

III-221 - REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E COMPOSTOS RECALCITRANTES DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO POR NITRITAÇÃO/DESNITRITAÇÃO BIOLÓGICA E PÓS-TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Suher Carolina Yabroudi Bayram

Engenheira Química pela Universidade de Zulia (Venezuela). Mestre em Engenharia Química pela Escola de Engenharia da Universidade de Zulia (LUZ). Professora da Escola de Engenharia Química de LUZ. Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Ambiental na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP/USP).

Rafael Camargo

Engenheiro Civil (EP/USP). Mestrando em Engenharia Hidráulica e Ambiental pela EP/USP.

Dione Mari Morita

Engenheira Civil pela Universidade Mackenzie. Doutora em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela EP/USP. Professora do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EP/USP.

Luciano Matos Queiroz

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia. Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela EP/USP.

Pedro Alem Sobrinho

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela USP. Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da EP/USP.

Endereço: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Av. Prof. Almeida Prado, 83 Butantã 05508-900 – São Paulo, SP – Brasil – Tel.: (11) 3091-5538. – e-mail: yabroudic@yahoo.com

RESUMO

A presente pesquisa objetivou estudar a remoção de matéria orgânica e nitrogênio em lixiviado de aterro sanitário através do processo de nitrificação/desnitrificação operando um reator de lodo ativado em bateladas sequenciais seguido de pós-tratamento físico-químico (coagulação, floculação e sedimentação). A etapa biológica do tratamento constituiu de uma Fase Anóxica e de uma Fase Aerada, nas quais foram determinadas as condições para a oxidação da carga de $N-NH_3$ afluente com acúmulo sustentado de $N-NO_2^-$ ao final da fase aeróbia dos ciclos de tratamento, e a redução do nitrito acumulado a nitrogênio gasoso empregando a matéria orgânica do lixiviado como fonte de carbono para os microorganismos desnitrificantes durante a etapa anóxica. Em seguida o efluente era submetido a um pós-tratamento por coagulação, floculação e sedimentação empregando como coagulante sais de ferro. Os resultados do tratamento biológico mostraram que ao final da fase aeróbia dos ciclos de tratamento (48 horas) foi possível alcançar eficiência de remoção de $N-NH_3$ de 98% com predominância do $N-NO_2^-$ na massa líquida do reator, com taxas específicas de nitrificação que variaram entre 0,031 e 0,094 Kg. $N-NH_3$ /Kg.SSV.dia. Durante a fase anóxica (48 horas), a quantidade de matéria orgânica de fácil biodegradação presente no lixiviado bruto mostrou-se insuficiente como fonte de carbono, para a desnitrificação, sendo as eficiências de remoção de nitrito entre 9 e 19%. Durante o tratamento físico-químico registraram-se remoções de cor e COT de 90% e 80% empregando uma dosagem ótima de 400 mg. Fe^{+3} /L e valores de pH menores que 5,0.

PALAVRAS-CHAVE: aterro sanitário, lixiviado, nitrificação/desnitrificação, remoção de nitrogênio, compostos recalcitrantes.

INTRODUÇÃO

O lixiviado de aterro sanitário é definido como um líquido de cor escura, odor desagradável e alto poder poluidor, resultante da decomposição biológica da matéria orgânica presente na massa de resíduo sólido aterrada. A elevada carga orgânica, bem como as altas concentrações de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e eventual presença de metais pesados, implicam na necessidade de tratamento desse efluente antes da sua disposição no corpo d'água, já que seu descarte sem nenhum tipo de tratamento pode causar graves desequilíbrios ambientais nas águas superficiais. Vale salientar que, mesmo quando o aterro sanitário encerra

suas atividades (vida útil), a geração do lixiviado não se extingue, em geral quanto maior a idade do aterro, menos biodegradável será esse efluente, necessitando de processos de tratamento mais complexos.

Os processos de tratamento devem ser projetados de forma a se adequarem a mudanças na composição e vazão do lixiviado, sendo empregadas combinações de processos biológicos e físico-químicos, uma vez que em geral nenhum tipo de tratamento individualmente é capaz de atender aos requisitos necessários para a disposição final deste resíduo. Nas últimas décadas, pesquisadores e técnicos têm buscado a aplicação de rotas biológicas alternativas para remoção de nitrogênio de águas residuárias onde se utiliza o nitrito como forma oxidada predominante do nitrogênio amoniacal na etapa aeróbia do processo, o que resulta em economia significativa no dimensionamento dos sistemas de aeração, já que a demanda por oxigênio para nitrificação fica reduzida; e ainda diminui-se a necessidade de energia para redução do nitrito pelas bactérias heterotróficas, possibilitando a utilização desse processo para o tratamento de águas residuárias com baixa relação carbono/nitrogênio (C/N), a exemplo do lixiviado de aterros sanitários. Essa alternativa é usualmente denominada de nitrificação/desnitrificação; via simplificada ou via curta. Já o pós-tratamento físico-químico, a través de processos de coagulação, floculação e sedimentação tem sido um dos métodos empregados na remoção de compostos recalcitrantes do lixiviado

