

# Monitoramento da qualidade de água do córrego Zavuvus: prática aplicada no ensino de química ambiental

*Monitoring of quality Zavuvus River: practice applied in environmental chemistry teaching*

Alexandre Saron<sup>1</sup>, Carmem Lúcia Costa Amaral<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Senac – Santo Amaro

Diretoria de Graduação – Área de Meio Ambiente

<sup>2</sup>Universidade Cruzeiro do Sul – Campus Liberdade

Departamento de pós graduação

{alexandre.saron@sp.senac.br, carmem.amaral@cruzeirodosul.edu.br}

**Resumo.** O artigo apresenta uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS aplicada no ensino de química ambiental que foi desenvolvido através de metodologia qualitativa de um estudo de caso através de monitoramento da qualidade de água do córrego Zavuvus, localizado na zona sul da cidade de São Paulo, por alunos de engenharia ambiental e sanitária de um Centro Universitário da rede particular. Os resultados apontam que também se deve inserir o diagnóstico do estilo de aprendizagem dos alunos em sala de aula como princípio da elaboração de uma UEPS. Com relação aos resultados do monitoramento realizados por alunos e supervisionados pelo docente nota-se a má gestão pública e descaso com o corpo hídrico em questão

**Palavras-chave:** Unidade de ensino potencialmente significativa, ensino de química ambiental, estilo de aprendizagem, qualidade de água.

**Abstract.** *This article is Potentially Meaningful Teaching Unit - PMTU applied in environmental chemistry education that was developed through qualitative methodology of a case study through monitoring the River Zavuvus quality, located in the São Paulo city with for students of environmental and sanitary engineering of a University Center. The results show that also must enter the diagnosis of students' learning style in the classroom as a principle of development a PMTU. Regarding the results of the monitoring carried out by students and supervised by the teacher notices the poor governance and neglect of the river in question.*

**Key words:** *Potentially Meaningful Teaching Unit, environmental chemistry teaching, learning style, water quality*

## 1. Introdução

A avaliação e o monitoramento da qualidade das águas superficiais são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos (ANA, 2015).

O conjunto de parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos de uma água doce de superfície é obtido através de análises de laboratório e a elaboração de um laudo analítico com os resultados obtidos. O uso de índices de qualidade da água surge da necessidade de sintetizar a informação sobre vários destes parâmetros, selecionados de acordo com o que se pretende indicar com a informação, visando dar luz à população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água (ANA, 2015).

O adjetivo qualidade para água doce de superfície relaciona à ótima, boa, regular, ruim ou péssima, mas para efetuar esta associação há a necessidade de conhecer qual é a finalidade que a informação da qualidade irá indicar. Em outras palavras, a pergunta seria: o que pretendo indicar com a informação da qualidade? A simbologia que metaforicamente se utiliza para interpretar um indicador de qualidade de água seria o próprio dedo indicador de uma pessoa que indica algo quando o aponta para evidenciar o quer ser mostrado.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo do Estado de São Paulo elabora diferentes indicadores da qualidade de água doce de superfície. Cada um deles é oriundo de cálculos matemáticos realizados a partir de uma caracterização do corpo hídrico através do laudo analítico dos resultados de análises. Dentre estes indicadores se insere o Índice de Qualidade de Água – IQA cuja problemática a indicar é a presença de esgoto sanitário. A mensuração deste indicador ocorre em cinco faixas percentuais e varia de zero a cem. Estas faixas são categorizadas em qualidade ótima, boa, regular, ruim ou péssima para esta indicação.

O Córrego Zavuvus também conhecido como Ribeirão do Aterrado, está localizado na Zona Sul do Município de São Paulo. Possui extensão aproximada de 8 km, nasce em território da Subprefeitura de Cidade Ademar e deságua no Rio Pinheiros próximo à estação Jurubatuba do trem metropolitano (São Paulo, 2012). Por toda a extensão recebe muita contribuição de esgoto sanitário sem tratamento desde sua nascente até a foz, advindo de uma gestão não planejada e que persiste com pouca atuação até a presente data.

O presente artigo descreve uma atividade desenvolvida no ensino de química ambiental com alunos do curso de Engenharia Ambiental de um Centro Universitário particular localizado na zona sul do município de São Paulo. A atividade possui como premissa que o ensino é o meio e a aprendizagem é o resultado. De acordo com Moreira, 2014 esta premissa é a base para o desenvolvimento de uma unidade de ensino potencialmente significativa.

