

## II-214 – CARACTERIZAÇÃO DETALHADA DO VINHOTO GERADO NA PRODUÇÃO DE ETANOL

**Vera Tainá Franco Vidal Mota<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

**Gabriel Esteves Motta**

Técnico em Química Industrial pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Graduando em Engenharia de Minas pela UFMG.

**Míriam Cristina Santos Amaral**

Engenheira Química pela UFMG. Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte – MG - CEP 31270-901 – Brasil - Tel: (31)3409-1724 – e-mail: vtaina@hotmail.com

### RESUMO

O presente trabalho apresenta uma caracterização detalhada do vinhoto, principal resíduo líquido da produção de etanol, visando uma melhor compreensão do efluente e o estudo de seu comportamento durante a degradação biológica aeróbia e anaeróbia. Três amostras de vinhoto de caldo de cana-de-açúcar, provenientes de uma destilaria localizada em Itápolis (SP), foram caracterizadas quanto a: série sólidos, DQO, DBO, índice de fenóis, fósforo total, nitrogênio total e amoniacal, carbono orgânico total, turbidez, cor real e aparente, condutividade, pH, diversos cátions e ânions, carboidratos e proteínas. Foram realizados ensaios de biodegradabilidade e DQO inerte, nos quais a matéria orgânica foi quantificada em DQO, carboidratos e proteínas, para melhor compreensão das transformações ocorridas durante a biodegradação. Os resultados obtidos mostram que há uma grande variabilidade entre as amostras, mesmo sendo provenientes da mesma usina. As amostras contendo 1,63, 5,76 e 19,31 g/L de sólidos suspensos apresentaram concentrações de DQO equivalentes a 17,3, 27,1 e 47,6 g/L. Constatou-se que os parâmetros referentes à fração solúvel das amostras, em geral, apresentaram menor variabilidade. Entretanto, a cor real e o percentual de carboidratos solúveis diferiram bastante entre as amostras analisadas. Os resultados dos testes de biodegradabilidade e DQO inerte indicam que se trata de um efluente com uma ótima biodegradabilidade (>95%) e baixo percentual de DQO inerte (<4%), tanto sob condições aeróbias quanto anaeróbias. A análise da composição bioquímica da fração solúvel durante a degradação biológica sugere que a maior parte dos compostos recalcitrantes é de natureza protéica e que os carboidratos, principalmente a glicose, são degradados rapidamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vinhoto, caracterização, biodegradabilidade, DQO inerte.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, a cana-de-açúcar e seus derivados são a segunda principal fonte de energia primária da matriz energética nacional e o consumo de etanol já é superior ao da gasolina<sup>1</sup>. Os principais subprodutos da produção de etanol são o bagaço e o vinhoto. O vinhoto, também conhecido como vinhaça, é o resíduo líquido do processo de destilação do caldo ou melaço de cana-de-açúcar fermentado para obtenção de etanol e bebidas alcólicas. Para cada litro de etanol, cerca de 15 litros de vinhoto são gerados<sup>2</sup>.

A composição do vinhoto é bastante variada, pois depende de diversos fatores, como características do solo, safra, insumos agrícolas aplicados, variações nos processos de fermentação e destilação, etc. O vinhoto apresenta alto potencial poluidor devido ao baixo pH, elevado teor de DQO e DBO, cor, turbidez e alta concentração de sais e nutrientes. Portanto, o lançamento de vinhoto em corpos d'água está associado a problemas como a redução de oxigênio dissolvido, eutrofização e inibição da atividade fotossintética.

A aplicação do vinhoto na fertirrigação é bastante difundida, pois recupera os nutrientes e dispensa um tratamento avançado, o qual seria necessário para a adequação ao lançamento em águas superficiais<sup>2</sup>. Porém, dependendo da concentração, grau de estabilização e da dosagem de aplicação, o vinhoto pode ter efeitos positivos na agricultura, como o aumento do carbono orgânico, da capacidade de troca catiônica (CTC) e de nutrientes<sup>3</sup>, ou negativos associados à superdosagem, que incluem a acidificação<sup>4</sup> e salinização do solo<sup>5</sup>,

proliferação de moscas que podem ter grandes impactos sobre a agropecuária<sup>6</sup> e a contaminação de águas subterrâneas<sup>7</sup>.

A destinação adequada do vinhoto ainda é um grande desafio e, por isso, a sua caracterização detalhada e avaliação do seu potencial de biodegradação é muito importante para que se possa avaliar as estratégias de gerenciamento e propor novas alternativas de tratamento e disposição.

