



## MENSAGEM NAS GARRAFAS

### TEMA

Calcular a produtividade primária.

### NÍVEL DE ESCOLARIDADE

3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário

### QUESTÃO

Como podemos medir a produtividade dos corpos de água?

### OBJECTIVOS DE APRENDIZAGEM

Os alunos serão capazes de identificar as três zonas existentes no Oceano Ártico e descrever as relações entre elas.

Os alunos serão capazes de explicar as relações entre a produtividade primária bruta, líquida e respiração.

Os alunos irão compreender de que forma a produção e o consumo de oxigénio podem ser medidos e utilizados para calcular a produtividade primária dos corpos de água.

### MATERIAIS

- "Guia de Actividades da Garrafa Clara-Escura", um exemplar por cada aluno ou grupo de alunos.
- kits de testes de oxigénio dissolvido (ex LaMotte kit #5860), um kit por cada grupo de alunos OU medidor de oxigénio dissolvido com uma sonda de agitação.
- Garrafas de amostragem de água (ex LaMotte #0688-DO ou equivalente; é incluída uma garrafa em cada Kit, mas serão necessárias mais garrafas para esta actividade), três por grupo de alunos; uma das três garrafas deverá ser coberta com folha de alumínio para a tornar opaca.

- Garrafão ou outro recipiente grande para colocação da água recolhida do corpo de água local, equipado com um sifão para permitir que os alunos retirem amostras sem expor a água ao ar.
- Espaço para incubação apropriado (Ver Procedimento Passo Nº 2)

### EQUIPAMENTO AUDIOVISUAL

Nenhum

### DURAÇÃO DA ACTIVIDADE

Dois ou três períodos de 45 minutos

### DISPOSIÇÃO DA SALA

Grupos de 3 a 6 alunos

### NÚMERO MÁXIMO DE ALUNOS

Sem limite, dependendo do espaço físico e dos recursos financeiros para os materiais

### PALAVRAS CHAVE

Pelágico  
Bentónico  
Simpágico(a) (associado ao gelo)  
Produtividade primária  
Produtividade primária bruta  
Produtividade primária líquida  
Respiração  
Autotrófico  
Garrafa Clara-Escura

### INFORMAÇÃO DE APOIO

O Oceano Ártico é a mais pequena das quatro bacias oceânicas mundiais, com uma área total de cerca de 4,5 milhões de milhas quadradas ou 14 milhões de quilómetros quadrados (quase 1,5 vezes o tamanho dos

Estados Unidos). Faz fronteira com a Gronelândia, Canadá, Alasca, Noruega e Rússia. O Oceano Ártico possui a maior plataforma continental de todos os oceanos, estendendo-se a 750 milhas (1.210 km) a partir da costa da Sibéria mas também tem áreas bastante profundas, sendo a profundidade média de 12.000 pés (3.658 m) e a profundidade máxima de 17.850 pés (5.441 m). O Mar Chukchi faz ligação com o Oceano Pacífico através do Estreito de Bering, mas esta ligação é muito estreita e pouco profunda. Assim, a maioria das trocas de águas dão-se com o Oceano Atlântico através do Mar da Gronelândia.

O fundo do Oceano Ártico está dividido por três dorsais submarinas (a dorsal Alfa, a dorsal Lomonosov e a dorsal médio-Atlântica), uma das quais, a Lomonosov cria uma zona relativamente isolada chamada Bacia do Canadá. Esta zona é especialmente interessante para os cientistas porque o seu isolamento poderá significar que contém formas de vida únicas, que não existem noutras partes do Planeta. Mas o Oceano Ártico não é facilmente explorado: Está praticamente coberto de gelo durante oito meses do ano, um bloco de gelo polar flutuante cobre as zonas central e ocidental todo o ano, e a temperatura do mar raramente excede os 0°C. Embora o Ártico continue a ser o oceano menos explorado do mundo, novas expedições estão prestes a fornecer mais conhecimentos acerca dos mistérios desta fronteira polar.