A coleta da amostra de água doce de superfície, preservação, análises dos parâmetros em laboratório, construção do laudo analítico e elaboração do IQA do córrego Zavuvus, são alvos desta disciplina desde 2004 quando se iniciou o curso e o objetivo deste artigo é descrever a atividade e mostrar a evolução dos valores de IQA obtidos pelos alunos uma vez que a CETESB somente inseriu o monitoramento deste córrego em 2012 (CETESB, 2015).

Também se insere nesta atividade de ensino a realização de relatório técnico da aula prática no intuito de centralizar todas estas ações desenvolvidas na atividade para promover as habilidades e competências para este profissional quando egresso.

Com a adoção desta proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS espera-se a construção de uma lógica pedagógica que possibilite uma formação

em engenharia mais ampliada, como também fazer crescer as responsabilidades ligadas ao engenheiro atual perante a sociedade e o ambiente.

## **2. Legislação aplicada em águas doces de superfície**

As águas doces de superfície são classificadas e relacionadas às diretrizes de seu uso pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA através da Resolução 357 de 17 de Março de 2005 onde no artigo 4º tem-se:

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - **Classe Especial:** águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - **Classe 1:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - **Classe 2:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - **Classe 3:** águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - **Classe 4:** águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística

**Fonte: Resolução CONAMA 357/05.**

Para cada classe de água desta Resolução há uma lista de parâmetros químicos, físico-químicos e bacteriológicos que deverão estar sendo atendidos para cada uma das classes listadas no artigo 4º. A partir do resultado analítico de uma amostra de água doce de superfície a Agência Nacional de Águas – ANA, através de suas secretarias define a classificação do corpo hídrico.

A classe de uma água doce de superfície não é um indicador de água e sim um enquadramento de qualidade da mesma para a sua correta utilização e serventia ao meio ambiente conforme apresentado no artigo 4º da Resolução CONAMA 357/05.

O enquadramento de corpos d'água estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo. Mais do que uma simples classificação, o enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve tomar como base os níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às

necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d'água em questão (ANA, 2015). A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece que o enquadramento busca assegurar às águas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e a diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

### **3. Indicadores de qualidade de água**

A Legislação Federal estabelece que os usos preponderantes do recurso hídrico são dentre outros, o abastecimento público e a preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas (Brasil, 1997).

Os indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Assim, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos de indicação. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão (CETESB, 2015). Os indicadores de qualidade de água servem para apontar uma situação que está ocorrendo no corpo hídrico.

Para os indicadores da CETESB, o IQA – Índice de qualidade da água, IAP - Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público, IVA - Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática entre outros, o adjetivo de qualidade são as expressões: ótima, boa, regular, ruim e péssima, porém cada indicador tem intrínseco a sua informação indicativa. Cada um desses indicadores possui uma fórmula matemática para sua obtenção. Esta função matemática possui variáveis distintas que são os parâmetros químicos, físico-químicos e biológicos mensurados em uma amostra. Cada indicador de qualidade para efetivamente indicar algo, possui um conjunto de parâmetros descritos em uma função matemática.

Assim, apesar de aparência complexa, poderemos ter uma mesma amostra de água sendo considerada de qualidade boa e ao mesmo tempo de qualidade ruim se simplesmente associar o adjetivo na palavra qualidade, mas irá depender da especificidade da indicação do indicador. Em outras palavras, depende do que aponta o indicador para dizer sobre a qualidade. Desta forma há a necessidade de saber o conceito de qualidade na visão do indicador, isto é, o que ele irá realmente indicar.

Segundo o INMETRO 2015, Qualidade, compreende o grau de atendimento ou conformidade de um produto, processo, serviço ou ainda um profissional a requisitos mínimos estabelecidos em normas ou regulamentos técnicos, ao menor custo possível para a sociedade.

Os indicadores de qualidade de água elaborados pela CETESB apresentam similaridade quanto ao conceito de qualidade apresentado, no qual compreende o grau de atendimento de uma água doce de superfície a parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos estabelecidos a priori por especialistas da área.

As variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos e visam águas com potenciais para abastecimento público, sendo que para este caso o melhor indicador seria o IAP pois ele é obtido pelo produto IQA e ISTO.

A CETESB utiliza diferentes índices específicos para cada uso do recurso hídrico e dentre eles está o IAP – Índice de qualidade de águas brutas para fins de abastecimento Público; o ISTO – Índice de substância tóxica e organoléptica, o IPMCA – índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática; o IVA – Índice

de Preservação da Vida Aquática e o IET – índice do estado trófico. Cada indicador possui um determinado número de parâmetros associados para a sua indicação. O IQA – Índice de qualidade de água é monitorado pela CETESB desde 1975 no qual sua metodologia de obtenção foi adaptada da *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores "rating". Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente.

