

II-036 - SIMULAÇÃO DO REÚSO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS UTILIZANDO O SOFTWARE WATER PINCH

Jonathan Cawetierre Espíndola ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorando em Engenharia do Ambiente pela Universidade do Porto.

Laura Hamdan de Andrade ⁽²⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

Miriam Cristina Santos Amaral ⁽²⁾

Engenheira Química pela UFMG, mestre e doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Endereço ⁽¹⁾: Praceta Vitorino Nemésio, 83, 2º esq tras - Maia - Porto - CEP: 4425-700 - Portugal - Tel: +351 9139-28471 - e-mail: jonathan.espindola@hotmail.com

Endereço ⁽²⁾: Av. Antônio Carlos, 6627, Escola de Engenharia, Bloco 1, sala 4402 - Pampulha - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 3409-1714

RESUMO

O presente trabalho consiste na avaliação da reutilização de efluentes de uma indústria de laticínios, em atividades internas da própria indústria, através da utilização do software *Water Pinch*. Para a realização de tal análise, foi feita uma visita à indústria de laticínios estudada com o objetivo de coletar amostras de efluentes, para caracterização físico-química em laboratório, e dados necessários para a elaboração das propostas de reúso. Um plano de reutilização dos efluentes foi elaborado: foram criadas rotas de reúso dos efluentes analisando seu potencial de reaproveitamento em quatro situações: em cascata, após o tratamento com biorreator com membranas (BRM), após tratamento com BRM seguido por pós-tratamento com membrana de nanofiltração, e reaproveitamento do concentrado gerado neste tratamento. Foi constatado que, através de uma rota de reutilização estratégica, combinando todos os cenários avaliados, seria possível reduzir o consumo de água fresca na indústria em até 70%.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, *Water Pinch*, reaproveitamento de efluentes, redução do consumo de água, indústria de laticínios.

INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios se configura como uma atividade de grande importância social e econômica; entretanto, possui um elevado potencial poluidor, principalmente no que se diz respeito aos efluentes líquidos gerados em praticamente todas as etapas do processo produtivo (ANDRADE, 2011). Esses efluentes gerados somente devem ser descartados no ambiente ou reutilizados após um tratamento eficiente, pois possuem elevada carga orgânica e de nutrientes.

Atualmente, o cenário de menor disponibilidade da água para utilização nos processos produtivos, aliado a uma tendência de aumento do custo do tratamento do efluente gerado e a uma legislação cada vez mais rigorosa no que se refere aos lançamentos de efluentes em corpos d'água, tem incentivado o setor industrial (dentre ele o setor de laticínios, que produz elevadas vazões de efluentes) a criar programas de gerenciamento dos usos das águas. O tratamento e reúso dos efluentes gerados pela indústria surge como uma opção para a minimização do consumo de água bruta e da geração de efluentes.

Existem diversos sistemas de tratamento para esses efluentes que envolvem, principalmente, a remoção de matéria orgânica e nutrientes através de reatores biológicos. Contudo, para que a reutilização do efluente na indústria possa ser feita de forma segura, é necessário que a técnica escolhida também seja capaz de realizar um tratamento avançado, removendo, entre outros componentes, íons. Tecnologias como osmose inversa, eletrodialise, troca iônica e nanofiltração podem ser utilizadas como pós-tratamento para este fim. Sendo assim, o modelo que utiliza tecnologias de reator biológico com membranas de microfiltração associado a um

pós-tratamento com membranas de nanofiltração se apresenta como uma alternativa de tratamento avançado, pois é bastante eficiente no que diz respeito à remoção de poluentes, gerando um efluente de alta qualidade que pode ser reintroduzido em diversas etapas do processo industrial.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar possíveis rotas de reutilização do efluente tratado de uma indústria de laticínios, levando em consideração o nível de tratamento necessário para cada utilização. Para esta análise, foi utilizado o software "Water Pinch" disponibilizado pela "Virginia Polytechnic Institute and State University".

