

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade.

Só tem valor quando acaba.”

Guimarães Rosa

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Raul Barros, pelo apoio, disponibilidade, compreensão, tolerância, motivação além de todos os conhecimentos transmitidos.

À Mestre Engenheira Ana Assunção pela ajuda prestada durante o trabalho prático, pela paciência e boa disposição e conhecimentos transmitidos.

A todos os elementos da equipa dos Laboratórios da Ualg:

- Laboratório de Tecnologias Ambientais
- Laboratório de Microbiologia

À Empresa Águas do Algarve, Sandra Ribeiro e Sr. Zé, pela implicação no fornecimento de amostras.

Obrigada a todos, família e amigos, por principalmente acreditarem em mim, pelos bons momentos partilhados, pelo carinho demonstrado, pela companhia formidável, pela preocupação inalcançável, pelo apoio extremo e sobretudo pelas palavras de incentivo que vieram sempre em boa hora.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo comprovar a aplicação de um método de determinação de carbono orgânico assimilável (AOC) em amostras de água destinadas ao consumo humano, gentilmente fornecidas pela empresa Águas do Algarve (AdA). Analisaram-se as amostras de água provenientes dos pontos de entrega da rede de abastecimento de água do Algarve, da zona do Barlavento: Bensafrim (Lagos), Colinas Verdes (Lagos), Bemparece (Albufeira) e Pinhal de Albufeira (Albufeira); e da zona do Sotavento: Brancanes (Olhão), Fonte de Pipa (Loulé) e Pé de Outeiro (Faro).

Nesta técnica usaram-se as estirpes das bactérias *Pseudomonas fluorescens P-17* e *Spirillum sp. NOX*.

Uma água é considerada estável em termos biológicos quando apresenta valores entre 10 e 50 µg de AOC/L.

Todas as amostras analisadas, representativas de parte do sistema de distribuição de água do Algarve, apresentaram valores de AOC acima do referido. É possível assim concluir que a água distribuída através deste sistema, segundo os resultados deste estudo, não apresenta estabilidade biológica, conferindo potencial e condições para o desenvolvimento de microrganismos na água.

Abstract

This study aimed to prove the validation and application of a method for determining assimilable organic carbon (AOC) in water samples intended for human consumption, kindly provided by the company Águas do Algarve (AdA). We analyzed water samples from the point of delivery of water supply network in the Algarve, in the western zone: Bensafrim (Lagos), Colinas Verdes (Lagos), Bemparece (Albufeira) and Pinhal de Albufeira (Albufeira), and Eastern zone: Brancanes (Olhão), Fonte de Pipa (Loulé) and Pé de Outeiro (Faro). In this technique they used strains of bacteria *Pseudomonas fluorescens P-17* and *Spirillum sp. NOX*.

Water is considered biologically stable when it presents between 10 and 50 g of AOC / L. All samples analyzed, representing part of the Algarve water distribution system, showed values above said AOC. It can be concluded that this water delivered system, according to the results of this study, it has no biological stability, giving potential and conditions for the growth of microorganisms in water

Índice Geral

1. Introdução	1
1.1 Tratamento de água destinadas ao consumo humano	1
1.1.1 Enquadramento Histórico	1
1.1.2 Requisitos de Qualidade	2
1.1.3 Métodos de Tratamento	3
1.1.4 Normas de qualidade da água	6
1.1.5 Controlo de qualidade da água	7
1.1.6 Qualidade da água para consumo humano em sistemas de abastecimento	7
1.1.7 Biofilmes em condutas de abastecimento de água	9
1.2 Análise microbiológica da água para consumo humano	14
1.2.1 Bactérias Heterotróficas	14
1.2.2 Controlo microbiológico das águas de consumo humano	15
1.3 Método de determinação do Carbono Orgânico Assimilável AOC	18
1.4 Empresa Águas do Algarve, S.A	23
2. Objetivo	25
3. Materiais e Métodos	26
3.1 Técnica para a determinação do Carbono Orgânico Assimilável em amostras de água.....	26
3.1.1 Princípio da Técnica	26
3.1.2 Interferências.....	26
3.1.3 Limite de deteção	27
3.1.4 Equipamento e Material.....	27
3.1.5 Reagentes	27
3.1.6 Amostras.....	28

3.2 Procedimento Experimental	30
3.2.1 Preparação dos frascos Schott para incubação	30
3.2.2 Preparação dos inóculos (stock)	30
3.2.3 Preparação das amostras e controlo	31
3.2.4 Inoculação e incubação	31
3.2.5 Contagem de colónias	32
3.2.6 Determinação do rendimento de P-17 e NOX	32
3.2.7 Tratamento de resultados	32
3.3 Alterações testadas na técnica para a determinação de AOC em amostras de água	34
4. Resultados e Discussão.....	35
5. Conclusões e Perspetivas Futuras	72
6. Referências Bibliográficas.....	73

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama resumo do tratamento convencional de água (adaptado de Tebbutt, 1973).