Actualmente, sabemos que existem pelo menos três comunidades biológicas distintas no Oceano Ártico. A zona do Mar gelado inclui animais e plantas que vivem sobre, dentro e sob o gelo que flutua na superfície do oceano. Como apenas 50% deste gelo derrete no verão, as correntes de gelo poderão existir durante muitos anos, podendo atingir uma espessura superior a seis pés (2 m). O gelo do mar não é sólido como um cubo de gelo, é perfurado por uma rede de túneis chamados de canais de água salgada que variam, em termos de dimensão, entre canais microscópicos (uns milésimos de milímetro) e canais com mais de 2 cm de diâmetro. As diatomáceas e as algas

habitam nestes canais e, a partir da luz solar, obtêm energia para produzirem material biológico através da fotossíntese. As bactérias, vírus e fungos também habitam nos canais e, juntamente com as diatomáceas e as algas, fornecem uma fonte de energia (alimento) aos vermes achatados, crustáceos e outros animais. Esta comunidade de organismos é chamada de simpágica, o que significa "associado ao gelo" O degelo parcial do mar gelado durante os meses de verão origina lagos na superfície do gelo que contêm as suas próprias comunidades de organismos. O degelo também liberta organismos e nutrientes que interagem com a água do oceano por baixo do gelo.

A zona pelágica inclui organismos que vivem na coluna de água entre a superfície e o fundo do oceano. O degelo do mar permite que entre mais luz no mar, verificando-se um rápido desenvolvimento de algas, uma vez que há luz solar 24 horas por dia durante o verão. Estas algas fornecem energia a uma variedade de animais flutuantes (zooplâncton) que incluem crustáceos e alforrecas. O zooplâncton, por seu lado, é a fonte de energia dos animais pelágicos maiores, incluindo peixes, lulas, focas e baleias.

Quando os organismos pelágicos morrem, assentam no fundo do mar e tornam-se na fonte de energia dos habitantes da zona Bentónica. Esponjas, bivalves, crustáceos, vermes poliquetas, anémonas marinhas, briozoários, tunicatos e ascídias são membros comuns das comunidades bentónicas do Ártico. Estes animais fornecem energia aos peixes que se alimentam no fundo do mar, baleias e focas.

A maior parte do nosso conhecimento acerca das comunidades biológicas do Oceano Ártico vem de estudos realizados a porções do oceano perto das plataformas continentais.

Tem sido efectuada muito pouca investigação sobre os meios bentónico e pelágico do mar gelado nas partes mais profundas do Oceano Ártico. Estas zonas são o foco da Expedição ao Oceano Ártico em 2002, do Programa Exploração Oceânica.

Os organismos autotróficos (que produzem o seu próprio alimento) são a base de todas as comunidades biológicas. Estes organismos são capazes de sintetizar matéria orgânica em substâncias inorgânicas através de fontes externas de energia. Este processo é conhecido como produtividade primária ou produção primária. Os autotróficos fotossintéticos (plantas verdes) utilizam a luz solar como fonte de energia, enquanto que os organismos quimiossintéticos (tais como as bactérias em redor das fontes hidrotermais) obtêm a energia através de compostos químicos. Em ambos os casos, a matéria orgânica produzida pelos autotróficos torna-se na fonte de energia e de matéria prima para muitos outros organismos. No Oceano Ártico, mais de 50% da produtividade primária média provém de algas unicelulares que vivem perto da junção do gelo com a água do mar e esta ligação é crucial para o ecossistema polar marinho. Os investigadores que participaram na Expedição ao Oceano Ártico planeiam avaliar a produtividade primária e a química das águas em vários locais de estudo para adquirirem mais conhecimentos sobre estes processos que são a base das comunidades biológicas marinhas do Ártico.

