



PROGRAMA EQ-ANP

**Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do
Petróleo e Gás Natural**



**USO RACIONAL DE ÁGUA ATRAVÉS DE MUDANÇA DE
PROCESSO**

FABRICCIO FERNANDES MUHLETHALER

PROJETO DE FINAL DE CURSO

ORIENTADOR

PROF. FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA, D.Sc.

REINALDO COELHO MIRRE, D.Sc.

JULHO DE 2014

USO RACIONAL DE ÁGUA ATRAVÉS DE MUDANÇA DE PROCESSO

FABRICCIO FERNANDES MUHLETHALER

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente do Programa Escola de Química/Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria de Petróleo e Gás Natural, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro de Bioprocessos com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente.

Aprovado por:

Carlos André Vaz Junior, D.Sc.

Fabiana Valéria da Fonseca, D.Sc.

Flávio da Silva Francisco, Eng.

Orientado por:

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Reinaldo Coelho Mirre, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Julho de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Muhlethaler, Fabriccio.

Uso racional de água através de mudança de processo / Fabriccio Fernandes Muhlethaler. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2014.

xiii, 130 p.: il

Projeto final de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2014.

Orientadores: Prof. D.Sc. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa e D.Sc. Reinaldo Coelho Mirre

1. DFA. 2. Mudança de processo. 3. Reuso de água. 4. Projeto Final. (Graduação – UFRJ/EQ).
5. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa e Reinaldo Coelho Mirre. I. Título.

À minha esposa Ana e aos meus filhos pela compreensão e apoio incondicional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar comigo durante toda a minha caminhada e ter permitido que eu encontrasse pessoas excelentes que me ajudaram nas minhas conquistas.

A Ana, minha esposa, pelo amor profundo e forte, que permitiram momentos de compreensão e apoio incondicional durante todo o caminho de minha graduação. Sei que sem ela eu não conseguiria.

Ao meu filho Ezequiel que por várias vezes quis estudar e trabalhar por mim tentando me ajudar.

A minha família, que eu posso contar para enfrentar qualquer desafio. Principalmente a minha mãe, meu pai, meu irmão, minha avó e meu padrasto, que foram pessoas que muito influenciaram na minha conquista. Um agradecimento especial a minha madrinha, Márcia, pelo apoio desde sempre, especialmente durante a faculdade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa por sempre me incentivar a trabalhar e achar soluções simples e práticas para problemas complexos.

Ao meu orientador Dr. Reinaldo Coelho Mirre pela prontidão e pró-atividade que mesmo antes de ser meu orientador se mostrou interessado em contribuir para o trabalho. E durante a orientação sempre conseguiu corrigir sem ofender, que é uma qualidade rara.

Aos meus grandes amigos Rafael Pereira do Carmo e Mariana Gallassi Pereira que foram pessoas que me ajudaram muito na trajetória acadêmica e pessoal.

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo – ANP – e da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT, em particular ao PRH 13, da Escola de Química - Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do Petróleo e Gás Natural.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro de Bioprocessos com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente.

USO RACIONAL DE ÁGUA ATRAVÉS DE MUDANÇA DE PROCESSOS

Fabriccio Fernandes Muhlethaler

Julho, 2014

Orientadores: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Reinaldo Coelho Mirre, D.Sc.

A questão envolvendo a escassez de disponibilidade de recursos hídricos em função do aumento de demanda e de seu desperdício inconsequente tem se mostrado como um tema de alcance e interesse globais. De uma forma geral, instrumentos econômicos e mecanismos de comando e controle têm sido utilizados pelo poder público para regulamentar e conscientizar setores da sociedade quanto ao uso racional da água. No meio industrial brasileiro, a institucionalização da cobrança pelo uso da água pressiona pela busca de mecanismos voltados para a redução do consumo de água e da geração de efluentes industriais, por meio de oportunidades de reuso e/ou reciclo de correntes. O surgimento de técnicas mais eficientes e eficazes se faz necessário para otimizar sistemas de uso de água na planta. Neste contexto, a aplicação de métodos sistemáticos orientados para a redução de efluentes aquosos, pode auxiliar na minimização do impacto ambiental, reduzindo os custos com tratamento e descarte de efluentes. Um destes métodos é o Diagrama de Fontes de Água (DFA), procedimento algorítmico heurístico, que orienta a síntese de fluxogramas alternativos com máximo reuso e/ou reciclo de água no processo. É possível identificar gargalos do sistema de reuso, bem como as unidades industriais que demandam qualidades mais restritivas de água. Para tais unidades é utilizada uma metodologia que gera possibilidades para mudanças que levem a uma redução maior do consumo hídrico. Assim, esse trabalho propõe um procedimento que combine o DFA a mudanças de processo, aumentando o reuso. Este procedimento foi aplicado a uma refinaria de petróleo. Dessa forma, foram obtidos resultados para cenários com contaminantes representativos separadamente, considerando cálcio, sílica, amônia, sulfeto e cloreto. Para cada contaminante foram feitos os cenários considerando apenas o DFA e o DFA seguido de mudanças. Em todos os casos, as mudanças alcançaram cenários com melhores resultados, chegando a até 50% na redução de custo de operação em relação ao caso base, que representa cerca de 5 milhões de dólares por ano. No entanto, o caso mais restritivo foi o sulfeto que com mudanças de processo alcançou apenas 400 mil dólares por ano. Portanto, o procedimento proposto apresenta grande potencial para desengargalar redes de transferência de massa, alcançando redução significativa de demanda global de água.

Abstract of a Final Project presented to Escola de Química/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Bioprocess Engineer with emphasis on Petroleum and Natural Gas – Environment and Waste Treatment.

RACIONAL USE OF WATER THROUGH PROCESS CHANGE

Fabriccio Fernandes Muhlethaler

July, 2014

Supervisors: Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Reinaldo Coelho Mirre, D.Sc.

The issue involving the lack of availability of water resources due to increased demand and its reckless waste has proven to be a topic of global reach and interest. In general, economic instruments and command and control mechanisms have been used by the government to regulate sectors of society and raise awareness about the rational use of water. In Brazil's industrial environment, the institutionalization of water use charges pressed by the search for mechanisms aimed at reducing the consumption of water and generation of industrial effluents, through opportunities for reuse and / or recycle streams. The emergence of more efficient and effective techniques is needed to optimize water use systems in-plant. In this context, the application of systematic methods geared towards the reduction of wastewater, can assist in minimizing the environmental impact by reducing the cost of treatment and disposal of wastewater. One of these methods is the Water Source Diagram (WSD), heuristic algorithmic procedure, which directs the synthesis of alternative flowcharts with maximum reuse and / or recycling of process water. You can identify bottlenecks in the reuse system, as well as industrial units which require more stringent water qualities. For such units a methodology that creates opportunities for changes that lead to a further reduction of water consumption is used. Thus, this paper proposes a procedure that combines the WSD with process changes, increasing reuse. This procedure was applied to an oil refinery. That way, results for scenarios with representative contaminants were obtained separately, considering calcium, silica, ammonia, sulfide and chloride. For each contaminant were made considering scenarios with only WSD and WSD followed by changes. In all cases, the changes achieved scenarios with better results, achieving up to 50% reduction in operating costs compared to the base case, which is about 5 million dollars per year. However, the most restrictive case was that the sulfide process changes with only reached \$ 400,000 per year. Therefore, the proposed procedure has great potential for debottleneck_ mass transfer networks, achieving a significant reduction in overall water demand.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	4
2	Tecnologia <i>pinch</i> e DFA: Ferramentas para redução do consumo de água em refinarias	6
2.1	Tecnologia <i>pinch</i> para integração mássica (<i>Water-Pinch Technology</i>).....	6
2.2	Mudanças de processo	10
2.3	Diagrama de Fontes de Água (DFA)	15
2.3.1	Método DFA.....	15
2.3.2	Programa MINEA	17
3	Proposta de Procedimento para aplicação do DFA com mudança de processo.....	20
3.1	Etapas do procedimento	20
3.1.1	Aplicação do Método DFA	20
3.1.2	Aplicação das Mudanças de Processo	24
3.2	Exemplos aplicados a possíveis mudanças a unidades específicas (UMIST, 1995) 28	
3.2.1	Carga mássica fixa.....	28
3.2.2	Vazão fixa.....	29
3.3	Estudo de caso	30
3.3.1	Variabilidade das concentrações em correntes na planta.	30
3.3.2	Caso Base	31
4	Resultados e Discussão	36
4.1	Contaminante representativo: Cálcio.....	36
4.1.1	Aplicação do método DFA.....	36
4.1.2	Aplicação de Mudança de Processo - Cálcio	39
4.2	Contaminante representativo: Sílica.	42
4.2.1	Aplicação do método DFA - Sílica	42
4.2.2	Aplicação das Mudanças de Processo - Sílica.....	45

4.3	Contaminante representativo: Amônia	47
4.3.1	Aplicação do método DFA	47
4.3.2	Aplicação de mudança de processo – Amônia	50
4.4	Contaminante representativo: Sulfeto	53
4.4.1	Aplicação do método DFA - Sulfeto	53
4.4.2	Aplicação de mudança de processo – Sulfeto	55
4.5	Contaminante representativo: Cloreto	58
4.5.1	Aplicação do método DFA - Cloreto	58
4.5.2	Aplicação de mudança de processo – Cloreto	60
4.6	Comparação entre cenários	63
4.6.1	Comparação entre opções de reuso	63
4.6.2	Comparação entre custos dos cenários	65
5	Conclusão e sugestões	68
6	Referências Bibliográficas	71
7	Anexos	74
7.1	ANEXO 1 – Balanço das unidades da REPLAN com os dados originais do estudo de caso	74
7.2	ANEXO 2 – Balanço das unidades para os casos propostos	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ralação do uso de água na indústria. (COLLARES, 2004).....	1
Tabela 2 - Concentrações máximas limitantes dos contaminantes na água de <i>makeup</i> de torres com uma passagem (<i>once-through</i>) e com ciclos fechados de concentração (<i>closed</i>).	12
Tabela 3 - Carga mássica do componente na respectiva unidade em gramas por hora (g/h).	34
Tabela 4 - <i>Input</i> para o MINEA.....	37
Tabela 5 - Comparação entre consumo de água em relação ao caso base.....	39
Tabela 6 - <i>Input</i> para o programa MINEA para cálcio DFA+Mudança.....	40
Tabela 7 - Resultado para o caso cálcio DFA+Mudanças.....	42
Tabela 8 - <i>Input</i> MINEA caso componente sílica DFA.	43
Tabela 9 - Comparação entre resultado do caso sílica DFA e o caso base.....	44
Tabela 10 - Informações fornecidas ao MINEA para o caso sílica DFA+Mudança.....	45
Tabela 11 - Comparação entre caso base e a proposta de reuso com mudanças implementadas do caso sílica DFA+Mudança.	47
Tabela 12 - Informações <i>input</i> para o caso amônia DFA.	48
Tabela 13 - Comparação da captação entre o caso base e o cenário amônia DFA	50
Tabela 14 - Informações <i>input</i> para o programa MINEA no caso amônia DFA+Mudanças.	51
Tabela 15 - Comparação dos resultados com o caso base.....	53
Tabela 16 - Informações usadas como <i>input</i> para o programa MINEA no caso sulfeto DFA.	54
Tabela 17 - Comparação entre o caso base e o caso sulfeto DFA.....	55
Tabela 18 - Informações <i>input</i> para o caso sulfeto DFA+Mudança.....	56
Tabela 19 - Comparação entre o resultado do caso e o caso base.....	58
Tabela 20 - <i>Input</i> de valores para o MINEA caso cloreto DFA.....	58
Tabela 21 - Comparação entre resultado cloreto DFA e caso base.....	60
Tabela 22 - Informações de <i>input</i> para o MINEA caso cloreto com mudanças implementadas.....	61
Tabela 23 - Comparação entre resultado da proposta cloreto DFA+ Mudança e o caso base.....	62
Tabela 24 - Comparativo entre cenários.....	63

Tabela 25 - Fatores de custo do uso de água em refinaria de petróleo. (Wang and Smith 1994a).....	65
Tabela 26 - Comparação entre custo e porcentagem de redução entre o caso base e os cenários.....	65
Tabela 27 - Tarifa da água CEDAE por faixa de consumo. (DELGADO, 2008).....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagens aproximadas de utilização da água em refinarias de petróleo. (VANELLI, 2004)	2
Figura 2 - Potencial de reuso com as tecnologias apresentadas em porcentagem. (MANN e LIU, 1999).....	4
Figura 3 - Unidade pertencente à rede hídrica de um sistema. (MANN e LIU, 1999)	6
Figura 4 - Esboço do gráfico (Concentração x Carga mássica) para uma unidade da rede hídrica. (MANN e LIU, 1999).....	7
Figura 5 - Princípio para redução da vazão de água. (MANN e LIU, 1999)	8
Figura 6 - Montagem do gráfico para a resolução do exemplo proposto por Wang e Smith (1994a).	9
Figura 7 - (a) Perfil de uso de água de um equipamento antes da mudança de processo. (b) Perfil de uso de água do equipamento após mudança de processo para aumentar a força motriz de transferência de massa do dado contaminante. (MANN e LIU, 1999).	11
Figura 8 - Hierarquia para gerenciamento do uso da água. (WAN et al., 2008).....	14
Figura 9 - Interface do programa MINEA. (PESSOA et al., 2011)	18
Figura 10 - Exemplo da resposta gerada pelo programa MINEA na resolução do DFA. (PESSOA et al., 2011).....	19
Figura 11 - Legenda do DFA na resposta gerada pelo programa MINEA. (PESSOA et al., 2011).....	19
Figura 12 - Diagrama de blocos representativo das etapas do procedimento.	21
Figura 13 - Pirâmide de prioridades para mudanças de processo.....	25
Figura 14 - Diagrama de blocos das correntes hídricas e principais operações da REPLAN. (PESSOA et al., 2012)	32
Figura 15 - Fluxograma representativo da refinaria de Paulínia (REPLAN) com as simplificações assumidas.....	33
Figura 16 - Proposta do MINEA para cálcio.....	37
Figura 17 - Fluxograma proposto para reuso com o contaminante de referência cálcio... 38	
Figura 18 - Diagrama de fontes de água para o caso cálcio DFA+Mudanças.....	41
Figura 19 - Proposta de reuso para o caso cálcio DFA+Mudanças.....	41
Figura 20 - Diagrama resposta proposto para o caso sílica DFA.....	43
Figura 21 - Fluxograma proposto para o caso sílica DFA.....	44
Figura 22 - Resposta do programa MINEA ao caso sílica DFA+Mudança.....	46

Figura 23 - Fluxograma da proposta sílica DFA+Mudança.....	46
Figura 24 - DFA para o caso amônia DFA.....	48
Figura 25 - Fluxograma proposto para o caso amônia DFA.	49
Figura 26 - Diagrama resposta para o caso amônia DFA+Mudanças.	52
Figura 27 - Fluxograma proposto para o caso amônia DFA+Mudança.	52
Figura 28 - DFA calculado para o contaminante de referência sulfeto.	54
Figura 29 - Fluxograma proposto para o caso sulfeto.	55
Figura 30 - Diagrama proposto para o caso sulfeto DFA+Mudanças.	57
Figura 31 - Fluxograma proposto para o caso sulfeto DFA+Mudanças.	57
Figura 32 - Diagrama de fontes de água para o contaminante de referência cloreto.	59
Figura 33 - Fluxograma para o caso cloreto DFA.	59
Figura 34 - DFA para o caso cloreto com mudanças implementadas.	61
Figura 35 - Fluxograma do caso cloreto com mudanças implementadas.....	62
Figura 36 - Gráfico comparativo das vazões de cada cenário.	64
Figura 37 - Projeção de cenários para valor da redução para diferentes valores de custo para captação e condicionamento de água.....	66
Figura 38 - Gráfico com os valores de custo baseados nos valores cobrados pela operadora CEDAE.....	67

1 INTRODUÇÃO

A escassez de água pela alta e crescente demanda e pelo mau uso do recurso acarretou na diminuição de sua disponibilidade a limites perigosos. O período anterior as regulamentações ambientais culminou em um uso indiscriminado e na poluição generalizada de diversos rios e lagos, o que Garrett Hardin, ecologista americano, classificou em 1968 como a "tragédia dos comuns". Por isso, existem hoje regulamentações ambientais que classificam e restringem a utilização dos recursos hídricos. Estas possuem a tendência de tornarem-se mais incisivas e restritivas no que diz respeito ao impacto ambiental aos corpos hídricos.

Este controle, no Brasil, está delegado ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão responsável pelas normas e políticas nacionais do meio ambiente. Assim, através de regulamentação por órgãos ambientais, as indústrias são pressionadas a economizar água e a apresentar melhoramento contínuo do tratamento de seus efluentes.

Dentre as mais diversas indústrias químicas que utilizam altas vazões de água, a refinaria de petróleo se apresenta como grande consumidor, no entanto, majoritariamente no uso como utilidade na planta, não incorporado ao seu produto, como no caso de indústrias de bebidas. A Tabela 1 apresenta a relação das faixas de consumo de água por unidades de produto de diversos tipos de indústrias.

Tabela 1 - Ralação do uso de água na indústria. (COLLARES, 2004)

Ramo	Tipo	Unidade	Uso de água por unidade [m ³]
Alimentícia	Laticínios (leite)	1.000 litros de leite	1 - 10
	Cervejaria	1.000 litros de cerveja	5 - 20
	Refrigerantes	1.000 litros de refrigerante	2 - 5
Couro e curtume	Curtume	1 ton de pele	20 - 40
Polpa e papel	Polpa e papel integrados	1 ton de produto	200 - 250
Indústrias químicas	Vidro	1 ton de vidro	3 - 30
	Borracha	1 ton de produto	100 - 150
	Borracha sintética	1 ton de produto	500
	Amônia	1 ton de produto	100 - 130
Metalúrgicas	Fundição	1 ton de gusa	3 - 8
	Laminação	1 ton de produto	8 - 50
Minerações	Ferro	1 m ³ de minério lavado	16
	Carvão	1 ton de carvão	2 - 10

A estimativa para as refinarias de petróleo é do consumo de 1 litro de água tratada para 1 litro de óleo processado (COLLARES, 2004). Apesar da refinaria de petróleo não se apresentar como grande consumidora de água em comparação a outros ramos industriais, esta direciona o uso majoritariamente para o sistema de resfriamento, sendo um uso auxiliar ao processo principal da refinaria, conforme pode ser visto na Figura 1.

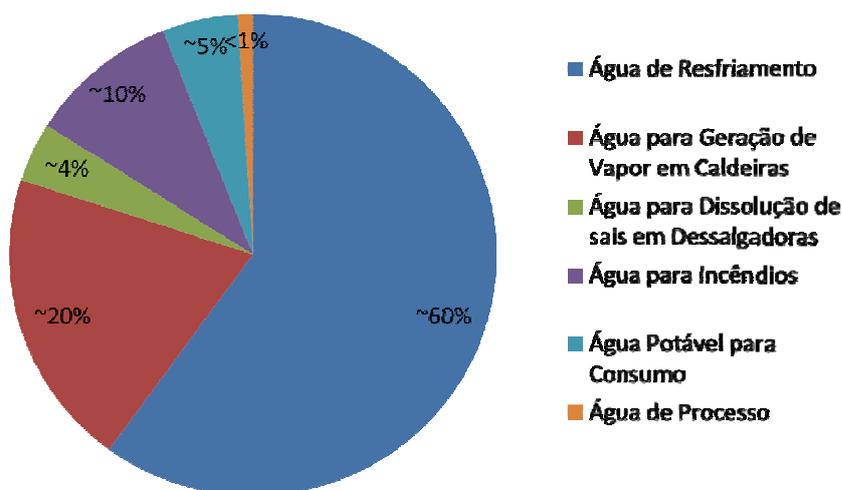


Figura 1 - Porcentagens aproximadas de utilização da água em refinarias de petróleo. (VANELLI, 2004)

O elevado consumo de água da refinaria é conflitante com a baixa disponibilidade do recurso e a baixa vazão outorgada pelo governo, que tende a ser mais restritiva com o tempo. Assim, torna-se imperativo que se busque meios de reduzir a necessidade de altos volumes de água para o funcionamento da planta.

Como a captação de água ocorre diretamente de um rio, a indústria fica sujeita a sazonalidade do corpo hídrico, que apresenta períodos do ano com volumes baixos. Assim, não depende apenas da permissão legal de captar água, mas da disponibilidade do recurso, garantindo o abastecimento da população dependente do mesmo rio.

Com isso, os surgimentos de novas técnicas mais eficientes e eficazes se fazem necessárias para aperfeiçoar sistemas já implementados de uso de água. Dentre as técnicas possíveis para reduzir o uso de água de forma racional, a utilização de modelos

de integração de processos é amplamente difundida. Esses modelos visam sintetizar de forma sistemática uma proposta que se aproxime ao máximo da solução ótima.

A integração de processos é parte da Engenharia de Processos (PERLINGEIRO, 2005), área que tem origem na Engenharia de Sistemas. Sua base foi estruturada para o desenvolvimento de redes de trocadores de calor visando à economia de energia, tratando-se de integração energética.

Uma vertente da integração de processos é a integração mássica, abordada por El-Halwagi e Manousiothakis (1989), que se baseou nos conceitos de a Tecnologia *pinch* (LINNHOFF e FLOWER, 1979) para integração energética. A integração mássica possui ferramentas para sintetizar redes hídricas, averiguando a possibilidade de reuso e reciclo de correntes aquosas, considerando cada equipamento como uma unidade que transfere contaminante de sua corrente de processo para a corrente de água.

Os problemas de integração mássica possuem natureza combinatória. Para solucioná-los, existem diversos tipos de modelos, podendo-se destacar os heurísticos, baseados em uma sequência de regras pré-estabelecidas. Esses modelos não garantem a solução ótima, porém consegue-se alcançar soluções próximas a ótima com simplicidade matemática elevada em relação a outros modelos.

Dentre os métodos utilizados, pode-se destacar o Diagrama de Fontes de Água (DFA) (GOMES, 2002), que é um método algorítmico heurístico baseado na análise *pinch* para reuso de correntes aquosas. Além disso, o método permite indicar equipamentos alvos para possíveis mudanças que levariam à redução do uso de água.

As ferramentas de integração mássica são limitadas pelos dados operacionais da planta, sem considerar possíveis modificações nos equipamentos que levem numa redução maior que a encontrada. Dentre as modificações propostas, estas visam eliminar, substituir ou tornar o processo passivo de receber reuso de outras unidades. Dessa forma, são alteradas as condições da rede hídrica permitindo uma proposta com porcentagens de redução maiores, conforme explicitado na Figura 2.

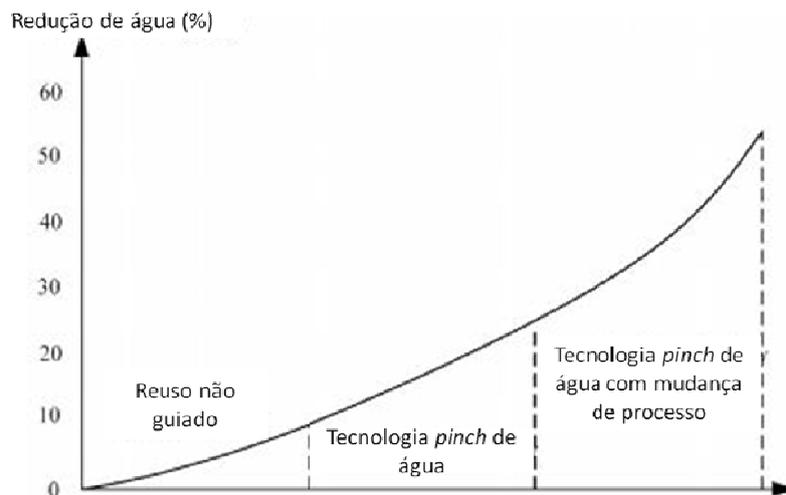


Figura 2 - Potencial de reuso com as tecnologias apresentadas em porcentagem. (MANN e LIU, 1999)

Este trabalho propõe incorporar a análise de mudanças de processo ao método do Diagrama de Fontes de Água, alcançando reduções maiores do que apenas o rearranjo de correntes. Assim, o DFA integrado a mudanças de processo apresentam propostas que permitem um reuso maior, reduzindo a captação inicial e, por conseqüência, a geração de efluente. Com isso, acarretam em uma redução de custo e de dependência da oferta de água. Essas mudanças levam a formulação de um novo fluxograma industrial com uma abordagem mais limpa e sustentável.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a redução do uso de água e da geração de efluentes em processos industriais. Para isso, é proposto um procedimento que integra o uso do método DFA para uma seleção dos equipamentos que serão alvo de mudanças visando à redução do consumo de água de toda a rede hídrica. Nesse contexto, aplica-se o procedimento em uma refinaria de petróleo.

Dentre os objetivos específicos podem ser destacados:

1. Aplicar o método DFA para casos representativos para um contaminante de referência escolhido;

2. Aplicar as diretrizes de mudanças de processos respectivas a cada equipamento;
3. Calcular custo operacional da proposta;
4. Selecionar cenário promissor.

Nesse contexto, o capítulo 2 aborda a revisão bibliográfica sobre o tema e os métodos a serem usados, bem como sobre suas aplicações descritas na literatura. Já o capítulo 3 apresenta a proposta de procedimento para redução do consumo de água, incluindo a descrição do estudo de caso aplicado. Em seguida, o capítulo 4 apresenta os resultados e discussão do procedimento aplicado no estudo de caso proposto. Finalmente, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2 TECNOLOGIA *PINCH* E DFA: FERRAMENTAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM REFINARIAS

Este capítulo apresenta uma breve revisão sobre a tecnologia *pinch* e sobre a teoria da mudança de processo e seu impacto na redução do consumo de água. Além disso, apresenta a essência do método DFA e o programa criado para realizar as rotinas de cálculo do método, nomeado MINEA.

