

REUSO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NA MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR - ESTUDO DE CASO -

Menezes, A. C. V.¹; Callado, N. H.²;
Pedrosa, V. A.³; Torquato Jr., H.⁴; Pimentel, I. M. C.⁵ & Omena, S. P. F.⁶

Resumo - A irrigação, tem sido apontada como responsável pela escassez dos recursos hídricos. Em Alagoas, a cultura da cana de açúcar é predominante e, a agroindústria sucro-alcooleira a principal atividade econômica. Além de água para irrigação, a fabricação de açúcar e álcool também demanda de grande volume de água, gerando proporcional descarte de efluentes. Com isso, tornou-se prática, nessa agroindústria, a fertirrigação, ou seja, irrigar a cultura com vinhaça e águas residuárias do processo industrial. Todavia, nem sempre seja viável, tanto ambiental quanto econômico, principalmente após implantação da Lei 9.433/97 forçando todo setor produtivo a minimizar seu consumo. No processo industrial a acentuada demanda de água, reflete a despreocupação com a real necessidade hídrica, sendo o excesso enviado aos canaviais. Na Usina Coruripe essas águas são parcialmente reutilizadas na lavagem da cana, o restante passa por tratamento nas lagoas de sedimentação e estabilização, sendo utilizado diluindo a vinha aplicada no campo. A imposição de racionamento de energia incentivou a busca pelo reuso, visando minimizar desde a captação da água bruta ao descarte de águas residuárias no canavial, pois além de onerosa devido a grandes bombeamentos, a qualidade dessa água não é satisfatória.

Abstract – The irrigation, has been pointed as responsible for the scarcity of the water resources. In Alagoas, the culture of the sugar cane is predominant and, the sucro-alcooleira industry the main economic activity. Beyond water for irrigation, the manufacture of sugar and alcohol also demand of great volume of water, generating proportional discarding of effluent. With this, became practical, in this industry, fertile irrigation, or either, to irrigate the culture with vinhaca and residuary waters of the industrial process. However, nor always is viable, ambient how much in

¹ Bolsista de Iniciação Tecnológica Industrial, graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus A. C. Simões – Tabuleiro do Martins – Maceió-AL. 57072-970, tel. (0**82) 214-1273, alinecvm@bol.com.br

² Professora do Departamento de Construção Civil e Transporte/CTEC/UFAL nhc@ctec.ufal.br

³ Professor do Departamento de Águas e Energia/CTEC/UFAL; vpedrosa@ctec.ufal.br

⁴ Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL htjr@hotmail.com

⁵ Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL irenemcp@yahoo.com.br

⁶ Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL sylviapfo04@hotmail.com

such a way economic, mainly after implantation of Law 9.433/97 forcing productive sectors to minimize its consumption. Of the industrial process the accentuated water demand, reflects the unconcern with the real water necessity, having the excess sent to the canavials. At Usina Coruripe these waters partially are reused in the laundering of the cane, the remaining pass for treatment in the lagoons of sedimentation and stabilization, being used diluting the vine applied in the field. The imposition of energy rationing stimulated the search for remaining to minimize since the capitation of rude water to the residuary water discarding in the canavial, therefore beyond onerous had bombardments, the quality of this water is not satisfactory.

Palavras-Chave – fertirrigação; reuso; controle de poluição no aquífero.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior e mais eficiente produtor de açúcar do mundo produzindo atualmente quase 300 milhões de toneladas por ano. Além do açúcar, com cerca de 45% da cana brasileira, há a importante produção de álcool, com cerca de 55% (UNICA, 2003), há também a co-geração de energia a partir do bagaço da cana, e mais recentemente o canavial como um potente fixador de carbono. Há no Brasil quase 400 indústrias de açúcar e álcool que geram quase 1.000.000 empregos diretos e indiretos. Em Alagoas, esse setor gera cerca de 60.000 empregos diretos e indiretos, sendo responsável por uma fatia considerável da economia local.

No entanto, a agroindústria da cana-de-açúcar é um usuário constante de água, tanto na irrigação como no processo de fabricação. No processo industrial as atividades que mais consomem água estão na lavagem da cana, nos condensadores, na lavagem de cinzas e gases, gerando, conseqüentemente, grandes volumes de descarte de efluentes (águas residuárias e vinhaça).

Os canaviais, além de água, necessitam de fertilizantes. Diante das circunstâncias tornou-se prática, nessa agroindústria, a fertirrigação, ou seja, irrigar o canavial com vinhaça e águas residuárias geradas no processo industrial. No entanto, a acentuada demanda de água no processo industrial reflete a despreocupação com a real necessidade hídrica do processo, pois todo excesso é enviado aos canaviais como água residuária.

