

### III-087 - CARACTERIZAÇÃO SAZONAL DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO COM ÊNFASE EM PARÂMETROS COLETIVOS ESPECÍFICOS E NÃO ESPECÍFICOS

**Wagner Guadagnin Moravia<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Míriam Cristina Santos Amaral**

Engenheira Química, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, Profª. Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Liséte Celina Lange**

Química, Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Londres - Inglaterra, Profª. Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**André Amaral Ribeiro**

Graduando em Engenharia Química, Bolsista FAPEMIG de Iniciação Científica no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Av. Antônio Carlos 6627 – 4º andar – Sala 4402 – Pampulha, Belo Horizonte – MG. CEP: 31.270-901; Tel: (31)3409-1714; Fax: (31)3409-1879; e-mail: [moravia@desa.ufmg.br](mailto:moravia@desa.ufmg.br).

#### RESUMO

O lixiviado de aterro sanitário é um líquido formado por produtos da degradação dos resíduos e pela água que percola as células de aterramento. Esse efluente possui elevado potencial poluidor, sendo seu tratamento indispensável. O sucesso da escolha racional dos processos a serem aplicados no tratamento de lixiviados reside em um bom conhecimento das propriedades deste efluente. De fato, um dos grandes problemas enfrentados no tratamento de lixiviados é a ausência de dados de caracterização físico-química mais aprofundada. Desta forma o objetivo deste artigo foi caracterizar o lixiviado do aterro sanitário de Belo Horizonte através de parâmetros coletivos específicos e não específicos para diferentes períodos sazonais. A presente pesquisa empregou na caracterização do efluente parâmetros coletivos específicos e os seguintes não-específicos: biodegradabilidade aeróbia, DQO inerte, substâncias húmicas e distribuição de massa molar. Os resultados apontaram que, em ambos os períodos sazonais avaliados, o lixiviado apresentou características de aterro sanitário estabilizado. O efluente apresentou biodegradabilidade máxima de 46,6 e 42,4%, em condições aeróbias, no período chuvoso e seco respectivamente. A fração de DQO inerte no lixiviado em ambos os períodos sazonais situou-se em torno de 44%. Dentre as espécies de substâncias húmicas presentes, foi caracterizado uma maior presença de ácidos fúlvicos. A presença desta espécie equivale a aproximadamente 70% das espécies de substâncias húmicas neste efluente. Notou-se também que a maioria da matéria orgânica presente se apresenta como compostos de baixa massa molar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização, Lixiviado de aterro sanitário, Parâmetros coletivos.

#### INTRODUÇÃO

O lixiviado de aterro sanitário pode ser definido como o líquido proveniente da umidade natural e água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos presentes e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento, somado a materiais dissolvidos ou suspensos extraídos da massa de resíduos. É um líquido escuro, de odor desagradável, contendo alta carga orgânica e inorgânica. Este efluente, quando descartado sem tratamento prévio, causa grandes problemas ambientais como: a toxicidade para a biota existente no solo e comunidades aquáticas atingidas; a diminuição do oxigênio dissolvido e a eutrofização nos corpos d'água receptores.

O sucesso da escolha racional dos processos a serem aplicados no tratamento de lixiviados reside em um bom conhecimento das propriedades deste efluente. De fato, um dos grandes problemas enfrentados no tratamento de lixiviados é a ausência de dados de caracterização físico-química mais aprofundada.

A caracterização de efluentes, em geral, pode ser realizada através da determinação de parâmetros coletivos específicos e não-específicos. Os parâmetros coletivos específicos ou convencionais são métodos padronizados na literatura, usualmente empregados, que fornecem informações sobre as propriedades físico-químicas, hidrobiológicas e ecotoxicológicas do efluente. Já os parâmetros coletivos não-específicos, entendem-se como métodos de caracterização reconhecidos na literatura, ainda não padronizados, e que fornecem informações direcionadas a uma determinada propriedade do efluente.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar o lixiviado do aterro sanitário de Belo Horizonte através de parâmetros coletivos específicos e não específicos para diferentes períodos sazonais.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Amostragem**

O lixiviado utilizado para a realização dos experimentos proveio do Aterro Sanitário da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) da cidade de Belo Horizonte/MG - Brasil. O aterro ocupa uma área de 133 hectares, possui células de aterramento com diferentes idades e características e encontra-se com suas atividades encerradas. O lixiviado bruto foi coletado no tanque de equalização da Estação Amarela de Tratamento de Efluentes da CTRS, que recebe lixiviado da célula AC05 com idade respectiva de 9 anos.