O processo de avaliação da produtividade primária realizada pelos autotróficos fotossintéticos é facilmente compreendida se nos lembrarmos da equação básica da fotossíntese:



A produtividade primária é normalmente definida como as gramas de carbono produzidas por metro quadrado, por dia. Assim, precisamos de saber quanta glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) é produzida pelas plantas fotossintéticas num volume de água conhecido durante um determinado período. A equação acima revela que tanto podemos medir a glicose directamente como podemos medir a quantidade de  $\text{CO}_2$  consumida ou a quantidade de  $\text{O}_2$  produzida, uma vez que estão directamente relacionadas com a quantidade de glicose produzida.

Normalmente, são utilizadas duas técnicas para medir a produtividade primária. A primeira consiste em medir a ingestão de

carbono radioactivo ( $^{14}\text{C}$ ). É colocado um determinado volume de água numa garrafa de vidro transparente e uma determinada quantidade de dióxido de carbono radioactivo é adicionado à amostra. A garrafa é colocada ao sol durante um período de tempo fixo e depois é filtrada. A matéria orgânica produzida pela fotossíntese ficará presa no filtro e poderá ser determinada através da medição da quantidade de radioactividade no filtro. Este é o método utilizado pelos investigadores que participaram na Expedição ao Oceano Ártico.

O ponto chave desta técnica é lembrarmo-nos que as plantas consomem matéria orgânica através da respiração e também a produzem através da fotossíntese. Assim, a matéria orgânica no filtro corresponde à quantidade total de matéria orgânica produzida MENOS a quantidade de matéria orgânica consumida pelas próprias plantas. A isto chama-se produtividade primária LÍQUIDA. Se quisermos saber a produtividade primária TOTAL ou BRUTA, temos que saber quanta matéria orgânica foi consumida pela respiração.

Para avaliar a produtividade primária total, os investigadores usam, com frequência, a técnica da garrafa clara-escura. Com este método, as alterações das concentrações de oxigénio dissolvido são utilizadas para medir a fotossíntese e a respiração (uma vez que o oxigénio é produzido na fotossíntese e consumido na respiração). As amostras de água são colocadas em garrafas de vidro transparente e uma amostra em duplicado é colocada em garrafas pintadas de preto ou cobertas para que nenhuma luz consiga atingir a amostra. Sem luz, não pode ocorrer a fotossíntese. No entanto, a respiração, continua a ocorrer.

Uma terceira amostra é preparada numa garrafa de vidro transparente. O oxigénio dissolvido na terceira amostra é medido com um medidor de oxigénio dissolvido ou com métodos químicos e estabelece o oxigénio dissolvido inicial na garrafa clara e na escura no início da experiência.

As garrafas são tapadas e incubadas por um período de 30 minutos a 24 horas (dependendo do nível de produtividade esperado; águas mais produtivas requerem tempos de incubação mais curtos). As garrafas podem ser incubadas no corpo de água de onde foram recolhidas as amostras (incubação *in situ*) ou podem ser incubadas em laboratório (incubação *in vitro*). A vantagem da incubação *in situ* é que as amostras estão expostas aos níveis naturais de luz e temperatura e o resultado fornece, provavelmente, uma melhor estimativa da produtividade real no corpo de água. A vantagem da incubação *in vitro* é que poderá ser mais prática em muitas situações e mais fácil de fazer num período normal de aulas.

Após o término do período de incubação, o oxigénio dissolvido de todas as garrafas é medido. O teor de oxigénio é suposto ter aumentado nas garrafas claras devido à fotossíntese e diminuído nas garrafas escuras devido à respiração. Quando as medições estão completas, é calculado o oxigénio total produzido através da adição do oxigénio consumido nas garrafas escuras ao oxigénio produzido nas garrafas claras correspondentes. O consumo total de oxigénio poderá ser utilizado para calcular a produção primária bruta, tal como é a seguir explicado.