A presente pesquisa propôs estudar as condições de remoção de nitrogênio pela via simplificada (nitrificação/desnitrificação) e matéria orgânica, presentes em lixiviado de aterro sanitário, avaliando o uso desta como fonte de carbono para desnitrificação e identificar os principais fatores que afetam a eficiência do processo de nitrificação; assim como verificar a aplicabilidade de um pós-tratamento do efluente do reator biológico por meio do processo de coagulação, floculação e sedimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi empregado lixiviado gerado no aterro sanitário São João, localizado na zona leste do Município São Paulo, o qual recebeu ao longo de quinze anos de operação (de 1992 a 2007) 27,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares. A vazão de lixiviado produzido durante o período de coleta das amostras foi de 1800 m³/dia, sendo o mesmo transportado até a Estação Píqueri de recepção de efluentes não domésticos operada pela SABESP, na cidade de São Paulo.

TRATAMENTO BIOLÓGICO

INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS

Foi operado um sistema de lodo ativado em bateladas sequenciais com volume igual a 100 litros, construído em acrílico com dimensões internas (comprimento x largura x profundidade) de 42 x 42 x 66 cm, onde foram acoplados: um sistema de dispersão de ar, um compressor de ar com potência de 20 Watts e vazão de 30 litros de ar/minuto e um agitador mecânico com potência de 12 HP e 1014 g.

O inoculo (lodo) utilizado para a partida do reator biológico foi coletado na linha de retorno do decantador secundário da estação de tratamento de esgoto Barueri, localizada na cidade de Barueri - Estado de São Paulo. A estação consiste de um sistema de lodos ativados convencional com capacidade para tratar 9500 L/s de esgoto, sendo sua vazão no momento da coleta em torno de 7000 L/s. Considerou-se a biomassa adaptada, quando se observou acúmulo sustentado de nitrito (N-NO₂⁻) no sistema, sendo esse período de adaptação de três meses.

OPERAÇÃO E CONDUÇÃO DA PESQUISA

Durante a sequência cronológica das diferentes etapas dos ciclos de tratamento (Figura 1) buscava-se a oxidação do nitrogênio amoniacal com acúmulo sustentado de nitrito (nitrificação) ao longo da etapa aeróbia dos ciclos e, a redução deste a nitrogênio gasoso (desnitrificação) empregando a matéria orgânica do lixiviado (única fonte de carbono presente) como doadora de elétrons durante a reação anóxica. A operação tradicional de um sistema de lodo ativado em bateladas sequenciais pressupõe a definição de um intervalo de tempo fixo para cada uma das etapas dos ciclos de tratamento. A duração dessas etapas (anóxica e aerada) foi ajustada durante a pesquisa, e não pré-estabelecida. O tempo destinado a essas reações foi pesquisado e fixado durante o estudo,

já que é uma condição primordial para o alcance da estabilidade e eficiência do tratamento assim como da remoção dos poluentes.

A rotina operacional compreendia alimentar o reator com lixiviado bruto numa razão de troca volumétrica de 10% (ou seja, 7 litros de lixiviado para 70 litros de volume útil do reator), o que garantia certa estabilidade ao processo por utilizar a diluição do afluente no conteúdo do reator para reduzir os efeitos tóxicos das elevadas concentrações de nitrogênio no lixiviado à biomassa. A seguir iniciava-se a etapa anóxica, onde a mistura do interior do reator era realizada por meio de agitação lenta, visando à redução de toda a massa de nitrogênio oxidado a nitrogênio gasoso (desnitrificação). Após o nitrito (N-NO_2^-) ser reduzido, era introduzida aeração (etapa aeróbia), de tal forma a manter uma concentração de oxigênio dissolvido em aproximadamente 2 - 2,5 $\text{mg.O}_2/\text{L}$, com a finalidade de oxidar o íon amônio a nitrito (nitritação). Quando não era detectada a presença de nitrogênio amoniacal pelo método analítico empregado, a aeração era desligada e esperava-se a sedimentação da massa biológica (~30 minutos). O único descarte de lodo biológico foi aquele necessário à realização das análises físico-químicas, o que garantiu idades de lodo elevadas (>100 dias). A Tabela 1 mostra as condições operacionais utilizadas ao longo de oito ciclos de tratamento e a Figura 1 a sequência cronológica dos ciclos de tratamento e o plano de amostragem dos parâmetros determinados em cada etapa, sendo avaliado o processo de desnitrificação e o acúmulo de nitrito com medições das formas de nitrogênio na etapa anóxica às cinco primeiras horas de cada ciclo, às 24 e às 48 horas. Na etapa aerada a amostragem foi realizada às 12, 24 e 48 horas.