2.1 Tecnologia *pinch* para integração mássica (*Water-Pinch Technology*)

Wang e Smith (1994) abordaram um método de minimização de efluentes chamado de *Water-Pinch Technology* que visa alcançar a vazão mínima de água requerida para a alimentação da rede hídrica do processo industrial. Para isso, considera-se que a qualidade da água pode ser expressa por um grupo de contaminantes principais que representem às correntes. Assim, escolhe-se um contaminante de referência e são feitos os cálculos para as novas vazões de água mínimas, assumindo que as operações são de carga mássica (Δm) fixa. No cálculo são usadas as informações de concentrações de entrada e saída do contaminante sendo considerados seus valores máximos, garantindo uma vazão mínima de água a ser utilizada.

Este método se baseia em premissas utilizadas no método de estrangulamento energético (*Pinch Technology*) desenvolvidos por Linnhoff e Flower (1978) para integração energética de redes de trocadores de calor.

Uma unidade genérica pode ser vista na Figura 3. Nela estão representadas as correntes de processo (p) e de água (A) em contra fluxo, com suas respectivas vazões, f_p e f_A . As concentrações de entrada e saída das correntes de processo e de água estão representadas por $C_{p,IN}$, $C_{p,OUT}$ e $C_{A,IN}$, $C_{A,OUT}$, respectivamente.



Figura 3 - Unidade pertencente à rede hídrica de um sistema. (MANN e LIU, 1999)

A Figura 4 apresenta um esboço do gráfico concentração *versus* carga mássica para uma unidade genérica, similar a exposta na Figura 3. A linha superior representa a variação de concentração na corrente de processo ao longo do eixo de carga mássica transferida à corrente de água. Já a linha inferior representa a corrente aquosa alimentada na unidade, que enriquece em contaminante ao passo que atravessa o dado equipamento. Dessa forma, é abordada a transferência de massa da corrente de processo para a corrente de água, sendo a força motriz representada pela diferença entre as curvas.

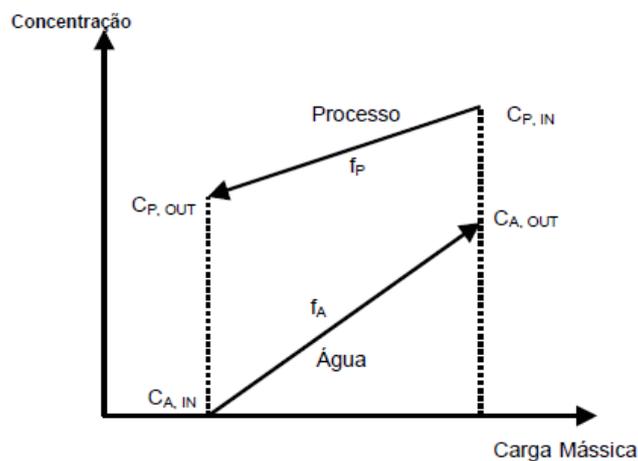


Figura 4 - Esboço do gráfico (Concentração x Carga mássica) para uma unidade da rede hídrica. (MANN e LIU, 1999)

A Figura 3 e a Figura 4 são representações do método para o caso de um contaminante representativo, desconsiderando as demais espécies que podem ser transferidas durante a operação.

Para o cálculo das retas de abastecimento de água e da corrente de processo é utilizada a Equação (1).

$$F = \frac{\Delta m}{\Delta C} \quad (1)$$

Onde:

Δm = carga mássica de transferência do contaminante (g/h).

F = vazão mássica (t/h).

ΔC = diferença entre concentração de saída e de entrada da corrente (ppm).

Para o cálculo da vazão, assume-se que a operação possui carga mássica fixa (Δm). Portanto, a corrente de água deve remover essa mesma carga mássica, no entanto operando com uma concentração de saída ($C_{A, OUT}$) que seja a máxima possível, sendo esta igual à concentração de entrada da corrente de processo ($C_{P, IN}$), garantindo assim que a vazão de água utilizada seja a mínima para aquele equipamento. Assim, conforme a Equação (1), um aumento do valor do ΔC leva a redução de F . Com isso, a Figura 5 apresenta uma ilustração do conceito principal do método disposto no gráfico concentração *versus* carga mássica.

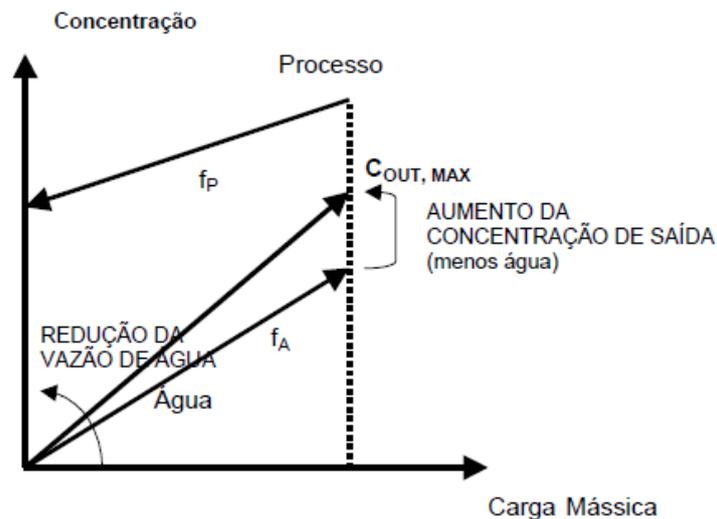


Figura 5 - Princípio para redução da vazão de água. (MANN e LIU, 1999)

A partir deste conceito, é possível aplicá-lo em cada operação de um conjunto de unidades que compõem uma rede hídrica. Com isso, calculando o mínimo de cada equipamento, pode-se obter o mínimo de água limpa para ser alimentada em toda a planta.

A Figura 6 apresenta um exemplo reportado por Wang e Smith (1993), que apresenta como compor o método gráfico pela tecnologia *pinch*.

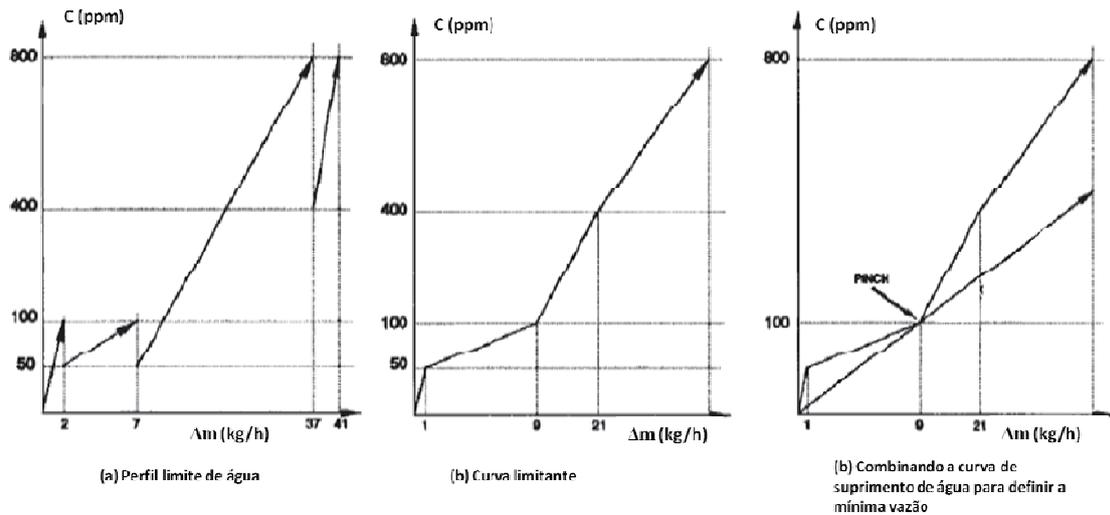


Figura 6 - Montagem do gráfico para a resolução do exemplo proposto por Wang e Smith (1994a).

Dessa forma, é possível calcular o mínimo de água limpa a ser usada, representada pela linha de suprimento de água que possui um ponto em comum a curva de processo. Esse ponto é denominado ponto de estrangulamento ou *pinch* do sistema. Este é posicionado com coordenadas de concentração e carga mássica transferida a corrente de água. Assim, conforme a Equação (1), a vazão mínima de água é calculada.

A concentração *pinch* pode ser usada como referencial no gráfico, dividindo na região acima do *pinch* e abaixo do *pinch*. Assim, as operações que trabalham abaixo do ponto de estrangulamento precisam ser alimentadas com água de boa qualidade, enquanto as operações que trabalham acima podem ser alimentadas com águas de reuso.

Para efetuar o fluxograma com as correntes de reuso é necessário mais uma etapa de cálculo para só então completar a proposta. Além disso, por ser um método gráfico não garante a solução ótima para a rede hídrica.

Importante destacar que toda essa análise é criada a partir dos valores limites das operações. Entretanto, em casos reais estes são desconhecidos, e geralmente, usam-se os dados de operação como se fossem os limites máximos estacionários da planta. Esta consideração restringe os reais potenciais de reuso da planta.

2.2 Mudanças de processo

Conforme exposto no item 2.1, o método gráfico apresenta duas curvas para a representação da rede hídrica no gráfico concentração *versus* carga mássica. Assim, são feitos os cálculos para a geração da linha de suprimento de água, baseados nos dados operacionais considerados para as correntes de processo.

A inclinação da curva de suprimento de água é inversamente proporcional a vazão de água captada, conforme apresentado na Figura 5. Portanto, quanto maior a inclinação menor será a vazão de água limpa necessária para suprir o sistema. No entanto, esse valor será fixo na análise, pois o ponto de *pinch* é baseado nos dados fornecidos para o processo.

Para alcançar reduções maiores que a encontrada pela análise *pinch*, Mann e Liu (1999) apresentaram, em seu sexto capítulo, o conceito de mudança de processo. Isso significa que quaisquer mudanças nas condições de operação podem ser consideradas mudanças de processo, como alterações em suas concentrações operacionais para dado contaminante, vazões operacionais, temperatura de operação, etc. Assim, impacta-se diretamente na linha de processo, alterando sua forma.

Assim, a tecnologia *pinch* usada de forma integrada a mudanças de processo podem economizar até 50% da água captada comparando com casos sem reuso, conforme mostra a Figura 2, já apresentada.

Uma das mudanças propostas por Mann e Liu (1999) para reduzir a vazão de água de um equipamento, é transladar a linha da operação para uma faixa de concentração maior. Ou seja, considerar um acréscimo nas mesmas unidades a concentração de entrada e de saída do processo. A Figura 7 apresenta o conceito esquematizado nos gráficos Figura 7 (a), em que se tem o perfil original de concentrações; e em Figura 7 (b), com o perfil de concentrações com a mudança de processo.

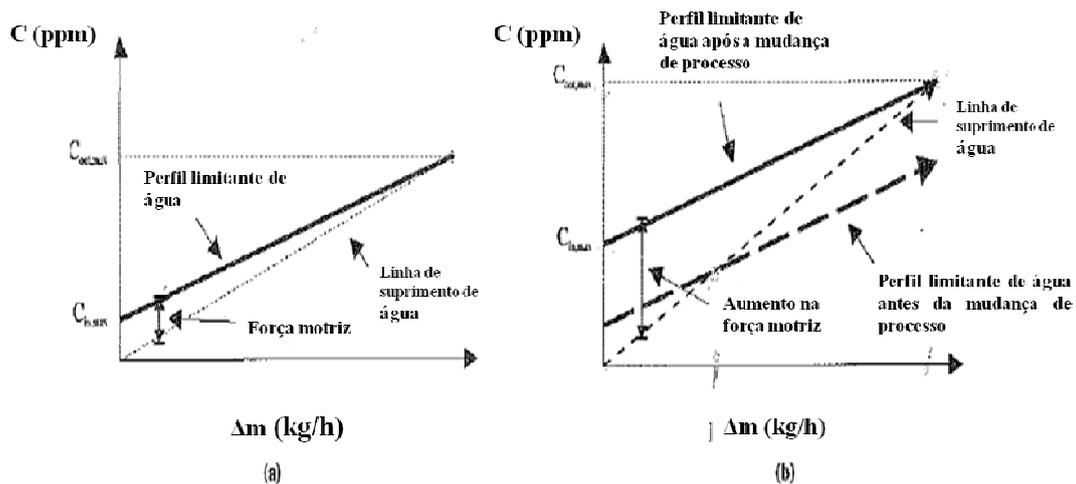


Figura 7 - (a) Perfil de uso de água de um equipamento antes da mudança de processo. (b) Perfil de uso de água do equipamento após mudança de processo para aumentar a força motriz de transferência de massa do dado contaminante. (MANN e LIU, 1999)

Dessa forma, ocorre um aumento da força motriz de transferência de massa, que pode ser representada como a área entre a linha de suprimento de água e a linha de processo. Além disso, há um aumento na inclinação da curva de suprimento de água o que representa uma redução na vazão de água necessária para a dada operação

Como foi apresentado no item 2.1, a tecnologia *pinch* depende de um parâmetro principal que é a concentração *pinch* do sistema. Assim, pode-se inferir que quanto mais elevado for esse valor, maior será a inclinação da curva de suprimento de água e, por conseguinte, menor será a vazão alimentada em todo o sistema. Portanto, para reduzir o consumo de água de boa qualidade é necessário que a curva de suprimento de água seja rotacionada no sentido anti-horário. Para isso, é preciso modificar o local do *pinch* a fim de reduzir a vazão de água limpa. Assim, deve-se aumentar a força motriz em operações que contém a concentração *pinch* no seu intervalo, ou que está logo abaixo dela. Assim, consegue-se que a carga mássica de contaminante que era transferida antes do *pinch*, por uma água de boa qualidade, seja transferida depois dele, por uma água de reuso. Com isso, ocorre mudança da concentração *pinch* do sistema, reduzindo a demanda da rede hídrica.

Conforme discutido por Mann e Liu (1999), o aumento da força motriz de transferência de massa resulta primeiro numa redução da área requerida para transferência de massa numa operação que use água. Em seguida, observa-se um

decréscimo na demanda hídrica e na geração de efluente porque o contaminante é transferido através do ponto de *pinch* do caso base.

Em se tratando de mudanças em processos industriais, Mann e Liu (1999) abordaram possíveis modificações específicas em equipamentos que demandam a maior carga de água, como a torre de resfriamento e a caldeira.

Para as modificações na torre de resfriamento, Osantowski et al. (1995) apresentam uma Tabela (Tabela 2) contendo concentrações que podem ser admitidas para a água de alimentação em dois tipos de torres, as quais não acarretariam no prejuízo do bom funcionamento dos equipamentos. As torres mais usadas trabalham em ciclos fechados, controlando o ciclo de concentração de contaminantes para que não ocorram incrustações, corrosões ou outros problemas nos trocadores de calor.

Tabela 2 - Concentrações máximas limitantes dos contaminantes na água de *make-up* de torres com uma passagem (*once-through*) e com ciclos fechados de concentração (*closed*).

Contaminante	Passe único [mg/L]	Fechado [mg/L]
Sílica (SiO ₂)	50	25
Alumínio (Al)	-	0,1
Ferro (Fe)	-	0,5
Manganês (Mn)	-	0,5
Cálcio (Ca)	200	50
Bicarbonato (HCO ₃)	600	24
Sulfato (SO ₄)	680	200
Cloreto (Cl)	600	500
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	1000	500
Dureza (CaCO ₃)	850	650
Alcalinidade (CaCO ₃)	500	350
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	75	75
Sólidos Suspensos (SS)	5000	100

(Osantowski, et al., 1995)

Conforme já exposto na Figura 1, a torre de resfriamento apresenta elevado consumo de água em relação às demais destinações. Assim, é relevante levantar a possibilidade de aplicar mudanças de processo nesta unidade. No entanto, é importante

ressaltar que só é interessante tentar substituir a torre de resfriamento por resfriadores a ar, se a torre estiver dentre as unidades anteriores ao ponto de *pinch* e, portanto, estiver sendo alimentada por fontes externas de melhor qualidade. (UMIST, 1995)

Algumas aplicações de mudanças de processo são feitas de forma teórica em tipos de equipamentos industriais bem difundidos, como: sistemas de extração, absorção, purificação, torres de destilação, operações de lavagem, sistemas de geração de vapor, sistema de resfriamento, monitoramento e marcação (UMIST, 1995). Além disso, comenta também do impacto de mudanças feitas antes do *pinch* levam a redução da captação de água e da geração de efluente.

Feng et al. (2009) discutiram os tipos de mudanças mais efetivas em cada região do gráfico concentração *versus* carga mássica, que consigam mudar a posição do ponto de gargalo a fim de reduzir o consumo de água. Para equipamentos abaixo do *pinch* é recomendado que se aumente a concentração de saída de suas operações para valores acima da concentração *pinch*, enquanto o aumento das concentrações de entrada em nada afeta a posição do ponto de gargalo. Para equipamentos que operam atravessando a concentração *pinch*, é recomendado que se desloque o intervalo de concentração, garantindo que a concentração de entrada da unidade seja maior ou igual à concentração *pinch*, garantindo a mesma diferença entre contaminantes.

Em um estudo de caso numa planta de monômero do estireno, Feng et al. (2009) conseguiram reduzir o suprimento de água de 860 t/dia para 256,6 t/dia. Houve substituição de uma torre de resfriamento pelo sistema de resfriadores a ar. Essa torre foi selecionada, pois estava no grupo de equipamentos que operavam abaixo da concentração *pinch*. Assim, através da substituição da operação, 400 t/dia que alimentavam esta torre não foram mais necessárias. Outra mudança aplicada foi uma divisão em dois estágios de um processo de lavagem, permitido que um operasse abaixo do *pinch* e outro acima, sendo o segundo alimentado com água de reuso.

Em seus trabalhos, Mann e Liu (1999) e Feng et al. (2009) focaram em unidades classificadas como de carga mássica fixa, como extração, lavagem, purificação e absorção. No entanto, as operações que demandam altos volumes de água são as de vazão fixa, como a caldeira, torres de resfriamento e reatores.

Foo (2012) aborda casos de vazão fixa aplicados em estudos de caso através de uma adaptação da análise gráfica da tecnologia *pinch* nomeada *Material Recovery Pinch Diagram*, que também divide em regiões abaixo e acima do *pinch*. Em seu artigo aplica sua metodologia em três exemplos. No primeiro, buscou a minimização do uso de água numa planta de acrilonitrila, onde optou por substituir o ejetor a vapor por uma bomba a vácuo, eliminando uma caldeira com sua alimentação e efluente. No segundo exemplo, apresentou um caso de integração visando à recuperação de solvente em um processo de desengorduramento de metais, onde muda a temperatura de operação através de uma correlação empírica. No terceiro e último exemplo, apresentou uma planta de conversão de pneu em combustível, em que alterou por meio de equações empíricas, a pressão e a temperatura do reator para gerar mais água no processo de pirólise.

Wan et al. (2008) apresentaram uma abordagem holística do uso de água na indústria, apresentando uma hierarquia para o gerenciamento de água, disposto na Figura 8. Com isso, propõem também que essa hierarquia deve guiar as mudanças de processos.

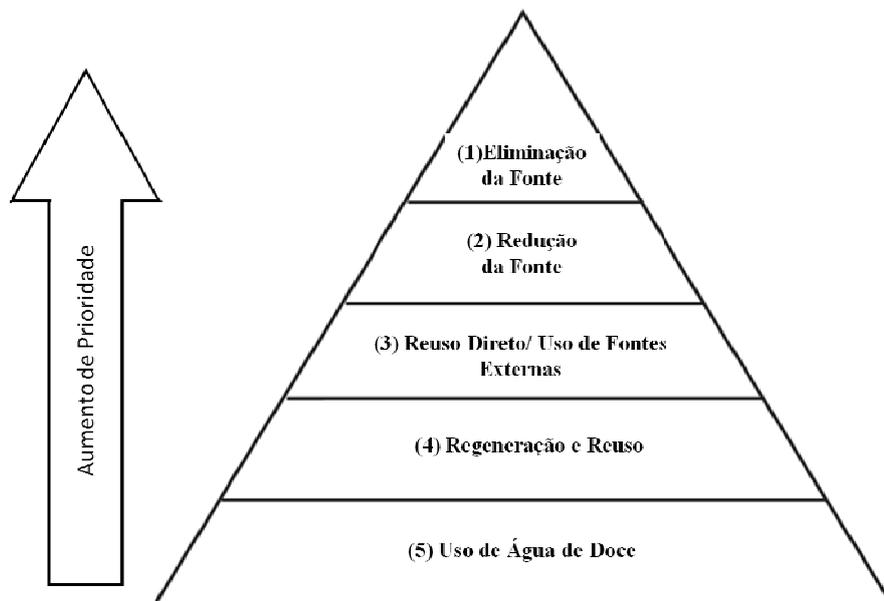


Figura 8 - Hierarquia para gerenciamento do uso da água. (WAN et al., 2008)

Além disso, apresenta também métodos para desenvolver um fluxograma com menor custo de implementação, alinhado com a máxima recuperação de água alcançada considerando todos os cinco segmentos da pirâmide apresentada na Figura 8.

2.3 Diagrama de Fontes de Água (DFA)

2.3.1 Método DFA

O Diagrama de Fontes de Água é um método heurístico-algorítmico que busca realocar correntes de água visando o máximo reuso. O DFA foi desenvolvido por Gomes (2002) a partir dos trabalhos de (Wang and Smith 1994b), (Wang and Smith 1995) e (Castro et al. 1999), aplicando o método para solução de diversos tipos de restrições e considerações. Dentre elas estão problemas de um contaminante e de múltiplos contaminantes, problemas de vazão fixa, múltiplas fontes externas, perdas e ganhos de vazão, regeneração e proibição de reuso. Essas restrições são discutidas separadamente em (GOMES et al., 2007).

Para execução dos cálculos do método em questão, três regras devem ser respeitadas (PESSOA, 2011):

1. Usar fonte externa apenas quando não houver fontes internas disponíveis;
2. Transferir a máxima quantidade de contaminante possível no intervalo de concentração;
3. Para operações que estão presentes em mais de um intervalo, a corrente deve manter-se no mesmo equipamento no intervalo seguinte.

Para cada intervalo i são feitos os cálculos de carga mássica de contaminante (Δm_{ki}) para cada operação k , conforme a equação (2).

$$\Delta m_{ki} = f_k(C_{fi} - C_{ii}) \quad (2)$$

Onde:

Δm_{ki} = carga mássica da operação k no intervalo i (g/h)

f_k = vazão da operação k (t/h)

C_{fi} = concentração final do intervalo i (ppm)

C_{ii} = concentração inicial do intervalo i (ppm)

As vazões requeridas por cada operação k no respectivo intervalo i podem ser calculadas pelas equações (3) e (4).

$$f_{pki}^e = \frac{\Delta m_{ki} - \sum_{j=1}^{N_{fia,i}} [f_{jki}^i (C_{fi} - C_{ii})]}{C_{fi} - C_p^e} \quad (3)$$

$$f_{pki}^i = \frac{\Delta m_{ki} - \sum_{j=p-1}^p [f_{jki}^i (C_{fi} - C_{ii})]}{C_{fi} - C_p^i} \quad (4)$$

Onde:

f_{pki}^e = vazão da fonte externa na operação k no intervalo i

f_{jki}^i = vazão da fonte interna j na operação k no intervalo i

$N_{fia,i}$ = número de fontes internas disponíveis no intervalo i

C_{ji} = concentração da fonte interna j no intervalo i

C_{fi} = concentração final do intervalo i

C_p^e = concentração da fonte externa p

Primeiramente, devem ser calculadas todas as fontes internas antes das fontes externas, somente usando a fonte externa na ausência de vazões disponíveis no intervalo. Assim, a vazão mínima de água da fonte externa será calculada pelo somatório de cada vazão direcionada para cada equipamento.

Pessoa et al. (2011) apresentaram uma breve revisão sobre as aplicações do DFA nos mais variados casos e sua contribuição para o desenvolvimento de novas metodologias para realocação de correntes e minimização de efluentes.

Uma significativa vantagem do método é que ao final da construção do diagrama, também é gerado o novo fluxograma com reuso, agilizando assim, a geração de múltiplos cenários de reuso (Mirre, 2007).

Kumaraprasad e Muthukumar (2009) fizeram uma combinação do método DFA a um modelo de distribuição de efluentes para gerar uma nova ferramenta, denominada WAMEN (*Water Allocation and Mass Exchange Network*). Além disso, Karthick et al. (2010) abordaram o procedimento algorítmico WAMEN para a síntese de redes de distribuição de efluentes, bem como a síntese de rede de águas, visando reduzir o consumo de água.

Para agilizar os cálculos, necessários para resolução das equações do DFA, foi desenvolvido por Santos (2007) um programa em plataforma Microsoft Excel®, nomeado MINEA que gera o diagrama com os respectivos resultados a partir dos dados de vazão e concentrações de entrada e saída.

2.3.2 Programa MINEA

Conforme apresentado por Pessoa et al (2011), o programa MINEA tem uma interface intuitiva e que permite o fácil entendimento de suas funções. Além disso, possui a capacidade de resolver diversos tipos de restrições que possam existir em casos reais. Dentre elas: vazão fixa, proibição de reuso, perda e ganho de vazão, regeneração e até três fontes externas com diferentes concentrações.

O programa MINEA também permite a resolução com o maior número de operações e restrições tornando mais rápida a geração de diagramas. Além disso, permite casos de múltiplos contaminantes com até sete componentes, efetuando também os cálculos para a transferência simultânea proporcional dos demais contaminantes em comparação ao de referência.

A interface do programa pode ser vista na Figura 9.

O diagrama gerado como resposta pode ser exemplificado como na Figura 10. Enquanto, a legenda para as respostas pode ser vista na Figura 11.

O MINEA apresenta algumas limitações que podem ser contornadas. Uma delas é que não há como restringir a vazão máxima permitida pelo uso de uma fonte

externa. Para isso, as respectivas fontes de água foram colocadas como operações, no entanto, com concentrações de entrada e saída iguais ou com uma diferença insignificante para o cálculo da proposta de reuso. Assim, o programa prioriza o uso destas correntes ao invés de usar de fontes externas de forma ilimitada. Além disso, cada unidade somente pode receber reuso de no máximo três operações no dado intervalo de concentração. Portanto, o programa MINEA se apresenta como uma ferramenta simples e rápida para a elaboração de cenários de reuso para as propostas deste trabalho.