Nesta actividade, os alunos irão medir a produtividade primária bruta e líquida num corpo de água local. É melhor realizar esta actividade no final da Primavera ou no início do Outono, quando a produção primária ainda é razoavelmente elevada. Com excepção das zonas muito quentes, a produtividade primária é geralmente baixa durante os meses de Inverno e poderá ser difícil de medir. O processo que se segue utiliza o método da titulação química para medir o oxigénio dissolvido, uma vez que é muito mais barato do que os instrumentos electrónicos para medição do oxigénio (que normalmente custam mais de 1.000 dólares). Se tiver um medidor de oxigénio dissolvido disponível, visite o site <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/vol.html> para sugestões acerca dos procedimentos adequados.

## PROCEDIMENTO

1. Rever a "Informação Adicional" sobre o Oceano Ártico e as suas três zonas biológicas conhecidas. Saliente que as três zonas estão agrupadas e que a fotossíntese feita pelas algas microscópicas (fitoplâncton) fornece a energia para outros organismos dessas zonas (por ex: as algas são a "base da teia alimentar"). Poderá querer mencionar que outros sistemas marinhos (tais como os em redor das fontes hidrotermais) não dependem da fotossíntese para terem energia, mas dependem da quimiossíntese (ver <http://oceanexplorer.noaa.gov> para planos de aula e informação adicional sobre estes sistemas). Se necessário, reveja os conceitos básicos da fotossíntese.

Certifique-se que os alunos compreendem que a fotossíntese poderá ser limitada se um ou mais componentes necessários tiverem um fornecimento limitado. Explique-lhes como é que a produtividade primária pode ser medida e certifique-se que os alunos percebem a diferença entre produtividade primária bruta e líquida. Poderá querer fazer com que os alunos pratiquem a técnica de medição do oxigénio dissolvido antes de começar a actividade da garrafa Clara-escura.

2. Prepare uma zona adequada para incubar as amostras de água. A zona deverá ter iluminação artificial forte e temperatura relativamente constante.

Um banho-maria com temperatura constante, com 2 tubos fluorescentes de 40 watts a uma distância de 50-100 cm é o ideal. Zonas de incubação menos elaboradas também podem funcionar. Certifique-se que evita a exposição directa à luz solar e que escolhe uma zona onde as garrafas possam ficar sem serem perturbadas durante o período de incubação.

Prepare as garrafas para as amostras de água. Cada garrafa deverá ter um número identificativo e uma garrafa por grupo deverá ser tapada com folha de alumínio de modo a torná-la opaca.

3. Obtenha água suficiente de um corpo de água local (um lago, uma lagoa, um rio, um estuário, etc.) para fornecer a cada grupo de alunos pelo menos 300 ml de água. Tente recolher a água no espaço de 24 horas até ao início da actividade e tente manter os níveis de luz e

temperatura razoavelmente perto dos níveis encontrados na zona onde a água foi recolhida.

Equipe os recipientes com sifões e evite agitar ou arejar vigorosamente a água, uma vez que será impossível medir um aumento da fotossíntese se a água ficar saturada com oxigénio.

4. Peça a cada grupo de alunos para seguir o procedimento do Passo 1 ao 3 do “Guia da Actividade da Garrafa clara-escuro”.

Certifique-se que os alunos compreendem a importância de evitar o arejamento excessivo durante a transferência da água do recipiente para as garrafas de amostragem.

5. Após um período de incubação das amostras de 24 horas peça aos alunos para completarem os Passos 4 a 6 do “Guia de Actividade da Garrafa Clara-Escuro”.

6. Peça aos alunos para apresentarem os resultados aos colegas. Inicie uma discussão sobre a interpretação desses resultados.

Se os grupos obtiverem resultados muito diferentes discuta as razões prováveis. Essas razões deverão incluir a variabilidade natural das amostras bem como o erro experimental. Certifique-se que os alunos percebem a base dos números utilizados no cálculo da produtividade bruta, produtividade líquida e respiração. As unidades de medida são muito importantes nestes cálculos e poderão ser confusas.