Figura 2. Esquema de formação do biofilme (adaptado de Sibille, 1998).

Figura 3. Curva de crescimento de uma população de células microbianas (Biomass) em sistema fechado. (*Lag phase*-Fase de adaptação; *Growth phase*- Fase exponencial; *Stationary phase*- Fase estacionária; *Death phase*- Fase de declínio).

Figura 4. Mapa do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Algarve (AdA).

Índice de Tabelas

Tabela I. Amostras de água testadas: locais e datas de recolha em diferentes pontos do Algarve.

Tabela II. Resultados obtidos no ensaio seguido com 9 frascos - Amostra Ualg (Faro, Sotavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela III. Resultados obtidos no ensaio em paralelo com 9 frascos - Amostra Ualg (Faro, Sotavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela IV. Resultados obtidos no ensaio seguido com 3 frascos - Amostra Ualg (Faro, Sotavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela V. Resultados obtidos no ensaio em paralelo com 3 frascos - Amostra Ualg (Faro, Sotavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX .

Tabela VI. Variações da técnica de AOC – Amostra Ualg (Faro, Sotavento).

Tabela VII. Resultados obtidos nos ensaios I - Bensafrim (Lagos, Barlavento) - Média de contagem de colónias NOX.

Tabela VIII. Resultados obtidos no ensaio II - Bensafrim (Lagos, Barlavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela IX. Resultados obtidos no ensaio III - Bensafrim (Lagos, Barlavento) - Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela X. Resultados obtidos no ensaio IV- Bensafrim (Lagos, Barlavento) - Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XI. Determinação de AOC – Amostra Bensafrim (Lagos, Barlavento)

Tabela XII. Resultados obtidos no ensaio I- Colinas Verdes (Lagos, Barlavento) - Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XIII. Resultados obtidos no ensaio II-Colinas Verdes (Lagos, Barlavento)-Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XIV. Resultados obtidos no ensaio III-Colinas Verdes(Lagos, Barlavento)-Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XV. Determinação de AOC – Amostra Colinas Verdes (Lagos, Barlavento).

Tabela XVI. Resultados obtidos no ensaio I- Pinhal de Albufeira (Albufeira, Barlavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XVII. Determinação de AOC – Amostra Pinhal de Albufeira (Albufeira, Barlavento).

Tabela XVIII. Resultados obtidos no ensaio I- Bemparece (Albufeira, Barlavento)- Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela XIX. Determinação de AOC – Bemparece (Albufeira, Barlavento).

Tabela XX. Resultados obtidos no ensaio I- Pé de Outeiro (Faro, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXI. Resultados obtidos no ensaio II- Pé de Outeiro (Faro, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXII. Resultados obtidos no ensaio III- Pé de Outeiro (Faro, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXIII. Determinação de AOC – Pé de Outeiro (Faro, Sotavento).

Tabela XXIV. Resultados obtidos no ensaio I- Fonte da Pipa (Loulé, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXV. Resultados obtidos no ensaio II- Fonte da Pipa (Loulé, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXVI. Resultados obtidos no ensaio III- Fonte da Pipa (Loulé, Sotavento)- Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela XXVII. Resultados obtidos no ensaio IV- Fonte da Pipa (Loulé, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXVIII. Determinação de AOC – Amostra Fonte de Pipa (Loulé, Sotavento).

Tabela XXIX. Resultados obtidos no ensaio I- Brancanes (Olhão, Sotavento)- Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela XXX. Resultados obtidos no ensaio II- Brancanes (Olhão, Sotavento)- Média de contagem de colónias P-17 e NOX.

Tabela XXXI. Resultados obtidos no ensaio III- Brancanes (Olhão, Sotavento)- Média de contagem de colónias NOX.

Tabela XXXII. Determinação de AOC – Brancanes (Olhão, Sotavento)

Tabela XXXIII. Determinação de AOC – Amostras Algarve

Tabela XXXIV. Resultados Ensaio em Branco

Abreviaturas e Simbologia

μg acetato-C/L – unidades de microgramas de acetato por litro

μg C/L – unidades de micrograma de carbono por litro

$\mu\text{g/L}$ – unidades de microgramas por litro

AdA- Empresa Águas do Algarve

AOC- Carbono Orgânico Assimilável

BDOC - Fração de carbono orgânico dissolvido biodegradável

BOM - Matéria orgânica biodegradável

cfu – unidades formadoras de colónias

DOC - Carbono orgânico dissolvido

ETA – Estação de tratamento de águas

F_i - diluições

HPC - Contagem de bactérias heterotróficas em placa

MAC- Concentração mínima aceitável

n_i - número de placas por diluição

NOX – *Spirillum sp.* NOX.

P-17 - *Pseudomonas fluorescens* P-17

SD - Sistema de distribuição

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

TOC - Concentração total de carbono orgânico

Ualg- Universidade do Algarve

V_i - volumes das tomas para ensaio das diluições

V_s - volume de referência escolhido para exprimir a concentração de microrganismos na amostra