



**XXIII SNPTTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPT/14  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO –II**

**GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS – GPT**

**ÁGUA DESMINERALIZADA – INSUMO ESSENCIAL PARA A OTIMIZAÇÃO QUÍMICA DOS CIRCUITOS  
PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO DE USINAS NUCLEARES – A EXPERIÊNCIA DE ANGRA 2**

**RÜBENICH, M.N.(\*) MENEZES, M.F. FREITAS, S.R.P. SAMPAIO, J.V.J. COSTA, D.S  
ELETROBRÁS ELETRONUCLEAR**

**RESUMO**

A utilização de água desmineralizada para enchimento e reposição dos diferentes circuitos térmicos de usinas nucleares e convencionais é imprescindível para a manutenção de condições químicas otimizadas e para atingir elevados níveis de disponibilidade com vida útil prolongada. O presente trabalho aborda aspectos operacionais importantes da planta de desmineralização da Usina Nuclear de Angra 2, os resultados obtidos e a principal melhoria a ser introduzida.

**PALAVRAS-CHAVE**

Usinas térmicas nucleares e convencionais, produção de água desmineralizada.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O complexo nuclear CNAEA (Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto), em Angra dos Reis – RJ, compreende três usinas do tipo PWR (pressurized water reactor), duas delas em operação (Angra 1 e Angra 2) e uma terceira em construção (Angra 3).

A produção de energia elétrica a partir da fissão nuclear em reatores desse tipo requer uma série de circuitos térmicos. Os principais circuitos fechados são o circuito primário e o circuito secundário. No primário, a energia liberada pela fissão é transferida para um volume de água mantida sob pressão, enquanto que, no secundário ocorre a absorção do calor gerado pelo primário, com produção de vapor que vai movimentar um conjunto de turbinas formado por uma turbina de alta e três turbinas de baixa pressão, gerando energia elétrica que é transferida para a rede elétrica nacional.

A utilização de água desmineralizada nesses circuitos é uma premissa básica para minimização de processos de corrosão e de formação de depósitos.

O consumo de água desmineralizada depende da situação operacional. Em operação normal, cada usina consome entre 50 e 100 m<sup>3</sup>/dia, em média. Já nas fases de comissionamento e de re-enchimento de circuitos nas paradas para manutenção e troca de elementos combustíveis há um aumento significativo. Para a CNAEA está prevista uma situação de pico, correspondendo à conjugação da fase de consumo máximo durante o comissionamento de Angra 3, combinada com uma das outras duas usinas em parada e a outra em operação normal. Para essa situação é projetado um consumo de aproximadamente 46.000 m<sup>3</sup>/mês ou 1.533 m<sup>3</sup>/dia.

Para atender as usinas Angra 2 e Angra 3 foi construído um sistema de desmineralização, identificado pela sigla GC, com dois trens operacionais com capacidade máxima de 90 m<sup>3</sup>/h por trem. Essa capacidade elevada levava em conta a necessidade de atender à regeneração dos filtros catiônicos e de leito misto de uma polidora de

(\*) ELETROBRÁS ELETRONUCLEAR, GSR.T., Rua da Canabdelária, 65, 6º andar, CEP 20091-906 Rio de Janeiro - RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 2588.7645 – Email: mruben@eletronuclear.gov.br

condensado, prevista no projeto original. Contudo, conforme detalhado por Rübenich e Fonseca (1), o conceito químico dessas duas usinas sofreu diversas alterações, que incluíram o cancelamento da polidora de condensado. Com isso, o Sistema GC passou a apresentar uma elevada capacidade ociosa, agravada pelo fato de a construção de Angra 3 ter sofrido um atraso considerável.

Considerando esse fato, a Eletronuclear decidiu alimentar Angra 1 com água desmineralizada produzida em Angra 2, o que foi feito a partir de 2001. Esse alinhamento será mantido mesmo com o início da demanda por Angra 3. Contudo, de acordo com o planejamento existente para assegurar o fornecimento de água desmineralizada ao longo da vida útil das três usinas, será construída uma nova planta de desmineralização em Angra 1, com capacidade para atender as demandas dessa usina e também de Angra 2 e 3 em operação normal. Dessa maneira, a CNAEA disporá de dois sistemas para produzir água desmineralizada.

## 2.0 - SISTEMA GC

O projeto do Sistema corresponde ao estado da arte do final da década de 70, tendo sido desenvolvido a partir dos dados disponíveis na época para a qualidade da água industrial produzida na planta conhecida por EPTA (Estação de Pré-Tratamento de Água), operada pela Eletronuclear.

