

III-104 - GERENCIAMENTO DO LODO GERADO NA ETE/UFRN: PROCESSO, CARACTERIZAÇÃO E DESCARTE FINAL

Wilson Costa Soares⁽¹⁾

Bacharel e Licenciado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (UFRN).

Vanda Maria Saraiva - Professora do IFRN

Endereço⁽¹⁾: Rua Tapirama, 238 – Conj. Parque dos Coqueiros - Natal –RN – CEP 59114 -290 - Brasil –
Tel: +55 (84) 8814 4090 e-mail: costasouarez@yahoo.com.br

RESUMO

O lodo é um subproduto gerado em Estação de Tratamento de Esgotos, que pelo volume produzido se torna importante tomar decisões corretas e viáveis quanto a o seu descarte final, tendo em vista os problemas ambientais que pode trazer se seu destino final não passar por um controle e gerenciamento. Este estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, que fica situada no bairro de Lagoa Nova, Zona Sul da Cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, distante 10 km do centro. Este trabalho tem como objetivo mostrar o processo de produção do lodo gerado pelo sistema operacional da ETE/UFRN, mostrar suas características quanto aos metais e matéria orgânica e mostrar as alternativas de disposição final do lodo como parte do gerenciamento da produção desse bio-sólido na ETE/UFRN. Para cumprir com os objetivos foram utilizados dados provenientes de estágio realizado na ETE/UFRN, artigos e livros relacionados com o tema. A estação de tratamento de esgotos domésticos do campus central da UFRN é do tipo valo de oxidação, a qual está atrelada à aeração prolongada e descarte de lodo excedente em leitos de secagem, estes devidamente secos são desprezados em aterros sanitários. O lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto do Campus Central da UFRN é rico em matéria orgânica, apresentando em média uma proporção 66,18% , não se distanciado de médias apresentadas por diversas literaturas (de 70 a 80% de matéria orgânica) sobre estudos dessa natureza. Quanto à disposição de metais existem a presença de metais pesados e essenciais dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA. O lodo gerado no tratamento das águas residuárias do Campus Central da UFRN apresenta características qualitativas e teores coerentes com a literatura consultada. Há várias alternativas para a disposição final desse resíduo, porém o reuso do lodo como insumo agrícola é uma alternativa interessante para o descarte final.

PALAVRAS-CHAVE: ETE/UFRN, Características de lodo, Reúso, Descarte final, Tratamento de esgoto

INTRODUÇÃO

Em 1983, o campus central da UFRN implantou a estação de tratamento de esgoto (ETE), buscando uma melhor alternativa em benefício do meio ambiente e dar um destino adequado as águas residuárias vindas de diversos setores da universidade, pois o tratamento dado a essas águas, até então, eram fossas sépticas e o destino final dos efluentes acontecia através de sumidouros (BEZERRA, 2004).

A estação de tratamento de esgoto da UFRN é um sistema constituído por valo de oxidação que tem como finalidade remover as impurezas físicas, químicas e biológicas das águas residuárias obtendo, no final do processo, um alto grau de purificação do efluente.

No decorrer desse tipo de processo se observa a geração de lodo residual, advindo da floculação, apresentando boa decantação, filtração e nenhum odor, esse processo representa em torno de 3% do volume do esgoto tratado em ETE. Esse resíduo sólido tem sido estudado em diversas instituições, em busca de alternativas para o destino final desses resíduos no intuito de diminuir possíveis impactos ambientais, dentre as possibilidades de reutilização se destaca o uso como fertilizante para melhoramento das características físico-químicas e biológicas dos solos utilizados para a prática agrícola. Porém para esse fim existem fatores limitantes como patógenos, compostos orgânicos voláteis e metais pesados, para os quais são necessários tratamentos específicos (VASCONCELLOS; MICANTO, 2005).

Andreoli et al. (1998, p. 01), considera que

A disposição final adequada deste resíduo é uma etapa fundamental no processo operacional de uma Estação de Tratamento de Efluentes - ETE e tem sido negligenciado. Os projetos em geral são absolutamente omissos em relação ao destino dos resíduos sólidos. Além dos benefícios ambientais e sociais, a gestão de biosólidos representa um mercado com boas perspectivas nas áreas de projeto, planejamento e gestão de serviços, equipamentos e insumos.

Este trabalho tem como finalidade descrever o processo de produção do lodo gerado pelo sistema operacional da ETE/UFRN, apresentar suas características quanto aos metais e matéria orgânica e mostrar as alternativas existentes para a disposição final do lodo como parte do gerenciamento da produção desse biossólido na ETE/UFRN. Para cumprir com os objetivos foram utilizados dados provenientes de estágio realizado na ETE/UFRN, artigos e livros relacionados com o tema.

