



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA

ESTÁGIO LABORAL

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Autor : Nilsa Marinela J. F. Camilo

Maputo, Março de 2014



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EM QUÍMICA

ESTÁGIO LABORAL

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Autor : Nilsa Marinela J. F. Camilo

Supervisora: Prof.^a Doutora Tatiana Kuleshov

Co Supervisora: dra Carla Casimiro

Maputo, Março de 2014

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Januário Camilo e Luísa Fernando, minha segunda mãe Umbelina Armando, aos meus irmãos Anchura, Ercila, Edson, Iluzete, Hélder, Irnandete, e ao meu namorado Ambrósio Cupula, que sempre me compreenderam e me ajudaram nas horas mais difíceis da minha vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus por todas as graças a mim concedida para que pudesse chegar até ao fim.

Um especial agradecimento à minha supervisora Prof^a. Doutora Tatiana Kuleshov pela orientação sábia, críticas, dedicação, ensinamento e todo o apoio prestado na realização deste trabalho;

À minha co-supervisora dr.^a Carla Casimiro por ter acompanhado cada etapa do trabalho desde a recolha da amostra até à realização da parte experimental;

Agradecimentos calorosos ao dr. Francisco Maleiane, que sem palavras suficientes que descrevam a tamanha humildade e simplicidade, perdeu dias e dias dos seus afazeres para dar a sua ajuda na materialização deste trabalho;

Ao Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) por me ter concedido o estágio para a realização deste trabalho e aos técnicos do laboratório de Química do LEM dr. Mabui, Amina, Eleutério, Maria, Macuácuca e Machava por terem esclarecido dúvidas na realização da parte experimental;

Ao Departamento de Química da UEM, a todos os professores, funcionários e aos meus colegas em geral que, de uma forma directa ou indirecta, me ajudaram durante o curso;

Aos meus amigos Emerson, Alda, Soraya, Jaime, Ivo, Domingos, Angelo, Juvêncio, dra. Maria Rodolfo, a mana Ligia, Madalena, mano Norberto, Lurdes pelo apoio, amizade e carinho.

À todos meus colegas que conviveram ao meu lado durante esta minha caminhada, pelo acompanhamento e convivência.

O meu muito Obrigado!!!

DECLARAÇÃO DE PALAVRA DE HONRA

Eu Nilsa Marinela Januario Fernando Camilo, declaro por minha honra, que o presente trabalho é resultado de um estágio laboral no Laboratório de Engenharia de Moçambique, complementado por uma investigação teórica e que os factos nele abordados são de minha autoria.

Maputo aos ____ de _____ de 2014

(Nilsa Marinela J. F. Camilo)

RESUMO

A água destinada ao consumo humano deve atender a condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos. A maioria das comunidades do meio rural, por consumirem água de baixa qualidade, ficam permanentemente sob o risco de infecções e doenças de grande gravidade. O sulfato de alumínio tem sido o coagulante mais usado devido ao seu bom desempenho. Contudo, esse coagulante apresenta algumas desvantagens, como a dependência do pH, e gera resíduo com elevada concentração de alumínio, dificultando a utilização desse resíduo. O tratamento da água com coagulantes naturais, não representa riscos à saúde e a sua aplicação é bastante simplificada, pois a substância química natural terá maiores chances de reação físico-química com o material coloidal que dá turbidez à água. Neste trabalho foi estudado o uso comparativo das sementes trituradas de *M. Oleífera* e farinha de mandioca (coagulantes naturais) para o tratamento das águas do rio Infulene no tempo chuvoso.

O presente relatório é produto de Estágio Laboral com a duração de três meses, enriquecido com experiência profissional no Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) e realização de ensaios laboratoriais, ligados ao tema em estudo. As amostras foram colhidas em três pontos do rio (1 na Pontinha- Estação de Tratamento de Águas Residuais, 2 na CDM, 3 na Lusovinhos), no mês de Janeiro de 2013. Para o estudo, foram determinados os parâmetros: pH, TDS, CE, turvação e NH_4^+ medidos com aparelhos portáteis logo após a amostragem; Cl^- por volumetria; SO_4^{2-} por gravimetria; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} e Zn^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica com atomização por chama (FAAS); Na^+ e K^+ por fotometria de chama (FC) e coliformes fecais e totais pelo método de membrana filtrante. Os resultados de estudo mostram que a farinha de Mandioca pode servir como coagulante natural (houve abaixamento de turbidez em todas as amostras de água, eliminação de ião de amónia e coliformios). No trabalho foi feita também a comparação da eficiência das propriedades coagulantes da moringa e da mandioca em relação ao sulfato de alumínio no tratamento de água do rio Infulene onde são despojadas as águas residuais que provém de funcionamento das fábricas de cerveja e de vinho de Maputo. De acordo com os cálculos estatísticos afirma-se com 95% de confiança que há diferença significativa entre os dois coagulantes naturais, no seu efeito sobre Cu^{2+} , Zn^{2+} e Na^+ . Em relação ao sulfato de alumínio não foi detectada diferença significativa para os parâmetros físico-químicos, TDS, CE, turvação e NH_4^+ .

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio
Infulene

A apresentação dos meios locais para o tratamento de água visa contribuir na implementação e divulgação destas técnicas para a melhoria da qualidade de água, permitindo o melhor aproveitamento desse recurso.

Conteúdo:

Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objectivos.....	2
1.1.1 Objectivo geral.....	2
1.1.2 Objectivos específicos	3
1.2 Metodologia	3
1.3 Justificativa.....	4
1.4 Pergunta de Pesquisa.....	4
Capítulo 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1 A água e as suas propriedades.....	5
2.2 Importância da água	6
2.3 Impurezas encontradas na água.....	6
2.3.1 Qualidade das águas de consumo	7
2.4 Parâmetros indicadores de qualidade da água e seu efeito ambiental.....	8
2.5 Tratamento de água para o consumo humano	11
2.5.1 Tratamento convencional de águas superficiais para o consumo humano	11
2.6 Fundamentos sobre purificação de água com uso de coagulantes	14
2.6.1 Coagulação e floculação.....	14
2.6.2 Coagulantes poliméricos.....	17
2.6.2.1 Uso da mandioca como coagulante	18
2.6.2.2 Uso da Moringa como coagulante	18
2.6.2.3 Uso de sulfato de alumínio como parâmetro da análise	20
Capítulo 3. TRABALHO DE CAMPO	21
3.1 Localização e descrição do lugar de estudo	21