### 2.1 Produção

O Sistema apresenta duas linhas de produção, cada uma delas com um filtro de carvão ativado para descloração, um filtro catiônico para remoção do grosso dos cátions, um filtro aniônico para remoção do grosso dos ânions e da sílica e um filtro de leito misto para polimento final. Cada linha apresenta adicionalmente um retentor de resina a jusante do filtro catiônico e um retentor de resina a jusante do filtro de leito misto.

Conforme ilustrado na Figura 1, a água industrial produzida pela EPTA é purificada em uma das duas linhas independentes e encaminhada para o sistema de estocagem e distribuição de água desmineralizada (GHC).

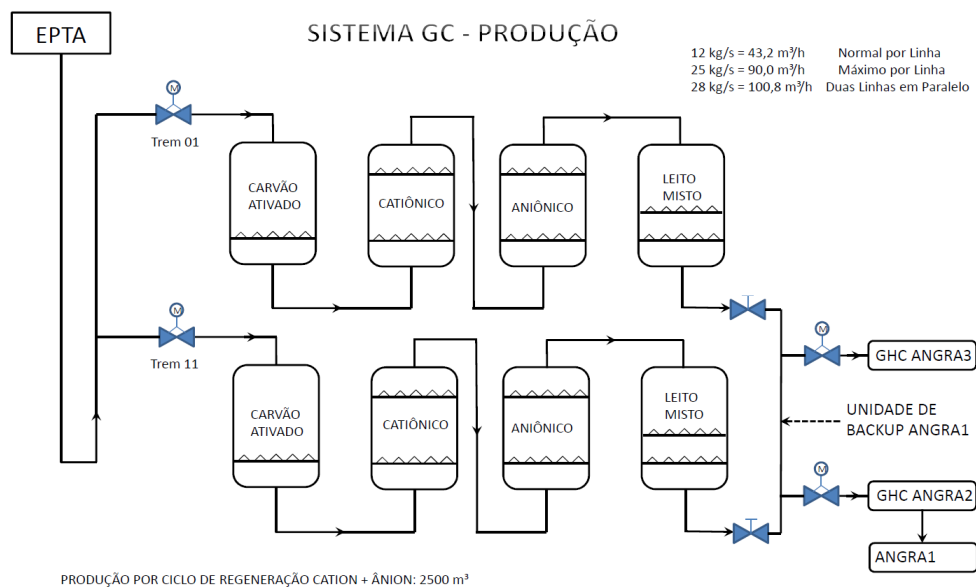


FIGURA 1 – Linhas de produção do Sistema GC

Um loop de controle na entrada de cada trem permite regular a vazão entre 12 e 25 kg/s. Um segundo loop de controle na saída de cada trem encarrega-se da distribuição dentre Angra 2 e Angra 3. O desenho indica também a linha de alimentação, proveniente da nova estação de desmineralização a ser instalada em Angra 1.

O operador do sistema faz a pré-seleção do trem disponível para operação no painel de controle local. A partida do trem selecionado é acionada por um sinal de nível baixo nos tanques de estocagem do Sistema GHC. Todo o alinhamento é realizado por meio de um programa onde ações sequenciadas ocorrem ao longo de 22 passos, com atuação automática de válvulas e seleção de controles. O programa compreende etapas de pré-lavagem dos filtros catiônico, aniônico e de leito misto, alinhamento com suspiro das linhas e dos filtros do sistema e monitoração de condutividade até a etapa de abertura da válvula de controle de alimentação do GHC. O tempo consumido nessas etapas até o início efetivo da produção é de aproximadamente 45 minutos.

Em condições normais, o programa é encerrado pelo sinal de nível alto nos tanques GHC. Esse sinal inicia um novo programa, com novas sequências de passos que se concluem com o trem em condição de stand by.

Se a instrumentação e controle do Sistema GC detectar qualquer anormalidade durante a produção (por exemplo, tempo excedido para abertura ou fechamento de válvulas) ocorre um alarme sonoro no painel local e um alarme visual na sala de controle principal da usina.

Se for atingido um dos critérios de proteção (por exemplo, condutividade  $> 0,8 \mu\text{S/cm}$ ), a produção é imediatamente interrompida, o programa entra em modo de desligamento, sendo emitidos os alarmes acima mencionados, e alterada a seleção do trem para produção. Ao ser atingido o sinal de nível baixo no GHC, o novo trem selecionado entra em processo de alinhamento para produção.

As sequências operacionais dos programas automáticos de partida e parada são reproduzidas no Manual de Operação do Sistema e, em caso de indisponibilidade do automatismo, o operador do Sistema pode atuar em modo manual, no painel de controle local.