### **Caracterização do lixiviado bruto empregando parâmetros específicos**

A caracterização do lixiviado bruto foi durante 4 meses em diferentes períodos sazonais (superávit hídrico - janeiro e fevereiro/2009; déficit hídrico - maio e junho/2009), onde foram realizadas 5 amostragens mensais totalizando 20 amostragens, contemplando os seguintes parâmetros físico-químicos: cor aparente e real, DQO, COT, DBO, pH, alcalinidade, série sólidos, nitrogênio total e amoniacal, fósforo, cloretos e metais. O período de superávit hídrico correspondeu aos meses de janeiro e fevereiro, enquanto que o de déficit hídrico aos meses de maio e junho, respectivos, ao ano de 2009. As análises foram realizadas em conformidade com as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

### **Caracterização do lixiviado bruto empregando parâmetros não-específicos**

#### **DQO inerte**

Os ensaios de DQO inerte foram realizados de acordo com o método proposto por Germili et al. (1991) e consistiram na montagem de pares de reatores aeróbios, com capacidade para 2 L, em regime de batelada, um alimentado com a amostra de concentração conhecida e o outro com solução de glicose de concentração equivalente. Os reatores foram inoculados com lodo de reatores de lodos ativados da ETE Arrudas/COPASA-MG com concentração de SSV de 100 mg.L<sup>-1</sup>, alimentados com 2 mL de solução de cada nutrientes empregados no ensaio de DBO e aerados através de compressores elétricos. Os reatores foram monitorados utilizando-se o parâmetro DQO até que a atividade biológica fosse encerrada.

#### **Biodegradabilidade**

A avaliação da biodegradabilidade foi realizada através da adaptação do método de Zahn-Wellens (OECD, 1995), onde foram empregados reatores de 2 L, alimentados com lixiviado, 2 mL de solução de cada nutriente empregados no ensaio de DBO e inóculo na concentração de 100 mg.L<sup>-1</sup> de SSV. Os reatores foram submetidos à aeração por meio de compressores elétricos, e a depleção do substrato foi monitorada por meio de análise de DQO solúvel (filtrada) durante 30 dias, com periodicidade de aproximadamente 2 dias. A biodegradabilidade foi determinada pelo percentual da DQO removida.

#### **Determinação da concentração de substâncias húmicas**

Para a determinação da concentração de substâncias húmicas das amostras foi empregado o método de Lowry modificado (Frolund et al., 1995). Este método consiste na execução do método de quantificação de proteínas de Lowry et al., 1951 com e sem a adição de CuSO<sub>4</sub>, onde a interferência da cor no ensaio sem a adição de

$\text{CuSO}_4$  é atribuída principalmente às substâncias húmicas. Frolund et al. (1995) observaram uma redução de absorvância em torno de 20% para a curva padrão construída para a proteína soro albumina bovina (BSA) quando medido sem a adição de  $\text{CuSO}_4$ ; e não observaram redução de absorvância para a curva construída para as substâncias húmicas quando empregado ácido húmico comercial como padrão.

Visando a adequação do ensaio para o efluente em estudo, a concentração de substâncias húmicas em função da absorvância foi determinada através da construção das curvas padrão para a proteína BSA e substâncias húmicas, variando-se a concentração em 0, 20, 40, 70, 100 e 120  $\text{mg.L}^{-1}$  para proteínas e 0, 17, 51 e 102  $\text{mg.L}^{-1}$  para substâncias húmicas, efetuando-se as leituras de absorvâncias com e sem a adição de  $\text{CuSO}_4$ . Para o padrão de substâncias húmicas foi utilizado ácido húmico técnico marca Sigma-Aldrich. As Equações 1 a 4 representam o cálculo do fator de redução de absorvância discretizado em função das absorvâncias dissociadas para proteínas e substâncias húmicas.

$$A_c/C_u = A_{\text{proteínas}} + A_{\text{substâncias húmicas}} \quad (1)$$

$$A_s/C_u = F.A_{\text{proteínas}} + A_{\text{substâncias húmicas}} \quad (2)$$

Sendo que:

F = Fator de redução de absorvância.

$$\text{Para [substâncias húmicas]} = 0 \rightarrow A_{\text{substâncias húmicas}} = 0 \quad (3)$$

Assim:

$$A_c/C_u = A_{\text{proteínas}} \text{ e } A_s/C_u = F.A_{\text{proteínas}} \rightarrow A_s/C_u = F.A_c/C_u \rightarrow F = A_s/C_u / A_c/C_u \quad (4)$$

Em que:

$A_c/C_u$  = absorvância obtida nos ensaios com a adição  $\text{CuSO}_4$ ;

$A_s/C_u$  = absorvância obtida nos ensaios sem a adição  $\text{CuSO}_4$ ;

$A_{\text{proteínas}}$  = estimativa de absorvância dissociada para proteínas;

$A_{\text{substâncias}}$  = estimativa de absorvância dissociada para substâncias húmicas.