3.2 Escolha dos pontos de amostragem.....	22
Capítulo 4. PARTE EXPERIMENTAL	23
4.1 Materiais, equipamentos e reagentes.....	23
4.1.1 Procedimento de lavagem do material e preparação das soluções	25
4.2 Procedimentos para o tratamento de água com os coagulantes	25
4.2.1 Procedimentos para o tratamento de água com o extracto de sementes de moringa	25
4.2.2 Procedimentos para o tratamento de água com o extracto farinha de mandioca.....	26
Os procedimentos para o tratamento de água com o extracto de FM foram os mesmos usados para SM.....	26
4.3 Amostragem	26
4.3.1 Análise das amostras de água	27
4.4 Procedimentos para determinação dos parâmetros de análise	28
4.4.1 Determinação de pH, CE, Turvação, TDS e NH_4^+	28
4.4.2 Determinação de cloretos	28
4.4.3 Determinação dos sulfatos.....	29
4.4.4 Determinação dos coliformes totais e fecais	30
4.4.5 Determinação de Ca, Mg, Fe, Zn e Cu por FAAS e Na e K por FC	30
Capítulo 5. APRESENTAÇÃO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS	32
5.1 Precisão	32
5.1.1 Desvio padrão	32
5.1.2 Desvio padrão relativo.....	32
5.3 ANOVA	33
5.4 Teste t emparelhado	34
5.5 Comparação das médias experimentais.....	40
Capítulo 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio
Infulene

6.1 pH, CE, TDS, turvação e NH_4^+	41
6.2 Cloretos	45
6.3 Sulfatos	46
6.4 Cálcio	47
6.5 Magnésio	48
6.6 Ferro	49
6.7 Cobre	50
6.8 Zinco.....	51
6.9 Sódio.....	52
6.10 Potássio.....	53
Capítulo 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	55
7.1 Conclusões	55
7.2 Recomendações	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
Anexos	1-A

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1: Relação entre as diferentes etapas de tratamento e sua eficácia.....	12
Figura 2. Processo de coagulação – floculação	14
Figura 3. Configuração esquemática da dupla camada eléctrica	16
Figura 4. Estrutura molecular do amido de mandioca catiónico waxy.....	18
Figura 5. Estrutura de glucosinolato presente na semente de moringa.....	19
Figura 6. Ilustração da localização do rio Infulene e os pontos de amostragem.	21
Figura 7. Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.....	41
Figura 8. Diagrama ilustrativo de TDS da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.....	42
Figura 9. Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.....	43
Figura 10. Diagrama ilustrativo de turvação da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	44
Figura 11. Diagrama ilustrativo de NH_4^+ da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	45
Figura 12. Diagrama ilustrativo de cloretos da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	46
Figura 13. Diagrama ilustrativo de SO_4^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	47
Figura 14. Diagrama ilustrativo de Ca^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	48
Figura 15. Diagrama ilustrativo de Mg^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	49
Figura 16. Diagrama ilustrativo de Fe^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	50
Figura 17. Diagrama ilustrativo de Cu^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.	51

Figura 18. Diagrama ilustrativo de Zn^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	52
Figura 19. Diagrama ilustrativo de Na^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes	53
Figura 20. Diagrama ilustrativo de K^{+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Preparação e armazenamento de amostras de água de acordo com o tipo de análise...	26
Tabela 2. Parâmetros analisados e respectivos métodos e equipamentos e/ou materiais	27
Tabela 3. Parâmetros analisados e respectivas curvas de calibração normal	31
Tabela 4. Fórmulas para o cálculo em ANOVA bimodal.....	33
Tabela 5. Resultados de t^a , pH, TDS, condutividade, turvação e NH_4^+ das amostras AB do rio Infulene	35
Tabela 6: Resultados de t^a , pH, TDS, condutividade, turvação e NH_4^+ das amostras tratadas com moringa do rio Infulene	36
Tabela 7. Resultados de t^a , pH, TDS, condutividade, turvação e NH_4^+ das amostras tratadas com mandioca do rio Infulene	36
Tabela 8. Resultados de t^a , pH, TDS, condutividade, turvação e NH_4^+ das amostras ATS do rio Infulene	37
Tabela 9. Resultados dos parâmetros microbiológicos coliformes fecais e totais	37
Tabela 10. Resultados de parâmetros de qualidade da água de amostra bruta do rio Infulene	38
Tabela 11. Resultados de parâmetros de qualidade da água de ATM do rio Infulene	38
Tabela 12. Resultados de parâmetros de qualidade da ATD do rio Infulene	39
Tabela 13. Resultados de parâmetros de qualidade da ATS do rio Infulene	39
Tabela 14. Valores de F_{cal} para os parâmetros analisados por ANOVA.	40
Tabela 15. Valores de t_{cal} para os parâmetros analisados por teste t.....	40

Lista de Equações

Equação 1	29
Equação 2	29
Equação 3	29
Equação 4	32
Equação 5	32
Equação 6	32
Equação 7	32
Equação 8	33
Equação 9	34
Equação 10	34
Equação 11	35

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AB – Água Bruta;

ATM – Água Tratada com Moringa;

ATS – Água Tratada com Sulfato de Alumínio;

ATD – Água Tratada com Mandioca;

B – Água bruta

LEM – Laboratório de Engenharia de Moçambique;

FAAS – Espectrofotometria de Absorção atômica com Atomizador de chama;

FC – Fotometria de Chama;

FM – Farinha de Mandioca;

I – Infulene;

NP – Normas Portuguesas;

NTU – Unidades de Turbidez Nefelométrica;

SA – Sulfato de Alumínio;

SM – Semente de moringa.

TDS – Sólidos Totais Dissolvidos;

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Preparação de soluções operacionais	1-A-1
Anexo 2. Resultados de análises antes e após tratamento com os coagulantes de parâmetros físicos	1-A-2
Anexo 3. Preparação de soluções-padrão de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb Na e K	1-A-4
Anexo 4. Curvas de calibração de Ca e resultados de leituras de padrões e amostras	1-A-6
Anexo 5. Curvas de calibração de Mg e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-7
Anexo 6. Curvas de calibração de Fe e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-8
Anexo 7. Curvas de calibração de Zn e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-9
Anexo 8. Curvas de calibração de Cu e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-10
Anexo 9. Curvas de calibração de Na ⁺ e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-11
Anexo 10. Curvas de calibração de K ⁺ e resultados de leituras de padrões e amostras	1—A-12
Anexo 11. Demonstração do cálculo ANOVA	1—A-13
ANEXO 12. Demonstração do cálculo do teste t emparelhado	1—A-14
Anexo 13. Parâmetros da OMS para a água destinada ao consumo humano	1—A-16

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

Actualmente, um dos assuntos mais discutidos no mundo diz respeito à escassez e falta de água, que, segundo as previsões mais alarmantes, será motivo de grandes conflitos mundiais.