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi composta por três etapas. São elas:

• OBTENÇÃO DOS DADOS

Nesta etapa do trabalho foi realizada uma visita técnica a uma indústria de laticínios do Brasil. O objetivo dessa visita foi compreender melhor os processos envolvidos no funcionamento da indústria e realizar coletas de amostras para a obtenção de dados de vazão e concentração de contaminantes das águas e efluentes envolvidos nos processos produtivos da indústria. A coleta de amostra dos efluentes foi pontual, realizada no processo de CIP da indústria e feita com o auxílio de responsáveis da indústria. A preservação das amostras foi realizada através de acidificação dos efluentes e acondicionamento sob resfriamento (3° C).

Após a amostragem, foram realizadas análises físico-químicas das águas e efluentes coletados. Todas as análises seguiram a metodologia de realização do "Standard methods for the examination of water and wastewater". As análises realizadas e seus respectivos códigos de identificação são: Demanda química de oxigênio (Código 5220), Série de sólidos (Código 2540), pH (Código 4500), condutividades (Código 2510).

As eficiências de remoção do sistema de tratamento proposto foram obtidas através da dissertação de mestrado de ANDRADE (2011). O tratamento do efluente foi realizado em escala de bancada, utilizando um biorreator com membranas de microfiltração como tratamento principal e membranas de nanofiltração como polimento final.

Nesta etapa, também foi realizado um mapeamento de todo o sistema hídrico existente na indústria de laticínios. Através de informações obtidas por responsáveis da indústria de laticínios visitada, foi possível a elaboração de um balanço hídrico macro e micro da indústria em questão.

• UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE "WATER PINCH"

Nesta etapa, os dados de vazão e concentração de contaminantes das águas utilizadas nos processos industriais e dos efluentes tratados foram inseridos no programa "Water Pinch" para a elaboração de rotas de reutilização do efluente tratado. O software "Water Pinch" utilizado foi obtido através do site oficial da "Virginia Polytechnic Institute and State University".

A avaliação da possibilidade de reúso foi feita através da análise da qualidade exigida das águas para cada processo e da qualidade dos efluentes com e sem tratamento. Sendo assim, primeiramente foi realizada uma análise para a seleção dos parâmetros que foram considerados "restritivos" para o reúso.

Para a elaboração das rotas de reúso, os dados de concentração dos poluentes considerados restritivos na entrada e saída de cada processo devem ser inseridos no programa, assim como as vazões de água consumida e efluente gerado em cada etapa. Deve-se destacar que para o sistema de polimento proposto (nanofiltração) a vazão de efluente final tratado (água de reúso) não é igual à vazão de efluente alimentado. Isso ocorre pois apenas uma parcela do efluente irá atravessar a membrana, tornando-se a corrente denominada permeado, que apresenta baixa concentração de poluentes. A outra parcela que não permeia a membrana concentra a maior parte dos poluentes do efluente original, e é chamada de concentrado. A taxa que exprime a porcentagem entre a quantidade de efluente tratado e a quantidade de efluente introduzido no tratamento, dá-se o nome de "taxa de recuperação".

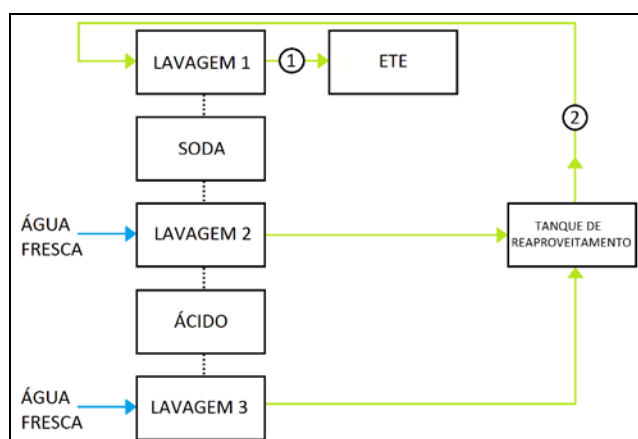


Figura 2. Pontos de amostragem dos efluentes das CIP's.

