



Evapotranspiração através do sistema *wetland construído*: Estudo de caso na Vinícola Gheller de Guaporé – RS

Pedro Ricardo Gallina¹, Michele Schmitz², Danielle Regina de Almeida Lanzarin³, Fabio Júnior Secchi⁴, Odorico Konrad⁵

¹ Engenheiro Ambiental/ CETEC/ UNIVATES (pedrogallina@brturbo.com.br)

² Graduanda em Engenharia Ambiental/ CETEC/ UNIVATES
(micheleschmitz@gmail.com)

³ Graduanda em Engenharia Ambiental/ CETEC/ UNIVATES
(danilanzarin@yahoo.com.br)

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental/ CETEC/ UNIVATES
(fsecchi@universo.univates.br)

⁵ Professor pesquisador/ CETEC/ UNIVATES (okonrad@univates.br)

Resumo

O presente estudo avaliou a evapotranspiração em um processo de tratamento de efluente com sistema *wetland construído*, com estudo de caso da vinícola Gheller de Guaporé - RS. O experimento analisou a evapotranspiração, avaliando a redução do volume entre a entrada e saída levando em consideração as variáveis climáticas de temperatura, umidade e precipitação pluviométrica e sua interferência no processo. É comum o uso de dados meteorológicos de outras localidades para cálculos de evapotranspiração o para evitar esta correlação instalou-se uma estação meteorológica no local de estudo. Obteve-se o resultado de evapotranspiração da ordem 23,08% de eficiência no estudo em escala real utilizando-se para isso o cálculo do balanço hídrico para o período de 20 dias. Os resultados obtidos com o experimento mostraram uma forte influência da umidade e da temperatura com relação à eficiência na evapotranspiração, podendo a mesma chegar a valores 67,5% quando estas variáveis tiveram um comportamento favorável ao processo. Outrossim, é oportuno mencionar que a precipitação pluviométrica é fator relevante para o processo, pois pode incrementar a vazão de acordo com área de captação.

Palavras-chave: Evapotranspiração, Efluentes de Vinícolas, *wetland construído*.

Área Temática: Tecnologias Ambientais

Abstract

This study evaluated the evapotranspiration process in a wastewater treatment plant with a constructed wetland system, in a case study of the winery Gheller in Guaporé – RS. The experiment examined the evapotranspiration, assessing volume reduction between the input and output taking into account the climatic variables: temperature, humidity and rainfall and its interference in the process. It is common to use meteorological data from other localities to calculate the evapotranspiration, but to avoid this correlation, it was installed a meteorological station at the study site. The evapotranspiration efficiency was 23.08% at full-scale study using the water balance for a period of 20 days. According to the results, there is a strong influence of the humidity and temperature with respect to evapotranspiration efficiency, and the values reach 67.5% when these variables had a positive performance in the process. It should



be mentioned also that the precipitation is a relevant factor for the process because it can increase the flow rate according to catchment area.

Keywords: Evapotranspiration, Wastewater Wineries, constructed wetland

Theme Area: Environmental Technologies

1 Introdução

As questões ambientais são elementos essenciais para a competitividade na indústria vinícola. Nesse sentido, as alterações nos processos, a recuperação de subprodutos e a reutilização de efluentes são algumas medidas possíveis de implantação pelas empresas do setor, tendo em vista uma política de eco-eficiência. Uma estação de tratamento de águas residuais que maximize a eficiência e minimize os custos de investimento e operação é peça essencial dessa estratégia (RODRIGUES et al. 2004).

Os resíduos normalmente produzidos em uma vinícola são os sólidos orgânicos provenientes da uva (casca, bagaço, engaço, sementes), sólidos inorgânicos originários de meios filtrantes, produtos de filtração e efluentes advindos da atividade produtiva, além de emissões gasosas (MUSEE, LORENZEN & ALDRICH, 2005). Assim, os principais impactos relacionados à atividade vinícola são os associados à disposição dos resíduos sólidos e líquidos, os odores e emissões atmosféricas resultantes dos processos de vinificação e do gerenciamento dos subprodutos originados, além de ruídos ocasionados pelos equipamentos de vinificação (EPA, 2004).

Estima-se que para cada litro de vinho elaborado, um litro de efluente é gerado, advindo especialmente do processo produtivo e processos de limpeza (GARCIA; SANTESTEBAN, 1997). No entanto, a sazonalidade da geração é característica marcante do efluente, que é ácido no período de vinificação (dezembro a março) e alcalino durante o resto do ano devido às operações de lavagem (RODRIGUES et al., 2004).