**Fonte: CETESB, 2015**

O IQA consiste de um valor em porcentagem e a cada faixa de qualidade corresponde a um range de valor de IQA, conforme indicado no quadro 1.

**Quadro 01: Categorias de qualidade de uma água doce de superfície obtido através do cálculo do valor do IQA.**

Categoria da Qualidade	IQA obtido na amostra
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

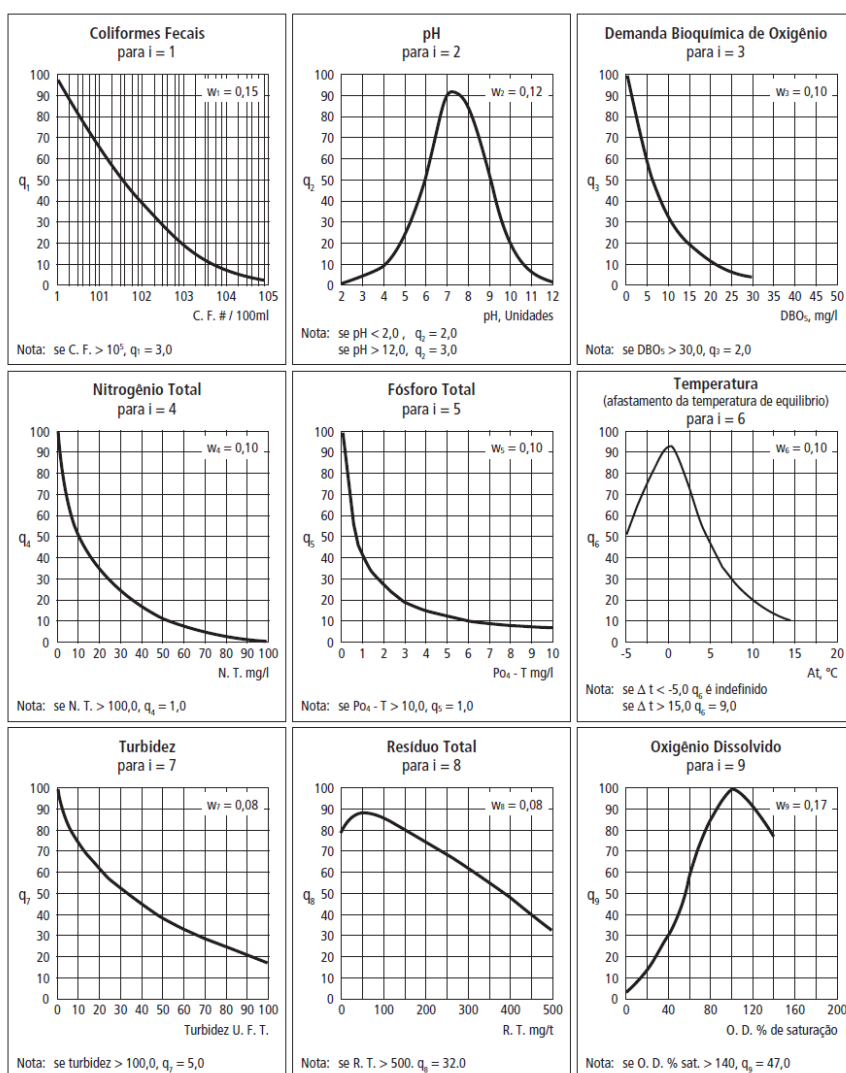
**Fonte: CETESB, 2015**

As cores de legendas do IQA facilitam a visualização de resultados de um monitoramento temporal do local em estudo e apresentados nos relatórios de águas doces de superfície.

A criação do IQA pela CETESB baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro. Foram selecionados somente nove parâmetros os quais inferem diretamente na indicação de qualidade de água influenciada pela presença de esgoto sanitário lançado em corpo hídrico.

Com as notas "q" (q – valoração ambiental da qualidade da água que range entre 0 e 100) dadas pelos especialistas em função dos nove parâmetros, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (CETESB, 2015). Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na figura 01.

**Figura 01: Curvas dos parâmetros de qualidade de água para cálculo do IQA.**



Fonte: CETESB, 2015.

A proposta da unidade de ensino potencialmente significativa é a de trabalhar com o IQA. Se o aluno aprendeu com significado ele terá a capacidade de propor o uso de outros indicadores em situações diferenciadas, face a sua necessidade de indicação.