O ponto 1 refere-se às águas que saem da primeira lavagem, e, por ser uma lavagem mais robusta que carrega uma quantidade alta de matéria orgânica, a primeira lavagem pode ser realizada com águas reaproveitadas do tanque de reaproveitamento.

O ponto 2 refere-se às águas advindas do tanque de reaproveitamento, que recebe as águas da lavagem 2 e 3.

Há 5 centrais de CIP na indústria (CIP 1, CIP 2, CIP 3, CIP 4 e CIP 5), sendo que cada uma delas é responsável pela limpeza de tanques e equipamentos utilizados para produção de um tipo de produto. Foram realizadas coletas do ponto 1 nas CIP 2 e CIP 5 e no ponto 2 nas CIP 1, CIP 4 e CIP 5. As médias dos resultados obtidos através das análises físico-químicas das amostras são apresentadas na Tabelas 1.

Tabela 1. DQO, pH e SDT dos pontos amostrados da Indústria de Laticínios.

Ponto de Coleta	DQO mg/L	pH	Sólidos Dissolvidos Totais mg/L
Ponto 1	320.000	2,41	11.770
Ponto 2	3.045	11,86	8.275

O consumo médio de água das centrais CIP's é $1221 \text{ m}^3/\text{d}$, e a CIP 2 é a unidade que consome maior quantidade de água na indústria (28%). Isso se deve ao fato de esta unidade ser responsável pela limpeza dos equipamentos utilizados para produção de iogurte de polpa, um produto viscoso e de difícil limpeza. O consumo médio de água na central CIP 2 é apresentado na Figura 3.

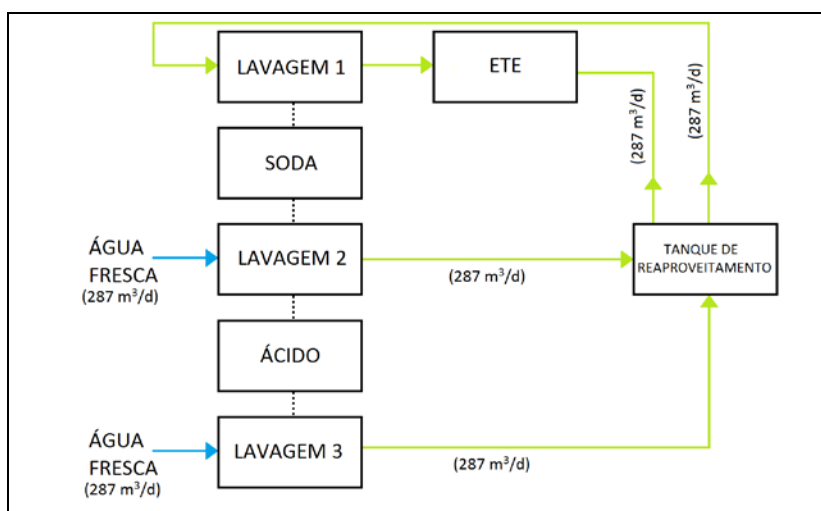


Figura 3. Consumo médio de água em cada etapa de limpeza na CIP 2.

Também durante a visita, foram obtidos alguns dados relativos ao efluente final gerado. A vazão de efluente total gerada é de 1775m³/d. Os dados de qualidade desse efluente são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de DQO, ST (sólidos totais) e SDT do efluente da indústria de laticínios.

Parâmetro	Valor médio mg/L
DQO	4.393
ST	4.356
SDT	3.504

Fonte: ITAMBÉ, 2014.