O presente trabalho comparou diversos parâmetros físico-químicos de três amostras de vinhoto. O potencial de biodegradabilidade e a fração da matéria orgânica inerte do vinhoto foram avaliados sob condições aeróbias e anaeróbias em reatores de escala de bancada. Para auxiliar na compreensão dos fenômenos que ocorrem durante a degradação biológica, a concentração de carboidratos e proteínas foi monitorada durante o experimento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha da forma de disposição do vinhoto deve ser precedida por análises de diversos parâmetros físico-químicos. Entre os parâmetros que devem ser analisados para a aplicação do vinhoto no solo, a Deliberação Normativa COPAM nº 164, de 30 de março de 2011 e a Norma Técnica CETESB - P4.231 preconizam: pH, nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, DBO e DQO.

Por outro lado, para o sucesso do emprego do tratamento biológico, além dos parâmetros físico-químicos, também é importante o conhecimento do potencial de utilização do efluente pelos microrganismos utilizados em estações de tratamento de efluentes. A avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia e a determinação da DQO inerte fornecem informações que auxiliam a compreensão dos fenômenos que ocorrem em praticamente todas as etapas do tratamento, possibilitando o aperfeiçoamento das tecnologias, a definição de procedimentos operacionais mais eficientes, o aprimoramento dos modelos matemáticos e, conseqüentemente, a concepção de estações de tratamento de efluentes mais eficientes na remoção de carga orgânica.

O estudo foi realizado em duas etapas, descritas a seguir.

## PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

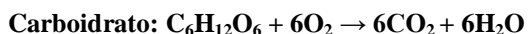
Três amostras de vinhoto de caldo de cana-de-açúcar (Am1, Am2, Am3) – provenientes da Usina Destilaria Malosso, pertencente aos Irmãos Malosso Ltda. localizada em Itápolis (SP) – foram caracterizadas quanto aos seguintes parâmetros, empregando as respectivas metodologias:

- Série sólidos, DQO, DBO, índice de fenóis, fósforo total e N amoniacal: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*<sup>8</sup>.
- Turbidez (turbidímetro Hach, 2100AN), cor real e aparente (espectrofotômetro Hach DR2800), condutividade (condutivímetro Hanna) e pH (medidor de pH Qualxtron QX 1500)
- Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT): mensuração pelo TOC-analyser (Shimadzu, TOC-V CPN e TNM-1) do efluente filtrado em membrana de 0,45µm (Millipore)
- Cátions e ânions: a concentração de K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, F<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> foi determinada no cromatógrafo iônico ICS-1000 (Dionex) equipado com as colunas AS-22 e ICS 12-A.

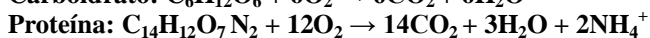
A composição bioquímica da fração orgânica solúvel em termos de carboidratos e proteínas foi comparada entre duas amostras (Am2 e Am3). As análises de carboidratos foram realizadas pelo método do fenol e ácido sulfúrico baseado na metodologia descrita por Dubois *et al.*<sup>9</sup>. A adição dos reagentes (fenol e ácido sulfúrico) a amostras que contenham carboidrato resulta em uma coloração laranja. A absorbância foi lida em 488nm em espectrofotômetro Hach DR2800. As análises de proteína foram realizadas empregando-se o método de Lowry<sup>10</sup>, que se baseia na reação do cobre com a proteína em meio alcalino e posterior redução do reagente de fosfomolibdato-fosfotungstênio no reagente de Folin-Ciocalteu. Quando o reagente Folin-Ciocalteu é adicionado à amostra contendo proteínas e previamente tratada com o cobre, ocorre a redução deste reagente, resultando em uma cor mais intensa, que é quantificada pela absorbância em 550nm (espectrofotômetro Hach DR2800).

A conversão das concentrações de carboidratos e proteínas em DQO foi feita a partir das reações de oxidação-redução (equações 1 e 2). Como há uma grande variedade de carboidratos, a glicose foi escolhida como

representativa dos carboidratos no vinhoto do caldo de cana-de-açúcar devido à sua provável predominância<sup>11</sup>, e para as proteínas adotou-se o valor teórico de DQO proposto por Henze *et al.*<sup>12</sup>.



equação (1)



equação (2)

Baseado nestas reações de oxidação, os fatores de conversão foram calculados como 1,07 e 1,2 g de DQO por 1g de carboidratos e proteína, respectivamente.