A qualidade da água produzida é monitorada, em primeira linha, pela sua condutividade elétrica. Um primeiro instrumento, a jusante do filtro aniônico, indica o esgotamento da capacidade dos filtros catiônico e aniônico, interrompendo a produção quando o valor excede  $9 \mu\text{S/cm}$ . Um segundo instrumento, a jusante do filtro de leito misto, controla a qualidade da água encaminhada para os tanques GHC.

Normalmente, o valor medido na saída dos filtros de leito misto é inferior a  $0,1 \mu\text{S/cm}$  (entre  $0,07$  e  $0,09 \mu\text{S/cm}$ ). Contudo, como ocorrem alterações periódicas na qualidade da água industrial, que se refletem nas condições operacionais do Sistema GC e consequentemente na qualidade da água desmineralizada por ele produzida, foram estabelecidos os critérios abaixo para assegurar tanto a ausência de contaminações iônicas quanto a garantia de disponibilidade desse insumo essencial para a operação da usina.

- Alarme de valor alto de condutividade em  $0,3 \mu\text{S/cm}$ .

Quando ele ocorre, a Divisão de Química é alertada para coletar uma amostra da água produzida, para análise em laboratório das concentrações de sódio, de cloreto, de sulfato e do teor de matéria orgânica.

- Deflagração do sinal de desligamento por proteção em  $0,4 \mu\text{S/cm}$ , com retardo de 90 minutos.

O período de uma hora e meia permite a conclusão das análises químicas. Se for constatado que o aumento é devido somente a uma elevação no teor de orgânicos, dependendo da situação operacional é possível aumentar o valor do sinal de proteção para  $0,8 \mu\text{S/cm}$ , por atuação de uma chave localizada no painel local do Sistema.

- Deflagração do sinal de desligamento por proteção em  $0,8 \mu\text{S/cm}$ , sem retardo.

Esse valor foi estabelecido como um limite seguro para impedir deterioração da qualidade da água desmineralizada por contaminantes iônicos como sódio, cloreto e sulfato.

Adicionalmente aos controles em linha de condutividade são tomadas amostras regulares para determinação em laboratório dos teores de cloreto, de sulfato, de sódio e de sílica. Futuramente serão instalados medidores em linha de sílica a jusante dos filtros aniônicos e dos filtros de leito misto.

Uma rotina estabelecida desde o comissionamento permite acompanhar não apenas a qualidade da água produzida quanto da água industrial que alimenta o GC. Trata-se da assim chamada "análise de primeira produção", que compreende a análise de um conjunto completo de amostras coletadas desde a entrada nos filtros de carvão ativado até a saída dos filtros de leito misto. Dessa forma é possível acompanhar também a qualidade da água industrial, detectando eventuais desvios em relação aos parâmetros que serviram de base para o projeto.

## 2.2 Regeneração

Para a regeneração das resinas de troca iônica, o sistema dispõe de uma série de utilidades próprias, compreendendo tanques de estocagem de ácido sulfúrico concentrado ( $> 96 \%$ ) e de hidróxido de sódio  $50 \%$  e as respectivas bombas dosadoras, trocador de calor para aquecimento da água utilizada na regeneração das resinas aniônicas, dispositivos de alimentação de água desmineralizada para diluição do ácido e do hidróxido e para lavagem das resinas, tanque de coleta dos efluentes e bombas de descarga dos mesmos para neutralização em um tanque não pertencente ao Sistema GC, sopradores para mistura das resinas nos filtros de leito misto e estação de ar comprimido para atuação das válvulas pneumáticas.

As regenerações dos filtros catiônicos e aniônicos são executadas, em contra-corrente, por programas automáticos acionados pelo operador no painel de controle do sistema. Existem programas automáticos também para a regeneração simultânea do par catiônico/aniônico de um trem, bem como para a regeneração dos filtros de leito misto e para a retro-lavagem dos filtros de carvão ativado.

Os programas de regeneração dos filtros catiônicos e aniônicos são relativamente simples, com um pequeno número de etapas (12 para o filtro catiônico e 16 para o aniônico) e de duração relativamente curta (aproximadamente 3,5 horas). Já o programa de regeneração dos filtros de leito misto é complexo (71 etapas) e de longa duração (aproximadamente 12,5 horas).

Uma vez acionada a partida destes programas, as ações e comandos nos equipamentos são deflagradas automaticamente, sem necessidade de intervenção do operador. De maneira análoga ao programa de produção, ocorrem alarmes sonoros no painel local e alarme visual na Sala de Controle Principal em caso de detecção de anormalidades pela instrumentação e controle do Sistema.