O efluente vinícola possui elevada concentração de matéria orgânica, no entanto apresenta relação carbono/nitrogênio/fósforo diferenciada daquela obtida em esgotos domésticos e tida como ideal ao tratamento biológico de efluentes. Por esta razão, com o intuito de viabilizar o tratamento biológico, a adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo) é recomendada (CANLER ET AL. 1998 APUD BOLZONELLA ET AL., 2007).

O tratamento de efluentes de vinícolas tem se caracterizado por processos físico-químicos, que demandam uso de produtos químicos e altos gastos de energia para redução das cargas orgânicas. Segundo Haberl (1999), uma das tecnologias mais promissoras dentre os sistemas naturais de tratamento de efluentes são os sistemas de *wetlands*, utilizados devido às suas características de simplicidade de construção, operação e manutenção, estabilidade dos processos envolvidos, o custo efetivo, dentre outros.

Os *wetlands naturais* são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático, apresentando a capacidade de reter água. Assim, o termo genérico *wetland* pode representar brejos, várzeas, pântanos, manguezais, banhados, zonas alagadiças, charcos, lagos rasos e áreas similares (ANJOS, 2003). Já o *wetland construído* é um sistema artificialmente projetado e dimensionado com plantas aquáticas (macrófitas) fixadas em substratos como areia, cascalhos, pedra britada ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações de microrganismos os



quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam efluentes produzidos por atividades antrópicas (SOUZA et al., 2000; SOUZA et al., 2003). Em síntese, Chernicharo (2001) afirma que os leitos de cultivo (*wetland*) são sistemas construídos para utilizar plantas aquáticas fixadas em substratos de areia, solo ou cascalho, de forma natural e sob condições ambientais adequadas, estimulando a formação de microrganismos.

Os sistemas de tratamento por *wetland construído* podem ser classificados em *wetland* de fluxo subsuperficial (FSS), no qual o fluxo de água passa pelo substrato, ou seja, não há uma coluna d'água sobre a superfície do terreno. No substrato, o efluente entra em contato com bactérias associadas a raízes de plantas emergentes que se desenvolvem com o sistema radicular preso ao sedimento (substrato), onde o caule e as folhas ficam parcialmente submersos. Já os sistemas de fluxo superficial (FS) apresentam um fluxo sobre a superfície, com uma altura de lâmina d'água tipicamente menor que 0,4 m, passando através da vegetação de macrófitas aquáticas emergentes, o que melhora a hidráulica do sistema e aumenta a provisão de *habitat* para a vida selvagem (KADLEC; KNIGHT, 1996). As espécies típicas de macrófitas emergentes abrangem plantas herbáceas, sendo as mais comuns a *Typha latifolia* (Taboa) e *Zantedeschia aethiopica* (copo de leite), além do *Juncus* spp (junco). Tais espécies são adaptadas morfológicamente para se desenvolverem em porções inundadas e apresentam espaços internos que possibilitam o transporte de oxigênio para o sistema radicular, o que cria condições de oxidação aeróbia na rizosfera, possibilitando o crescimento e fixação de bactérias nitrificadoras (ARMSTRONG et al., 1998).

Considerando esses aspectos, os sistemas *wetland* estão continuamente sob efeito de fenômenos naturais como a evapotranspiração (ET), que é o conjunto de processos físicos e fisiológicos que provocam a transformação da água precipitada na superfície da Terra em vapor. Dentre outros fatores, o vento, a temperatura ambiente e o calor radiante intervêm ativamente nesses processos. O vento afasta da proximidade das superfícies de evaporação as massas de ar de elevado grau de umidade e o aumento de temperatura torna maior a quantidade de vapor de água que pode estar presente no mesmo volume de ar ao se atingir o grau de saturação do ar, o que influi favoravelmente na intensidade de evapotranspiração. Ainda, o calor radiante fornecido pelo sol é o principal elemento meteorológico e um dos fatores determinantes do tempo e do clima, afetando diretamente os processos físicos (aquecimento/evaporação), biofísicos (transpiração) e biológicos (fotossíntese) (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar a evapotranspiração dos efluentes líquidos em um *wetland construído* de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de vinícola de pequeno porte. Especificamente, avaliou-se a influência da variação da temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica no processo de evapotranspiração durante um período determinado e estimou-se a média de evapotranspiração no dimensionamento do *wetland construído*.

2 Metodologia

Um experimento foi realizado em um sistema de tratamento *wetland construído* em escala real (FIGURA 1), ou seja, com interferências diretas das variáveis climáticas, na ETE da vinícola Gheller de Guaporé - RS, no período de setembro a novembro de 2010.