## SEGUNDA ETAPA: AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE AERÓBIA E ANAERÓBIA E DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA INERTE

O percentual de biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia do efluente é determinado pela taxa de degradação do substrato por microrganismos em ambientes com e sem oxigênio, respectivamente. A biodegradabilidade aeróbia foi realizada através de adaptações dos métodos de Zahn Wellens<sup>13</sup>, e a anaeróbia empregando-se o método de Field *et al.*<sup>14</sup>. Os testes foram realizados à temperatura ambiente em erlenmeyers de 2 litros contendo microrganismos, efluente bruto e filtrado, nutrientes e água destilada para a diluição necessária. Inóculos de microrganismos foram adicionados na concentração de 100 mgSSV/L, sendo que para o ensaio de biodegradabilidade aeróbia o lodo foi coletado no sistema de lodos de ativados da ETE Arrudas – COPASA (Belo Horizonte, MG), e para o ensaio de biodegradabilidade anaeróbia, de reatores UASB do Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS) UFMG/Copasa. A concentração inicial de DQO relativa ao efluente foi de 1000 mg/L. Nos reatores aeróbios adicionaram-se nutrientes na mesma concentração do teste de DBO<sup>8</sup> e a agitação foi provida pela aeração constante; nos reatores anaeróbios foi adicionada uma solução de macro e micronutrientes conforme descrito por Souza *et al.*<sup>15</sup>, e estes foram mantidos sob agitação magnética. A concentração de DQO solúvel foi monitorada em intervalos de aproximadamente 48 horas até a estabilização. Para quantificar a matéria orgânica referente somente aos produtos do metabolismo microbiano, paralelamente foram monitorados reatores contendo apenas microrganismos (100 mgSSV/L), nutrientes e água sob as mesmas condições. O percentual de biodegradabilidade foi determinado em função da concentração de DQO solúvel ao final do experimento, conforme a Equação 3.

$$\text{Biodegradabilidade (\%)} = (1 - ((S_{\text{Ref}} - S_{\text{P}})/S_{\text{ef}})) \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

$S_{\text{Ref}}$ : DQO residual dos reatores alimentados com o efluente (mg/L)

$S_{\text{P}}$ : DQO referente aos produtos metabólicos liberados pelos microrganismos (mg/L)

$S_{\text{ef}}$ : DQO inicial dos reatores alimentados com o efluente (mg/L)

A determinação da fração orgânica inerte é uma forma de estimar o percentual da matéria orgânica refratária presente no efluente após sofrer degradação por microrganismos sob condições aeróbias ou anaeróbias. O método escolhido para determinar a matéria orgânica inerte foi o proposto por Germili *et al.*<sup>16</sup>, que consiste em monitorar dois reatores em paralelo com a mesma DQO inicial, um alimentado com o efluente e outro com glicose. Os mesmos procedimentos para avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia foram utilizados para a montagem e monitoramento dos reatores alimentados com o efluente, acrescentando-se dois reatores alimentados com solução de glicose, na concentração inicial de 1000 mgDQO/L e inóculo de 100mgSSV/L, sob condições aeróbia e anaeróbia. Admitindo-se que a glicose é 100% biodegradável, pode-se estimar a concentração da matéria orgânica inerte do efluente como a diferença entre a concentração residual DQO dos reatores alimentados com o efluente em relação aos reatores alimentados com glicose, conforme a Equação 4.

$$\text{DQO inerte (\%)} = ((S_{\text{Ref}} - S_{\text{Rgl}}) \times F / S_0) \times 100 \quad \text{equação (4)}$$

Em que:

$S_{\text{Rgl}}$ : DQO residual do reator alimentado com glicose (mg/L)

F: fator de diluição

$S_0$ : DQO inicial do efluente (mg/L)

Para compreender melhor as transformações bioquímicas ocorridas durante a biodegradação, a matéria orgânica solúvel foi caracterizada ao longo em relação ao teor de carboidratos, proteínas. A conversão destes parâmetros em DQO foi feita conforme as equações (1) e (2).

## RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das características físico-químicas das três amostras de vinhoto estudadas.

**Tabela 1: Características físico-químicas de amostras de vinhoto**

Parâmetros	Am1	Am2	Am3
DQO (mg/L)	27138	17300	47550
DQO <sub>solúvel</sub> (mg/L)	16634	16860	21377
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	6450	6900	11300
DBO <sub>20</sub> (mg/L)	12050	8650	24000
DQO/DBO <sub>20</sub>	2,25	2,00	1,98
COT (mg/L)	5705	4857	6800
Índice de fenóis (mg/L)	0,334	0,375	-
pH	3,29	3,3	4,27
Cor real (uC)	669	1281	675
Cor aparente (uC)	9968	6829	45542
Turbidez (UNT)	-	1413	20000
Condutividade (mS/cm)	4,26	-	-
ST (g/L)	20,14	15,17	43,34
STV (g/L)	16,79	12,45	34,85
STF (g/L)	3,36	2,71	8,49
SST (g/L)	5,76	1,63	19,31
SSV (g/L)	5,54	1,36	17,82
SSF (g/L)	0,22	0,27	1,49
SDT (g/L)	14,39	13,54	24,03
SDV (g/L)	11,25	11,09	17,03
SDF (g/L)	3,14	2,44	7,00
NT (mg/L)	114,55	-	-
N amoniacal	nd	0,7	6,7
Fósforo (mg/L)	50,05	23,7	37,49
Fluoreto (mg/L)	56,73	115,10	139,51
Cloreto (mg/L)	713,85	413,35	660,37
Nitrato (mg/L)	54,80	30,59	28,12
Fosfato (mg/L)	157,96	143,89	226,79
Sulfato (mg/L)	651,00	690,42	673,05
Sódio (mg/L)	11,71	-	-
Potássio (mg/L)	2148,58	-	-
Magnésio (mg/L)	215,60	-	-
Cálcio (mg/L)	187,52	-	-