Este estudo se torna importante à medida que trás informações, não só sobre o processo, gerenciamento e algumas características do lodo gerado pela ETE/UFRN, mas também a possibilidade de inferir sobre o tipo de águas residuárias que estão sendo disponibilizadas nos esgotos domésticos do Campus; bem como, ajudar a obter uma decisão correta para o destino final desse material e contribuir para estudos futuros sobre o reaproveitamento desse tipo de resíduo sólido gerado na UFRN.

A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DA UFRN

A UFRN em 1979 criou um projeto de uma estação de tratamento de esgoto do tipo valo de oxidação, procurando dar um destino às águas residuais sem prejudicar o meio ambiente e muito menos contaminar os mananciais aquíferos, fazendo o controle e o tratamento de forma a minimizar os impactos ambientais. Foi em maio de 1983 que a ETE/UFRN entrou em operação destinada a tratar todo o seu esgoto doméstico com uma capacidade para atender, inicialmente, a 550 pessoas residentes e 9450 pessoas não residentes, e uma população final de 1100 residentes e 18900 não residentes (BEZERRA, 2004).

A Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, fica situada no bairro de Lagoa Nova, Zona Sul da Cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, distante 10 km do centro, localizada a 5° 55' de latitude sul e 35° 12' de longitude oeste (FIG. 01). O sistema, inicialmente, foi operado sob a coordenação da Prefeitura do Campus, hoje é subordinada a Superintendência de Infraestrutura da UFRN.

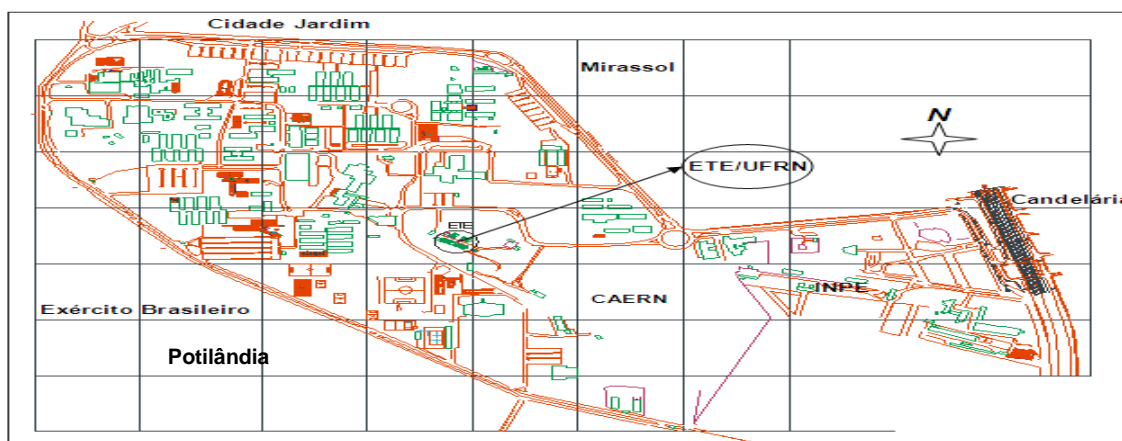


Figura 01: Planta de localização da ETE no Campus Universitário. Fonte: (BEZERRA, 2004)

Unidades operacionais da ETE/UFRN

Os afluentes das redes coletoras chegam até o poço de visita (PV-120), onde se dá a reunião de todos os ramais, por gravidade, através de uma tubulação de cerâmica de 250 mm de diâmetro. Assim a ETE fica posicionada, estrategicamente, em uma área mais baixa em relação ao plano topográfico do Campus (BEZERRA, 2004). O QUADRO 01 mostra o número de unidades operacionais existentes no sistema operacional da ETE/UFRN.

Quadro 01: Unidades operacionais

Quantidade	Unidades operacionais
01	Grade
02	Caixas de retenção de areia
01	Calha parshall
01	Medidor de vazão mecânico
01	Tanque de armazenamento de esgoto bruto
01	Casa de bombas de recalque de esgoto bruto e alojamento do operador
01	Valo de oxidação
02	Rotores de aeração e uma comporta reguladora de nível no valo
01	Decantador secundário e registro de descarga do lodo sedimentado
01	Tanque de contato
01	Chicanas e clorador (dosador)
01	Tanque de armazenamento de efluente tratado com casa de bombas de recalque de
01	Leito de secagem constituído de 04 células

Fonte: (BEZERRA, 2004)

ETE do tipo valo de oxidação

Os valos de oxidação são unidades compactas de tratamento com os mesmos princípios básicos de aeração prolongada e constituem estações de tratamento completo de nível secundário. Suas instalações, com o mínimo possível de unidades de tratamento, concentram processos físicos, químicos e biológicos.