No entanto, nem sempre esse procedimento é viável, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, principalmente depois da implantação da Lei 9.433/97 que força todo setor produtivo a minimizar seu consumo de água. A irrigação, embora necessária para complementar a necessidade hídrica das culturas, tem sido apontada como um particular responsável pela escassez dos recursos hídricos. Além disso, quando essa prática é utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, com o excesso de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos, a irrigação pode afetar

drasticamente tanto a qualidade dos solos quanto à dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. (SETTI *et al*, 2001).

Sem sombra de dúvida a irrigação é um seguro para a colheita, e essa prática vem sendo usada cada vez mais pelos agricultores. É uma prática agrícola que permite manter um suprimento regular de água para as plantas e, associando às demais práticas agrícolas, torna-se um fator de garantia da produção.

Os danos causados pela deficiência hídrica na cultura de cana-de-açúcar dependem da fase de desenvolvimento da cultura em que ocorre a variedade cultivada, da duração do período de deficiência e da intensidade.

Na região Nordeste, as chuvas concentram-se nos meses de abril a setembro, seguindo-se de acentuado período de deficiência hídrica entre os meses de outubro a março. A irrigação pode eliminar ou reduzir os danos causados pelos períodos de déficit hídrico. Na região de cerrado de Minas Gerais, onde ocorrem períodos de deficiência hídrica mais severos, Coelho *et al* (2002) encontraram ganhos de produtividade de até 97% com irrigações mensais. Entretanto, esta prática não é comum para a cana-de-açúcar por tratar-se de áreas extensivas de cultivo, requerendo elevados investimentos. Outra forma de amenizar os problemas do déficit hídrico sobre a produtividade seria o uso de variedades resistentes ou tolerantes.

Com relação à aplicação da vinhaça, Braile (1979) comenta-se que essa prática iniciou-se de forma acidental e prosseguiu empiricamente até o início dos anos 50, onde foram iniciados os primeiros trabalhos. Este mesmo autor comenta que os primeiros dados experimentais foram publicados em 1957, cujo trabalho comparava a adubação mineral e o tratamento com diferentes quantidades de vinhaça, com doses que variavam de 250 a 1000m³ de vinhaça por hectare. Posteriormente, estudos desenvolvidos em 1975 mostraram que aplicando doses de 35m³ de vinhaça por hectare, *in natura* ou complementadas com fósforo solúvel podem substituir a adubação mineral. Camargo *et al* (1990) citam que para vinhaça de mosto de melaço é aconselhável uma aplicação anual de 30 a 50m³ para a vinhaça de mosto misto ou de caldo é comum a aplicação de 80 a 120m³ por hectare.

Segundo Camargo *et al* (1990) o uso da fertirrigação com vinhaça e águas de lavagem de cana, além de outros resíduos, tem se tornado uma alternativa viável tanto do ponto de vista técnico quanto econômico para eliminação dos resíduos da agroindústria sucro-alcooleira.

Em Alagoas, essa prática é muito comum, e na S. A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool, objeto desse estudo, toda água residuária, após passar por um sistema de tratamento, é utilizada na fértil irrigação juntamente com a vinhaça, evitando dessa forma que águas residuárias e vinhaça sejam lançados nos corpos d'água receptores, preservando a qualidade das águas dos mananciais tanto de superfície como subsuperfície.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi identificar quais águas residuárias do processo industrial são enviadas ao canavial, analisá-las quali-quantitativamente, e avaliar a disponibilidade hídrica de água de reuso e a suplementação de água necessária para satisfazer a irrigação.

METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido na unidade industrial S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool-Matriz que dista 110 km da cidade de Maceió. Para alcançar os objetivos propostos foram adotadas três ações específicas: identificação do fluxograma das águas, medições de vazões e caracterizações físico-químicas. As duas primeiras ações foram desenvolvidas em campo, e as análises físico químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas.

Na identificação do fluxograma da água foi feito um levantamento das águas afluentes e efluentes da fabricação de açúcar e álcool incluindo também as águas destinadas à irrigação. Tendo como documento base a planta baixa do parque industrial, fornecida pela Usina, atualizada em campo durante as visitas técnicas, e registradas com documentação fotográfica.

Quantificação da vazão

Durante o levantamento do fluxograma foram determinados os pontos de medição de vazão e selecionados 15 pontos (mostrados na tabela 1), necessários a realização do balanço hídrico para verificação de quais águas do processo industrial são descartadas para o campo.

Tabela 1 - Pontos para medição de vazão.

