

# MUDANÇAS NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA REFINARIA DUQUE DE CAXIAS

minimização do uso de água e redução da carga orgânica lançada na Baía de Guanabara

Fernando Ribeiro Camaz



## RESUMO

---

O objetivo do presente trabalho foi avaliação científica, análise e tratamento estatístico do comportamento da carga poluidora da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) considerando os aspectos e impactos ambientais do fechamento do sistema de refrigeração aberto, ações 32 e 33, de um total de 105 ações propostas do Termo de Ajustamento Ambiental (TCA). A Baía de Guanabara teve a partir dezembro de 2003, uma grande redução no risco de poluição de suas águas em função do início do fechamento do antigo sistema de refrigeração aberto. O processo consistia em captar água da Baía de Guanabara para refrigeração de produtos e em seguida, após adequação de temperatura, era devolvida a Baía na forma de efluente dentro dos parâmetros de controle, atendendo ao órgão ambiental, Instituto do Ambiente (INEA) e a resolução CONAMA 357. Apesar deste controle, a carga orgânica lançada pela REDUC era alta em função da própria fonte de captação e do volume de água envolvido, aproximadamente 660.000 m<sup>3</sup>/dia. Os custos para implantação do Sistema de Refrigeração fechado foram de cerca de US\$ 46,8 milhões, que foram desembolsados em três anos. O investimento estimado foi de R\$ 218 milhões e o período de realização de 2000 a 2003, além de medidas de colaboração de R\$ 6 milhões em programa de educação ambiental, urbanização Praia de Ramos e apoio à Organizações Não governamentais (ONG) Ambientalistas no cumprimento de um termo de ajuste de conduta, numa demonstração de absoluta responsabilidade social e respeito ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais. Indicadores. Sistema de refrigeração. Refinaria de petróleo.

## ABSTRACT

---

*The objective of this work was scientific assessment, analysis and statistical treatment of the pollution load of the behavior of the Duque de Caxias Refinery (REDUC) considering the aspects and ambient impacts of the open cooling system closing, actions 32 and 33, a total 105 proposed actions of the Environmental Adjustment Agreement (TCA). The Guanabara Bay had from December 2003, a large reduction in the risk of pollution of its waters due to the early closure of the old open cooling system. The process was to draw water from Guanabara Bay for refrigeration products and then, after adjustment temperature, was returned to bay in the form of effluent within the control parameters in view of the environmental agency (INEA) and CONAMA resolution 357. Despite this control the organic load released by REDUC was high due to the pro-would put funding source and the volume of water involved, approximately 660,000 m<sup>3</sup> per day. The costs of implementing the closed cooling system were about \$ 46.8 million, which were perform estimated for about three years. The estimated investment of R \$ 218 million and the 2000 implementation period to 2003, and R \$ 6 million collaborative action on environmental education program, urbanization Palm Beach and support for Non-Governmental Organizations (NGO) Environmentalists in fulfillment of a conduct adjustment term in a show of absolute social responsibility and res-chest to the environment.*

**Keywords:** Ambient impacts. Indicators of performance. Refrigeration system. Oil refinery.

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades de refino de petróleo acarretam impactos ambientais nas fases de construção, operação e manutenção da refinaria e para minimizar esses impactos negativos torna-se necessário realizar ações eficientes de monitoramento e controle ambiental. Estes empreendimentos podem estar próximos a manguezais junto à orla marítima e bacias hidrográficas complexas.

A Refinaria Duque de Caxias (REDUC) por estar situada próxima a Baía de Guanabara, em região de águas rasas, e possuir gasoduto com ponto de toque em áreas costeiras, influencia de forma direta e indireta nas áreas de manguezais, tanto no ambiente terrestre, quanto na região da Baía de Guanabara. Atualmente ainda continuam sendo executados diversos estudos, programas e Projetos do Monitoramento Ambiental voltado para este ecossistema coordenados pelo Centro de Pesquisas da Petrobras, CENPES.

O Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional (PEGASO), lançado em 2002, foi um diferencial na história da Petrobras, iniciando a nível corporativo, um grande movimento na busca da excelência em gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional (SMS). Somente na Refinaria Duque de Caxias, o programa era composto de 105 ações, a um custo de mais de R\$ 218 milhões. Outras fontes de subsídios importantes para a composição do Plano de Ação do Termo de Compromisso de Ajuste Ambiental (TCAA) foram as informações e projetos advindos da execução do Termo de Compromisso Ambiental (TCA) firmado pela refinaria e a Dutos e Terminais do Sudeste com a Fundação de Engenharia do Meio Ambiente (atual Instituto do Ambiente) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

O documento previa ações a serem executadas pela REDUC nas áreas de resíduos, hidrologia, minimização de riscos de processo, planos de gestão ambiental, educação ambiental e colaboração na urbanização da praia de Ramos e apoio a Organizações Não Governamentais (ONG's). O Termo discriminava de forma clara e concreta os compromissos de desembolsos iniciais de mais de R\$ 171 milhões, além de vários itens de projetos e melhorias recomendadas à adequação ambiental e a regularização através do licenciamento do seu parque de refino, concluído em 2005. Este Plano de ação previa medidas de melhoria no *hardware* da Refinaria, como a implantação de sistemas de gestão integrada e foco no ser humano, direcionadas a aspectos socioambientais.

Diversas obras foram executadas e implantadas e outras estão em andamento na Refinaria Duque de Caxias, para aumentar a confiabilidade de seus sistemas logo após o vazamento de óleo corrido na Baía de Guanabara em janeiro de 2000.



Vista aérea da REDUC.  
Fonte: Banco de Imagens  
Petrobras.

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTUDO

Os resultados obtidos com monitoramento do efluente da Bacia de Resfriamento, área de referência deste estudo, foram interpretados considerando o seu contexto ambiental de área sob influência de outras atividades como o aterro de Gramacho, o Pólo Petroquímico e a cidade de Duque de Caxias.

O efluente da antiga Bacia de Resfriamento era lançado no rio Iguaçu cuja foz é a Baía de Guanabara. Esta área foi também utilizada como referência para estudos ambientais realizados pela Fundação Euclides Cunha da Universidade Federal Fluminense (FEC/UFF), Fundação da Universidade de São Paulo (FUNDESP) para o monitoramento, suporte, a caracterização e avaliação dos impactos na área do complexo dos rios Iguaçu e Sarapuí.

O estudo procurou analisar o comportamento da carga poluidora lançada (óleos e graxas), sistematizados conforme dados da DZ - 942. R-7 - Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos - PROCON-ÁGUA, enviados ao órgão ambiental - Instituto Estadual do Ambiente (INEA) no período da pesquisa.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

A proposta apresentada poderá ser um instrumento prático de gestão ambiental e servir de base com informações para a tomada de decisão gerencial das empresas do segmento em estudo, desenvolvendo e incorporando em seus conceitos e métodos formas de registrar, comparar e mensurar os eventos econômicos relativos ao meio ambiente. Torna-se, portanto, necessário definir um número expressivo e representativo do potencial poluidor e histórico ambiental da região onde está inserida a refinaria.

O trabalho utilizou tratamento estatístico descritivo de dados do PROCON-ÁGUA, enviados mensalmente ao órgão ambiental (INEA), do período do estudo, janeiro de 1998 a outubro de 2006.

## 1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Para esta finalidade, deve-se ter presente o disposto na Resolução nº 357/05, do CONAMA, que classifica em treze classes as águas doces, salobras e salinas, segundo seus usos preponderantes, estabelecendo os padrões de qualidade exigíveis em cada classe e vedações de uso, a fim de que aqueles padrões de qualidade sejam mantidos.

Em termos de descarga dos efluentes líquidos, estes deverão atender ao § 4 do artigo 34 da Resolução CONAMA 357/05. A concentração máxima de substâncias aceita no corpo d'água também são definidas na referida Resolução. Os limites estabelecidos na referida legislação são apresentados juntamente com os limites estabelecidos na legislação do Estado do Rio de Janeiro.

**Figura 1** - Unidade antiga de Refrigeração da Bacia de Resfriamento.



**Fonte:** O AUTOR, 2007.

## 2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO ABERTO

O antigo sistema de refrigeração aberto era composto de um canal artificial que adentrava pela Baía de Guanabara por aproximadamente 3 km, denominado de Canal de Tomada de Água (CTA), para facilitar a captação de água. O canal possuía um septo flutuante com a finalidade de reter o material pesado, como moirões, troncos de árvore e material flutuante.