Os volumes de ácido sulfúrico e de hidróxido de sódio utilizados na regeneração simultânea do par catiônico/aniônico e do filtro de leito misto foram calculados de forma a possibilitar uma neutralização recíproca dos respectivos efluentes.

A diluição dos regenerantes concentrados é feita em linha, utilizando água desmineralizada proveniente do Sistema GHC, ou seja, quando ocorre uma regeneração há redução no volume de água desmineralizada estocada no GHC. Durante a regeneração, é impossível acionar o programa automático de partida do trem oposto para produção. Por esse motivo, para evitar redução significativa na reserva de água desmineralizada no GHC, antes de dar a partida em um programa de regeneração, o operador deve se certificar que o trem oposto se encontre produzindo e que se manterá em produção até o final da regeneração.

### 2.3 Bloqueio duplo

Em virtude da simultaneidade das operações de produção e de regeneração, para reduzir a zero o risco de contaminação química de um trem em produção pelos reagentes de regeneração, além do desligamento automático por proteção quando a condutividade na água produzida excede  $0,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ , em pontos estratégicos do sistema são instalados os conjuntos de bloqueio duplo. Cada conjunto é constituído por duas válvulas de bloqueio em linha fechadas por mola e abertas por ar comprimido, tendo uma válvula de dreno aberta por mola e fechada por ar comprimido conectada à linha que une as duas válvulas de bloqueio. Em situação de repouso da linha, as duas válvulas de bloqueio estão fechadas e a válvula de dreno aberta por atuação das respectivas molas. Quando a operação da linha é solicitada, abre-se a válvula solenoide associada, que alimenta com ar comprimido simultaneamente as três válvulas, abrindo as válvulas de bloqueio e fechando a válvula de dreno.

Para ilustração, a Figura 2 mostra dois conjuntos instalados na região dos filtros de leito misto, os quais são utilizados durante a regeneração dos filtros de leito misto na alimentação de hidróxido de sódio diluído e de água desmineralizada de lavagem. O conjunto constituído pelas válvulas que trazem a identificação GCP 70 é utilizado na regeneração do filtro de leito misto GCF 01 BT 003, enquanto que o conjunto identificado por GCP 71 é utilizado na regeneração do filtro de leito misto do trem oposto, ou seja, GCF 11 BT 003.

Suponhamos então que o filtro GCF 01 BT 003 esteja sendo utilizado na produção de água desmineralizada enquanto que simultaneamente esteja sendo regenerado o filtro GCF 11 BT 003, pertencente ao trem oposto. Nessa situação, o conjunto GCP 70 se encontra com as válvulas de bloqueio fechadas e a válvula de dreno aberta, enquanto que, durante a alimentação de hidróxido de sódio e lavagem do filtro GCF 11 BT 003 ocorre o contrário no conjunto GCP 71, ou seja, as duas válvulas de bloqueio estão abertas e a válvula de dreno fechada. Nessas circunstâncias, se a válvula GCP 70 AA 002 estiver dando passagem, a entrada indevida de hidróxido de sódio no filtro GCF 01 BT 003 é evitada pelo fato de a válvula de dreno GCP 70 AA 003 estar aberta,