Ponto	Localização
01	Tubulação de recalque de água bruta do Rio Coruripe + água do resfriamento
02	Tubulação de recalque de água bruta do rio Draga p/ Usina.
03	Tubulação de recalque de água bruta do rio Draga p/ Destilaria.
04	Tubulação de recalque de água bruta do rio Paraná p/ Usina.
05	Tubulação de recalque de água bruta do rio Santo Antonio p/ Usina.
06	Tubulação de recalque de água bruta do rio Santo Antonio p/ ETA
07	Tubulação de água para lavagem de gás da caldeira 1.
08	Tubulação de água para as mesas lavagem de cana.
09	Tubulação de descarte de lodo do decantador.
10	Tubulação de recalque de vinhaça indo para o campo.
11	Tubulação de água da lagoa indo para irrigação.
12	Canal a montante e jusante da elevatória do sistema de resfriamento.
13	Canal de água para o canavial.
14	Canal de água do rio Coruripe a montante da elevatória
15	Canal de água do rio Coruripe + resfriamento, a montante da elevatória

Medição de Vazão em Condutos Forçados

As medições de vazão nas tubulações da unidade industrial utilizaram o aparelho medidor de vazão ultrassônico portátil de correlação por tempo de trânsito digital, Modelo DCT-7088. O medidor de vazão é não-invasivo, o que significa medir fluxo a partir da superfície do tubo. Os transdutores são montados na tubulação e as medições de vazão são feitas sem interromper o fluxo.

O medidor de vazão é configurado utilizando-se teclado compacto integrado e vídeo, a fim de digitar variáveis como tamanho de tubo, material, espessura da parede e tipo de fluido (IEF, 1996). Para realização das medições foram necessários o levantamento das características da tubulação (diâmetro, tipo de material, espessura da parede) e algumas propriedades do fluido. Dessa forma, depois de identificadas as tubulações possíveis de se aplicar esse método de medição de vazão, foi feito um inventário das mesmas com as grandezas necessárias.

A teoria de operação do equipamento consiste em ondas sonoras que transitam em fluidos a uma velocidade específica que depende do tipo de fluido. Se o fluido estiver movendo-se, a onda sonora passa a uma velocidade igual à soma da velocidade do som no fluido, e da velocidade do próprio fluido. O medidor de vazão DCT-7088 de tempo de trânsito opera por meio da medição da diferença de tempo necessário para que ondas sonoras se desloquem entre transdutores montados a jusante e a montante. Com base no tempo de trânsito das duas ondas sonoras, o medidor de vazão calcula a velocidade média de fluido (IEF, 1996).

A velocidade total do fluido, na verdade, consiste em muitas velocidades individuais locais que variam conforme a respectiva distância da parede do tubo. As velocidades no centro do tubo são mais altas do que as velocidades próximas da parede do tubo. A combinação dessas velocidades individuais para um tipo específico de fluido, dentro de um tubo específico, produz uma distribuição de velocidade conhecida como perfil de fluxo.

O aparelho registra instantaneamente as medições realizadas em intervalos de tempo definidos pelo usuário. Assim sendo, ao final da medição tem-se um registro gráfico da vazão, onde se pode obter a vazão média, bem como a variação da mesma em torno deste valor.

Medição de Vazão nos Canais

As vazões dos canais foram realizadas medindo-se a área molhada através da altura da lâmina líquida, seção do canal, a velocidade média de escoamento e utilizando a equação da continuidade:

$$Q = V \cdot A$$

Onde,

V é a velocidade em m/s;

A é a área transversal ao escoamento em m², e;

Q é a vazão em m³/s.

Caracterizações físico-químicas

A partir do fluxograma foram identificadas as águas do processo industrial que são enviadas para o campo, e para essas águas residuárias, foram realizadas análises de temperatura, pH, DQO, alcalinidade, ácidos voláteis, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos sedimentáveis e nitrogênio amoniacal.

As medições de pH, temperatura e OD foram feitas no próprio ponto de coleta, por meio de equipamento de medição portátil que foram levados ao campo para a realização das coletas. De cada ponto selecionado foram coletados 1,5L de amostra, e preservados em gelo.

As concentrações de ácidos voláteis foram medidas por titulação direta, segundo procedimentos descritos por Dilallo & Albertson (1961), e a metodologia descrita por Ripley *et al* (1986) foi utilizada nas análises de alcalinidade como CaCO_3 . As demais análises foram realizadas segundo “Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater” (APHA, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o levantamento do fluxograma de processos e de águas da Usina Coruripe, apresentado na Figura 1, constatou-se que são utilizados quatro mananciais de abastecimento industrial: rio Coruripe, rio Santo Antônio, rio Draga e rio Paraná. Cada manancial abastece uma etapa distinta do processo produtivo.