A estação elevatória era denominada Casa de Bombas de Refrigeração (CBR) e composta de sete bombas com capacidade nominal de 5500 m<sup>3</sup>/h. O recalque era feito através de cinco bombas e distribuídos em três *headers*: Norte, Sul e Central. Na entrada de cada unidade abastecida por este sistema existiam filtros para evitar o entupimento dos trocadores de calor. O sistema também possuía boca de visita para inspeção e drenos para limpeza rotineira.

A água salgada circulava pelas unidades industriais da Gerência do CB, refrigerando produtos que saem do processo através de equipamentos denominados trocadores de calor. O efluente deste sistema seguia por uma tubulação fechada até um canal aberto chamado de "FLUME". Este canal terminava em uma grande área denominada bacia de resfriamento, onde ocorria a troca térmica entre a água e o ar, para posterior deságue no Rio Iguaçu.

### 2.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO FECHADO

O novo sistema de refrigeração utilizado pela REDUC possui duas torres com capacidade de circulação de 45.000 m<sup>3</sup>/h de água e

tubulações de 2m de diâmetro que percorrem cerca de 1 km em torno da refinaria. Os custos para implantação do Sistema de Refrigeração fechado foram de: R\$ 124.311.717,53 (US\$ 46,8 milhões) em três anos.

O sistema de resfriamento fechado utiliza água clarificada, que circula pelas unidades de processo de combustíveis, retornando a cada ciclo, ou seja, é reaproveitada dentro do próprio circuito fechado de refrigeração. Este sistema de refrigeração é responsável por 90% do resfriamento do processo de produção da REDUC.

**Figura 2** - Ação 32 REDUC - U-1364.



**Fonte:** O AUTOR, 2007.

A perda estimada de projeto é de 2 % do volume circulante, e se dá por evaporação e/ou arraste, ou seja, não há descarte para o meio ambiente. Há ganhos econômico, socioambiental e de imagem para a Petrobras devido à redução de custos de manutenção em tubulações e trocadores de calor devido à corrosão de máquinas e equipamentos.

**Figura 3** - Ação 32 - U 1363 (Torre A).



**Fonte:** O AUTOR, 2007.

## 2.2 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

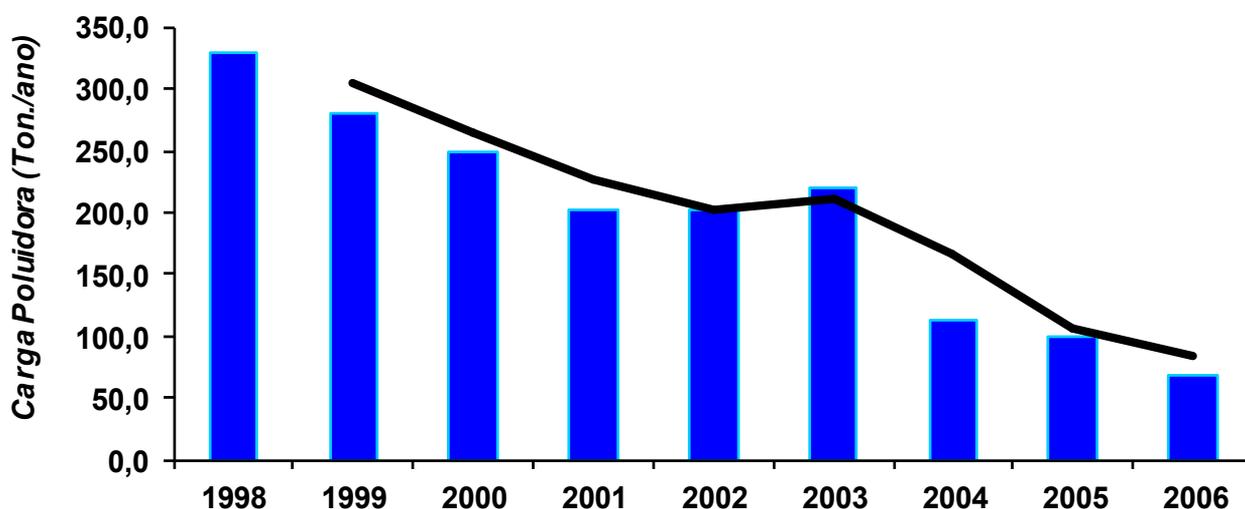
Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão.