### Especiação das substâncias húmicas

A especiação das substâncias húmicas das amostras foi realizada através da quantificação desses compostos em alíquotas separadas do efluente fracionadas em massas molares entre 5, 10 e 100 kDa, segundo as massas molares das espécies de substâncias húmicas propostas por McBride (1994) conforme mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1 - Características de massa molar para espécies de substâncias húmicas.**

Espécie	Ácidos fúlvicos	Ácidos húmicos	Humina
Massa molar (Da)	640 - 5.000	10.000 - 100.000	> 100.000

Fonte: McBride (1994)

### Distribuição de massa molar

A distribuição de massa molar das amostras foi determinada utilizando-se uma célula de ultrafiltração (série 8000, modelo 8200, marca Amicon), operada em paralelo. A ultrafiltração foi realizada em série utilizando membranas com massa molar de corte de 1, 5, 10 e 100 kDa.

Inicialmente as membranas foram lavadas com água deionizada, e depois de se filtrar aproximadamente 150 mL de água deionizada, a célula foi despressurizada e carregada com a amostra previamente filtrada em um filtro de vidro AP40. Após a filtração de aproximadamente 180 mL de amostra, outros 100 mL de água deionizada foram acrescentados e a ultrafiltração continuou até que o volume retido fosse menor que 20 mL. A célula despressurizada era então deixada sob agitação por cerca de 10 minutos para recuperar compostos eventualmente adsorvidos à membrana, e o volume aferido com água destilada para 20 mL. As frações retidas foram analisadas quanto à concentração de carboidratos, lipídeos, proteínas, substâncias húmicas e DQO de acordo com os cálculos relacionados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Cálculos para determinação das concentrações de lipídeos, carboidratos, proteínas, substâncias húmicas e DQO na caracterização por distribuição de massa molar.**

Classificação	Cálculo
MM > 100 kDa	$C_{\text{retido} \rightarrow 100\text{kDa}} \times v$
10 < MM < 100 kDa	$(C_{\text{retido} \rightarrow 10\text{kDa}} - C_{\text{retido} \rightarrow 100\text{kDa}}) \times v$
5 < MM < 10 kDa	$(C_{\text{retido} \rightarrow 1\text{kDa}} - C_{\text{retido} \rightarrow 10\text{kDa}}) \times v$
MM < 5 kDa	$(C_{\text{bruto}} \times V) - (C_{\text{retido} \rightarrow 1\text{kDa}} \times v)$

Em que:

MM = massa molar (kDa);

C = concentração de carboidratos, lipídeos, proteínas, substâncias húmicas ou DQO (mg.L-1);

V = volume do retido (L);

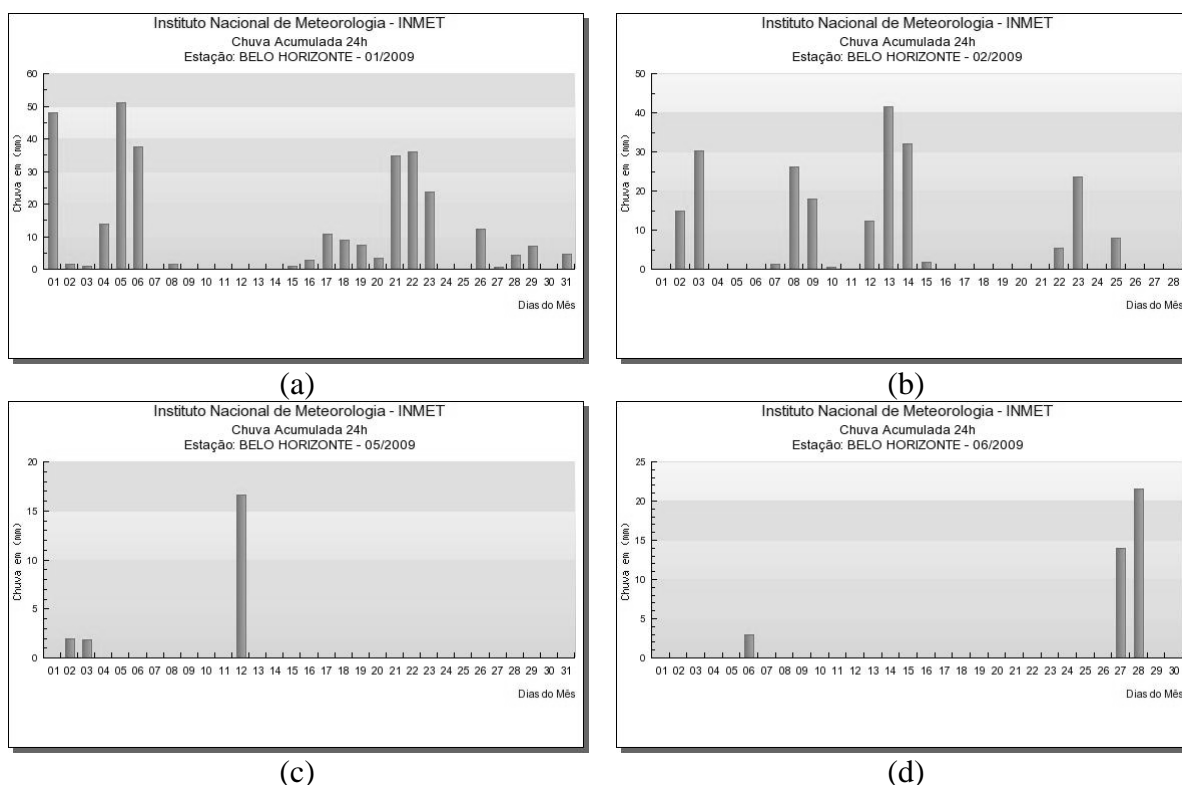
v = volume da amostra bruta carregada na célula de ultrafiltração (L).

