

### III-511 - PREVISÃO DO NITROGÊNIO AMONIAICAL A PARTIR DA MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

**Derovil Antonio dos Santos Filho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Laís Roberta Galdino de Oliveira**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Daniela dos Santos Santana**

Engenheira Ambiental pela UNINASSAU. Gerente de projetos do Grupo de Resíduo Sólidos/UFPE.

**Mauricio Alves da Motta Sobrinho**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande e doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine - França. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, coordenador e professor do Programa de pós-Graduação em Engenharia Química e professor do programa de pós-graduação m Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Pesquisador 2 do CNPq.

**José Fernando Thomé Jucá**

Graduado em Engenharia Civil pela UFPE. Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidade Politécnica de Madrid. Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Coordenador e criador do Grupo de Geotecnia Ambiental (GRS/UFPE), onde coordena vários projetos. Pesquisador do CNPq desde 1991, com bolsa de produtividade 1B desde 2005. No período de 1995 a 1998 foi o Presidente ITEP e de 2005 a 2010 foi Diretor CETENE. Em 2014 assume a Coordenação Adjunta do Comitê de Avaliação das Engenharias I da CAPES.

**Endereço <sup>(1)</sup>:** Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária - Recife - PE. - CEP: 50670-901 - Brasil - Tel: +55 (81) 8848-3212 - Fax: +55 (81) 2126-8222 - e-mail: [derovilsantos@gmail.com](mailto:derovilsantos@gmail.com)

#### RESUMO

A variabilidade composicional de efluentes complexos, como no caso de lixiviados gerados em aterros sanitários, interfere grandemente na tomada de decisão quando, por exemplo, a melhor estratégia de tratamento a ser empregada. Muitos parâmetros-chave são de difícil medição, possuem custo elevado ou ainda requerem equipamentos que necessitam capacidade técnica específica. O uso de métodos indiretos de medição de parâmetros específicos de fácil medição é uma forma de tornar mais eficaz e precisa a tomada de decisões técnicas. Este trabalho buscou correlacionar a concentração de nitrogênio amoniacal à condutividade elétrica do lixiviado do Aterro Controlado da Muribeca, localizado em Jaboatão dos Guararapes – PE. A metodologia utilizada consistiu no uso da correlação Linear de Pearson (r) e da análise de variância para avaliar a correlação entre estes dois parâmetros. No primeiro momento utilizando a correlação de Pearson, o valor de r foi de 0,57988, indicando uma correlação moderada. A construção do gráfico de resíduo evidenciou, entretanto, os extremos da curva, obtendo-se assim um novo valor de  $R^2$ , onde se observou um incremento na variabilidade de cerca de 72%. Desta forma, pode-se dizer que o tratamento realizado obteve bons valores de R e  $R^2$ , ou seja, 0,84965 e 0,72191 respectivamente, salientando ainda que a análise de variância, verificou que existe correlação entre estas duas variáveis, o valor de p foi de 0,000016, ou seja, menor do que 0,05. Considerou-se que o modelo de Person é útil para prever a concentração do nitrogênio amoniacal em função da condutividade elétrica do lixiviado. Sugere-se a utilização da curva da reta para estimativa da concentração de nitrogênio amoniacal, para acompanhamento diário na Estação de Tratamento de Efluentes, principalmente estações de tratamento de pequeno porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo Sólido Urbano (RSU), lixiviado de aterro, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, correlação de Person e monitoramento ambiental.

## INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos gerados em um país está correlacionada ao nível cultural, educacional e de urbanização, além do poder de compra dos habitantes, dentre muitos outros fatores (BNDS, 2013). Em 2013, o Brasil coletou cerca 209.280 tonelada/dia de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que representava naquele momento uma geração per capita de cerca de 1,041 kg/hab./dia (ABRELPE, 2013). De acordo com a ABRELPE (2013) apenas 58,3% desse quantitativo de RSU foram destinados a aterros sanitários.

A Lei nº 12.305/10, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), traz os instrumentos importantes para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. No âmbito de destinação final dos resíduos, a PNRS criou uma meta para a eliminação dos lixões existentes e a disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos até 2014. Tal meta não foi atendida, apesar de haver diminuição significativa no número de lixões, e consequentemente, um aumento significativo dos aterros sanitários.