#### 4. Elaboração do IQA como prática de ensino de química ambiental

As variáveis de qualidade de água que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2015). Assim, o resultado numérico obtido no cálculo matemático deste índice refere-se unicamente a este fator de poluição ambiental nas águas doces monitoradas. Em outras palavras, é isso que este indicador indica.

Devido à facilidade de acesso, os alunos do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário em estudo, na disciplina de Química Ambiental realizam a coleta de água no córrego Zavuvus em proximidade de sua foz. A figura 02 ilustra o local de amostragem que fica no cruzamento da Avenida Octalles Marcondes Filho com a Avenida Nações Unidas. No momento da amostragem registram-se os valores de temperatura e oxigênio dissolvido. Os outros sete parâmetros necessários para o

cálculo do IQA são realizados no laboratório de química do Centro Universitário através da amostra coletada e preservada.

**Figura 02: Córrego Zavuvus – Ponto de amostragem**



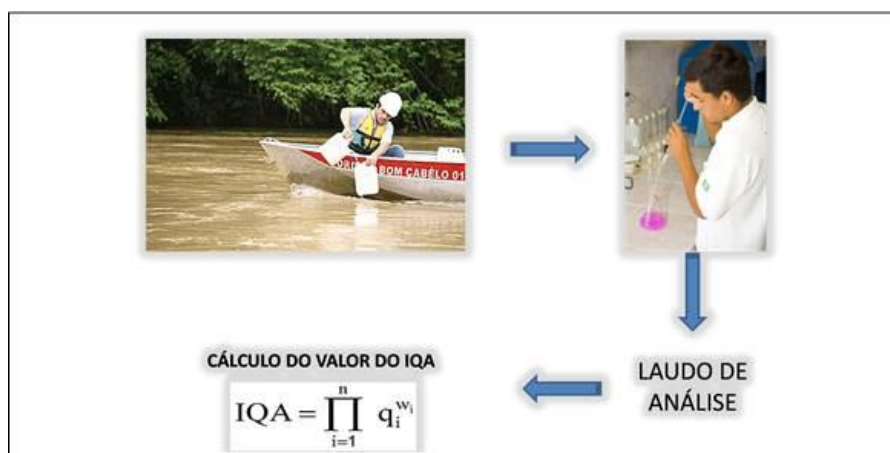
**Fonte: São Paulo, 2012**

A elaboração deste índice no ensino de química perpassa por diferentes fases, conforme ilustrado de forma análoga na figura 03, sendo:

- Coleta de amostra de água doce de superfície;
- Análise da água em laboratório de química;
- Geração do laudo de resultados analíticos;
- Cálculo do IQA;
- Elaboração do relatório técnico.

A proposta metodológica é para ser realizada em grupo de trabalho. Perante o número de alunos que estão realizando a disciplina a atividade pode ser realizada concomitantemente por mais de um grupo de trabalho. No curso de Engenharia Ambiental deste Centro Universitário em estudo o professor da disciplina trabalha com seis grupos. Cada um deles realiza todas as fases e finaliza com a elaboração do relatório técnico após quinze dias da realização da prática de ensino.

**Figura 03: Sequências para a obtenção do valor de IQA de uma água doce de superfície**



**Fonte: Imagens da Internet**

São 16 horas desta atividade de ensino distribuídas em 4 dias de aulas com 4 horas de duração cada dia de aula. No monitoramento de qualidade da água do córrego Zavuvus são distribuídas duas aulas teóricas e duas aulas práticas. Em ambas o ensino por recepção e o ensino por descoberta são mescladas a fim de proporcionar significado ao aluno. O conhecimento prévio para o desenvolvimento das atividades que são realizadas na disciplina de química ambiental foi idealizado nos conteúdos da disciplina de semestre anterior denominada de Química Geral e Experimental.

Por ser o mesmo docente na disciplina anterior a que desenvolve esta atividade, o professor deverá de conhecer o aluno, seu estilo de aprendizagem pois assim poderá direcionar a forma de ensino na melhor forma que o aluno aprende pois segundo Moreira, 2014 este é um fator de bastante relevância para a aprendizagem com significado para a pessoa.

### **5.Prática de ensino aplicada no ensino de química ambiental**

A prática aplicada no ensino de Química Ambiental através do monitoramento da qualidade de água do córrego Zavuvus, constitui uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS desenvolvida pelo docente responsável da disciplina de Química Ambiental e que é aplicada desde a primeira turma de Engenharia Ambiental do Centro Universitário que ocorreu no ano de 2004 e aprimorada ao longo dos anos através de anotações em seu diário de bordo e principalmente devido à ampliação de seus conhecimentos de ensino de ciências minimizando o tecnicismo de sua formação em engenharia química e maximizando o humanismo.