Tabela 1: Condições Operacionais - Primeira Etapa da pesquisa

V_1 - Volume do reator ao final da etapa anóxica (L)

pH_1 - pH do afluente

V_2 -Volume do reator ao final da etapa aerada (L)

pH_2 - pH do conteúdo do reator ao final da reação anóxica

Ciclo	DBO afluente (mg/L)	COT afluente (mg/L)	N-NH ₃ afluente (mg/L)	V_1 (L)	V_2 (L)	T_1	T_2	pH_1	pH_2	pH_3	Taxa (KgCOT/m^3)	θ_c (dias)
1	1482	3394	1618	69,67	69,60	48	24	8,35	8,48	7,42	3,39	104
2	947	1411	1540	69,80	69,57	48	48	8,26	8,33	6,58	1,41	158
3	1021	1066	1585	69,35	69,20	48	48	8,02	8,08	6,15	1,07	106
4	968	1690	2128	69,35	69,20	48	48	8,22	8,08	8,85	1,69	126
5	1453	1562	2240	69,80	68,72	48	48	8,50	8,29	8,51	1,52	122
6	1030	1195	2134	69,20	68,35	48	48	8,27	8,53	8,53	1,19	144
7	1482	1922	2240	69,00	68,50	48	48	8,44	8,55	8,69	1,92	194
8	1236	1351	2232	69,00	68,40	48	48	8,24	7,86	8,80	1,35	145

T_1 -Tempo total reação anóxica (horas)

pH_3 -pH do conteúdo do reator ao final da aeração

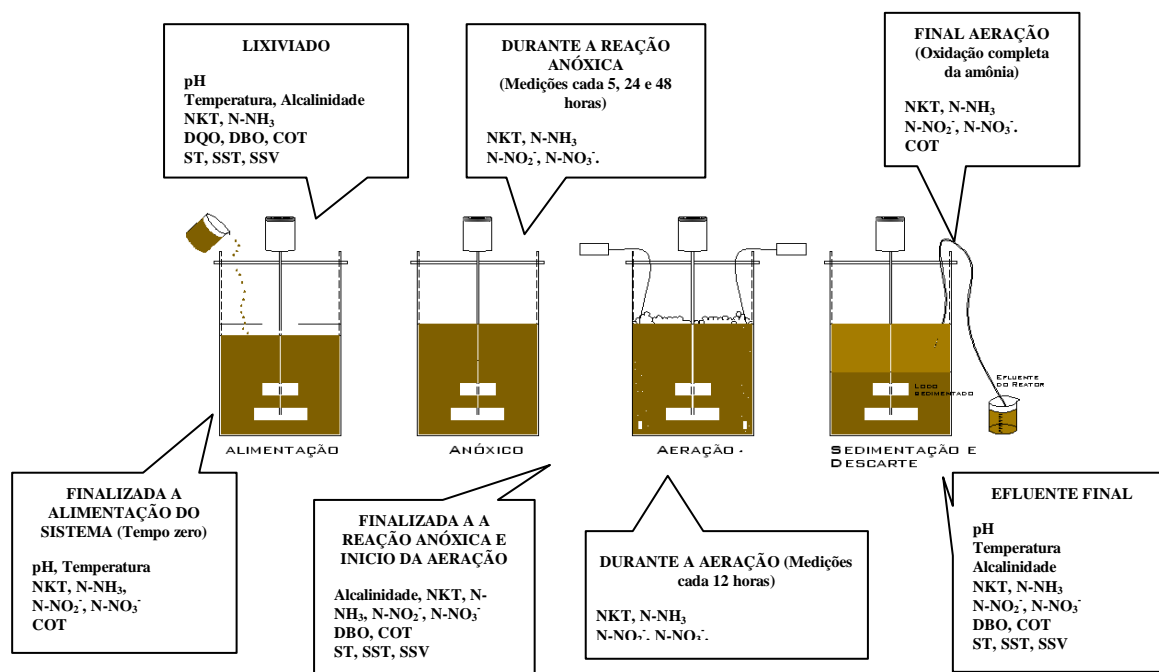


Figura 1: Esquema dos pontos, frequência de amostragem e parâmetros físico-químicos determinados

PÓS TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Para estudar a eficiência do processo de coagulação, floculação e sedimentação na remoção de compostos recalcitrantes presentes no lixiviado tratado no reator biológico, foi testado o coagulante cloreto de ferro anido (FeCl_3). Os ensaios foram executados em um aparelho de teste de jarros composto por cinco jarros em acrílico com volume útil de 1 litro, controlador de rotação, hastes e pás planas de aço inox. A avaliação foi dividida em duas fases. Durante a primeira, investigou-se a influência da dosagem de coagulante (100 e 700 mg/L), sem correção do pH; na segunda fase, variou-se a dosagem do coagulante e o pH (entre 3,0 e 7,0) das amostras, sendo quantificado a cor e concentração de COT ao início e ao final dos ensaios.