A disposição final em aterro sanitário é o método mais simples e barato de disposição de resíduos sólidos urbanos (EEA, 1998). No entanto, é importante salientar que tais áreas de despejo não podem ser consideradas como o ponto final para muitas das substâncias contidas ou produzidas a partir do lixo urbano, devido à translocação das mesmas em diversos compartimentos, além da proliferação de doenças e da degradação ambiental (SISINNO & MOREIRA, 1996) que este tipo de disposição ocasiona. O Aterro sanitário acumula resíduos com diferentes estágios de decomposição, decorrentes da degradação natural que não ocorre de forma uniforme, em função da diversidade de tipos de resíduo, da idade dos mesmos, entre outros fatores. Com isso, os contaminantes não atingem picos máximos e mínimos de concentração ao mesmo tempo (PAES, 2003).

Uma das principais problemáticas desse sistema de disposição é a produção de lixiviado, que é a mistura do efluente líquido gerado a partir da decomposição natural da matéria orgânica contida na massa de resíduos, juntamente com a água que se infiltrou pela camada de cobertura ou pelo solo e pela própria umidade dos resíduos. O lixiviado gerado em aterros de resíduos sólidos é um efluente que possui uma grande variedade de compostos de natureza orgânica e inorgânica. Esse efluente sofre, ao longo do tempo, modificações químicas, físicas e biológicas, que dependem, dentre outras variáveis, das condições existentes dentro das células do aterro, da composição gravimétrica do lixo, das condições climáticas locais, das características do solo e camada de cobertura, das condições de operação e manejo do aterro e do grau de degradação dos resíduos (estabilização).

A caracterização do lixiviado pode se tornar instrumento fundamental para gerar subsídio para melhor escolha do processo ou técnica de tratamento de lixiviados.

De acordo com MORAVIA (2007), o “lixiviado novo” apresenta compostos orgânicos biodegradáveis, baixa concentração de nitrogênio amoniacal e elevada concentração de ácidos graxos voláteis de baixa massa molecular e o “lixiviado velho” apresenta baixa concentração de material orgânico biodegradável, elevada concentração de nitrogênio amoniacal e de compostos orgânicos refratários.

No Brasil, SOLTO e POVINELLI (2007), reuniram dados disponíveis na literatura referente a 25 aterros localizados em nove estados brasileiros, com o objetivo de elaborar uma caracterização do lixiviado de aterros brasileiros, já que os dados disponíveis em literatura usualmente apresentam dados oriundos do exterior e, principalmente de países de clima temperado. Com base neste levantamento foram construídas distribuições de frequência que permitiram determinar as faixas mais prováveis (FMP) de concentração para algumas variáveis físico-químicas do lixiviado, conforme a Tabela 1

Tabela 1- Características do lixiviado de aterros brasileiros. Fonte: Souto e Povinelli, 2007.

VARIÁVEL	FAIXA MÁXIMA	FAIXA MAIS PROVÁVEL	FVMP
pH	5,7 – 8,6	7,2 – 8,6	78%
Alcalinidade total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	750 - 11	400 750 - 7 100	69 %
Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	95 - 3 100	95 – 2 100	81 %
Condutividade (µS/cm)	2 950 - 25 000	2 950 - 17 660	77 %
DBO (mg/L)	< 20 - 30 000	< 20 - 8 600	75 %
DQO (mg/L)	190 – 80 000	190 - 22 300	83 %
Óleos e Graxas (mg/L)	10 - 480	10 – 170	63 %
Fenóis (mg/L de C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	0,9 – 9,9	0,9 – 4,0	58 %
NTK (mg/L)	80 - 3 100	não há	-
N-amoniaco (mg/L)	0,4 - 3 000	0,4 - 1 800	72 %
N-orgânico (mg/L)	5 - 1 200	400 - 1 200	80 %
N-nitrito (mg/L)	0 - 50	0 – 15	69 %
N-nitrato (mg/L)	0 - 11	0 – 3,5	69 %
P-total (mg/L)	0,1 - 40	0,1 – 15	63 %
Sulfeto (mg/L)	0 - 35	0 – 10	78 %
Sulfato (mg/L)	0 - 5 400	0 - 1 800	77 %
Cloreto (mg/L)	500 - 5 200	500 - 3 000	72 %
Sólidos totais (mg/L)	3 200 - 21 900	3 200 - 14 400	79 %
Sólidos totais voláteis (mg/L)	630 - 20 000	630 - 5 000	60 %
Sólidos totais fixos (mg/L)	2 100 - 14 500	2 100 - 8 300	74 %
Sólidos suspensos totais (mg/L)	5 - 2 800	5 – 700	68 %
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	5 - 530	5 – 200	62 %
Ferro (mg/L)	0,01 - 260	0,01 – 65	67 %
Manganês (mg/L)	0,04 – 2,6	0,04 – 2,0	79 %
Cobre (mg/L)	0,005 – 0,6	0,05 – 0,15	61 %
Níquel (mg/L)	0,03 – 1,1	0,03 – 0,5	71 %
Cromo (mg/L)	0,003 – 0,8	0,003 – 0,5	89 %
Cádmio (mg/L)	0 – 0,26	0 – 0,065	67 %
Chumbo (mg/L)	0,01 – 2,8	0,01 – 0,5	64 %
Zinco (mg/L)	0,01 – 8,0	0,01 – 1,5	70 %