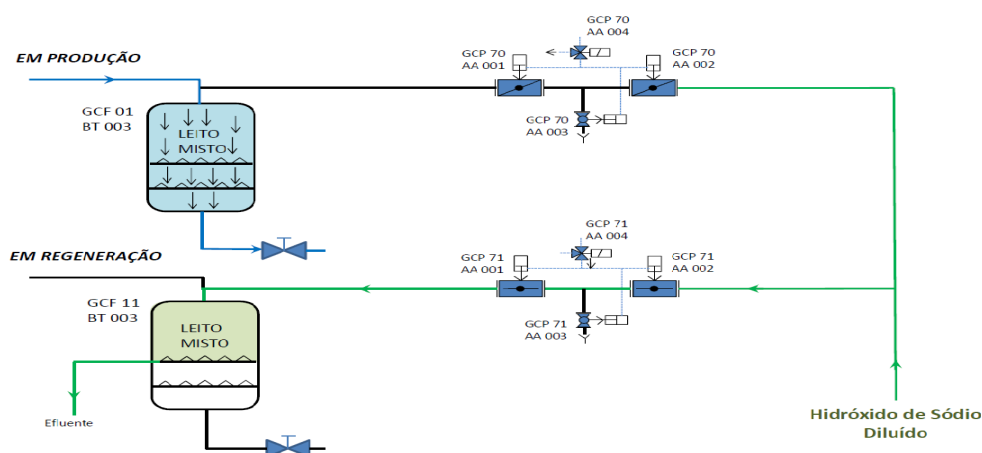


FIGURA 2 – Conjuntos de bloqueio duplo – Ilustração

## 2.4 Estocagem de ácido sulfúrico

Vale apontar um aspecto final associado aos processos de regeneração. O tanque de estocagem de ácido sulfúrico concentrado é fabricado em aço carbono, que não sofre ataque pelo ácido em concentrações elevadas. Um cuidado essencial para esse tipo de configuração é instalar, no suspiro do tanque, um dispositivo de absorção de umidade do ar (sílica gel) e manter um cuidadoso programa de controle da saturação por umidade e troca do absorvedor. Isso é necessário porque a entrada de umidade no tanque provocaria diluição do ácido na interface ar/ácido e, conseqüentemente, corrosão do aço carbono, o que acabaria liberando ferro para o ácido diluído, comprometendo a regeneração das resinas catiônicas e, a longo prazo, perfurando as paredes do tanque.

## 2.5 Treinamento e motivação

Finalmente é necessário enfatizar a necessidade de treinamento adequado para o pessoal de operação, de manutenção, de supervisão química e de engenharia de suporte, dando o devido peso à complexidade dos processos envolvidos na operação do sistema, que envolve lógicas complexas para evitar acidentes no manuseio de produtos químicos agressivos e para evitar a contaminação da água desmineralizada produzida, além, é claro da ênfase na importância para a operação da usina da disponibilidade de um fornecimento confiável de água desmineralizada.

Ressaltamos aqui que a efetividade dos treinamentos e da motivação tem sido também fator primordial para os bons resultados obtidos ao longo dos 11 primeiros ciclos de operação de Angra 2.

## 2.6 Resultados

Desde que entrou em operação, no ano de 1998 para o comissionamento de Angra 2, com início de fornecimento para Angra 1 em 2001, o Sistema GC apresenta excelente performance operacional.

É claro que houve problemas, mas graças aos aspectos de treinamento e de motivação acima mencionados, não há nenhum registro de interrupção de operação do comissionamento, da operação de Angra 2 ou da operação de Angra 1 que tenha sido causado por falta de água desmineralizada.

Quanto à qualidade da água produzida, a melhor maneira de evidenciar esse sucesso é avaliar o conjunto de dados que são obtidos pelo controle rotineiro da água desmineralizada que é estocada no Sistema GHC e distribuída para os consumidores da usina.

Fazem parte desse controle rotineiro o registro em linha de condutividade elétrica e análise em laboratório de amostras coletadas pelo menos duas vezes por semana, com determinação de parâmetros relevantes.

O principal desses parâmetros é a concentração de cloreto, que tem especial importância para garantir que a qualidade da água desmineralizada produzida não promova condições para aceleração de processos de corrosão uniforme ou o surgimento de processos de corrosão seletiva em áreas críticas da usina, especialmente nos geradores de vapor.

Para esse contaminante é estabelecida uma concentração limite de 50 ppb na água desmineralizada distribuída para a usina, como parâmetro de diagnóstico, ou seja, um valor que, se excedido, indica uma anormalidade operacional cuja causa deve ser descoberta e corrigida, sem requerer qualquer ação imediata por parte da operação.

Para os dois outros contaminantes iônicos, sulfato e sódio, não são estabelecidos limites. Contudo, a monitoração da sua concentração segue a mesma rotina estabelecida para o cloreto, fornecendo informações complementares importantes, inclusive sobre a efetividade das regenerações.

Os resultados obtidos para esses parâmetros iônicos ao longo dos onze primeiros ciclos operacionais foram mais do que satisfatórios.

A título de exemplo, na Figura 3 abaixo são mostradas as concentrações de cloreto e de sulfato determinadas ao longo do ciclo 11. Ficam evidentes os valores extremamente baixos de cloreto, sendo a maioria na faixa de 1 pp com máximos ocasionais na faixa de 10 ppb, mantendo uma grande distância do parâmetro de diagnóstico de 50 ppb. Como podemos ver na figura, os teores de sulfato são igualmente baixos. (Note-se o emprego de escala logarítmica para as concentrações).