As águas do rio Coruripe são destinadas as colunas barométricas dos evaporadores e cozedores, a lavagem de gases e cinzas das caldeiras, lavagem de cana e de pisos, parcialmente recicladas num circuito semi-fechado. Esses pontos de utilização requerem águas com padrões de compatíveis com os de balneabilidade citados na resolução CONAMA No 20 de 1986.

Já as águas do rio Draga, Santo Antônio e Paraná são utilizadas nas embebições, resfriamento e limpeza dos mancais das moendas, e nos processos de preparação do mosto e na fermentação da destilaria. Esses pontos de utilização requerem água de melhor qualidade, semelhante ao padrão de potabilidade recomendado pela portaria 1469 de 2000, do Ministério da saúde, visto que é necessário controlar os problemas de infecção do caldo e da fermentação.

As águas das colunas barométricas são coletadas num canal subterrâneo de onde uma parcela é retirada e enviada para o canal. A água de lavagem de cana é uma reutilização das águas dos condensadores barométricos, que é utilizada como água de reposição desse circuito. Após a lavagem da cana a água é enviada a um decantador circular, cujo sobrenadante retorna ao processo de lavagem, num circuito semi-fechado, e o lodo é descartado para a lagoa de sedimentação A, sendo posteriormente, enviada ao canal juntamente com as águas de lavagem de cinzas, gases e pisos. Dessa forma, foram identificadas duas saídas de águas residuárias do processo industrial para o canal.