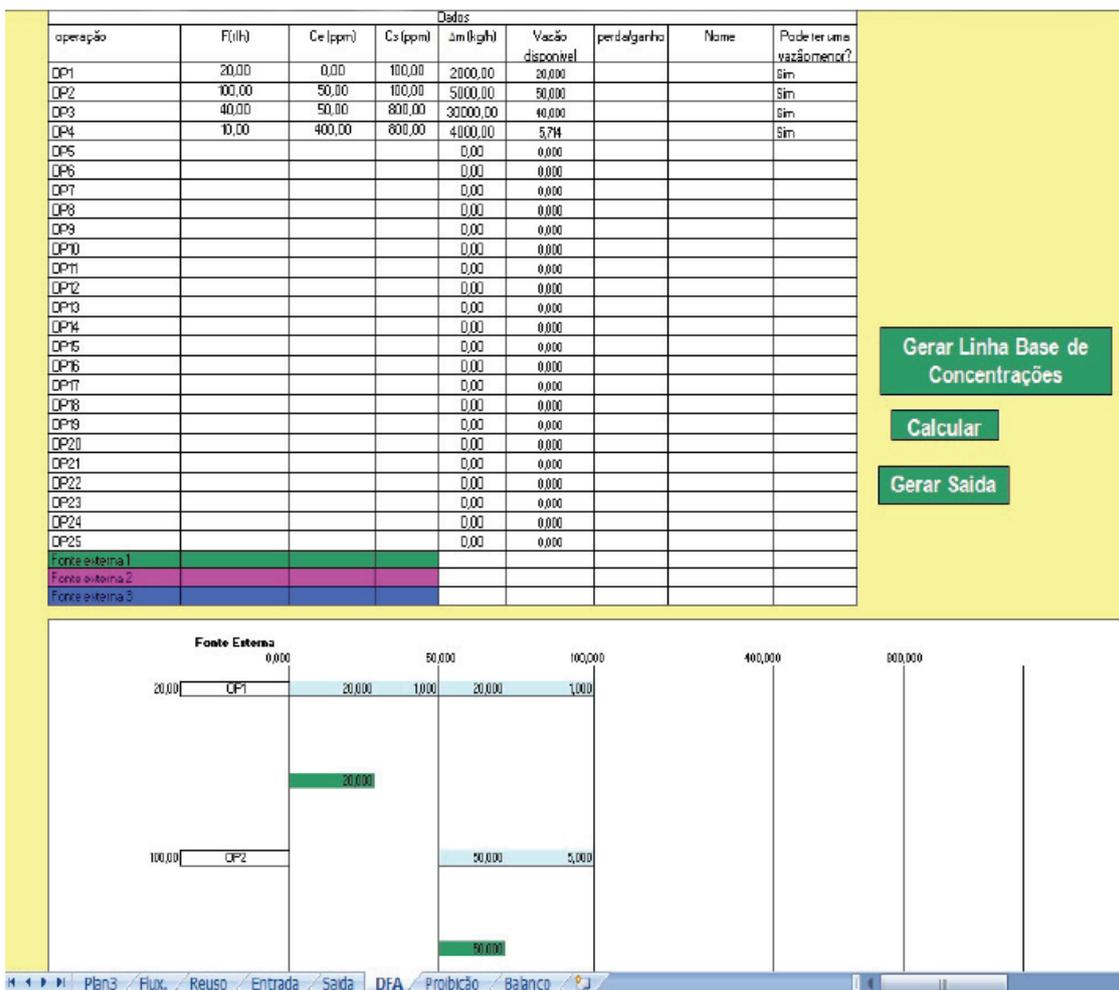


Figura 9 - Interface do programa MINEA. (PESSOA et al., 2011)

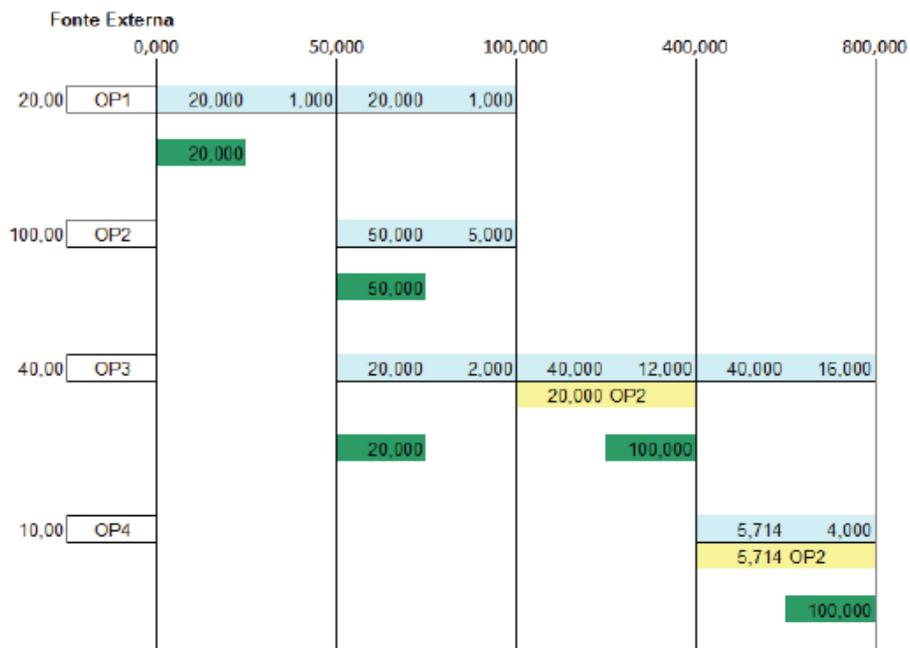


Figura 10 - Exemplo da resposta gerada pelo programa MINEA na resolução do DFA. (PESSOA et al., 2011)

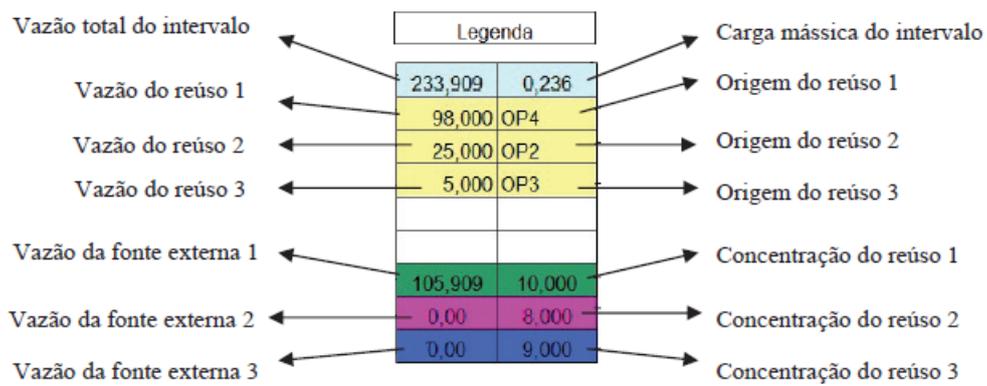


Figura 11 - Legenda do DFA na resposta gerada pelo programa MINEA. (PESSOA et al., 2011)

3 PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA APLICAÇÃO DO DFA COM MUDANÇA DE PROCESSO

No contexto de integração mássica, é comum a presença de múltiplos cenários, dificultando a tomada de decisão. Portanto, faz-se necessária uma metodologia para auxiliar na aplicação de mudanças de processo e opções de reuso eficazes para a redução do uso de água.

Desta forma, a proposta desse trabalho é apresentar uma metodologia que integre o uso do método DFA para orientar uma escolha eficiente de operações, que sejam alvo das mudanças de processo visando à redução do consumo de água captada. Assim, torna-se mais sistemática e simples a aplicação de propostas em casos reais de plantas industriais, auxiliando os profissionais responsáveis por essas análises.

Na Figura 12, está esquematizado um diagrama de blocos representativo com as etapas do procedimento proposto.

Neste item, serão apresentadas as etapas do procedimento, seguido de exemplos mudanças de processos para unidades comumente encontradas em plantas industriais. Além disso, será apresentado o estudo de caso proposto para a aplicação do procedimento com as devidas considerações.

3.1 Etapas do procedimento

Neste item serão descritas cada e etapa do procedimento esquematizado na Figura 12, com as devidas considerações a respeito de sua aplicação.

3.1.1 Aplicação do Método DFA

1. Dados da rede hídrica da planta para construção do caso base

Como primeiro passo do procedimento, é necessária a coleta de dados da planta de todas as correntes hídricas presentes, a fim de construir um fluxograma hídrico de toda a unidade industrial. Importante que sejam coletados dados dos principais contaminantes de cada uma das correntes.

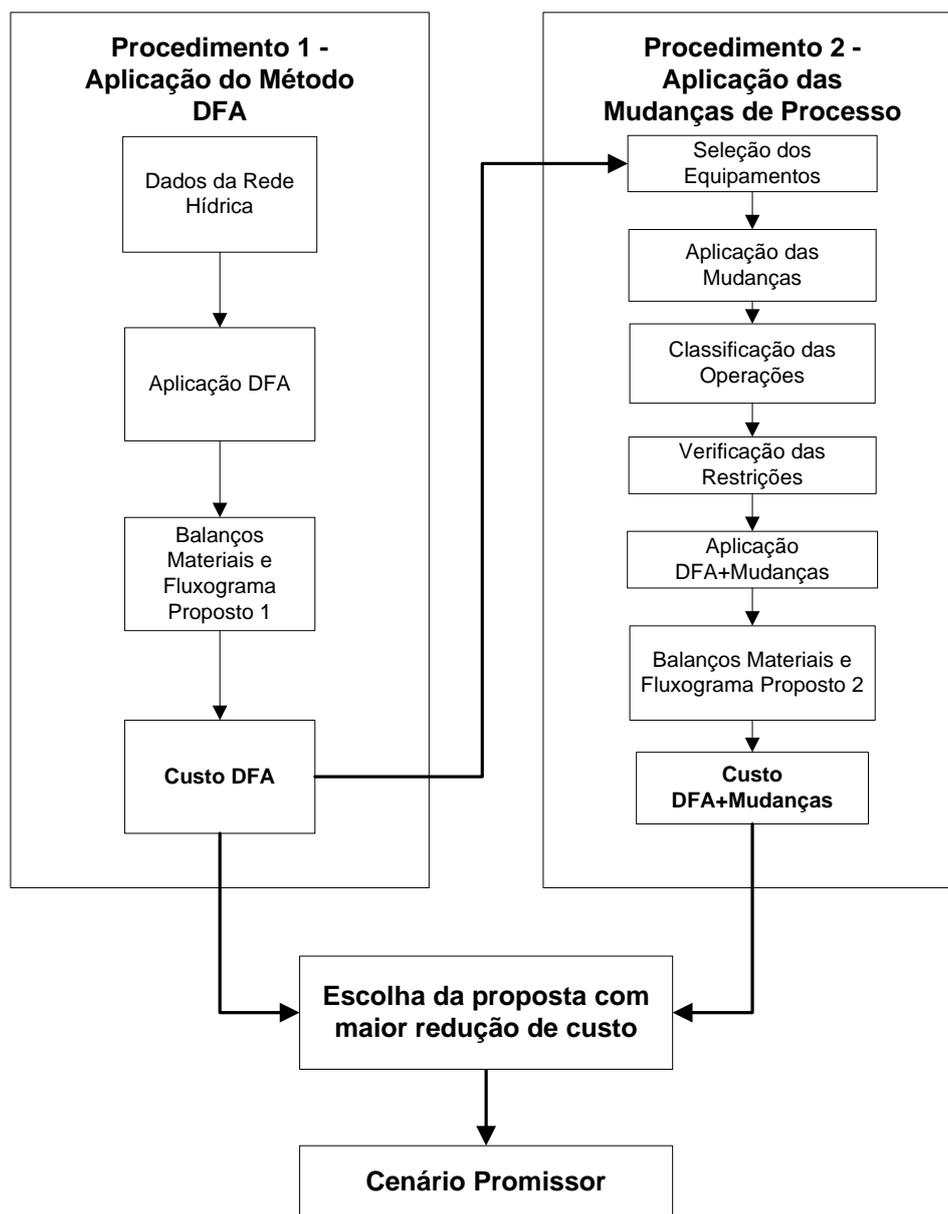


Figura 12 - Diagrama de blocos representativo das etapas do procedimento.

A partir dos dados, devem-se considerar valores médios das concentrações para cada corrente, supondo uma condição estacionária, mesmo que em casos reais da planta existem flutuações desses valores, essa suposição permite a aplicação do método DFA.

Em paralelo com o levantamento das correntes presentes na planta, é importante a coleta dos valores que representam as reais concentrações limites máximas para todos os contaminantes, em cada equipamento que usa água. Muitas vezes, essas informações são desconhecidas dos projetistas, porém fazem parte do cotidiano dos operadores experientes que controlam os respectivos equipamentos. Assim, essa etapa tende a ser demorada em comparação as demais.

Para completar as informações colhidas na planta, é necessário efetuar os balanços materiais para cada unidade de toda a indústria. Mesmo não obtendo todas as informações diretamente, essa etapa garante a compreensão macro do problema.

Então, é efetuado o cálculo do custo da água no caso base, considerando captação, consumo, tratamento e descarte.

2. Seleção de correntes e aplicação do DFA para um dado contaminante de referência

O passo seguinte é a seleção de correntes e a aplicação do método DFA para um contaminante presente nas correntes. O método tem como objetivo identificar alternativas de reuso e encontrar a concentração *pinch* do sistema.

Para isso, é necessário calcular a carga mássica de cada contaminante em cada operação, baseando-se nos dados coletados. Esses valores são importantes para a escolha dos equipamentos que serão alvo do método DFA e, também, para efetuar os balanços mássicos após a aplicação do método.

Dentre estas operações, podem ocorrer valores de carga de contaminante negativa, indicando que a operação agiu como regenerador para o dado contaminante. Portanto, deve-se avaliar bem o uso desta operação para o DFA, pois pode gerar um reuso que viole as concentrações de outros contaminantes. Em seguida, as correntes que têm potencial para serem reusadas devem ser selecionadas.

Uma forma mais simples de identificar estas correntes é observar quais são as correntes que compõem o afluente da estação de tratamento de despejos industriais. E a partir delas, percorrer o caminho inverso para os equipamentos. Dessa forma, ficam mais visíveis os potenciais para reuso de água, pois estas são as correntes que estão compondo a carga da estação de tratamento, devendo ser avaliado seu potencial de reuso.

Estabelecidos os equipamentos que serão alvos do DFA, muito frequentemente estes apresentam várias correntes com diferentes perfis de concentração como afluentes, portanto, é recomendado que se mantenham separadas, como se fossem subunidades da unidade principal. Dessa forma, tendo diferentes concentrações de entradas e a mesma concentração de saída. Assume-se que cada corrente pode ser alimentada em diferentes posições do dado equipamento, necessitando de especificações diferentes, no entanto, não há essa separação quando se trata do efluente de tal unidade.

Para auxiliar o método a buscar opções de reuso para uma corrente em potencial, é importante considerá-la como fonte externa junta com as fontes que já são as que fornecem para o equipamento. O DFA tem como premissa priorizar a fonte de maior concentração do dado contaminante de referência.

Importante ressaltar que as correntes usadas como fontes externas são de equipamentos que não entraram na rede hídrica para aplicar o DFA. Caso as unidades já estejam presentes no diagrama, suas saídas já terão prioridade no reuso frente às fontes externas.

3. Balanços materiais e montagem do fluxograma proposto 1

O DFA fornecerá um cenário possível para reuso máximo das correntes e, também, as informações diretas que possibilitam a montagem do fluxograma representativo para essa opção de reuso. Em seguida, os balanços materiais devem ser efetuados para as unidades que receberam as correntes de reuso e, só então, sendo calculada a economia de água e custo com a dada proposta de reuso.

4. Custo reduzido com o reuso máximo

Essa etapa consiste no cálculo do custo reduzido em relação ao custo do caso base. Para isso, as taxas em relação à captação, ao consumo, ao tratamento e ao descarte devem ser consideradas para o cálculo do custo total.

3.1.2 Aplicação das Mudanças de Processo

5. Seleção dos equipamentos que operam abaixo ou através da concentração *pinch*

Após a proposta de reuso fornecida pelo DFA, identifica-se a concentração *pinch*. Com isso, todas as subunidades que operam com suas faixas de concentração abaixo ou contendo o *pinch*, são operações alvos para mudanças de processo. Essas operações são alimentadas com fontes externas, que devem ter seu consumo reduzido.

Mudanças em operações acima da concentração *pinch* não alteram o consumo de água, pois estas já são alimentadas por correntes mais concentradas. Possíveis mudanças nessas operações alterariam apenas a carga do efluente final, enquanto que mudanças em operações localizadas a montante da concentração de gargalo reduzem a captação e a geração de efluente.

6. Aplicação das mudanças

Nessa etapa, foram adaptadas as diretrizes para mudanças de processo apresentadas por Wan et al. (2008). Assim, primeiramente deve-se tentar a eliminação, seguido da substituição e, por último, as mudanças nas condições de operação, sempre visando reduzir água, conforme a Figura 13.

Dentre esses equipamentos selecionados, é importante que se tenha uma avaliação acurada sobre sua real necessidade, buscando opções de substituição que não necessitem de alimentação aquosa. Desta forma, estariam eliminadas as correntes afluentes e efluentes deste equipamento. Um exemplo seria a substituição de uma torre

de resfriamento por resfriadores a ar, ou ainda, uma extração líquido-líquido por uma cristalização.



Figura 13 - Pirâmide de prioridades para mudanças de processo.

Não sendo possível a eliminação da unidade, deve-se, então, buscar alternativas que utilizem menores volumes de águas para exercerem a mesma função. Um exemplo seria substituir um sistema de extração de estágio único por um sequenciamento de mais unidade, compondo estágios distintos com ciclos locais, sendo que cada estágio deve atuar em faixas de concentração distintas.

Seguindo as diretrizes de Wan et al. (2008), como terceiro nível para aplicação de mudanças estão às mudanças de condições operacionais respectivas a cada equipamento.

7. Classificação das operações em Carga Mássica Fixa ou Vazão Fixa

Dentre as operações que estão contidas na rede hídrica da planta, podem-se classificar estas operações como de carga mássica fixa ou de vazão fixa.

a) Carga mássica fixa

Operações de carga mássica fixa são aquelas que têm como objetivo a remoção de algum contaminante, sendo o enfoque principal utilizar a água pelas suas

propriedades químicas, muitas vezes como solventes. Nessas operações, a transferência de massa é o principal foco do uso de água, assim, a carga mássica de contaminantes transferida para a corrente aquosa é mantida constante. Exemplos de operações desse tipo são as operações de extração, absorção, purificação e lavagem. Nelas, o que deve ser respeitado é a transferência de massa. Para isso, podem ser feitas modificações em sua faixa de concentração. Que deve aumentar em mesmas unidades as concentrações de entrada e saída, mantendo a mesma diferença.

Recomenda-se que para processos que atravessam o *pinch*, sua concentração de entrada ultrapasse a concentração *pinch*; já para processos que têm suas concentrações abaixo do *pinch*, é recomendado que sua concentração de saída seja maior que a do *pinch*. Sempre mantendo da diferença de concentração constante.

b) Vazão fixa

Operações de vazão fixa são aquelas que têm como objetivo utilizar as propriedades físicas da água. Portanto, a transferência de massa ocorrida nessas unidades se dá por conseqüência, não sendo o alvo da operação. Exemplos destas operações como estas são: torres de resfriamento, caldeiras e torres de destilação. Nelas, a quantidade de água usada é fator limitante para seu bom funcionamento.

Para um melhor reuso nestas operações é importante que se busque reduzir a carga de contaminante destas unidades, fazendo com que a concentração de saída seja menor que a anterior. Dessa forma, aumenta-se a oportunidade de aproveitar esse efluente em outras unidades. Como exemplo, pode-se considerar a redução do ciclo de concentração da torre de resfriamento, que levaria a geração de um efluente de melhor qualidade, podendo ser reusado em outras operações. Além desta mudança, as operações de vazão fixa também podem ter suas faixas de concentração transladadas para regiões mais concentradas. Para as operações que atravessam a concentração de gargalo, recomenda-se que aumente a concentração de entrada de seu afluente para valores iguais ou acima do *pinch*.

8. Verificação das restrições.

Todas as mudanças implementadas devem ser avaliadas, verificando se houve violação de algum limite preestabelecido do respectivo equipamento. Ocorre, no entanto, que esses limites máximos são muitas vezes desconhecidos pela literatura, sendo do conhecimento do operador na experiência na planta. Assim, é de suma importância que sejam colhidos esses dados, ou que sejam feitos estudos das reais limitações dos equipamentos selecionados.

Para as análises de integração mássica, deve-se lembrar que o valor dito limite para dado contaminante é, em geral, o valor operacional, que se distancia do real limite que o equipamento suporta.

9. Aplicação do DFA com mudanças implementadas

Aplica-se o DFA para encontrar as opções de reuso para essa nova rede com as operações já modificadas. Assim, dependendo das modificações, pode-se alcançar um novo ponto de gargalo que, em comparação com o anterior, possibilita um reuso maior e/ou uma redução da vazão de água captada.

10. Balanços materiais e montagem do fluxograma DFA+Mudança

Com o resultado do DFA é possível montar o fluxograma para esse cenário. Assim, com a nova proposta de reuso, pode-se efetuar o balanço material das unidades com suas respectivas correntes, levando a um cálculo real da vazão de água captada, descartada e consumida.

11. Avaliação dos custos DFA + Mudança

Após os balanços materiais, é possível calcular o custo final de captação, consumo, tratamento e descarte ao final do procedimento 2.

12. Escolha da proposta com maior redução

Assim, a partir dos custos de operação calculados para as propostas encontradas por meio dos procedimentos 1 e 2, pode-se comparar a redução de custo em

relação ao caso base e entre si, permitindo a avaliação se as mudanças de processo são justificáveis ou a proposta com reuso direto já apresenta o resultado desejado. Seleciona-se, então, o cenário mais promissor.

3.2 Exemplos aplicados a possíveis mudanças a unidades específicas (UMIST, 1995)

3.2.1 Carga mássica fixa

1) Extração / absorção / purificação

- Tentar substituir a operação por outra de mesmo objetivo, porém que não necessite de uma alimentação hídrica

Ex: Extração por Cristalização, Absorção por Condensação.

- Se existe uma fonte interna no sistema que forneça a vazão requerida ou superior, a concentração de entrada desejada, pode-se dividir a operação em estágios

No caso da Extração: Aumentar o número de estágios dividindo a operação em mais de uma unidade em intervalos de concentração chaves que possibilitem o reuso de outras correntes para alimentar a unidade nova.

No caso de uma Absorção ou Purificação: Aumentar o número de estágios

2) Lavagem

- Eliminação da necessidade de lavagem do vaso de processo

Em plantas de produção de mais de um produto, devem-se organizar as operações de forma a evitar a utilização do equipamento por outro produto.

- Para retirar incrustações

Deve-se usar *Spray-ball* (bilhas) com reciclo.

- Substituir a limpeza manual e por desmonte do equipamento

Utilizar um sistema de limpeza local (*cleaning-in-place(CIP)*). Baseia-se em dois misturadores em paralelo, sendo que em um aplicam-se agentes químicos de limpeza. Após a mistura, os efluentes se misturam, sendo uma parte descartada e o resto passa por um aquecedor para ajustar a temperatura necessária para a operação em questão.

- Consertar as válvulas, prevenindo vazamento e melhorando o controle de vazão

3.2.2 Vazão fixa

3) Torre de Destilação

- Aumentar o número de estágios na destilação para minimizar a saída de água no topo da torre
- Introduzir uma nova caldeira para reciclar o efluente de fundo, convertendo-o em vapor e reintroduzindo na parte inferior da torre

4) Sistema de Vapor

- Reduzir a demanda por vapor

O melhoramento da eficiência energética pode reduzir a utilização de vapor eliminando essa quantidade do sistema. Com essa melhoria, reduz-se o efluente gerado pelo sistema de vapor através da purga da caldeira, o tratamento de água para a alimentação da caldeira e a vazão de condensado do sistema.

- Melhorar o controle na purga da caldeira

5) Sistema de Resfriamento

- Reduzir a carga calorífica da planta, reduzindo as perdas evaporativas e a necessidade de grandes vazões de alimentação (*make-up*)

- Introdução de resfriadores a base de ar (*Air Coolers*) antes da torre, reduzindo a vazão perdida em vapor

- Regeneração com reciclo local

Parte do efluente resfriado na torre pode ser submetido a um processo de clarificação através de polímeros com cal (CaO) e carbonato de sódio (NaHCO₃) e, após a separação da lama formada, passa-se por uma filtração, e é realimentada na torre de resfriamento. Com isso reduz-se a vazão de *make-up*.

Outra proposta é de que parte do efluente, resfriado na torre, pode ser submetido a um pré-tratamento e por um tratamento terciário como osmose reversa ou eletrodialise, e é reciclado na torre.

3.3 Estudo de caso

3.3.1 Variabilidade das concentrações em correntes na planta.

Em se tratando de correntes de processos industriais, é razoável assumir que os perfis de composição possuem características dinâmicas. Nesse cenário, enquadram-se as correntes de água em uma refinaria de petróleo.

Através de análises experimentais de monitoramento da qualidade da água, averigua-se que as concentrações de diversas espécies variam entre patamares, configurando uma faixa de trabalho do equipamento.

Tendo acesso a esses dados, é possível observar o bom desempenho do equipamento mesmo quando alimentado com águas de qualidade inferior. Assim, pode-se inferir que a operação seria capaz de manter seu desempenho, mesmo quando alimentada com uma corrente hídrica mais concentrada. Dessa forma, existe uma oportunidade em potencial para o reuso de um efluente de outra operação para alimentação desta.