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e,

quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento de água. A presença de óleos e graxas diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Em processo de decomposição, a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido elevando a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO), causando alteração no ecossistema aquático. Na legislação brasileira não existe limite estabelecido para esse parâmetro, a recomendação é que os óleos e as graxas sejam virtualmente ausentes para as classes 1, 2 e 3 da resolução CONAMA nº. 357/2005. O Gráfico 1 mostra a evolução da redução na carga poluidora de óleos e graxas medido na saída da Bacia de Resfriamento.

**Gráfico 1** - Carga Poluidora de Óleos e Graxas medidos na saída da Bacia de Resfriamento.



Fonte: CAMAZ, 2008.

Os volumes captados na Baía de Guanabara e no efluente descartado no Rio Iguaçu foram altos, cerca de 30.000m<sup>3</sup>/h. Este sistema, apesar do descarte de seus efluentes, dentro dos padrões de controle do órgão ambiental (como exemplo o parâmetro óleos e graxas), o volume descartado no início da pesquisa, em 1998, foi de 330 t/ano, e no final da pesquisa, em 2006, foi de 50t/ano.

Os ganhos econômicos foram a redução no custo do tratamento de efluentes cerca de US\$ 633,6 mil/dia, que deixaram de ser tratados e descartados. Os ganhos socioambientais foram significativos somente à quantidade de óleos e graxas lançado no rio Iguaçu em 1998 foi de 330 t/ano igual 2.408 barris de petróleo/ano equivalente a 383.000 l/ano.

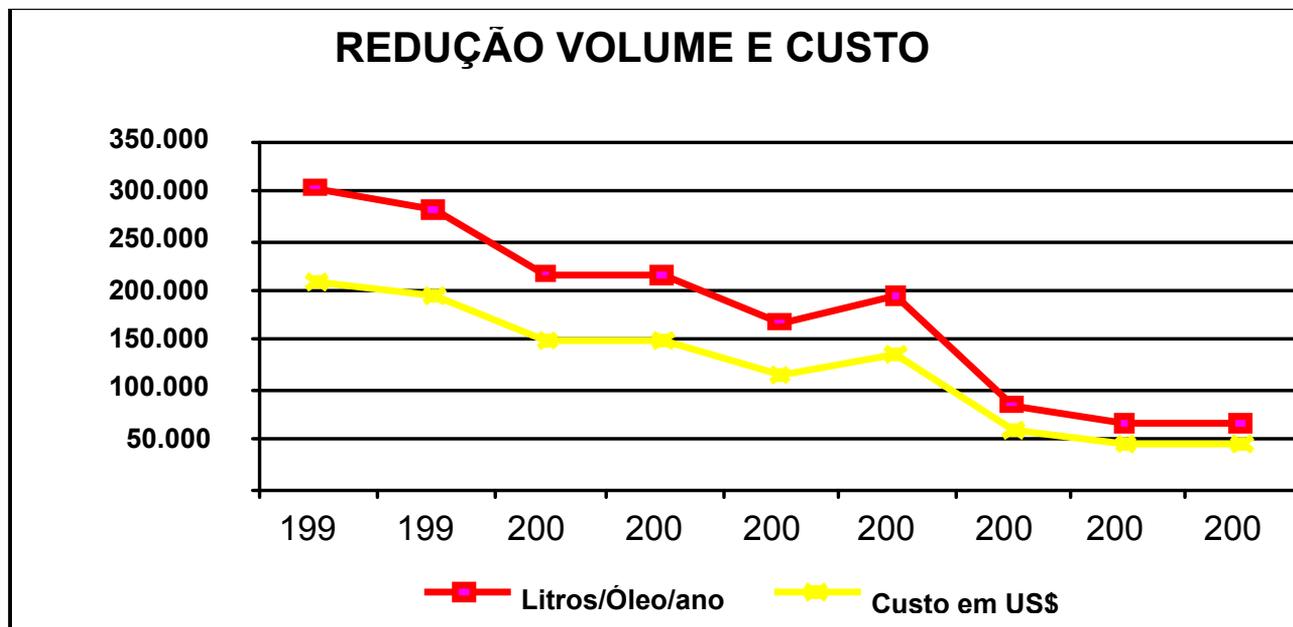
A redução de custo com desperdício de matéria prima foi de US\$ 207 mil/ano, que poderiam gerar cerca de US\$ 500 mil em faturamento com o reprocessamento e a geração de

produtos de maior valor agregado somente no ano de 1998.