Os resultados foram expressos em termos de concentração (mg.L-1).

## RESULTADOS OBTIDOS

### Caracterização do lixiviado bruto empregando parâmetros específicos

A Figura 1 apresenta a chuva acumulada em 24 horas nos meses de Janeiro-Fevereiro/2009 e Maio-Junho/2009, correspondentes a época de superávit e déficit hídrico respectivamente.



**Figura 1 - Precipitação nos meses de (a) Janeiro/2009 e (b) Fevereiro/2009 (superávit hídrico); (c) Maio/2009 e (d) Junho/2009 (déficit hídrico).**

Fonte: INMET (2009)

Pode-se observar uma média de precipitação acumulada mensal de 270 mm no período de superávit hídrico contra 30 mm no período de déficit hídrico, ressaltando significativas diferenças climáticas entre os períodos de

monitoramento. Na Tabela 3 são apresentados os valores de máximos, mínimos, médios e respectivos desvios obtidos dos parâmetros avaliados do lixiviado bruto em diferentes períodos sazonais.

**Tabela 3 - Caracterização coletiva específica do lixiviado bruto.**

Parâmetros físico-químicos	Unidade	Superávit hídrico				Déficit hídrico			
		Máx.	Mín.	Média	Desvio	Máx.	Mín.	Média	Desvio
Cor real	uH	568	420	467	60	1.579	1.229	1.374	155
Cor aparente	uH	748	519	590	94	1.845	1.536	1.711	154
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	2.428	2.220	2.354	94	3.156	2.886	2.990	130
DBO <sub>5</sub>	mg.L <sup>-1</sup>	85	50	68	15	130	70	99	28
DBO/DQO	-	0,04	0,02	0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01
COT	mg.L <sup>-1</sup>	1.090	1.008	1.052	34	1.135	1.076	1.111	28
pH	mg.L <sup>-1</sup>	8,44	8,10	8,26	0,15	8,55	8,07	8,30	0,22
Nitrogênio Total	-	1.172	1.036	1.105	57	1.731	1.054	1.429	308
Nitrogênio Amoniacal	mg.L <sup>-1</sup>	1.144	941	1.055	85	1.547	1.062	1.250	317
Alcalinidade	mg.L <sup>-1</sup>	6.041	4.791	5.263	557	8.089	7.137	7.576	430
Cloretos	mg.L <sup>-1</sup>	2.333	2.033	2.190	124	2.533	2.155	2.325	172
Fósforo	mg.L <sup>-1</sup>	19,6	11,3	14,5	3,7	43,0	28,0	34,5	6,9
ST	mg.L <sup>-1</sup>	9.408	8.120	8.801	591	13.100	9.310	11.255	1.927
STF	g.L <sup>-1</sup>	6.002	5.114	5.595	370	7.702	5.602	6.707	1.020
STV	g.L <sup>-1</sup>	3.736	2.452	3.227	614	5.378	3.678	4.528	931
SST	g.L <sup>-1</sup>	26,5	17,0	22,4	4,1	43,0	24,5	34,0	8,4
SSF	mg.L <sup>-1</sup>	4,5	1,5	3,1	1,4	13,0	1,8	7,7	5,5
SSV	mg.L <sup>-1</sup>	22,0	15,5	19,3	2,8	30,0	22,7	26,3	3,3
Cádmio	mg.L <sup>-1</sup>	0,524	< 0,005	0,466	0,264	0,605	< 0,005	0,366	0,111
Chumbo	mg.L <sup>-1</sup>	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Cromo	mg.L <sup>-1</sup>	0,49	< 0,05	0,23	0,23	0,56	0,07	0,29	0,23
Ferro	mg.L <sup>-1</sup>	10,35	2,20	5,68	3,60	11,36	3,56	7,54	3,49
Zinco	mg.L <sup>-1</sup>	0,14	0,07	0,10	0,03	0,21	0,07	0,13	0,07