As análises físico-químicas nas diferentes etapas da pesquisa foram realizadas em conformidade com os procedimentos descritos no APHA; AWWA; WEF (2005).

RESULTADOS

CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO EMPREGADO NA PESQUISA

A composição química e microbiológica do lixiviado formado em um aterro sanitário é complexa e depende de diversos fatores: condições ambientais, composição dos resíduos que chegam ao aterro, forma de operação e, principalmente, da dinâmica dos processos de decomposição que ocorre no interior das células do aterro sanitário, sendo o estado de degradação (relacionado com a idade do aterro) um dos parâmetros de classificação mais aceito. No caso do lixiviado empregado na presente pesquisa, com valores máximos e mínimos para DBO de 1482 e 947 $\text{mg.O}_2/\text{L}$, de 3394 e 1066 mg.C/L para COT, e razões de biodegradabilidade DBO/COT de 0,76 ($\text{mg.O}_2/\text{mg.C}$) (Tabela 2), indicam que o lixiviado está em adiantada fase de biodegradação. Outros indicativos são os elevados valores de NKT (1680-2576 mg/L) e nitrogênio amoniacal (1540-2240 mg/L), isso devido ao prolongado processo de degradação no aterro, que leva à liberação do nitrogênio associado à matéria orgânica; além do elevado teor de sólidos totais (11626-7580 mg/L) e de alcalinidade (8680-9580 mgCaCO_3/L), assim como os altos valores de pH (devido ao consumo de substâncias ácidas). Estes resultados sugerem um lixiviado com baixas concentrações de ácidos graxos e quantidades relativamente altas de combinações entre ácidos húmicos e fúlvicos, o que leva a concluir que o lixiviado gerado no aterro São João está estabilizado.

Tabela 2: Caracterização do lixiviado de aterro sanitário empregado na pesquisa

Ciclo	T (°C)	pH	Alcalinidade Total (mg/L CaCO_3)	NKT (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	COT (mg/L)	DBO/COT (mg.O ₂ /mg.C)	ST (mg/L)
1	26	8,35	8680	1792	1618	9600	1482	3394	0,44	7580
2	24	8,26	9300	1792	1540	5600	947	1411	0,67	10138
3	25	8,02	8960	1680	1585	8200	1021	1066	0,96	11513
4	25	8,22	8760	2352	2128	1800	968	1690	0,57	10325
5	25	8,50	8800	2397	2240	7400	1453	1562	0,93	11626
6	21	8,27	8880	2374	2134	6400	1030	1195	0,86	10925
7	22	8,44	9580	2380	2240	3400	1482	1922	0,77	10513
8	20	8,24	9400	2576	2232	7800	1236	1351	0,91	11450

DESNITRITAÇÃO BIOLÓGICA USANDO A MATÉRIA ORGÂNICA DO LIXIVIADO COMO FONTE DE CARBONO

Analisando o comportamento das formas de nitrogênio ao longo dos oito ciclos de tratamento (Figura 2) observou-se pouca variação na redução de nitrito após uma hora de reação anóxica, com remoções de nitrito pouco significativas (entre 9 e 19%). A Tabela 3 mostra que a remoção de DBO ao longo da etapa anóxica foi superior a 80% em todos os ciclos, o que indica que a maior parte da matéria orgânica biodegradável presente no lixiviado foi removida durante a desnitrificação, pelo que se pode deduzir que o lixiviado não apresenta quantidade de matéria orgânica biodegradável compatível com a demanda para desnitrificação, o qual se justifica pela própria característica do lixiviado empregado.