Valo de oxidação também pode ser definido como um processo de depuração biológica chamado de lodos ativados modificados. Geralmente têm fluxo orbital equipado com dois aeradores mecânicos, de eixo horizontal, apoiados em plataformas de concreto, que são responsáveis por manter o líquido no valo em constante movimento. A quantidade de oxigênio introduzido na mistura através dos aeradores propicia o desenvolvimento de bactérias aeróbias que oxidam a matéria orgânica carbonácea e a nitrificação do nitrogênio orgânico total remanescente do afluente bruto (BEZERRA, 2004)

Os aeradores são peças importantes no Valo, pois proporciona o oxigênio necessário para metabolização dos organismos, promove a circulação e agitação necessária para evitar a sedimentação dos sólidos, elimina resíduos voláteis metabolizados e conserva os organismos do lodo em contato com a matéria orgânica suspensa e dissolvida (GODIN, 1976).

Fases do Tratamento

O tratamento da água passa por três fases: preliminar, secundária e terciária. O tratamento preliminar é a fase que envolve a remoção de partículas inorgânicas de maior dimensão, onde se encontram as seguintes unidades de operação: gradeamento, caixas de retenção de areia, medidor de vazão e estação elevatória de esgoto bruto (FIG. 02).

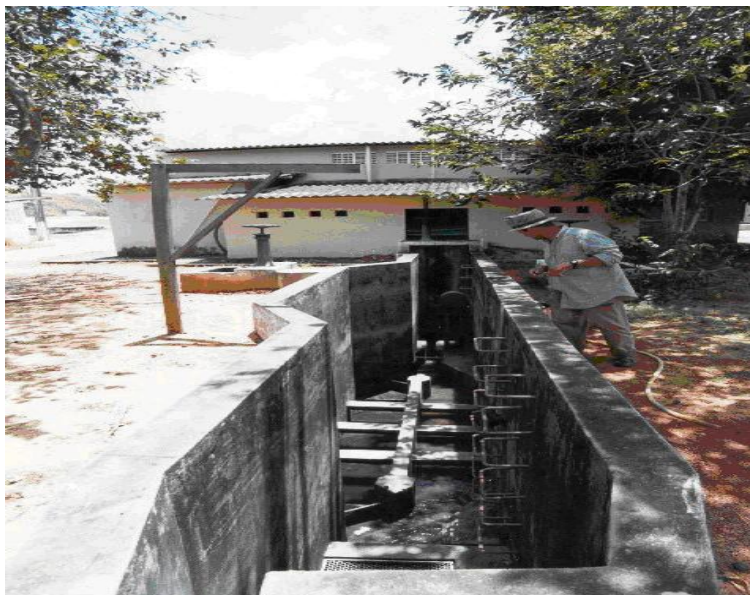


Figura 02: Gradeamento, caixas de areia e calha Parshall da ETE/UFRN. Fonte: (BEZERRA, 2004)

O tratamento secundário se dá através do valo de oxidação e decantador secundário, estes de grande importância para o processo de tratamento de águas residuárias. O valo de oxidação (FIG. 03a) é constituído de dispositivo de entrada, tanque de aeração, rotores de aeração, dispositivo de saída e comporta de regulação do nível de esgoto no valo. A introdução de oxigênio acontece através das palhetas dos rotores, a operação de retorno de lodo se dá pela operação contínua que exige um dispositivo de sedimentação (decantador secundário, FIG. 03b) em que se efetuará a descarga do lodo quando o excesso deste está interferindo no desempenho da ETE. A concentração de lodo recirculado que se deve manter é de 4000 a 8000 mg/L de sólidos em suspensão no valo de oxidação, o excesso é enviado para o leito de secagem através de descarga hidráulica por abertura de um registro, e o efluente é transferido para o tanque de armazenamento de esgotos tratados (FIG. 05b), antes desinfetado para eliminar os microorganismos.



Figura 03: a) Valo de Oxidação ; b) Decantador Secundário da ETE/UFRN. Fonte: (BEZERRA, 2004)

O tratamento terciário é a etapa final do processo de tratamento de águas residuárias em que se tem um sistema de desinfecção (tanque de contato, dosador a vácuo para gás cloro de 500 g/h e difusores de PVC rígido para injeção do gás, FIG. 04a, FIG. 04b e FIG. 05a), de tanque de armazenamento de efluente com capacidade de 523 m³ (FIG. 05b) e leito de secagem (FIG. 06), constituído de quatro células que recebem o excesso do lodo estabilizado aerobicamente, no valo de oxidação, a fim de retirar a umidade do lodo através de filtração e evaporação.