Correlacionando o volume de óleos e graxas descartado com barris de petróleo e seu respectivo custo em dólar, podemos evidenciar de forma clara a sua evolução no Gráfico 2. Já a quantidade de óleos e graxas lançado até outubro de 2006, quando foi totalmente fechado o Sistema de Refrigeração aberto e a Bacia de Resfriamento, foi de 50 t/ano igual a 365 barris de petróleo/ano equivalente a 58.000 l/ano. Este volume equivalente a US\$ 44 mil poderia gerar cerca de US\$ 106 mil em faturamento com a geração de produtos de maior valor agregado que deixaram de ser produzidos.

Estas reduções associadas às de nitrogênio, amônia e metais pesados também melhoraram consideravelmente as atividades de pesca e qualidade de vida para as comunidades de pescadores, caranguejeiros do entorno da

**Gráfico 2** - Redução de Volume e Custos medidos na saída da Bacia de Resfriamento.



Fonte: CAMAZ, 2008.

Baía de Guanabara. O processo de educação ambiental e os programas de treinamento implementados pela companhia, aumentaram a conscientização ambiental dos funcionários e colaboradores. Adiciona-se o fato de que este projeto reduziu consideravelmente (90 %) o consumo de recursos hídricos e a vazão de efluente tratado para o corpo receptor: o rio Iguaçu reduzindo o impacto ao meio ambiente. Este programa proporcionou melhoria operacional, uma vez que reduziu substancialmente a frequência de limpezas de trocadores de calor, reduzindo com isso os custos de manutenção e aumentando a confiabilidade operacional, pois as intervenções nos referidos equipamentos eram frequentemente emergenciais, causando instabilidade na operação da planta de combustíveis.

Estas reduções ocorreram paralelo a várias ações internas no sistema de gestão, como a otimização da estação de tratamento de efluentes, mediante a sistematização da coleta e transporte de amostras para o laboratório de análises de água e efluentes, tanques de equalização, unidade de flotação e adição de oxigênio dissolvido na lagoa de equalização aerada com objetivo de aumentar a eficiência do sistema.

Com o intuito de analisar o projeto de implantação do referido programa foi realizada uma avaliação técnico econômica do projeto, com foco no tempo de retorno do investimento total, e o curto prazo para o retorno, cerca de um ano, quando a literatura básica aceita este retorno em um prazo de até vinte anos, confirmando a viabilidade do empreendimento.

### 3 CONCLUSÃO

Os projetos cumpriram os objetivos propostos e geraram informações técnicas científicas para o poder público, universidades, organizações não governamentais, a Petrobras e seus parceiros, o Órgão Ambiental no âmbito Estadual (INEA) e Federal além das comunidades locais.

Com relação a metais pesados, amônia e óleos & graxas, os resultados obtidos comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), evidenciaram que os efluentes líquidos da refinaria encontram-se em conformidade com a Resolução nos parâmetros estabelecidos por tal legislação. A ausência de informações dessa natureza contribui para que conhecimentos precários sobre a contabilidade socioambiental prevaleçam e alimentem uma visão distorcida de que investimentos na área ambiental sejam visualizados como custos que reduzem a

**Figura 4** - Torre de refrigeração concluída e operando.



**Fonte:** O AUTOR, 2008.

competitividade ao invés de investimento. Podemos inferir que, o cumprimento das ações 32 e 33, relativas ao fechamento do sistema aberto de resfriamento e em paralelo a implantação de um programa de gerenciamento ambiental, balizado no Termo de Compromisso e Ajuste Ambiental (TCAA). Este propiciou inúmeros ganhos para refinaria, no uso de recursos naturais, preservação da qualidade ambiental, além de potencializar resultados econômicos.

Quanto às contribuições de fontes difusas ficou evidenciado após o fechamento do sistema de refrigeração aberto da refinaria, nas questões levantadas e analisadas, que o rio Iguaçu e o rio Sarapuí continuarão impactando da mesma forma o estuário da região noroeste da Baía de Guanabara. Devido à falta de um sistema de saneamento básico nos municípios de Nova Iguaçu, São João de Meriti, Duque de Caxias, entre outros da baixada fluminense que lançam efluentes domésticos in natura nos respectivos Rios.