O desenvolvimento de uma UEPS voltada para a aprendizagem significativa, não mecânica, através de situações-problema que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino depende de alguns fatores, dentre eles, o conhecimento prévio que o aluno possui sobre o que será ensinado e o seu interesse em querer aprender (Moreira, 2014). Além destes dois importantíssimos fatores infere no desenvolvimento de uma UEPS o conhecimento do estilo de aprendizagem que o sujeito alvo possui.

Em uma sala de aula, não temos simplesmente alunos, mas sim seres humanos e que muitas das vezes são tratados por números por docentes ao invés de conhecê-los pelo seu nome. Cada pessoa é uma pessoa. Cada um com seus sentimentos, conhecimentos, cultura, crenças e visões de mundo diferentes.

Infelizmente ainda vivenciamos o processo de aprendizagem com o docente como o único ser de conhecimentos e, de se julgar como o ser capaz de transmitir as informações para todos que o assiste e ouve de forma passiva, julgando também possuir o melhor dos materiais de apoio.

A metodologia desta UEPS abrange a sala de aula e aula experimental através de propostas de ensino por recepção e por descoberta visando obter a aprendizagem com significado para diferentes estilos de perfil de aluno presentes na turma. O docente atua como um monitor das informações que os alunos vão obtendo no decorrer do processo de ensino.

A primeira etapa é conhecer o aluno e chama-lo pelo nome. O conhecer é ter a possibilidade de conversar com ele sobre outros assuntos, se interessar pelo mundo dele.

A avaliação dos estilos de aprendizagem de cada aluno é outro ponto de muita relevância para o bom processo ensino-aprendizagem. Esta avaliação acontece no início do semestre através de um questionário consolidado e adaptado pelo autor para planilha Excel® denominado CHAEA - *Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje* (ALLONSO, 2006). Este questionário aplicado ao discente no início do semestre constitui de assinalar um "x" em concordo ou discordo de cada frase das 80 perguntas presentes nele. A categorização é realizada nos seguintes perfis de



aprendizagem: Teórico, Pragmático, Ativos ou Reflexivos de acordo com a associação de um conjunto de 20 questões não sequenciais no referido questionário.

A partir da visão de qual o estilo predominante em sala de aula a condução do ensino-aprendizagem é ajustada sem deixar de perceber os estilos minoritários que receberão a mesma orientação, porém com algumas diferenciações, como por exemplo, em atendimento de dúvidas de forma mais presencial.

## **6. Monitoramento da qualidade de água e o cálculo do IQA**

São nove parâmetros de qualidade utilizados para a obtenção do valor de IQA (CETESB, 2015), sendo: Coliformes fecais, pH, Demanda bioquímica de oxigênio, Nitrogênio total (N-orgânico, N-amoniaco, N-nitrito, N-nitrato), Fosforo total (como Fosfatos), Temperatura, Turbidez, Resíduo Total, Oxigênio Dissolvido.

Para cada um destes parâmetros são utilizadas técnicas analíticas diferenciadas para a sua obtenção. As técnicas de quantificação, os alunos devem obter por pesquisa em literatura e sites orientados pelo docente. Esta ação serve de organizadores prévios e é denominada de Atividade Discente Orientada – ADO neste Centro Universitário. As ADOs são realizadas na semana anterior às práticas de laboratório. Para o conhecimento destas técnicas o aluno também deve ter o conhecimento prévio trabalhado em semestre anterior com conceitos e aplicações de preparação de soluções, diluições e equilíbrios químicos.

As ADOs utilizadas para tal fato consistem em exercícios no qual são direcionados, por exemplo, *links* para visualização de vídeos pelo youtube® sobre o funcionamento de espectrofotômetro, e através deste entendimento realizar exercício de aderência da Lei de Lambert-Beer aplicável para análise em espectrofotômetro UV/Visível e será utilizado nas quantificações analíticas de N-amoniaco, N-nitrito, N-nitrato e Fosfatos totais das análises do monitoramento.

Outro exemplo diversificado de ADO constitui de artigo da revista Química Nova na Escola denominada "A importância do Oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos" e questões relacionando as diferenciações entre Oxigênio Dissolvido – OD e o valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO de um corpo hídrico e consequências destes parâmetros quando ocorre o lançamento e a presença de esgotos sanitários na água doce.