Figura 04: a) Abrigo dos cilindros de cloro; b) Tanque de contato recebendo o efluente para desinfecção

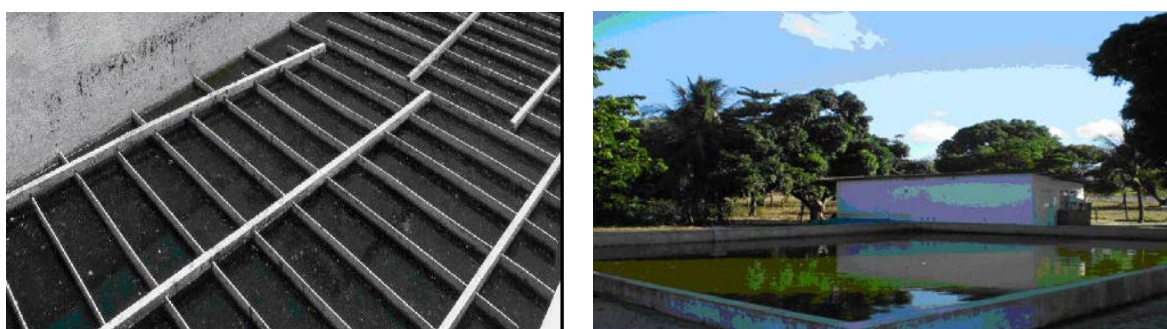


Figura 05: a) Vista do tanque de contato seco (chicanas para prolongar contato); b) Tanque de armazenamento de efluente tratado da ETE/UFRN. Fonte: (BEZERRA, 2004)



Figura 06: Leito de secagem. Fonte: (BEZERRA, 2004)

O lodo gerado em Estação de Tratamento de Esgoto – ETE

Segundo Von Sperling (1997), existem vários tipos de processo de lodos ativados, porém os mais utilizados têm as seguintes divisões dos sistemas de lodos ativados: quanto à idade do lodo (lodo ativado convencional e aeração prolongada) e quanto ao fluxo (contínuo e o intermitente, conhecido também como batelada). A ETE/UFRN utiliza o processo de lodo ativado por aeração prolongada de fluxo contínuo, em que a idade do lodo é elevada, a DBO desejada é baixa e a faixa de idade do lodo entre 18 a 30 dias (daí o nome aeração prolongada).

Nesse sistema há uma disponibilidade menor de alimento para as bactérias, fazendo com que elas, em seus processos metabólicos, utilizem a própria matéria orgânica que compõem suas células. Nesse processo, é produzido gás carbônico e água através da respiração, correspondendo assim a uma estabilização do lodo que ocorre no próprio tanque de aeração.

No sistema de aeração prolongada com decantação e recirculação, o lodo é acumulado no decantador secundário e as bactérias que o compõem ainda estão ativas para assimilar a matéria orgânica. Portanto, parte desse lodo volta para o valo para auxiliar a remoção da matéria orgânica, tendo em vista que quanto maior a concentração de biomassa, mais substrato é utilizado, ou seja, mais DBO é removida. À medida que se acentua o crescimento da produção de biomassa, é necessário fazer um descarte para manter o equilíbrio do sistema, pois se isso não acontecer, o volume de lodo crescerá e o aumento da concentração deste provocará uma sobrecarga no decantador, fazendo com que saiam junto com efluente e, portanto diminuindo a qualidade no final do tratamento.

O tratamento de águas residuárias provenientes de esgotos domésticos, portanto, “é feito pela separação de sólidos sedimentáveis e conversão de sólidos dissolvidos e coloidais por processos biológicos em metabólicos, apresentando como produtos finais: efluente tratado, lodo (compõe grande parte da carga do esgoto bruto original) e gases lançados na atmosfera”, Damascenos e Campos (1998).

Dependendo do ambiente onde o lodo foi gerado (composição da água residuária a ser tratado, tipo de tratamento, grau de estabilização e tipo de processo) ele pode representar em torno de 3% do volume do esgoto tratado em ETE's (VASCONCELLOS; MICANTO, 2005). Quando fresco, se apresenta com 98% de água e 70 a 80% dos sólidos que o compõem é matéria orgânica incluindo óleos e graxas, (DAMASCENO; CAMPOS, 1998).

Características do lodo da ETE/UFRN

As características do lodo quanto sua constituição material foi apresentada por Soares (2008), o qual se utilizou de amostras para analisá-las em ICP-OES. Os procedimentos a seguir se refere ao trabalho desenvolvido por Soares (2008) para obter informações sobre a existência de metais e da carga orgânica do lodo da ETE/UFRN.

A coleta para preparação das amostras foi realizada em diferentes pontos de uma das células do leito de secagem, como mostra a FIG. 07. O lodo coletado disposto na célula há 15 dias, tinha odor característico, cor escura e levemente úmido. Os pontos de coleta foram distribuídos em cinco pontos: dois pontos (P1, P2), próximo à calha de percolação do filtro a uma distância de 0.5 m das paredes, mais dois pontos (P3, P4), próximo à calha de descarga a 0.5 m das paredes e um ponto ao centro (P5), todos na célula 02 do leito de secagem.