Figura 1 - Vista sistema de tratamento por *wetland construído*, sistema subsuperficial, com plantas em desenvolvimento.



A vinícola, localizada no município de Guaporé - Rio Grande do Sul - Brasil, elabora vinhos finos processando anualmente 100 toneladas de uva, com produção de 100 mil garrafas de vinho/ano. Sua ETE é composta por um sistema de abastecimento, tratamento biológico por lodos ativados e unidade de *wetland construído* para o polimento. No desenvolvimento do modelo adotou-se um sistema controlado de vazão com fluxo contínuo e medição constante da vazão de entrada e saída, com coleta de dados realizada em dois momentos diários, com intervalo de 12 horas, considerando-se a interferência do período da noite e do dia. A coleta das informações ocorreu no período de entressafra, durante 20 dias, desta forma empregando-se nesse estudo água proveniente de poço artesiano.

Para a avaliação da influência das variáveis climáticas de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica em relação ao processo de evapotranspiração, instalou-se no local do experimento uma Estação Meteorológica (FIGURA 2), responsável pelo armazenamento de dados referentes a data e hora, temperatura interna e externa, pressão atmosférica, umidade relativa, direção do vento, velocidade do vento e precipitação pluviométrica. Entretanto, para atender o proposto no experimento os dados analisados foram a temperatura externa, umidade relativa e precipitação pluviométrica. Através de gráficos simultâneos destas variáveis com os dados de vazão, foi avaliada e quantificada a evapotranspiração na área do estudo, através das variáveis propostas e sua influência no processo.

Figura 2 - Estação Meteorológica no local do estudo em funcionamento.

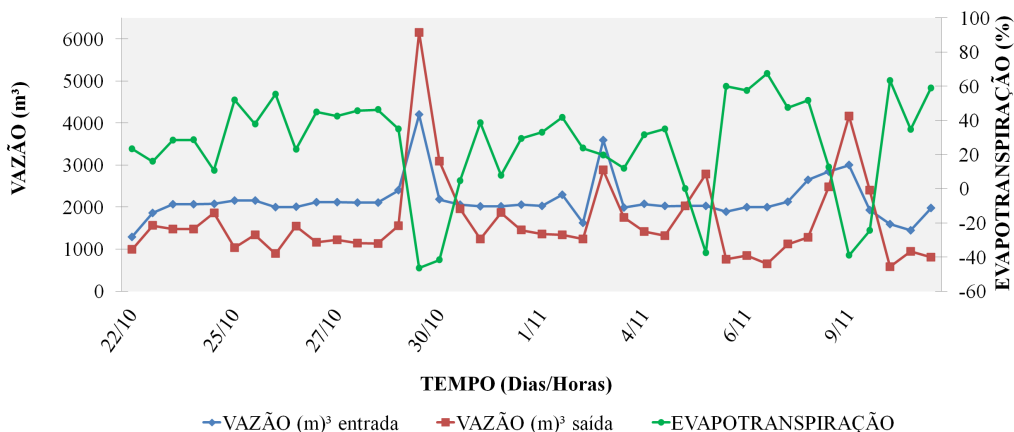




3 Resultados e Discussões

A Figura 3 expressa os dados de vazão de entrada e saída no *wetland* e percentual de evapotranspiração, resultado do balanço hídrico no sistema avaliado. Manteve-se a vazão de entrada em 2,0 m³ para 12 horas, sendo que em três momentos, (29/10, 03/11 e 09/11) houve um descontrole da vazão, sendo o mesmo corrigido imediatamente.

Figura 3 - Gráfico apresentando a vazão de entrada, vazão de saída e percentual de evapotranspiração no *wetland* avaliado.

