

**LEVANTAMENTO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) E  
DISSOLVIDO NOS CORPOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS NA ÁREA  
DO INPE-CACHOEIRA PAULISTA**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

**Vanessa Daniéle Tomé (Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP,  
Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: vanessa\_tomeh@hotmail.com**

**Dra. Maria Cristina Forti (CST/ INEP, Orientador)  
E-mail: cristina.forti@inpe.br**

**COLABORADORES**  
**Roberta Lee Maciviero Alcaide (Bolsista PCI/DTI/CST)**

**Julho de 2011**

## 1. Introdução

No campus do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em Cachoeira Paulista, as edificações ocupam pequena proporção da área, a qual é coberta por ampla superfície de vegetação em recomposição com plantações de espécies lenhosas exóticas de diferentes idades, além de áreas degradadas devido principalmente à pecuária realizada por antigos proprietários e por incêndios ocorridos eventualmente na região. Nessa área, será implantado um projeto para recuperação da cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica permitindo realizar observações sobre a evolução do ecossistema ao longo do tempo. Desta forma, é importante realizar um estudo sobre a qualidade das águas superficiais na área como um todo para gerar algum tipo de critério para a escolha da bacia a ser recuperada. Com base nessa premissa, este trabalho está sendo desenvolvido para estudar o carbono total em solução nessas águas.

Nesse relatório apresenta-se a primeira parte desse trabalho que consistiu na descrição do método analítico de dosagem do COT e o princípio de funcionamento do analisador Shimadzu TOC-Vcph/cpn, que será utilizado para a realização da análise. Este equipamento está instalado no Laboratório de Aerossóis, Soluções Aquosas e Tecnologias (LAQUATEC), localizado no INPE em São José dos Campos. O método de análise a ser utilizado é o método direto, que consiste na quantificação do carbono orgânico não purgável/volátil (NPOC), relacionando-o com a concentração de TOC, através de três etapas: acidificação com *sparging* (que serve para remover o carbono inorgânico da amostra), combustão catalítica a 680° C (que transformar o NPOC em  $CO_2$ , possibilitando sua quantificação pelo detector) e por fim, a detecção da quantidade de NPOC presente, pelo detector de infravermelho não dispersivo (NDIR).

## 2. Revisão Bibliográfica

No início da Revolução Industrial, as indústrias foram incentivadas a utilizar novas fontes de energias devido à substituição da energia humana pela energia motriz, elevando assim o consumo dos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e seus derivados). (Cultura Brasil, 2011). O aumento do uso dos combustíveis fósseis, da queima de madeiras e extração de árvores e plantas que absorvem o  $CO_2$  para sua fotossíntese, causaram interferências no ciclo do carbono, produzindo aumento na emissão de dióxido de carbono para a atmosfera. Esta interferência ocorre devido a um excesso de na atmosfera, que tem como consequência a elevação da temperatura média da Terra (Miller, 2007).

O ciclo do carbono é a circulação do carbono nos segmentos do ecossistema, por meio da água, do solo, do ar e de alguns organismos vivos. Devido a presença de carbono nos compostos orgânicos (como nos carboidratos, DNA e et ) torna-se possível sua circulação na biosfera pelo ciclo do carbono. (Miller, 2007).

Para facilitar o entendimento do ciclo do carbono no sistema terrestre pode-se dividi-lo em dois tipos o da biosfera (conjunto dos seres vivos da Terra e seus habitats) ou ciclo o biológico cujas principais transformações ocorrem através da fotossíntese e da respiração e o da geosfera ou ciclo geológico cujas principais transformações ocorrem na crosta terrestre, nos oceanos e na atmosfera. O ciclo Biogeoquímico do carbono envolve assim a combinação do ciclo biológico com o geológico. (Simões, 2011; Mello, 2008)

No ciclo biogeoquímico do carbono, as plantas removem o  $CO_2$  da atmosfera e o utilizam na fotossíntese. Além do  $CO_2$ , as plantas também usam do vapor da água (presente na atmosfera) e da luz solar para sintetizar compostos orgânicos, como por exemplo: a glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ). Esta reação de fotossíntese pode ser expressa através da equação abaixo (Braga, 2005; Miller, 2007):



A respiração é um processo inverso da fotossíntese, ou seja, na respiração ocorre a quebra das moléculas orgânicas e assim, a liberação da sua energia em atividades vitais dos organismos. Isto ocorre por meio da equação abaixo:



Assim, podemos dizer que o carbono passa da fase inorgânica para fase orgânica e volta novamente para inorgânica, por meio da fotossíntese e da respiração, ou seja, com esses dois processos é realizada a reciclagem do carbono e do oxigênio completando o ciclo biogeoquímico do carbono (Miller, 2007; Braga, 2005).

