

TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR, VISANDO A SUA REUTILIZAÇÃO

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

Resumo – O setor sucro-alcooleiro representa significativo impacto sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil. O Brasil é grande produtor, tendo, aproximadamente, 400 indústrias de açúcar e álcool no país. O processo produtivo de açúcar consome quantidade significativa de água gerando grande quantidade de águas residuárias, impactando consideravelmente os recursos hídricos. A racionalização do uso de água pela indústria pode alterar este quadro, sendo necessário o pleno conhecimento dos processos industriais, também, pelos órgãos gestores de recursos hídricos. Apresenta-se neste, um estudo de caso, realizado na Usina Coruripe, localizada no município de Coruripe-AL, onde a demanda de água para lavagem de cana é uma das maiores. Por este motivo, foi realizado um balanço hídrico e uma avaliação da qualidade dessas águas, objetivando avaliar opções de reúso interno a fim de minimizar a quantidade de água captada pela usina, constatando que, o circuito de água de lavagem de cana tem taxa de aplicação consideravelmente baixa, 5,6 m³/TC, com elevada fração de água de reposição, correspondendo a 92,5% da demanda que ocorre, devido à alta parcela de reposição a carga orgânica dessa água, medida como DQO, apresentando valores inferiores aos citados na literatura.

Abstract – The sucro-alcooleiro sector represents significant impact on the management of the water resources in Brazil. Brazil is great producer, having, approximately, 400 industries of sugar and alcohol in the country. The productive process of sugar consumes significant amount of water generating great amount of residuary waters, impacting considerately the water resources. The rationalization of water use for the industry can modify this picture, being necessary the full knowledge of the industrial processes, also, for the managing agencies of resources water. It presents in this, a study of case, carried through in the Coruripe Usina, located in the city of

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. (82) 214-1286, sylviapfo04@hotmail.com

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

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

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

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

⁶ Graduanda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL irenemcp@yahoo.com.br

Coruripe-AL, where the water demand for laundering of sugar cane is one of the greater. For this reason, it was carried through a water rocking and in evaluation of the quality of these waters, objectifying to evaluate options of reuse in order to minimize the amount of water caught for the plant, being evidenced that, the water circuit of laundering of sugar cane has application tax considerably low, 5,6 m³/TC, with raised spare water fraction, corresponding 92.5% of the demand that occurs, due to high spare parcel the organic load of this water, presenting inferior values to the cited in literature.

Palavras-Chave – Lavagem de cana; reuso de água; gerenciamento hídrico industrial.

INTRODUÇÃO

Os problemas de escassez hídrica no Brasil decorrem, em sua maioria, da combinação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação das águas. Esse quadro é consequência dos desordenados processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola (SETTI et al, 2001).

Quando se analisa o problema de maneira global, observa-se que existe quantidade de água suficiente para o atendimento de toda a população. No entanto, a distribuição não uniforme dos recursos hídricos e da população sobre o planeta acaba por gerar cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões.

Com relação à degradação, os corpos hídricos têm capacidade de diluir e de assimilar esgotos e resíduos mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam a sua autodepuração. Entretanto, essa capacidade é limitada em face da quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes (SETTI et al, 2001).

Por ser uma intensa consumidora de água, a agroindústria sucro-alcooleira gera também uma grande quantidade de resíduos líquidos, provenientes das diversas etapas dos processos industriais. Trabalho realizado por BUARQUE (2003) em 10 parques industriais do estado de Alagoas, dos quais 07 são produtores de açúcar e álcool, 01 apenas açúcar e 02 somente de álcool, mostrou que o consumo de água varia de 0,7m³ a 12,2m³ por tonelada de cana esmagada. Segundo esse autor essa variação é função das regiões climáticas locais, e dos processos produtivos que se diferenciam, basicamente, pela existência ou não de recirculação de água em algumas etapas do processo, podendo ser recirculação total, recirculação parcial ou sem recirculação.

Hoje já se torna relevante o uso racional das águas, com objetivo de reduzir os impactos ambientais, ter menores custos com energia e uso da água, com tratamento de efluentes e

principalmente, evitar chegar a ponto da escassez dos mananciais de superfície tendo que se utilizar, de outras fontes de água, a exemplo, as subterrâneas.

Na indústria sucro-alcooleira a lavagem da cana-de-açúcar, é uma das etapas do processo que mais demanda água em todo parque industrial, dessa forma, fica explícita a necessidade de estudos detalhados sobre as águas envolvidas nos processos de lavagem da cana de açúcar.

O reuso da água na lavagem da cana-de-açúcar é uma alternativa que vem se mostrando viável pelas seguintes razões: a reutilização de águas residuárias oferece vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente na medida em que proporciona a redução ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores dos efluentes. Paralelamente dá-se a recarga dos aquíferos, beneficiados com a melhoria de qualidade da água derivada da depuração proporcionada aos efluentes através da percolação no solo (Miranda, 1995).

Vários fatores interferem na qualidade da água envolvida no circuito de lavagem de cana, iniciando pela colheita, com a forma pela qual a cana é retirada do canavial.

A Colheita da cana é um dos fatores intervenientes, pois, dela vai depender o quanto de água será demandada, para sua lavagem. Na Usina Coruripe, a cana é cortada manualmente, a cana é depositada no solo, onde posteriormente o caminhão tipo gaiola recolhe e leva para a Usina.

É inequívoco que a cana retirada do canavial pode carrear consigo uma quantidade muito grande de sólidos (chegando a atingir até 10% do peso da matéria prima), que além de produzirem açúcar e mel residual de mais baixa qualidade, pode acarretar sérios problemas para a clarificação do caldo. Por isso antes de seu processamento ela necessita passar por um processo de limpeza ou ter um processo de colheita diferenciado de modo que a quantidade de sólidos carreados seja menor.

Se a usina não dispõe de água em grande quantidade, daí a necessidade de reaproveitar as águas de lavagem. Mas para que isso seja possível é necessário que essas águas passem por um processo de tratamento. No Brasil os processos de tratamento utilizados para as águas de lavagem de cana dependem do tipo de sistema empregado: se são sistemas abertos, quando não se faz o reuso das ALC, ou se são fechados ou semi-fechados, quando se faz o reuso das águas.