Onde: FVMP: frequência de ocorrência dos valores mais prováveis Fonte: Souto e Povinelli, 2007..

Já Santos (2003), confeccionou a caracterização do lixiviado no Aterro Controlado da Muribeca/PE.

**Tabela 2: Caracterização do lixiviado do Aterro da Muribeca agrupado em períodos chuvosos e secos, do ano de 2002. Fonte: SANTOS (2003).**

Parâmetros	Média do período chuvoso	Média do período seco
T(°C)	28,5	31,0
pH	8,0	8,1
Salinidade(‰)	3,7	8,6
TDS (mg/L)	3183,5	8045,5
Condutividade (mS/cm)	6,3	14,4
DQO	1407,8	2663,4
DBO	581,7	756,4
Turbidez (NTU)	631,7	317,1
Cor (Pt-Co)	2958,3	3945,2
Cloretos (mg Cl-/l)	1799,5	2571,9
Alcalinidade (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	1870,8	2193,2
AGV (mg/L)	195,4	241,8
ST (mg/L)	4657,3	6548,5
STF (mg/L)	3590,0	5090,1
STV (mg/L)	1065,8	1412,0
SST(mg/L)	958,9	732,9
SSF (mg/L)	767,6	538,7
SSV (mg/L)	191,3	194,3
Óleos e graxas (mg/L)	94,9	84,6
Nitrogênio total (N- NTK) (mg/L)	6,7	6,8
Nitrogênio Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg/L)	137,5	359,9
Nitrato (mg/L)	2,7	2,2
Nitrito (mg/L)	5,2	3,9
Fósforo (mg/L)	3,7	4,2
Sulfato (mg/L)	200,3	215,0
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	6,55 x 10 <sup>7</sup>	3,81 x 10 <sup>6</sup>
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	7,12 x 10 <sup>5</sup>	4,64 x 10 <sup>5</sup>

Observa-se uma diluição ocasionada pela intrusão da água de chuva, que reduz a quantidade de matéria orgânica e inorgânica por unidade volumétrica e sendo assim há uma redução desses parâmetros. Outro fator relacionado a esses dois parâmetros é a relação DQO/DBO, no período chuvoso, a relação média foi de 2,4, e no período seco, de 3,5 (SANTOS, 2003).

A rede Tratalix/Finep (2014) realizou a caracterização de diferentes lixiviados em diversos aterros no Brasil. Verificou-se uma grande variação na composição de vários lixiviados. Salientado que o lixiviado correspondente a UFPE foi coletado no Aterro da Muribeca/PE (Tabela 3).