No meio aquático também ocorre o ciclo biológico devido à fotossíntese e a respiração da população marítima. O ciclo geoquímico do carbono em meio aquático, ocorre por meio de uma interação entre os reservatórios de  $CO_2$  da atmosfera e dos oceanos, através de uma reação de difusão que depende da concentração do  $CO_2$  (Kormondy, 1976), mostrada abaixo:

$CO_2$  atmosférico



Quanto maior a concentração de dióxido de carbono lançados na atmosfera, mais ele será absorvido e dissolvido na água.

No ciclo biogeoquímico do carbono nos oceanos, após esta difusão do  $CO_2$  da atmosfera para a água, o  $CO_2$ , dissolvido na água, será removido pelos constituintes das cadeias alimentares marítimas, através da fotossíntese e da respiração. Ao longo do tempo, os constituintes da cadeia alimentar marítima são transformados em combustíveis fósseis, através de sua morte. Este combustível produzido será extraído e queimado por indústrias e automóveis emitindo novamente o  $CO_2$  na atmosfera. (Braga, 2005; Miller, 2007).

Devido à difusão que ocorre entre os oceanos e a atmosfera, as moléculas de dióxido de carbono são transferidas da atmosfera para as águas dos oceanos, este processo é responsável por quase metade da extração de  $CO_2$  na atmosfera que se

dissolvem melhor em altas pressões e baixas temperaturas, por isto os oceanos mais frios absorvem mais  $CO_2$ . Também por meio desta difusão pode-se dosar o teor de matéria orgânica. (Portal São Francisco, 2011, documento online).

O COT (Carbono Orgânico Total) refere-se aos compostos de carbono orgânicos presentes em águas podendo ser biodegradável ou não. O carbono orgânico encontrado em corpos de água contém diversos compostos orgânicos em vários estados de oxidação. Alguns desses compostos sofrem uma oxidação posterior através de processos químicos ou biológicos. Estes processos são caracterizados por meio de dois parâmetros, o DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e o DQO (Demanda Química de Oxigênio). A DBO é um indicador da fração de compostos orgânicos que podem ser degradados pela ação microbiana em um determinado período de tempo a uma temperatura de 20 °C e corresponde o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente. Quando essa demanda apresentar alto valor, capaz de consumir todo o oxigênio dissolvido da água pode levar a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática (USP, 1997; Shimadzu, 2011). A DQO (Demanda Química de Oxigênio) é a quantidade de oxigênio fornecida por um oxidante necessário para oxidação química dos compostos orgânica presentes em uma amostra de água, ou seja, indiretamente a DQO mede a carga de matéria orgânica contida na água (USP, 1997).

A quantificação do COT ocorre por meio de análises químicas referentes em água e servem para identificar alguns parâmetros ambientais (como o DBO e a DQO devido ao consumo da matéria de oxigênio realizado pelo carbono). Estes parâmetros podem ser usados para avaliação de impactos ambientais (UFV, 2011 ).

A análise do COT ocorre através da subtração do carbono inorgânico do carbono total contido na amostra, obtendo-se a concentração de COT (Fonseca et al, 2006). O COT contém duas frações: o carbono orgânico purgável ou volátil (COP) e não purgável (NPOC). O carbono orgânico purgável é retirado da amostra na forma de dióxido de carbono através da reação da amostra com um ácido. O dióxido de carbono liberado é arrastado pela passagem de um gás inerte, continuando o carbono orgânico não purgável (NPOC) na amostra. Quando o NPOC apresentar partículas com diâmetro menor que 0,45  $\mu m$  serão classificados como carbono orgânico dissolvido (COD) e quando

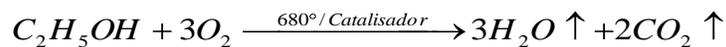
apresentar diâmetros maiores que este será classificado como carbono orgânico em suspensão (Shimadzu, 2011).