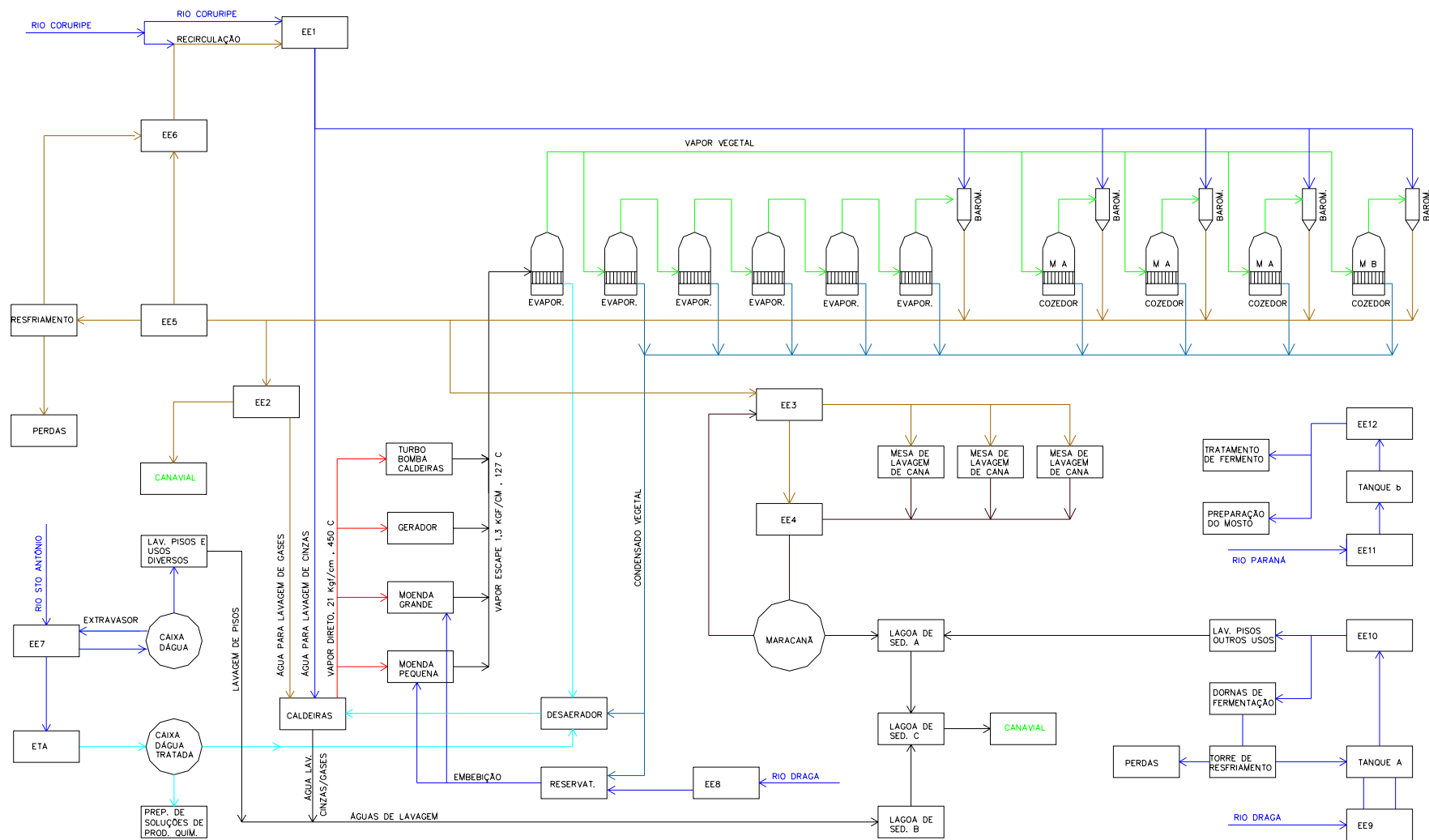


Figura 1 - Fluxograma de águas e processo da Usina Coruripe.

Com os dados de vazões medidas nos 15 pontos apresentados na tabela 1, foi realizado um balanço hídrico que permitiu quantificar o volume de água descartado para o canavial. Verificou-se que a vazão de água residuária da coluna barométrica para o canavial era de $673\text{m}^3/\text{h}$ e que a vazão de descarte de fundo do decantador era de $2957\text{m}^3/\text{h}$.

Todas as águas residuárias do parque industrial são coletas e enviadas a duas lagoas de sedimentação, denominadas de lagoa A e lagoa B. O efluente dessas lagoas vertem para uma terceira lagoa, denominada de lagoa C e a partir daí as águas são recalçadas para o canavial.

Analisando-se o fluxo de água na indústria estima-se que a vazão afluyente a lagoa de decantação A é da ordem de $3.000\text{m}^3/\text{h}$, enquanto que a da lagoa B é de $1.350\text{m}^3/\text{h}$. Dessa forma, a vazão total de água residuária enviada para o canavial é de $5023\text{m}^3/\text{h}$.

Com relação a vinhaça, a vazão média obtida foi de $212\text{m}^3/\text{h}$, que somados a vazão total de águas residuárias resulta e nua vazão total enviada para o canavial de $5235\text{m}^3/\text{h}$.

Na safra 2003/2004, a Usina Coruripe irrigou 28 mil hectares de canavial, sendo 27 mil por aspersão e mil hectares por gotejamento. Nessa área, são plantadas 70 variedades de cana e foram aplicados três lâminas de 30 cm durante a safra que durou 8 meses. Isto quer dizer, que a vazão por hora direcionada aos canaviais foi de 43.000m^3 durante a safra. Assim o volume de águas residuárias e vinhaça descartadas para o canavial representa apenas 12% da demanda hídrica do canavial.

Há uma grande preocupação em relação à quantidade de água que está direcionada ao canavial. Uma vez que em períodos de estiagem toda água residuária é absorvida na irrigação, no entanto em períodos chuvosos, a quantidade de água destinada ao canavial é reduzida para evitar que ocorra um excesso de água no subsolo, tendo como consequência, um acúmulo de água nas lagoas de tratamento.

A preocupação no que diz respeito ao lençol freático, deve ser bastante elevada para evitar a contaminação devido à aplicação de fertilizantes no cultivo da cana-de-açúcar. Sabe-se que a irrigação é uma garantia para a sua colheita e que também a prática de irrigar o canavial com vinhaça e águas residuárias geradas no processo industrial são alternativas que ao longo do tempo vêm dando bons resultados nas indústrias sucro-alcooleiras, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico para eliminação dos resíduos da agroindústria.

Qualidade da água enviada para o Canavial

Com relação a qualidade foi analisada apenas as águas do canal de irrigação do canavial, provenientes do descarte das baométricas.

Analisando-se os dados de temperatura, figura 2, percebe-se que houve uma variação de 34°C e 40°C , onde o limite máximo permitido para o canavial é de 40°C . Somente uma medição ultrassou esse limite. Quanto a demanda química de oxigênio (DQO), figura 3, a concentração a longo da safra

este esteve no patamar de 100mg/L, alcançando valores mais elevados nas duas últimas coletas onde se verificou a concentração de 478 mg/L, retornando aos valores iniciais no final da safra.