A discussão que se segue fornece informação adicional aos alunos que quiserem discutir a base para os cálculos mais detalhadamente. O titular LaMotte fornece uma leitura directa da concentração de oxigénio dissolvido em partes-por-milhão (ppm), o que é equivalente a mg/kg e mg/l para água doce. A água do mar tem uma densidade ligeiramente mais elevada que a água doce.

Uma vez que a produção ou o consumo de oxigénio tem sido calculado em O<sub>2</sub>/litro/hora, este número poderá ser convertido em gramas de carbono por litro por hora, multiplicando o valor por 0,000375:

- a) são produzidas 6 moles de O<sub>2</sub> por cada mole de C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>;
- b) existem 32 gramas de O<sub>2</sub> em cada mole de O<sub>2</sub> e 72 gramas de carbono em cada mole de C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>;
- c) então, existem  $6 \times 32 = 192$  gramas de O<sub>2</sub> produzidas por cada 72 gramas de carbono produzido, o que é equivalente a  $72 \div 192 = 0,375$  gramas de carbono por grama de O<sub>2</sub>. Como existem 1.000 mg numa grama uma mg de O<sub>2</sub> é equivalente a 0,000375 de carbono.

Uma vez que 1 litro é equivalente a 1.000 centímetros cúbicos e que um metro cúbico tem 1.000.000 de centímetros, podemos determinar quantas gramas de carbono são produzidas por metro cúbico por hora multiplicando as gramas de carbono por litro por hora por 1.000.

Finalmente, uma vez que um dia tem 24 horas, podemos converter as gramas de carbono por metro cúbico por hora em gramas de carbono por metro cúbico por dia multiplicando por 24.

Podemos combinar estes passos multiplicando mg O<sub>2</sub>/litro/hora por 9, uma vez que  $0,000375 \times 1.000 \times 24 = 9$ . O resultado final é gramas de carbono por metro cúbico por dia. Se quiséssemos exprimir a produtividade primária em gramas de carbono por metro quadrado por dia, multiplicávamos as gramas de carbono por metro cúbico por dia pela profundidade em metros onde há luz adequada para ocorrer a fotossíntese. Uma vez que existe, obviamente, mais luz perto da superfície do que nas águas profundas, os investigadores poderão efectuar medições de garrafa clara-escuro a diversas profundidades e integrar os resultados de modo a calcular a produtividade total na coluna de água, ou poderão medir a intensidade da radiação fotossinteticamente activa a diferentes profundidades e utilizar essa informação para calcular a produtividade em toda a coluna de água.

**A LIGAÇÃO À “BRIDGE”**

[www.vims.edu/bridge/polar.html](http://www.vims.edu/bridge/polar.html)

### A LIGAÇÃO A “MIM PRÓPRIO”

Peça aos alunos para escreverem um texto com uma página sobre a importância da produtividade primária marinha para as suas próprias vidas. Para tornar o trabalho ainda mais desafiante, faça com que a pergunta incida na importância da produtividade primária marinha do ÁRTICO.

### LIGAÇÕES A OUTRAS DISCIPLINAS

Português, Linguística, Química, Matemática

### AVALIAÇÃO

O preenchimento das Folhas de Dados incluídas no “Guia de Actividade da Garrafa Clara-Escura” poderá ser utilizado como base de avaliação. Poderá também pedir aos alunos que preparem interpretações por escrito dos dados antes ou em vez da apresentação e discussão mencionadas no Passo 6.

### SUPLEMENTOS

1. Peça aos diferentes grupos de alunos para incubarem as amostras sob diferentes condições de luz.  
Poderá usar-se camadas de plástico semi-transparente para reduzir a luz que atinge as garrafas claras.
2. Os alunos poderão aceder ao site <http://oceanexplorer.noaa.gov> para obter informação mais detalhada sobre actividades e resultados de estudos sobre produtividade primária relativamente à Expedição ao Oceano Ártico.

### RECURSOS

<http://oceanexplorer.noaa.gov> – Obtenha mais informações sobre a Expedição ao Oceano Ártico e leia documentários diários e relatórios sobre as descobertas para utilização na sala de aulas.