Para determinar a concentração de COT serão utilizadas três etapas: acidificação, oxidação e a quantificação (através de um detector).

Na etapa de acidificação, as amostras são injetadas em uma seringa de *sparging* onde é misturada com um ácido clorídrico (HCl) para transformar o IC ( Carbono Inorgânico) em forma de  $CO_2$ . Em seguida, a solução (de amostra e HCl) é submetida a um gás inerte que ficará borbulhando, para remover o  $CO_2$  da amostra.



As amostras livres de carbonato fluem para a segunda etapa, na qual as amostras são levadas para um tubo de combustão contendo platina (como catalisador) a 680 °C. Com esta oxidação catalítica em alta temperatura (HTCO) o NPOC é transformado em  $CO_2$  gasoso e este flui para um desumidificador e purificador de halogênio. Neste desumidificador ocorre o resfriamento e a purificação do  $CO_2$ .



Na última etapa, o  $CO_2$  produzido na oxidação é quantificado por um detector de absorção infravermelho não dispersivo (NDIR), que contém uma região de luz infravermelha específica para o  $CO_2$ . A detecção ocorre por meio de sinais obtidos através da passagem deste gás na região de absorção. Desta forma, serão obtidos sinais de detecção medidos em função do tempo que o gás flui pelo detector. Considerando que o  $CO_2$  flui continuamente pelo detector, serão obtidos vários pontos. Com a somatória destes pontos serão obtidos picos, cuja área é proporcional a concentração de NPOC (em forma de  $CO_2$ ) presente na amostra.

A concentração de COT é obtida por interpolação utilizando curvas analíticas (área do pico x concentração) feitas anteriormente por injeção de padrões (UNESP, 2006). Esta concentração de COT é considerada igual a concentração de NPOC pelo

método direto, o qual apresenta maior eficiência e rapidez para análises de NPOC (Shimadzu, 2011).

### 3. Material e Método

Neste item será apresentada uma descrição geral sobre métodos analíticos, sua validação, bem como a descrição do método usado no equipamento Shimadzu TOC-Vcph/cpn e seu princípio de funcionamento.

#### 3.1 Métodos analíticos.

Métodos analíticos são procedimentos para determinar elementos ou substâncias, presentes em um determinado material. Os métodos analíticos dividem-se em dois tipos: o qualitativo que serve para identificar os elementos contidos em amostras, ou para analisar as impurezas de uma amostra e o quantitativo, que realiza a quantificação dos componentes presentes na amostra. Estas análises podem ser realizadas por meio dos métodos clássicos, os quais submetem as amostras a um processo de separação para se obter seu analito (principal parcela da amostra). Esta separação pode ser feita por diversas técnicas, como a precipitação, a extração ou destilação.

Na análise qualitativa os analitos são identificados ou separados através de alguns fatores como sua cor, sua solubilidade, seu ponto de fusão e ebulição, entre outros. Já nos quantitativos são usadas técnicas de volumetria (titulação) e gravimétrica (medidas de massa), para se quantificar os componentes.

Além dos métodos clássicos, as análises quantitativas e qualitativas também podem ser desenvolvidas através dos métodos instrumentais. Nos métodos instrumentais, a separação e a determinação de espécies químicas são executadas por instrumentos de análise, no qual seu princípio de funcionamento utiliza as medidas de algumas propriedades físicas do analito (como condutividade elétrica, absorção ou emissão de luz), quantificando os compostos químicos contidos no analito.

Os métodos analíticos são importantes tanto nas indústrias (para obtenção da qualidade do produto final) com na área de pesquisas (onde contribui na dosagem dos

níveis de poluição na água, no ar e no solo), principalmente os métodos analíticos quantitativos.