Figura 07: Pontos de coleta. Fonte: (BEZERRA, 2004; SOARES, 2008)

A preparação da amostra passou pelo procedimento de pesagem, desidratação, incineração e maceração. Após passar por esses procedimentos, as amostras foram abertas a quente com ácido nítrico a 7,17 mol/L (APHA; AWWA; WPCF, 1989) e em seguida passou por filtragem a vácuo com papel de filtro quantitativo. O filtrado foi transferido para um balão de 1000 ml e completado com ácido nítrico a 0,011mol/L até a marca do menisco do balão volumétrico, deixando assim, as amostras acidificadas (pH de ~ 1,5) e prontas para leitura no ICP - OES.

Constituição de matéria orgânica e inorgânica

O lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto do campus central da UFRN é carregado de matéria orgânica apresentando em média 66,18% e a inorgânica de 33,82%, que não se distanciam de médias apresentadas por diversas literaturas (de 70 a 80% de matéria orgânica) sobre estudos dessa natureza, TAB. 01.

TABELA 01. Caracterização do lodo quanto a sua constituição material.

Amostra	Sólidos totais fixos (g)	Matéria Orgânica (%)	Matéria Inorgânica (%)
1	31,63	52,77	47,23
2	28,32	58,65	41,35
3	30,21	75,93	24,07
4	32,66	81,12	18,88
5	26,15	62,45	37,55
Média	23,35g	66,18	33,82

Fonte: (SOARES, 2008)

Disposição de metais em lodo das ETEs

Os lodos provenientes de estações de tratamento de esgotos domésticos ou industriais possuem em sua constituição a presença de metais, estes podem ser benéficos ou extremamente maléficos para o meio ambiente, dependendo da quantidade disponibilizada como descarte, devido ao efeito acumulativo no meio. Algumas definições classificam os metais em: elementos essenciais (Na, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Ni, Mg), microcontaminantes ambientais (As, Pb, Cd, Hg, Al, Ti, Sn, W) e os que apresentam ambas características, ou seja, são essenciais e simultaneamente microcontaminantes (Cr, Zn, Fe, Co, Mn, Ni), (AVILA-CAMPOS, 2008).

Os metais pesados (metais traço ou elementos traço, microcontaminantes ambientais) são elementos químicos que possuem peso específico maior ou igual a 5 g/cm³, existindo 38 elementos dentro dessa classificação, (ASSUNÇÃO; SÍGOLO, 1997). São geralmente tóxicos aos organismos vivos e, portanto considerados poluentes. Diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem e todas as formas de vida são afetadas pela sua presença, dependendo da concentração e forma química. Os principais elementos químicos dentro dessa classificação são: Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, Zn e W.

Quanto à disposição de metais no lodo da ETE/UFRN de acordo com a análise do ICP-OES, existe praticamente todos os metais em que foi proposto como averiguação no trabalho de Soares (2008), apenas com exceção da prata (Ag) que ficou abaixo do limite de detecção do equipamento, TAB. 02.

Tabela 02: Metais presentes nas amostras do lodo.

Metais	Amostra 1 mg/L	Amostra 2 mg/L	Amostra 3 mg/L	Amostra 4 mg/L	Amostra 5 mg/L	Média mg/L
Alumínio (Al)	268,600	244,800	204,600	32,790	231,200	196,398
Cádmio (Cd)	0,068	0,069	0,079	0,022	0,057	0,059
Cálcio (Ca)	162,800	181,100	79,200	48,440	218,400	137,988
Chumbo (Pb)	0,621	0,698	0,668	0,426	0,608	0,604
Cobre (Cu)	1,385	1,590	1,360	0,229	0,596	1,032
Cromo (Cr)	0,236	0,240	0,235	0,028	0,226	0,193
Ferro (Fe)	82,880	83,340	62,440	6,220	86,870	64,350
Fósforo (P)	126,600	146,800	94,080	7,620	199,000	114,820
Manganês (Mn)	2,437	2,694	1,381	0,644	3,230	2,077
Magnésio (Mg)	50,450	56,880	20,650	13,800	76,320	43,620
Níquel (Ni)	0,298	0,272	0,331	0,130	0,411	0,288
Potássio (K)	42,710	46,990	16,010	11,860	52,960	34,106
Sódio (Na)	22,280	25,030	10,040	8,290	25,660	18,260
Zinco (Zn)	21,010	22,20	21,610	8,677	26,610	20,0214
Prata (Ag)	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*
LD*- Limite de Detecção. Fonte: (SOARES, 2008)						

Foram detectados Na, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Ni e Mg, metais importantes para a manutenção da matéria viva. A grande quantidade de nutrientes como K, Ca, Mg, P, encontrados no lodo da ETE/UFRN, é considerado positivo, pois possibilita a disponibilização destes em áreas de cultivo agrícola ou de reflorestamento, após tratamento adequado dos patógenos.

Dos microcontaminantes ambientais presentes nas amostras (Pb, Cd, Al), o alumínio apresenta-se em maior quantidade, em relação a todos os outros metais. Em relação aos elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes é registrada a presença de Cr, Zn, Fe, Co, Mn e Ni.