Conforme esperado, pode-se constatar que a cor do lixiviado gerado é fortemente afetada pelas épocas de chuva, sendo aproximadamente 66% menor nas épocas de alta pluviosidade em função da diluição. Ainda assim, os altos valores de cor a apresentados confirmam o potencial poluidor deste parâmetro. A pequena diferença entre os valores de cor aparente e real significam que a cor do efluente esta associada à substâncias dissolvidas no lixiviado, afirmação essa reforçada pela baixa concentração de sólidos e presença significativa de substâncias húmicas.

Observa-se uma alta concentração de matéria orgânica em termo de DQO ao longo de toda a caracterização. A baixa relação DBO/DQO indica a baixa biodegradabilidade do lixiviado, confirmando a proximidade de um estado avançado de estabilização, demonstrando ainda a alta condição de oxidação do lixiviado, ou seja, as reações microbiológicas de degradação da DBO são limitadas.

Observa-se que o pH encontra-se elevado em relação ao encontrado na literatura para lixiviados com características semelhantes, justificado pelos valores elevados de alcalinidade, provenientes da grande quantidade de resíduos da construção civil que eram dispostos neste aterro segundo dados da operadora do aterro.

A relação DBO/NTK representa a quantidade de matéria orgânica em relação à quantidade do macronutriente nitrogênio, similar à relação C/N. Os valores encontrados para esta relação são muito baixos (1/16), indiciando excesso de nitrogênio que se apresenta principalmente na forma de amônia, provavelmente gerada pela degradação do material protéico que constitui a maior fração da matéria orgânica biodegradável do lixiviado. Como a relação DBO/DQO é muito baixa (0,03), a degradação microbológica aeróbia na célula do aterro pode estar sendo limitada devido à falta de matéria orgânica facilmente biodegradável ou à presença de compostos

tóxicos presentes no efluente. Também não se observa limitação da concentração de fósforo quando comparado à relação indicada como favorável ao desenvolvimento dos microrganismos (C:P = 5:1).

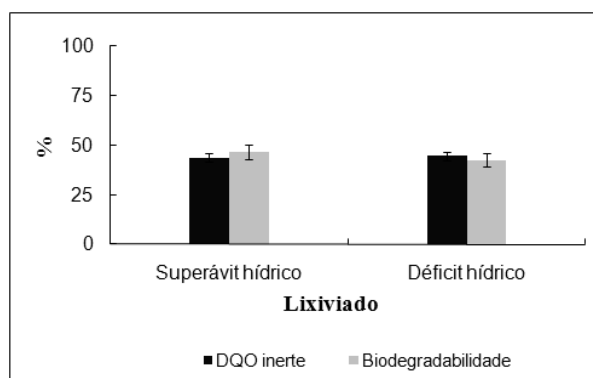
Constata-se também um baixo teor de sólidos em totais e em suspensão explicando a pequena diferença entre cor aparente e real do efluente (baixa turbidez). A relação SSV/SSF representa a razão entre a quantidade de sólidos voláteis (fração orgânica) e sólidos suspensos fixos (fração inorgânica). Além da baixa concentração de sólidos, observa-se uma relação SSV/SSF variando entre a faixa de 3 e 6 nas épocas de alta e baixa pluviosidade respectivamente, indicando maturidade microbiológica, já que os SSV podem ser associados diretamente à biomassa existente no lixiviado.

A concentração de metais pesados é baixa não indicando indícios de atribuição de toxicidade por estes elementos. A concentração de ferro superior a de outros metais pode ser atribuída às características geomorfológicas do solo da região.

### Caracterização do lixiviado bruto empregando parâmetros não-específicos

#### DQO inerte versus biodegradabilidade

Os resultados finais de DQO inerte e biodegradabilidade do lixiviado bruto nos diferentes períodos monitorados são apresentados no gráfico da Figura 2.



**Figura 2 - Percentual de DQO inerte e biodegradabilidade do lixiviado bruto em diferentes períodos sazonais.**

É importante reforçar que a fração de DQO inerte se diferencia da DQO residual pelo fato desta primeira ser a fração de DQO que não é passível de degradação biológica, independentemente do tempo de tratamento, ou possuir um tempo de degradação muito superior em relação às margens do tempo de tratamento, enquanto que a DQO residual pode ser considerada a fração de matéria orgânica persistente ao tratamento, mas passível de degradação se ajustadas as condições operacionais do processo ou adotadas outras técnicas de tratamento biológico.