### 3.2 Validações de método analítico.

Antes de utilizar qualquer método analítico é necessário validar o mesmo, por meio de avaliações experimentais que irão definir alguns parâmetros (como a precisão, a exatidão, a linearidade, entre outros). Este processo de validação aumenta a confiabilidade dos resultados e a eficiência do método, tornando válidos os resultados por ele obtidos.

Para a realização do processo de validação é necessário quantificar os resultados desejados em uma análise, usando uma função que relaciona as medidas de grandeza de um material desconhecido com as medidas de um padrão. Esta função irá gerar uma curva de calibração.

Para construir a curva realizam-se os seguintes procedimentos.

1. Relacionar o sinal emitido com as concentrações informadas pelo operador.
2. Plotar estas informações em um gráfico, contendo em sua abscissa (eixo x) as concentrações dos constituintes presentes no material (neste caso os padrões) e na ordenada (eixo y) o sinal emitido pelo sistema.
3. Calcular o coeficiente de correlação linear (R) que informa o quanto a reta pode ser considerada adequada para este modelo matemático, ou seja, serve para verificar a relação linear entre x e y. Dado pela seguinte expressão (equação 1)

$$R = \frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}] \cdot [\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}]}} \quad (1)$$

Onde:

n = número de pares observados

Quando mais próximo de um for R, mais ajustado os pontos estão na reta.

Após realizar estes ajustes da curva de calibração encontra-se a equação da reta, dada pela equação 2:

$$y = ax + b, \quad (2)$$

Onde:

y= sinal emitido.

x= as concentrações.

a=coeficiente angular.

b=interseção com eixo y, quanto x=0.

Esta função servirá para encontrar as concentrações (x) dos constituintes presentes em uma amostra. Devido a sua análise, serão emitidos, para cada um dos constituintes, sinais (y) que empregados na função (encontrada pela curva de calibração), serão fornecidos os resultados desejados. Assim, pode-se afirmar que, pela equação da reta encontrada nesta calibração, serão diagnosticadas as concentrações das espécies presentes nesta amostra.

Em seguida, encontra-se a precisão e a exatidão com a finalidade de validar este método para tornar seus resultados mais confiáveis. A precisão é o grau de variação de uma série de medidas, ou seja, pela análise de vários padrões observa-se uma dispersão dos resultados. Baseando-se no cálculo do desvio padrão, quanto menor for este valor melhor será a precisão e, portanto, mais confiáveis serão estes resultados finais. Através da exatidão se obtém a confiabilidade ou a semelhança entre um valor verdadeiro e um valor observado. A exatidão é obtida pela comparação entre os resultados da análise de uma amostra com concentração conhecida e certificada e sua determinação através da calibração efetuada, quanto mais próxima do valor certificado mais exatas serão as medidas das amostras.

### **3.3 Descrições do método.**

O levantamento da quantidade de carbono total dissolvido nos corpos de água superficiais no INPE em Cachoeira Paulista- SP serão realizadas análise através de uma

técnica de medição do carbono orgânico total (COT), sendo usadas uma das facilidades disponíveis no Laboratório de Aerossóis, Soluções Aquosas e Tecnologias (LAQUATEC), o Shimadzu TOC-Vcph/cpn, mostrado na Figura 1.



Figura 1 - Shimadzu TOC-Vcph/cpn. (Fonte: Shimadzu, 2011)

Este aparelho permite encontrar as concentrações do carbono inorgânico (IC) e do carbono orgânico total (em inglês TOC). Para se a determinar este COT primeiramente ocorre a separação do carbono orgânico purgável do não-purgável, partindo da concentração do carbono total (TC), como mostrado na Figura 2.