Outros organizadores prévios são trabalhos de iniciação científica que foram orientados pelo docente da disciplina sobre esta temática, além dos livros técnicos sobre esgoto sanitário presentes na bibliografia da disciplina mediante a indicação de capítulos específicos para a leitura.

Estas atividades discentes foram criadas visando o atendimento de diferentes estilos de aprendizagem e desta forma desenvolver o interesse e o motivar no tema a ser estudado.

Após a coleta da amostra do córrego Zavuvus, preservação e análise dos parâmetros de acordo com a 22<sup>th</sup> *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, os alunos devem realizar o relatório técnico que consta com os seguintes itens: capa, objetivo geral e específico, introdução, metodologia, memorial de cálculo, resultados, conclusões e referências. O modelo do relatório técnico elaborado pelo docente da disciplina em questão e disponibilizado eletronicamente é de suma importância para os alunos de engenharia ambiental sendo este utilizado por todos os semestres seguintes do curso em outras disciplinas, bem como em suas atividades de engenheiro egresso.

A atividade desenvolvida e aplicada de UEPS, na disciplina de Química Ambiental do curso de Engenharia Ambiental deste Centro Universitário em estudo, está distribuída

em 2 dias de aulas teóricas (sala de aula) assim como em 2 dias de aulas práticas de laboratório.

## 7. Na sala de aula

Após a leitura do artigo da Revista Química Nova, tem-se o primeiro ponto de discussão é o conceito de qualidade de água com os alunos. Para isso são projetados, via Power Point®, três imagens do Rio Tietê, uma de cada vez e sem fazer a menção que é este rio em todas as imagens. A figura 04 mostra três imagens do Rio Tietê.

A primeira imagem é da nascente do rio Tietê localizado na cidade de Salesópolis, água cristalina e de classe especial de acordo com a legislação federal. A seguinte, nas proximidades da cidade de Salto de Pirapora já com a presença de esgotos sanitários lançados na região metropolitana de São Paulo e o efeito de espumas ocasionadas pela mistura e agitação da água (classe 4) e a terceira é na cidade de Barra Bonita que devido ao processo de autodepuração e efeito de diluição de outros rios que desaguam no Rio Tietê este se enquadra como classe 3.

Com as imagens é questionado pelo docente sobre qual seria a utilidade daquela água de acordo com a qualidade que o aluno julgar que ela possui e também a discussão de parâmetros OD e DBO.

**Figura 04: Imagens do Rio Tietê em diferentes trechos.**



**Fonte: Imagens da Internet**

Esta etapa serve como organizadores prévios e podem ser discutidos assuntos do artigo de leitura como atividade discente orientada. É de bastante relevância, pois muitos dos alunos, que estão com idade por volta de 20 anos e quase na totalidade de moradores de São Paulo não conseguem associar o Rio Tietê com as imagens 01 e 03 da figura 03, pois seu conhecimento prévio de qualidade de água do Rio Tietê está para a presença dele na Região Metropolitana de São Paulo. A mudança deste conhecimento prévio é mais difícil de acontecer do que o desenvolvimento do conhecimento correto.

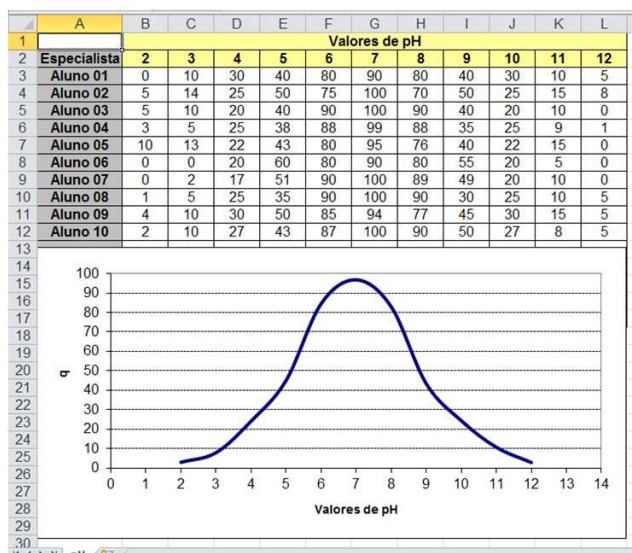
Após a discussão de qualidade de água e seus adjetivos em ótima, boa, regular, ruim e péssima, associam-se estes adjetivos com a presença de ocorrência em trechos do rio, discutindo os nove parâmetros de análises para a elaboração do IQA que serão caracterizados em laboratório no monitoramento do córrego Zavuvus.