A água destinada ao consumo humano deve atender a condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos. Na maioria das comunidades do meio rural, por consumirem água de baixa de qualidade, ficam, permanentemente sob o risco de infecções e doenças de grande gravidade (LO MANOCO *et al*,2010). Além disso, tendo em vista que Moçambique é um país em desenvolvimento, a aplicação de recursos naturais no tratamento de águas poderá ser uma forma de aproveitar a riqueza vegetal e diversificada do nosso país.

A utilização de coagulantes naturais, produzido no local e com baixo custo financeiro, pode proporcionar atenuação nos problemas ligados ao consumo de água não potável, sem tratamentos em corpos híbridos receptores. Além disso os coagulantes ou floculantes naturais têm demonstrando vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação a biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos (LO MANOCO *et al*, 2010).

O tratamento da água com coagulantes naturais, não representa riscos à saúde e a sua aplicação é bastante simplificada, pois a substância química natural terá maiores chances de reacção físico-química com o material coloidal que dá turbidez à água.

O sulfato de alumínio tem sido o coagulante mais usado devido ao seu bom desempenho. Contudo, esse coagulante apresenta algumas desvantagens, como a dependência do pH, e gera resíduo com elevada concentração de alumínio, dificultando a utilização desse resíduo em outros campos, como por exemplo na agricultura como adubo.

Nos últimos anos vários estudos têm sido feitos no sentido da utilização de coagulantes poliméricos alternativos aos coagulantes químicos para a purificação da água, permitindo a redução do lodo que se cria e a ausência de metais (Morais, 2005 citado por Fontoura, 2009). Dentre os coagulantes poliméricos, o amido da mandioca tem-se mostrado eficiente como auxiliar no tratamento de efluentes e águas destinadas ao

consumo humano, sendo eficiente na remoção de partículas presentes na água (Morais, 2005 citado por Fontoura, 2009).

Os coagulantes poliméricos em comparação com coagulantes á base de sais metálicos apresentam como vantagens: (i) maior eficiência de remoções em menores concentrações; (ii) produção de flocos de maior tamanho, favorecendo a velocidade da sedimentação; (iii) não deixa resíduo de metal na água, evitando problemas de contaminação secundária; (iv) produção de menor volume de resíduo no tratamento, em maior densidade, facilidade de desaguamento e biodegradabilidade.

A apresentação dos meios locais para o tratamento de água visa contribuir na implementação e divulgação destas técnicas para a melhoria da qualidade de água, permitindo o melhor aproveitamento desse recurso.

Neste trabalho foi estudado o uso comparativo das SM e FM para o tratamento das águas do rio Infulene no tempo chuvoso.

A combinação das diferentes amostras das águas, tratadas com SM e com FM (coagulantes naturais e biodegradáveis) comparadas com as de SA servirão para demonstrar a eficiência e praticidade do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene com o intuito de buscar soluções viáveis especialmente para regiões onde a carência e escassez de água apropriada principalmente para a agricultura, sendo este um factor limitante.

1.1 Objectivos

1.1.1 Objectivo geral

Estudar as potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento de águas do rio Infulene.

1.1.2 Objectivos específicos

- Determinar parâmetros físico-químicos (pH, CE, TDS, turvação, NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , coliformes fecais e totais) e alguns metais (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , K^+) de água bruta e água tratada com SA, FM e SA;
- Comprovar a viabilidade e eficiência do uso da FM como coagulante natural;
- Comparar os dados obtidos com amostras das águas tratadas com SA, SM e FM.

1.2 Metodologia

A metodologia a utilizar obedecerá aos seguintes critérios:

➤ *Revisão bibliográfica*

A revisão bibliográfica consistiu na busca de dados ou informações sobre o tema a estudar, por meio de páginas na Internet, livros, regulamentos sobre qualidade de água que as indústrias podem deitar para o exterior, que auxiliam para que se tome um conhecimento de material relevante, tendo por base o que já foi publicado em relação ao tema, de modo que se possa delinear uma nova abordagem sobre o mesmo, podendo chegar a conclusões que possam servir de base para pesquisas futuras.

➤ *Método experimental*

O método experimental baseou-se nas seguintes técnicas:

- ✓ Recolha de amostras de água no campo e sua análise antes do tratamento;
- ✓ Tratamento da água por coagulação pelo SA, SM e FM.
- ✓ Análise da água depois do seu tratamento.

➤ *Análise e discussão dos resultados:*

- ✓ Tratamento estatístico dos dados;
- ✓ Discussão, interpretação e análise dos resultados;
- ✓ Comparação com os valores limites estabelecidos pelas normas de qualidade de água da OMS.

➤ *Elaboração do relatório final*

O relatório elaborado teve em conta tudo o que foi feito na revisão bibliográfica, na parte experimental, na análise e discussão dos resultados.

1.3 Justificativa

O rio Infulene é o receptor de efluentes industriais de várias fábricas como Cervejas de Moçambique, de Lusovinhos que despojam ali as suas águas. Por isso é muito importante conhecer a situação real, ligada com a qualidade de águas deste rio porque estas águas são usadas pela população para fins de irrigação e domésticos.

O processo de tratamento implementado escolhido usou-se tendo em conta factores económicos e a qualidade final da água que se pretende obter.

A realização deste estágio surgiu na óptica de aprofundar os conhecimentos técnico-científicos em matéria de tratamento de águas de rios, que constitui um promissor mercado de trabalho em Moçambique.

1.4 Pergunta de Pesquisa

Pode – se usar as sementes de moringa e a farinha de mandioca como coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene?

Capítulo 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Tratamento de água é um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em condições adequadas.O processo de

tratamento de água torna-a isenta de qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças.

2.1 A água e as suas propriedades

Água: é um composto químico formado por dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio, em cada uma das suas moléculas.

A água existe na natureza nos três estados físicos, formando os oceanos, rios, glaciares, reservatórios subterrâneos e na atmosfera, encontra-se nos seres vivos, fazendo parte da sua constituição em uma elevada percentagem.

Segundo Ribeiro (2010), as propriedades mais importantes da água são:

- ✓ A alta constante dielétrica;
- ✓ A alta polaridade e sua capacidade de funcionar como solvente polar, daí ser conhecida como “solvente universal”, pois alta constante dielétrica favorece a dissolução de espécies ionizáveis.
- ✓ A possibilidade da associação de moléculas de água entre si e com outros compostos através de ligações de hidrogénio.
- ✓ Tem elevado valor de ponto de ebulição em relação a outros compostos binários (H_2S , H_2Se);
- ✓ A água não é um agente oxidante forte embora possa permitir a acção oxidante de outros agentes principalmente O_2 , porém é um agente redutor mais fraco, do que é oxidante, reduzindo principalmente o F^- .
- ✓ É termicamente estável.
- ✓ A autoionização da água é fraca mas extremamente importante: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$.