Importante ressaltar que os perfis de qualidade de água são dados, geralmente, por concentrações médias em períodos longos, e não por concentrações limites reais da operação. Com isso, as possibilidades de reuso são mais restritas por não permitirem que esses valores médios sejam ultrapassados.

As concentrações limites máximas de cada contaminante para correntes de água de uma dada operação são muitas vezes desconhecidas. Principalmente, quando se tratam de correntes de utilidade, por não serem levadas em conta durante o projeto industrial.

Assim, são utilizados valores médios de operação para realizar a integração mássica. Os métodos de minimização do uso de água requerem informações referentes à rede hídrica.

3.3.2 Caso Base

Para o estudo de caso proposto, foram utilizados os dados levantados para o balanço hídrico instantâneo na Refinaria de Paulínia (REPLAN), realizado por Pessoa et al. (2012). As informações sobre condições das correntes de água distribuídas para as diferentes funções na refinaria estão dispostas no Anexo 1 mostra um diagrama de blocos contendo as principais operações alimentadas e correntes hídricas.

Para complementação dos dados foram utilizados alguns valores de concentração de espécies obtidas através de balanços materiais e, quando necessário, utilizados valores obtidos na REVAP, por se tratar de um estudo similar.

Para a aplicação da metodologia foi feita uma seleção das unidades promissoras com suas devidas motivações. Em se tratando da Unidade Esgotadora de Águas Ácidas (UEAA), suas correntes de entrada e saída foram descontadas para a análise, por se tratar de reúsos pré-estabelecidos da planta.

A partir das simplificações assumidas, foi gerado um fluxograma somente com as correntes representativas de toda a refinaria, auxiliando na compreensão. Este fluxograma está exposto na Figura 15 e contém os *tags* de cada corrente com suas respectivas vazões.

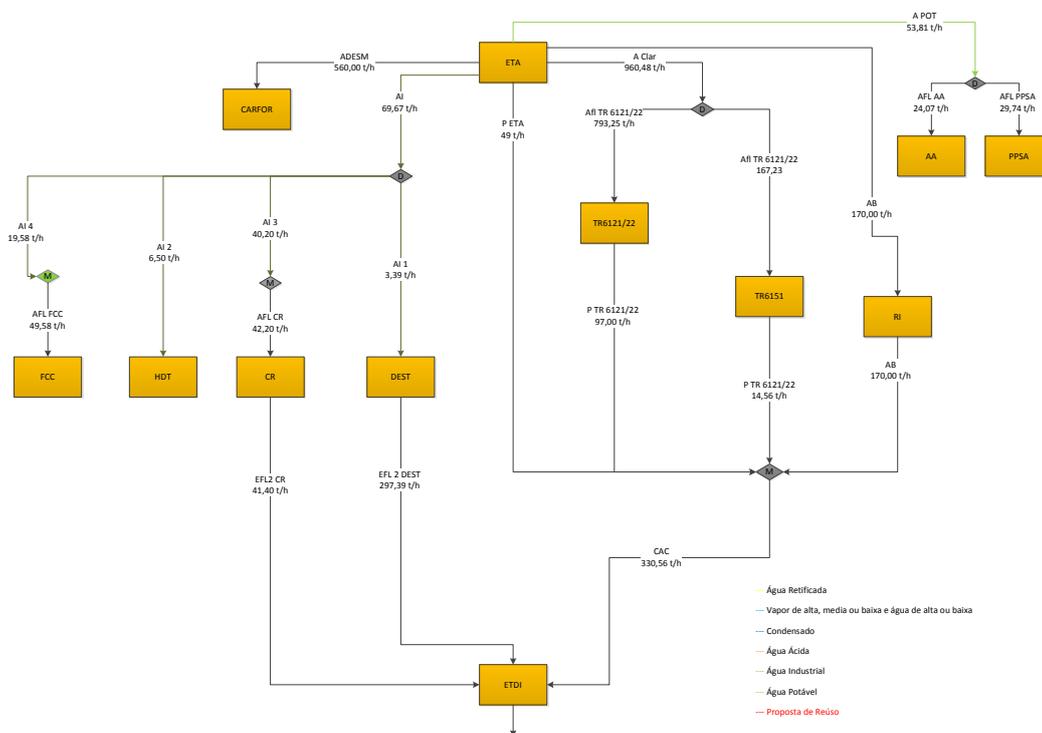


Figura 15 - Fluxograma representativo da refinaria de Paulínia (REPLAN) com as simplificações assumidas.

Para aplicação do método de reuso foi utilizado o programa MINEA. Este programa foi desenvolvido em plataforma Microsoft® Excel, a partir do estudo de Santos (2007) na Escola de Química da UFRJ, como uma ferramenta de automação do método Diagrama de Fontes de Água (DFA). Portanto, para os cálculos relativos ao método DFA, bem como as propostas geradas, foi utilizado o programa MINEA.

A partir dos dados foram elaboradas planilhas contendo as informações de correntes da respectiva unidade em que a alimentam, simbolizando subunidades de transferência de massa. Por exemplo, a “AI 2” é uma corrente afluenta da unidade de

destilação, que é considerada uma subunidade com concentração de entrada e saída, tendo, portanto, uma carga mássica transferida para a corrente de utilidade.

Importante destacar que as correntes fornecidas à mesma unidade possuem concentrações de entrada variadas para todos os contaminantes. No entanto, todas as correntes de saída possuem o mesmo perfil de concentração, porém com vazões distintas.

Na Tabela 3 estão contidos os valores de carga mássica transferida por cada unidade. Não foram usadas para aplicar o DFA as unidades que tiveram seus valores negativos ou iguais a zero de carga mássica para o dado contaminante de referência. Os valores negativos estão apresentados entre parênteses.

Tabela 3 - Carga mássica do componente na respectiva unidade em gramas por hora (g/h).

	DEST	HDT	CR	FCC	UEAA	TR6121/22	TR6151	ETDI
Cálcio (g/h)	2945,89	(96,19)	0,00	(52,97)	(130,86)	60207,68	16701,26	21300,00
Silica (g/h)	11314,31	(194,27)	0,01	(63,63)	(134,50)	62571,56	15831,66	0,00
Amônia (g/h)	65025,17	644564,39	0,00	(633,97)	(995781,37)	163,56	229,71	(66462,66)
Oleo e Graxa (g/h)	333076,77	4499,65	0,00	(668,80)	(1381,68)	769,38	(138,82)	(699136,10)
Sulfeto (g/h)	74538,86	1129987,89	0,00	(298,77)	(1754373,03)	17,47	3,68	(78042,72)
Cloreto (g/h)	(14976,63)	(8415,52)	0,11	(52,38)	(202,68)	116464,97	30683,36	320136,05
Cianeto (g/h)	478,17	158,22	0,00	67,09	(49,05)	0,00	0,00	(956,46)
Fenol (g/h)	(283430,77)	(50785,75)	0,00	(29685,93)	380216,47	0,98	1,38	(26538,22)

Obs.: Os valores entre parênteses simbolizam o valor da carga mássica negativa para o dado contaminante.

A estação de tratamento de despejos industriais (ETDI) foi desconsiderada para a análise por ser uma unidade de caráter regenerativo para as correntes, não sendo abordado neste trabalho.

Para a utilização de fontes externas com disponibilidade limitada de vazão foi utilizado um artifício para que o programa conseguisse executar seus cálculos. Este se baseou em, considerar operações, com vazões correspondentes as respectivas fontes, tendo suas concentrações iguais na entrada e na saída, ou com variação da ordem de 10^{-2} ppm. Assim, o MINEA prioriza o uso das fontes internas com maior concentração antes de requerer outras, ou até mesmo de buscar fontes externas.

O programa funciona como um método heurístico algorítmico que não garante a solução ótima. Assim, para melhores resultados do programa, alguns procedimentos

para o cálculo de melhores soluções foram utilizados. Para casos com perdas e ganhos de vazão e casos de restrição de vazão, são feitos primeiros os mesmo casos, porém livres destas restrições. Só então, após a primeira solução, que há o incremento das particularidades que dificultam as rotinas de cálculo efetuadas pelo *software* MINEA para a resolução do DFA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados encontrados na aplicação do procedimento. Dessa forma, apresentam-se as considerações feitas para o caso seguido das informações alimentadas no programa MINEA para a realização do DFA, gerando uma proposta com fluxograma de reuso. Em seguida, são aplicadas as diretrizes de mudanças de processo aos equipamentos alvos, obtendo-se a respectiva proposta de reuso com seu fluxograma.

4.1 Contaminante representativo: Cálcio

4.1.1 Aplicação do método DFA

Foi aplicado o método DFA para atingir o reuso máximo através do *software* MINEA, considerando apenas as concentrações de entrada e saída do contaminante cálcio.

Para a delimitação da vazão de algumas fontes externas, estas foram colocadas como unidades que possuem concentração de entrada e saída iguais, com suas respectivas vazões, permitindo assim, que o programa MINEA usasse apenas a vazão fornecida como fonte interna para reuso. Os tipos de águas que se enquadraram nessa classificação para o caso do cálcio foram a corrente purga da ETA (P ETA) e o efluente do coqueamento retardado (EFL2 CR).

A água clarificada (Aclar) e a corrente de água industrial (AI) foram configuradas como fontes externas, pois elas representam uma fração significativa de toda a água disponibilizada, devendo então ser prioridade para redução. Assim, o programa tem a rotina de priorizar o uso de fontes com concentração mais altas e internas, antes das de concentração mais baixas e externas.

Para alimentar o programa foram utilizados os dados contidos na Tabela 4.

Tabela 4 - *Input* para o MINEA.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	8,60	8,60	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	2,71	2,71	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	13,00	88,90	60207,68	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	13,00	112,87	16701,26	152,67	não
AI1	OP5	3,39	6,15	16,96	36,65	-293,97	não

Assim, o programa gerou uma proposta de reuso disposta na Figura 16. Pode-se ver também o fluxograma proposto na Figura 17.

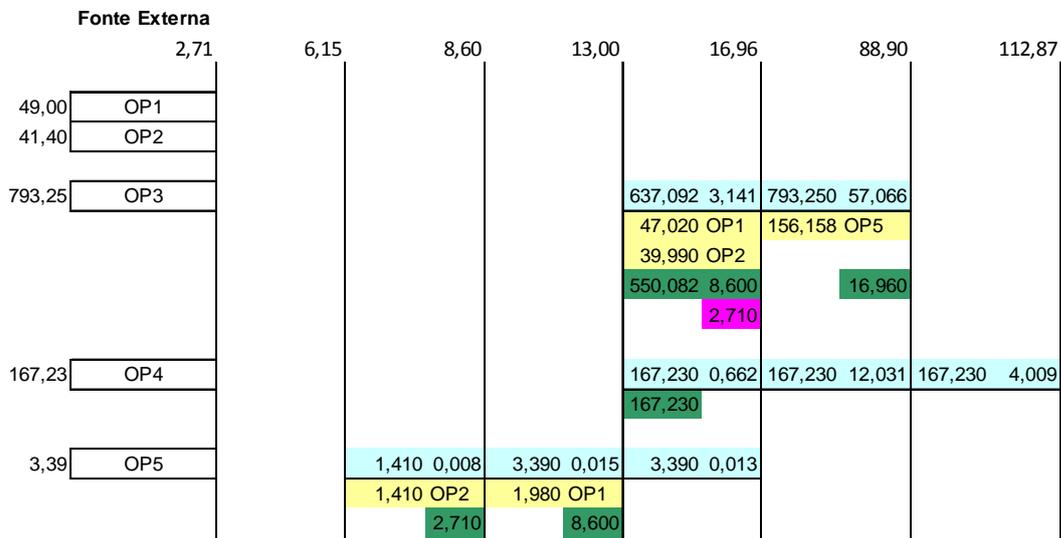


Figura 16 - Proposta do MINEA para cálculo.

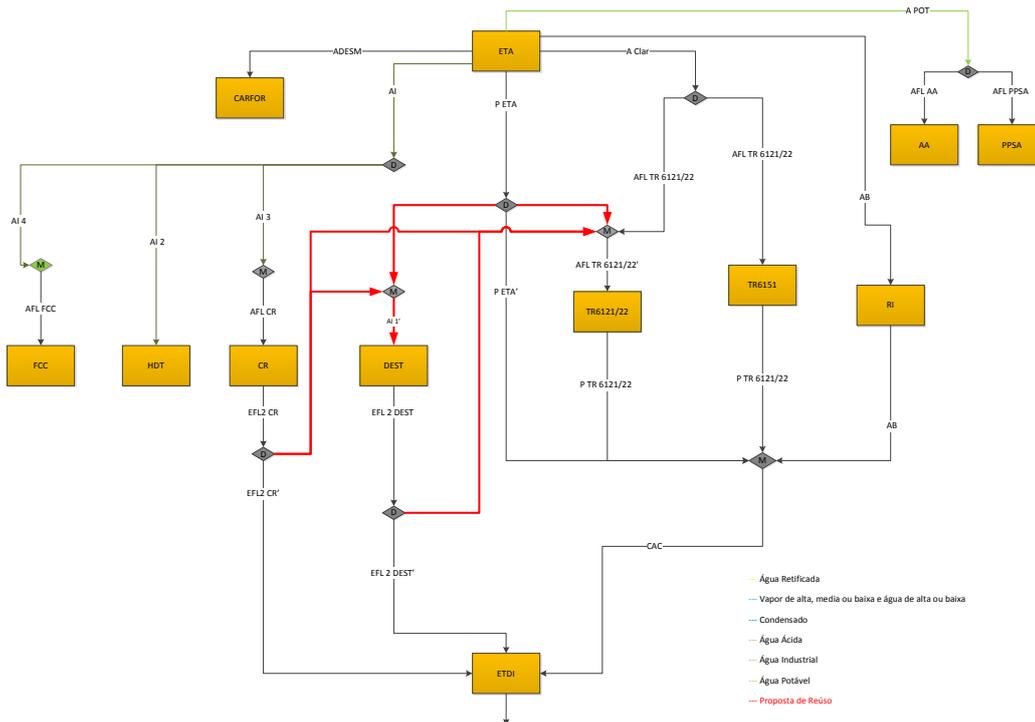


Figura 17 - Fluxograma proposto para reuso com o contaminante de referência cálcio.

Conforme apresentado na Figura 16, a concentração pinch é 16,96 ppm e o diagrama de fontes de água permitiu o reuso da corrente “P ETA” nas subunidades da destilação nomeadas como “AI 1” e “TR6121/22”, sendo 1,98 t/h e 47,02 t/h, respectivamente.

O efluente do coqueamento (EFL2 CR) auxiliou na composição das correntes “AI 1” com 1,41 t/h. Em seguida, forneceu 39,99 t/h para complementar a reposição da torre “6121/22”.

O efluente da unidade de destilação (EFL2 DEST) alimentou com 156,16 t/h a vazão de água na torre “6121/22”

De acordo com a proposta apresentada, foi reduzida a captação de água em 246,56 t/h. Essas informações estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação entre consumo de água em relação ao caso base.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1616,4	13,23%	246,56
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	422,8	36,84%	

Observa-se também que a mesma redução na captação se deu no consumo, no entanto tendo uma porcentagem de redução maior, por se tratar de uma vazão menor de descarte.

4.1.2 Aplicação de Mudança de Processo - Cálculo

As operações de destilação e as torres de resfriamento como pertencentes à região abaixo da concentração *pinch* foram selecionadas como alvo de mudanças. Conforme a metodologia explicada no item 3.1, estas unidades se enquadram como operações de vazão fixa, devendo ter alimentação constante.

No caso da destilação, as opções de eliminação e substituição foram descartadas, por se tratar de equipamento essencial para uma refinaria de petróleo. Inclusive para aplicar mudanças de processo, a destilação também foi descartada por ausência de dados de suas concentrações limites para suas correntes afluentes.

O presente cenário deste estudo de caso mostra que as unidades correspondentes às torres de resfriamento 6121/22 e 6151 são responsáveis pela parcela mais significativa do consumo de água de fonte externa. Portanto, estas unidades são o foco principal para aplicar as diretrizes para mudanças de processos.

Por se tratarem de operações que trabalham com a maior parte de sua faixa de concentração depois da concentração *pinch*, a eliminação e substituição foram descartadas, pois demandariam estudos de substituição da torre de resfriamento por resfriadores a ar. No entanto, só é justificável essa substituição se todo o intervalo de concentração da torre de resfriamento estiver contido na região abaixo do *pinch*, o que não é o caso em questão (UMIST 1995).

Modificou-se a faixa de atuação das torres mantendo a diferença entre concentração de entrada e saída, contudo respeitando a sua concentração de entrada limite, que é 50 ppm, de acordo com a Tabela 2. As torres de resfriamento do estudo de caso são de sistema semi-aberto, por isso os valores usados da Tabela 2 foram os correspondentes ao de ciclo fechado, por ser mais restritivo.

As mudanças deste caso serão a permissão de que a torre de resfriamento que tem a menor faixa de concentração (TR6121/22) admita a entrada de uma corrente de *makeup* com concentração igual ao *pinch*, elevando de 13 ppm para 16,96 ppm, lembrando que há uma alta variabilidade dessas concentrações na planta, muitas vezes permitindo valores que ultrapassam em muito o de operação. Assim, haverá um aumento de mesmo valor na concentração de entrada e de saída, a fim de manter a mesma carga mássica, apenas trabalhando em intervalos de concentração com valores maiores. O mesmo foi feito na torre 6151. No entanto, esta teve sua concentração de entrada elevada de 13 ppm para 50 ppm, e sua concentração de saída de 112,87 ppm até 149,87 ppm.

Pelo diagrama exposto na Figura 16, fica evidente que com a mudança proposta para a torre 6121/22 o afluente da destilação terá uma maior parcela de reuso na torre. Enquanto que a mudança na torre 6151 permite um possível reuso da purga da torre 6121 em sua alimentação.

Assim, os dados utilizados como *input* para o programa MINEA estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - *Input* para o programa MINEA para cálcio DFA+Mudança.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	8,60	8,60	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	2,71	2,71	0,04		
TR6121/22	OP3	793,25	16,96	92,86	60207,68	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	50,00	149,87	16701,26	152,67	não
A11	OP5	3,39	6,15	16,96	36,65	-293,97	

A Figura 18 apresenta o Diagrama de Fontes de Água para a proposta com as mudanças implementadas e a Figura 19 apresenta o fluxograma proposto.

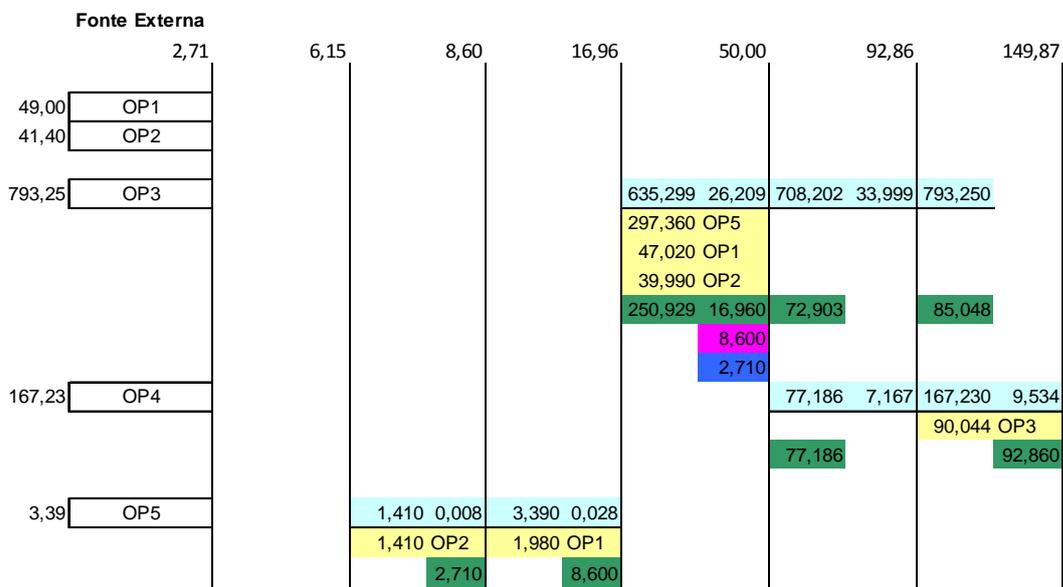


Figura 18 – Diagrama de fontes de água para o caso cálcio DFA+Mudanças.

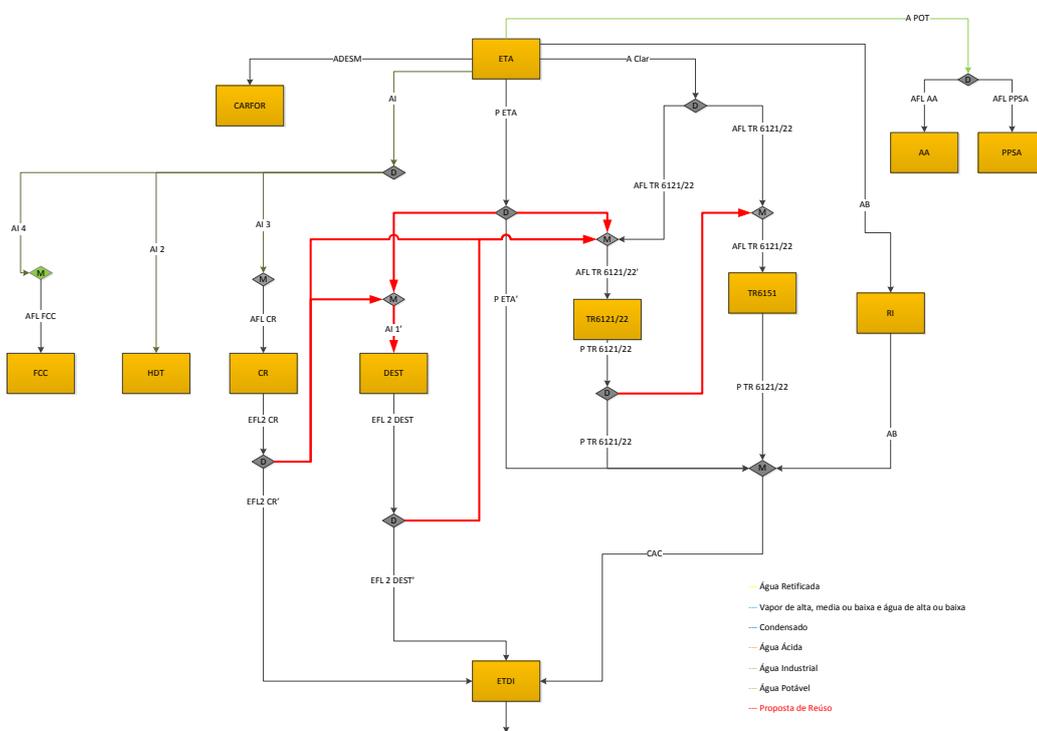


Figura 19 - Proposta de reuso para o caso cálcio DFA+Mudanças.

Houve neste caso uma redução substancial da vazão requerida para o abastecimento da unidade TR6121/22, pois foi possível todo o reuso do efluente da unidade de destilação, nomeado pela corrente “EFL2 DEST”. Além disso, também foi possível o uso de 47,02 t/h da corrente da purga da ETA (PETA) e 39,99 t/h da corrente “EFL2 CR”.

A torre 6151/22 foi beneficiada com uma vazão de 90,04 t/h da corrente de purga da torre 6121/22.

As correntes “P ETA” e “EFL2 DEST” compuseram a corrente “AI 1” com as vazões 1,98 t/h e 1,41 t/h, respectivamente.

Dessa forma, a redução da captação de água foi de 477,80 t/h, o que reflete numa redução de 25,65% da vazão de água captada, conforme exposto na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultado para o caso cálcio DFA+Mudanças.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1385,2	25,65%	477,80
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	191,5	71,39%	

A vazão de efluente também teve significativa redução, reduzindo a vazão destinada a ETDI. Assim, essa proposta se mostra muito favorável à aplicação de mudanças para o reuso.

4.2 Contaminante representativo: Sílica.

4.2.1 Aplicação do método DFA - Sílica

Considerando o contaminante de referência sílica para a análise com o DFA foram consideradas a unidade de destilação e as torres de resfriamento.

As operações OP1 e OP2 são as fontes de água com potencial para reuso, sendo representada pela corrente purga da ETA (P ETA) e pela corrente efluente da unidade de coqueamento (EFL2 CR).

Assim, as informações fornecidas ao MINEA encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Input MINEA caso componente sílica DFA.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	9,40	9,40	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	2,97	2,97	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	15,00	109,67	75096,98	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	15,00	93,88	13191,10	152,67	não
AI1	OP5	3,39	6,75	36,75	101,70	-293,97	

O diagrama resposta proposto para este caso está disposto na Figura 20, enquanto que o fluxograma com o rearranjo de correntes encontra-se na Figura 21.

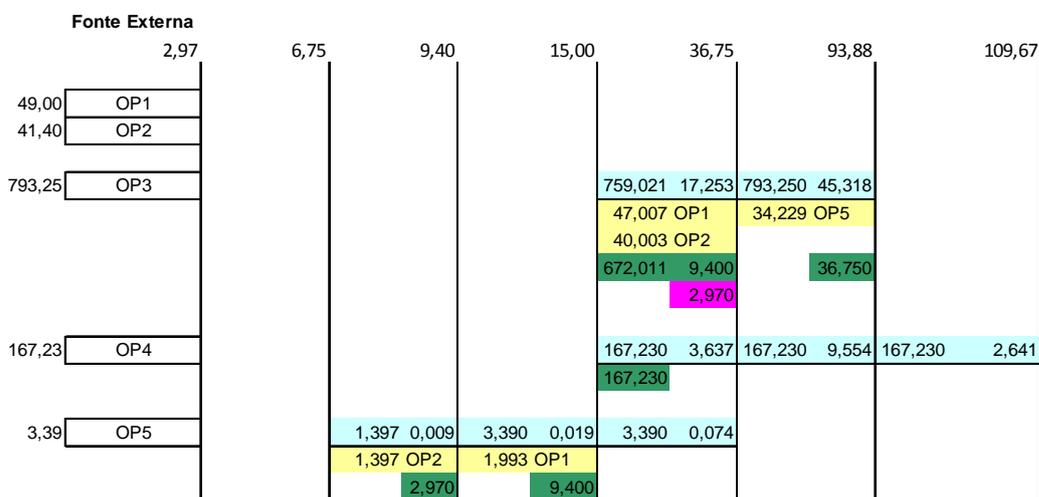


Figura 20 - Diagrama resposta proposto para o caso sílica DFA.