A CETESB (1981) cita que o método convencional de tratamento dos efluentes da lavagem da cana, no caso de recirculação de em sistema fechado ou semi-fechados, envolve as seguintes etapas:

Remoção do material grosseiro (folha, toletes de cana, etc.) no *cush-cush*. Este material pode ser recuperado, representando a recuperação de 1 ton/1.000 ton de cana processada.

Remoção de partículas discretas com diâmetro maior que 0,05 mm, o que é feito nas caixas de decantação ou em decantadores circulares contínuos.

Remoção de partículas menores que 0,05 mm (material em suspensão) e correção de pH. Para tanto pode ser introduzido um decantador circular secundário, entretanto, tal metodologia, para remoção de material coloidal ou não sedimentável, exige a aglomeração dessas partículas com

auxílio de produtos químicos ou floculantes. Entretanto, estudos realizados indicam, que tal adição de floculantes, antes de um tratamento biológico, é altamente antieconômica. Mas se o floculante for água de cal, esta, também, procederá à correção do pH, evitando inconvenientes de corrosão.

O lodo seria disposto em área pré-determinada, ou na lavoura e o sobrenadante retornaria à lavagem, sendo renovado com água limpa ou algum efluente reaproveitado de outra operação da usina. Esse efluente quando descartado deve ser encaminhado para lagoas de estabilização ou para irrigação na lavoura.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de lavagem da cana da Usina Coruripe – Matriz – estudar a eficiência do sistema de pré-tratamento existente, caracterizar e quantificar as águas envolvidas no sistema e propor soluções alternativas de tratamento ou melhoria no sistema existente, visando enquadrar efluentes dentro dos padrões de reuso na indústria, e minimizar a quantidade de efluente enviada para irrigação, e a água bruta captada no manancial para o processo industrial.

METODOLOGIA

Esse trabalho está sendo desenvolvido dentro da unidade industrial S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool-Matriz, e o princípio metodológico utilizado na pesquisa, envolveu três ações específicas: identificação do fluxograma da lavagem de cana, medições de vazões e caracterizações físico-químicas, cujas análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), localizado no Campus A. C. Simões/UFAL, na cidade de Maceió, distante 110 km da Usina Coruripe.

Identificação do fluxograma do sistema de lavagem de cana

O levantamento do fluxograma sistema de lavagem de cana foi realizado tendo como documento base à planta baixa do parque industrial, fornecida pela Usina, atualizada em campo durante as visitas técnicas, e registradas com documentação fotográfica.

Medições de vazões

Durante o levantamento do fluxograma foram determinados os pontos de medição de vazão, que para o caso do circuito da água de lavagem de cana foram determinados três pontos em condutos forçados, sendo um na elevatória de água para lavagem da cana, um na tubulação de alimentação de uma mesa de lavagem e um na descarga de fundo do sistema de pré-tratamento de água de lavagem de cana.

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 de tempo de trânsito, que 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 aparelho registra instantaneamente as medições realizadas em intervalos de tempo definidos pelo usuário. Ao final da medição tem-se um registro gráfico da vazão, onde pode-se obter a vazão média, e a variação da mesma em torno deste valor (IEF, 1996).

Caracterização das águas do sistema de lavagem de cana

As amostras de águas foram coletadas, quinzenalmente, em quatro pontos distintos, assim discriminados: a montante e a jusante da lavagem de cana, e a na entrada e na saída do sistema de pré-tratamento adotado na indústria. As medições de pH, temperatura e OD foram feitas no próprio ponto de coleta, por meio de equipamentos de medição portáteis. 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 para as análises de alcalinidade, medida como mg de CaCO₃ por litro. As demais análises foram realizadas segundo “Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater” (APHA, 1995). As coletas foram realizadas com periodicidade quinzenal, de outubro de 2003 a abril de 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fluxograma do sistema de lavagem da cana

Na Usina Coruripe toda cana que chega é pesada, retirada uma amostra para análise de sacarose e enviada para as três mesas de lavagem de cana. Nas mesas a cana é lavada por aplicação de jatos de água, cujas águas carregam a sujeira proveniente da lavoura. A água depois de lavar a cana (ALC) é conduzida para uma peneira de esteira chamada “cush-cush”, destinada a reter bagacilhos, palhas e demais materiais que acompanham a cana vinda do canavial.

Após o cush-cush a água é coletada por canais localizados sob os mesmos, que a conduz ao poço de sucção da elevatória 4 que recalca a ALC para um decantador circular (Maracanã), de fluxo contínuo, dotado de raspador de fundo para os sólidos sedimentados, e de superfície para os flotados.

A água tratada (sobrenadante) no decantador é conduzida por uma tubulação de 1,1 metros de diâmetro a uma caixa de passagem de onde escoar por gravidade até o poço de sucção da elevatória

3, misturando-se com a água de reposição proveniente das colunas barométricas. Nesse ponto acrescenta-se leite de cal para fazer a correção do pH da água.

Do poço de sucção da elevatória 3 parte da água é bombeada para as três mesas de lavagem. A água excedente é descartada, por gravidade, para o poço de sucção da elevatória 4 que recalca água para o decantador circular juntamente com a ALC. Nesse poço de sucção uma parcela de água, devido ao vazamento de uma comporta, é encaminhada a um canal que descarrega esse resíduo numa lagoa de sedimentação denominada de Lagoa A. A outra parte é enviada para o decantador.

No decantador, o lodo decantado no fundo, é enviado por gravidade para uma lagoa de sedimentação, denominada de Lagoa B, e a água tratada retorna para o circuito de lavagem da cana.

Assim, o sistema de lavagem de cana da Usina Coruripe é um circuito semifechado, com água proveniente do decantador circular e de água de reposição, proveniente das colunas barométricas, que por sua vez são oriundas da captação do Rio Coruripe misturadas com as águas do sistema de resfriamento. A Figura 1 ilustra o fluxograma das águas de lavagem da Usina.