2.2 Importância da água

Segundo levantamentos geo-ambientais, cerca de 70 % da superfície do planeta são constituídos por água, sendo que só 3% são de água doce e, desse total, 98% são águas subterrâneas. Isto quer dizer que a maior parte da água disponível e própria para o consumo é mínima perto da quantidade total de água existente no planeta.

Os recursos hídricos têm importância fundamental no desenvolvimento de diversas actividades económicas.

A química utiliza muito a água quer no laboratório ou na indústria, seja como solvente, como reagente ou ainda com outras funções. O homem utiliza a água para vários fins, tais como:

- ✓ domésticos e comerciais (beber, cozinhar, lavar, restaurantes, bares, escritórios);
- ✓ industriais (para obtenção de diversos produtos);
- ✓ públicos (fontes, jardins, etc);
- ✓ recreação (piscinas, desportos, etc);
- ✓ segurança (combate ao incêndio), etc.

2.3 Impurezas encontradas na água

Geralmente, nas águas superficiais e subterrâneas que são usadas para o consumo, encontramos as seguintes substâncias dissolvidas:

- ✓ representadas basicamente pelos iões de cálcio e magnésio (Ca^{2+} e Mg^{2+}), principalmente os sulfatos (SO_4^{2-}), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-);
- ✓ sílica solúvel (SiO_2) e silicatos (SiO_3^{2-}) associados a vários catiões;
- ✓ óxidos metálicos (principalmente de ferro), originados de processos corrosivos;
- ✓ diversas outras substâncias inorgânicas dissolvidas;
- ✓ material orgânico, óleos, açúcares, contaminantes de condensados, etc;
- ✓ gases, como oxigénio, gás carbónico, amónia, óxidos de nitrogénio e enxofre;
- ✓ materiais em suspensão, como areia, argila, iodo, etc.

2.3.1 Qualidade das águas de consumo

Conforme o seu destino, as águas de consumo são classificadas em água de consumo doméstico e não doméstico.

2.3.1.1 Águas de consumo doméstico

Uma água para ser utilizada para fins domésticos, inclusive para bebida deve ser potável. Segundo LO MONACO *et al.* (2010), define-se como água potável aquela que é inofensiva à saúde, agradável aos sentidos e adequada aos usos domésticos.

O conceito de potabilidade de uma água envolve dois atributos essenciais: “higidez” e “palatabilidade”.

A higidez implica no estar da água:

- a) livre de contaminação e, portanto, incapaz de levar ao consumidor uma doença infecciosa ou infestante;
- b) livre de substâncias tóxicas;
- c) livre do teor excessivo de substâncias minerais e de matéria orgânica.

A palatabilidade, por sua vez, envolve aspectos que podem ser avaliados por quatro dos sentidos humanos : a vista (cor e turbidez), o paladar (gosto), o olfato (odor) e o tacto (temperatura). Para preencher o atributo de palatabilidade, portanto, a água deve ser:

- a) limpa, incolor, inodora e de leve sabor peculiar e característico;
- b) de temperatura moderada;
- c) saturada de oxigênio;

2.3.1.2 Águas de consumo não doméstico

Entre os consumos de água não doméstico temos os seguintes usos: industrial, agrícola, pecuário e recreacional (LO MONACO *et al.*, 2010).

- a) Água industrial: a sua qualidade varia de acordo com a sua destinação na indústria, assim, pode-se destinar unicamente ao resfriamento e, portanto, ser de inferior qualidade, como, também, precisa ser de excelente qualidade quando se trata de utilizá-la, por exemplo, na indústria de refrescos.

- b) Água para fins agrícolas: a sua qualidade vai depender do tipo de cultura, assim, uma água com excesso de cloreto não serve para plantação de arroz.
- c) Água para fins pecuários: por exemplo, o gado leiteiro exige água de boa qualidade.
- d) Água para fins recreacionais: se tratando de piscinas, a água deve apresentar características semelhantes às de águas potáveis.

2.4 Parâmetros indicadores de qualidade da água e seu efeito ambiental

Parâmetros indicadores são aqueles usados como guias de qualidade, os parâmetros são divididos em físicos, químicos e microbiológicos (RIBEIRO, 2010).

Parâmetros físicos

Temperatura: é um parâmetro muito importante, medida de movimento térmico das moléculas, pois influencia em algumas propriedades da água (viscosidade, densidade e oxigênio dissolvido). A temperatura pode variar de acordo com as fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

Turbidez: é a presença de matéria em suspensão na água, como argila e substâncias orgânicas.

Sólidos dissolvidos: material que passa através do filtro. Representam a matéria em solução ou em estado coloidal presente na amostra do efluente.

Condutividade elétrica: é a capacidade que a água possui de conduzir a corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas electricamente quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água.

Parâmetros químicos

pH (potencial hidrogeniônico): representa o equilíbrio entre iões H^+ e iões OH^- , que varia de 0 a 14, indicando se uma água é acida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7) o pH da água depende da sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos, o pH baixo torna a água corrosiva, águas com pH elevado tendem a formar incrustações.

Alcalinidade: causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento da água.

Dureza: resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, causa sabor desagradável e efeitos laxativos, reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo, provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

Classificação das águas, em termos de dureza (em $CaCO_3$):

- ✓ menor que 50 mg/1 $CaCO_3$ - água mole;
- ✓ entre 50 e 150 mg/1 $CaCO_3$ - água com dureza moderada;
- ✓ entre 150 e 300 mg/1 $CaCO_3$ - água dura;
- ✓ maior que 300 mg/1 $CaCO_3$ - água muito dura.

Cloretos: os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.

Ferro e manganês: podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou cor acastanhada, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados, conferem sabor metálico, as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.

Nitrogênio: pode estar presente na água sob várias formas: molecular ou iônica (amônia, nitrito, nitrato), é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso,

pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenómeno chamado de eutrofização. A presença do ião nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia. As causas do aumento do nitrogénio na água são devido aos esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.

Oxigénio dissolvido: é indispensável aos organismos aeróbios da água, em condições normais, contém oxigénio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura, as águas com baixos teores de oxigénio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água. O teor de oxigénio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, podendo extinguir os organismos aquáticos aeróbios.

Matéria orgânica: é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbónico em grandes quantidades, no entanto, podem causar alguns problemas, como: cor, odor, turbidez, consumo do oxigénio dissolvido, pelos organismos decompositores.

O consumo de oxigénio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água: demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e demanda química de oxigénio (DQO).