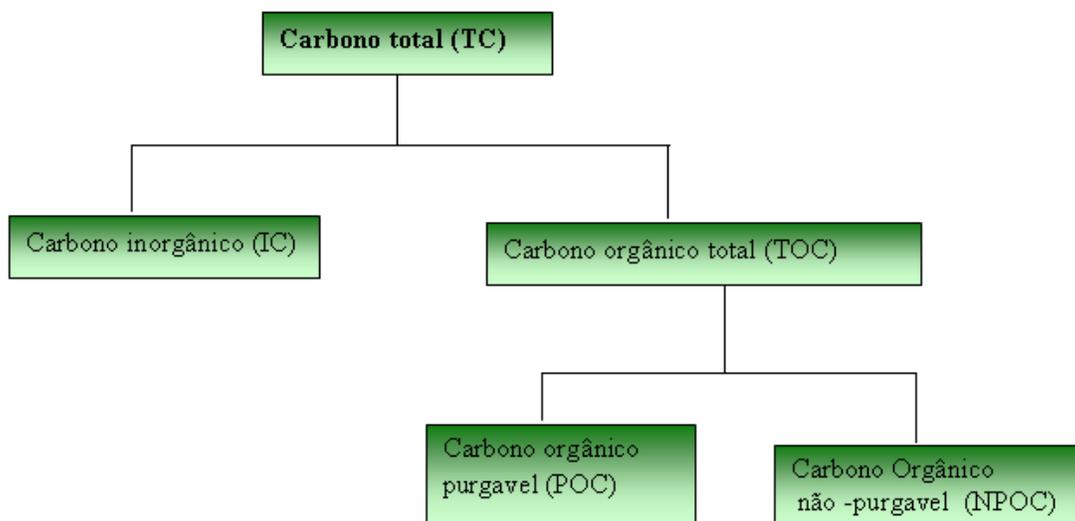


Figura 2 - Fluxograma de análise. (Fonte: Vanessa, 2011)

O equipamento Shimadzu TOC-Vcph/cpn contém três métodos de análise: método da diferença, método da adição e o método direto. Para realizar as análises de COT utiliza-se o método direto, que consiste a obtenção da concentração do carbono orgânico não purgável/volátil (NPOC), sendo este correspondente a concentração de TOC, considerando a concentração do carbono inorgânico independente. Através da combustão catalítica e do método de detecção por infravermelho não dispersivo (NDIR) será determinada a concentração de NPOC das amostras.

### 3.4. Princípio de funcionamento do COT.

Na determinação da concentração de NPOC pelo método direto, este equipamento disponibiliza três etapas:

1. Acidificação com *sparging*, que serve para remover o IC da amostra.
2. Combustão catalítica (para transformar o NPOC em  $CO_2$ , possibilitando sua quantificação pela detecção no NDIR).
3. Detecção (quantificação da concentração de NPOC).

Na Figura 3 está apresentado o diagrama destas etapas, partindo do amostrador automático até a apresentação dos resultados.

