.
3. ALAMINO, R. de C. J. A utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: Viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais. Rio de Janeiro, 2010. xxi, 221 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
4. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA. Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 12216. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. 1992.
6. ASSOCIATION FRANCAISE POUR L'ÉTUDE DES EAUX - AFEE. Traitement des boues de stations de production d'eau potable. [S.l.]: AFEE, 1993.
7. CORNWELL, D. A. Water treatment residuals engineering. Denver: AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 2006.
8. DILLON, G. Application Guide to Waterworks Sludge Treatment and Disposal. [S.l.]: WRc, 1996.

9. GHEYI, H.R., PAZ, V. P., MEDEIROS, S.S., GALVÃO, C.O. Recursos hídricos em regiões semiáridas: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.
10. IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010.
11. KAWAMURA, S., Integrat design of water treatment facilities, New York, John Wiley & Sons, Inc, 1991.
12. LUCENTIN, L., PETTINE, P, STOTTMEISTER, E. MENICHINI, E. Chemical analysis of the quality of water for human consumption: Proposal for the revision of the performance requirements in the Drinking Water Directive 98/83/EC. TrAC Trends in Analytical Chemistry. Rome, Italy Volume 45, Pages 37-47, April 2013.
13. SILVA, C. A., SILVEIRA, C., SILVA, F.A., Klen, M.R.F., BERGAMASCO, R. Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e Moringa Oleifera. Engevista, V. 14, n. 3. p. 302-309, dezembro, 2012.