DBO: é a quantidade de oxigénio necessária à oxidação da matéria orgânica por acção de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigénio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigénio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.

DQO : é a quantidade de oxigénio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.

Componentes inorgânicos: alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados, são tóxicos ao homem: arsénio, cádmio, crómio, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco; além dos metais, pode-se citar os cianetos. Esses componentes, geralmente, são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das actividades agrícolas, de garimpo e de mineração.

Componentes orgânicos: alguns componentes orgânicos da água são resistentes a degradação biológica, acumulando-se na cadeia alimentar entre estes, citam-se os agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, os quais são tóxicos.

Parâmetros biológicos

Coliformes: são indicadores de presença de microrganismos patogénicos na água os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças.

Algas: as algas desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigénio dissolvido do meio, em grandes quantidades, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), trazem alguns inconvenientes: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor, formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigénio dissolvido, corrosão, interferência nos processos de tratamento da água como aspecto estético desagradável.

2.5 Tratamento de água para o consumo humano

2.5.1 Tratamento convencional de águas superficiais para o consumo humano

Dependendo do clima, características geológicas, biológicas e actividades antropogénicas existentes, as características da água e suas necessidades de tratamento variam. As etapas de tratamento respondem a um conjunto de normas e critérios, tendo

como base considerações de ordem higiénica, estética e económica (Alves, 2007, citado por Ribeiro, 2010):

critérios higiénicos: interferem directamente com a saúde do consumidor, sendo este considerado critério fundamental. Tendo como a redução das bactérias, da mineralização excessiva, de teores elevados de compostos orgânicos, e também a eliminação de elementos tóxicos e nocivos, dos protozoários e outros microorganismos, os seus principais objectivos.

critérios estéticos: estes não representam por si só um risco para a saúde do consumidor, devem ter em conta a cor, o sabor e a turbidez aceitáveis dentro de certos intervalos.

critérios económicos: a aplicar-se critérios como a redução da corrosibilidade, da dureza, do odor e do ferro, entre outros que requerem maior encargos financeiros.

Consoante a qualidade de água bruta, pode-se necessitar executar várias etapas de tratamento: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário; a cada etapa a eficácia do tratamento é melhor, como pode ser visto na figura 1.

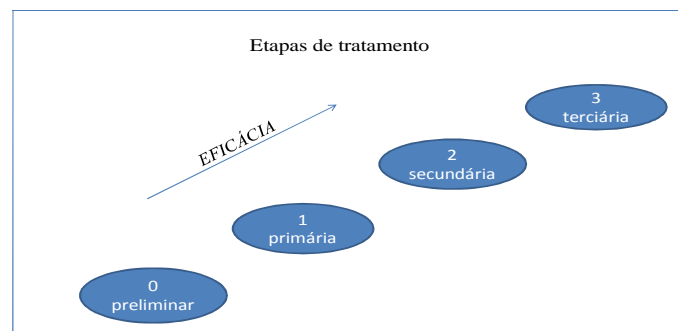


Figura 1.Relação entre as diferentes etapas de tratamento e sua eficácia

Fonte: Martins, 2009 citado por Ribeiro, 2010

Tratamento preliminar: é a primeira fase do tratamento, sendo constituído unicamente por métodos físicos que removem sólidos grosseiros, areia e gordura presentes na água.

Tratamento primário: é a remoção de substâncias sólidas em suspensão, de menor dimensão, que não foram retidas na etapa anterior, usando processos físico-químicos. As etapas desse tratamento compreendem:

- a) coagulação: são normalmente adicionadas substâncias coagulantes, como por exemplo sulfato de alumínio- coagulação química – que removem a aglutinação das partículas em suspensão.
- b) floculação: é um processo que vem geralmente acoplado com a coagulação.
- c) decantação: após a agregação de substâncias sólidas, elas ficam mais pesadas e sedimentam por acção da gravidade.
- d) filtração: pretende a remoção das partículas e substâncias que não foram removidas. A filtração clarifica a água por acção de filtros, os quais capturam as partículas sólidas mais pequenas.
- e) desinfecção: é feita normalmente pela adição de cloro (gasoso ou hipoclorito). Além do cloro o ozono é uma hipótese viável ao tratamento de água.

Tratamento secundário: este tratamento engloba processos biológicos e físico-químicos. Os processos físico-químicos são constituídos por sedimentadores ou decantadores primários e secundários. Os processos biológicos podem ser na presença ou não de oxigénio (Martins, 2009, citado por Ribeiro, 2010).

Tratamento terciário: consiste na remoção de poluentes, como bactérias, cor, espuma ou substâncias poluentes que se encontram no estado coloidal. Compreende operações físicas, processos biológicos e químicos:

- ✓ desinfecção: por cloragem ou ozonização para remoção de organismos patogénicos.
- ✓ filtração: para remoção de cor, cheiro e sabor dependendo da natureza do meio.
- ✓ adsorção: o carvão activado é actualmente o adsorvente mais utilizado nas estações de tratamento.

2.6 Fundamentos sobre purificação de água com uso de coagulantes

2.6.1 Coagulação e floculação

Coagulação/floculação é definido como o processo de agregamento das partículas coloidais em partículas maiores, denominado flocos ou coágulos através da neutralização do potencial zeta, capazes de serem removidas por processo de decantação (Azeveto Netto et al. (1987), citado por Lenhari *et al*, 2010).

Segundo Borba (2001), citado por Lenhari (2010), as impurezas apresentam cargas negativas, impedindo a aproximação entre elas. Por este facto torna-se necessário alterar a força iónica do meio líquido. No tratamento de água, isto é feito principalmente com adição de sais de alumínio, de ferro e polímeros naturais ou sintéticos (polieléctrolitos) nas águas a serem tratadas, em quantidades adequadas (dosagem ideal), caracterizando o fenómeno de coagulação ou floculação.

Segundo Campo *et al* (1976), citado por Borba (2001), a coagulação/floculação é entendida nas estações de tratamento de água como a transformação das impurezas invisíveis, contidas na água nas suas diversas formas, em partículas maiores, mais densas e conseqüentemente mais pesadas, chamadas flocos, capazes de serem retirados do meio, através da decantação ou sedimentação, filtração ou flotação. O processo de coagulação é ilustrado na figura 2.