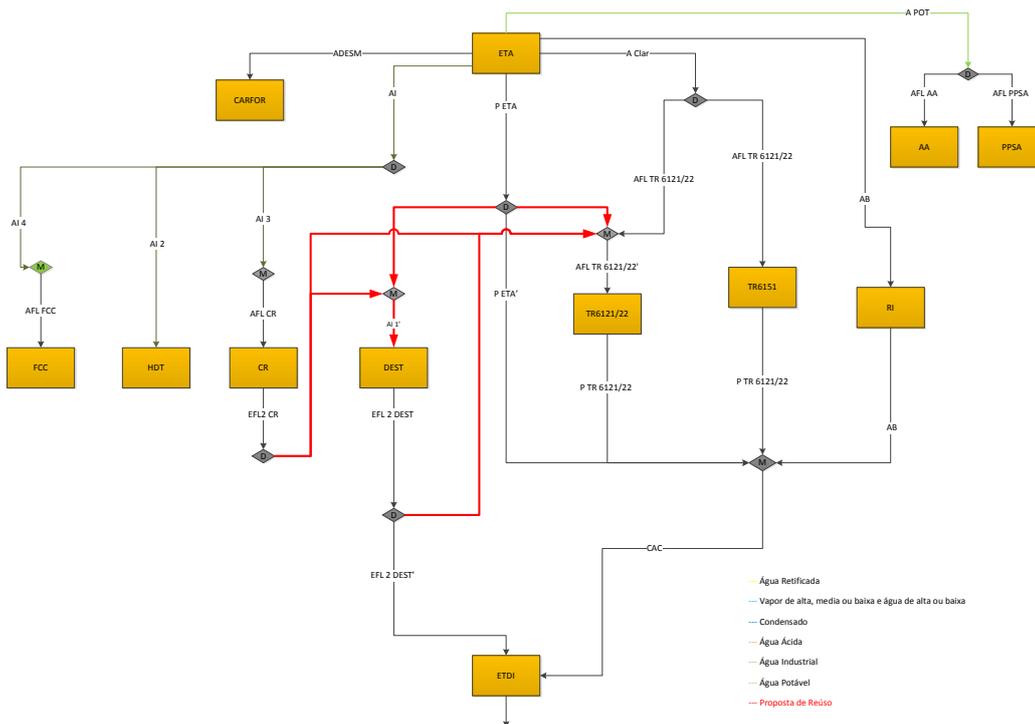


Figura 21 - Fluxograma proposto para o caso sílica DFA.

O efluente da unidade de coqueamento retardado (EFL2 CR) foi totalmente reusado para ajudar a compor as correntes “AFL TR6121/22” e “AI 1”, com 40,00 t/h e 1,4 t/h, respectivamente. Além disso, a corrente de purga (P ETA) foi toda aproveitada para ajudar a compor as correntes “AFL TR6121/22” e “AI 1”, com 47,00 t/h e 1,99 t/h, respectivamente. A corrente “EFL2 DEST” teve 34,23 t/h de sua vazão reusada na torre de resfriamento 6121/22.

Como visto no resultado dos cálculos para essa proposta, exposto na Tabela 9, a redução apenas alcançou 6,69% da vazão captada de água.

Tabela 9 - Comparação entre resultado do caso sílica DFA e o caso base.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1738,3	6,69%	124,63
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	544,7	18,62%	

4.2.2 Aplicação das Mudanças de Processo - Sílica

De acordo com o diagrama na Figura 20 a concentração *pinch* é 36,75 ppm, logo, todas as unidades analisadas estão abaixo do *pinch*.

Como discutido no item 4.1.2, as mudanças aplicáveis aqui são nas torres de resfriamento. Portanto, segundo a Tabela 2, a concentração máxima para o contaminante sílica é de 25 ppm.

Assim, a modificação na torre 6121/22 será o aumento de 15 ppm para 25 ppm em sua concentração de entrada, e o aumento de 93,88 ppm para 103,88 ppm em sua concentração de saída. Além disso, a modificação na torre 6151 será o aumento de 15 ppm para 25 ppm em sua concentração de entrada e o aumento de 109,67 ppm para 119,67 ppm em sua concentração de saída.

Dessa forma, as informações usadas como *input* para o programa MINEA estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Informações fornecidas ao MINEA para o caso sílica DFA+Mudança.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
Peta	OP1	49,00	9,40	9,40	0,00		
EFL 2 CR	OP2	41,40	3,28	3,28	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	25,00	103,88	62571,56	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	25,00	119,67	15831,66	152,67	não
AI1	OP5	3,39	7,44	36,78	99,46		
EFL AC	OP6	43,00	4,12	36,78	1404,38		
AFL DEST	OP7	138,00	4,12	36,78	4507,08	-136,30	

O Diagrama de Fontes de Água proposto pelo programa MINEA está apresentado na Figura 22, enquanto que o fluxograma da respectiva proposta encontra-se na Figura 23.

item 4.2.1. A “P ETA” contribuiu com 47,01 t/h de água para compor a reposição da torre 6121/22.

A torre 6121/22 conseguiu aproveitar toda a corrente “EFL2 DEST” que foi inserida em sua corrente de reposição, totalizando um reuso de 297,36 t/h. Além disso, a torre 6151 recebeu reuso de 18,82 t/h da corrente purga da torre 6121/22.

Como se pode ver na Tabela 11, a redução foi de 21,82% na vazão captada, sendo um valor considerável, impactando positivamente na decisão de implementação da proposta de reuso.

Tabela 11 - Comparação entre caso base e a proposta de reuso com mudanças implementadas do caso sílica DFA+Mudança.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1456,4	21,82%	406,58
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	262,7	60,75%	

4.3 Contaminante representativo: Amônia

4.3.1 Aplicação do método DFA

Para o contaminante de referência amônia foram selecionadas a unidade de hidrotratamento (HDT), destilação e as torres de resfriamento, conforme indica a Tabela 3, pois possuem uma transferência de massa positiva para as correntes aquosas. Dessa forma, foram escolhidas as correntes aquosas para serem tratadas como subunidades do HDT e da destilação, sendo elas AI 2 e AI 1, respectivamente.

Como a unidade de HDT fornece efluente apenas para a UEAA, seu efluente foi configurado no programa MINEA como proibido para reuso, enquanto as demais operações foram configuradas normalmente. Portanto, as informações usadas para alimentar o *software* MINEA estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Informações *input* para o caso amônia DFA.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	0,10	0,10	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	0,91	0,91	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	23,00	23,21	166,58	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	23,00	24,37	229,11	152,67	não
AI1	OP5	3,39	0,05	219,67	744,51	-293,97	
AI2	OP6	6,50	0,05	13879,40	90215,78		

O diagrama proposto se encontra disposto na Figura 24, enquanto seu fluxograma pode ser visto na Figura 25.

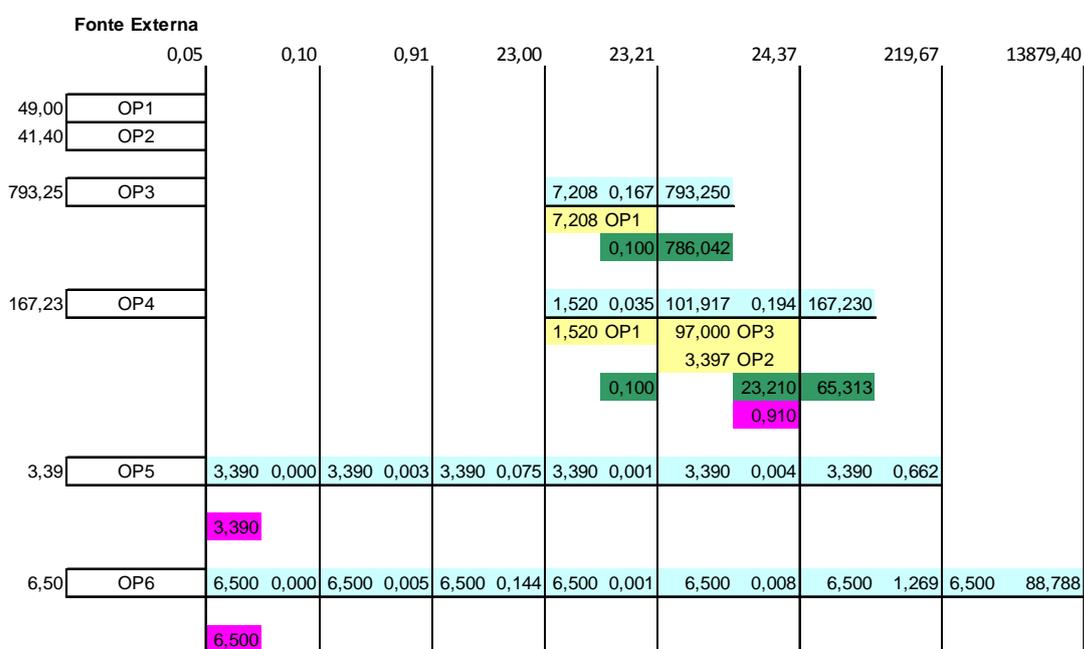


Figura 24 - DFA para o caso amônia DFA.

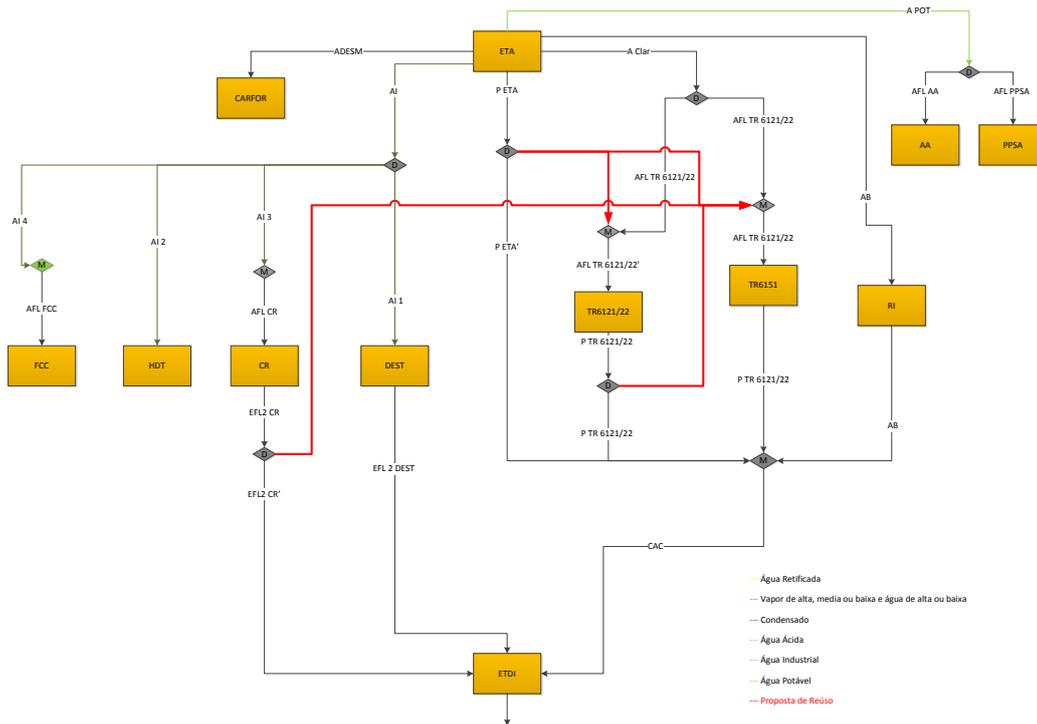


Figura 25 - Fluxograma proposto para o caso amônia DFA.

Nessa proposta, as fontes originais foram usadas para alimentar as unidades de HDT e destilação.

Note que as torres de resfriamento tiveram sua vazão completada com a fonte externa de água clarificada, mesmo depois de terem sido feitos os cálculos para transferência de massa. Assim, a concentração de entrada real com os balanços calculados mostra que a corrente apresenta leve diluição, ficando com a concentração de entrada menor que a especificada. No entanto, isso não é considerado pelo programa MINEA, não calculando a diluição, sendo uma oportunidade de melhoria.

A torre de resfriamento 6121/22 teve sua corrente de *make-up* incrementada com 7,21 t/h provenientes da corrente “P ETA”. Enquanto isso, a torre de resfriamento 6151 teve sua corrente afluenta composta por 1,52 t/h, 3,40 t/h e 97,00 t/h das correntes “P ETA”, “EFL2 CR” e “P TR6121/22”.

A redução do cenário de reuso considerando o contaminante amônia foi de 5,86%, comparada com a vazão de captação do caso base. Portanto, foi uma redução muito pequena, não justificando todos os rearranjos de correntes propostos. Este resultado está disposto na Tabela 13.

Tabela 13 - Comparação da captação entre o caso base e o cenário amônia DFA

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1753,8	5,86%	109,13
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	560,2	16,31%	

4.3.2 Aplicação de mudança de processo – Amônia

A partir do diagrama disposto na Figura 24, pode-se ver que a concentração *pinch* do sistema é de 24,37 ppm, principalmente pela torre de resfriamento 6151. Assim, as unidades abaixo do *pinch* do sistema são as torres de resfriamento e as subunidades da unidade de hidrotreatamento (HDT) e da destilação (DEST), “AI 2” e “AI 1”, respectivamente.

Aplicando as diretrizes das mudanças de processo, vê-se uma motivação forte para buscar uma substituição por resfriadores a ar, pois estas duas unidades estão com toda a sua faixa de concentração antes do *pinch*, fazendo com que seja necessária uma alta demanda de água doce tratada para uso inicial nessas unidades. No entanto, essa substituição tem grande potencial de ter um custo elevado, pois se estaria trocando o custo do uso da água pelo uso da energia, que em geral é mais cara.

Em se tratando da unidade de hidrotreatamento, esta utiliza água para dissolver os sais de amônia formados da hidrogenação de grupos aminas presentes no petróleo. Assim, esta unidade pode ser caracterizada como de carga mássica fixa.

Como a unidade de HDT trabalha em uma faixa ampla de concentração, considera-se aqui a flexibilização da concentração de entrada de suas duas correntes,

para valores iguais ao *pinch* de 24,37 ppm. Assim, a concentração de saída da unidade passa de 13879,40 ppm para 13903,72 ppm.

A unidade de destilação utiliza sua água principalmente para ser misturada à carga de petróleo, visando à redução das pressões parciais dos vapores de hidrocarbonetos, e auxiliando no seu fracionamento. Assim, trata-se de uma operação de vazão fixa. Portanto, efetua-se a flexibilização da concentração de entrada para valores iguais aos do *pinch*, sendo sua nova concentração de saída de 243,99 ppm.

As mudanças nas torres de resfriamento poderiam ser a elevação das concentrações de entrada para amônia para valores acima do *pinch*. No entanto, essa seria uma flexibilização que poderia danificar o equipamento ou trazer outros problemas. De acordo com Vanelli (2004) a concentração limite recomendada para nitrogênio amoniacal na torre de resfriamento é de 1 ppm. Portanto, decidiu-se não variar suas concentrações.

As informações que foram usadas para alimentar o programa MINEA estão dispostas na Tabela 14.

Tabela 14 - Informações *input* para o programa MINEA no caso amônia DFA+Mudanças.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	0,10	0,10	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	0,91	0,91	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	23,00	23,21	166,58	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	23,00	24,37	229,11	152,67	não
AI1	OP5	3,39	24,37	243,99	744,51	-293,97	não
AI2	OP6	6,50	24,37	13903,72	90215,78		

Pode-se ver na Figura 26 o diagrama para o caso amônia com máximo reuso e na Figura 27 o seu fluxograma está disposto.

Para o cenário proposto, a corrente “AI 2” foi totalmente suprida pelos efluentes das unidades de coqueamento e de destilação, com 5,87 t/h e 0,63 t/h, respectivamente.

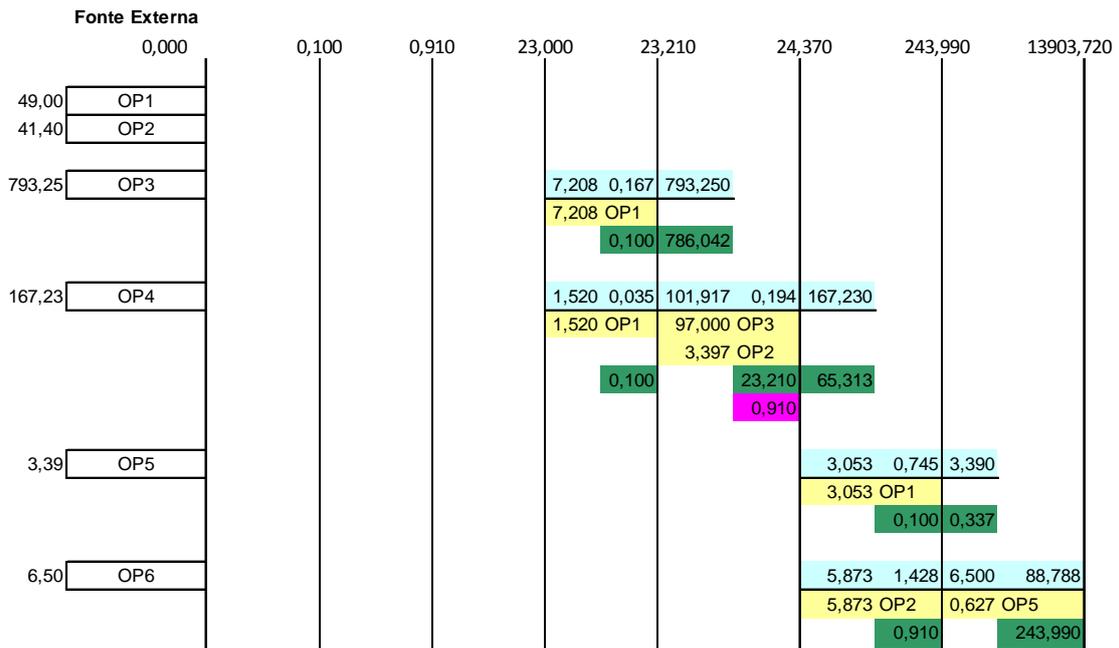


Figura 26 - Diagrama resposta para o caso amônia DFA+Mudanças.

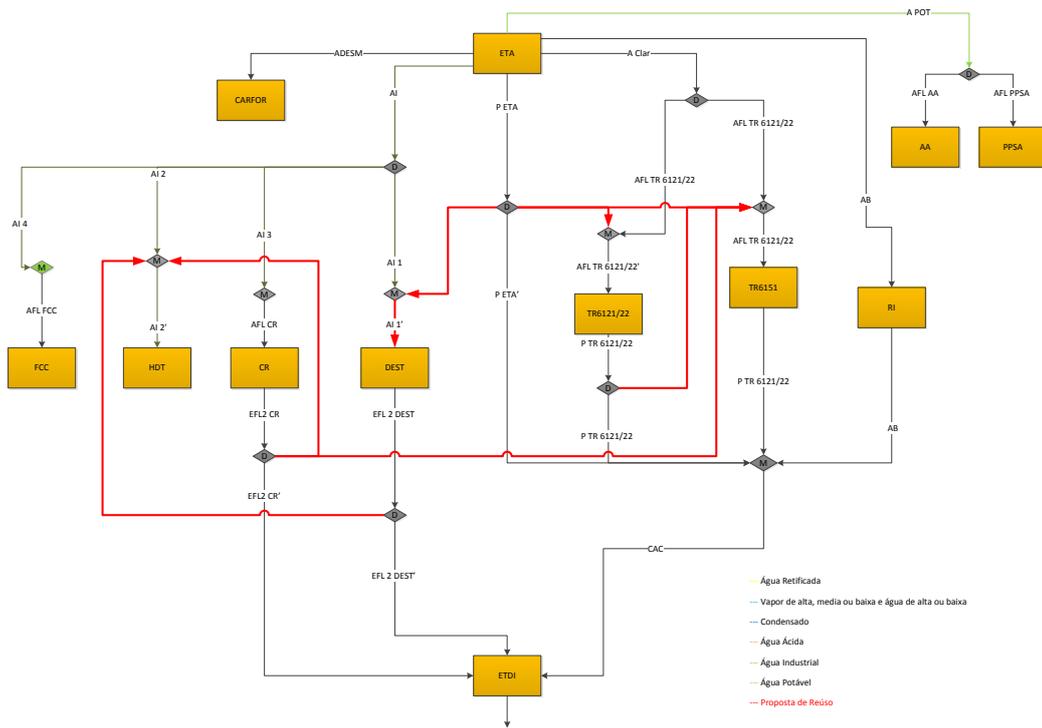


Figura 27 - Fluxograma proposto para o caso amônia DFA+Mudança.

A corrente “AI 1” foi parcialmente suprida com 3,05 t/h da corrente “P ETA”. Foi proposto no diagrama o uso de 0,34 t/h de água clarificada para completar a

restrição de vazão fixa estabelecida, pois esta água era a fonte externa mais concentrada disponível. No entanto, para o fluxograma e para os balanços foi assumido que essa vazão foi preenchida com a corrente de água industrial, que já era direcionada para a unidade.

A torre de resfriamento 6121 foi alimentada apenas pela corrente “P ETA” com a vazão de 7,2 t/h. Além disso, a torre de resfriamento 6151 foi alimentada com reuso das correntes “P ETA”, “EFL2 CR” e “P TR6121/22”, com as vazões 1,52 t/h, 3,40 t/h e 97,00 t/h, respectivamente.

Apesar das várias realocações de correntes, a redução de vazão de água foi de 6,37%, como apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Comparação dos resultados com o caso base.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1744,3	6,37%	118,68
Consumo	1193,6	1193,0	0,05%	
Descarte	669,4	551,3	17,64%	

4.4 Contaminante representativo: Sulfeto

4.4.1 Aplicação do método DFA - Sulfeto

Para o contaminante de referência sulfeto foram escolhidas as unidades de destilação, hidrotratamento e as torres de resfriamento, seguindo as premissas de escolher unidades com transferência de massa positiva para as correntes.

Dessa forma, as informações usadas como *inputs* para o programa MINEA estão dispostas na Tabela 16.

Tabela 16 - Informações usadas como *input* para o programa MINEA no caso sulfeto DFA.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	0,10	0,10	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	0,51	0,51	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	0,08	0,10	15,87	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	0,08	0,10	3,34	152,67	não
AI1	OP5	3,39	0,07	262,04	888,08	-293,97	não
AI2	OP6	6,50	0,07	24275,50	157790,30		

O diagrama gerado como resposta está apresentado na Figura 28, enquanto o fluxograma proposto está apresentado na Figura 29.

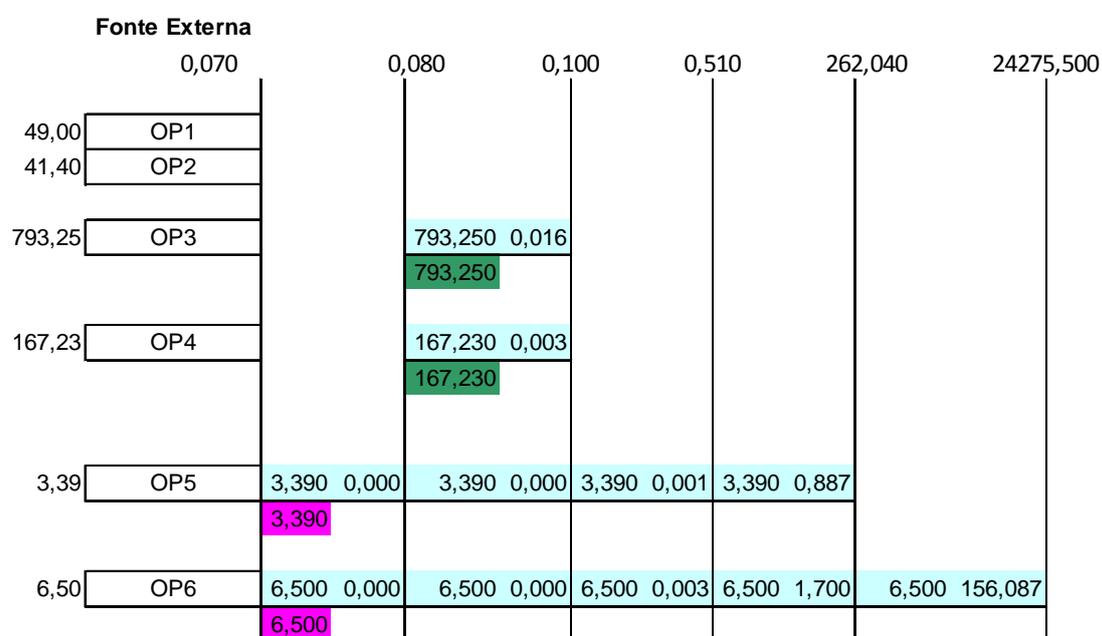


Figura 28 - DFA calculado para o contaminante de referência sulfeto.

Conforme mostram os resultados encontrados para o contaminante sulfeto, não houve proposta de mudança, porque todas as fontes internas disponíveis tinham concentração superior à requisitada pelas operações.

A Tabela 17 apresenta os resultados comparativos entre o caso base e a proposta de reuso apresentada em termos de vazão, mostrando que não houve nenhuma redução.