SEGUNDA ETAPA: UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE WATER PINCH - ELABORAÇÃO DE ROTAS

O software *Water Pinch* permite a introdução de dados de vazão e concentração de contaminantes dos efluentes gerados na indústria (Parâmetros de saída) e a introdução dos requisitos mínimos de qualidade exigidos para a reutilização desses efluentes em processos da indústria (Parâmetros de entrada). Pode-se também selecionar opções de reúso dos efluentes sem tratamento (em cascata) e após tratamento. Após a introdução de todos os dados, rotas de reutilização estratégicas são automaticamente criadas pelo programa.

Os valores médios dos parâmetros considerados restritivos para as águas dos processos da indústria de laticínios estudada são apresentados na Tabela 3. Estes valores foram obtidos através das análises laboratoriais realizadas e de considerações e pesquisas bibliográficas.

Tabela 3. Valores médios de DQO na entrada e saída de processos da Indústria de Laticínios.

		Vazão m ³ /d	Parâmetros de Entrada mg/L		Parâmetros de Saída mg/L	
			DQO	SDT	DQO	SDT
Outros Usos		13	10	500	*	*
Sanitários		76	10	500	*	*
CIP	Lavagem 1	610,5	6000	10.000	320.000	11.770
	Lavagem 2	610,5	10	500	3.045	8.275
	Lavagem 3	610,5	0	1.000	3.045	8.275
Processos de fabricação		486	0	1.000	*	*
Resfriamento		249	75	500	*	*
Caldeira		40	5	200	*	*

*Não será feito o reúso com esses efluentes.

Fonte: adaptado de FIESP, 2005.

Os parâmetros de entrada da lavagem 1 referem-se aos valores obtidos pelas análises das águas de reaproveitamento (águas utilizadas atualmente na primeira lavagem). No caso da DQO, como o valor máximo analisado foi de 5.075mg/L, o valor de 6.000mg/L foi adotado por ser considerado um valor aceitável pela indústria e com uma margem de erro referente as análises laboratoriais; o mesmo foi adotado no caso dos SDT, onde o valor máximo encontrado foi de 9.800mg/L e o valor adotado, considerando uma pequena margem, foi de 10.000mg/L.

Os parâmetros de saída da lavagem 2 e 3 foram adotados através de uma média dos dados de qualidade da água dos efluentes presentes no tanque de reaproveitamento. Os parâmetros de entrada da lavagem 2 e 3 foram obtidos do "Manual de Conservação e Reúso da Água - FIESP" (2005) e também através de considerações feitas pelo autor. Considerou-se, devido aos seus usos, que as águas para Lavagem 2 devem ter as mesmas características das "Águas de Reúso Classe 1" identificadas no manual. Para a Lavagem 3 é necessário que as águas possuam padrão de potabilidade, pois esta é a última lavagem antes que o produto lácteo seja processado.

Utilizou-se como base de dados de tratamento a dissertação de mestrado de ANDRADE (2011), "Tratamento de Efluente de Indústria de Laticínios por Duas Configurações de Biorreator com Membranas e Nanofiltração Visando o Reúso". Os dados da eficiência de tratamento dos efluentes da indústria de laticínios utilizando um sistema de biorreatos com membranas (BRM) de microfiltração e utilizando um sistema adicional de membranas de nanofiltração (NF) como pós-tratamento é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Eficiência de tratamento do efluente da indústria de laticínios com sistema BRM e com sistema BRM + NF.

Parâmetro	Eficiência de Remoção	
	Sistema BRM	Sistema BRM + NF
DQO	99,1%	99,9%
SDT	23,2%	90,0%

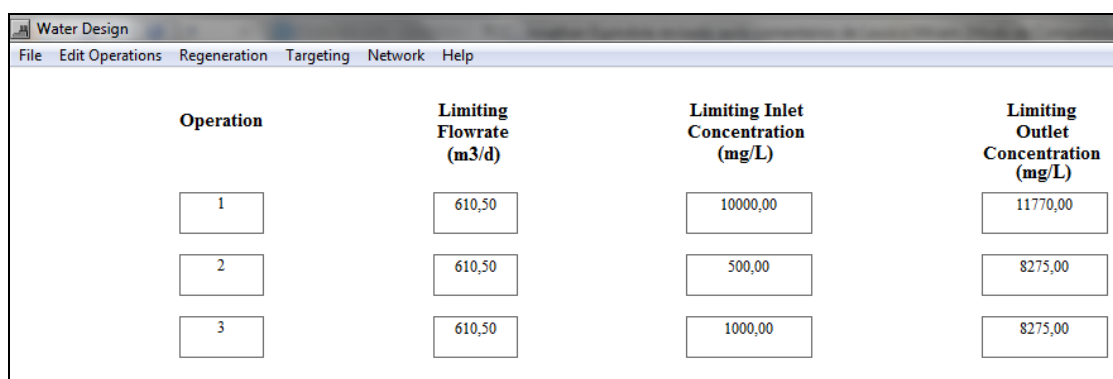
Fonte: adaptado de ANDRADE, 2011.

Com base nos dados apresentados, foi feita a elaboração de rotas operacionais de reutilização dos efluentes através do software *Water Pinch*.

Analisou-se a reutilização dos efluentes em dois cenários: no CIP e no processo global (outros usos, sanitários, resfriamento e caldeira). Para cada um dos cenários foi feito separadamente a avaliação do reúso com cada parâmetro restritivo (DQO e SDT); e, para cada parâmetro, também foi avaliado o reúso em cascata, com tratamento BRM e com tratamento BRM+NF.

A reutilização dos efluentes no processo global, sem regeneração (reúso em cascata), não foi avaliada. Isso se deve ao fato de que uma gama muito grande de parâmetros necessitariam ser avaliados para se realizar esta reutilização, e muitos desses parâmetros se tornariam um obstáculo para este reúso por não atenderem aos requisitos de qualidade para tal.

A figura 4 apresenta o layout inicial do software *Water Pinch*, onde deve-se inserir os dados de entrada e saída dos efluentes.



Operation	Limiting Flowrate (m3/d)	Limiting Inlet Concentration (mg/L)	Limiting Outlet Concentration (mg/L)
1	610,50	10000,00	11770,00
2	610,50	500,00	8275,00
3	610,50	1000,00	8275,00

Figura 4. Layout inicial do software Water Pinch.

Os resultados obtidos com a avaliação dos dois cenários de reúso (CIP e Processo Global), aliados aos tipos de tratamento e aos parâmetros restritivos, são apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Tabela 5. Resultados obtidos através do software *Water Pinch* para o reúso nas CIPs considerando a DQO como parâmetro restritivo.

Nível de Tratamento	CIP - DQO como Parâmetro Restritivo						
	Total de água necessário (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 1 (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 2 (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 3 (m ³ /d)	Total de Efluente de Reúso (m ³ /d)	Total de água fresca consumida (m ³ /d)	Diminuição no Consumo de água fresca (m ³ /d)
Sem tratamento	1831,5	610,5	0	0	610,5	1221,0	33,3%
Com BRM	1831,5	610,5	154,4	0	764,9	1066,6	41,8%
Com BRM+NF	1831,5	610,5	610,5	0	1221,0	610,5	66,7%

Tabela 6. Resultados obtidos através do software *Water Pinch* para o reúso nas CIP considerando os SDT como parâmetro restritivo.

Nível de Tratamento	CIP - SDT como Parâmetro Restritivo						
	Total de água necessário (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 1 (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 2 (m ³ /d)	Reúso na Lavagem 3 (m ³ /d)	Total de Efluente de Reúso (m ³ /d)	Total de água fresca consumida (m ³ /d)	Diminuição no Consumo de água fresca (m ³ /d)
Sem tratamento	1831,5	610,5	110,66	0	721,16	1110,34	39,4%
Com BRM	1831,5	610,5	340,29	0	950,79	880,71	51,9%
Com BRM+NF	1831,5	610,5	610,5	610,5	1831,5	0	100%

Tabela 7. Resultados obtidos através do software *Water Pinch* para o reúso no Processo Global considerando a DQO como parâmetro restritivo.

Nível de Tratamento	Efluente Global - DQO como Parâmetro Restritivo			
	Total de água necessário (m ³ /d)	Total de Efluente de Reúso (m ³ /d)	Total de água fresca consumida (m ³ /d)	Diminuição no Consumo de água fresca (m ³ /d)
Com BRM	378,0	276,57	101,43	73,2%
Com BRM+NF	378,0	378,0	0	100%

Tabela 8. Resultados obtidos através do software *Water Pinch* para o reúso no Processo Global considerando os SDT como parâmetro restritivo.

Nível de Tratamento	Efluente Global - SDT como Parâmetro Restritivo			
	Total de água necessário (m ³ /d)	Total de Efluente de Reúso (m ³ /d)	Total de água fresca consumida (m ³ /d)	Diminuição no Consumo de água fresca (m ³ /d)
Com BRM	378,0	65,77	312,23	17,4%
Com BRM+NF	378,0	360,83	17,17	95,4%

TERCEIRA ETAPA: AVALIAÇÃO DAS ROTAS ALTERNATIVAS DE REUTILIZAÇÃO

As análises das rotas de reúso serão feitas em 2 etapas: análise do reúso na CIP e análise no processo global (os 5 usos restantes). Deve-se destacar que os efluentes gerados nos sanitários não serão utilizados como efluentes de reúso devido às suas características, sendo assim a vazão total de efluente bruto para ser reutilizada é de 1699m³/d (efluente total - efluente sanitários). Deve-se destacar também que para o reúso dos efluentes foi considerado o parâmetro mais restritivo para aquele processo.

A partir dos dados obtidos através do software *Water Pinch*, foram sugeridas 4 rotas operacionais de reutilização dos efluentes da indústria de laticínios: Rota 1 - Somente Reutilização dos Efluentes em Cascata; Rota 2 - Reutilização dos Efluentes em Cascata na CIP e após Regeneração com BRM no processo global; Rota 3 - Reutilização dos Efluentes em Cascata na CIP e após regeneração com BRM + NF no processo global; Rota 4 - Reutilização dos Efluentes em Cascata na CIP, após regeneração com BRM, após BRM + NF e reaproveitamento do concentrado da NF.

A rota 1 apresenta um reúso simples, sem necessidade de qualquer tipo de tratamento. Nesta rota, 610,50 m³/d de efluente bruto são reutilizados diretamente na Lavagem 1, e 2,00 m³/d são reutilizados na lavagem 2.

Assim como na rota 1, a rota 2 apresenta um reúso em cascata nas centrais CIP's para a Lavagem 1 (610,5 m³/d). Além disso, também permite o reúso do permeado do efluente tratado com BRM, sendo 150,40 m³/d para a Lavagem 2 e 27,57m³/d para o Processo Global.

Na rota 3, dos 1699,00m³/d de efluente bruto gerados pela empresa (não considerando a geração nos sanitários), 610,5m³/d seriam utilizados em cascata na lavagem 1. Os 1088,50m³/d restantes seriam direcionados ao tratamento (BRM + NF); como a taxa de recuperação do tratamento com nanofiltração é de 50%, apenas 544,25m³/d de efluente tratado estariam disponíveis para serem reutilizados na Lavagem 2.

A rota 4 apresenta probabilidades de maior eficiência de reúso dos efluentes. Nesta rota, 105,40 m³/d da vazão total de efluente gerado pela indústria será tratada apenas com um sistema de BRM e o permeado gerado será utilizado no processo de lavagem 2. O restante do efluente (1548,60 m³/d) será tratado pelo sistema BRM + NF, sendo assim, são gerados 774,30 m³/d de permeado e 774,30 m³/d de concentrado. O concentrado desse sistema será utilizado na lavagem 1 e o permeado será utilizado como água de entrada nos processos globais da empresa e na lavagem 2.

A tabela 9 indica as vazões sugeridas de reúso dos efluentes em cada processo; as vazões utilizadas (sombreadas) são selecionadas de acordo com o parâmetro mais restritivo (entre DQO e SDT). Um exemplo desta seleção é observada no reúso na Lavagem 2 do efluente tratado com BRM: a vazão de reúso selecionada é de 150,40m³/d, pois, apesar da análise de SDT permitir o reúso de 340,29m³/d, deve-se usar o parâmetro mais restritivo (neste caso a DQO). O mesmo acontece com o reúso na caldeira do efluente tratado com BRM+NF, entretanto neste caso o parâmetro mais restritivo é o SDT.

Tabela 9. Reúso de Efluentes - Rota 4

	Processo	Vazão de água utilizada (m ³ /d)	Vazão de reúso - Cascata (m ³ /d)		Vazão de Reúso - BRM (m ³ /d)		Vazão de Reúso - BRM +NF (m ³ /d)		Total Reúso (m ³ /d)	Total Água Fresca (m ³ /d)
			DQO	SDT	DQO	SDT	DQO	SDT		
CIP	Lavagem 1	610,50	0,00	0,00	0,00	0,00	610,5*	610,5*	610,50	0,00
	Lavagem 2	610,50	0,00	0,00	150,40	340,29	414,00	414,00	564,40	46,10
	Lavagem 3	610,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	610,50
Processo Global	Outros Usos	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	13,00	13,00	0,00
	Sanitários	76,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,00	76,00	76,00	0,00
	Resfriamento	249,00	0,00	0,00	0,00	0,00	249,00	249,00	249,00	0,00
	Caldeira	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	22,30	22,30	17,70
Total		2209,50							1535,20	674,30

*concentrado do sistema BRM + NF.

A Figura 5 apresenta um fluxograma simplificado da Rota 4. É possível observar através do fluxograma a entrada de efluentes, com e sem tratamento, e de água fresca em cada atividade industrial.

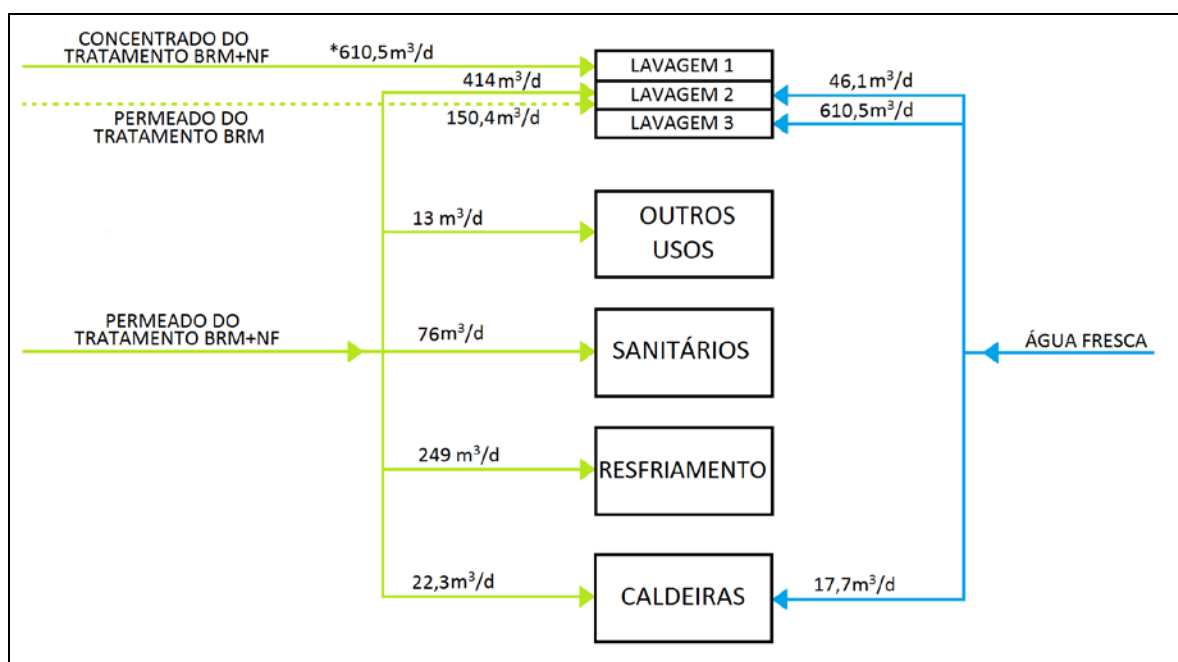


Figura 5. Fluxograma da Rota 4.

Como era esperado, a rota 4 apresentou-se como a mais eficiente dentre as avaliadas, a minimização no consumo de água fresca é de 69,5% (de 2209,5 m³/d para 636,3 m³/d), enquanto a redução no consumo de água da rota 1, 2 e 3 foram 27,7%, 35,7% e 50,0% respectivamente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O software *Water Pinch* se mostrou uma ferramenta bastante prática, sendo capaz de analisar todos os dados de vazão e concentração de contaminantes das águas e efluente utilizados na indústria em estudo, e criando rotas eficientes de reúso dessas águas.

O tratamento dos efluentes da indústria de laticínios através do sistema BRM se mostra muito satisfatório, reduzindo em até 90,1% a concentração da matéria orgânica. A associação deste tratamento com um sistema de nanofiltração aumenta a eficácia de remoção desse poluente para até 99,9%, o que permite o reúso do permeado em diversas atividades industriais.

A Rota 1 apresenta a vantagem de reutilizar o efluente industrial sem nenhum tipo de tratamento. Entretanto o reúso em cascata é permitido em poucos processos da indústria, o que torna esta rota ineficaz na diminuição do uso de água fresca.

As rotas 2, 3 e 4 apresentaram uma diminuição significativa do uso de água fresca pela indústria. Este fator foi observado pela eficácia do tratamento dos sistemas BRM e BRM+NF na remoção de poluentes, permitindo um maior reúso dos efluentes tratados.

A Rota 4, se apresentou como a alternativa mais eficiente de minimização do consumo de água pela indústria, economizando 69,5% de água fresca que seria necessária para a operação das atividades avaliadas. Entre suas vantagens, destaca-se a possibilidade de reaproveitamento do concentrado da NF (um efluente que seria considerado sem valor para outros processos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, M. C. S. Tratamento de efluente de branqueamento de polpa celulósica empregando sistema de microfiltração conjugado com biorreator com membrana. 2009. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
2. ANDRADE, L. H. Tratamento de Efluente de Indústria de Laticínios por Duas Configurações de Biorreator com Membranas e Nanofiltração Visando o Reúso. 2011. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
3. CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Biores. Technol.* 97 (2006) 2195-2210.
4. DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.
5. ITAMBÉ. Disponível em: <<http://www.itambe.com.br>>. Acessado em: 20 de maio de 2014.
6. MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2003.
7. MIERZWA, J. C., O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria - O caso da Kodak brasileira. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica), Universidade de São Paulo, 2002.
8. MOTA, S., **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro, ABES, 2000.
9. SAUTCHUK, C. *et al.* **Manual de Conservação e Reúso da Água**. São Paulo: Editora Gráfica, 2005.
10. SMITH, Robin. Water System Design. In: SMITH, Robin. *Chemical Process Design and Integration*. Manchester: John Wiley & Sons Ltd, 2005. p. 581-624.
11. VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY. Disponível em: <<https://www.vt.edu/>>. Acessado em: 19 de janeiro de 2014.