- : análises que não foram realizadas

nd: não detectável

Como pode ser verificado na Tabela 1, as amostras de vinhoto, mesmo sendo provenientes da mesma usina, diferiram bastante em relação à DQO total, turbidez e sólidos suspensos – sendo que para estes parâmetros os menores valores foram encontrados para a Am2 e os maiores para a Am3. Apesar da grande distinção entre as amostras, os compostos solúveis, em geral, apresentaram menor variação. Os resultados obtidos confirmam a elevada concentração de matéria orgânica, expressa em termos de DQO, DBO e COT, no vinhoto. Nutrientes, como magnésio, flúor, fósforo e potássio, estão presentes em altas concentrações.

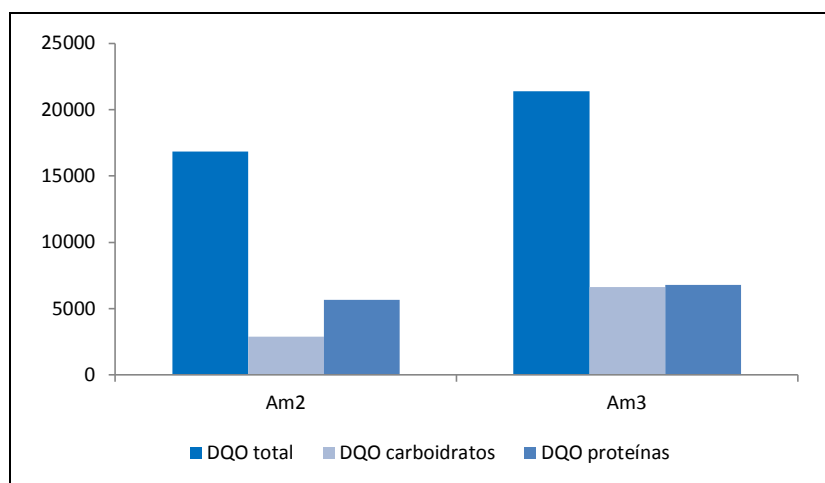
Embora a DBO<sub>5</sub> tenha apresentado valores relativamente baixos<sup>17,18</sup>, acredita-se que isso possa ter ocorrido pela eventual escassez inicial de microrganismos, uma vez que o vinhoto deixa a coluna de destilação a elevadas temperaturas, em torno de 90°C. A Am1, por exemplo, apresentou valor de DBO<sub>5</sub> inferior ao da Am2, mas DBO<sub>20</sub> superior. Por isso, optou-se por expressar a razão DQO/DBO<sub>20</sub>, que apresentou baixos valores (<2,5), indicando uma boa biodegradabilidade do efluente.

O índice de fenóis foi inferior ao valor máximo permitido para o lançamento de efluentes segundo a Resolução Conama 357/2005, que é de 0,5 mg/L.

A análise da série sólidos indica que a maior parte dos sólidos são dissolvidos e que os sólidos voláteis predominam em todas as frações de sólidos (totais, suspensos e dissolvidos). É interessante notar que a Am2, apesar de ter uma concentração ligeiramente menor de sólidos dissolvidos que as demais amostras, apresentou um valor de cor real bem maior. Isso provavelmente é devido a variações no processo produtivo, podendo ter ocorrido aumento na formação de melanoidinas, por exemplo. As melanoidinas são formadas pela reação de Maillard de carboidratos com proteínas e têm grande contribuição para a cor escura do vinho<sup>4,19</sup>.