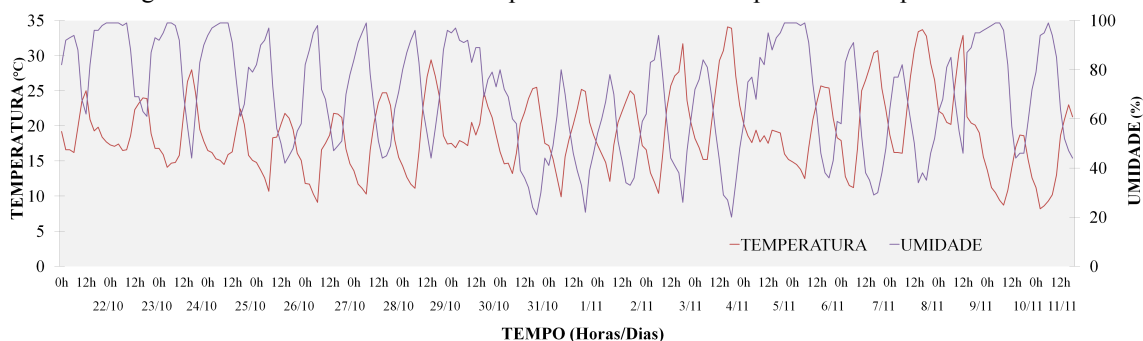


Verifica-se na Figura 3, que no período de experimentação houve evapotranspiração significativa, variando de 4,67% até 67,5%, considerando-se o horário da leitura, o que resulta em uma eficiência de 23,08%. Contudo, a vazão de saída foi superior à vazão de entrada em quatro momentos distintos (29/10, 30/10, 05/11 e 09/11), o que ocorreu em função da precipitação pluviométrica ocorrida no período.

Na Figura 4 são apresentados os valores para as variáveis climáticas consideradas na pesquisa durante o período de experimentação, a temperatura e a umidade. Ocorreu variação considerável dessas variáveis no período, verificando-se temperaturas baixas no final da madrugada e início da manhã e temperaturas elevadas no final da tarde e início da noite. Com relação à umidade, observou-se que ocorre comportamento inverso ao da temperatura, com valores elevados durante a noite e menores durante o dia, porém no início da noite houve um aumento considerável enquanto a temperatura ainda permanecia elevada. A temperatura mínima foi de 9,4° C, ocorrida no dia 01/11/2010 às 07h 25min e a máxima, 34,2° C, ocorrida no dia 04/11/2010 às 19h 35min. Referente a umidade relativa, o valor máximo foi de 99% e o mínimo 21%.



Figura 4 - Gráfico relacionado a temperatura e umidade no período do experimento.



De acordo com os dados colhidos na pesquisa verificou-se que a área superficial do sistema de tratamento influencia diretamente no processo de evapotranspiração. Por se tratar de uma relação direta, quanto maior a área exposta, maior é a ação do clima. A evapotranspiração pode ser expressa como a quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, geralmente expressa como lâmina de água por unidade de tempo (mm.dia^{-1}) (BURMAN et al., 1983). Considerando a área superficial do *wetland* pesquisado, de $183,3 \text{ m}^2$ e média de evapotranspiração de 23,08% durante o período de 20 dias do experimento, obteve-se uma evapotranspiração $5,43 \text{ mm.dia}^{-1}$. Já o pico de evapotranspiração, 67,5%, representa $14,73 \text{ mm.dia}^{-1}$ no período de 12 horas.

Observou-se que as mudanças climáticas têm significativa importância nos sistemas de tratamento de efluentes abertos, com influência direta no volume gerado, incrementado a quantidade em períodos de alta umidade, precipitação e temperaturas baixas. Todavia, temperaturas elevadas com baixa umidade e períodos de estiagem se apresentaram como aliados para a evapotranspiração, como o observado no dia 7 (sete) de novembro de 2010, no qual o valor para a variável foi de 67,50%, quando a umidade variou do período das 12h 45min às 23h 25min de 62% à 36%, com a temperatura atingindo $26,5^\circ\text{C}$, conforme a Figura 3.

Outrossim, cabe ressaltar que durante a noite do dia 6 (seis) de novembro e madrugada do dia 7 (sete) de novembro, verificou-se temperaturas elevadas ($19,3^\circ\text{C}$) até às 21h 25min e umidade de 55% até este horário, o que reforça que umidades baixas e temperaturas elevadas são fatores fundamentais para que ocorra evapotranspiração com eficiência.

Tendo em vista os resultados alcançados no experimento, é plenamente viável recomendar a utilização do sistema *wetland construído* em estações de tratamento de efluentes das vinícolas. O processo tem o intuito de melhorar os parâmetros de lançamento dos efluentes líquidos gerados em vinícolas de grande porte e possibilitar a liberação zero de efluentes nos recursos hídricos de vinícolas de pequeno porte, visto que a elaboração de vinhos ocorre no período mais quente do ano na região sul (janeiro, fevereiro e março), possibilitando, desta forma, a total evapotranspiração do efluente gerado no período, mantendo-se um manejo adequado da ETE.

4 Conclusões

O estudo mostrou que existe possibilidade de diminuição de volume de efluente através da evapotranspiração numa ETE de vinícolas com sistema *wetland construído*, chegando ao valor médio de 23,8% no período de 20 dias, considerando a época de avaliação do experimento.

Os resultados obtidos mostraram uma forte influência da umidade relativa e da temperatura com relação à eficiência na evapotranspiração, podendo a mesma chegar ao



valor de 67,5% num período de 12 horas, quando se observou um aumento de temperatura e diminuição significativa de umidade.