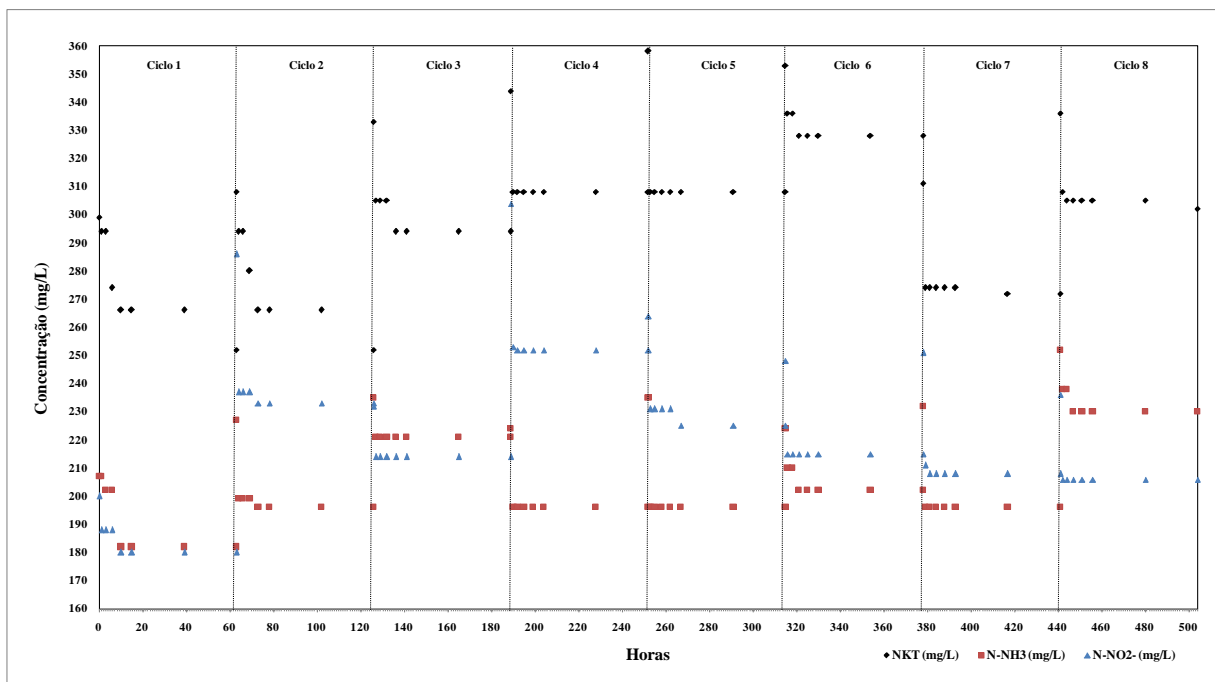


Figura 2: Variação das concentrações temporais das formas de nitrogênio ao longo da reação anóxica dos ciclos de tratamento

Tabela 3: Resultados da Fase Anóxica dos ciclos de remoção

Ciclo	Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	DBO (mg/L)	COT (mg/L)	Remoção DBO (%)	Remoção COT (%)	SSV (mg/L)	NKT (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Remoção N-NO ₂ ⁻ (%)	Taxa Esp. de desnitrificação (KgNO ₂ ⁻ /Kg SSV.dia)
1	2340	58	1129	96	67	2140	252	182	180	10	0,005
2	2400	136	979	86	31	2280	252	196	233	19	0,012
3	2000	124	993	88	8	1970	294	221	214	9	0,005
4	2740	133	954	86	44	3350	308	196	252	18	0,008
5	2380	106	765	93	52	2780	308	196	225	16	0,008
6	2100	154	460	85	62	2690	328	202	215	14	0,007
7	2960	76	1063	95	45	3010	272	196	276	18	0,008
8	1400	105	751	92	45	2170	302	230	285	14	0,008

Fica demonstrado que a reação anóxica não deve ter uma duração maior do que uma hora e que os organismos heterotróficos não conseguem quebrar e assimilar os compostos de alto peso molecular presentes no lixiviado (ácidos húmicos e fúlvicos) fato evidenciado ao final da reação anóxica dos ciclos de tratamento pelas baixas taxas de desnitrificação: entre 0,010 – 0,028 kg. N-NO₂⁻/kg. SSV.dia. A remoção média de matéria orgânica, quantificada como COT na massa do líquido do reator que não é utilizada pelos micro-organismos desnitrificantes, chegou a 44% mostrando que é necessária a adição de uma fonte externa de carbono para a obtenção de taxas de desnitrificação maiores.

ACÚMULO DE NITRITO

A Tabela 4 e a Figura 3 mostram a variação da concentração das formas de nitrogênio ao final da etapa aerada dos ciclos de tratamento. Pode-se constatar a elevada eficiência de remoção da amônia (~98%) e NKT (~97%) e acúmulo sustentado de N-NO₂⁻ evidenciado pela relação N-NO₂⁻/(N-NO₂⁻ + N-NO₃⁻) próximo de 1, sendo a nitrificação completada às 48 horas, a exceção do Ciclo 1 onde não era mais detectada a presença de N-NH₃ após 24 horas. As temperaturas nos ciclos estiveram na faixa de 24 a 26°C. A estabilidade do processo de nitrificação é um indicativo do bom desempenho e adaptação dos micro-organismos oxidantes de amônia às elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal do lixiviado, registrando taxas de nitrificação entre 0,031 e 0,094 kg N-NH₃/kg SSV.dia.