As concentrações de fósforo total e sulfato foram bastante inferiores à média reportada na revisão de Wilkie *et al.*<sup>18</sup> para o vinho do caldo de cana-de-açúcar e à média feita a partir de 64 amostras provenientes de 28 usinas do Estado de São Paulo, em um estudo realizado para o Centro de Tecnologia Canavieira<sup>17</sup>. Já a concentração de potássio na Am3 foi bem próxima dos valores médios, sendo que este nutriente normalmente limita a aplicação do vinho na fertirrigação. Em relação ao elemento nitrogênio, a Am1 foi a que apresentou a menor concentração na forma amoniacal, mas a maior concentração de nitrato, ao contrário da Am3. Isso pode ser explicado, em parte, pela possível diferença no grau de degradação das amostras, uma vez que o vinho fica armazenado por períodos variáveis em lagoas.

A Figura 1 mostra a composição bioquímica da fração solúvel das amostras Am2 e Am3 em termos de carboidratos e proteínas (valores convertidos em DQO, conforme as equações (1) e (2)).

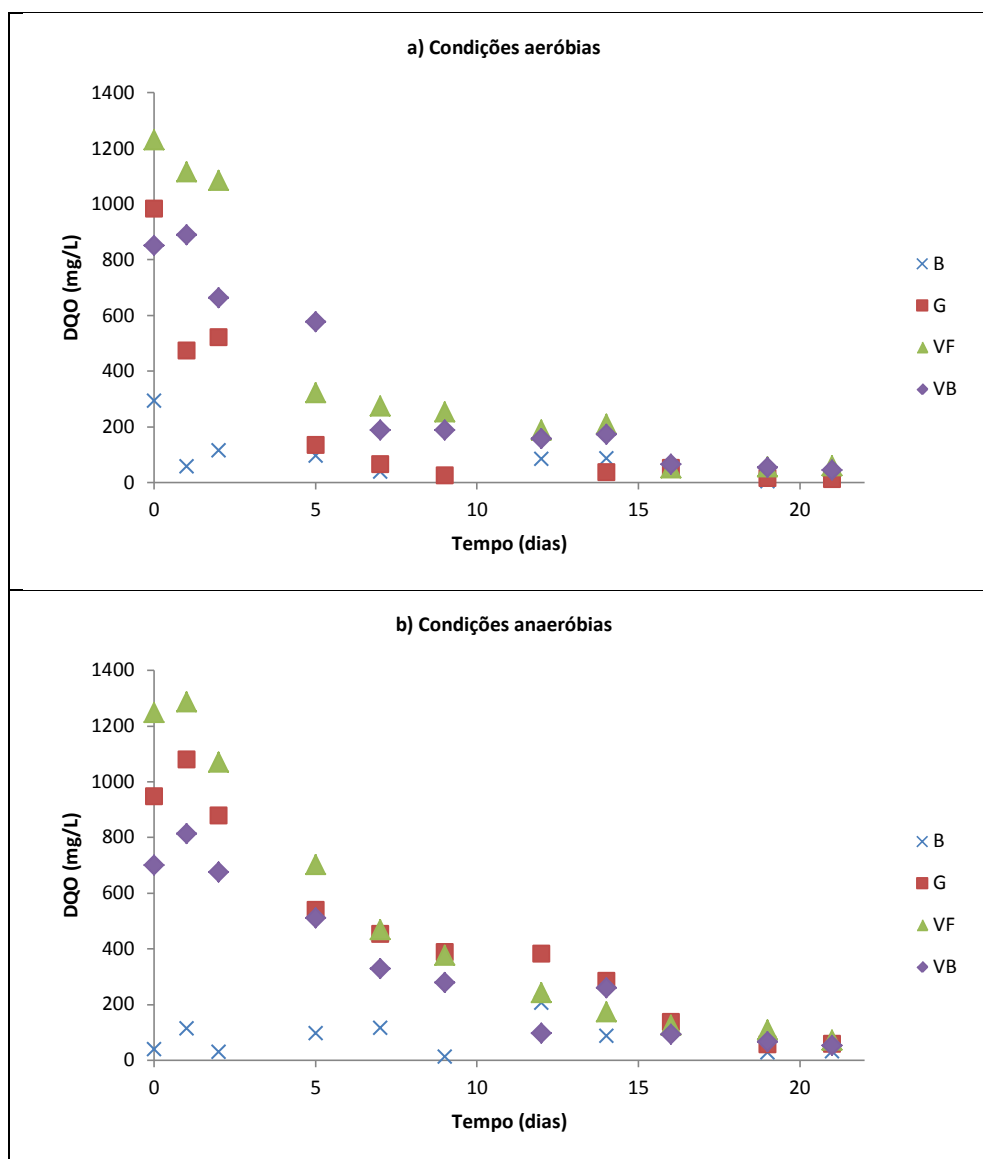


**Figura 1: Composição bioquímica da fração solúvel das amostras de vinho**

A porcentagem da DQO provenientes das proteínas em relação à DQO solúvel total foi bastante similar entre as amostras – 33,6% (Am2) e 31,8% (Am3) – enquanto a porcentagem de carboidratos foi de 17,1 e 31,2% para a Am2 e Am3, respectivamente. Segundo Paturau<sup>20</sup> *apud* Vianna<sup>21</sup>, a composição da matéria orgânica no vinho é: 30% de “gomas”, 24% de fenolatos, 16% de açúcares redutores, 13% de aminoácidos, 9% de ácidos