Para a discussão das curvas de valoração dos nove parâmetros que compõem o IQA propõem a atividade de construção da curva de pH em planilha Excel®. Esta proposta é embasada na metodologia *Ad hoc* onde especialistas apresentam notas de qualidade (de 0 a 100) para valores analíticos dos 9 parâmetros. Cada aluno é denominado de especialista e é solicitado um olhar crítico de qualidade para o parâmetro pH e preencher, de acordo com o seu conhecimento, a tabela pH (variando de 2 a 12) em função da sua nota de avaliação (variando de 0 a 100). A figura 05 ilustra o gráfico obtido com a turma de segundo semestre de 2014 através do preenchimento do quadro de nota do corpo hídrico em função do valor de pH.

Figura 05: Gráfico de valoração da variação de pH em função de “q” qualidade resultante do processo de julgamento do aluno sobre a qualidade de água doce de superfície somente na visão da variação de pH

Imaginar um rio onde está sendo realizado uma amostragem de água para verificar a qualidade através somente da análise de pH. Com os resultados de análise de água (tabela) de uma nota de qualidade variando de 0 à 100 para este rio mediante o seu conhecimento de pH de água em um corpo hídrico e suas consequências no ambiente.

Valor de pH	Avaliação da qualidade (nota)
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	



Fonte: Autor, 2015

A digitação em planilha é realizada de forma visual para todos os alunos e a cada linha de notas digitada na planilha, a média é obtida e o ponto do gráfico é identificado. Percebe-se que quantos mais avaliadores entregam as suas mensurações de nota melhor delineada fica a curva resultante. O desenvolvimento da diferenciação progressiva que substitui valores pontuais em uma função matemática desperta o novo conhecimento na grande maioria dos alunos durante esta aula.

Após os alunos conhecerem sobre como transcorreu a elaboração do gráfico de qualidade em função dos valores de pH fica bastante facilitador apresentar todos os gráficos da CETESB, discutindo-os pois é através da reconciliação integradora que pode ser explorado relações entre as obtenções das curvas de valoração apontando similaridades e diferenças importantes entre elas.

Ainda em ambiente de sala de aula discutem-se os cálculos matemáticos do IQA através de um exercício com laudo de análise do reservatório Guarapiranga contendo os resultados analíticos dos nove parâmetros necessários para este cálculo. Auxiliados pelas curvas da CETESB, os alunos transformam os resultados analíticos em valores de 0 a 100 dos parâmetros e efetuam o produto deste elevado ao peso correspondente (evidenciado no canto direito superior de cada gráfico da figura 01).

No intuito de desafiar principalmente os alunos que possuem estilo de aprendizagem com maior percentual ativo ou pragmático (que foi o resultado em quase 85% da sala de aula deste primeiro semestre de 2014), surge como proposta a realização da atividade em planilha Excel possibilitando a evidenciação do resultado em célula colorida. Esta coloração é utilizada nos relatórios anuais de qualidade de águas doce de superfície da CETESB.

Para isso há a necessidade de conhecer sobre o software em questão trabalhando em formatação condicional introduzindo as faixas dos valores de IQA e a alteração automática da coloração dependendo da faixa e sua qualidade. A atividade, não obrigatória, é realizada em grupo no intuito da facilitação aos alunos que possuem

estilo de aprendizagem mais centrados em teóricos e reflexivos. A figura 06 ilustra um dos trabalhos realizados.

Figura 06: Desenvolvimento de tabela em planilha Excel® para cálculo da qualidade de água do exercício que apresentava o laudo com parâmetros analíticos do Reservatório Guarapiranga.

Cálculo de IQA				
Parâmetros	Valor	Qualidade (q)	Peso (w)	q <sup>w</sup>
Coliformes	200	40	0,15	1,739038
pH	7,5	90	0,12	1,715968
DBO	10	35	0,1	1,426944
Nitrogênio	10	50	0,1	1,478758
Fósforo	1	40	0,1	1,446126
Variação de Temperatura	0	93	0,1	1,573433
Turbidez	20	60	0,08	1,387561
Sólidos Totais	50	90	0,08	1,433308
% OD de Saturação	60	60	0,17	2,005791
			<b>IQA</b>	<b>57</b>

Legenda	
Ótima	(Blue)
Boa	(Green)
Regular	(Yellow)
Ruim	(Red)
Péssima	(Purple)

Fonte Autor, 2015

## 8.No laboratório de química ambiental

As aulas de laboratório possuem um protocolo do experimento com informações de o que se deve fazer. Não se trata de um receituário ou guia analítico de como fazer o experimento, mas sim informações pertinentes de acordo com *22<sup>th</sup> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* para os parâmetros a ser analisados no laboratório de química ambiental.