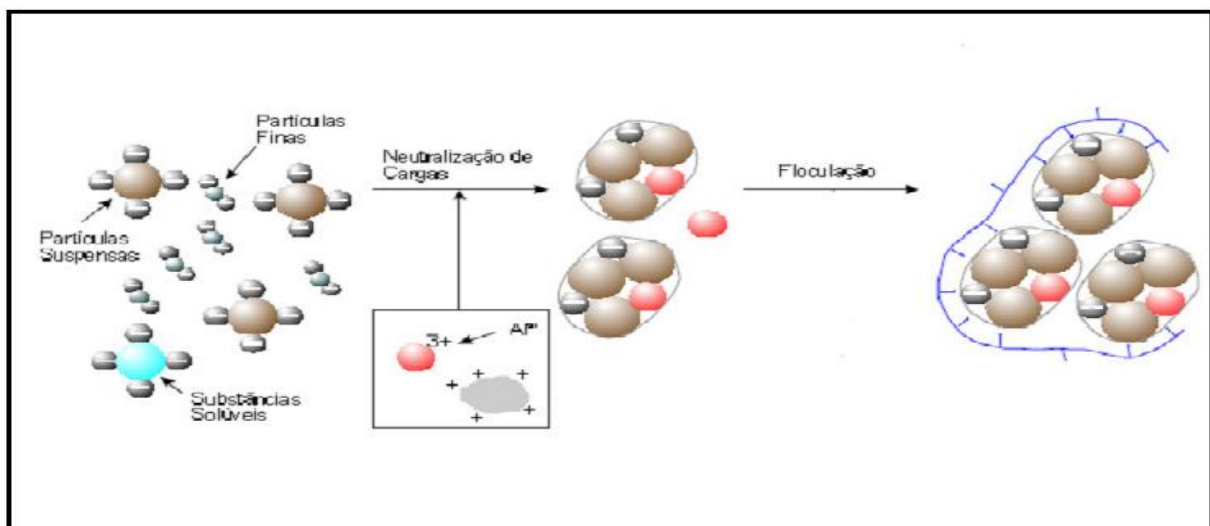


Figura 2. Processo de Coagulação/Floculação

Fonte: <http://www.kurita.com.br>, acessado em 21/10/2012

Com o uso de sais de alumínio e ferro, a coagulação/floculação observa-se o resultado de dois fenómenos : o primeiro, que é químico, consiste nas reacções de coagulante com água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva. Depende da concentração do metal presente, da temperatura, da quantidade de impurezas e do pH final da mistura. O segundo, que é físico, consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que haja contacto com as impurezas presentes na água (Di Bernardo,1993 citado por Borba,2001).

Quando a coagulação/ floculação é realizada por polielectrólitos, acredita-se que o processo pode acontecer sem a ocorrência do fenómeno químico, não ocorrendo reacções de neutralização entre o coagulante e a água, para formar complexos gelatinosos, como ocorre com coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro. Por conseguinte, a coagulação/floculação com polielectrólitos é independente da alcalinidade da água, podendo ocorrer numa grande faixa de valores de pH (entre 4 e 12).

De modo geral, todas as partículas dispersas em águas, cujo pH se encontra entre 4 e 10, apresentam cargas negativas devido à adsorção selectiva de iões electronegativos (Campos,1976 citado por Borba, 2001).

Segundo Leme (1990), as diferenças de concentrações entre as espécies de aniões e catiões estabelecem campos electrostáticos que são responsáveis pela estabilização do estado coloidal.

Admitindo-se que o núcleo da solução tenha um potencial nulo, pode-se medir o potencial de qualquer ponto da camada difusa pelo trabalho necessário para transportar uma carga eléctrica unitária do núcleo da solução para este ponto (Leme, 1990).

O potencial zeta consiste em última instância, na diferença de potencial entre a superfície da camada compacta e o limite da camada difusa, ou seja a energia electrostática (em Volts) a ser aplicada capaz de deslocar um ião do mesmo sinal do ponto mais baixo da camada difusa a superfície da camada compacta. Este potencial é o responsável pelo comportamento electrocinético dos colóides. (Di Bernardo, 2005 citado por Fontoura, 2009).

Na figura 3 é apresentada a configuração esquemática das camadas difusa e compacta, resultado a soma destas na dupla camada eléctrica.

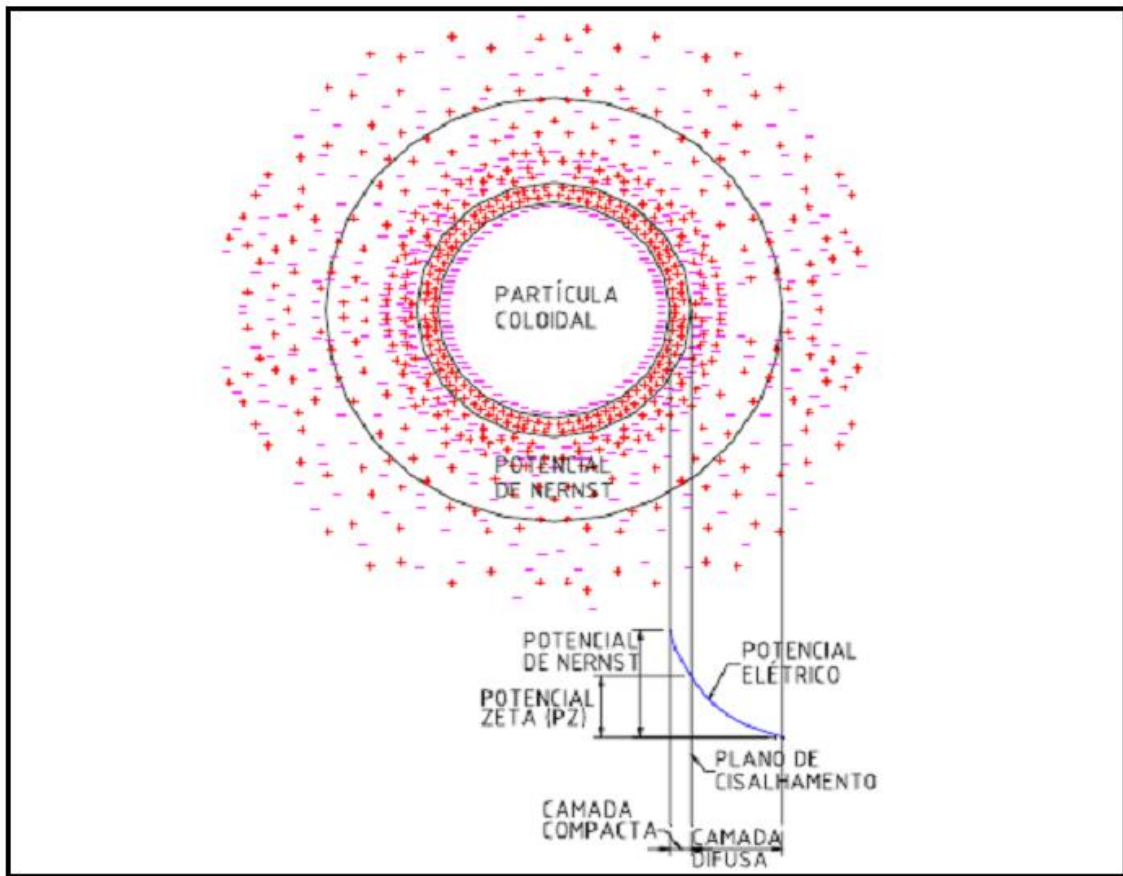


Figura 3. Configuração esquemática da dupla camada eléctrica

Fonte: Di Bernardo, 2005 citado por Fontoura, 2009

O processo da desestabilização constitui-se na conjugação de quatro mecanismos:

- ✓ compressão da camada difusa;
- ✓ modificação da carga coloidal pela absorção de íões;
- ✓ estabelecimento de ligações entre as partículas por meio de polímeros orgânicos;
- ✓ enredamento de partículas não precipitadas (Leme, 1990).