**Tabela 3- Caracterização do lixiviados das diferentes instituições. Fonte: Tratalix/Finep (2014)**

Parâmetros	Unidade	UEM	UEPB	UFBA	UFPR	UFSC	Unisinos	USP	UFPE	UERJ	UFRGS	UEL
Idade do aterro	anos											
Vazão de lixiviado	m <sup>3</sup> /h											
DQO total	mg/L	3816	4965	4437	2584	3047,62	3992,02	2881,99	619,25	2711,3	3782,43	
DQO filtrada	mg/L	3353	4712	3789	2418	2981,37	3656,69	2484,47	503,14	2918,24	3773,58	
Carboidratos	mg/L	163	235	134	137	137,08	232,44	114,1	11,65	96,33	86,0	
Lípidos	mg/L	246	292	224	369	861,63	323,02	243,88	1,65	143,62	146,69	
Substâncias Húmicas	mg/L	88	1550	929	464	681,14	1997,43	1619,71	76,86	637,85	885,1	475,75
Proteínas	mg/L	70	1091	714	637	868,68	1131,78	1490,64	102,45	676,14	842,46	469,24
Alcalinidade	mg/L	5678	11605	8722	7417	10954,0	9699,0	10459,0	2025	6405	6514	2372
pH	-	7,95	8,48	8,42	8,27	8,20	7,99	8,08	7,75	8,82	8,26	9,23
N-NH <sub>3</sub>	mg/L	540	1965	1502	1424	1949,0	1685,0	2178,0	388,96	1228,11	1163,28	
Fósforo	mg/L	21	19	24	16	23,6	47,9	16,4	7,4	16,8	16,4	1,4
ST	mg/L	10284	19442	12424	5770	10408,0	12210,0	12640,0	3030	9264	8086	5312
STF	mg/L	5458	15916	9712	4262	8568,0	8756,0	8550,0	2440	8288	6710	4246
STV	mg/L	4826	3526	2712	1508	1840,0	3454,0	3910,0	590	976	1376	1066
SST	mg/L	590	176	185	49	106,7	302,5	234,0	8,5	46,6	52	41,8
SSF	mg/L	213	12	113	22	31,3	155,0	112,0	1,5	25,4	19,5	17,6
SSV	mg/L	377	164	72	27	75,3	147,5	122,0	7,0	21,1	32,5	24,1

O uso de métodos indiretos de medição de parâmetros específicos é uma forma de tornar mais eficaz, rápida e precisa na tomada de decisões técnicas sobre um determinado efluente complexo. A determinação de um parâmetro simples que permita indiretamente determinar ou estimar um outro mais complexo de forma mais prática, barata e rápida é uma boa estratégia a ser observada, sobretudo em situações de custo limitantes ou em situações específicas, como no caso de aterros sanitários operados por prefeituras de municípios de pequeno porte.

Algumas análises além de possuírem elevado custo operacionais e de manutenção ou ainda requerem pessoal técnico especializado.

O nitrogênio amoniacal é um parâmetro importante de ser monitorado em um aterro sanitário. Sobretudo, para aterros em fase de estabilização, quando suas concentrações atingem seu máximo, seu valor elevado pode interferir na operação de sistemas biológicos e físico-químicos, requerendo assim monitoramento constante. Sua determinação entretanto, necessita do uso de equipamentos caros e pessoal técnico especializado. A condutividade elétrica por sua vez é um parâmetro de medição simples, rápida e barata. Neste trabalho, avaliou-se a correlação entre os parâmetros condutividade elétrica e nitrogênio amoniacal, visando alcançar menores custos no monitoramento do lixiviado e maior rapidez na obtenção dos resultados.



## MATERIAIS E MÉTODOS

### Descrição do local de estudo

O Aterro Controlado da Muribeca localiza-se no Estado de Pernambuco, na Região Metropolitana do Recife (RMR), no município de Jaboatão dos Guararapes a cerca de 15 km da cidade do Recife (coordenadas geográficas 8° 9' 50" S e 34° 59' 00" W) (Figura 1), segundo MACIEL (2009) .

A deposição de RSU nesta área teve início em 1985, como um vazadouro a céu aberto. Em 1994, o aterro passou por um programa de recuperação ambiental, que objetivou transformar o lixão em aterro controlado. A principal mudança foi a disposição dos resíduos em nove células isoladas. Sete anos depois, em 2001, o aterro teve as vias de acesso das células isoladas preenchidas e elevação da altura das mesmas a 60 metros de resíduos, devido à necessidade de aumentar sua vida útil do aterro (OLIVEIRA, 2013). O Aterro da Muribeca possui uma área de 62 hectares e uma quantidade de resíduos acumulada estimada em mais 11 milhões de toneladas. O aterro encontra-se fora de operação desde julho de 2009. Em operação chegou a receber cerca de 2.000 t de RSU por dia dos municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes, Moreno e de particulares.