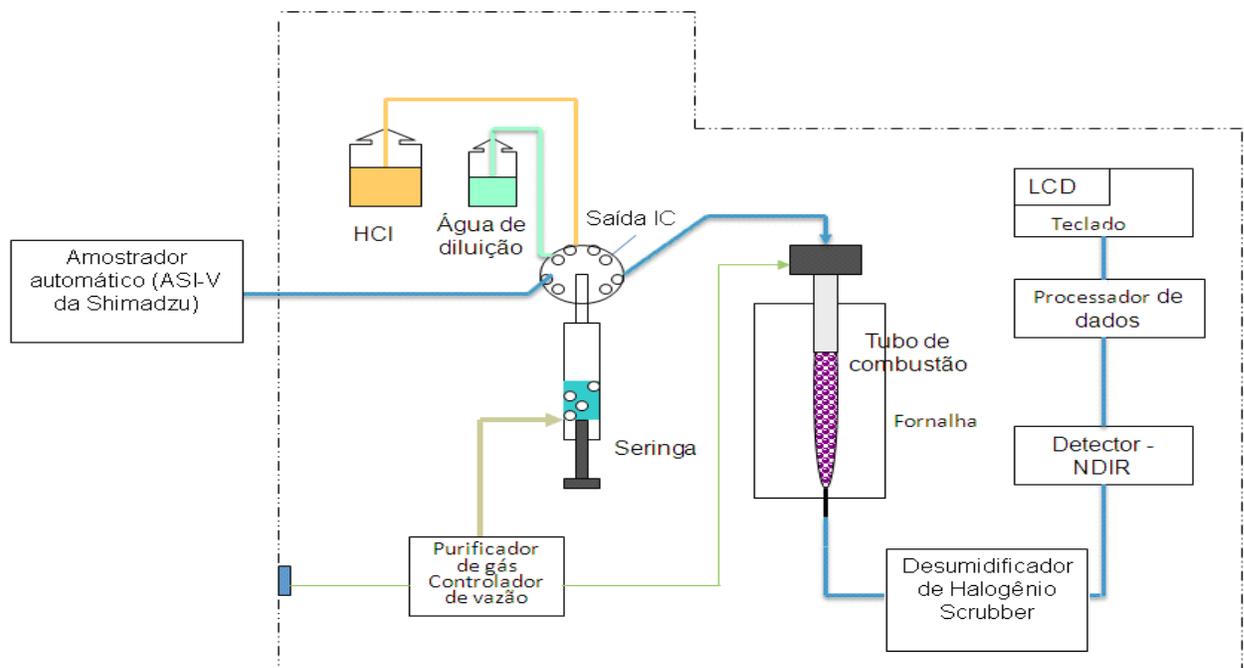


Figura 3 – Diagrama do princípio de funcionamento do COT. (Fonte: Shimadzu, 2011)

As amostras são colocadas em vials dentro do amostrador automático (Auto-amostrador - ASI-V da Shimadzu), Figura 4, onde ocorre a injeção das amostras no aparelho de análise.



Figura 4– Auto-amostrador - ASI-V da Shimadzu. (Fonte: Shimadzu, 2011)

### 3.4.1 Descrição dos procedimentos para a determinação da concentração do NPOC.

#### 1. Acidificação com *sparging*.

A amostra é succionada por uma agulha de dentro do vial posicionado no amostrador automático e é injetada na seringa dentro do equipamento de COT, Figura 5.

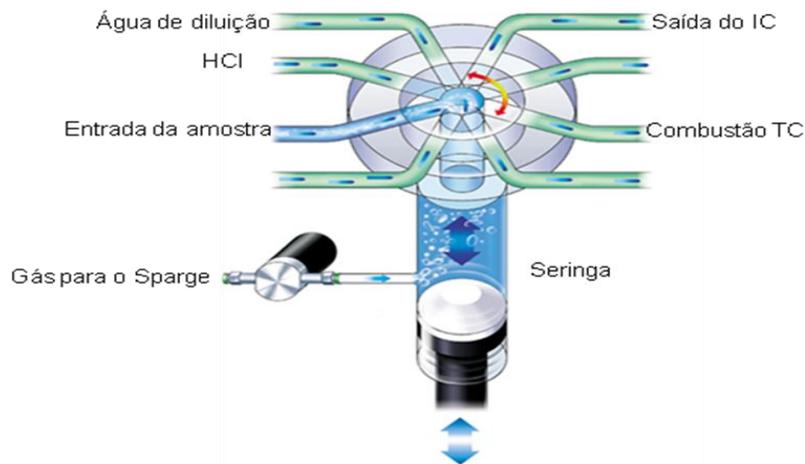


Figura 5 – Válvula de diluidor automático e seringa de sparging. (Fonte: Shimadzu, 2011)

Nesta seringa existem válvulas que controlam a entrada da amostra, ácido e água de diluição e saída da amostra para o forno de combustão e para o NDIR.

Na seringa, ocorre a adição do HCl na amostra e através de uma técnica de borrifamento (*sparging*), onde o oxigênio ficará borbulhando neste solução de amostra, para converter o carbono inorgânico em  $CO_2$  e remove-lo da solução.



Na Figura 6 apresenta-se o fluxo das amostras, partindo do amostrador automático para seringa, nela ocorre a lavagem do sistema (com a água de diluição a a amostra) seguido da adição do HCl com a amostra. Também é injetado na seringa o gás para *sparging* (gás oxigênio,  $O_2$ ) na solução (de HCl com amostra), que irá transformar o IC em  $CO_2$  e removê-lo da solução, que seguirá para a próximas etapa (combustão catalítica).