DESCARTE FINAL DO LODO

Nos resíduos sólidos provenientes de ETEs podem ser encontradas quantidades consideráveis de contaminantes e agentes patogênicos, podendo trazer sérios prejuízos ao meio ambiente se não corretamente tratados ou dados um destino final adequado. Portanto, a disposição final desses resíduos deve visar à minimização dos possíveis impactos ambientais e necessitam, sobretudo de um gerenciamento que contemple desde o início da produção até a sua disposição final, visando obter a qualidade e as características do lodo para uma melhor decisão quanto ao seu descarte. Como opção de destino final, se tem: disposição em aterro sanitário (mais comum acontecer), incineração, disposição no mar, disposição no solo (como insumo agrícola) e, outros estudos apontam para a viabilidade do uso desse resíduo em indústrias cerâmicas e asfálticas.

A ETE/UFRN tem destinado seu material residual sólido (lodo) para aterros sanitários e o efluente final é usado para irrigação do campo de futebol do Departamento de Educação Física e algumas áreas adjacentes. (BEZERRA, 2004).

O aterro sanitário é um espaço onde os resíduos sólidos urbanos são confinados e sobrepostos em camadas intercaladas de terra, na menor área possível do solo, esse procedimento gera subprodutos como gás metano e chorume. O objetivo dessa técnica é evitar problemas de saúde pública e minimizar impactos ambientais, (ARAÚJO, 2008). Em se tratando da disponibilização do lodo em aterros podemos citar duas modalidades de acordo com Araújo (2008): aterro sanitário exclusivo e disposição junto com resíduos sólidos urbanos.

A desvantagem dessa técnica é que os nutrientes do lodo não podem ser aproveitados, pode reduzir a vida útil do aterro e se houver contaminação por efluentes industriais suas características são alteradas e passam a ser um produto de natureza perigosa, necessitando de cuidados especiais.

A técnica de incineração apenas reduz o volume do resíduo e não resolve o problema de sua disposição final totalmente, pois ao incinerar o lodo (possui de 60 a 80% de matéria orgânica, água, argila, dentre outros) 4% de sua massa total sobram em forma de cinzas, que necessitam novamente de um descarte. Recomenda-se que

as cinzas sejam disponibilizadas em aterro sanitário, devido a possibilidade de lixiviação dos metais, sendo desaconselhável sua disponibilização diretamente no solo. (SANTOS, 2003 apud ARAÚJO, 2008)

O lodo também pode ser reutilizado como matéria prima a serem adicionadas na massa de fabricação de tijolos, telhas e outros materiais da indústria cerâmica. Resultados de pesquisas mostram que a incorporação do lodo na massa desses materiais afeta absorção da água, retração linear, perda de massa e resistência mecânica. Porém, mesmo havendo diminuição, os parâmetros estabelecidos nas normas são atingidos apontando para a viabilidade de sua reutilização na massa de produtos cerâmicos. (INGUZA et al, 2006)

Uma das alternativas de reuso do lodo bastante investigada é sua disposição como insumo agrícola, tendo em vista a viabilidade da reciclagem dos nutrientes e a promoção de melhorias físicas na estruturação do solo e ser uma solução definitiva para sua disposição. (DAMASCENO; CAMPOS, 1998)

A alternativa de disposição final do lodo para o uso agrícola é uma boa opção, pois se está transformando um material residual em um importante insumo agrícola rico em matéria orgânica e de nutrientes. Porém sua utilização demanda cuidados, porque traz riscos associados aos elementos traços, agentes patogênicos, problema com odor e atração de vetores. Por isso é necessário observar alguns critérios e procedimentos colocados pela resolução CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006) na qual regulamenta o uso do lodo de ETE's na agricultura.

Os resultados da análise do lodo da ETE/UFRN comparados ao limite permitido pelo CONAMA da concentração de metais pesados em mg/kg em matéria seca, para alguns metais, estão dentro da normalidade (TAB. 03). Essa relação se faz necessária para se ter uma noção dos valores limites aceitos por instituições governamentais que regulam o descarte de resíduos no meio ambiente.

Tabela 03: Comparativo de concentração de substâncias inorgânicas em lodo.

Substâncias inorgânicas	Concentração máxima permitida pela resolução CONAMA 375/2006 (mg/Kg)	Concentração encontrada no lodo ETE/UFRN (mg/Kg)
Cádmio (Cd)	39	1,98
Chumbo (Pb)	300	20,27
Cobre (Cu)	1500	34,64
Cromo (Cr)	1000	6,48
Níquel (Ni)	420	9,67
Zinco (Zn)	2800	671,99

Apesar de não ter dados relativo aos agentes patogênicos, se torna importante colocar que este reflete o perfil de saúde da população usuária do sistema, podendo conter bactérias, vírus, fungos, protozoários e helmintos, na qual se torna necessário estabelecer um sistema de tratamento do lodo. A resolução CONAMA 375/06 (BRASIL, 2006) limita a concentração destes patógenos conforme mostra a TAB.04.