**Figura 1 - Vista aérea do Aterro Controlado da Muribeca. Fonte: GOOGLE MAPS (2012) adaptado por OLIVEIRA (2013)**

Em 2002, iniciaram-se as obras tanto do sistema de drenagem do gás, como da Estação de Tratamento de Lixiviado (ETL). A concepção adotada para a ETL foi um tratamento biológico, através de duas lagoas decantação, uma anaeróbia, seguida de três facultativas e o tratamento bioquímico, através de fitorremediação (LINS, 2011). Até setembro de 2002 todo lixiviado produzido era lançado no rio Muribequinha, contudo, com a construção da ETL, em outubro de 2002, todo lixiviado foi drenado para mesma (PAES, 2003).

Com o encerramento das atividades, do Aterro da Muribeca, em julho de 2009, houve a tendência de o lixiviado ficar menos biodegradável, comprometendo o sistema atual (LINS, 2011). Por esse motivo, em Abril de 2013, o lixiviado produzido no referido aterro foi transportado para tratamento em outra estação de tratamento de efluentes em um aterro sanitário privado próximo ao Aterro da Muribeca.

### Análises físico-químicas

As análises dos parâmetros físico-químicos do lixiviado foram realizadas nos Laboratórios de Geotecnia Ambiental do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Pernambuco e no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, verificar a última versão).

Na PAES (2003) realizou a caracterização dos lixiviados em quatro células do Aterro Controlado da Muribeca/PETabelas 4 apresentam-se o detalhamento dos métodos e equipamentos utilizados. O lixiviado bruto foi coletado mensalmente no período de outubro de 2007 a abril de 2013, (mas foram obtidas apenas 24 dados mensais) na caixa de entrada (Figura 2) da Estação de Tratamento de Lixiviado (ETL) do Aterro da Muribeca.

**Tabela 3- Método e equipamentos utilizados nas análises físico-químicas realizadas.**

PARÂMETRO	MÉTODO	EQUIPAMENTOS
Condutividade (mS/cm)	Condutância elétrica SMEWW2510 B	Condutímetro
Nitrogênio Amoniacal (mgNH <sub>3</sub> /L)	Eletrométrico SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> D	Eletrodo de íon seletivo



**Figura 2 – Ponto de coleta das amostras de lixiviado**

### Tratamento estatístico dos dados

O tratamento estatístico dos dados foi realizado utilizando o software statistica por meio de duas técnicas: (i) Correlação entre dois parâmetros utilizando o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson ( $r$ ) com confiabilidade de 95%; (ii) Análise de regressão.

O Coeficiente de Correlação Linear de Pearson é um método usualmente conhecido para medir a correlação entre duas variáveis, e é também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto ou simplesmente “ $r$ ” (LIRA, 2004).

De acordo com FILHO & JUNIOR (2009), o coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) varia de -1 a 1, o sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. A correlação é negativa,  $r < 0$ , quando as variáveis variam em direções opostas.

Segundo CALLEGARI-JACQUES (2003), o coeficiente de correlação pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

Se:

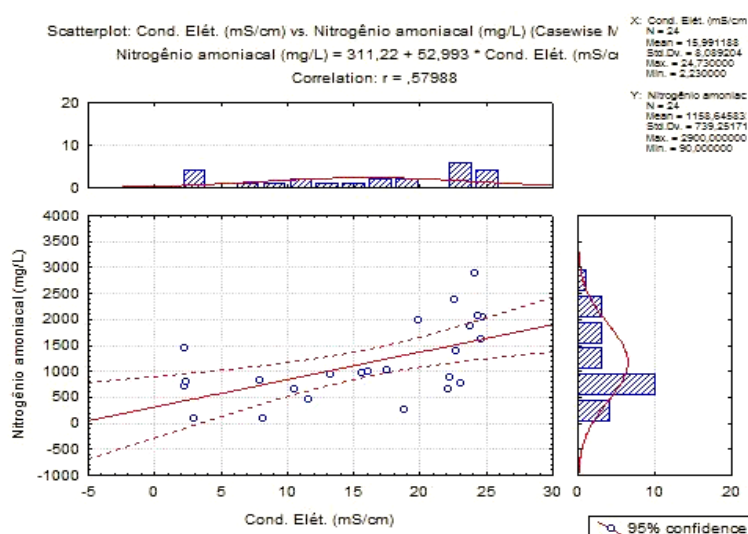
- $0,00 < r < 0,30$  , existe fraca correlação linear;
- $0,30 \leq r < 0,60$  , existe moderada correlação linear;
- $0,60 \leq r < 0,90$  , existe forte correlação linear;
- $0,90 \leq r < 1,00$  , existe correlação linear muito forte.