De acordo com Silva (1990) citado por Fontoura (2009) o potencial zeta é conhecido como lei fundamental da natureza, e a sua finalidade é controlar a estabilidade dos colóides existentes na natureza. A estabilidade do colóide é resultado da absorção de íões, e o potencial zeta é a medida dessa absorção.

A adição de coagulantes serve para aumentar a concentração dos mesmos na camada difusa, e principalmente na camada fixa, aumentando assim o grau de neutralização da carga primária, responsável pela formação do campo eléctrico (Di Bernardo, 2005 citado por Fontoura, 2009).

As partículas coloidais suspensas presentes nas águas superficiais naturais, são carregadas negativamente, sendo que as partículas maiores são responsáveis pela turbidez, tais como argila e de natureza hidrofóbica. Partículas deste tamanho são economicamente agregadas, através de adição de coagulantes, tais como sulfato de alumínio, ferro e polímeros orgânicos como taninos vegetais (Vianna, 1997 citado por Fontoura, 2009).

2.6.2 Coagulantes poliméricos

Um polímero é uma cadeia de pequenas sub unidades, ou monómeros. De acordo com o tipo de grupo ionizável da unidade monomérica, um polieletrólito pode ser designado por catiónico, aniónico ou anfólito (contém grupos positivos e negativos) polímeros sem agrupamentos ionizáveis são chamados não-iônicos (Bolto *et al*, 2007 citado por Capelete, 2011).

Geralmente para o tratamento de água usam-se os polímeros sintéticos. Apresentando algumas características que os atraentes para servirem como coagulantes, como, por exemplo: são biodegradáveis, e geram menor quantidade de resíduo. Sendo incluídos nestes grupo alguns bio polímeros como quitosana, amido e alginatos e também compostos produzidos por microorganismos como bactérias, fungos e leveduras (Ndabigengesere *et al.*, 1995; citado por Capelete, 2011).

Os polieletrólitos apresentam, segundo Wiley, 1979 citado por José *et al.*, 2010, resultados como uma floculação diferenciada pela formação de pontes entre as partículas coloidais seguida de uma acção de coagulação no caso de polímeros catiónicos apresentando redução na resistência do resíduo gerado e diminuindo a influência nas partículas hidrófilas, mantendo estável a sua compressibilidade.

2.6.2.1 Uso da mandioca como coagulante

A composição química média da raiz de mandioca é: 65% água, 25% amido, 3% proteína, 2% celulose e 5% outros.

O amido não é um produto uniforme e pode ser considerado como uma condensação polimérica da glucose, tendo dois tipos de polímeros de glucose, que são, uma cadeia molecular linear denominada amilose e um polímero de glucose ramificado denominado amilopectina. As moléculas de amido possuem características hidrófilas devido à abundância de grupos hidroxilo, fazendo com que o polímero estabeleça ligações de hidrogénio com a água (DI BERNARDO, 2000).

Na figura 4 é apresentada a estrutura molecular do amido de Mandioca Waxy.

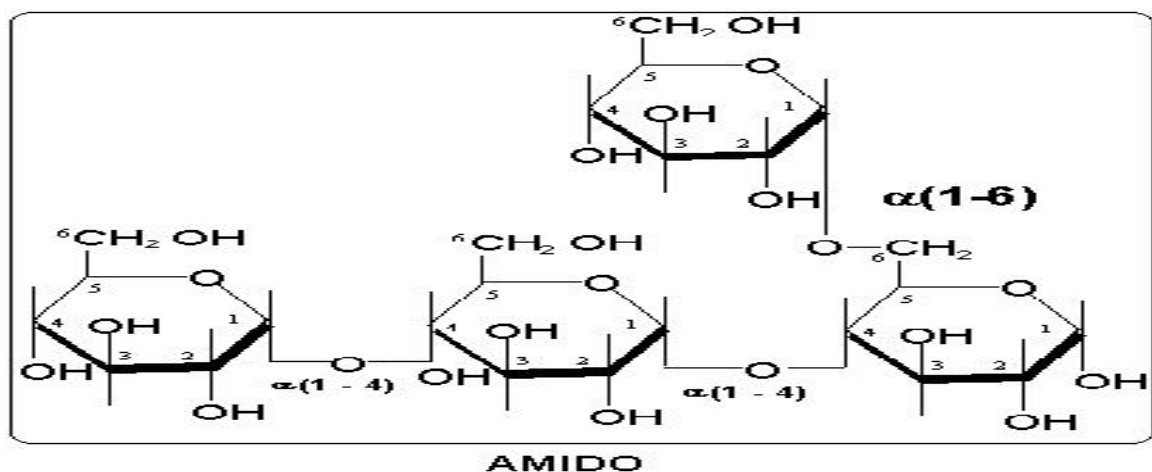


Figura 4. Estrutura molecular do amido de Mandioca catiónico waxy (Fonte:DI BERNARDO, 2000).

2.6.2.2 Uso da Moringa como coagulante

Segundo Gerdes (1997), em muitos países do mundo, diferentes espécies de plantas já são utilizadas como coagulantes naturais para clarificar as águas turvas que se destinam a vários fins para os homens, sendo algumas dessas plantas usadas de forma tradicional e algumas foram descobertas no laboratório.

A SM contém uma grande quantidade de proteína solúvel em água que contém carga iônica positiva. Quando adicionadas a água atrai a matéria orgânica de carga negativa actuando como magneto (Schwartz, 2000).

Segundo Sutherland et al (1994), o pó de semente triturado, quando misturado à água, liberta proteínas solúveis que adquirem cargas positivas. A solução actua como um poli electrólito catiónico natural durante o tratamento.

a) O mecanismo de coagulação/floculação da moringa oleífera Lam

O mecanismo de coagulação/floculação da água, provocado pela proteína existente na moringa oleífera Lam, assemelha-se ao mecanismo da coagulação/floculação provocado pelos polielectrólitos, que são polímeros originários de proteínas e polissacarídeos de origem sintética ou natural (Davino, 1976).