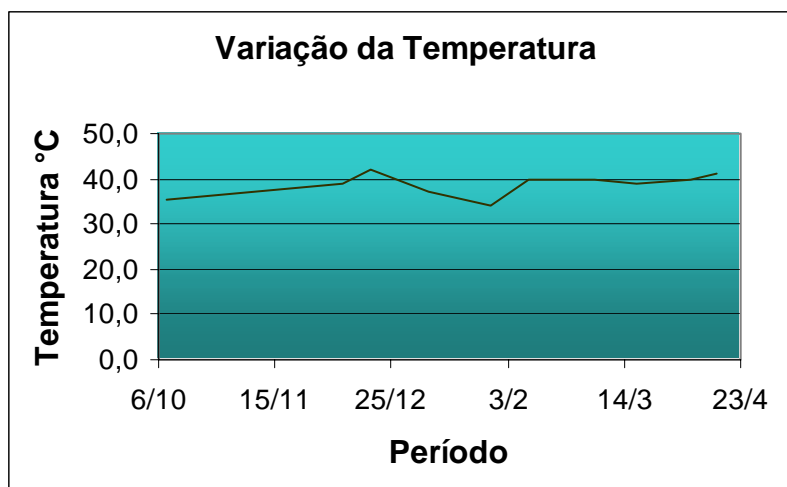


Figura 2 - Gráfico da variação da temperatura

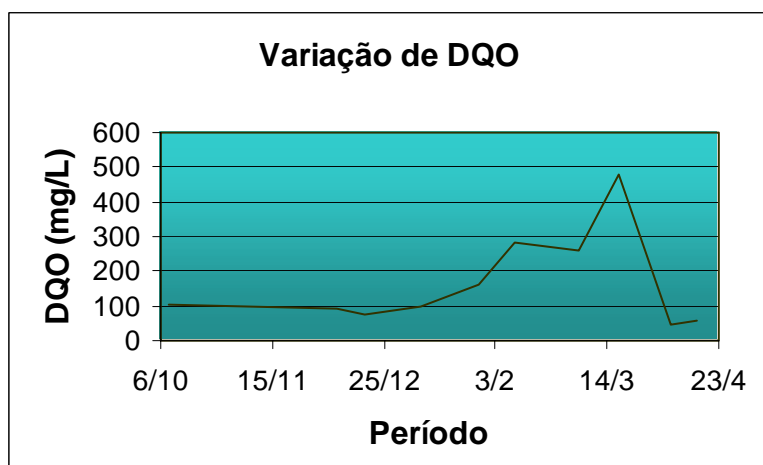


Figura 3 – Gráfico de variação de DQO

As concentrações de sólidos totais, figura 4, apresentou limites mínimo e máximo, respectivamente de 280 mg/L e 2718 mg/L, e relação média SF, figura 5, e, ST de 0,80 indicando que cerca de 80% dos sólidos presentes é devido a partículas inertes, provavelmente carreados do solo do spray, que é apenas parcialmente revestido de paralelepípedo.

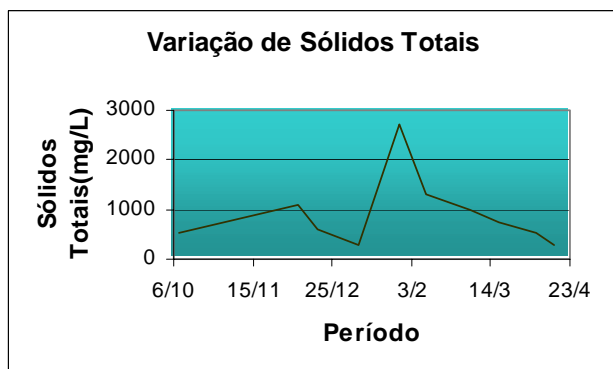


Figura 4 – Gráfico de variação de ST

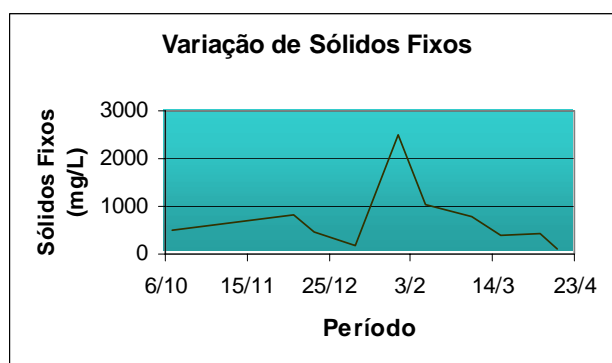


Figura 5 – Gráfico de variação de SF

Os sólidos sedimentáveis (SS), Figura 6, variaram de 0,1 mL/L a 8,3 mL/L, apresentando um valor atípico de 52 mL/L. Nesse dia o pH da água estava elevado, tendo sido medido o valor de 11,3, e a água apresentava cor leitosa, indicando que esse valor de SS deva-se provavelmente a adição de leite de cal.