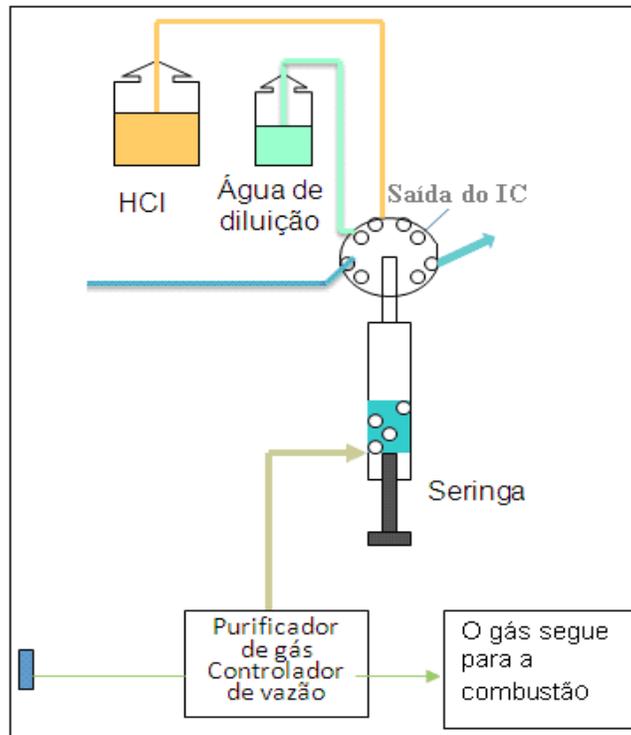


Figura 6 – Etapa da acidificação com *sparging* da amostra.

(Fonte: Shimadzu, 2011)

## 2. Combustão catalítica.

O NPOC é o carbono que permanece na solução (após a remoção do IC), segue para um tubo de combustão catalítica a 680° C, usando a Platina como catalisador. Para fornecer o NPOC na forma de  $CO_2$  gasoso.



Este  $CO_2$  (NPOC) é levado a um desumidificador e purificador de halogênio (*scrubber*), que além de resfriar e extrair a umidade também realiza a purificação deste gás removendo as impurezas.

Na Figura 7 mostra-se a etapa em que as amostras são submetidas à combustão catalítica de alta temperatura, dentro de um forno encontra-se o tubo de combustão com os catalisadores de Platina, representado na figura como bolinhas roxas, que servem para fornecer o NPOC na forma de  $CO_2$  gasoso, que segue para desumidificador e purificador de halogênio, que irá resfriar e purificar este gás.

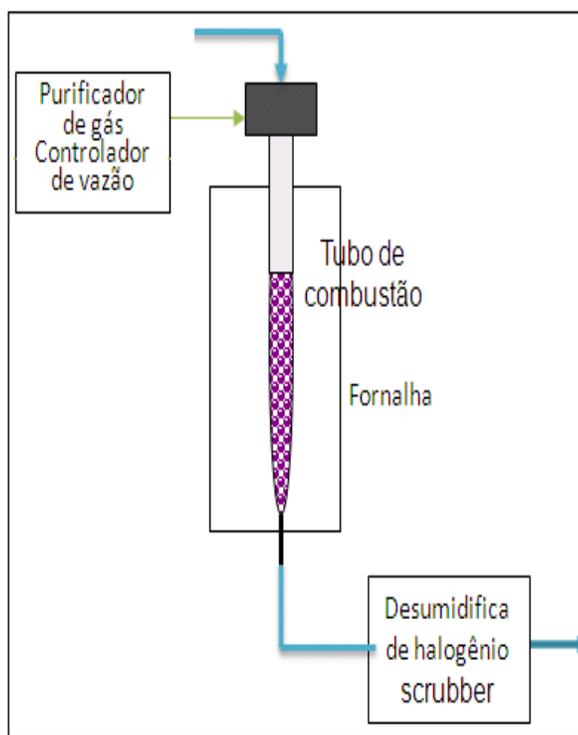


Figura 7 – Etapa da combustão catalítica da amostra. (Fonte: Shimadzu, 2011)

### 3. Detecção e quantificação

O NPOC na forma de  $CO_2$  gasoso é direcionado para dentro da célula do detector NDIR, onde ocorre a adsorção de luz infravermelha. Geralmente o sinal específico do  $CO_2$  é de 4,26  $\mu m$ . Este sinal de detecção é medido em função do tempo que o gás flui pelo detector, sendo continua esta fluidez suas medidas serão somadas, resultando em picos. A área deste pico é proporcional à concentração de  $CO_2$ , ou seja, de NPOC presente na amostra (considerando que as concentrações de NPOC e de TC, são iguais devido ao método direto).