Já a análise de regressão consiste na realização de uma análise com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno, através de diagramas de dispersão (PERTINELLI, 2014).

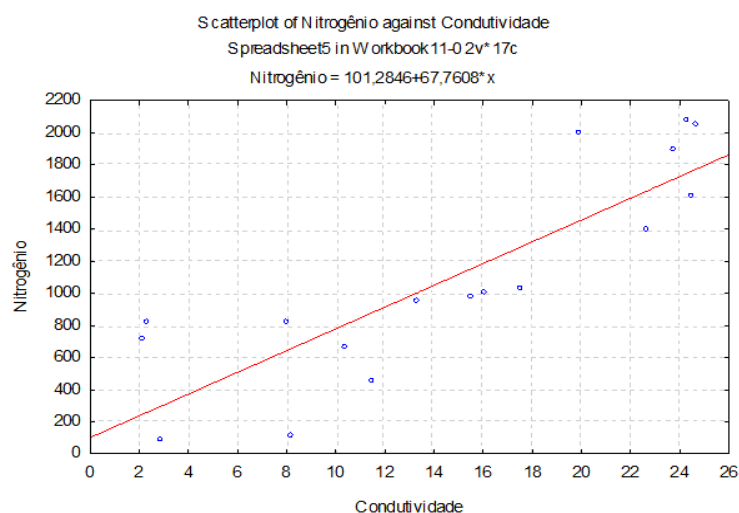
## RESULTADOS

A Figura 3 apresenta a correlação de Pearson para os parâmetros nitrogênio amoniacal e a condutividade elétrica, onde pode-se observar um valor de  $r$  igual a 0,57988. O valor de  $r$  obtido indicou uma correlação moderada entre os parâmetros. Na Figura 3 e nas Tabelas 4 e 5, apresentam-se os resultados obtidos na análise de Regressão. Na Figura 4 podemos visualizar a análise de regressão linear, onde também temos uma correlação entre o nitrogênio amoniacal e a condutividade elétrica. Essa correlação também pode ser confirmada através da análise de variância (Tabela 2), pois o valor de  $p < 0,05$ , indicando que há correlação entre as duas variáveis.

Na Tabela 4, gerada pela regressão linear, verifica-se que o valor de  $R$  quase dobrou de valor, em relação ao valor gerado na Figura 4 (0,57988), devido, provavelmente, a construção do gráfico de resíduo, onde pode-se verificar pontos extremos a curva. Já o valor de  $R^2$  teve uma variabilidade cerca de 72%. Desta forma, pode-se dizer que o tratamento realizado obteve bons valores de  $R$  e  $R^2$  para essa nova curva.



**Figura 3 - Correlação de Pearson entre o nitrogênio amoniacal e a condutividade elétrica do lixiviado do Aterro da Muribeca com dados brutos (sem tratamento).**



**Figura 4 - Análise de regressão linear entre o nitrogênio amoniacal e a condutividade elétrica do lixiviado do Aterro da Muribeca com dados brutos (com tratamento).**



**Tabela 5- Análise de variância.**

Efeito	Soma de quadrados	df	Quadrados médios	F	Valor de p
Regressão	748,843	1	748,8429	38,93871	0,000016
Residual	288,470	15	19,2313		
Total	1037,313				

**Tabela 5 - Resumo da estatística**

Estatística	Valores
R	0,84965
R <sup>2</sup>	0,72191
R <sup>2</sup> ajustado	0,70337
F (1,22)	38,93871
p	0,00002
Erro padrão de estimativa	4,38535

Sawyer et al. (2003) consideraram que a medida de condutividade relaciona-se com a capacidade das soluções em conduzir corrente elétrica, e varia de acordo com as concentrações de íons existentes em solução. Provavelmente, por este motivo a relação entre a condutividade elétrica e nitrogênio amoniacal tenha resultado em coeficientes de correlação bastante próximo de 1. Essa forte relação entre esses dois parâmetros foi observada também em trabalho similar desenvolvido por FERRAZ (2010), com lixiviado alcalinizado.