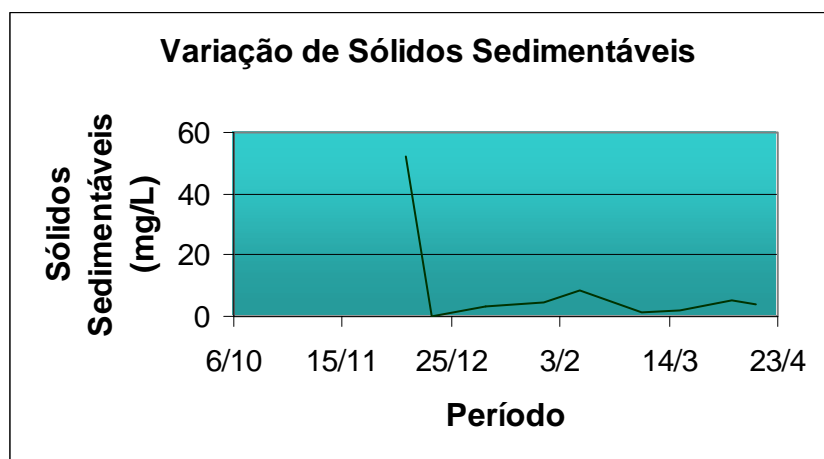


Figura 6 - Gráfico da variação de SS.

O pH dessa água, mostrado na figura 7, apresentou variações de 6,5 a 11,3, valores esses conseqüentes da dosagem de cal aplicada a água.

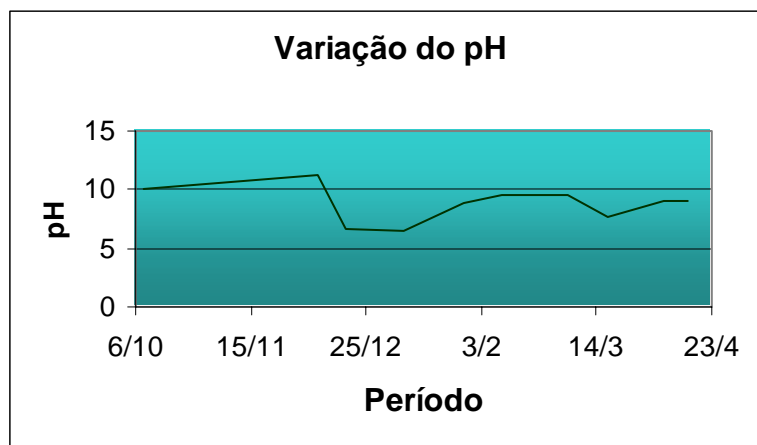


Figura 7 - Gráfico da variação do pH.

Verificou-se que a alcalinidade total variou de 52 mg.CaCO₃/L a 116 mg.CaCO₃/L, figura 8, enquanto que os ácidos voláteis, figura 9, variaram de 5 mg/L a 28 mg/L.

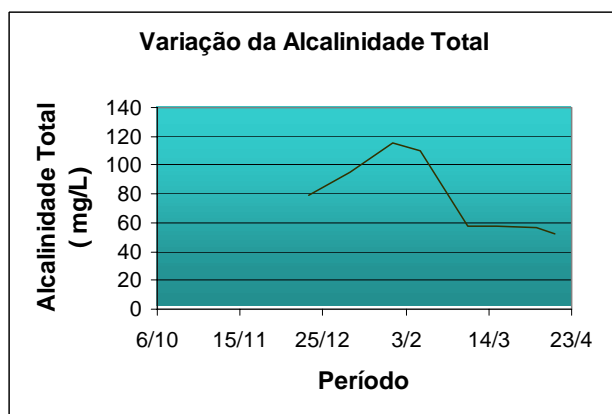


Figura 8 – Gráfico de variação de AT

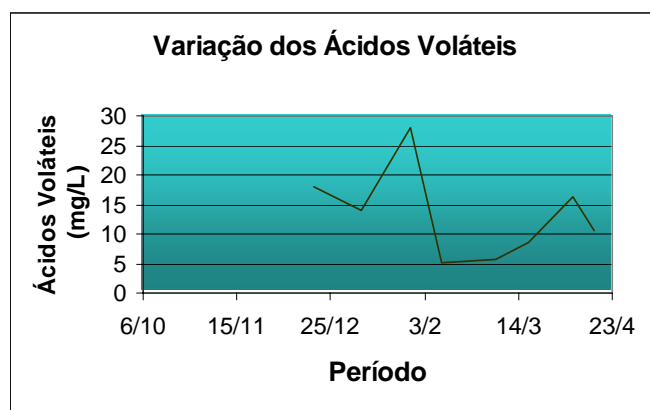


Figura 9 – Gráfico de variação de AV

Com relação ao nitrogênio amoniacal, mostrado na figura 10, só foi verificada sua presença no final de janeiro, no período chuvoso, provavelmente devido as características da água do rio Coruripe que é utilizado nas colunas barométricas.