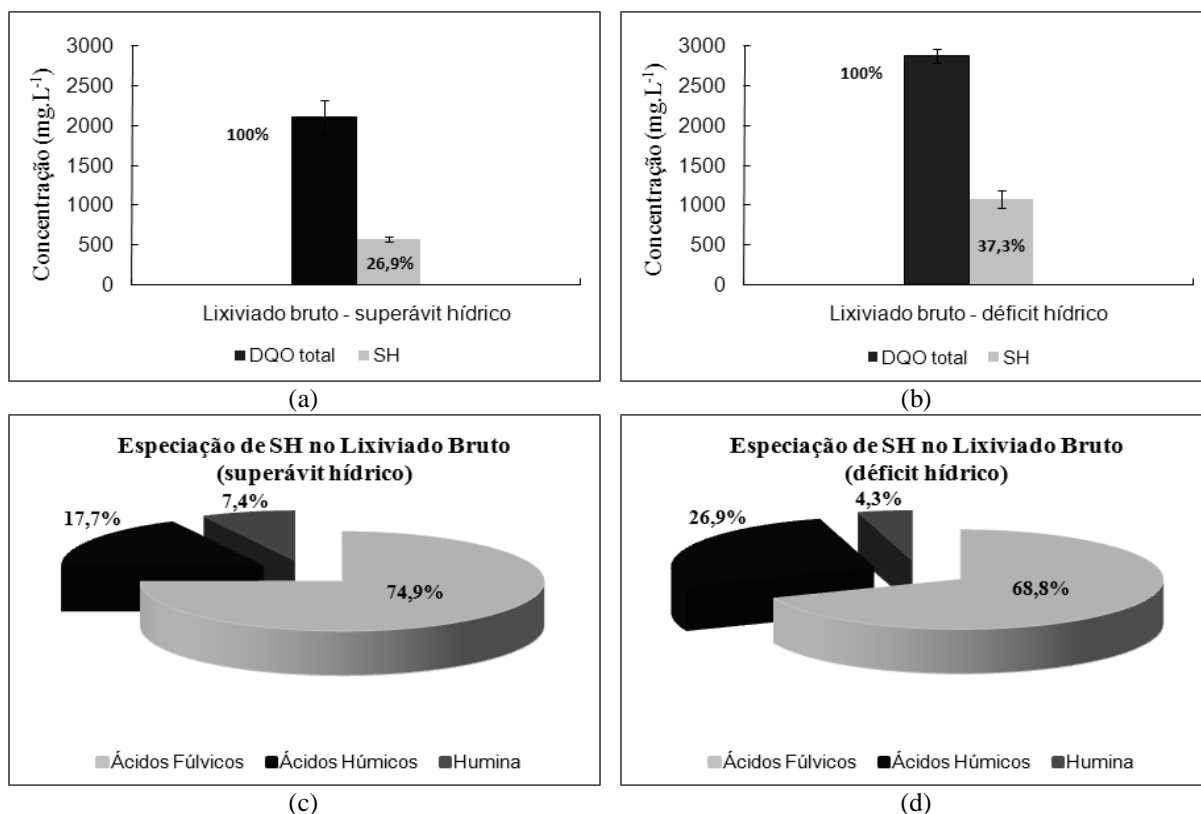
Observa-se uma a fração de DQO inerte do lixiviado bruto em torno de 44%. Esta elevada concentração de compostos refratários pode ser atribuída principalmente às substâncias húmicas, além de outras espécies complexas que resultam da condensação de núcleos aromáticos. Em relação à variação das características do lixiviado em função de sua variação sazonal, conforme esperado, não se observou alteração significativa de fração de DQO inerte para lixiviados submetidos ou não a diluição.

O lixiviado bruto apresentou biodegradabilidade máxima de 46,6 e 42,4%, em condições aeróbias, no período chuvoso e seco respectivamente. O ligeiro decréscimo da biodegradabilidade em períodos secos pode ser explicado pela maior concentração de compostos inibidores aos microrganismos envolvidos na degradação, tais como amônia e metais.

#### Substâncias húmicas

Foi realizada a quantificação e a especiação das substâncias húmicas presentes neste efluente. A Figura 3 apresenta os resultados quantitativos e qualitativos encontrados.