<http://www.arctic.noaa.gov/> - A página sobre o Ártico do NOAA com inúmeros *links* a outros sites relevantes.

<http://maps.grida.no/arctic/> - Mapas temáticos da região do Ártico mencionando populações, ecorregiões, etc.

<http://www.theartic.is/> - Um recurso de internet sobre as relações entre o homem e o ambiente no Ártico.

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/regionhs/CENTRAL/arcexplor - Website produzido por Fisheries and Oceans Canada on the Arctic.](http://www.dfo-mpo.gc.ca/regionhs/CENTRAL/arcexplor-Website%20produzido%20por%20Fisheries%20and%20Oceans%20Canada%20on%20the%20Arctic.)

<http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/vol.html> - Links para técnicas de monitorização da qualidade da água

### PARA MAIS INFORMAÇÕES

Paula Keener-Chavis, National Education  
Coordinator/Bióloga Marinha  
NOAA Office of Ocean Exploration  
Hollings Marine Laboratory  
331 Fort Johnson Road, Charleston SC 29412  
843.762.8818  
843.762.8737 (fax)  
[paula.keener-chavis@noaa.gov](mailto:paula.keener-chavis@noaa.gov)

### AGRADECIMENTOS

Este plano de aula foi elaborado por Mel Goodwin, PhD, *The Harmony Project*, Charleston, SC para a *National Oceanic and Atmospheric Administration*.  
Se reproduzir esta aula, por favor mencione o NOAA como a fonte e forneça o seguinte URL:  
<http://oceanexplorer.noaa.gov>

## FICHA DO ALUNO

### Guia de Actividade da Garrafa Clara-Escura

1. Prepare três garrafas para amostragem de água. Uma delas deverá ser de vidro escuro ou deverá ser tapada com folha de alumínio para a tornar opaca. Registe os números de identificação das três garrafas na Folha de Dados.
2. Encha, cuidadosamente, cada garrafa com água do recipiente grande. Coloque a extremidade do sifão até ao fundo de cada garrafa antes de tirar a tampa. Evite agitar a amostra, abanar ou algo do género que adicione oxigénio à amostra de água. Bata cuidadosamente o fundo da garrafa numa mesa para libertar as bolhas de ar.
3. Coloque uma garrafa de vidro transparente e a garrafa opaca na zona de incubação. Registe a hora na Folha de Dados. Assim que terminar, meça o oxigénio dissolvido na outra garrafa de vidro transparente utilizando o "Procedimento para determinar o Oxigénio Dissolvido", abaixo descrito. Registe os resultados na Folha de Dados.
4. Cerca de 24 horas depois, retire as duas garrafas da zona de incubação. Registe a hora na Folha de Dados.
5. Meça o oxigénio dissolvido em cada garrafa utilizando o "Procedimento para Determinar o Oxigénio Dissolvido", abaixo descrito. Registe os resultados na Folha de Dados.
6. Cálculos:
  - a. Calcule a hora de incubação em horas e centésimas de hora (divida os minutos por 60 e arredonde para duas casa decimais).
  - b. Calcule a "Produção de Oxigénio Líquido" subtraindo o "Oxigénio Dissolvido Inicial" (determinado no Passo 3) pelo "Oxigénio Dissolvido Final (Garrafa clara)". As unidades para a resposta serão partes-por-milhão de  $O_2$ , o que é o mesmo que mg de  $O_2$  por litro.
  - c. Calcule o "Oxigénio Consumido por Respiração" subtraindo o "Oxigénio Dissolvido Final (Garrafa Escura) do "Oxigénio Dissolvido Inicial".  
Mais uma vez, as unidades para a resposta serão partes-por-milhão de  $O_2$ , o que é o mesmo que mg de  $O_2$  por litro.
  - d. Calcule a "Produção Total de Oxigénio Dissolvido" adicionando o "Oxigénio Consumido por Respiração" à "Produção Líquida de Oxigénio". Sim, adivinhou as unidades para resposta serão em partes-por-milhão de  $O_2$ , o que é o mesmo que mg de  $O_2$  por litro.
  - e. Calcule a "Produção Total de Carbono" multiplicando o "Oxigénio Total Dissolvido por 0,375 mg C/mg  $O_2$ ". As unidades para resposta serão mg C por litro.
  - f. Calcule a "Taxa de Produção de Carbono" dividindo a "Produção Total de Carbono" por "Tempo de Incubação". As unidades para resposta serão mg C por litro por hora.
  - g. A "Produtividade Total Diária" é expressa em unidades de "gramas de carbono por metro cúbico, por dia." Para converter a "Taxa de Produção de Carbono" em "Produtividade Total Diária", multiplique a "Taxa de Produção de Carbono" por 1.000 para converter os litros em metros cúbicos, depois divida por 1.000 para converter miligramas em gramas, depois multiplique por 24 para converter horas em dias. Tem razão, na realidade só tem que multiplicar por 24, uma vez que a conversão em gramas e em metros cúbicos se anulam uma à outra.