É importante considerar em projetos de *wetland construído* a influência da precipitação pluviométrica ao se analisar a evapotranspiração do processo. A pesquisa revelou que se pode obter um aumento de efluentes para descarte final ou re-circulações vinculados diretamente aos índices de precipitação pluviométrica do local e a área de captação da mesma. No exemplo da pesquisa observou-se em três momentos o aumento na vazão de saída em função dos índices de chuva ocorridos.

O sistema de tratamento com *wetland construído* é um processo aberto, sofrendo portanto todas as interferências climáticas. Visando o melhoramento da eficiência, a implantação de uma cobertura com material transparente, que evita a influência da pluviosidade e permite a passagem dos raios solares, promove o aumento da temperatura ambiente. Entretanto, esta recomendação necessita de estudos de viabilidade e eficiência.

Referências

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003. 328 p.

ARMSTRONG, W; ARMSTRONG, P.M.B; JUSTIN, S.H.F.W **Convective gas-flow in wetland plant aeration.** In: Jackson, M. B.; Davies, D. D.; Lambers, H. Plant Life under oxygen deprivation. SBP Academic Publishing Bv, The Hague. Netherlands, 1998. 283 p.

BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. **Water requirements.** In: JENSEN, M.E. (Ed.) Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASAE, 1983.

CANLER, J. P. Traitment biologique aerobie par basin en serie des effluents vinicoles. Proceedings 2º Congres International sur le Traitment des Effluents Vinicoles, Bordeaux, May 5-7. In: BOLZONELLA, D. Treatment of winery wastewater in a conventional municipal activated sludge process: a five year of experience. **Water Science & Technology.** v. 56, nº. 2, 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-tratamento de Efluentes de reatores anaeróbios.** In: Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Sistemas de Aplicação no Solo. Belo Horizonte, SEGRAC, 2001.

EPA - South Australian Environment Protection Authority. **EPA Guidelines for Wineries and Distilleries.** EPA, Adelaide, 2004. Disponível em: <http://www.epa.sa.gov.au/pub_list.html>. Acesso em: 13 jun. 2010.

GARCEZ L. N.; ALVAREZ A. G. **Hidrologia**, 2 ed. rev. e atual. – São Paulo: Edgard Blüncher, 1988.

GARCIA, A. J.; SANTESTEBAN, Esandi F. Efluentes vitivinícolas y su depuración por digestion anaerobia. **Viticultura, Enologia Profesional**, n. 48. Barcelona: Edita Agro Latina, 1997.



HABERL, R. Constructed wetlands: A chance to solve wastewater problems in developing countries. **Water Science & Technology**, vol. 40, 1999.

KADLEC, R. H.; KNIGHT, R. L. **Treatment wetlands**, Lewis Publishers, Boca Raton - New York, 1996. 893 p.

LIMA, F. P. **Energia no tratamento de esgoto**: análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso do biogás. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, 2005. 139 p.

MUSEE, N.; LORENZEN, L.; ALDRICH, C. Cellar waste minimization in the wine industry: a systems approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, 2005.

RODRIGUES, A. C. **Tratamento de efluentes líquidos na indústria alimentar**: o caso dos sectores vinícola e cervejeiro. 2º Seminário de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais: novos desafios para o século XXI, UTAD, Vila Real, Portugal, 2004.

RODRIGUES, A. C., OLIVEIRA, J. M., OLIVEIRA, J. A., PEIXOTO, J., NOGUEIRA, R., BRITO, A. G. Tratamento de efluentes vitivinícolas; um caso de estudo na região dos vinhos verdes. **Indústria e Ambiente**, n. 40, p. 20-25, 2006.

SANTOS, M. S. dos. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2010.

SILVA, A. A. G. Et al. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993.

SOUSA, J. T. de, van HAANDEL, A.C. GUIMARÃES, A.V.A. Performance of constructed wetland systems treating anaerobic effluents. **Water Science & Technology**, v. 48, n. 6, p. 295-299, 2003.

SOUSA, J. T., LEITE, V. D., DIONÍSIO, J. A. **Reúso de efluentes de esgoto sanitário na cultura do arroz**. In: IX SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Anais Porto Seguro, p. 1058-1963, 2000.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de Leitos Cultivados ("Constructed Wetland") para Tratamento de Esgoto**: contribuições para concepção e operação. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. 233 p.

VALENTIM, M. A. A. **Uso de Leitos Cultivados no Tratamento de Efluentes de Tanque Séptico Modificado**. Campinas, SP. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1999.