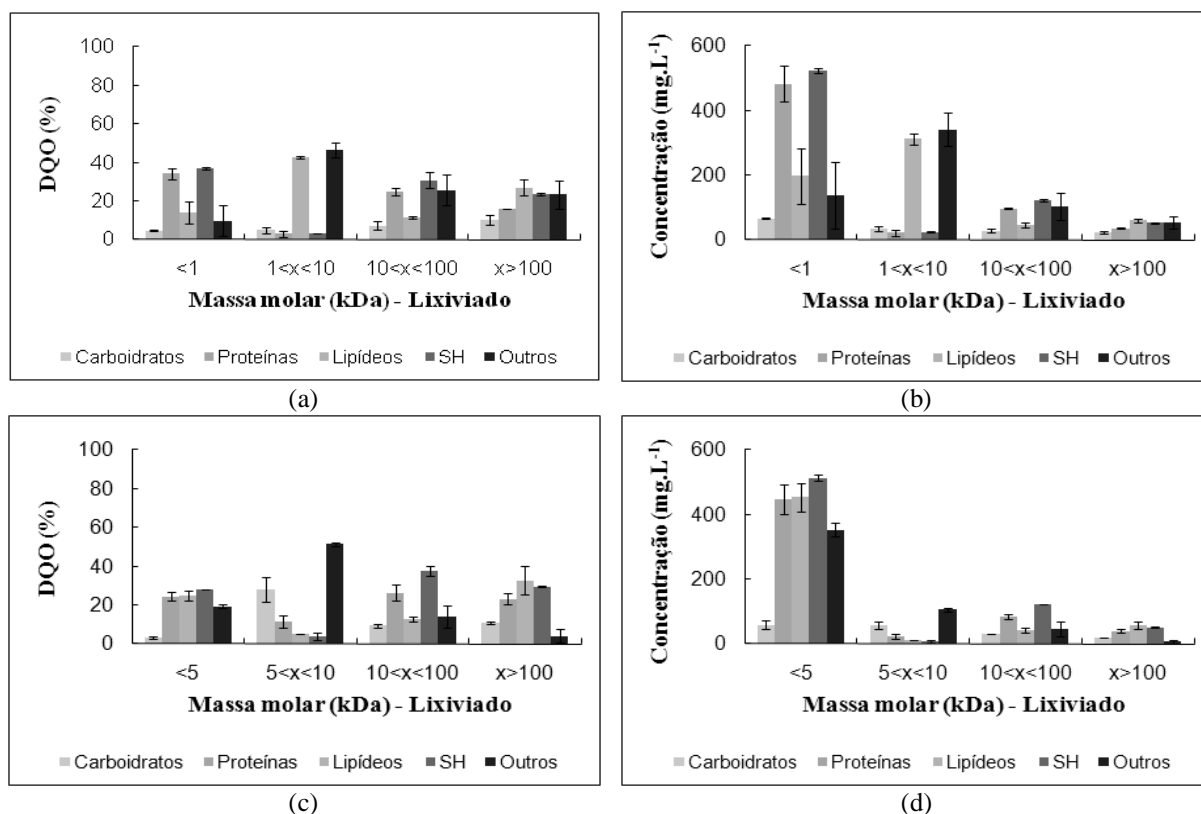
**Figura 3 - Substâncias húmicas no lixiviado em diferentes períodos sazonais; (a) e (b) Concentração; (c) e (d) Especiação.**

Os ensaios mostraram uma concentração de substâncias húmicas de 26,9% (568 mg.L<sup>-1</sup>) do total de DQO (2.113 mg.L<sup>-1</sup>) no lixiviado bruto em estação chuvosa, enquanto que essa concentração aumentou para 37,3% (1076 mg.L<sup>-1</sup>) do total de DQO (2.886 mg.L<sup>-1</sup>) na estação seca. Em relação à sazonalidade concluiu-se que na estação seca mais substâncias húmicas e material orgânico permaneceram concentrados no lixiviado. Quando em época de chuva, a concentração dessas substâncias decresce por causa da diluição. Os valores encontrados situaram ligeiramente abaixo dos valores encontrados por Kang et al. (2002) (50 - 60%), no entanto este autor trabalhou com aterros em fase de operação, diferentemente do cenário do aterro sanitário de Belo Horizonte.

Dentre as espécies de substâncias húmicas, foi caracterizado uma maior presença de ácidos fúlvicos no lixiviado bruto. Este fato pode estar associado ao fato do lixiviado em estudo ter sido coletado da célula mais recente do aterro. A presença desta espécie equivale a aproximadamente 70% das espécies de substâncias húmicas neste efluente, seguido pela quase totalidade restante de ácidos húmicos.

#### Distribuição de massa molar

Na Figura 4 são apresentadas as caracterizações das frações das amostras de lixiviado bruto obtidas da ultrafiltração com membranas de 1, 5, 10 e 100 kDa. Os resultados obtidos são referentes à média dos ensaios realizados nos períodos sazonais avaliados. As figuras apresentam, para cada fração de massa molar, o percentual e a concentração de carboidratos, lipídeos, proteínas e substâncias húmicas expressos em DQO. A apresentação dos resultados dessa forma permite avaliar a contribuição relativa destas classes de compostos em cada fração de tamanho resultante do fracionamento do lixiviado. A denominação “outros” foi atribuída à fração de compostos não identificada, quantificados pela diferença entre os valores de DQO e o somatório da fração de carboidratos, lipídeos, proteínas e substâncias húmicas expressos em DQO.