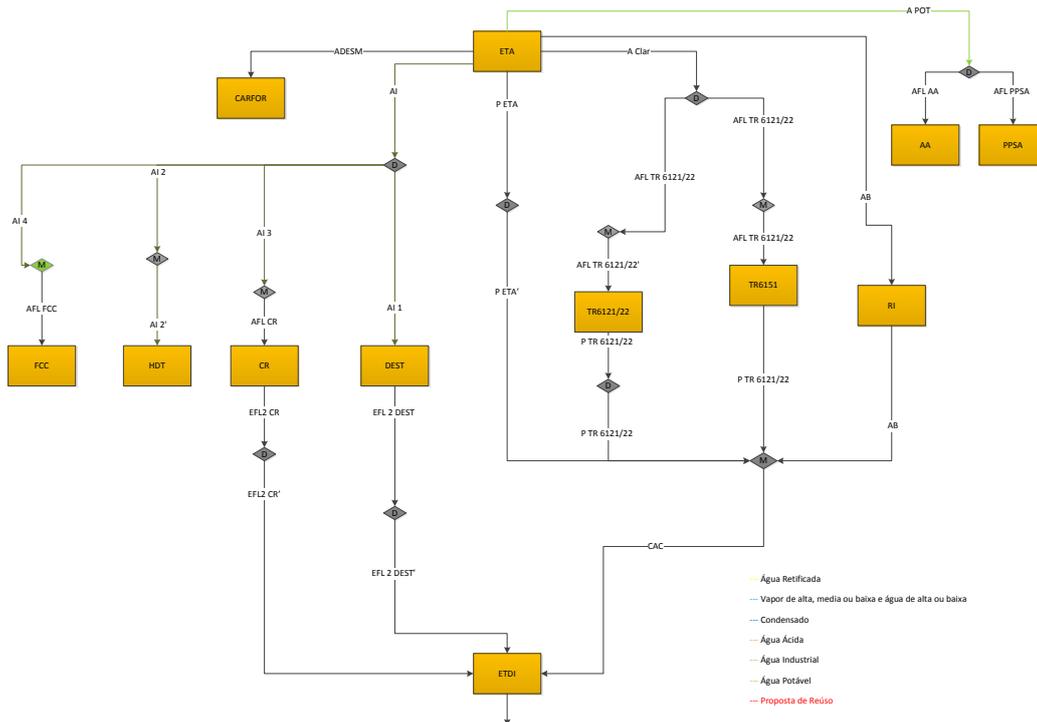


Figura 29 - Fluxograma proposto para o caso sulfeto.

Tabela 17 - Comparação entre o caso base e o caso sulfeto DFA.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1863,0	0,00%	0,00
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	669,3	0,00%	

4.4.2 Aplicação de mudança de processo – Sulfeto

A partir do diagrama exposto, pode-se ver a que a concentração *pinch* é de 0,10 ppm. Dessa forma, todas as operações foram selecionadas para aplicar as diretrizes de mudanças.

De acordo com Vanelli (2004), o valor máximo teórico para o contaminante sulfeto seria 10 ppm. No entanto, a elevação para 1 ppm já possibilitaria o reuso das correntes “P ETA” e “EFL2 CR” para sua alimentação. Dessa forma, a modificação nas torres de resfriamento foi assumir que suas concentrações de entrada sejam de 1 ppm e as concentrações de saída das torres 6121 e 6151 será de 1,02 ppm.

As motivações para essa mudança nas operações de hidrotreatamento e destilação será de acordo com o já exposto no item 4.3.2. Note que se estas operações tiverem suas concentrações de entrada alteradas para 1,02 ppm é possível o reuso do efluente da torre para sua alimentação. Portanto, considera-se que as operações terão uma flexibilização das concentrações de entrada, passando a ser 1,02 ppm. Já suas concentrações de saída passam de 262,04 ppm para 262,99 ppm na unidade de destilação, e de 24275,5 ppm para de 24276,45 ppm na unidade de HDT.

As informações usadas para alimentar o *software* MINEA estão expostas na Tabela 18.

Tabela 18 - Informações *input* para o caso sulfeto DFA+Mudança.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	0,10	0,10	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	0,51	0,51	0,00		
TR6121/22	OP3	793,25	1,00	1,02	15,87	696,25	não
TR6151	OP4	167,23	1,00	1,02	3,34	152,67	não
AI1	OP5	3,39	1,02	262,99	888,08	-293,97	não
AI2	OP6	6,50	1,02	24276,45	157790,30		

O diagrama resposta a essas mudanças está apresentado na Figura 30, enquanto o fluxograma proposto está representado na Figura 31.

Na proposta apresentada, a torre de resfriamento 6121 foi alimentada com 17,24 t/h provenientes da corrente “P ETA”. Enquanto a torre 6151 foi alimentada com 6,56 t/h provenientes da corrente “EFL2 CR”. Além disso, a corrente efluente da torre 6121 pode compor as correntes “AI1” e “AI 2” com 3,39 t/h e 6,5 t/h, respectivamente.

Os resultados com as mudanças implementadas no caso sulfeto estão apresentadas na apresentadas na

Tabela 19. A redução foi muito pequena, pois os efluentes gerados tinham concentrações muito acima da faixa de trabalho das torres, impossibilitando o reuso. Assim, este levou a uma redução de 1,81%.

Fonte Externa	0,07	0,08	0,10	0,51	1,00	1,02	262,99	24276,45
49,00 OP1								
41,40 OP2								
793,25 OP3						17,245 0,016	793,250	
						17,245 OP1		
						0,100	776,005	
167,23 OP4						6,558 0,003	167,230	
						6,558 OP2		
						0,510	160,672	
3,39 OP5							3,390 0,888	
							3,390 OP3	
							1,020	
6,50 OP6							6,500 1,703	6,500 156,087
							6,500 OP3	
							1,020	

Figura 30 - Diagrama proposto para o caso sulfeto DFA+Mudanças.

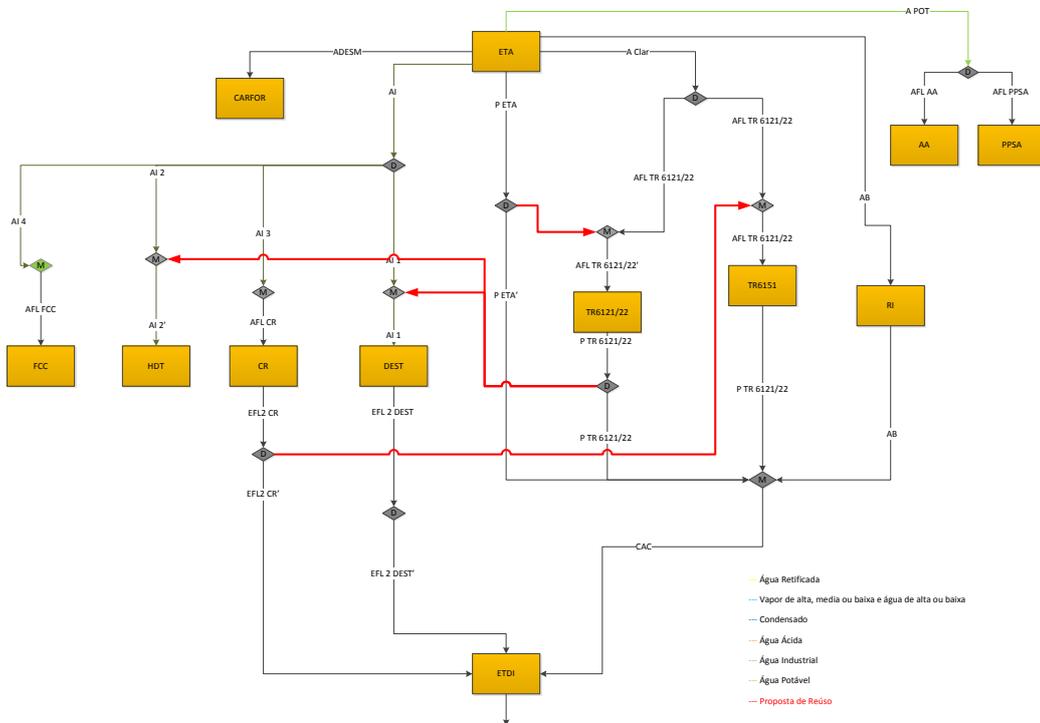


Figura 31 - Fluxograma proposto para o caso sulfeto DFA+Mudanças.

Tabela 19 - Comparação entre o resultado do caso e o caso base.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1829,3	1,81%	33,69
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	635,6	5,04%	

4.5 Contaminante representativo: Cloreto

4.5.1 Aplicação do método DFA - Cloreto

Para o contaminante de referência cloreto, foram selecionadas apenas unidades que possuíam carga mássica positiva. Portanto, como disposto na Tabela 2, apenas as torres de resfriamento, a ETDI e a unidade de coqueamento retardado apresentam essa característica.

A unidade de coqueamento retardado apresenta uma carga mássica positiva. No entanto, a corrente de alimentação desta unidade apresenta concentrações de cloreto maiores na entrada do que na saída. Isso se deve principalmente pela condensação de vapores que ocorrem no equipamento, diluindo a concentração. Portanto, essa unidade foi desconsiderada para a análise, buscando apenas oportunidades de reuso para o seu efluente (EFL2 CR)

A ETDI foi desconsiderada para a análise pelo seu caráter regenerativo, como discutido anteriormente. A Tabela 20 contém as informações *input* para o programa MINEA estão dispostas abaixo.

Tabela 20 - *Input* de valores para o MINEA caso cloreto DFA.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	9,70	9,70	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	1,15	1,15	0,00		
EFL2 DEST	OP3	297,36	135,04	135,04	0,00		

TR6121/22	OP4	793,25	16,88	163,70	116464,97	696,25	não
TR6151	OP5	167,23	16,88	200,36	30683,36	152,67	não

A partir dos dados, o diagrama resposta para esse contaminante de referencia está apresentado na Figura 32. Seu fluxograma está disposto na Figura 33.

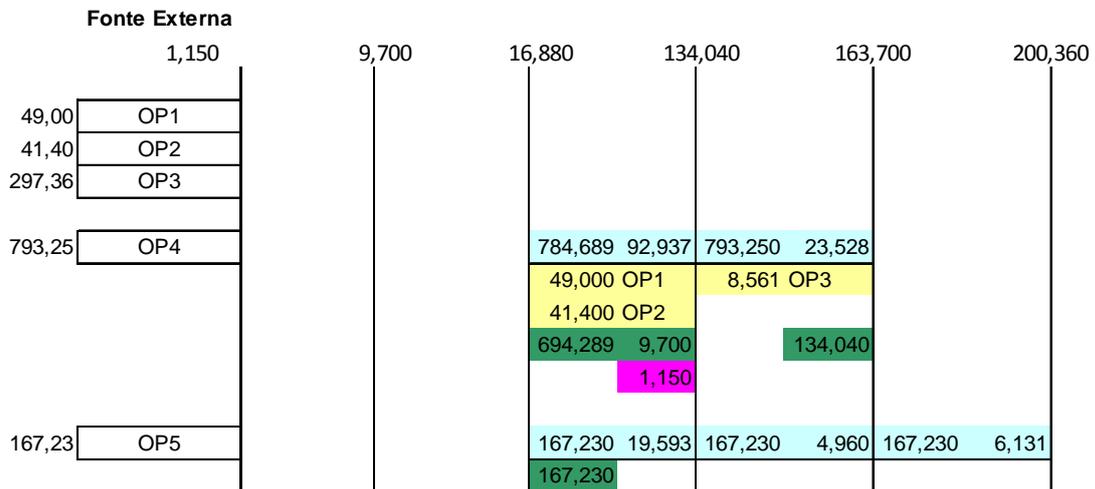


Figura 32 - Diagrama de fontes de água para o contaminante de referência cloreto.

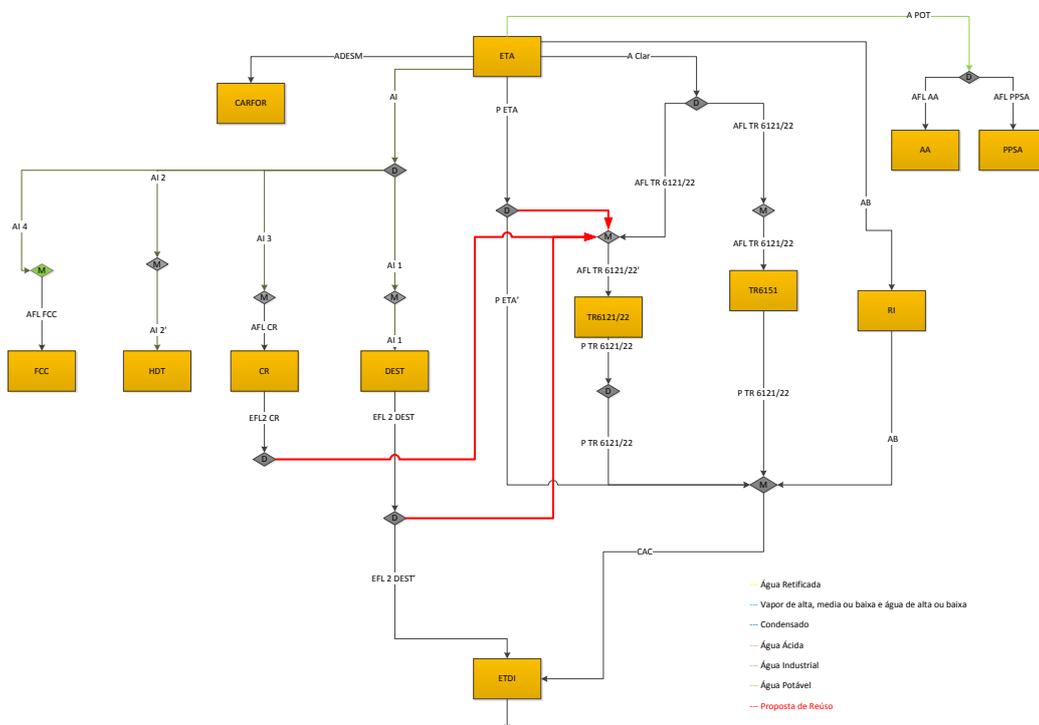


Figura 33 - Fluxograma para o caso cloreto DFA.

Para o contaminante cloreto, é possível reutilizar toda a corrente efluente do coqueamento retardado (EFL2 CR) e toda a corrente purga da ETA (P ETA) na torre de resfriamento 6121/22, reusando um total de 90,4 t/h.

Ainda na torre 6121/22, foi reutilizado 8,56 t/h da corrente efluente da destilação (EFL2 DEST). Com isso, foi possível atingir uma redução de 5,33% em toneladas de água captada.

Tabela 21 - Comparação entre resultado cloreto DFA e caso base

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1764,0	5,31%	98,96
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	570,4	14,79%	

4.5.2 Aplicação de mudança de processo – Cloreto.

Conforme apresentado no diagrama da Figura 32, a concentração *pinch* é 134,04 ppm de cloreto. Portanto, ambas as operações estão atravessando a concentração de estrangulamento com suas faixas de concentração.

Aplicando as diretrizes de mudanças de processo, conclui-se que a mudança mais apropriada para esse caso é o deslocamento de concentrações para regiões acima do *pinch*.

Conforme a Tabela 2, a concentração limite permitida é de 500 ppm. Portanto, a mudança implementada na torre de resfriamento 6121/22 é a elevação da concentração de entrada de 16,88 ppm para 134,04 ppm e a concentração de saída para 280,86 ppm.

Note que se a concentração de entrada da torre 6151 for elevada até valores superiores a 280,86 ppm, esta poderá ser totalmente alimentada com água de reúso, caso haja vazão suficiente. Portanto, para este caso em que as operações irão funcionar em faixas de concentração diferentes, a mudança na concentração da torre de resfriamento

6151 será admitir que sua concentração de entrada passe de 16,88 ppm para 280,86 ppm, e sua concentração de saída passe de 200,36 ppm para 464,34 ppm.

Assim, as informações *input* do programa MINEA estão dispostas na Tabela 22.

Tabela 22 - Informações de *input* para o MINEA caso cloreto com mudanças implementadas.

Subunidade	OP	Vazão de entrada [m³/h]	Concentração Entrada [ppm]	Concentração Saída [ppm]	Carga mássica [g/h]	Perdas (+) e Ganhos(-)	Pode ter vazão menor?
P ETA	OP1	49,00	9,70	9,70	0,00		
EFL2 CR	OP2	41,40	1,15	1,15	0,00		
EFL2 DEST	OP3	297,36	134,04	134,04	0,00		
TR6121/22	OP4	793,25	134,04	280,86	116464,97	696,25	não
TR6151	OP5	167,23	280,86	464,34	30683,36	152,67	não

A Figura 34 apresenta a proposta do programa MINEA para o caso cloreto considerando as mudanças nos processos. A Figura 35 apresenta o fluxograma para a proposta.

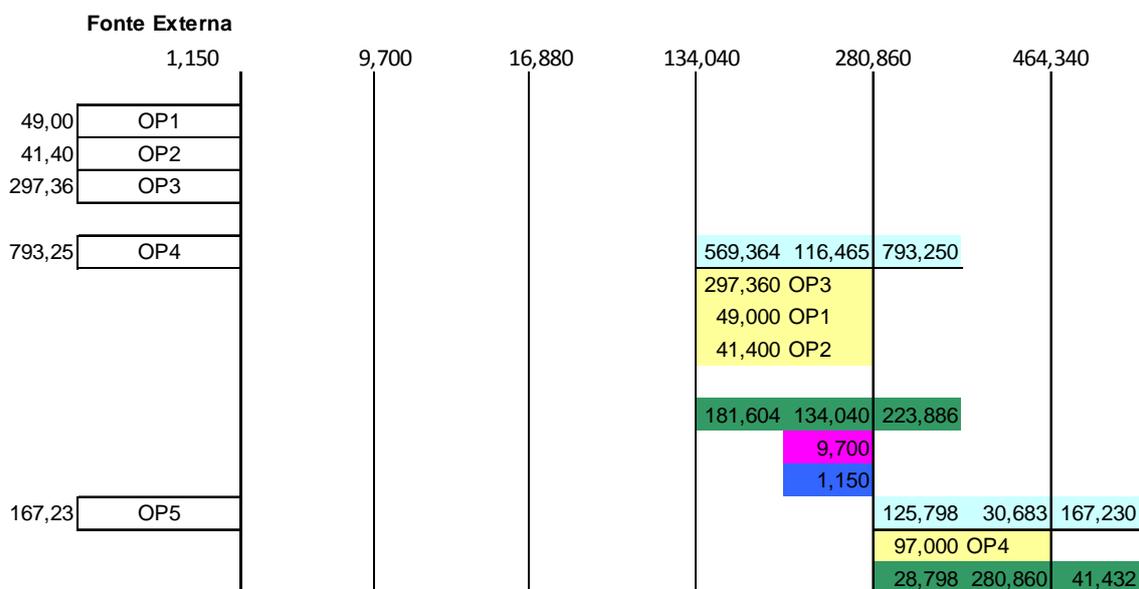


Figura 34 - DFA para o caso cloreto com mudanças implementadas.

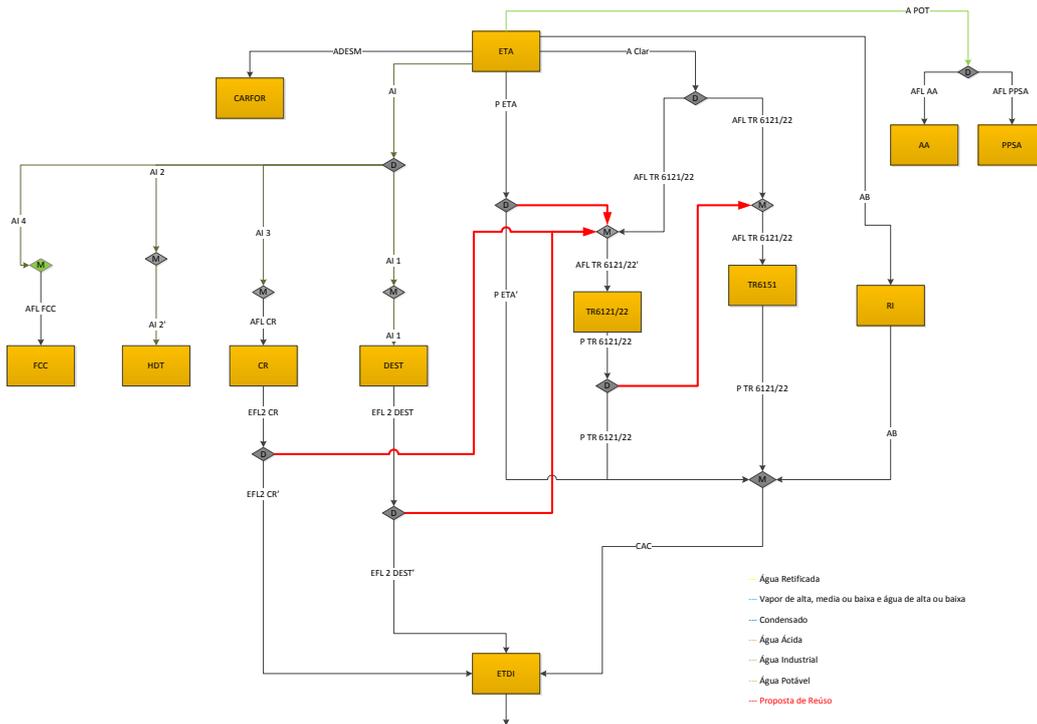


Figura 35 - Fluxograma do caso cloreto com mudanças implementadas.

A partir da proposta de mudança foi possível reutilizar todas as correntes colocadas no diagrama para a alimentação da torre de resfriamento 6121/22. Esta pode destinar uma vazão de 97 t/h, que corresponde a toda a sua purga, para a corrente de reposição na torre 6151.

Dessa forma, foi possível reduzir em 27,37% a captação de água, indicando que essa proposta teve uma redução expressiva. Com esse resultado, toda a água que antes era direcionada para a ETDI, agora é destinada à torre de resfriamento, reduzindo em 72,43% a vazão de efluente descartado.

Tabela 23 - Comparação entre resultado da proposta cloreto DFA+ Mudança e o caso base.

	Base (t/h)	Proposta (t/h)	Redução (%)	Redução (t/h)
Captação	1863,0	1378,2	26,02%	484,76
Consumo	1193,6	1193,6	0,00%	
Descarte	669,4	184,6	72,43%	

4.6 Comparação entre cenários

4.6.1 Comparação entre opções de reuso

Os resultados de vazão de captação e efluente estão apresentados de forma reunidas na Tabela 24.

Tabela 24 - Comparativo entre cenários.

		Captação (t/h)	Redução (%)	Descarte (t/h)	Redução (%)
CASO BASE		1863,0	-	669,4	-
Cálcio	DFA	1616,40	13%	422,76	37%
	DFA+Mudanças	1385,16	26%	191,52	71%
Sílica	DFA	1738,33	7%	544,69	19%
	DFA+Mudanças	1456,38	22%	262,74	61%
Amônia	DFA	1753,83	6%	560,19	16%
	DFA+Mudanças	1744,28	6%	551,27	18%
Sulfeto	DFA	1862,96	0%	669,32	0%
	DFA+Mudanças	1829,27	2%	635,63	5%
Cloreto	DFA	1764,00	5%	570,36	15%
	DFA+Mudanças	1378,20	26%	184,56	72%

Os valores apresentados na Tabela 24 foram dispostos no gráfico apresentado na Figura 36.

O caso apresentado para o contaminante sulfeto é o caso mais restritivo, não permitindo o reuso de nenhuma corrente. Somente com a mudança de processo foi possível alguma redução. Portanto, recomenda-se que se investigue os reais limites de sulfeto para a torre de resfriamento, destinação da maioria das propostas de reuso apresentadas. Além disso, estudar a alocação de algum sistema de tratamento local para ser imposto as correntes com potencial de reuso, como são os efluentes da unidade de destilação e coqueamento retardado.

A partir das propostas, pode-se ver que os cenários “Cálcio DFA+Mudança” e “Cloreto DFA+Mudança” são os que apresentam as maiores reduções nas vazões de

água e efluente. Isso foi possível pela possibilidade de reusar os efluentes nas torres de resfriamento.

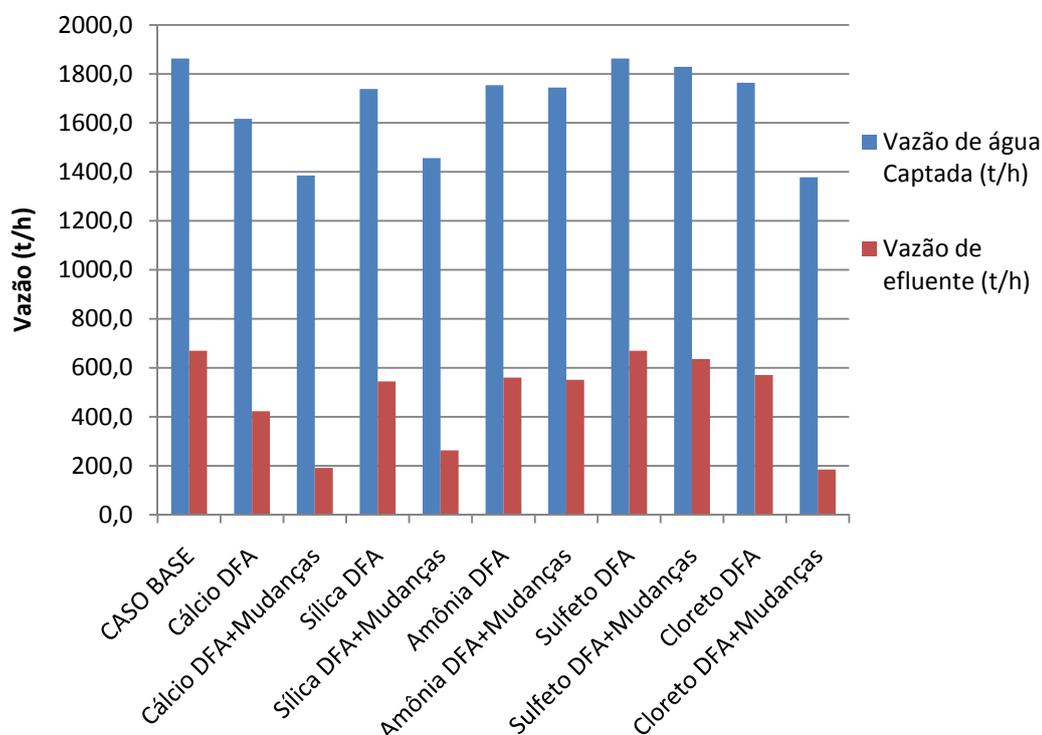


Figura 36 - Gráfico comparativo das vazões de cada cenário.