Tabela 04: Limites de agentes patogênicos em lodo.

Tipo de lodo de esgoto	Concentração de patógenos
A	Coliformes Termotolerantes <103
	NMP / g de ST
	Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST
	Salmonella ausência em 10 g de ST
	Vírus < 0,25 UFP ou UFF / g de ST
B	Coliformes Termotolerantes <106
	NMP / g de ST
	Ovos viáveis de helmintos < 10 ovos / g de ST
ST: Sólidos Totais; NMP: Número Mais Provável; UFF: Unidade Formadora de Foco	
UFP: Unidade Formadora de Placa	

Fonte: CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006, p.560)

Para que o lodo seja utilizado como insumo agrícola é necessário passar por um tratamento que diminua de forma significativa o teor de micro-organismos patogênicos, as condições de estabilização, desidratação e desinfecção do lodo para o uso agrícola pode ser feito por dois tipos de processo: compostagem e calagem. O QUADRO 02 mostra as definições e vantagens de cada um dos processos.

Quadro 02: Tipos de tratamento sanitário para lodos de ETE's.

Compostagem	Processo de tratamento biológico na qual o lodo ao ser misturado a um resíduo estruturante rico em carbono (palha, restos de poda de árvores e serragem, dentre outros) sofre a ação de micro-organismos termofílos que elevam a temperatura do meio eliminando os patógenos.	Tem alta eficácia na eliminação dos patógenos O produto final tem alta qualidade agronômica
Calagem	A calagem é um processo de tratamento químico que usa a cal misturada ao lodo para estabilização e desinfecção, age através do aumento brusco da temperatura(em torno dos 60°C) e pela elevação do pH superior a 12, isso destrói a maior parte dos patógenos presentes no lodo.	Alternativa simples para o tratamento; Custo relativamente baixo; Atua na estabilização química do lodo; reduzindo o problema do odor; Aumenta a porosidade do produto final; O efeito do Ca no solo eleva o pH, condição favorável para solos ácidos.

Fonte: Andreoli et al (1998)

O lodo como insumo agrícola pode ser utilizado na maioria das culturas por ser um rico fertilizante, mas esse biossólido necessita de cuidados quanto ao seu uso, pois oferece risco de contaminação por patógenos. A resolução 375/06 determina, em seu art. 12, a proibição do uso de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, a permissão fica facultada após um período mínimo de 24 meses da última aplicação para pastagem e de mínimo de 48 meses da última aplicação para culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Os Lodos de esgoto ou produto derivado Classe A poderão ser utilizados para quaisquer culturas, desde que respeitadas as restrições previstas, a Classe B é restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação, respeitadas as restrições. CONAMA 357/06 (BRASIL, 2006, p. 560-561). Andreoli et al. (1998) coloca que as culturas mais indicadas são do tipo gramíneas, principalmente aquelas de grande cultivo como milho, trigo, sorgo e cana de açúcar, as quais, normalmente, passam por processos de industrialização levando o risco de contaminação a quase zero.

A reutilização do lodo produzido pela ETE/UFRN como fertilizante de solo seria uma boa opção, tendo em vista que a cada 15 dias é disponibilizado no leito de secagem um volume de 6 m³ de lodo úmido, portanto uma quantidade bastante considerável. Quanto ao teor de metais e matéria orgânica se mostra viável, no entanto para sua utilização como insumo agrícola seria necessário um estudo sobre os microrganismos patogênicos e a devida higienização, uma das técnicas interessantes para isso é a compostagem. Dentro desta proposta de reutilização é necessário observar os critérios e procedimentos exigidos pela Resolução CONAMA 375/06, e estabelecer um modelo de gerenciamento da produção do lodo para manter o nível de qualidade desejado. O QUADRO 03 mostra um possível modelo de gerenciamento para se obter um lodo de qualidade para utilização na produção de insumo agrícola.

Quadro 03: Proposta de gerenciamento do lodo produzido na ETE/UFRN para reúso agrícola.

Etapas de gerenciamento do lodo para reúso em atividades agrícolas	
Etapas	Responsável técnico, agentes fiscalizadores
Características da Estação Características do Sistema de desinfecção Área para Gerenciamento do Lodo 4. Avaliação da Qualidade do Lodo: 4.1 Parâmetros agrônômicos 4.2 - Metais pesados 4.3 - Estabilização 4.4 - Sanidade	Operador da ETE
5. Recomendação Agrônômica: 5.1 Responsabilidade Técnica 5.2 Restrições Ambientais 5.3 Características do Solo 5.4 Culturas mais Aptas 5.5 Dose de Aplicação 5.6 Critérios de Aplicação 5.7 Depósito Temporário na Propriedade 5.8 Precauções no Transporte	Engenheiro Agrônomo
6. Monitoramento Ambiental 6.1 - Responsabilidade 6.2 - Regiões de Monitoramento Ambiental 6.3 - Controle de Qualidade do Lodo 6.4 - Monitoramento a nível de Propriedade Rural	UFRN, IBAMA, SEMURB, IDEMA.
7. Responsabilidades da ETE 7.1 - Controle e Arquivo da Documentação 7.2 - Controle da Liberação de Lotes de Lodo	Operador da ETE

Adaptado de Adreolli et al (1998, p. 10).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de mostrar o processo de produção do lodo gerado pelo sistema operacional da ETE/UFRN, fazer a caracterização quanto à presença de metais e teor de matéria orgânica e dar algumas alternativas para o descarte final do lodo.