**Figura 4 - Distribuição de massa molar do lixiviado bruto em diferentes períodos sazonais: (a) e (b) Percentual e concentração de DQO empregando membranas de 1, 10 e 100 kDa; (b) e (c) Percentual e concentração de DQO empregando membranas de 5, 10 e 100 kDa .**

Nota-se que no lixiviado bruto, a maioria da matéria orgânica presente apresenta-se como compostos de baixa massa molar, retratando o estágio avançado de degradação deste efluente uma vez que ao longo do tempo as estruturas moleculares maiores se quebram em estruturas menores. De forma quantitativa, aproximadamente 51% de DQO possui massa molar menor que 1 kDa. Esse valor aumenta para 72% quando se considera massa molar menor que 5 kDa.

Observa-se também os compostos orgânicos com massa molar menor do que 1 kDa é composta predominantemente por proteínas e substâncias húmicas. Os lipídeos se distribuem equilibradamente como compostos de massa molar menor do que 1 kDa e entre 1 e 10 kDa. A baixa concentração de carboidratos em relação aos demais compostos pode ser explicada pelo fato de que estes compostos são facilmente degradados.

Na faixa de compostos entre 1 e 10 kDa foi detectado a maior presença de compostos desconhecidos (fração denominada “outros”). Acredita-se que esta fração seja constituída de compostos com estrutura molecular complexa, que conferem características refratárias ao lixiviado.

Qualitativamente, compostos de elevada massa molar (maior do que 100 kDa) apresentam concentrações similares, enquanto que, quantitativamente, estes compostos apresentam-se em reduzida concentração.

Em relação às substâncias húmicas, foi detectado uma presença nas faixas de massa molar menor do que 5 kDa, entre 10 e 100 kDa e maior do que 100 kDa. A ausência destas substâncias na faixa entre 5 e 10 kDa já era esperado, conforme reportado na literatura onde as espécies: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas apresentam massa molar na faixa menor do que 5 kDa, entre 10 e 100 kDa e maior do que 100 kDa respectivamente (McBride, 1994).



## CONCLUSÕES

Em relação às características do lixiviado do aterro sanitário de Belo Horizonte, os resultados apontaram que, em ambos os períodos sazonais avaliados, o lixiviado apresentou características de aterro sanitário estabilizado. Os principais parâmetros que embasam esta condição foram a concentração de DQO total entre 1.500 e 3.000 mg.L<sup>-1</sup>, elevada concentração de nitrogênio amoniacal (média próxima a 1.150 mg.L<sup>-1</sup>) e baixa relação DBO/DQO. Constatou-se também que o lixiviado sofreu pouca influência em suas características quando submetido à diluições provocadas por água de infiltração ocasionadas por precipitações.

O lixiviado bruto apresentou biodegradabilidade máxima de 46,6 e 42,4%, em condições aeróbias, no período chuvoso e seco respectivamente. A fração de DQO inerte no lixiviado em ambos os períodos sazonais situou-se em torno de 44%. Dentre as espécies de substâncias húmicas presentes no lixiviado, foi caracterizado uma maior presença de ácidos fúlvicos. A presença desta espécie equivale a aproximadamente 70% das espécies de substâncias húmicas neste efluente, seguido pela quase totalidade restante de ácidos húmicos.

Na distribuição de massa molar do lixiviado, notou-se que a maioria da matéria orgânica presente se apresenta como compostos de baixa massa molar, retratando o estágio avançado de degradação deste efluente. De forma quantitativa, aproximadamente 51% de DQO possui massa molar menor que 1 kDa. Essa proporção aumenta para valor próximo de 72% quando se considera massa molar menor que 5 kDa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition. American Public Health Association, Washington, DC. 2005.
- FROLUND, B.; GRIEBE, T.; NIELSEN, P.H. Enzymatic activity in the activated-sludge floc matrix. *Applied Microbiology and Biotechnology*. v.43, n.4, p.755-61, 1995.
- GERMILI, E.; ORHON, D.; ARTAN, N. Assessment of the initial inert soluble COD in industrial wastewaters. *Water Science and Technology*, v.23, p.1077-1086, 1991.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Climatologia mapas. ([http:// www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), 2009.
- KANG, K.H.; SHIN, H.S.; PARK, H. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Research*, v.36, n.16, p.4023-4032, 2002.
- LOWRY, O.H.; ROSENBOUGH, N.J.; FARR, R.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, v.193, p.265-275, 1951.
- MCBRIDE, M.B. *Environmental chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 406p., 1994.
- OECD Detailed review paper on biodegradability testing environment monograph, n.98, 1995.