Tabela 4: Resultado da Fase Aeróbia dos ciclos de tratamento

Ciclo	Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	DBO (mg/L)	COT (mg/L)	Remoção DBO (%)	Remoção COT (%)	SSV (mg/L)	NKT (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Taxa Esp. de nitrificação (Kg N-NH ₃ /Kg SSV.dia)	Amônia Livre (mgNH ₃ /L) Inicial	Amônia Livre (mgNH ₃ /L) Final
1	480	58	1109	11	2	1880	90	nd	313	0,094	0,763	0,006
2	400	116	736	15	25	2840	98	nd	267	0,034	0,541	0,001
3	200	100	826	20	17	1910	98	nd	325	0,057	0,826	0,0003
4	2000	31	811	77	15	2260	84	nd	310	0,042	1,051	0,155
5	880	101	674	5	12	2200	98	nd	281	0,043	4,564	0,191
6	520	96	438	38	5	2600	104	nd	274	0,038	8,059	0,492
7	900	64	1001	16	6	3100	78	nd	276	0,031	8,176	0,714
8	800	55	718	48	5	2470	70	nd	285	0,046	5,477	0,715

nd: Não detectado pelo método analítico (Limite mínimo de detecção do método analítico: 5 mg/L)

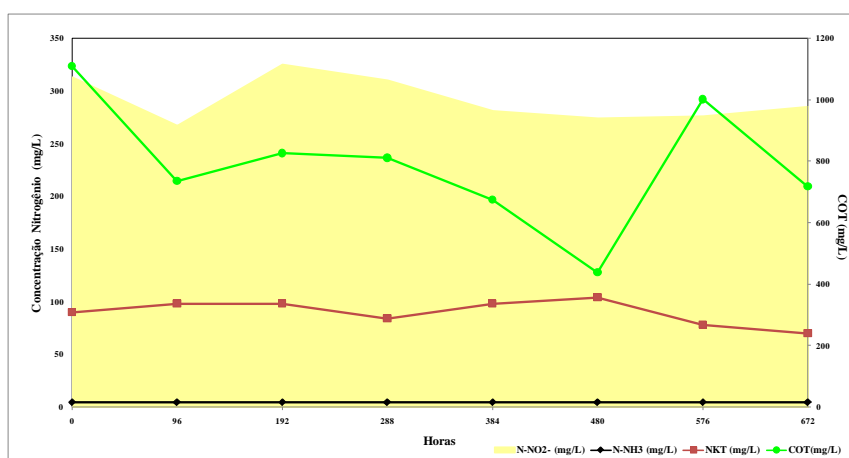


Figura 3: Variação da concentração das formas de nitrogênio ao longo da etapa aerada dos ciclos de tratamento

Na Figura 4, pode-se apreciar, que embora o sistema trabalhe com idade de lodo elevada (~140 dias), valores de temperatura na faixa de 24 - 26°C e fornecimento contínuo de oxigênio à biomassa, o mecanismo predominante de inibição da atividade das bactérias que oxidam nitrito a nitrato, durante a pesquisa, foi a toxicidade conferida pela amônia livre (~3,7 mg.NH₃/L), favorecendo o acúmulo sustentado de nitrito ao final do período aeróbio.

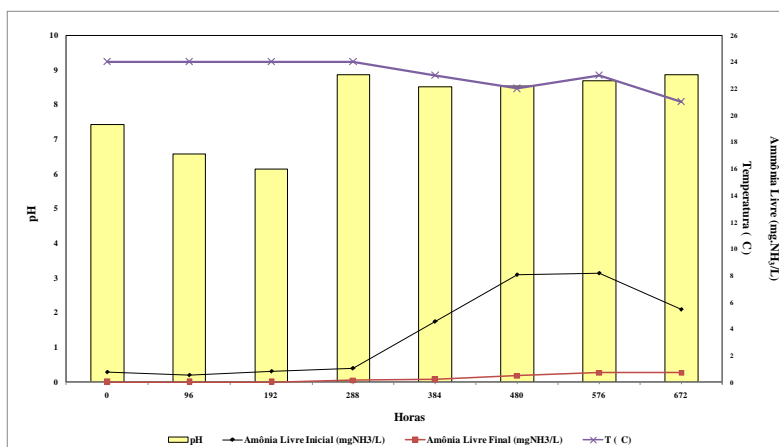


Figura 4: Concentrações de amônia livre, pH e temperatura ao longo da etapa aerada