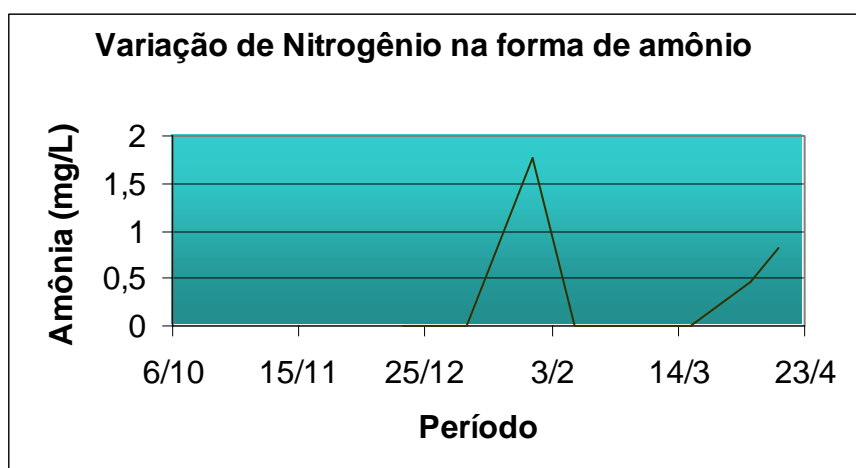


Figura 10 – Gráfico de variação de NH_4 .

CONCLUSÃO

Foram identificados três pontos distintos de saídas de água da indústria para os canaviais, um ponto é o da vinhaça, outro ponto é o efluente das lagoas de estabilização que recebem o descarte de fundo do decantador das águas de lavagem de pisos da usina e destilaria e das águas de lavagem de cinzas e de gases; e o último é uma parcela da água proveniente das colunas barométricas, correspondendo a 12% da demanda hídrica da irrigação.

Diante da reflexão de que a demanda para irrigação contribui para determinar o volume de água a ser captado, a redução do consumo passa por uma negociação entre esta e a necessidade industrial. Em situações normais, ausência de chuvas, o campo utiliza toda água descartada pela indústria. Sendo assim fica estabelecido quase que um regime permanente de vazões em todos os processos, desde a captação até o lançamento das águas residuárias nas lagoas de decantação. Em momentos de chuvas moderadas e intensas faz-se desnecessária a irrigação. Sendo significativamente onerosa, é suspenso o bombeamento nestes períodos. Esta paralisação desequilibra o balanço hídrico nas lagoas, que se vêem com excesso de água, dificultando o tratamento em andamento, bem como constitui, de alguma maneira, um risco para o ambiente local.

Vale ressaltar que a área de estudo relacionada à irrigação da matéria-prima das usinas de açúcar e álcool é, vasta, necessitando assim de mais estudos, sendo de grande importância para uma melhoria freqüente deste setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ORPLANA. “A Evolução da Produção da Cana-de-Açúcar no Período de 1960 a 1999”. Informativo 09. São Paulo, Setembro 2000. www.orplana.com.br/not163.htm, acessado em 22 de janeiro de 2004
- [2] S.A. USINA CORURIFE. “Boletim Diário de Produção”. Safra 2003/2004. Data de Boletim 27/01/2004. Coruripe, AL. Janeiro de 2004.
- [3] UNICA. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, “Agroindústria da Cana-de-Açúcar: Alta Competitividade Canavieira”, http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp, acessado em 15 de dezembro de 2003.
- [4] IEF AUTOMAÇÃO. “Manual de Instruções para Medidor de Vazão Ultrassônico Por Tempo de Trânsito”. Modelo DCT7088. Marca Polysonics. Número MI004-a. Revisão A. São Paulo, 06 de Novembro 1996.
- [5] Resolução CONAMA, n. 20 de 18 de junho de 1986. Estabelecimento de classificação de águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jul. Seção I, p. 113356-60.
- [6] SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M. & PEREIRA, I. C.; “Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Agência Nacional de Energia Elétrica; Agências Nacionais de Águas, 3ª ed., Brasília, 2001.
- [7] BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A; “Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais” CETESB. São Paulo / SP, Junho 1979.
- [8] DILALLO, R.; ALBERTSON, O. E. (1961). Volatile acids by direct titration. Journal Water Pollution Control Federation, v. 33, n. 4, p. 356 - 365.
- [9] RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. (1986). Improved alkanimetric monitoring for naerobic digestion of high-strength wastes. Journal Water Pollution Control Federation, v. 58, . 406-411.
- [10] ZARPELON, F. e BRANDÃO, C. M. – Falando de Fábrica. Stab, Açúcar, Álcool e Subprodutos, vol. 22, n. 4. ISSN 0102-1214. mar/abr 2004.