orgânicos e 8% de glicerol. A concentração relativamente elevada de carboidratos na Am3 pode indicar ineficiência no processo de fermentação<sup>18</sup>, o que também pode explicar, em parte, a maior concentração de DQO no vinho<sup>18</sup>, ou pelo menor grau de degradação. A explicação para o percentual elevado de proteínas nas amostras necessita de estudos mais aprofundados, podendo estar relacionado às variações “normais” na composição do vinho, ao método empregado (vários estudos relatam a interferência de açúcares na metodologia de Lowry para a determinação de proteínas), ou ao fator de conversão para DQO, que pode não corresponder fielmente à realidade.

## BIODEGRADABILIDADE AERÓBIA E ANAERÓBIA E DQO INERTE

A Figura 2 mostra a redução da concentração de DQO ao longo do tempo sob condições aeróbias e anaeróbias nos reatores. Nota-se que ocorre uma queda mais brusca da matéria orgânica sob condições aeróbias, mas que em ambas as condições, a estabilização da concentração de DQO ocorreu aproximadamente em 20 dias.



**Figura 2:** Concentração de DQO durante a degradação biológica aeróbia (a) e anaeróbia (b), nos reatores alimentados com solução de glicose (G), vinhoto filtrado (VF), vinhoto bruto (VB) e nos reatores contendo somente microrganismos, nutrientes e água (B).

Na Tabela 2 são apresentados os valores de biodegradabilidade e DQO inerte em condições aeróbias e anaeróbias do vinhoto filtrado e bruto.

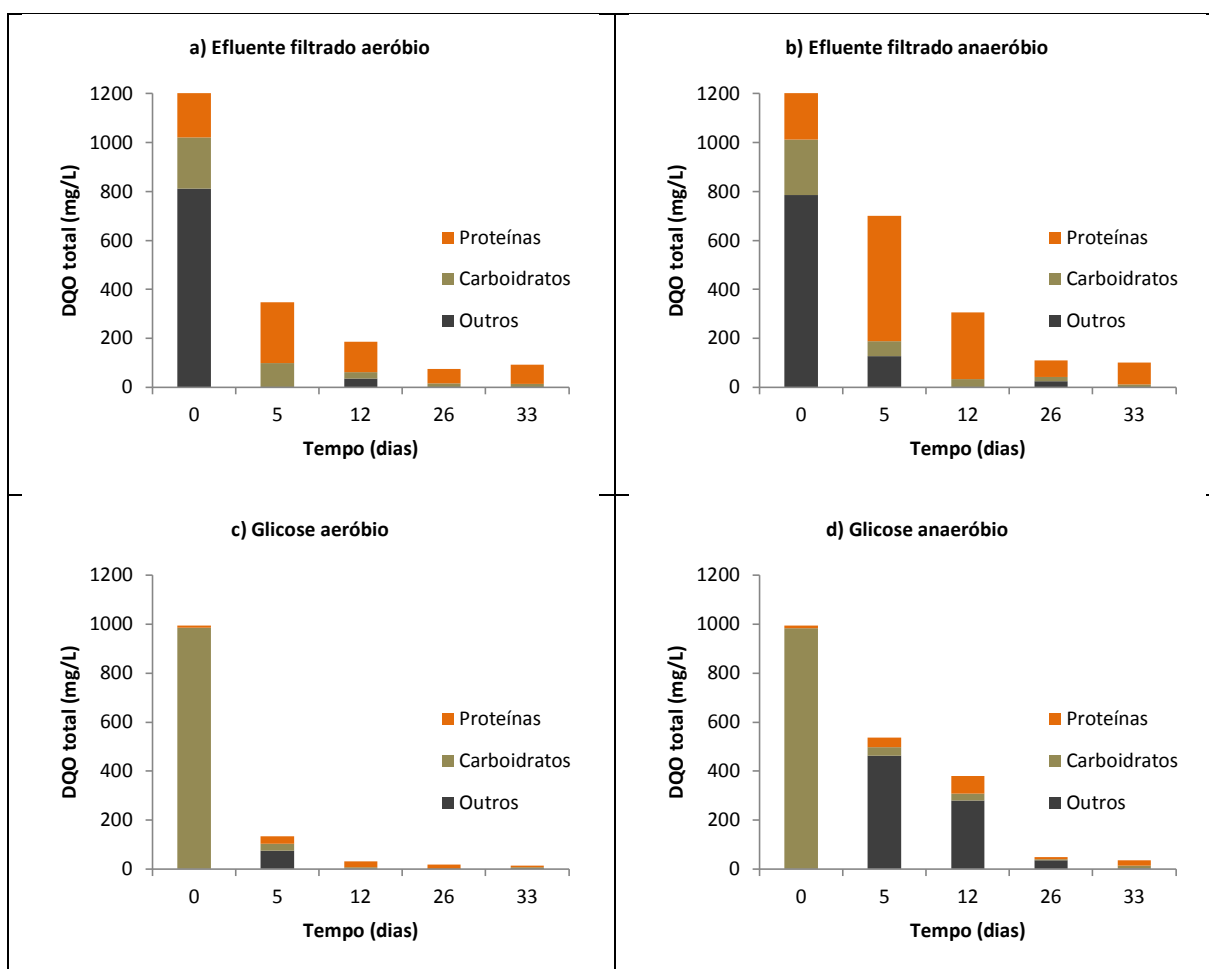
**Tabela 2:** Biodegradabilidade e DQO inerte do vinhoto filtrado e bruto.