É importante destacar que ao final da reação anóxica dos ciclos de tratamento, havia uma quantidade de matéria orgânica na massa do líquido do reator, que não havia sido utilizada pelos micro-organismos desnitrificantes, e os resultados de remoção de DBO e COT (Tabela 4) evidenciam a oxidação dessa matéria orgânica de fácil biodegradação ao final da fase aeróbia, sem detrimento da oxidação de nitrogênio amoniacal, nem inibição da atividade das bactérias oxidantes de amônia. A pouca variação e os baixos valores de remoção de COT, em média de 11% durante a fase aerada, demonstram que a pesar das elevadas idades de lodo, a realização de uma primeira etapa anóxica e o longo período de aeração, a maior parte da matéria orgânica aplicada na massa líquida do reator, composta provavelmente por compostos de alto peso molecular, como é o caso das substâncias húmicas (SH) que permanecem no efluente final, já que não é solubilizado nem assimilado pelos micro-organismos, isso devido a que oferecem dificuldade a biodegradação em decorrência de diversos fatores, dentre os quais podemos citar: estrutura química complexa desprovida de grupos funcionais reativos, ação tóxica de compostos químicos sobre os microorganismos responsáveis pela degradação inativando metabolismo celular dessas espécies e interações entre compostos químicos gerando produtos não acessíveis a biodegradação, sendo requerido um pós-tratamento para sua remoção.

PÓS-TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

As concentrações de COT (438 – 1109 mg.C/L) e de cor (1000 - 2500 UC Pt-Co) no efluente do tratamento biológico assim como as baixas concentrações de matéria orgânica facilmente biodegradável medida como DBO (31 – 116 mg.O₂/L) são indicativos da presença de matéria orgânica refratária no lixiviado formada por substâncias húmicas (> 60%), principalmente ácidos húmicos, responsáveis pela cor pronunciada do despejo. O tratamento físico-químico com sais de ferro na Primeira Fase buscava definir a melhor dosagem sem alteração do pH. A partir dos resultados obtidos (Figura 5) é possível concluir que o acréscimo da dosagem do cloreto férrico até 350 mg.Fe⁺³/L acarreta um decréscimo do pH da massa líquida do jarro acompanhado pela melhoria da eficiência da remoção da cor (88%) e consequentemente da matéria orgânica (66% de COT).

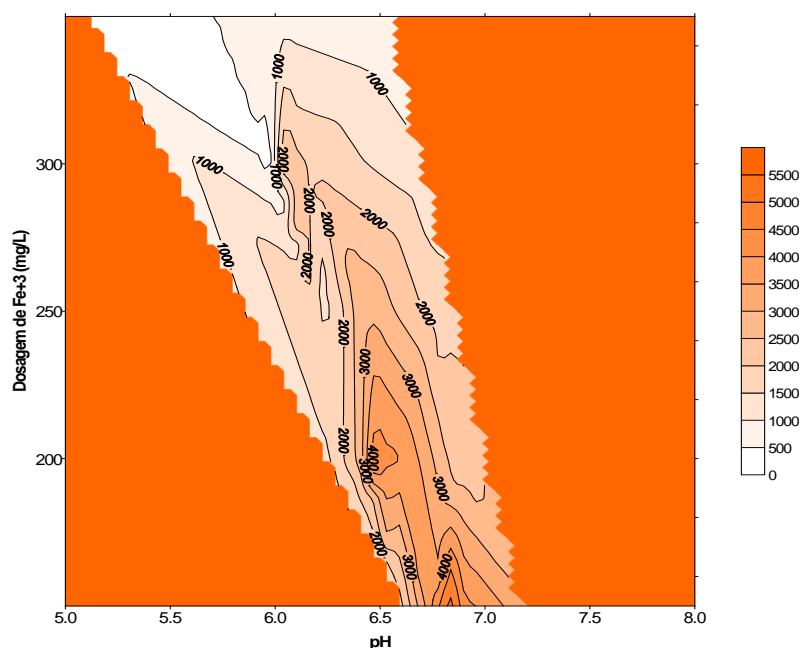


Figura 5: Relação entre a dosagem de cloreto férrico, pH e cor do efluente do pós tratamento (Fase I-sem correção do pH)

Na Segunda Fase, foi estudada a influência do pH do meio líquido sobre os fenômenos de coagulação-floculação. Os resultados da Figura 6 indicam que dosagens acima de 400 mg.Fe⁺³/L não representam um ganho de eficiência justificável na remoção da matéria orgânica recalcitrante, podendo ser atribuído esse fenômeno à re-estabilização das partículas coloidais. Obtiveram-se as maiores eficiências na faixa de pH entre 4,0 e 5,0 e com dosagem de 400 mg.Fe⁺³/L. As remoções médias de cor e COT foram respectivamente de 90% e 80%. Os prováveis atuantes no pós-tratamento do lixiviado são: a adsorção de substâncias húmicas na superfície do precipitado de hidróxido formado; complexação entre espécies de coagulante e as substâncias húmicas e precipitação das substâncias húmicas devido ao ajuste do pH.