Importante ressaltar que os reúsos na torre causam perturbações na carga de contaminante que circula em suas correntes laterais. Dessa forma, é válido ressaltar que estes reúsos afetariam aos ciclos de concentração dos contaminantes, que, por sua vez, demandariam mais produtos químicos para evitar corrosões, incrustações, formações de biofilme entre outros problemas.

Essa redução na demanda por água acarretaria num impacto socioambiental positivo para a cidade onde está situada a refinaria, pois esta água estaria disponível para consumo da população. Além disso, o rio usado para captação de água possui períodos de baixa correnteza durante o ano, sendo mais um motivador para se buscar minimizar o consumo de água na refinaria.

4.6.2 Comparação entre custos dos cenários

Para cada um dos casos propostos foi estimado o impacto de sua redução. Dessa forma, para efetuar os cálculos foram usados fatores sobre o custo de captação e tratamento da água para uso na refinaria de petróleo e seu tratamento de efluente. Essas informações estão apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 - Fatores de custo do uso de água em refinaria de petróleo (Wang and Smith 1994a).

	US\$/ton
Captação e Condicionamento da Água	0,3
Tratamento do efluente na ETDI	1,0067

Com isso, foram feitos os cálculos para os valores de redução de custo para cada proposta, apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Comparação entre custo e porcentagem de redução entre o caso base e os cenários.

	CASO BASE	Cálcio		Sílica		Amônia		Sulfeto		Cloreto	
		DFA	DFA+ Mudanças	DFA	DFA+ Mudanças	DFA	DFA+ Mudanças	DFA	DFA+ Mudanças	DFA	DFA+ Mudanças
Captação Água Bruta (t/h)	1863,0	1616,40	1385,16	1738,33	1456,38	1753,83	1744,28	1862,96	1829,27	1764,00	1378,20
Descarte de Efluente (t/h)	669,4	422,76	191,52	544,69	262,74	560,19	551,27	669,32	635,63	570,36	184,56
Total (Milhões de US\$/ano)	\$ 10,60	\$ 7,83	\$ 5,23	\$ 9,20	\$ 6,03	\$ 9,37	\$ 9,27	\$ 10,60	\$ 10,22	\$ 9,49	\$ 5,15
Redução de custos (%)	-	26,14%	50,65%	13,21%	43,10%	11,57%	12,53%	0,00%	3,57%	10,49%	51,39%

A Figura 37 apresenta uma projeção em que foi calculado o valor da economia proposta para valores crescentes de coeficiente de captação e condicionamento de água. Assim, fica evidente que no longo prazo a economia é maior, indicando que se uma redução de água não for implementada a empresa arcará com maiores despesas.

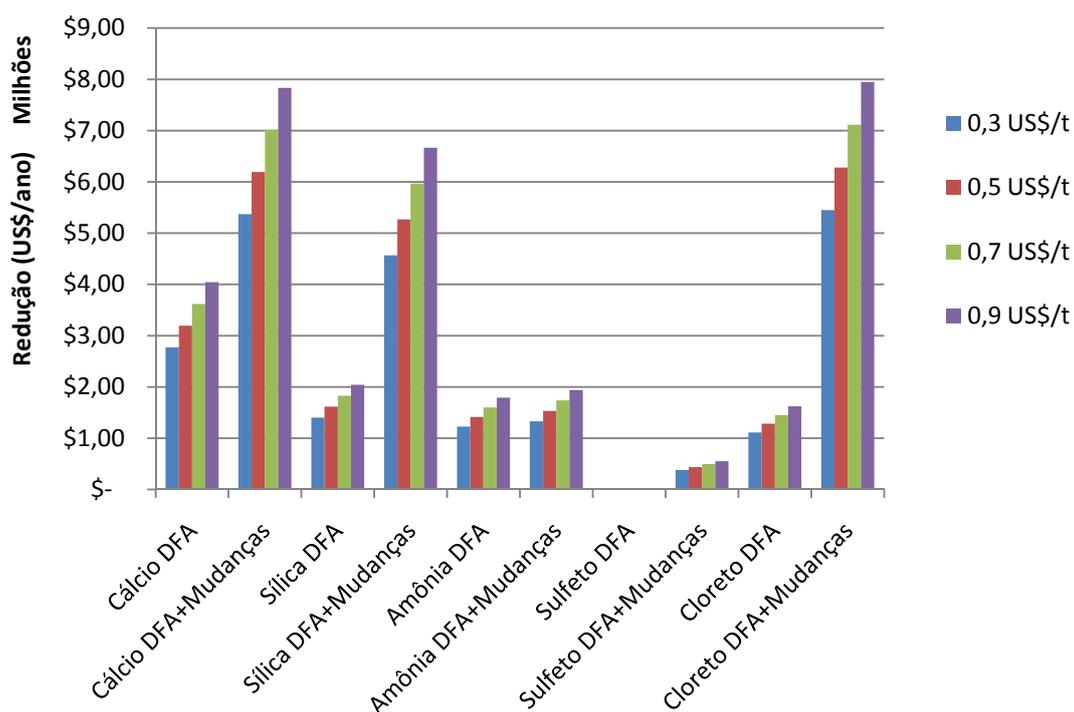


Figura 37 - Projeção de cenários para valor da redução para diferentes valores de custo para captação e condicionamento de água.

Para uma avaliação comparativa das reduções alcançadas, foi feita uma comparação dos custos de água usada e efluente tratado com a taxa de uma operadora de água (CEDAE), mostrado na Tabela 27. Como o consumo industrial é superior a 30 m³/mês, o preço utilizado para os cálculos foi de 4,43 R\$/m³.

Tabela 27 - Tarifa da água CEDAE por faixa de consumo (DELGADO, 2008).

Vazão de consumo	Fator de diferenciação	Preço (R\$/m ³)
1 até 20 m ³ /30 dias	1,00	1,48
21 até 30 m ³ /30 dias	2,20	3,25
acima de 30 m ³ /30 dias	3,00	4,43

Para fins comparativos e de cálculo, foi considerado que 1 US\$ = 2 R\$. Assim, os valores de custo das propostas baseados nos valores taxados estão apresentados na Figura 38.

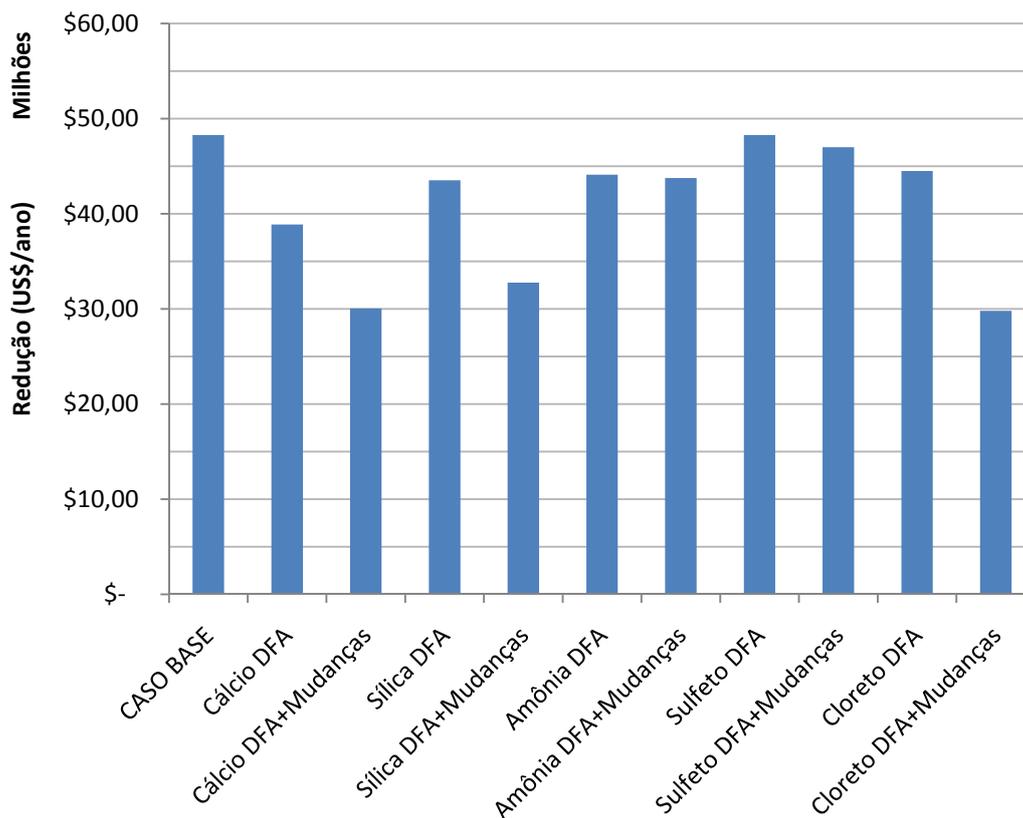


Figura 38 - Gráfico com os valores de custo baseados nos valores cobrados pela operadora CEDAE.

Conforme apresentado na Figura 38, os cenários que tiveram melhores resultados de redução de custo foram para o contaminante de referencia cálcio com mudanças de processo e para o contaminante cloreto com mudança de processo. Para as duas propostas o custo passou de 48 milhões dólares por ano para aproximadamente 30 milhões dólares por ano.

Pode-se concluir que a substituição das estações de tratamento de água e despejos industriais não seria viável economicamente. Além disso, a operadora não fornece águas com qualidades necessárias para o abastecimento de todas as operações da planta, como por exemplo, a água desmineralizada fornecida para o sistema de geração de vapor, sendo necessário mais um investimento em sistema de tratamento adequado.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Os problemas de integração de processos têm sido alvo de estudos pelas últimas décadas por apresentar propostas altamente econômicas no âmbito financeiro e ambiental. Dentro deste contexto, a integração mássica enfoca seus esforços para reduzir o desperdício de água e o impacto ambiental através de modelos matemáticos para a resolução de problemas.

Por serem problemas de natureza combinatória, os métodos usados tendem a achar uma multiplicidade de propostas que poderia ser implementadas. Assim, ainda fica a cargo do engenheiro projetista identificar qual a melhor opção.

Nesse sentido, o Diagrama de Fontes de Água integrado à metodologia proposta permite a rápida tomada de decisão dos equipamentos alvos para a mudança de processo. Estes por sua vez afetam diretamente o *pinch* mássico do sistema, levando a uma redução do consumo e do descarte de efluente. No entanto, o DFA é um método heurístico algorítmico, não garantindo a solução ótima, entretanto, apresenta propostas que aproximam em muito da solução ótima.

O procedimento proposto apresenta grande potencial para reduzir a demanda de água de uma rede hídrica qualquer. No estudo de caso do presente trabalho, tratou-se de uma refinaria de petróleo.

Com os cenários propostos, foi possível reduzir em até 26% a vazão de água captada e de reduzir 76% na vazão de efluente tratado. Com isso, houve redução dos custos operacionais relativos à captação, condicionamento, uso, tratamento e descarte, alcançando reduções de 50% em relação ao caso base. Esta redução foi alcançada, pois a maior destas propostas foi feita em relação ao efluente, que possui maior valor conforme a Tabela 25.

Os casos que tiveram menores custos apresentaram reuso de correntes na reposição das torres de resfriamento, que consomem parte significativa da água captada pela refinaria. Além disso, o reuso na torre de resfriamento pode levar a um aumento no

custo de produtos químicos utilizado no tratamento local da água de resfriamento, que não foi tratado neste estudo.

Os casos mais restritivos foram em relação aos contaminantes de referência sulfeto e amônia, havendo redução aproximadamente de 5% na vazão de efluente e 3,5% no custo após a mudança de processo. Recomenda-se que a melhor opção a ser implementada deve ser a mais restritiva, garantindo que não haverá violação das restrições dos demais contaminantes. No entanto, os dados considerados são valores médios não representando totalmente a realidade da planta, que possui valores variáveis de concentração de contaminante. Portanto, um estudo mais aprofundado do impacto das concentrações de sulfeto e amônia na torre de resfriamento é recomendado. Outra solução seria alocar tratamentos locais que permitam a redução das concentrações de sulfeto e amônia dos efluentes da destilação e do coqueamento retardado para permitir o reuso destes na torre de resfriamento.

Os cenários propostos permitem uma comparação, entre as redes geradas somente com o DFA com a rede com aplicação de mudanças de processo. Isso mostrou que em todos os casos foi averiguado aumento da porcentagem de redução de vazão e, com isso, de custo. Com isso, as mudanças implementadas permitiram a redução da vazão de efluente, que necessita de tratamento. No entanto, este chega mais concentrado na estação de tratamento de despejos industriais, podendo acarretar um maior custo para adequação do lançamento no corpo hídrico.

Conclui-se então, que há grande potencial em aplicar as diretrizes de mudanças de processo aos equipamentos alvos indicados pelo método DFA, acarretando assim, na mudança do *pinch*, ou seja, levando ao desengargalamento da proposta e à reduções maiores.

Como sugestões para trabalhos futuros é recomendado:

- Avaliar cenários considerando múltiplos contaminantes, averiguando a possibilidade de redução com essas novas restrições;
- Aprimorar a forma de cálculo do custo, considerando custo de implementação das propostas com custos de bombeamento e tubulação;

- Avaliar outros parâmetros para mudanças de processo mais específicos de cada equipamento;
- Incluir os equipamentos que possuem carga mássica de contaminante negativa, considerando-os como regeneradores.
- Aplicar o procedimento em outra planta industrial;
- Avaliar a eliminação da necessidade de água pela substituição da torre de resfriamento por resfriadores a ar;
- Avaliar a utilização de resfriadores a ar para acomodar parte da carga térmica da refinaria.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, P., H. Matos, M.C. Fernandes, and C. Pedro Nunes. 1999. “Improvements for Mass-Exchange Networks Design.” *Chemical Engineering Science* 54 (11) (June): 1649–1665. doi:10.1016/S0009-2509(98)00526-0. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009250998005260>.
- Collares, Stonesmogene. 2004. “Avaliação Do Uso de Recursos Hídricos Em Refinarias de Petróleo: Um Estudo de Caso de Caso Na Petrobras”. Universidade Federal Fluminense.
- El-Halwagi, M., and V. Manousiouthakis. 1989. “Synthesys of Mas Exchange Networks.” *American Institute of Chemical Engineering Journal* 35 (8): 1233–1244.
- Feng, Xiao, Yang Liu, Long Huang, and Chun Deng. 2009. “Graphical Analysis of Process Changes for Water Minimization.” *Industrial & Engineering Chemistry Research* 48 (15) (August 5): 7145–7151. doi:10.1021/ie900094m. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie900094m>.
- Foo, Dominic Chwan Yee. 2012. “A Generalised Guideline for Process Changes for Resource Conservation Networks.” *Clean Technologies and Environmental Policy* 15 (1) (March 27): 45–53. doi:10.1007/s10098-012-0475-4. <http://link.springer.com/10.1007/s10098-012-0475-4>.
- Gomes, J. 2002. “Procedimento Para Minimização de Efluentes Aquosos”. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Gomes, J., E. Queiroz, and F. Pessoa. 2007. “Design Procedure for Water/wastewater Minimization: Single Contaminant.” *Journal of Cleaner Production* 15 (5) (January): 474–485. doi:10.1016/j.jclepro.2005.11.018. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652605002519>.
- KARTHICK, R., G. KUMARAPRASAD, and B. SRUTI. 2010. “Hybrid Optimization Approach for Water Allocation and Mass Exchange Network.” *Resources, Conservation and Recycling* 54: 783 – 792.
- KUMARAPRASAD, G., and K. MUTHUKUMAR. 2009. “Design of Mass Exchange Network and Effluent Distribution System for Effective Water Management.” *Journal of Cleaner Production* 17: 1580 – 1593.
- Linnhoff, B., and J. Flower. 1979. *Synthesia of Heat Exchanger Networks: I. Systematics Generation of Energy Optimal Network*. Edited by AIChEJ. 24th ed.
- Mann, J.G.; Liu, Y.A. 1999. “Wastewater Minimization through Process Changes.” In *Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization*, 1st ed., 219–248. New York: McGraw-Hill.

- Mirre, R. 2007. “Recuperação E Reúso de Água Na Indústria de Petróleo: Síntese de Redes de Transferência de Massa”. Rio de Janeiro - RJ, Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Osantowski, R.A., J.C. Liello, and C.S. Applegate. 1995. “Generic Pollution Prevention: Water Management Technologies for Pollution Prevention.” In *Industrial Pollution Prevention Handbook*, edited by H. F. Freeman, 1st ed., 586–614. New York: McGraw-Hill.
- Perlingeiro, C. 2005. *Engenharia de Processos*. São Paulo: Blucher.
- Pessoa, F, R Mirre, and L Yokoyama. 2011. “Reúso de Efluentes Industriais Em Refinarias de Petróleo Usando O Método DFA Para Sistemas Regenerativos.” *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 6 (3): 127–151. doi:10.4136/1980-993X.
- Pessoa, F., E. Queiroz, R. Mirre, and A. Mehl. 2012. “Melhoramento Da Ferramenta DFA”. Relatório Técnico. Universidade Federal de Rio de Janeiro.
- Santos, Rodrigo Pinheiro. 2007. “Extensão E Automatização Do Diagrama de Fontes de Água Usado No Gerenciamento E Redução Do Consumo de Água Em Plantas Industriais”. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- UMIST. 1995. “Process Changes.” *Water and Wastewater Minimisation*. Manchester, U.K.: Department of Process Integration - UMIST.
- Vanelli, Carlos Alberto. 2004. “CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM REFINARIA DE PETRÓLEO □: O CASO DA REVAP”. Universidade Federal de Itajubá.
- Wan Alwi, S R, Z a Manan, M H Samingin, and N Misran. 2008. “A Holistic Framework for Design of Cost-Effective Minimum Water Utilization Network.” *Journal of Environmental Management* 88 (2) (July): 219–52. doi:10.1016/j.jenvman.2007.02.011. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17449168>.
- Wang, Y. P., and R. Smith. 1994a. “Wastewater Minimisation.” *Chemical Engineering Science* 49 (7): 981–1006.
- . 1994b. “Desing of Distributed Effluent Treatment Systems.” *Chemical Engineering Science* 49 (18): 3127–3145.
- . 1995. “Wastewater Minimization with Flowrate Constraints.” *Transactions of the Institution of Chemical Engineers* 73 (A): 889–904.

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1 – Balanço das unidades da REPLAN com os dados originais do estudo de caso.

Estação de Tratamento de Água									
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	ADESM
Vazão	1.862,96	69,67	170,00	53,81	29,74	24,07	960,48	49,00	560,00
Ca	8,45	6,15	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	0,00
Silica	10,42	6,75	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	0,01
NH3	12,28	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,86	2,39	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,50
Sulfeto	0,45	0,07	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,00
Cloreto	14,31	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de Destilação								
Corrente	AI 1	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST
Vazão	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,39
Ca	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96
Silica	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,75	36,75
NH3	0,05	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,67	219,67
Oleo e Graxa	2,39	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.024,07	1.024,07
PH	7,80	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,47	5,47
Sulfeto	0,07	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,04	262,04
Cloreto	2,20	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,04	134,04
Cianeto	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23
Fenol	0,03	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,13	84,13
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de Hidrotratamento						
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de Coqueamento Retardado						
Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2 CR	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de Craqueamento Catalítico								
Corrente	VAP 4	AI 4	EFL UEAA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	1,98	1,98	0,00	0,00
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	2,03	2,03	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	6,46	6,46	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade Esgotadora de Águas Ácidas

Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,15	2,35	3,22	0,00	0,00	0,00	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64
Silica	6,75	2,51	2,03	0,01	0,01	0,01	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,39	4,11	151,96	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,07	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,82	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22			Torre de Resfriamento 6151			EFL TR
		AFL TR6121/22	P TR6121/22	PD TR6121/22	AFL TR6151	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	960,48	793,25	97,00	696,25	167,23	14,56	152,67	111,56
Ca	13,00	13,00	88,90	88,90	13,00	112,87	112,87	92,03
Silica	15,00	15,00	93,88	93,88	15,00	109,67	109,67	95,94
NH3	23,00	23,00	23,21	23,21	23,00	24,37	24,37	23,36
Oleo e Graxa	1,83	1,83	2,80	2,80	1,83	1,00	1,00	2,57
PH	6,80	6,80	6,30	6,30	6,80	7,00	7,00	6,39
Sulfeto	0,08	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,10
Cloreto	16,88	16,88	163,70	163,70	16,88	200,36	200,36	168,48
Cianeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de Tratamento de Despejos Industriais

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	297,39	41,40	330,56	669,35
Ca	16,96	2,71	37,73	58,16
Silica	36,75	2,97	44,19	38,33
NH3	219,67	0,91	8,38	2,50
Oleo e Graxa	1.024,07	1,88	1.203,16	4,80
PH	5,47	5,64	6,30	8,10
Sulfeto	262,04	0,51	0,49	0,10
Cloreto	134,04	1,15	85,65	580,20
Cianeto	3,23	0,03	0,00	0,01
Fenol	84,13	36,58	0,05	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

7.2 ANEXO 2 – Balanço das unidades para os casos propostos.

- Caso Cálculo DFA

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.616,40	66,28	170,00	53,81	29,74	24,07	717,31	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	0,00	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	141,20
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,72	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,44	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	0,93	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,26	1.023,26	1.023,26
PH	7,80	5,65	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,45	5,45	5,45
Sulfeto	0,07	0,27	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	6,14	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,09	134,09	134,09
Cianeto	0,00	0,01	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	15,22	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,29	84,29	84,29
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)						
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URR4 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22				Torre de Resfriamento 6151			EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22	P TR6121/22	PD TR6121/22	AFL TR6151	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	717,31	550,08	793,25	97,00	696,25	167,23	14,56	152,67	111,56
Ca	13,00	13,00	13,00	88,90	88,90	13,00	112,87	112,87	92,03
Silica	15,00	15,00	18,33	97,21	97,21	15,00	109,67	109,67	98,83
NH3	23,00	23,00	59,25	59,46	59,46	23,00	24,37	24,37	54,88
Oleo e Graxa	1,83	1,83	202,82	203,79	203,79	1,83	1,00	1,00	177,32
PH	6,80	6,80	6,41	5,91	5,91	6,80	7,00	7,00	6,05
Sulfeto	0,08	0,08	51,68	51,70	51,70	0,08	0,10	0,10	44,96
Cloreto	16,88	16,88	38,74	185,56	185,56	16,88	200,36	200,36	187,49
Cianeto	0,00	0,00	0,64	0,64	0,64	0,00	0,00	0,00	0,56
Fenol	0,01	0,01	18,44	18,44	18,44	0,01	0,01	0,01	16,04
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)				
Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	141,20	0,00	281,56	422,76
Ca	16,96	2,71	42,80	75,30
Silica	36,66	2,97	51,39	46,47
NH3	219,69	0,91	22,31	2,17
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	73,47	1,79
PH	5,45	5,64	6,81	8,73
Sulfeto	262,06	0,51	18,33	0,09
Cloreto	134,09	1,15	106,39	658,32
Cianeto	3,23	0,03	0,22	0,01
Fenol	84,29	36,58	6,41	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Cálcio DFA + Mudanças

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.385,16	66,28	170,00	53,81	29,74	24,07	486,07	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	0,00	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	0,00
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,72	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,44	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	0,93	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,26	1.023,26	1.023,26
PH	7,80	5,65	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,45	5,45	5,45
Sulfeto	0,07	0,27	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	6,14	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,09	134,09	134,09
Cianeto	0,00	0,01	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	15,22	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,29	84,29	84,29
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)						
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	486,07	408,88	793,25	97,00	6,96	696,25	77,19	167,23	14,56	152,67	21,52
Ca	13,00	13,00	13,70	89,60	89,60	89,60	13,00	54,25	154,12	154,12	508,25
Silica	15,00	15,00	22,18	101,06	101,06	101,06	15,00	61,34	156,01	156,01	561,19
NH3	23,00	23,00	94,26	94,47	94,47	94,47	23,00	61,48	62,85	62,85	468,42
Oleo e Graxa	1,83	1,83	384,64	385,61	385,61	385,61	1,83	208,47	207,64	207,64	1.878,95
PH	6,80	6,80	6,17	5,67	5,67	5,67	6,80	6,19	6,39	6,39	29,88
Sulfeto	0,08	0,08	98,31	98,33	98,33	98,33	0,08	52,98	53,00	53,00	479,18
Cloreto	16,88	16,88	59,60	206,42	206,42	206,42	16,88	118,94	302,42	302,42	1.135,25
Cianeto	0,00	0,00	1,21	1,21	1,21	1,21	0,00	0,65	0,65	0,65	5,92
Fenol	0,01	0,01	33,45	33,45	33,45	33,45	0,01	18,01	18,02	18,02	162,98
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	0,00	0,00	191,52	191,52
Ca	16,96	2,71	66,42	146,36
Silica	36,66	2,97	81,02	81,02
NH3	219,69	0,91	53,46	1,31
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	215,81	0,99
PH	5,45	5,64	9,84	13,52
Sulfeto	262,06	0,51	54,59	0,05
Cloreto	134,09	1,15	174,74	994,74
Cianeto	3,23	0,03	0,66	0,00
Fenol	84,29	36,58	18,40	0,01
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Sílica DFA