## FICHA DO ALUNO

### Folha de dados sobre a Garrafa Clara-Escura

Nomes dos Investigadores \_\_\_\_\_

Garrafa Clara No. \_\_\_\_ Garrafa Escura No. \_\_\_\_ Garrafa com amostra inicial No. \_\_\_\_

Dia do Início da Incubação \_\_\_\_\_ Hora do Início da Incubação \_\_\_\_\_

Data do Término da Incubação \_\_\_\_\_ Hora do Término da Incubação \_\_\_\_\_

#### Determinar o Oxigénio Inicial Dissolvido

	Titulação #1	Titulação #2	Titulação #3	Média
Leitura inicial do titulador				
Leitura final do titulador				
Oxigénio dissolvido (ppm)				

#### Determinação do oxigénio final dissolvido (Garrafa Clara)

	Titulação #1	Titulação #2	Titulação #3	Média
Leitura inicial do titulador				
Leitura final do titulador				
Oxigénio dissolvido (ppm)				

#### Determinação do oxigénio final dissolvido (Garrafa Escura)

	Titulação #1	Titulação #2	Titulação #3	Média
Leitura inicial do titulador				
Leitura final do titulador				
Oxigénio dissolvido (ppm)				

## FICHA DO ALUNO

### Folha de dados sobre a Garrafa Clara-Escura (cont.)

#### Cálculos:

- a. Tempo de incubação = \_\_\_\_\_ horas
- b. Produção líquida de oxigénio = \_\_\_\_\_ mg O<sub>2</sub> por litro
- c. Oxigénio consumido por Respiração = \_\_\_\_\_ mg O<sub>2</sub> por litro
- b. Produção total de oxigénio dissolvido = \_\_\_\_\_ mg O<sub>2</sub> por litro
- e. Produção total de carbono = \_\_\_\_\_ mg C por litro
- f. Taxa de Produção de Carbono = \_\_\_\_\_ mg C por litro por hora
- g. Produtividade diária Total = \_\_\_\_\_ gramas C por metro cúbico por dia

#### Procedimento para Determinar o Oxigénio Dissolvido

##### - Conservação da Amostra -

**CUIDADO:** Os químicos utilizados neste procedimento são cáusticos. Deverão ser utilizados óculos e luvas de protecção.

PASSO 1. Retire a tampa da garrafa da amostra de água e adicione 8 gotas da solução de Sulfato de Manganês.

PASSO 2. Adicione 8 gotas de Solução Alcalina de Azida de Iodeto de Potássio.

PASSO 3. Tape e misture, deixe que a precipitação repouse.

PASSO 4. Adicione 8 gotas de Ácido Sulfúrico 1:1.

PASSO 5. Tape e misture até que o reagente e o precipitado se dissolvam. A amostra está agora "pronta".