## 4-Atividades para a próxima etapa

As próximas etapas deste trabalho serão a realização de coletas das amostras dos corpos de água superficiais na área do INPE, localizado em Cachoeira Paulista – SP, durante a estação seca (julho) e durante a estação chuvosa (dezembro ou janeiro). As amostras serão coletadas em triplicadas em cada corpo de água com manancial suficiente para ser duradouro durante o inverno (período seco). Após a coleta, as amostras serão transportadas sob refrigeração para o INPE em São José dos Campos, onde serão preservadas, preparadas e analisadas. As amostras serão analisadas utilizando-se o analisador Shimadzu TOC-Vcph/cpn, disponível no LAQUATEC. Com os resultados obtidos destas medições, serão realizadas análises estatísticas e a comparação destes resultados encontrados em diferentes corpos de água, para os períodos seco e chuvosos. A partir dessas amostras será produzido um protocolo para análise do COT, além disso, será realizado um mapeamento da concentração do carbono orgânico total presentes nos corpos de água superficiais, para auxiliar na escolha da bacia hidrográfica a ser recuperada pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST).

## 5 – Referências Citadas

- BRAGA, B. Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2º ed. Pearson Prentice Hall, 2005 pag.318.
- CULTURA BRASIL, Revolução Industrial. Disponível em: <<http://www.culturabrasil.org/revolucaoindustrial.htm>> Acesso em: 06/jul/2011.
- IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte), IGARN ( Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte), EMPARN ( Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte), com o apoio técnico-científico UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), UERN (Universidade Estadual do Rio Grande do Norte) e do IFRN (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia). Programa Água Azul. Carbono Orgânico total (COT) Disponível em: <[http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores/indicadores\\_10.php](http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores/indicadores_10.php)> Acesso em: 30/mar/2011.
- INSTRUMENTAÇÃO. MÉTODOS INSTRUMENTAIS DE ANALISE. Slides 32. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/53369903/Instrumentacao-aula10>> Acesso em: 30/mar/2011
- MELLO, R. O ciclo biogeoquímico. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/humanities/1746166-ciclos-biogeoquimicos/>> Acesso em: 14/jul/2011.
- MILLER, G. T.. Ciência Ambiental. 1 ed. Editora Cengage Learning, 2007. pag.563
- PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-ciclos-biogeoquimicos/ciclo-do-carbono-5.php>> Acesso em: 12/jul/2011
- SHIMADZU. Total Organic Carbon – Total Nitrogen. 31/05/2011, 117 slides.
- SIMÕES, F. Paulo. Ciclos Biogeoquímicos. Disponível em: <<http://www.pauloferraz.com.br>> Acesso em: 14/jul/2011.
- FONSECA, J. C. L; SILVA, M. R. A; BAUTITZ, I. R; NOGUEIRA, R. F. P. MARCHI, M. R. R. Avaliação da confiabilidade analítica das determinações de carbono orgânico total (COT). 2006, UNESP - Araraquara-SP. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eq/v31n3/06.pdf>> Acesso em: 20/abr/2011.
- UNICAMP. Química Analítica. Classificação dos métodos analíticos. Disponível em: <<http://proquimica.iqm.unicamp.br/newpage11.htm>> Acesso em: 09/mar/2011.

UFV Universidade Federal de Viçosa, UFV. Padrões de Lançamentos de Efluentes Líquidos. Disponível em:< <http://www.ufv.br/dea/lqa/padroes.htm>> Acesso em:11/jul/2011.

USP. Debert, MSc André Jean. Qualidade da água, 1997 Disponível em:<<http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qagua.htm>>Acesso: 06/jul/2011.

VOGUEL, I. A. Química Analítica Qualitativa.5ªed. São Paulo: Mestre Jou,1981. 665 p.

VOGUEL, I. A. Química Analítica Quantitativa. 6ª.ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2008.462 p