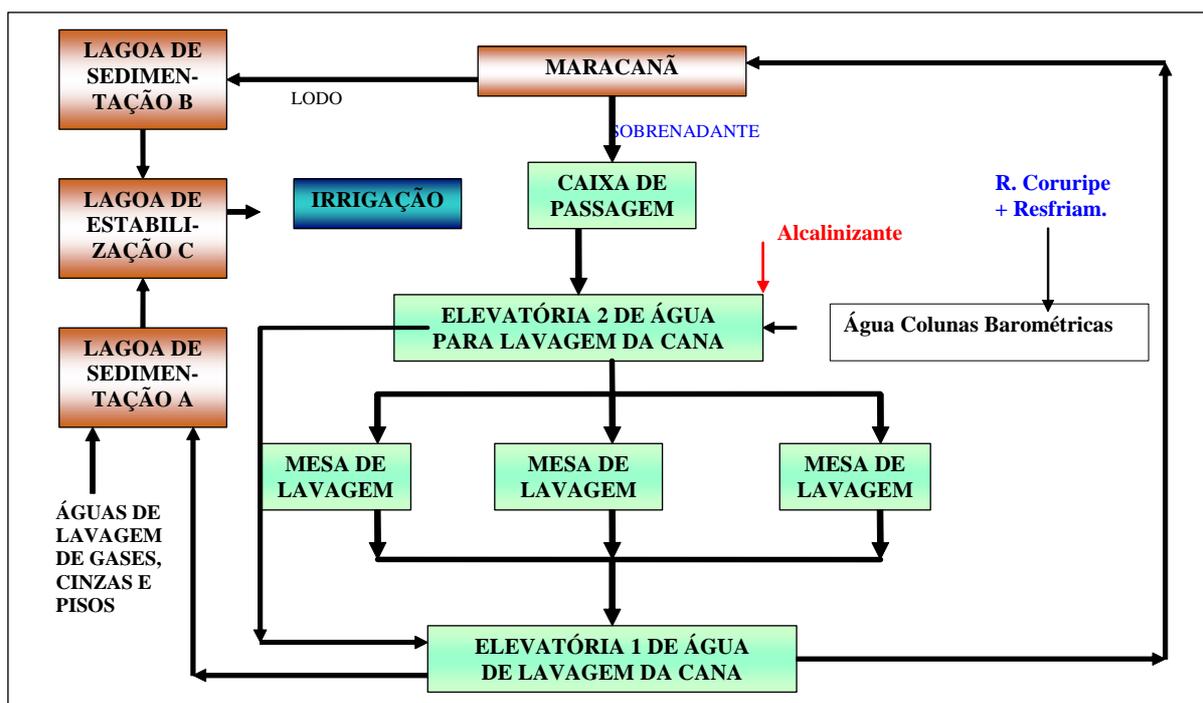


Figura 1 - Fluxograma do circuito de lavagem da cana.

Balanço hídrico

Depois de elaborado o fluxograma apresentado na Figura 1 e de posse dos dados de medição de vazões foi possível fazer o balanço hídrico do parque industrial da Usina Coruripe, apresentado na Figura 2.

Pela Figura 2 observa-se um valor médio de 3.250m³/h para a lavagem da cana, valor esse medido na tubulação de água que alimenta as 3 mesas de lavagem. A água para lavagem da cana é

composta de duas parcelas. Uma proveniente do decantador, com vazão de aproximadamente $3.000\text{m}^3/\text{h}$ e outra, água de reposição, proveniente das colunas barométricas ($3.087\text{m}^3/\text{h}$), essas água se misturam no poço de sucção da EE2.

Da elevatória EE2 uma parcela da água ($3.250\text{m}^3/\text{h}$) é recalçada para a lavagem da cana, outra ($3.007\text{m}^3/\text{h}$) verte para o poço de sucção da EE1 que alimenta o decantador circular (Maracanã). A água depois de lavar a cana é conduzida ao poço de sucção da EE1 e mistura a água excedente da EE2.

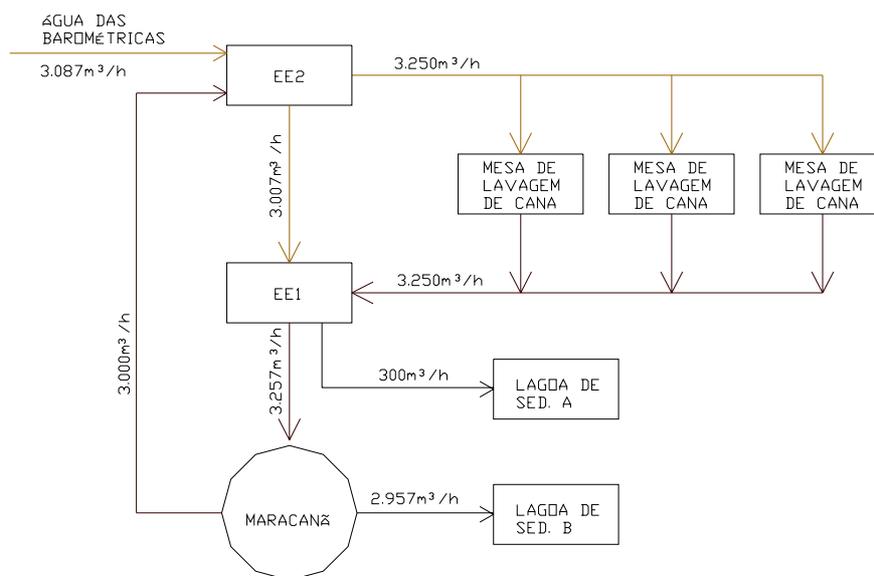


Figura 2 - Balanço hídrico do circuito de água de lavagem de cana.

No poço de sucção da EE1 cerca de 5% ($300\text{m}^3/\text{h}$) da água vaza pela comporta, sendo descartada na lagoa de sedimentação A. o restante é recalçado para o decantador circular. No decantador circular há uma descarga de fundo contínua com vazão de $2.957\text{m}^3/\text{h}$, que descarta na lagoa de sedimentação B, e o sobrenadante retorna para EE2 para lavagem da cana, fechando o circuito de lavagem.

Comparando-se a vazão da água de reposição ($3.007\text{m}^3/\text{h}$), com a vazão da água enviada para lava a cana ($3.250\text{m}^3/\text{h}$), verifica-se que a água de reposição corresponde a 92,5% da demanda, valor esse extremamente elevado, indicando que, na verdade, o circuito de água de lavagem é praticamente aberto.

Com relação a taxa de aplicação de água para lavagem de cana, considerando a vazão de água para lavagem da cana ($3250\text{ m}^3/\text{h}$) e quantidade de cana processada na safra 2003/2004, na qual foram processadas $13.795,0\text{ TC}/\text{dia}$, obtém-se o valor de $5,6\text{ m}^3/\text{TC}$ (metros cúbicos de água por tonelada de cana esmagada). Valor próximo do limite mínimo quando comparado com os dados da literatura apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Taxa de aplicação de água p/ lavagem de cana em algumas unidades industriais.