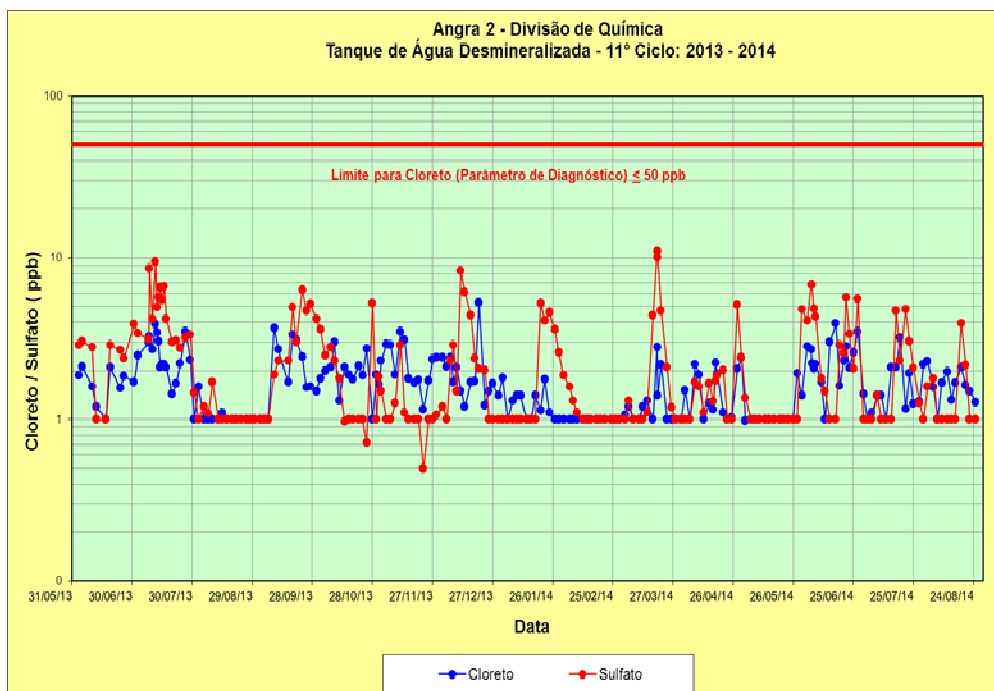


FIGURA 3 – Concentrações de cloreto e de sulfato – Ciclo 11

Para o outro parâmetro iônico, sódio, foram obtidos resultados da mesma ordem. Como mostra a Figura 4, no ciclo 11, por exemplo, a maior parte dos valores medidos foi inferior a 0,4 ppb, com alguns picos que não atingem 6,5 ppb.

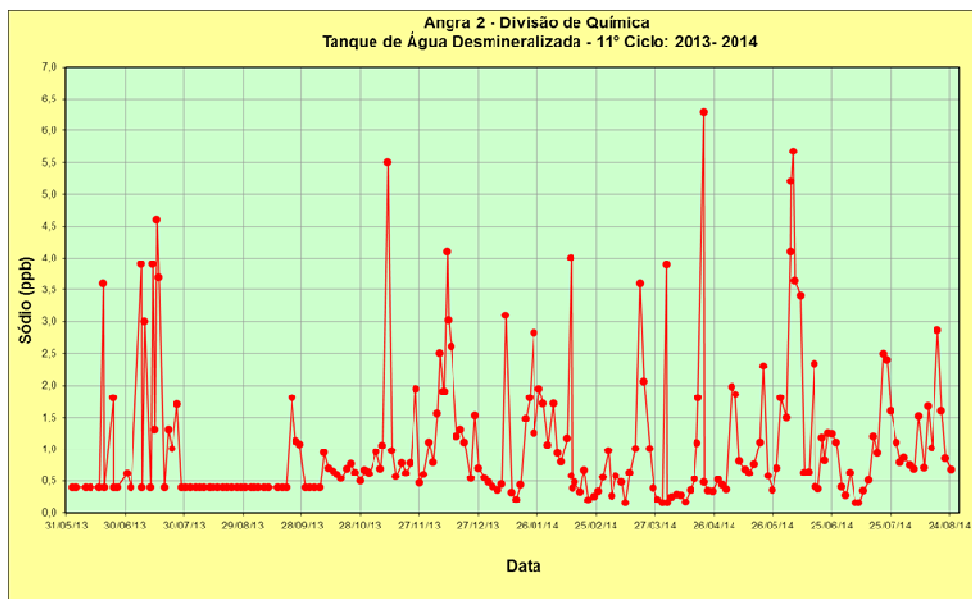


FIGURA 4 – Concentrações de sódio – Ciclo 11

Para a concentração de sílica é estabelecido um limite de 20 ppb, igualmente como parâmetro de diagnóstico. A Figura 5 mostra os valores obtidos ao longo do Ciclo 11, que evidenciam a ocorrência de picos ocasionais, com predominância de valores inferiores a 10 ppb. (Novamente as concentrações são registradas em escala logarítmica).