O lodo gerado na estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte possui tanto metais pesados (microcontaminantes ambientais) como metais que propiciam o crescimento e o desenvolvimento dos seres vivos, conhecidos como metais essenciais. As quantidades presentes no lodo estão dentro dos limites determinados pela Resolução CONAMA 375/06, que estabelece critérios e parâmetros para o uso em áreas agrícolas. Isso demonstra a viabilidade do lodo da ETE/UFRN como um rico material que pode ter outro destino diferente do aterro sanitário.

Existe como opção de destino final do lodo a disposição em aterro sanitário, a incineração, disposição no mar, disposição no solo e até mesmo estudos apontam para a viabilidade do uso desse resíduo em indústrias cerâmicas e asfálticas. Para a ETE/UFRN uma opção interessante seria a disposição no solo, tendo em vista o volume de lodo produzido e sua riqueza orgânica e mineral essencial para manutenção de áreas verdes e de cultivo.

Concluimos que um estudo mais aprofundado, incluindo a investigação qualitativa e quantitativa de natureza microbiológica deve ser feito, de maneira a complementar os dados desta pesquisa, tendo em vista que, pela riqueza do material estudado, se faz necessário repensar o destino final dado a esses resíduos, observando a possibilidade de aplicá-los em áreas de produção agrícola, reflorestamento e na recuperação de solos degradados, contribuindo assim, para um descarte ambientalmente correto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; BONNET, B. R. P.; PEGORINI, E. S. Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico. **Engenharia e Construção**, Curitiba, setembro/98, n. 24.
2. APHA, AWWA, WPCF. **Métodos Normalizados para el analisis de aguas potables y residuales**. Madrid: Diaz de santos, 1989. p. 3/5-9.
3. ARAÚJO, Franciulli da Silva Dantas de. **Influência do lodo de ETE na massa de fabricação de cerâmica vermelha**. 2008. 76f. Natal: Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
4. ASSUNÇÃO, J. C. B. SIGOLO, J. B. Influência do Ambiente Tropical Em Lodos Gerados Na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri-Sp: Comportamento dos Metais Pesados. **Revista Brasileira de Geociências**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 355-364, 1997.
5. BEZERRA, Antônio Hermes. **Caracterização do sistema operacional da Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN**. 2004. 78f. Natal: Dissertação (Mestrado Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
6. BRASIL. **Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Publicada no DOU nº 167, de 30 de agosto de 2006, Seção 1, páginas 141-146.
7. DAMASCENO, Simone, CAMPOS, J. R. **Caracterização de lodo de estação de tratamento de esgotos para uso na agricultura**. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1998, Lima. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Lima, 1998. v. 1.
8. GONDIN, J.C. **Valos de Oxidação Aplicados a Esgotos Domésticos**. São Paulo: CETESB, 1976.
9. IMHOFF, K. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.
10. INGUNZA, M. P. D; TINÓCO, J. D; NASCIMENTO, R. Maribondo; ARAÚJO, A. L. Calado de; BRITO, Luiz P. de; LIMA, A. Dantas de . **Uso de lodo de ETE como matéria-prima para fabricação de tijolos na região de Açu/RN/Brasil**. In: XXX Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este, Uruguay. Cd do XXX Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este : AIDIS, 2006. v. 1. p. 1-9.
11. SOARES, Wilson Costa. **Caracterização do Lodo gerado na estação de tratamento de esgotos da UFRN: Uma averiguação sobre os metais**. 2008. 25f. Relatório de estágio (Graduação em Química Bacharelado) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Natal, 2008.
12. SKOOG, Douglas A. HOLLER, F. James, NIEMAN, Timothy A. Trad. Ignez Caracelli [et al]. **Análise Instrumental**. Porto Alegre : Bookman, 5.ed. 2002. cap.10, p. 215 -229; cap. 12, p.254 -270.
13. VASCONCELLOS, C. K.; MINCATO, R. L. **Determinação dos teores de metais pesados [Cromo(III), Cádmio (II), Manganês (II) e Níquel (II)] nas amostras do lodo da ETE - Jundiaí - SP..** In: IX Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas, 2004. Campinas - SP. Resumos do IX Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas. Campinas - SP: PUC-Campinas, 2004. v. Único. p. 33-33.
14. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Lodos ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Vol. 4.1997.