Parâmetros	Degradação aeróbia		Degradação anaeróbia	
	Efluente filtrado	Efluente bruto	Efluente filtrado	Efluente bruto
DQO <sub>inicial</sub> (mg/L)	1229	851	1248	700
DQO <sub>final</sub> (mg/L)	52	36	80	63
DQO <sub>lodo</sub> (mg/L)	20	20	50	50
DQO <sub>final glicose</sub> (mg/L)	15	15	51	51
Biodegradabilidade (%)	97	98	98	98
k (-d <sup>-1</sup> )	0,154	0,147	0,142	0,132
DQO inerte (%)	3,7	3,5	2,9	2,1



Pelos resultados obtidos, infere-se que o vinhoto é um ótimo substrato tanto para a digestão aeróbia quanto anaeróbia. Como era de se esperar, as taxas de utilização do substrato foram ligeiramente superiores nos reatores aeróbios. É interessante notar que o percentual de DQO inerte aos processos anaeróbios foi menor que aos aeróbios. Por outro lado, a DQO referente aos produtos metabólicos liberados pelos microrganismos na degradação anaeróbia foi maior que na degradação aeróbia, indicando uma maior liberação de produtos microbianos solúveis (SMP) pelos microrganismos anaeróbios.

Periodicamente a fração solúvel foi caracterizada quanto à concentração de carboidratos e proteínas. A Figura 3 ilustra o perfil da concentração destes compostos ao longo do tempo nos reatores alimentados com o efluente filtrado e com solução de glicose, em condições aeróbias e anaeróbias. A diferença entre o valor da DQO total e do somatório das concentrações de carboidratos e proteínas convertidas em DQO corresponde à parcela de compostos não identificados que foi denominada de “outros”.



**Figura 3: Perfil da concentração de carboidratos e proteínas ao longo do tempo nos reatores alimentados com o efluente filtrado em condições aeróbias (a) e anaeróbias (b) e com solução de glicose em condições aeróbias (c) e anaeróbias (d)**

Nota-se que nos primeiros dias da degradação ocorre aumento na concentração de proteínas em todos os reatores, provavelmente devido à elevada atividade enzimática dos microrganismos, enquanto a concentração de carboidratos sofre grande redução, principalmente nos reatores alimentados com glicose. A parcela de DQO denominada por “outros” é bem maior no quinto dia nos reatores anaeróbios que nos aeróbios. Isso pode ser explicado pelo fato de que a primeira etapa da digestão anaeróbia (acidogênese) é uma fase de DQO praticamente constante, em que as moléculas orgânicas são basicamente reorganizadas, através de reações de hidrólise e fermentação<sup>22</sup>. Portanto, provavelmente, parte da DQO não identificada corresponde a ácidos graxos voláteis. Isso é reafirmado para a DQO inicial dos reatores alimentados com o vinhoto, uma vez que a concentração de ácidos orgânicos neste efluente é geralmente muito elevada, tornando-o um excelente substrato para a degradação anaeróbia<sup>22</sup>.