Cada análise a ser realizado em laboratório, o professor apresenta o equipamento a ser utilizado e seu manuseio analítico.

Compete ao aluno efetuar a pesquisa prévia com a atividade ADO verificando a metodologia aplicada para cada um dos parâmetros que serão realizados para elaborar o laudo analítico e construção do relatório técnico. Desta forma executa-se o cálculo do valor do IQA da amostra coletada no córrego Zavuvus, idealizado em planilha excel® com o auxílio das curvas da CETESB de valoração dos parâmetros.

Compete em atividade de grupo a realização do relatório técnico a ser entregue após 15 dias da experimentação.

## 9.Resultados de IQA obtidos pelos alunos

No monitoramento do córrego Zavuvus realizado pelos alunos na disciplina de Química Ambiental corresponde à proximidade do. A amostragem de todos os anos foi realizada sob a ponte localizada entre a Rua Octales Marcondes Filho com a Avenida Nações Unidas.

O monitoramento da qualidade de água do córrego Zavuvus como prática aplicada no ensino de química ambiental do curso de Engenharia Ambiental de um Centro Universitário em estudo foi realizado nos anos de 2004 a 2014 e aconteceram no período de Setembro e Outubro de cada ano. O ponto de amostragem distancia aproximadamente a 600m montante do ponto ZVUS 04950 da CETESB.

O valor de IQA elaborado pelos alunos (média dos seis grupos de trabalho de cada ano) desde 2004 encontram-se registrados na tabela 01.

**Tabela 01 – Valores médios de IQA dos grupos de trabalho por ano. Os anos correspondem somente para o curso matutino com amostras realizadas em setembro ou outubro do ano.**

Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
IQA	17	14	16	19	17	17	15	19	18	16	19

O monitoramento da CETESB realizado em 2012 resultou no valor de IQA igual a 17 e o do ano 2014 igual a 14 (CETESB, 2015).

## 10. Conclusões

No conjunto de estudo aula teórica e prática desta parte da disciplina ora denominada de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa os resultados analíticos de laboratório conduzem à triste realidade do corpo hídrico nestes dez anos de aplicação da aula prática e obtenção do IQA do mesmo ponto de amostragem.

Os resultados obtidos pelos alunos no monitoramento da qualidade de água do córrego Zavuvus corresponde ao obtido pelo órgão ambiental nos anos de 2012 e 2014. Por outro lado a divulgação do monitoramento realizado na disciplina de química ambiental do Centro Universitário em estudo através deste artigo evidencia que a péssima qualidade da água deste corpo hídrico já é de pelo menos de uma década atrás, pois em todos os anos de monitoramento o valor de IQA obtido foi menor ou igual a 19.

A disciplina de Química Ambiental desenvolve habilidades e competências no Engenheiro Ambiental no Centro Universitário em estudo. Práticas de ensino diferenciadas são aplicadas no decorrer da unidade de ensino potencialmente significativa no intuito de melhorar a relação ensino – aprendizagem.

Ao aliar organizadores prévios com o material e a proposta desta aprendizagem tem consequências de aplicações em outras disciplinas transversais do curso de Engenharia Ambiental muito bem sucedidas. Também se verifica alto índice de aprovações nesta disciplina.

## Referências

ALONSO, Catalina, GALLEGO, Domingo. **Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje – CHAEA**. Disponível em <http://www.estilosdeaprendizaje.es/chaea/chaeagrafp2.htm> . Acesso em 10 de Março de 2015.

ANA – **Agencia Nacional de Águas** Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2015.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Publicações e relatórios de água doce de superfície**. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes-/-relatorios> Acesso em 01 de Março de 2015.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em 20 de Fevereiro de 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Material de apoio sobre Aprendizagem Significativa e Estratégias Facilitadoras**. Curso de Pós-graduação do Instituto de Física, UFRGS, 2014.

São Paulo, Prefeitura do município de São Paulo. **Relatório de Impacto Ambiental. Readequação da bacia hidrográfica do córrego Zavuvus, 2012**. Disponível em

[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/arquivos/eia\\_rima\\_eva/Corrego-Zavuvus-relatorio-de-impacto-ambiental-RIMA.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/eia_rima_eva/Corrego-Zavuvus-relatorio-de-impacto-ambiental-RIMA.pdf).

Acesso em 20 de Fevereiro de 2015.

**Recebido em 31/03/15 e Aceito em 22/06/15.**