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.738,33	66,28	170,00	53,81	29,74	24,07	839,24	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Sílica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	0,00	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	263,13
Ca	6,15	6,17	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,43	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	0,93	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,26	1.023,26	1.023,26
PH	7,80	5,65	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,45	5,45	5,45
Sulfeto	0,07	0,27	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	6,18	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,09	134,09	134,09
Cianeto	0,00	0,01	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	15,08	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,29	84,29	84,29
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Unidade de hidrotratamento (HDT)										
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT				
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60				
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22				
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03				
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40				
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96				
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50				
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50				
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00				
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97				
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82				
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

		Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				
Corrente	ACLF	AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	EFL TR
Vazão	839,24	672,01	793,25	97,00	97,00	696,25	167,23	167,23	14,56	152,67	111,56
Ca	13,00	13,00	12,39	88,29	88,29	88,29	13,00	13,00	112,87	112,87	91,50
Silica	15,00	15,00	15,00	93,88	93,88	93,88	15,00	15,00	109,67	109,67	95,94
NH3	23,00	23,00	29,02	29,22	29,22	29,22	23,00	23,00	24,37	24,37	28,59
Oleo e Graxa	1,83	1,83	45,81	46,78	46,78	46,78	1,83	1,83	1,00	1,00	40,81
PH	6,80	6,80	6,62	6,12	6,12	6,12	6,80	6,80	7,00	7,00	6,23
Sulfeto	0,08	0,08	11,41	11,43	11,43	11,43	0,08	0,08	0,10	0,10	9,95
Cloreto	16,88	16,88	20,72	167,54	167,54	167,54	16,88	16,88	200,36	200,36	171,82
Cianeto	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
Fenol	0,01	0,01	5,49	5,49	5,49	5,49	0,01	0,01	0,01	0,01	4,77
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)											
Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI							
Vazão	263,13	0,00	281,56	544,69							
Ca	16,96	2,71	42,59	66,57							
Silica	36,66	2,97	50,24	43,68							
NH3	219,69	0,91	11,90	2,76							
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	19,38	2,31							
PH	5,45	5,64	6,88	8,51							
Sulfeto	262,06	0,51	4,46	0,11							
Cloreto	134,09	1,15	100,19	663,57							
Cianeto	3,23	0,03	0,05	0,01							
Fenol	84,29	36,58	1,95	0,02							
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00							

- Caso Sílica DFA + Mudanças

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.456,38	66,28	170,00	53,81	29,74	24,07	557,29	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Sílica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	0,00	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	0,00
Ca	6,15	6,17	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,43	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	0,93	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,26	1.023,26	1.023,26
PH	7,80	5,65	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,45	5,45	5,45
Sulfeto	0,07	0,27	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	6,18	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,09	134,09	134,09
Cianeto	0,00	0,01	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	15,08	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,29	84,29	84,29
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)						
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22 ,	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151 '	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	557,29	408,88	793,25	97,00	78,18	696,25	148,41	167,23	14,56	152,67	92,74
Ca	13,00	13,00	13,70	89,60	89,60	89,60	13,00	21,62	121,49	121,49	112,79
Silica	15,00	15,00	22,18	101,06	101,06	101,06	15,00	24,68	119,35	119,35	124,44
NH3	23,00	23,00	94,26	94,47	94,47	94,47	23,00	31,04	32,41	32,41	103,89
Oleo e Graxa	1,83	1,83	384,64	385,61	385,61	385,61	1,83	45,01	44,18	44,18	410,23
PH	6,80	6,80	6,17	5,67	5,67	5,67	6,80	6,67	6,87	6,87	7,01
Sulfeto	0,08	0,08	98,31	98,33	98,33	98,33	0,08	11,13	11,15	11,15	104,59
Cloreto	16,88	16,88	59,60	206,42	206,42	206,42	16,88	38,21	221,69	221,69	250,69
Cianeto	0,00	0,00	1,21	1,21	1,21	1,21	0,00	0,14	0,14	0,14	1,29
Fenol	0,01	0,01	33,45	33,45	33,45	33,45	0,01	3,77	3,78	3,78	35,57
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)				
Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	0,00	0,00	262,74	262,74
Ca	16,96	2,71	46,61	102,70
Silica	36,66	2,97	57,03	57,03
NH3	219,69	0,91	37,28	0,92
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	148,25	0,68
PH	5,45	5,64	7,20	9,89
Sulfeto	262,06	0,51	37,47	0,03
Cloreto	134,09	1,15	122,90	699,61
Cianeto	3,23	0,03	0,46	0,00
Fenol	84,29	36,58	12,62	0,01
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Amônia DFA

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.753,83	69,67	170,00	53,81	29,74	24,07	851,35	49,00	40,27	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	3,39	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	297,36
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,05	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	2,39	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,28	1.023,28	1.023,28
PH	7,80	7,80	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,47	5,47	5,47
Sulfeto	0,07	0,07	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	2,20	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,05	134,05	134,05
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,03	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Unidade de hidrotratamento (HDT)										
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT				
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60				
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22				
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03				
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40				
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96				
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50				
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50				
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00				
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97				
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82				
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	38,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URR4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	EFL TR
Vazão	851,35	786,04	793,25	97,00	0,00	696,25	65,31	167,23	14,56	152,67	14,56
Ca	13,00	13,00	12,96	88,86	88,86	88,86	13,00	56,75	156,62	156,62	748,62
Silica	15,00	15,00	14,95	93,83	93,83	93,83	15,00	60,43	155,10	155,10	780,20
NH3	23,00	23,00	22,79	23,00	23,00	23,00	23,00	22,34	23,72	23,72	176,93
Oleo e Graxa	1,83	1,83	1,82	2,79	2,79	2,79	1,83	2,37	1,54	1,54	20,10
PH	6,80	6,80	6,79	6,29	6,29	6,29	6,80	6,47	6,67	6,67	48,57
Sulfeto	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12	0,12	0,79
Cloreto	16,88	16,88	16,81	163,63	163,63	163,63	16,88	101,62	285,10	285,10	1.375,25
Cianeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,75	0,76	0,76	0,81
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	297,36	38,00	224,83	560,19
Ca	16,96	2,71	57,96	71,50
Silica	36,66	2,97	67,52	46,76
NH3	219,69	0,91	12,19	2,99
Oleo e Graxa	1.023,28	1,88	5,37	2,50
PH	5,47	5,64	9,68	9,86
Sulfeto	262,06	0,51	0,71	0,12
Cloreto	134,05	1,15	131,01	704,82
Cianeto	3,23	0,03	0,00	0,01
Fenol	84,14	36,58	0,12	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Amônia DFA + Mudanças

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.744,28	60,12	170,00	53,81	29,74	24,07	851,35	49,00	37,22	560,00
Ca	8,48	6,78	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	7,44	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,64	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,08	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	0,34	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	297,36
Ca	6,15	8,36	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,98	16,98	16,98
Silica	6,75	9,14	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,69	36,69	36,69
NH3	0,05	0,09	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	0,48	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,26	1.023,26	1.023,26
PH	7,80	5,87	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,45	5,45	5,45
Sulfeto	0,07	0,10	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	8,95	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,12	134,12	134,12
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,00	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Unidade de hidrotratamento (HDT)										
Corrente	VAP 2	AI2	AI 2'	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT			
Vazão	63,00	0,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60			
Ca	0,00	6,15	4,09	3,64	0,00	0,00	2,33			
Silica	0,01	6,75	6,22	3,59	0,01	0,01	0,48			
NH3	0,00	0,05	22,03	41,93	0,00	0,00	13.879,02			
Oleo e Graxa	0,00	2,39	100,45	40,00	0,00	0,00	152,63			
PH	5,50	7,80	5,62	9,37	5,50	5,50	13,75			
Sulfeto	0,00	0,07	25,75	22,57	0,00	0,00	24.275,99			
Cloreto	0,10	2,20	13,98	6,29	0,10	0,10	0,00			
Cianeto	0,00	0,00	0,34	1,50	0,00	0,00	5,02			
Fenol	0,00	0,03	41,17	1.718,90	0,00	0,00	723,35			
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	32,13	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	EFL TR
Vazão	851,35	786,04	793,25	97,00	0,00	696,25	65,31	167,23	14,56	152,67	14,56
Ca	13,00	13,00	12,96	88,86	88,86	88,86	13,00	56,75	156,62	156,62	156,62
Silica	15,00	15,00	14,95	93,83	93,83	93,83	15,00	60,43	155,10	155,10	155,10
NH3	23,00	23,00	22,79	23,00	23,00	23,00	23,00	22,34	23,72	23,72	23,72
Oleo e Graxa	1,83	1,83	1,82	2,79	2,79	2,79	1,83	2,37	1,54	1,54	1,54
PH	6,80	6,80	6,79	6,29	6,29	6,29	6,80	6,47	6,67	6,67	6,67
Sulfeto	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12	0,12	0,12
Cloreto	16,88	16,88	16,81	163,63	163,63	163,63	16,88	101,62	285,10	285,10	285,10
Cianeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,75	0,76	0,76	0,76
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	297,36	32,13	221,78	551,27
Ca	16,98	2,71	19,77	38,06
Silica	36,69	2,97	27,28	30,94
NH3	219,69	0,91	2,30	2,93
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	4,22	2,53
PH	5,45	5,64	6,98	8,36
Sulfeto	262,06	0,51	0,68	0,12
Cloreto	134,12	1,15	61,11	552,16
Cianeto	3,23	0,03	0,00	0,01
Fenol	84,14	36,58	0,12	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Sulfeto DFA

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.862,96	69,67	170,00	53,81	29,74	24,07	960,48	49,00	49,00	560,00
Ca	8,48	6,15	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	6,75	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,39	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,07	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	3,39	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	297,36
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,05	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	2,39	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,28	1.023,28	1.023,28
PH	7,80	7,80	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,47	5,47	5,47
Sulfeto	0,07	0,07	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	2,20	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,05	134,05	134,05
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,03	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)							
Corrente	VAP 2	AI2	AI 2'	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	6,15	3,64	0,00	0,00	2,62
Silica	0,01	6,75	6,75	3,59	0,01	0,01	0,56
NH3	0,00	0,05	0,05	41,93	0,00	0,00	13.875,95
Oleo e Graxa	0,00	2,39	2,39	40,00	0,00	0,00	138,95
PH	5,50	7,80	7,80	9,37	5,50	5,50	14,06
Sulfeto	0,00	0,07	0,07	22,57	0,00	0,00	24.272,41
Cloreto	0,10	2,20	2,20	6,29	0,10	0,10	0,00
Cianeto	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,61
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	41,40	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	960,48	793,25	793,25	97,00	97,00	696,25	167,23	167,23	14,56	152,67	111,56
Ca	13,00	13,00	13,00	88,90	88,90	88,90	13,00	13,00	112,87	112,87	92,03
Silica	15,00	15,00	15,00	93,88	93,88	93,88	15,00	15,00	109,67	109,67	95,94
NH3	23,00	23,00	23,00	23,21	23,21	23,21	23,00	23,00	24,37	24,37	23,36
Oleo e Graxa	1,83	1,83	1,83	2,80	2,80	2,80	1,83	1,83	1,00	1,00	2,57
PH	6,80	6,80	6,80	6,30	6,30	6,30	6,80	6,80	7,00	7,00	6,39
Sulfeto	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10
Cloreto	16,88	16,88	16,88	163,70	163,70	163,70	16,88	16,88	200,36	200,36	168,48
Cianeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	297,36	41,40	330,56	669,32
Ca	16,96	2,71	37,73	58,03
Silica	36,66	2,97	44,19	38,29
NH3	219,69	0,91	8,38	2,50
Oleo e Graxa	1.023,28	1,88	3,64	2,09
PH	5,47	5,64	6,75	8,41
Sulfeto	262,06	0,51	0,49	0,10
Cloreto	134,05	1,15	85,65	580,22
Cianeto	3,23	0,03	0,00	0,01
Fenol	84,14	36,58	0,05	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Sulfeto DFA + Mudanças

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.829,27	59,78	170,00	53,81	29,74	24,07	936,68	49,00	31,76	560,00
Ca	8,48	6,15	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	6,75	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,39	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,07	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST'
Vazão	0,00	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	297,36
Ca	6,15	88,80	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	17,80	17,80	17,80
Silica	6,75	93,76	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	37,55	37,55	37,55
NH3	0,05	22,71	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,92	219,92	219,92
Oleo e Graxa	2,39	2,77	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,28	1.023,28	1.023,28
PH	7,80	6,28	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,46	5,46	5,46
Sulfeto	0,07	0,10	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	163,54	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	135,69	135,69	135,69
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,01	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)							
Corrente	VAP 2	AI2	AI 2'	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	0,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	88,80	3,64	0,00	0,00	14,15
Silica	0,01	6,75	93,76	3,59	0,01	0,01	12,69
NH3	0,00	0,05	22,71	41,93	0,00	0,00	13.879,11
Oleo e Graxa	0,00	2,39	2,77	40,00	0,00	0,00	139,00
PH	5,50	7,80	6,28	9,37	5,50	5,50	13,84
Sulfeto	0,00	0,07	0,10	22,57	0,00	0,00	24.272,41
Cloreto	0,10	2,20	163,54	6,29	0,10	0,10	0,00
Cianeto	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	0,01	1.718,90	0,00	0,00	717,61
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	34,84	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151					EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151		
Vazão	936,68	776,01	793,25	97,00	90,50	696,25	160,67	167,23	14,56	152,67	105,06	
Ca	13,00	13,00	12,90	88,80	88,80	88,80	13,00	12,60	112,47	112,47	97,58	
Silica	15,00	15,00	14,88	93,76	93,76	93,76	15,00	14,53	109,20	109,20	101,70	
NH3	23,00	23,00	22,50	22,71	22,71	22,71	23,00	22,13	23,51	23,51	24,22	
Oleo e Graxa	1,83	1,83	1,80	2,77	2,77	2,77	1,83	1,83	1,00	1,00	2,69	
PH	6,80	6,80	6,78	6,28	6,28	6,28	6,80	6,75	6,95	6,95	6,76	
Sulfeto	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,12	0,12	0,11	
Cloreto	16,88	16,88	16,72	163,54	163,54	163,54	16,88	16,26	199,74	199,74	178,68	
Cianeto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fenol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,44	1,45	1,45	0,21	
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	297,36	34,84	306,82	639,02
Ca	17,80	2,71	40,12	61,02
Silica	37,55	2,97	47,02	40,21
NH3	219,92	0,91	8,83	2,62
Oleo e Graxa	1.023,28	1,88	3,90	2,19
PH	5,46	5,64	6,94	8,50
Sulfeto	262,06	0,51	0,52	0,10
Cloreto	135,69	1,15	91,65	610,31
Cianeto	3,23	0,03	0,00	0,01
Fenol	84,14	36,58	0,12	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Cloreto DFA

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.764,00	69,67	170,00	53,81	29,74	24,07	861,52	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,15	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	6,75	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,39	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,07	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	3,39	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	288,80
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,05	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	2,39	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,28	1.023,28	1.023,28
PH	7,80	7,80	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,47	5,47	5,47
Sulfeto	0,07	0,07	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	2,20	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,05	134,05	134,05
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,03	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de hidrotratamento (HDT)							
Corrente	VAP 2	AI2	AI 2'	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT
Vazão	63,00	6,50	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60
Ca	0,00	6,15	6,15	3,64	0,00	0,00	2,62
Silica	0,01	6,75	6,75	3,59	0,01	0,01	0,56
NH3	0,00	0,05	0,05	41,93	0,00	0,00	13.875,95
Oleo e Graxa	0,00	2,39	2,39	40,00	0,00	0,00	138,95
PH	5,50	7,80	7,80	9,37	5,50	5,50	14,06
Sulfeto	0,00	0,07	0,07	22,57	0,00	0,00	24.272,41
Cloreto	0,10	2,20	2,20	6,29	0,10	0,10	0,00
Cianeto	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97
Fenol	0,00	0,03	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,61
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URRRA 4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	EFL TR
Vazão	861,52	694,29	793,25	97,00	97,00	696,25	167,23	167,23	14,56	152,67	111,56
Ca	13,00	13,00	12,23	88,13	88,13	88,13	13,00	13,00	112,87	112,87	91,36
Silica	15,00	15,00	14,26	93,14	93,14	93,14	15,00	15,00	109,67	109,67	95,30
NH3	23,00	23,00	22,56	22,76	22,76	22,76	23,00	23,00	24,37	24,37	22,97
Oleo e Graxa	1,83	1,83	12,76	13,73	13,73	13,73	1,83	1,83	1,00	1,00	12,07
PH	6,80	6,80	6,65	6,15	6,15	6,15	6,80	6,80	7,00	7,00	6,26
Sulfeto	0,08	0,08	2,93	2,95	2,95	2,95	0,08	0,08	0,10	0,10	2,58
Cloreto	16,88	16,88	16,88	163,70	163,70	163,70	16,88	16,88	200,36	200,36	168,48
Cianeto	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Fenol	0,01	0,01	2,82	2,82	2,82	2,82	0,01	0,01	0,01	0,01	2,46
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)

Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	288,80	0,00	281,56	570,36
Ca	16,96	2,71	42,54	65,19
Silica	36,66	2,97	49,99	43,24
NH3	219,69	0,91	9,67	2,85
Oleo e Graxa	1.023,28	1,88	7,99	2,39
PH	5,47	5,64	6,89	8,49
Sulfeto	262,06	0,51	1,54	0,11
Cloreto	134,05	1,15	98,86	664,22
Cianeto	3,23	0,03	0,01	0,01
Fenol	84,14	36,58	1,03	0,02
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00

- Caso Cloreto DFA + Mudanças

Estação de tratamento de água (ETA)										
Corrente	ALF ETA	AI	AB	A POT	AFL PPSA	AFL AA	ACLARIF	PETA	PETA'	ADESM
Vazão	1.378,20	69,67	170,00	53,81	29,74	24,07	475,72	49,00	0,00	560,00
Ca	8,48	6,15	10,50	10,50	10,50	10,50	13,00	8,60	8,60	0,00
Silica	10,46	6,75	20,25	20,25	20,25	20,25	15,00	9,40	9,40	0,01
NH3	12,32	0,05	0,95	2,99	2,99	2,99	23,00	0,10	0,10	0,00
Oleo e Graxa	1,87	2,39	5,32	16,80	16,80	16,80	1,83	0,27	0,27	0,00
PH	5,96	7,80	7,30	7,30	7,30	7,30	6,80	5,66	5,66	5,50
Sulfeto	0,46	0,07	0,85	2,69	2,69	2,69	0,08	0,10	0,10	0,00
Cloreto	14,35	2,20	53,18	168,00	168,00	168,00	16,88	9,70	9,70	0,10
Cianeto	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fenol	0,34	0,03	0,10	0,30	0,30	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de destilação (DEST)										
Corrente	AI 1	AI 1'	Apet	EFL AC (UEAA)	AFL DEST	VAP 1	COND	EFL 1 DEST	EFL 2 DEST	EFL 2 DEST '
Vazão	3,39	3,39	23,30	43,00	138,00	149,00	23,30	36,00	297,36	0,00
Ca	6,15	6,15	86,91	3,70	3,64	0,00	0,00	16,96	16,96	16,96
Silica	6,75	6,75	9,66	3,80	3,59	0,01	0,01	36,66	36,66	36,66
NH3	0,05	0,05	26,58	41,93	41,93	0,00	0,00	219,69	219,69	219,69
Oleo e Graxa	2,39	2,39	30,18	42,14	40,00	0,00	0,00	1.023,28	1.023,28	1.023,28
PH	7,80	7,80	7,91	9,37	9,37	5,50	5,50	5,47	5,47	5,47
Sulfeto	0,07	0,07	375,00	22,57	22,57	0,00	0,00	262,06	262,06	262,06
Cloreto	2,20	2,20	2.510,73	6,29	6,29	0,10	0,10	134,05	134,05	134,05
Cianeto	0,00	0,00	14,10	1,50	1,50	0,00	0,00	3,23	3,23	3,23
Fenol	0,03	0,03	15,37	1.718,90	1.718,90	0,00	0,00	84,14	84,14	84,14
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Unidade de hidrotratamento (HDT)										
Corrente	VAP 2	AI2	AFL HDT	VAP EFL	COND	EFL HDT				
Vazão	63,00	6,50	49,00	2,20	69,70	46,60				
Ca	0,00	6,15	3,64	0,00	0,00	3,22				
Silica	0,01	6,75	3,59	0,01	0,01	2,03				
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	0,00	13.879,40				
Oleo e Graxa	0,00	2,39	40,00	0,00	0,00	151,96				
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	5,50	5,50				
Sulfeto	0,00	0,07	22,57	0,00	0,00	24.275,50				
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	0,10	20,00				
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	4,97				
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	0,00	717,82				
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				

Unidade de coqueamento retardado (CR)

Corrente	VAP 3	EFL 3(CR)	AI 3	EFL1(UEAA)	EFL 2(ETDI)	EFL 2(ETDI)'	COND CR
Vazão	68,10	2,00	40,20	52,60	41,40	0,00	1,10
Ca	0,00	3,64	6,15	2,71	2,71	2,71	0,00
Silica	0,01	3,59	6,75	2,97	2,97	2,97	0,01
NH3	0,00	41,93	0,05	0,91	0,91	0,91	0,00
Oleo e Graxa	0,00	40,00	2,39	1,88	1,88	1,88	0,00
PH	5,50	9,37	7,80	5,64	5,64	5,64	5,50
Sulfeto	0,00	22,57	0,07	0,51	0,51	0,51	0,00
Cloreto	0,10	6,29	2,20	1,15	1,15	1,15	0,10
Cianeto	0,00	1,50	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00
Fenol	0,00	1.718,90	0,03	36,58	36,58	36,58	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade de craqueamento catalítico (FCC)

Corrente	VAP 4	AI 4	EFL URR4	COND 1	EFL FCC	EFL 2 FCC	COND CAFOR	COND FCC 2
Vazão	177,43	19,58	30,00	66,50	45,96	49,96	43,75	9,86
Ca	0,00	6,78	4,00	0,00	2,08	2,08	0,00	0,00
Silica	0,01	7,44	4,12	0,01	2,16	2,16	0,01	0,01
NH3	0,00	0,05	41,93	0,00	6,52	6,52	0,00	0,00
Oleo e Graxa	0,00	2,64	42,25	0,00	6,78	6,78	0,00	0,00
PH	5,50	7,80	9,37	5,50	8,80	8,80	5,50	5,50
Sulfeto	0,00	0,08	22,57	0,00	3,96	3,96	0,00	0,00
Cloreto	0,10	2,20	6,29	0,10	2,07	2,07	0,10	0,10
Cianeto	0,00	0,00	1,50	0,00	1,17	1,17	0,00	0,00
Fenol	0,00	0,03	1.718,90	0,00	228,13	228,13	0,00	0,00
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Unidade esgotadora de águas ácidas (UEAA)											
Corrente	AFL 1	AFL2	AFL3	VAP 5	Cond 1	Cond 2	EFL1(DEST)	EFL2(HDT)	EFL 3(CR)	EFL4(FCC)	EFL AC(DEST)
Vazão	83,00	139,20	72,50	85,10	66,50	50,00	138,00	49,00	2,00	30,00	43,00
Ca	6,78	2,55	3,61	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Silica	7,44	2,74	2,99	0,01	0,01	0,01	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12
NH3	0,05	3,64	13.879,40	0,00	0,00	0,00	41,93	41,93	41,93	41,93	41,93
Oleo e Graxa	2,64	4,34	160,39	0,00	0,00	0,00	42,25	42,25	42,25	42,25	42,25
PH	7,80	5,93	5,50	5,50	5,50	5,50	9,37	9,37	9,37	9,37	9,37
Sulfeto	0,08	2,19	24.275,50	0,00	0,00	0,00	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57
Cloreto	2,20	1,60	20,00	0,10	0,10	0,10	6,29	6,29	6,29	6,29	6,29
Cianeto	0,00	0,59	4,97	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Fenol	0,03	129,89	717,95	0,00	0,00	0,00	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90	1.718,90
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Corrente	ACLF	Torre de Resfriamento 6121/22					Torre de Resfriamento 6151				EFL TR
		AFL TR6121/22	AFL TR6121/22'	P TR6121/22	P TR6121/22'	PD TR6121/22	AFL TR6151	AFL TR6151'	P TR6151	PD TR6151	
Vazão	486,07	408,88	793,25	97,00	6,96	696,25	77,19	167,23	14,56	152,67	21,52
Ca	13,00	13,00	13,70	89,60	89,60	89,60	13,00	54,25	154,12	154,12	508,25
Silica	15,00	15,00	22,18	101,06	101,06	101,06	15,00	61,34	156,01	156,01	561,19
NH3	23,00	23,00	94,26	94,47	94,47	94,47	23,00	61,48	62,85	62,85	468,42
Oleo e Graxa	1,83	1,83	384,64	385,61	385,61	385,61	1,83	208,47	207,64	207,64	1.878,95
PH	6,80	6,80	6,17	5,67	5,67	5,67	6,80	6,19	6,39	6,39	29,88
Sulfeto	0,08	0,08	98,31	98,33	98,33	98,33	0,08	52,98	53,00	53,00	479,18
Cloreto	16,88	16,88	59,60	206,42	206,42	206,42	16,88	118,94	302,42	302,42	1.135,25
Cianeto	0,00	0,00	1,21	1,21	1,21	1,21	0,00	0,65	0,65	0,65	5,92
Fenol	0,01	0,01	33,45	33,45	33,45	33,45	0,01	18,01	18,02	18,02	162,98
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Estação de tratamento de despejos industriais (ETDI)				
Corrente	EFL 2 DEST	EFL CR2	CAC	EFL ETDI
Vazão	0,00	0,00	191,52	191,52
Ca	16,96	2,71	66,42	146,36
Silica	36,66	2,97	81,02	81,02
NH3	219,69	0,91	53,46	1,31
Oleo e Graxa	1.023,26	1,88	215,81	0,99
PH	5,45	5,64	9,84	13,52
Sulfeto	262,06	0,51	54,59	0,05
Cloreto	134,09	1,15	174,74	994,74
Cianeto	3,23	0,03	0,66	0,00
Fenol	84,29	36,58	18,40	0,01
[H+]	0,00	0,00	0,00	0,00