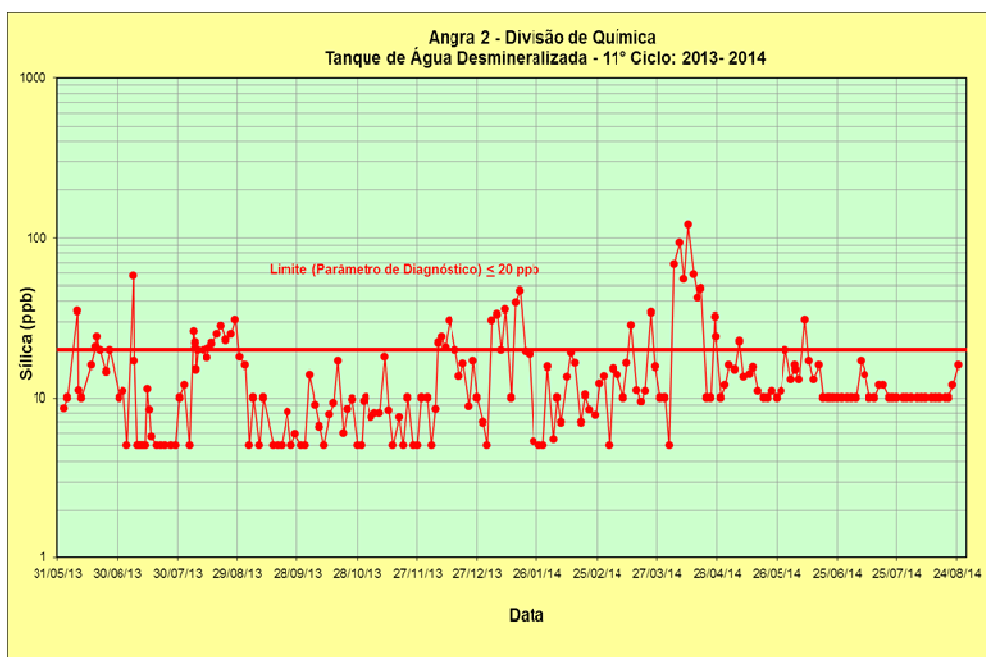


FIGURA 5 – Concentração de sílica – Ciclo 11

Os fatores que produzem essas incursões de sílica foram identificados e uma série de medidas para sua eliminação já estão em fase de implementação. Essas medidas vão desde a modernização completa da EPTA até a instalação de uma linha de recirculação no sistema GC (ver Item 2.7) e fazem parte de um conjunto destinado a garantir o suprimento de água desmineralizada ao longo da vida útil das três usinas que constituem o complexo CNAAA.

## 2.7 Melhorias operacionais

A experiência operacional acumulada apontou para a necessidade de introdução de uma série de melhorias no Sistema. A principal delas é a linha de recirculação de produção.

Os filtros catiônicos e aniônicos são do tipo “leito em suspensão com regeneração em contra-corrente”, que apresenta certas vantagens, mas tem como desvantagem o fato de ocorrer perda de estratificação nos leitos a cada interrupção de produção. Essa perda de estratificação faz com que sejam necessárias lavagens com água desmineralizada para seu recondicionamento na próxima partida para produção, consumindo um precioso tempo de aproximadamente 45 minutos.

A linha de recirculação (ver Figura 6) vai resolver esse problema mantendo o estado de suspensão dos leitos catiônicos e aniônicos. A interrupção da produção por nível baixo nos tanques GHC levará o Sistema GC a um estado intermediário, com acionamento de uma bomba de recirculação na forma indicada na figura. Para voltar a produzir, a lavagem de recondicionamento será dispensada e o tempo de partida reduzido para aproximadamente 5 minutos.

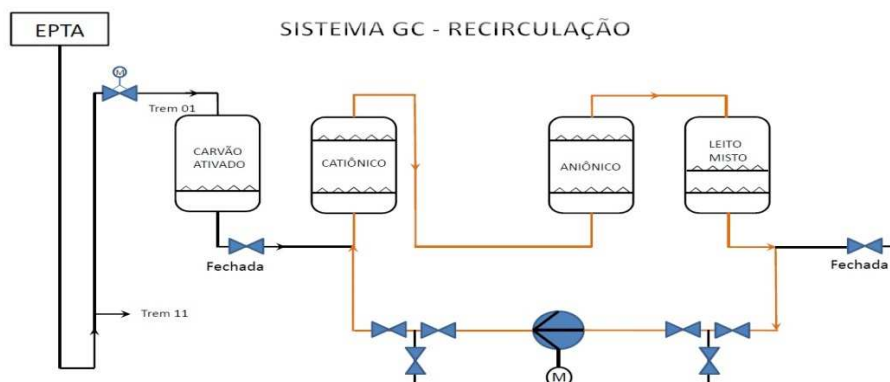


FIGURA 6 – Linha de recirculação de produção

### 3.0 - CONCLUSÃO

O Sistema de produção de água desmineralizada de Angra 2, Sistema GC, tem sido um dos fatores muito importantes para os excelentes níveis de disponibilidade operacional alcançados por essa Usina, além de, a partir de 2001, ter também contribuído para o sucesso operacional de Angra 1.

Baseado na experiência operacional obtida desde o comissionamento até o final do 11<sup>o</sup> Ciclo Operacional de Angra 2, destacamos alguns aspectos que julgamos de fundamental importância para garantir o suprimento confiável de água desmineralizada em usinas de produção de energia elétrica utilizando turbinas a vapor:

- Programas automáticos para partida e parada de produção, acionados remotamente por sinais de nível dos tanques de estocagem de água desmineralizada.
- Programas automáticos para regeneração dos filtros catiônico, aniônico e de leito misto, com regeneração simultânea dos filtros catiônico e aniônico de um mesmo trem.
- Possibilidade de produzir com um trem simultaneamente à regeneração do trem oposto.
- Vigilância em linha da condutividade da água produzida no sistema, com desligamento por proteção quando o valor limite for ultrapassado.
- Instalação de conjuntos de bloqueio duplo em pontos estratégicos do Sistema.
- Análises periódicas da qualidade da água que alimenta o Sistema.
- Equipes de operação, de manutenção, de supervisão química e de engenharia altamente treinadas.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) RÜBENICH, M.N. e FONSECA, A.L., Química da água do Circuito Água-Vapor de Angra II: Evolução do Conceito Operacional e o Cancelamento do Sistema de Polimento do Condensado, XII SNPTTE, GPT/12, Florianópolis, 1995.

### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Milton Norberto Rübenich, Montenegro – RS, 07/01/1949, Químico, UFRGS, 1972, Mestre em Ciências de Engenharia Nuclear, COPPE/UFRJ 1976, Químico da ETN desde 1975, atuando nas áreas de química e de processos químicos dos circuitos primário, secundário e auxiliares.

Trabalhos: Operational Experience with Zinc Injection at Angra 2, Stellwag,B., Rübenich,M., Oliveira,M., Menezes,M., Schneider,V., Staudt,U., 2006 ISOE ALARA Symposium, Essen, Germany).

Maurílio Fonseca Menezes - Químico, Souza Marques – Rio, 1987, Mestre em Química Inorgânica/Analítica, I.Q. UFRJ, 1996, Doutor em Química Inorgânica/Analítica, I.Q. UFRJ, 2014, Químico da CNEN – Rio, Químico Pesquisador CETEM/CNPq – Rio, Químico da ETN desde 1999, atualmente Chefe da Divisão de Química de Angra 2.

Trabalhos:

Vários trabalhos publicados a nível nacional e internacional.

Mais recente: Cs-137 in sand and seawater samples from Piraquara Beach, Brazil: Discharge site of the effluents from the Angra dos Reis Nuclear Power Plant, Internation Journal of Chemistry, Vol. 6, n<sup>o</sup> 4 (2014)

Sérgio Ricardo P. de Freitas, Rio de Janeiro – RJ, 22/02/1969, Engenheiro Eletrônico, UGF, 1994, Pós-Graduação em Gestão pela Qualidade Total, UNESA 1995, Operador Senior de Reator Licença CNEN 180, atuando na Gerência de Operação de Angra 3

José Victor Jardim Sampaio, Rio de Janeiro – RJ, 25/09/1986, Engenheiro Químico, UFRRJ, 2009, Engenheiro Químico da ETN desde 2010, atuando na área de processos químicos e gerenciamento de rejeitos radioativos.

Daniel Sobral da Costa, Rio de Janeiro – RJ, 25/09/1983, Engenheiro Mecânico, UFRJ, 2000, Especialização em Engenharia Nuclear, COPPE – UFRJ, 2010, Engenheiro da ETN desde 2008, atuando em modificações de projeto de sistemas convencionais e nucleares de Angra 1 e Angra 2.