SOUTO (2009) estudou a relação entre a condutividade e concentração de íons amônio, e obteve um ajuste, considerado como muito bom (98%). O referido autor relata que é possível usar as medidas de condutividade como estimativa da concentração de nitrogênio amoniacal, durante o processo de stripping, permitindo um controle mais imediato.

No referido estudo, obteve-se uma relação pouco menor do que SOUTO (2009) e FERRAZ (2010), visto que o lixiviado foi analisado em seu estado bruto, não sendo alcalinizado, como nos foi o caso destes dois estudos citados.

## CONCLUSÕES

Observou-se que o modelo de Person é útil para prever de forma simples correlações entre variáveis. No caso deste estudo, o nitrogênio amoniacal do lixiviado do aterro da Muribeca pode ser estimado com grau de confiabilidade moderado a partir da medição direta da sua condutividade elétrica. Foi constatada que a condutividade elétrica está relacionada com o nitrogênio amoniacal, devido a determinação do valor de p (<0,05). Observou-se que a condutividade elétrica explica cerca de 72% da variabilidade do nitrogênio. Desta forma, sugere-se a utilização da curva da reta para estimativa da concentração de nitrogênio amoniacal, para acompanhamento diário na Estação de Tratamento de Efluentes, principalmente estações de pequeno porte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela rede de biogás (CHAMADA PÚBLICA MCT/MCIDADES/FINEP/AT - SANEAMENTO AMBIENTAL E HABITAÇÃO - 06/2010), assim como CNPq, FACEPE e CAPES. Agradecem também pelo apoio da UFRPE, a EMLURB (Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana) pela disponibilização do lixiviado e acesso ao aterro da Muribeca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2013) **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: ABRELPE.
2. BRASIL (2010) **Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso em 17 de setembro de 2013.
3. CALLEGARI-JACQUES, S. M. (2003) **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed. 255p.
4. FERRAZ, F. M. (2010) **Recuperação da amônia liberada no processo de *air stripping* aplicado ao tratamento do lixiviado de aterros sanitários**. Dissertação de Mestrado em engenharia hidráulica e saneamento na universidade de São Paulo.
5. FILHO, D. B. F. & JUNIOR, J. A. P. (2009) **Desvendando os mistério do coeficiente de correlação de Pearson (r)**.
6. EEA (1998) **Europe's Environment: the second assessment**. Elsevier Science Ltda
7. LINS, E. A. M. (2011) **Avaliação de um sistema experimental para tratamento de lixiviado- Estudo de Caso**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pernambuco.
8. LIRA, S. A. (2004) **Análise de correlação: Abordagen teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal do Paraná
9. MACIEL, F. J. (2009) **Geração de Biogás e Energia em Aterro Experimental de Resíduos Sólidos Urbanos**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pernambuco. 333 p.
10. MORAVIA, W. G. (2007) **Estudos de caracterização, tratabilidade e condicionamento de lixiviados visando tratamento por lagoas**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.
11. OLIVEIRA, L. R. G. (2013) **Estudo das emissões de biogás em camadas de cobertura de aterro de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pernambuco.
12. PAES, R.F.C. (2003) **Caracterização do chorume produzido no Aterro da Muribeca - PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande. 150 p.
13. SANTOS, A.F. M.S (2003) **Caracterização, avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia e tratamento em reator UASB do chorume do Aterro da Muribeca**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco.
14. SISINNO C.L.S. & MOREIRA J.C. (1996) **Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do Aterro Controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, 12(4):515-523.
15. SOUTO G.D.B. & POVINELLI J. (2009) **Amonia stripping from landfill leachate using packed towers**. Twelfth international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy.