

# ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NA INDÚSTRIA QUÍMICA – ESTUDO DE CASO NUMA FÁBRICA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Jade Spinola Ávila <sup>1</sup>  
Luana Nascimento <sup>2</sup>  
Salvador Ávila Filho <sup>3</sup>

## RESUMO

A não estruturação da indústria química para situações de interrupção das operações devido a mudança climática está evidente, não existe um empenho de análise da disponibilidade de água para adequação da demanda para 2035. É necessário estabelecer premissas para cenários de escassez hídrica trazendo planos estratégicos, programas de controle, modificações tecnológicas e alterações comportamentais. A metodologia aplicada envolve uma revisão bibliográfica focada na análise da disponibilidade hídrica e os principais indicadores apresentados no Plano Diretor referentes a Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados. Após esta etapa, foi feita uma auditoria para mapear as possíveis causas da contaminação de efluentes. E, finalmente, é proposto um plano de ação baseado no ciclo PDCA que consiste numa intervenção na gestão de efluentes denominada “Amigos da Lagoa”. Este trabalho pretende demonstrar que a implantação de novos padrões operacionais, programa para a redução de contaminantes na fonte e reuso de efluentes são exequíveis para a redução de consumo de água tirando a planta do risco de corte de água e parada. A redução do consumo de água (geração de efluentes) é discutida, calculada e implementada através de modificações nos procedimentos e comportamentos autorizando a diminuição da carga de contaminante e reuso de água. Os resultados indicam redução nos custos de tratamento de efluente, redução na captação de água bruta para uso industrial devido a novos padrões e redução na captação de água com o reuso para torres de resfriamento. A sustentabilidade industrial depende do equilíbrio da demanda hídrica com a respectiva oferta.

**Palavras-chave:** Disponibilidade de água, Oferta, Demanda, Água, Efluentes

## INTRODUÇÃO

O panorama atual de oferta de água mundial e as evidentes mudanças climáticas causadas pela emissão de gases do efeito estufa requerem da academia e da indústria um empenho maior em pesquisas, técnicas e tecnologias. Este cenário indica a necessidade de mudanças radicais na gestão e organização das empresas, em relação ao consumo de água.

A discussão relacionada a disponibilidade de água e demanda industrial, está intimamente relacionado ao seu desempenho energético. Portanto, as indústrias devem se

---

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia - UFBA, jade.engavila@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduada do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, luana.nascimento25@hotmail.com;

<sup>3</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Federal da Bahia - UFBA, avilasalva@gmail.com.

adequar à redução de desperdícios energéticos em seus sistemas e, caso seja viável, maiores investimentos em equipamentos que, ou consigam minimizar as limitações da Segunda Lei da Termodinâmica, ou permitam a recuperação e utilização do calor rejeitado ao ambiente. (AVILA et al., 2014)

O equilíbrio entre oferta e a demanda hídrica é fundamental para a minimização de conflitos entre consumidores das áreas doméstica, da agricultura e industrial (AVILA; MIRRE; FIALHO, 2017). A indústria busca uma gestão integrada e adaptativa da demanda para promover uma sustentabilidade hídrica através da operacionalização, identificação de oportunidades para a redução dos seus consumos de água e a minimização na geração de efluente (AVILA et al., 2014). Portanto, deve-se reduzir as pressões sobre a utilização dos recursos hídricos, associado ao aumento do custo da água, fator motivador para investigação das oportunidades de redução de demanda.

As mudanças climáticas podem alterar a distribuição, frequência e intensidade das precipitações, modificando o ciclo hidrológico e o processo de recarga dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos (AVILA et al., 2017). O aquecimento devido às mudanças climáticas é considerado como um fator crítico na previsão e avaliação do futuro dos recursos hídricos (KIM et al., 2014; KUNDU et al., 2017). Silva (2012) observou que a mudança da precipitação aumentaria o número de falhas no atendimento à demanda industrial de cerca de 2% para 12% entre 2011 e 2040. E então surge o questionamento: É possível reduzir as demandas por recursos hídricos através da minimização dos seus consumos? Como minimizar?

Devido a esse questionamento, propõe-se a gestão de disponibilidade, com foco na eliminação de perdas e desperdícios, minimização do uso e o reuso da água. Gerenciar a disponibilidade equivale a reduzir a demanda de água de acordo com as condições presentes e futuras de oferta. Nesse seguimento, Avila et al., (2014), criaram o *Plano Diretor*. No plano diretor são discutidos aspectos importantes como a simbiose industrial, tipo de gestão, desafios tecnológicos, análise estratégica dos riscos da oferta da água, ferramentas para decisão, análise de desvios ambientais e indicadores de efluente.

Este trabalho pretende demonstrar que a implantação de novos padrões operacionais para a parada de planta, programa para a redução de contaminantes na fonte (óleos e graxas) e reuso de efluentes em torres de resfriamento são importantes para a redução de consumo de água tirando a planta do risco de corte de água e parada. A metodologia aplicada envolve o desenvolvimento de um plano de ação, baseado no ciclo PDCA. Este plano, tem como objetivo

garantir a obtenção de água com qualidade para os seus processos, além da redução de contaminantes nos efluentes em uma Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados.

## **DESENVOLVIMENTO**

Um dos maiores impactos das mudanças climáticas é a oferta de água. Estas mudanças ocorrem devido ao efeito estufa resultante do excesso de emissão de gases (principalmente o CO<sub>2</sub>) ultrapassar a capacidade máxima de absorção pela atmosfera (Organização Meteorológica Mundial, 2016). O aumento da temperatura e a redução da precipitação promove redução da quantidade de água que infiltra no solo e aumenta as perdas por evapotranspiração (INMET, 2016), altera a recarga e, portanto, a disponibilidade das águas subterrâneas.

Para diminuir o uso de água, a indústria através da gestão hídrica, deve reduzir a sua demanda a partir da identificação e tratamento das perdas e desperdícios; atualização das tecnologias para tratar e utilizar a água e desenvolvimento de soluções e processos que permitam o reuso dos efluentes gerados. Sabe-se que os esforços para redução da demanda podem ser insuficientes sendo necessário incorporar novos mananciais como o aproveitamento das águas salinas, a utilização do efluente pós-tratado e a dessalinização de água do mar (AVILA et al., 2014), além de incorporar uma mudança de comportamento na cultura das empresas.

Um melhor conhecimento do uso da água em cada área operacional da indústria é imprescindível. Os balanços hídricos reconciliados e o investimento em medição são instrumentos básicos que, aliados a capacitação em larga escala e medidas de controle permitem estes avanços.

### **O uso da água na Indústria Química**

No caso da indústria, para redução do consumo da água é necessário identificar, analisar e questionar a demanda, verificando a quantidade e a qualidade de água requerida para suprimento dos processos. Neste sentido, diversas oportunidades se apresentam ao se aplicar as diretrizes da produção mais limpa, como melhorar a eficiência da utilização da água em cada processo da unidade operacional (GLEICK, 2010).

A discussão sobre a quantidade e a qualidade necessária da água para uso em equipamentos e processos é de extrema importância. Principalmente para viabilizar o reuso dos efluentes como alimentação para torres de resfriamento. Os tipos de água são identificados não somente pelo nome comercial, mas, pelo teor de contaminação que limita a sua reutilização.

Na gestão de recursos hídricos apresentam-se os tipos de água (AVILA et al., 2014): (1) água desmineralizada para geração de vapor e lavagem de equipamentos; (2) condensados provenientes das turbinas, de sistemas de processo e grandes purgadores; (3) água potável para uso humano e proveniente de poço ou da estação de tratamento de água; (4) água clarificada ou água do poço normalmente utilizadas para reposição das torres de resfriamento e para água de combate à incêndio; (4) água de resfriamento que é água clarificada ou de poço com aditivos para tratamento; (5) rejeito de águas do processo com níveis de contaminação variadas como o rejeito de osmose reversa; (6) água de chuva que pode ser coletada para usos administrativos e de lavagens na planta (depende de restrições de qualidade).

Ao classificar os tipos de água pretende-se avançar nos projetos de reuso e reprocesso de água indicando as soluções de menor custo e maior benefício. A gestão hídrica passa a tratar as redes de mistura de efluentes e uso no processo relacionando quantidades, qualidades e riscos. A proposta para reuso se baseia em critérios simples, como (AVILA; MIRRE; FIALHO, 2017): (a) validar tabela de especificações que classifica a água por tipo, uso na fonte, intermediário ou no destino final; (b) construir tabela com especificação máxima ou mínima de cada equipamento usuário das águas (evitar corrosão ou contaminação do produto); (c) listar os usos (processo e equipamento) e destino final das águas de processo; (d) relacionar o tipo, fonte e uso das águas; (e) verificar a qualidade mínima com a qualidade atual ofertada e propor revisão; (f) fazer análise de risco do reuso caso haja descontrole do processo. É importante definir estes procedimentos, pois, o reuso e reprocesso de água em algumas situações podem provocar incidentes, perdas de tempo, perdas patrimoniais decorrentes de corrosão ou até perda de especificação do produto.

### **O Plano Diretor**

O Plano Diretor tem como objetivo orientar a gestão da companhia em relação aos riscos quanto à não disponibilidade de recursos estratégicos para a produção sinalizando ações para mantê-los em níveis aceitáveis (AVILA et al., 2014). Este documento faz uma comparação entre a oferta de água das bacias hidrográficas, a sua qualidade e a demanda empresarial. É um instrumento importante do planejamento estratégico ambiental num cenário de aquecimento global que altera a disponibilidade deste recurso.

O planejamento estratégico de longo prazo de uma indústria e sua responsabilidade ambiental deve-se levar em consideração a gestão hídrica, energética, econômica (tecnologia e equipamentos – ciclo de vida e gestão de ativos) e social (pessoas e cultura – confiabilidade humana). A discussão sobre a oferta e demanda de água e geração de efluentes, é composta,

também, pela disponibilidade de outros recursos de forma adaptativa, como energia, materiais, tecnologias de equipamentos e pessoas (AVILA et al., 2014).

De acordo com ÁVILA et al (2012), é possível conferir oferta e demanda de água a longo prazo nas áreas ambiental e de recursos humanos para corrigir estratégias nas operações da indústria. Uma projeção real de investimentos e ações para a gestão hídrica na indústria química proporciona uma análise de disponibilidade de recursos para a tomada de decisão. Neste caso foram utilizados dados reais de planejamento para definição do plano diretor de água.

O Plano Diretor apresenta uma visão de futuro mostrando que a oferta de água reduzirá de 750 m<sup>3</sup>/h (em 2012) para 462 m<sup>3</sup>/h (em 2034). Considerando uma mesma demanda no futuro (750 m<sup>3</sup>/h), é necessário uma série de ações para a redução do consumo de água até 2034. Portanto, um trabalho de ajuste foi apresentado pelo Plano Diretor de água e por Programa de Controle de Emissões na Fonte indicando a possibilidade de atingir metas de longo prazo no consumo de água e na geração de efluentes a partir da mudança da oferta de água (AVILA et al., 2014).

A disponibilidade de água e a capacidade de transformar os gases emitidos pela indústria sem provocar mudança climática são questões que tratam de restrições no uso de recursos naturais e que podem prejudicar a existência de certas atividades econômicas, principalmente a indústria química.

### **Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados**

Para reverter o futuro quadro de escassez, as comunidades científica e técnica deparam-se com um dos maiores desafios para a integração de processos: o desenvolvimento de tecnologias para minimizar o uso da água nas indústrias. Um dos fatores limitantes para a redução de consumo de água nas unidades industriais é o teor de contaminante presente no efluente. Devido ao uso do nitrogênio reativo como insumo de processo nas indústrias de fertilizantes e petróleo, é comum encontrá-lo em níveis elevados no efluente destas unidades. Assim, restringir a vazão de água destinada ao efluente destas unidades pode causar descontrole no teor de contaminante, elevando-o acima da especificação da legislação.

Para entender a problemática das empresas de fertilizantes, deve-se lembrar que apesar da atmosfera terrestre ser composta por quase 78% de nitrogênio, este elemento encontra-se na forma inativa e não pode ser absorvido pela maioria dos seres vivos, a menos que ele seja fixado por raios, bactérias ou industrialmente, sendo este último responsável por converter mais nitrogênio inerte em reativo que todos os outros processos combinados (Rockström et al. 2009).

A fixação industrial do nitrogênio atmosférico produz fertilizante e ração animal, aumentando a disponibilidade de alimentos para a crescente população mundial. No entanto, muito deste nitrogênio reativo tem como destino a biosfera, rios, atmosfera e deposição no solo, causando efeitos negativos significativos nestes ambientes (Vitousek et al. 1997), como poluição de águas subterrâneas por nitrato, eutrofização das águas costeiras e emissões de  $N_2O$  que contribui para alterações climáticas (Erismann et al. 2007), alterando o ciclo do nitrogênio e ultrapassando os limites planetários.

O objeto do estudo que deu origem a este artigo é uma empresa de fertilizante que produz amônia através do processo Haber-Bosch, Figura 1. O efluente industrial gerado no processo é rico em nitrogênio amoniacal, tem pH básico e é enviado para tratamento em empresa tratadora de efluente industrial (ETE). Na logística do efluente há um equipamento intitulado lagoa de emergência ou de estabilização, disponível para operações de equalização de volumes e cargas de nitrogênio amoniacal. Em situações eventuais, o descontrole do processo ocasiona transbordo da lagoa, com conseqüente contaminação do solo ao redor e corpos de água pluviais.

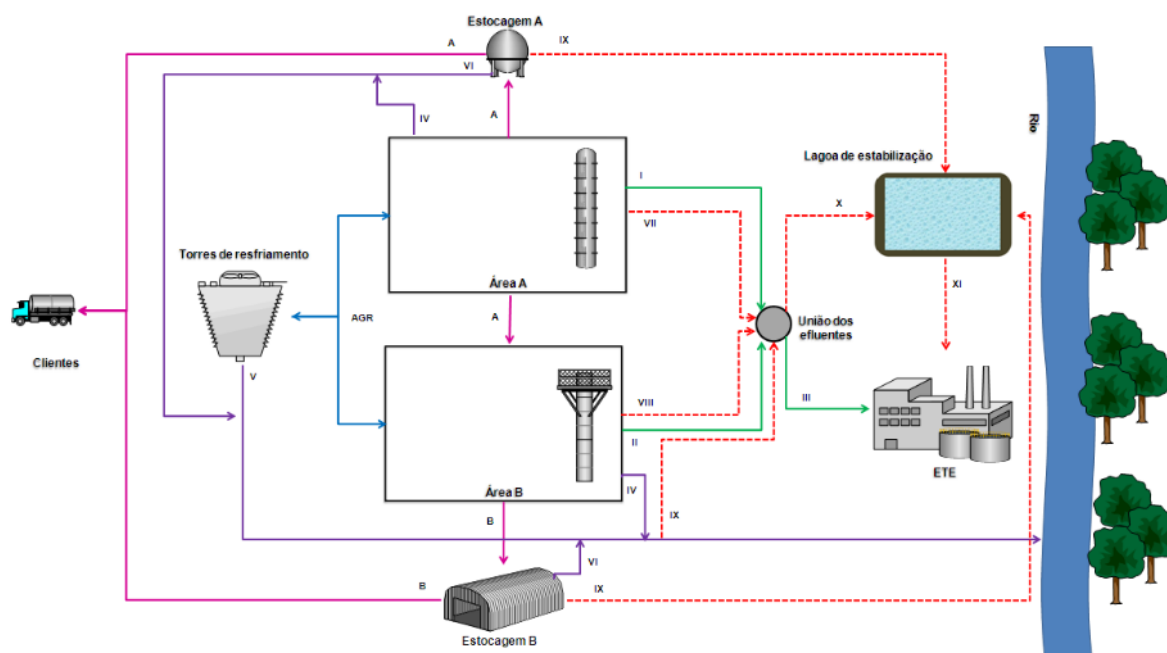


Figura 1 - Topologia dos efluentes. Fonte: Ávila (2014).

O sistema de efluentes da empresa é dividido em efluente orgânico, inorgânico e contaminado. O efluente orgânico ou industrial corresponde às correntes provenientes das áreas industriais (I e II) que são destinadas diretamente à empresa de tratamento de efluente (ETE) licenciada pelo órgão ambiental (III). O efluente inorgânico é correspondente às áreas administrativas, às áreas industriais que não possuem contaminação (IV), a exemplo de purga de torres de resfriamento (V), e áreas de estocagem (VI). Seu destino é um canal próximo a região. Caso os efluentes antes citados estejam fora da especificação normativa, seja por descontrole ou emergência (VII a IX), eles são desviados para um caminho alternativo (X), a lagoa de estabilização, e posteriormente para a ETE (XI).

## METODOLOGIA

A metodologia aplicada, Figura 2, envolve uma revisão bibliográfica (1) focada na análise da disponibilidade de água na indústria, o contexto atual das mudanças climáticas e a escassez hídrica, o uso da água industrial e seus tipos, além dos principais os indicadores apresentados no Plano Diretor referentes a Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados, objeto de estudo do trabalho.

Após esta etapa, foi feita uma auditoria na Fábrica (2) com objetivo de mapear as possíveis causas da contaminação de efluentes. E, finalmente, é proposto um plano de ação baseado no ciclo PDCA para redução dos contaminantes (3). Uma para proposta de intervenção na mudança de comportamento na gestão de efluentes denominada “Amigos da Lagoa”.

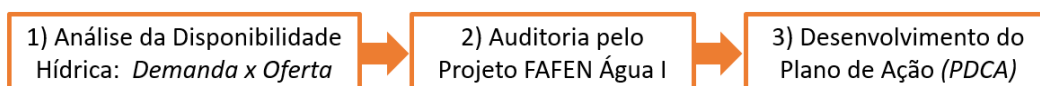


Figura 2 - Metodologia aplicada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1) Análise da Disponibilidade Hídrica - Demanda x Oferta:

Nesta etapa foi feita uma breve revisão bibliográfica. Foram avaliados os indicadores propostos pelo Plano Diretor para a disponibilidade de água na Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados. De acordo com Ávila (2014), uma projeção real de investimentos e ações para a área de gestão hídrica na indústria química permite descrever como analisar disponibilidade de recursos para a tomada de decisão. O Plano Diretor apresenta uma visão de longo prazo mostrando que a oferta de água vem reduzindo de 750 m<sup>3</sup>/h (em 2012) para 462 m<sup>3</sup>/h (em 2034). Como as práticas atuais são as mesmas, ainda são demandados os mesmos 750 m<sup>3</sup>/h, portanto,

é necessário uma série de ações para a redução do consumo de água até 2034, como mostrado na Figura 3. Nesse contexto, é necessário atingir metas de longo prazo no consumo de água e geração de efluentes levando em conta a mudança da oferta de água. Com a mudança de comportamento, redução de consumo e contaminação de efluentes, a demanda por água poderá sair de 750 m<sup>3</sup>/h para 310 m<sup>3</sup>/h com uso quase total para alimentação das torres de resfriamento.

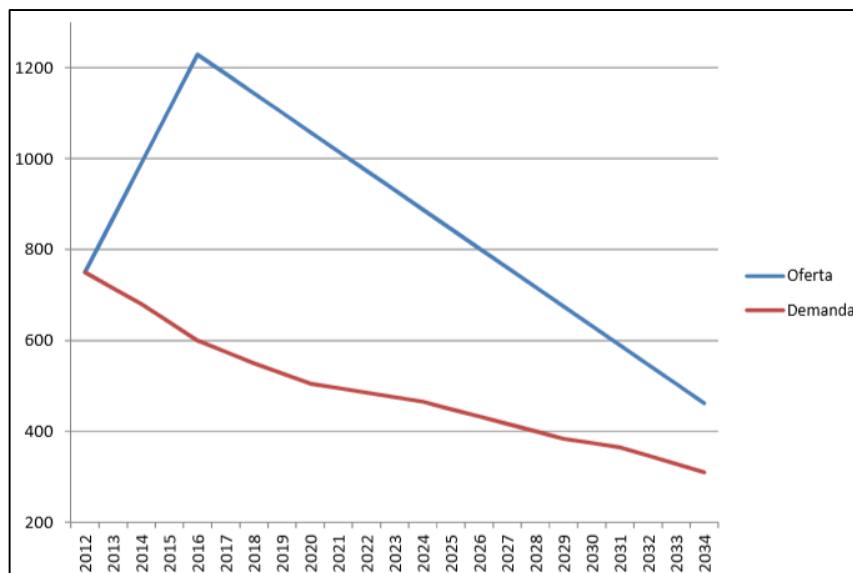


Figura 3 - Projeção oferta e demanda hídrica com base em uma plana química no período de 2012 a 2034. Fonte: Ávila, 2014.

## 2) Auditoria pelo Projeto FAFEN Água I:

O objetivo do Projeto era melhorar o desempenho ambiental da Fábrica através de proposição de mecanismos, procedimentos e tecnologias para racionalização do uso de água e minimização da geração de efluentes líquidos na fábrica. Contudo, durante o desenvolvimento do projeto – na fase de monitoramento de áreas de contaminação – foi constatado não ser possível reduzir o volume de efluentes gerados sem antes reduzir a contaminação por nitrogênio amoniacal. Como este excesso é sobretaxado ou multado, a água lançada no efluente pela fábrica tem importância para o enquadramento do efluente orgânico e, assim, adequá-lo na especificação do contrato assinado. Para reverter esse quadro, surgiu dentro do Projeto Fafen-Água I o Programa Educacional Amigos da Lagoa com a pretensão de investigar as causas de contaminação do efluente, incentivar a busca de soluções para reduzir na fonte os altos níveis de contaminação por efluente amoniacal.



### 3) Desenvolvimento do Plano de Ação (PDCA):

O plano de Ação é denominado Programa Educacional “Amigos da Lagoa”. Para sua aplicação foi utilizado o ciclo PDCA que é composto por Planejamento (Plan), Execução (Do), Verificação (Check) e Ação (Act).

**Planejamento** - Fase de identificação do problema, análise do processo, estabelecimento de metas e elaboração do plano de ação. **Problema:** Existe uma carga oscilante e exagerada de contaminante no efluente que ocasiona a não especificação do efluente, a menos que águas de boa qualidade sejam acrescentados para equalizá-los; **Análise do processo:** A operação da planta de Amônia é responsável por uma vazão de aproximadamente 50m<sup>3</sup>/h de água com até 200 ppm de amônia, ou seja, quase 30% do volume efluente. A planta de Uréia é responsável por quase 60% da contaminação do efluente, sendo que 20% são devido à lavagem semanal da torre de prilling e 40% da drenagem de; **Metas:** Diante dos resultados do monitoramento, definiram-se as metas descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Metas a serem alcançadas através do programa Amigos da Lagoa

Parâmetros	Monitorado	Metas
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	214,6	74,6
N amoniacal (ppm)	254,0	254,0
Carga de N amoniacal (kg/h)	54,5	19,0
Uréia (ppm)	68,0	94,0
Carga de Uréia (kg/h)	14,6	7,0

Fonte: Manual do Multiplicador

**Método:** Após o mapeamento do sistema de efluentes, planejou-se uma sensibilização e solicitação de um posto de trabalho dentro da sala de controle da Uréia, além do trabalho itinerante, dando assim maior ênfase ao trabalho com as áreas com maior contribuição para o efluente.

**Execução** - Etapa de realização, execução das atividades conforme o plano de ação.

**Treinamento de multiplicadores:** Os dados dos efluentes da empresa foram tratados e apresentados aos multiplicadores. Esse treinamento foi realizado através de palestras e com o manual do multiplicador; **Visitas técnicas:** Os multiplicadores participaram de inspeções ao efluente, visitas a área e acompanhamento das manobras. Neste procedimento eram entregues a cartilha do programa e boletins técnicos. Nesta etapa surgem idéias para melhoria dos padrões de operação e lançamento de efluentes; **Coleta de dados:** Realizada durante inspeções,

acompanhamento de manobras críticas e ramais susceptíveis a contaminação, através de tomadas de amostras para análises em laboratório, dados de processo e entrevistas com engenheiros e operadores de área.

**Verificação** - Corresponde ao monitoramento e avaliação de resultados, confrontando-os com o planejamento, consolidação de informações e confecção de resultados, como mostrado na Tabela 2. Realizaram-se reuniões técnicas para analisar os resultados (financeiros, técnicos, ambientais e comportamentais) e diante das necessidades observadas, traçar estratégias e definir novas oportunidades de melhorias.

Tabela 2 - Metas x resultados alcançados

Parâmetros	Planejado		Real	
	Monitorado	Metas	Início	Final
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	214,6	74,6	224,8	176,9
N amoniacal (ppm)	254,0	254,0	268,4	209,2
Carga de N amoniacal (kg/h)	54,5	19,0	61,6	36,9
Uréia (ppm)	68,0	94,0	NA*	NA*
Carga de Uréia (kg/h)	14,6	7,0	NA*	NA*

\*NA = não avaliado

Fonte: Relatórios de IEH 2009 e 2010

**Ação** – Consiste em realizar ações condizentes com os resultados analisados e as novas necessidades identificadas, determinando novo plano de ação, de forma a melhorar qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas. Esta última etapa não foi realizada devido ao término do projeto Fafen-Água I, sendo adiada para o projeto Fafen-Água II.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa educacional na indústria de fertilizantes foi criado para reduzir o consumo de água, geração de contaminantes amoniacal, multas e desperdício de matéria prima em uma indústria de fertilizantes. Escolheu-se o nome Amigos da Lagoa para enfatizar o constante alto nível da lagoa, muitas vezes próximo ao limite de segurança de operação que, caso ultrapassado, pode causar transbordo da lagoa, contaminação do solo e mananciais das redondezas.

O programa iniciou-se com o monitoramento dos ramais do efluente, o que determinou o perfil do sistema de efluentes industrial, os maiores contribuintes com a contaminação e os possíveis distúrbios de operação.

Este projeto percebe as unidades operacionais da Indústria de Fertilizantes como um espaço de aprendizagem e conscientização de responsabilidade ambiental. Considera também cada colaborador e pesquisador como um agente de mudança, sendo simultaneamente instrutor e aprendiz.

## **REFERÊNCIAS**

ÁVILA, S. F.; COIMBRA, H.; SOUZA, C.; GONÇALVES, A. **Iniciativas de eficiência energética para a sustentabilidade, oportunidades & desafios**. Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, IBP1743\_14, 2014.

ÁVILA, S. F.; MIRRE, R. C.; FIALHO, R. L. **Investigation about wastewater profile for reuse in cooling towers: an operational risk discussion in a refinery**. Cooling Technology Institute Annual Conference. Houston, Texas, 2017.

ÁVILA, S. F.; LOPES, J. R. N.; KALID, R. A.; KIPERSTOK A. F. **Gestão da disponibilidade de água e energia através do plano diretor**. Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, IBP1842\_14, 2014.

ÁVILA, S. F.; SILVA, J. M. P.; PASSOS, I. C.; ÁVILA, J. S.; FARIAS NETO, S. R. **Thermal performance assessment through cooling tower modeling: refinery case**. Cooling Technology Institute Annual Conference. Houston, Texas, 2017.

KIM, S.; KIM, B.S.; JUN, H.; KIM, H.S. **Assessment of future water resources and water scarcity considering the factors of climate change and social–environmental change in Han River basin**, Korea. Stoch. Environ. Res. Risk Assess. 28, 1999–2014, 2014.

KUNDU, S.; KHARE, D.; MODAL, A. **Individual and combined impacts of future climate and land use changes on the water balance**. Ecol. Eng., Elsevier, v. 105, p. 42-57. 2017.

SILVA, S.F., **Análise da disponibilidade e demanda para o sistema de abastecimento de água de Salvador frente a cenário de mudanças climáticas**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento), Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, 2012. 150 p.

**Organização Meteorológica Mundial, 2016.** Greenhouse Gas Bulletin - N\_ 12: the State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2015. Available at: <https://www.wmo.int>.

**Panorama geral das condições meteorológicas e os principais eventos extremos significativos ocorridos no brasil em 2016.** Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento instituto nacional de meteorologia – INMET coordenação-geral de meteorologia aplicada, desenvolvimento e pesquisa (CGMADP), 2016.

**GLEICK, P. H. Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America.** Proceedings of the National Academy of Sciences USA, v. 107, n. 50. 2010.

**ÁVILA S.F.; LOPES, J.R.N.; SOUZA C.R.O. Strategies to Industry Sustainability.** WREF 2012 - World Renewable Energy Forum. Denver: 2012.