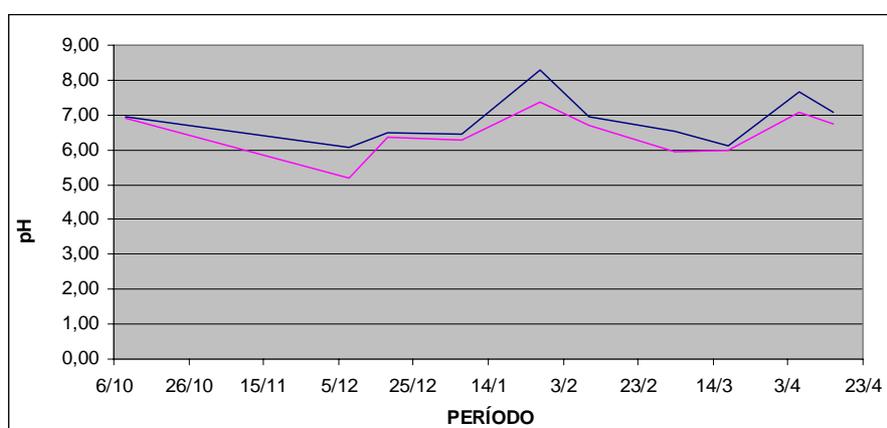
Usina	Cana Moída (TC/DIA)	Vazão (m ³ /h)	Taxa de aplicação (m ³ /TC)
PEDRA / SP	9.500,00	2.500,00	6,32
SÃO FRANCISCO / SP	4.000,00	1.800,00	10,80
IRACEMA / SP	13.200,00	5.000,00	9,09
SÃO BENTO / SP	1.800,00	600,00	8,00

Fonte: Adaptado de CETESB (1981).

Análise da qualidade das águas

Atenção especial deve ser dada às águas do circuito da lavagem da cana, pois apesar do circuito ser praticamente aberto, mistura-se 50% de água de boa qualidade (proveniente das barométricas) com 50% de água de baixa qualidade (a que retorna do decantador), e sua qualidade físico-química e bacteriológica tende a cair ao longo da safra.

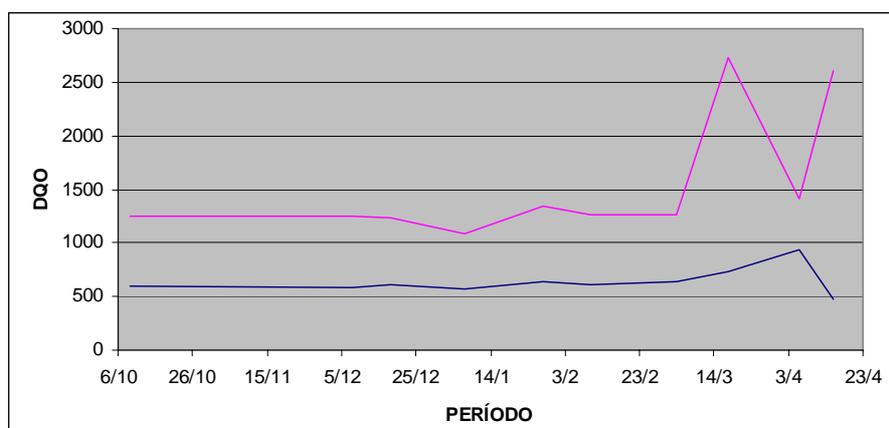
De maneira geral, as águas provenientes da lavagem da cana (ALC) são comumente efluentes com grande potencial poluidor, sendo constituídas de grande quantidade de terra, nutrientes, açúcares, microrganismos e outras impurezas que chegam aderidas nos colmos de cana esmagados. Dessa forma, os açúcares dissolvidos nessas águas facilitam a fermentação, com conseqüente abaixamento do pH, transformando essas águas em meios propícios a proliferação de microrganismo, podendo ocorrer infecções, que diminuem a eficiência do processo industrial de fabricar açúcar e álcool. Para combater isso é importante observar o percentual da parcela de água de reposição e manter o pH elevado entre 10,0 e 11,0. No entanto, o pH observado foi relativamente baixo (Figura 3), as águas para a lavagem da cana apresentaram pH_{APLC} entre 6,05 e 7,7, enquanto que após a lavagem o pH_{ALC} foi menor, entre 5,2 e 7,4, o que era de se esperar, pois a água além de sólidos carrega açúcares que favorecem a fermentação diminuindo o pH.



Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 3 - Variação do pH das águas de lavagem de cana ao longo da safra.

A avaliação da matéria orgânica foi feita pela medida de DQO, tanto da água para a lavagem da cana (DQO_{APLC}), quanto da água de lavagem de cana (DQO_{ALC}), cujos dados estão apresentados na Figura 4. Esses dados mostram que a DQO_{APLC} apresentou valores máximos e mínimos, respectivamente, de 480mg/L e 940g/L, com valor médio de 641mg/L; enquanto que esses dados para a DQO_{ALC} foram de 1.089mg/L e 2.735mg/L, com valor médio de 1.545mg/L. Comparando com os dados apresentados pela CETESB (1981 e 1985) os dados DQO_{ALC} representam valores muito baixos. Essa instituição apresenta valores médios de DQO para essas águas variando da ordem de 2.100mg/L (já considerado muito baixo) a 23.000mg/L. Tal fato pode ser devido a um alto percentual de água de reposição, que como mostrado anteriormente é de 92,5%.



Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

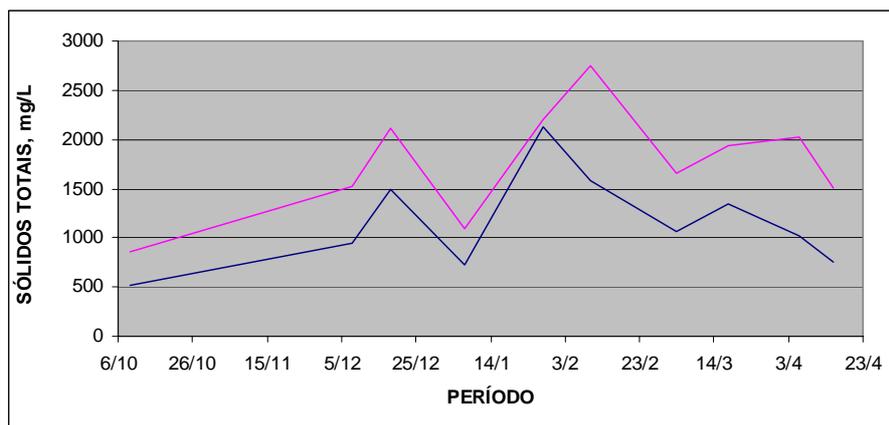
Figura 4 - Variação da DQO das águas de lavagem de cana ao longo da safra.

Com relação aos sólidos das águas para a lavagem de cana, seus limites variaram de 516mg/L a 2126 mg/L, de 320mg/L a 1608mg/L, e de 158mg/L a 538mg/L, respectivamente para os sólidos totais (ST_{APLC}), sólidos fixos (SF_{APLC}) e sólidos voláteis (SF_{APLC}). A relação SF_{APLC}/ST_{APLC} oscilou em torno de 0,64, aumentando para 0,75 no final de janeiro (período de chuva), mostrando que materiais inertes predominavam sobre os orgânicos.

Já para as águas após a lavagem da cana os valores verificados foram de 856mg/L a 2748mg/L, de 418mg/L a 2352mg/L, e de 438mg/L a 904mg/L, respectivamente para os sólidos totais (ST_{ALC}), sólidos fixos (SF_{ALC}) e sólidos voláteis (SF_{ALC}). A relação SF_{ALC}/ST_{ALC} oscilou em torno de 0,45 nas quatro primeiras análises, mostrando que materiais orgânicos (provavelmente açúcares dissolvidos) predominavam sobre os inertes. No final de janeiro (período de chuva extraordinariamente intensas) essa relação aumentou acima de 0,59 onde os inertes passaram a predominar.

Esse aumento da relação SF/ST, observados nas águas do circuito de lavagem de cana, provavelmente deve-se ao fato de que no período chuvoso a cana vinda do canavial carrega mais terra aderida aos colmos.

Vale ressaltar que, assim como os dados de DQO, os valores de sólidos obtidos são considerados baixos. A CETESB (1981 e 1985) apresenta dados de ST de águas de lavagem de cana, de onze usinas estudadas no estado de São Paulo, cujos valores variam de 850mg/L (baixos) a 19.800mg/L (altos). Dessas usinas estudadas apenas três apresentaram valores tão baixos quanto aos obtidos na Usina Coruripe. Três oscilaram entre 13.400mg/L a 19.800mg/L, e as demais entre 3.400mg/L e 7.700mg/L. A Figura 5 ilustra a variação de sólidos totais ao longo da safra.

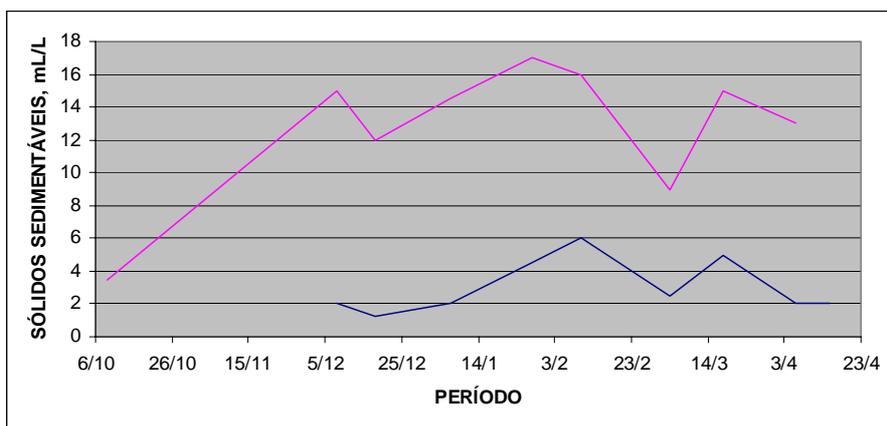


Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 5 - Variação da concentração de sólidos totais das águas de lavagem de cana ao longo da safra.

Os diferentes valores de sólidos encontrados nas águas de lavagem podem estar relacionados a dois fatores: um devido ao tipo de solo no qual a cana foi plantada, uma vez que diferentes tipos de solo aderem diferentes proporções de terra a cana, geralmente solos argilosos aderem mais, enquanto os arenosos aderem menos (CETESB, 1985). O outro fator pode ser atribuído ao alto valor de água de reposição para a lavagem da cana, que dilui a água de retorno do decantador diminuindo as concentrações de DQO e de sólidos encontrados nesses resíduos.

Com relação aos dados de sólidos sedimentáveis, ilustrados na Figura 6, as águas para lavagem da cana (SS_{APLC}) apresentaram valores entre 0,3mL e 6,0mL/L, enquanto que os valores obtidos após a lavagem (SD_{ALC}) foram de 3,5mL/L a 17,4mL/L. Para esse parâmetro a CETESB (1981 e 1985) mostra valores, para água após a lavagem da cana, que variam entre 1,5mL/L a 28mL/L. Os valores SS_{ALC} são valores altos, indicando boas características de sedimentação, mesmo em pH numa faixa de relativamente baixo, o qual para esse resíduo esteve situado entre 5,2 a 7,4.

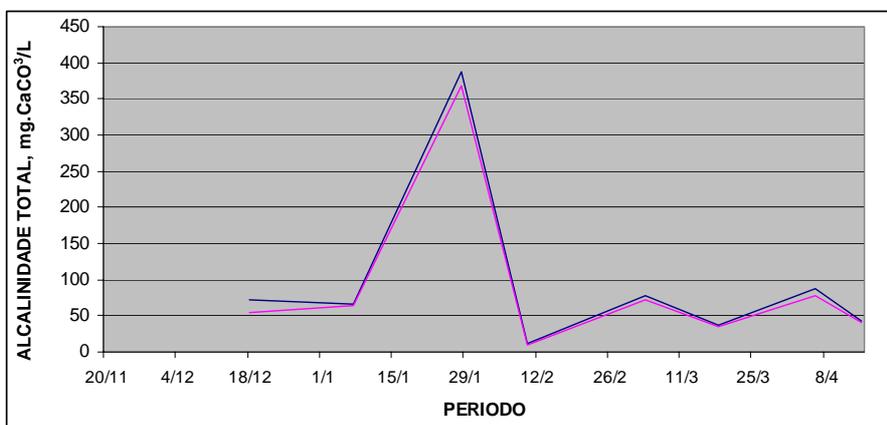


Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 6 - Variação da concentração de sólidos sedimentáveis das águas de lavagem de cana.