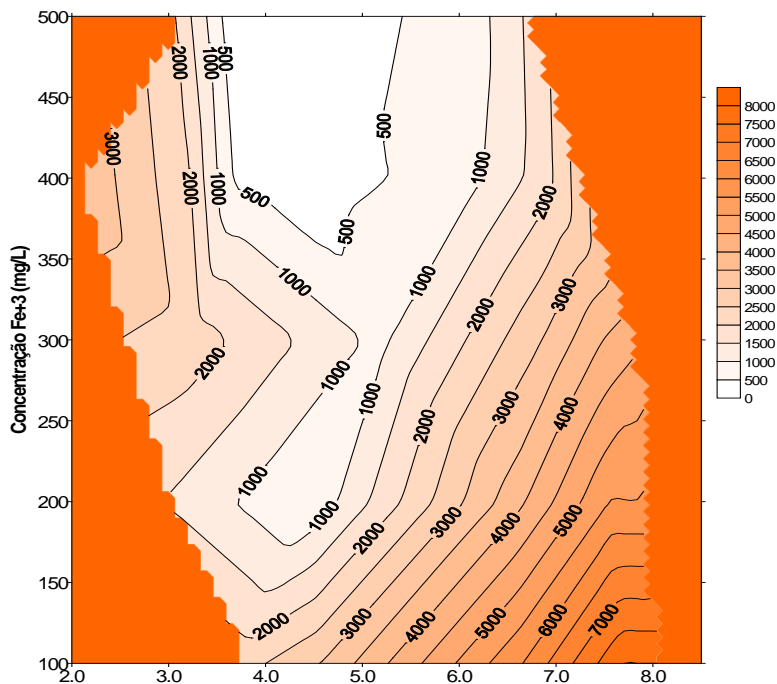


Figura 6: Relação entre a dosagem de cloreto férrico, pH e cor do efluente do pós tratamento (Fase II-com correção do pH)

CONCLUSÕES

O processo biológico de nitrificação/desnitrificação mostrou-se como uma alternativa viável no tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Em função das características do lixiviado empregado fica demonstrado que a duração da etapa anóxica não deve ter uma duração maior do que uma hora, ficando limitada a desnitrificação pela baixa quantidade de matéria orgânica de fácil biodegradação do lixiviado, sendo requerida a adição de uma fonte externa de carbono. A complexidade da matriz precisou de um pós-tratamento por coagulação, floculação e sedimentação, sendo a dosagem ótima de cloreto férrico de 400 mg.Fe⁺³/L e pH entre 4.0 e 5.0. Nestas condições, obtiveram-se respectivamente remoções médias de cor e COT de 90% e 80%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKERMAN, A.; *Tese de Mestrado*, Lunds Tekniska Universitet, Suecia, 2005.
2. APHA. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 2^{1ra} ed., APHA/WWA- WEF: Nueva York, 2005.
3. AMOKRANE, A.; COMEL, C.; VERON, J. *Water Research*. 1997, 31, 2792
4. AZIZ, H. A.; ALIAS, S.; ADLAN, M. N.; FARIDAH, A.; ASAARI, A. H.; ZAMARI, M. N. *Bioresource Technology*. 2007, 98, 220.
5. CAMPOS, E. *Tese de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 2008
6. EL FADEL, M.; DOUSEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLIC, B. *Waste Management*. 2002, 22, 269.
7. FUX, C.; SIEGRIST, H. *Water Science and technology*. 2004, 50, 19.
8. FUX, C.; VELTEN, S.; CAROZZI, V.; SOLLEY, D.; KELLER, J. *Water Research*. 2006, 40, 2765.
9. GEE, C.; KIM, J. S. *Water Science and Technology*. 2004, 49, 47.
10. IPT/CEMPRE. *Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado*, 2^{da} ed., Instituto de Pesquisas Tecnológicas: São Paulo, 2000.
11. LOPES, J. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2005.
12. MARANON, E.; CASTILLON, L.; FERNANDEZ-NAVA, Y.; FERNANDEZ, A. *Journal of Hazardous Material*. 2008, 156, 544.
13. MOUCLÚS, H.; PUIG, S.; COMA, M.; BOSCH, A.; BALAGUER, M. D. *Environ.Technol.* 2009, 30, 283