Os programas de educação ambiental implantados trouxeram vários ganhos na minimização do consumo de água através do reuso e reciclagem de efluentes aquosos da Refinaria de Duque de Caxias, REDUC, proporcionaram grandes melhorias na gestão de águas e efluentes, proporcionando redução de custos, melhora no desempenho operacional e minimização da poluição hídrica.

Essas ações estão em consonância com a política de responsabilidade socioambiental da Petrobras, e com as diretrizes corporativas de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, atendendo a Conformidade Legal e a Responsabilidade Social Corporativa da Empresa.

## REFERÊNCIAS

- AMADOR, E. S. Baía de Guanabara: um balanço histórico. In: ABREU, Maurício de Almeida et al. **Natureza e sociedade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, 1992.
- BIODINÂMICA. **Caracterização ambiental da área compreendida entre a avenida marginal leste da REDUC e a Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, 2003.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em: 24 ago. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório sobre o impacto ambiental causado pelo derramamento de óleo na Baía de Guanabara**. Brasília, 2001. Disponível em: <[www.mma.gov.br/port/conama/processos/67B2E6A7/artigo5.doc](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/67B2E6A7/artigo5.doc)>. Acesso em: 05 de agosto de 2007.
- \_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 25 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009. Brasília, DF, 2005.
- \_\_\_\_\_. Resolução nº 397, e 3 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5o, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA no 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível: [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2008\\_397.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_397.pdf). Acesso em: 04 set. 2011.
- \_\_\_\_\_. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: [http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos\\_normativos/conama/2011\\_CONAMA\\_RES\\_430.pdf](http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos_normativos/conama/2011_CONAMA_RES_430.pdf). Acesso em: 18 de julho de 2014.
- CAMAZ, F. R. **Considerações sobre os aspectos e impactos ambientais para o fechamento do sistema de refrigeração de uma refinaria de petróleo localizada na orla da Baía de Guanabara, RJ**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Visão estratégica empresarial**. Rio de Janeiro, 2002. 2 v. Disponível em: <[www.cebds.org.br](http://www.cebds.org.br)>. Acesso em: 12 ago. 2006.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE (RJ). Disponível em: [www.feema.rj.gov.br](http://www.feema.rj.gov.br)>. Acesso em: 20 out. 2000.
- FUNDAÇÃO EUCLIDES DA CUNHA DE APOIO INSTITUCIONAL À UFF. **Estimativa da participação da REDUC nas cargas de contaminantes exportadas para a Baía de Guanabara, devida ao descarte de seu efluente no Rio Iguaçu**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2007. 2º Relatório Parcial.

INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA. Disponível em: <<http://www.portalbaiadeguanabara.com.br/sitenovo/>>. Acesso em: 24 jul. 2006.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. ISO 14031: environmental management: environmental performance evaluation – guidelines. Gêneve, 1999.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (RJ). **Bacias hidrográficas e rios fluminenses:** síntese informativa por macrorregiões ambientais. Rio de Janeiro: SEMADS/GTZ, 2001. 73 p. (Série SEMADS/GTZ).

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE RIOS E LAGOAS (RJ). Disponível em: <[www.serla.rj.gov.br](http://www.serla.rj.gov.br)>. Acesso em: 24 set. 2006.

TEIXEIRA, L. A. C. et al. **Relatório final de avaliação das condições presentes de funcionamento do complexo industrial REDUC/DTSE sob o ponto de vista de suas implicações ambientais.** Rio de Janeiro: Secretaria do Estado de Ciência e Tecnologia, 2000. Convênio SECT - Secretaria de Estado Ciência e Tecnologia/PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.

## Fernando Ribeiro Camaz

Graduação (1984) em Engenharia Química pela UFRRJ. Tecnólogo (2005) em Gestão ambiental CEFET-RJ. Mestrado (2008) em Sistema de Gestão de SMS pela UFF. Doutorando (2017) em Políticas Públicas e Formação Humana–PPFH na UERJ. Petrobras. RH/UP/EGN/IPCSMES. Rio de Janeiro, RJ. Chave: RQMQ.  
E-mail: fernandocamaz@petrobras.com.br