Os dados obtidos sugerem que no circuito de lavagem de cana o volume de água de reposição pode ser reduzido, mantendo-se a mesma taxa de aplicação de 5,6 m³/TC, e aumentando o pH para a faixa de 10 a 11, o que além de além de prevenir infecções ainda vai melhorar a sedimentação das partículas do decantador. Embora, estudos adicionais como o efeito desta redução sobre a eficiência da produção necessitem ser exaustivamente realizados.

As concentrações de alcalinidade total também foram baixas, como pode ser observado na Figura 7.



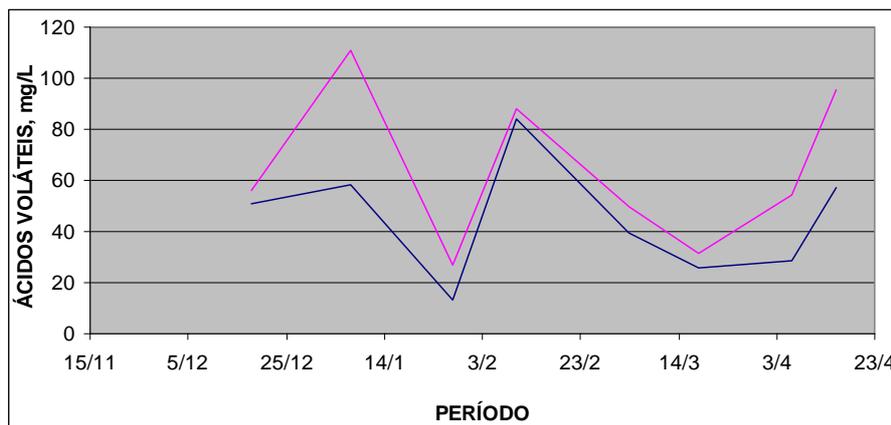
Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 7 - Variação da concentração de alcalinidade total das águas de lavagem de cana.

De forma geral as concentrações da alcalinidade total estiveram situadas entre 48,6mg.CaCO₃/L a 71,7mg.CaCO₃/L para as águas destinadas a lavagem da cana (AT_{APLC}), e entre 54,8mg.CaCO₃/L e 66,5mg.CaCO₃/L, para as águas após a lavagem da cana (AT_{ALC}). Valores atípicos foram verificados no final de janeiro (período chuvoso) cujos valores observados foram de

368,3 mg.CaCO₃/L para AT_{APLC} e de 387,4 mg.CaCO₃/L para AT_{ALC}, período para o qual também foram observados os maiores valores de pH.

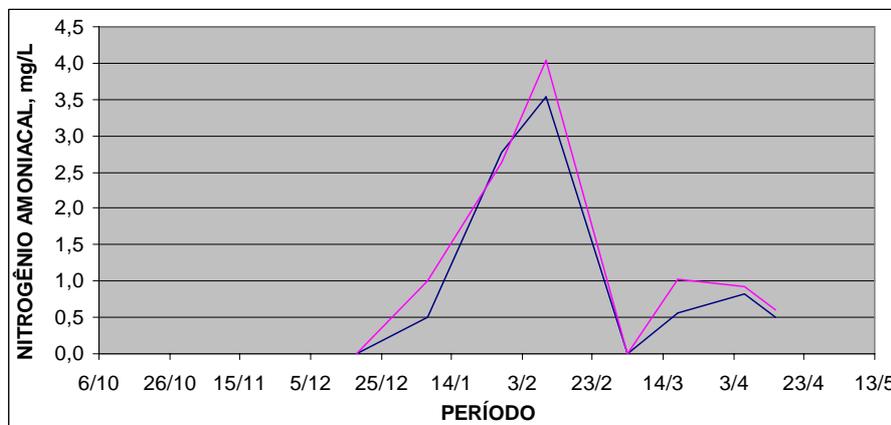
Os ácidos voláteis (Figura 8), apresentaram comportamento semelhante, com concentrações variando entre 56,1 mg/L e 84,1 mg/L para as águas para lavagem da cana (AVAPLC) e entre 51,1mg/L e 111,1mg/L para as águas de lavagem da cana (AVALC), e valores atípicos de 13,0mg/L para a AVAPLC e de 27,0mg/L para AVALC, valores esse mais baixos provavelmente neutralizados pela adição do alcalinizante.



Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 8 - Variação da concentração de ácidos voláteis das águas de lavagem de cana.

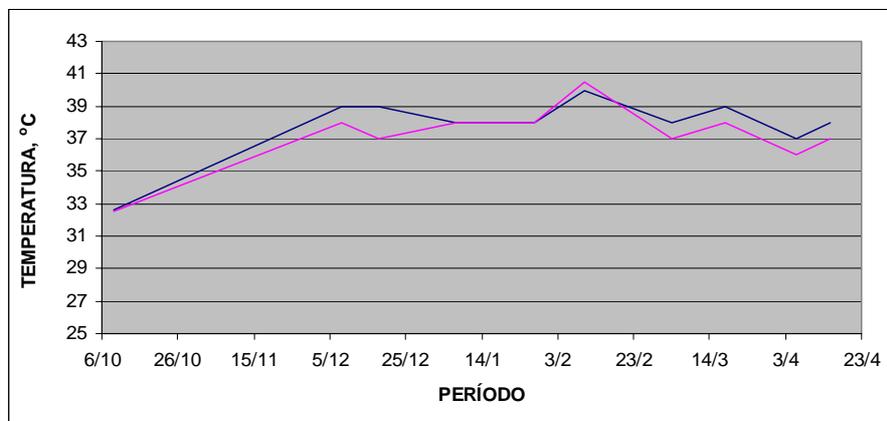
Como pode ser observado na Figura 8, a presença do íon amônio só foi observada durante o período chuvoso, tanto para as águas para lavagem de cana (NH₄⁺_{APLC}) onde chegou-se a encontrar valor de 3,5mg/L, quanto para as águas de lavagem de cana (NH₄⁺_{ALC}) o maior valor observado foi de 4,0mg/L.



Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 8 - Variação da concentração de nitrogênio amoniacal nas águas de lavagem de cana.

Com relação à temperatura (Figura 9) não foi observada diferença significativa entre as águas para lavagem de cana e as de lavagem de cana, no entanto apresentaram um aumento médio, do começo até o final da safra de 32,5° C a 38,5° C.



Legenda: _____ Água para Lavagem de cana (APLC), _____ Água de lavagem de cana (ALC).

Figura 9 - Variação da temperatura das águas de lavagem de cana.

Avaliação do sistema de pré-tratamento (decantador)

O sistema de pré-tratamento de água de lavagem de cana da Usina Coruripe é composto de um decantador circular, de fluxo contínuo, com 45m de diâmetro e volume de 5.000m³, dotado de raspador de lodo para os sólidos sedimentáveis e de superfície para os flotados, denominado, na Usina, de Maracanã (Figura 10).



Figura 10 - Fotografia interna do decantador, onde se é observado o raspador de fundo.

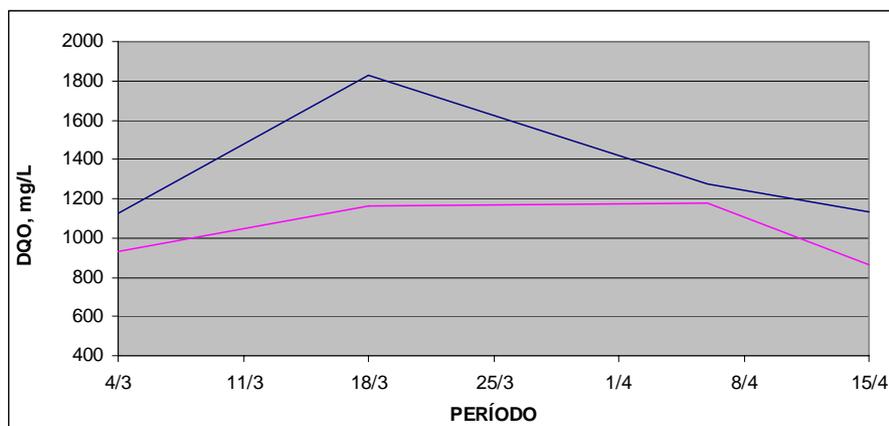
Esse decantador é alimentado pela EE3 que recebe as águas provenientes da lavagem da cana, e a água excedente do poço de sucção da EE2 (Figura 11). A vazão média afluyente ao decantador é de 6.257m³/h, o que resulta num tempo de detenção hidráulico baixo, em torno de 45 minutos.



Figura 11 - Fotografia do excedente da elevatória 2 na sucção da elevatória 3.

A água tratada (sobrenadante) retorna para a lavagem da cana, e o lodo é continuamente descartado pela descarga de fundo do decantador, por meio de uma tubulação de 650mm de diâmetro, cuja vazão foi aferida em 2957m³/h, que entra na lagoa de sedimentação A.

Com relação à eficiência de remoção de matéria orgânica, medida como DQO, observa-se pela Figura 12, que as concentrações afluentes variaram de 1125mg/L a 1825mg/L, e a efluente de 928mg/L a 1175mg/L, resultando numa eficiência média de apenas 23%, baixa, mesmo se considerando que o objetivo deste equipamento é remoção de sólidos sedimentáveis.

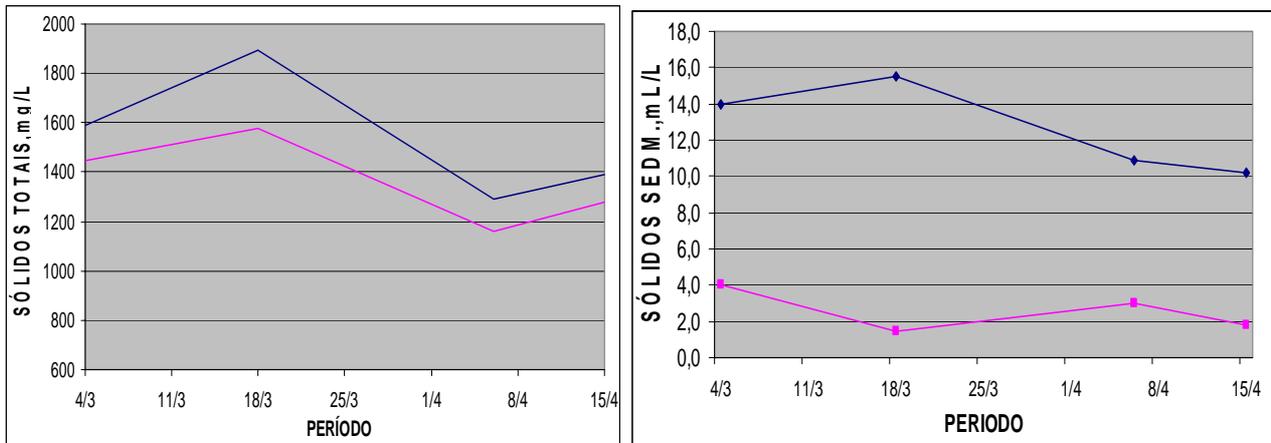


Legenda: _____ Entrada no decantador, _____ Saída do sobrenadante do decantador.

Figura 12 - Variação da concentração de DQO no sistema de pré-tratamento.

A Figura 13 apresenta os gráficos de variação das concentrações de sólidos totais e sólidos sedimentáveis no decantador. Verifica-se que os valores afluentes de sólidos totais estiveram entre 1290mg/L e 1890g/L, enquanto que as concentrações do efluente (sobrenadante) variou de 1280mg/L a 1580g/L, o que resulta em eficiência média de apenas 11,4%. Já com relação aos

sólidos sedimentáveis, as concentrações afluentes oscilaram entre 10mL/L e 15mL/L, enquanto que as efluentes ficaram entre 1,8mL/L e 4,0mL/L, o que mostra uma eficiência de 75%.