## CONCLUSÕES

A composição do vinhoto é bastante variada, mesmo sendo proveniente de uma mesma usina. Entretanto, as análises referentes à fração solúvel (DQO<sub>sol</sub>, COT, sólidos dissolvidos, íons) apresentaram, em geral, menor variabilidade. A Am2 apresentou um valor de cor real muito superior em relação às outras amostras, levantando a hipótese de maior formação de melanoidinas. O percentual de proteínas na fração solúvel foi bastante similar entre as duas amostras analisadas, enquanto o percentual de carboidratos foi bem maior na Am3. Este fato talvez seja explicado por diferenças na eficiência do processo de fermentação ou pelo grau de degradação do efluente. Os resultados dos testes de biodegradabilidade e DQO inerte mostram que se trata de um efluente com uma ótima biodegradabilidade, tanto sob condições aeróbias quanto anaeróbias. A análise da composição bioquímica da fração solúvel durante a degradação biológica sugere que a maior parte dos compostos recalcitrantes é de natureza protéica e que os carboidratos, principalmente a glicose, são degradados rapidamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, *Notícias*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. Disponível em: <www.agricultura.gov.br> Acesso em 28/01/2011. (2010)
- VAN HAANDEL, A. C. Integrated energy production and reduction of the environmental impact at alcohol distillery plants. *Water Science and Technology*. 2005;52(1-2):49-57.
- DOELSH, E.; MASON, A.; CAZEVILLE, P.; CONDOM, N. Spectroscopic characterization of organic matter of a soil and vinasse mixture during aerobic or anaerobic incubation. *Waste Management* 29 (2009) 1929–1935
- PANT, D.; ADHOLEYA, A. Biological approaches for treatment of distillery wastewater: A review. *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 12, September 2007, Pages 2321-2334
- PARNAUDEAU, V.; CONDOM, N.; OLIVER, R.; CAZEVILLE, P.; RECOUS, S. Vinasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes. *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 6, April 2008, Pages 1553-1562
- ODA F.H.; ARANTES C.A. 2010. Surto populacional da mosca dos estábulos *Stomoxys calcitrans* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) no município de Planalto, SP. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente* 3(1):145-159.
- CRUZ, Juliana Igarashi da et al. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. *Rev. Bras. Geof.*, São Paulo, v. 26, n. 4, Dec.2008.<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102261X200800040008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102261X200800040008&lng=en&nrm=iso)>.acesso em 15 Mar. 2011.
- APHA *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. H.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein Measurements with the Folin Phenol Reagent. *Journal of Biological Chemistry*, v.193, p.265 – 275, 1951.
- CALLANDER, I.J.; BARFORD, J.P. (1983). Anaerobic Digestion of High Sulphate Cane Juice Stillage in a Tower Fermenter. *Biotech. Letts*, 5 (11), pp 755-760.
- HENZE, M., HARREMOES, P., JANSEN, J.L.C., ARVIN, E. *Wastewater Treatment*, 3 ed. Springer, Berlin, 2002.
- OECD. Detailed review paper on biodegradability testing environment monograph N° 98, 1995
- FIELD, J.; SIERRA, R.; LETTINGA, G. Ensayos anaerobios. 4º Seminario de depuración de aguas residuales Spain: Valladolid, 1988.
- SOUZA, C. L., SILVA, S. Q., AQUINO, S. F., CHERNICHARO, C. A. L. Determinação da biodegradabilidade anaeróbia e aeróbia da espuma produzida em reatores UASB tratando esgotos domésticos. Anais do XV Simpósio Nacional de Bioprocessos, Recife, PE, Brasil, 2005.
- 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.
- ELIAS NETO, A e NAKAHODO, T. Caracterização físico-química da vinhaça - Projeto nº 9500278. Relatório Técnico da Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de Tecnologia Copersucar, Piracicaba, 1995. 26p.
- WILKIE, ANN C.; RIEDESEL, KELLY J.; OWENS, JOHN M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, Volume 19, Issue 2, August 2000, Pages 63-102



19. FERREIRA, L. F.; AGUIAR, M.; POMPEU, G.; MESSIAS, T. M.; MONTEIRO, R. R. Selection of vinasse degrading microorganisms. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Volume 26, Number 9, September 2010 , pp. 1613-1621
20. PATURAU, J. M. By-products of Sugar Cane Industry. 2nd Edition, Elsevier, Amsterdam, p. 135-147, 1982.
21. VIANNA, M. ; BÜCHLER, P. M. ; DIAZ, F. R. V. Estudo da adsorção dos componentes orgânicos do vinhoto em esmectitas organofílicas. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo : Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. v. CD. p. 1-10.
22. BAL, A.S.; DHAGAT, N.N. Upflow anaerobic sludge blanket reactor - a review. *Indian J Environ Health*. 2001 Apr;43(2):1-82.
23. VAN HAANDEL, A. C. Aproveitamento dos subprodutos de destilarias de álcool para proteger o meio ambiente e aumentar a rentabilidade. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27, Porto Alegre, 3-8 dic. 2000.