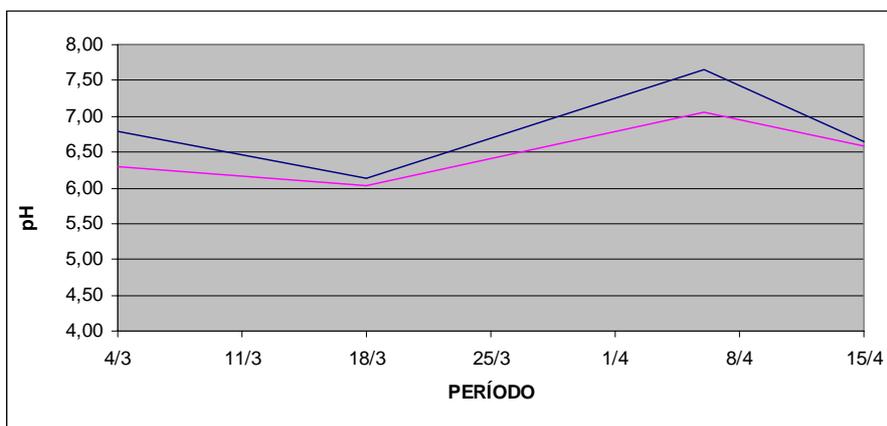


Legenda: _____ Entrada no decantador, _____ Saída do sobrenadante do decantador.

Figura 13 - Variação da concentração de sólidos totais e sedimentáveis no sistema de pré-tratamento.

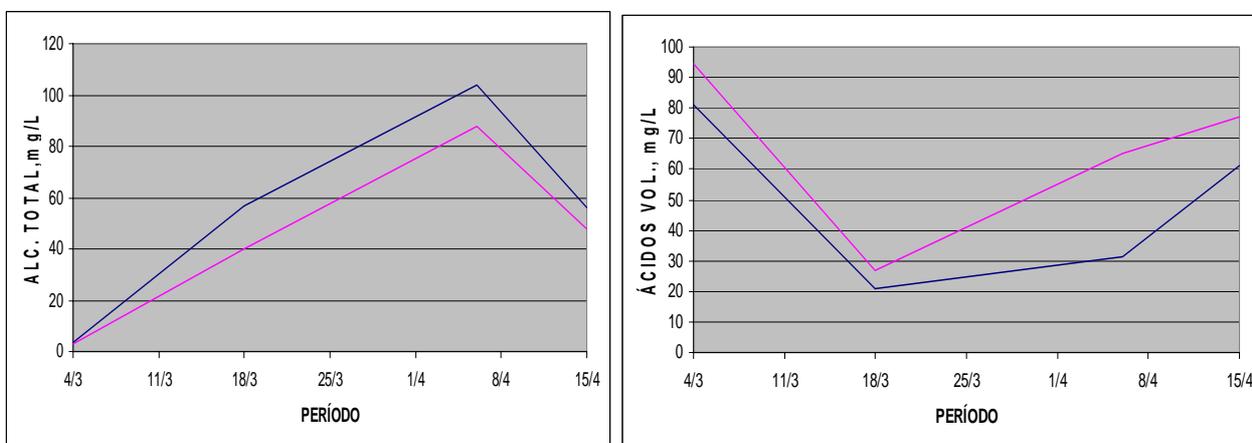
Os dados mostraram que temperatura praticamente não variaram entre o afluente e o efluente, situando-se no intervalo de 36°C a 39°C. No entanto a concentração de nitrogênio amoniacal, apesar de pequena, foi maior no efluente (0,9g/L a 2,7mg/L) que no afluente (0,6mg/L a 14mg/L).

Os dados apresentados na Figura 14 mostram que o pH afluente (6,1 a 7,7) foi ligeiramente superior ao efluente (6,0 a 7,1), provavelmente devido a presença de açúcares que fermentam e favorecem a formação de ácidos voláteis, diminuindo o pH. Como pode ser confirmado, observando-se a Figura 15 onde se verifica um consumo de alcalinidade e um aumento na concentração de ácidos voláteis. A concentração da alcalinidade total no afluente variou de 55mg.CaCO₃/L a 100mg.CaCO₃/L, e na concentração efluente ficou entre 40mg.CaCO₃/L e 90mg.CaCO₃/L, com um valor atípico na primeira amostragem, 3,5 CaCO₃/L. Para os ácidos voláteis as concentrações afluente e efluente, variaram respectivamente entre 21mg/L e 81mg/L, e 27mg/L e 95g/L.



Legenda: _____ Entrada no decantador, _____ Saída do sobrenadante do decantador.

Figura 14 - Variação do pH no sistema de pré-tratamento.



Legenda: _____ Entrada no decantador, _____ Saída do sobrenadante do decantador.

Figura 15 - Variação da concentração de Alcalinidade e Ácidos Voláteis no sistema de pré-tratamento.

CONCLUSÕES

As análises dos dados permitiram concluir que o circuito de água de lavagem da cana de açúcar é semi-aberto, com reposição elevada correspondendo a 92,5% de sua demanda, e taxa de aplicação baixa de 5,6m³/TC.

Os dados de vazão analisados juntamente com os de qualidade, indicam que o volume de água de reposição pode ser reduzido para valores bem menores, podendo alcançar o patamar de 30%, elevando-se o pH para a faixa de 10,0 a 11,0, o que além de prevenir contra possíveis infecções e inconvenientes de corrosão, irá funcionar como coagulante aumentando a eficiência do decantador de pré-tratamento.

O pré-tratamento está com sobrecarga hidráulica e baixa eficiência de remoção de DQO (23%) e de sólidos totais (11,4%), e eficiência média de 75% de sólidos sedimentáveis. Assim a redução na taxa de reposição, além de melhorar a eficiência do decantador pelo aumento do tempo de detenção, irá contribuir para a redução do volume de água captada do rio Coruripe, manancial que abastece a colunas barométricas, cujo efluente é utilizado na reposição da água de lavagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KEMPER, K.E. Alocação e Uso dos Recursos Hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro. O Custo da Água Gratuita. Linkoping Studies in Arts and Science 1997.152p.
- [2] INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS. Arnaldo Augusto Setti: [et al.]. 3ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001
- [3] REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Vol.7,n.4.(2002) Porto Alegre-RS:ABRH,2002
- [4] POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. Edição 2002.
- [5] DIREITO DAS ÁGUAS NO BRASIL. Cid Tomanik Pompeu. Brasília, 2002
- [6] CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. site: www.cnrh-srh.gov.br