A capacidade da moringa de coagular/flocular colóides em águas naturais que apresentam cor e turbidez, atribui-se a uma proteína floculante, que é ilustrada na figura 5, isolada pelos pesquisadores Gassenschmidt U, Jany KD, Tanscher B, Niebergall H, na Alemanha em 1995, a qual tem massa molecular da ordem de 150.000.

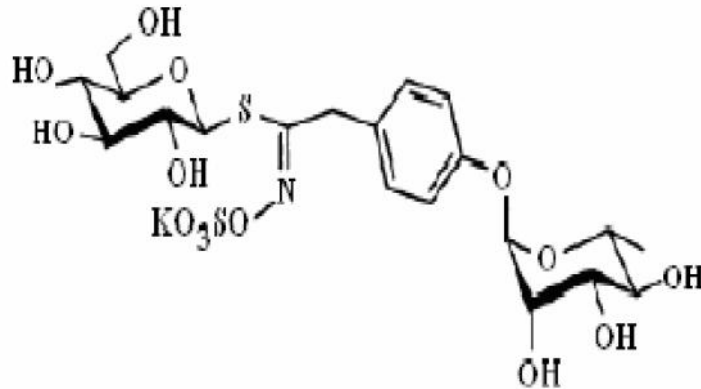


Figura 5. Estrutura de glucosinolato presente na semente de Moringa.

Fonte: Gueyrard et al. (2000) citados por Da Silva *et al.* (2008).

Quando colocadas em contacto com impurezas da água, as macromoléculas da proteína como qualquer polielectrólito catiónico, ionizam-se formando entidades hidrolisadas que provocam a desestabilização das partículas do material que está disperso nela e consequentemente o desequilíbrio electrocinético da solução. Para em seguida, a medida que vão se aproximando, devido ao movimento browniano das partículas, se atraírem

mutuamente, alcançando novamente a estabilização de todos os sólidos que estão na água em tratamento, atingindo um novo equilíbrio electrocinético da solução.

2.6.2.3 Uso de sulfato de alumínio como parâmetro da análise

Segundo Di Bernardo (1993) citado por Esnarriaga (2010), o coagulante químico mais utilizado nas estações de tratamento de água tem sido o SA. Ele é considerado como um coagulante químico cujo mecanismo de coagulação ocorre com reacção de neutralização entre acidez do coagulante e a alcalinidade natural ou adicionada à água, formando espécies hidrolisadas com cargas positivas que por atracçãoelectrostática, adsorve em redor de si, as partículas negativas das impurezas que se encontram na água, formando flocos, que facilitam posteriormente o processo de decantação.

Capítulo 3. TRABALHO DE CAMPO

3.1 Localização e descrição do lugar de estudo

O rio Infulene situa-se na província de Maputo, fazendo fronteira com os municípios de Maputo e Matola. Este rio integra a bacia do Infulene, corre paralelamente à estrada nacional nº 1, na direcção norte-sul da província de Maputo e desagua no estuário Espírito Santo (Ara Sul, 2008).

Este rio tem cerca de 500 m de largura média, 20 km de comprimento, 130 Km² de área e uma descarga total variando entre 0,2 a 7 m³/s. As águas de retorno de indústrias e da Estação de Tratamento de Águas Residuais têm uma grande influência nesta bacia (Ara Sul, 2008).

Uma das origens da sua água é das infiltrações das encostas arenosas, sendo explorada maioritariamente pelo sector familiar e privado, para a prática da agricultura e como fonte receptor das águas residuais despojadas das várias fábricas de Maputo, verificando-se um considerável aumento de salinidade e contaminação pelas águas de esgotos (Sitoe, 2008).

A figura 6 ilustra a localização do rio Infulene e os pontos criticos onde desaguam as águas das várias fábricas.

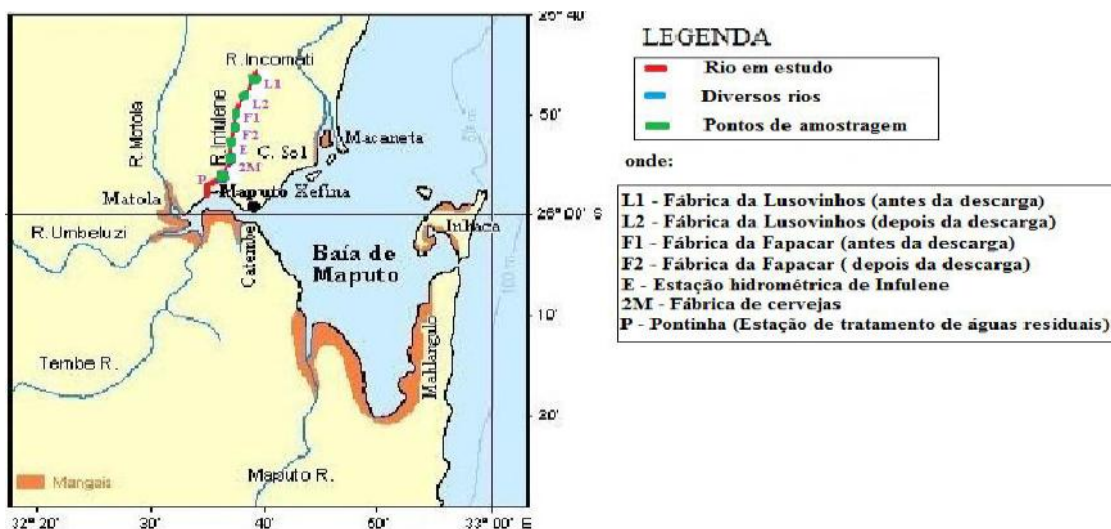


Figura 6. Ilustração da localização do rio Infulene e os pontos de amostragem (CHIBANTÃO, 2012).

3.2 Escolha dos pontos de amostragem

O rio Infulene apresenta sete pontos críticos onde desaguardam as águas residuais de várias fábricas, mas dentre todas foram escolhidos três pontos como representativos, que são a Pontinha (Estação de tratamento de águas residuais), Fábrica de Cervejas e Fábrica Lusovinhos depois da descarga, devido à grande potência e capacidade de emissão de efluentes que de certa forma contribuem para a contaminação das águas do rio Infulene.

- ✓ Fábrica de Lusovinhos – os efluentes são ricos em matéria orgânica constituídos basicamente sobre a forma de ácidos orgânicos e em menor quantidade por cátions como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , apresenta também baixo pH, elevada corrosividade e temperatura da saída dos destiladores e altos índices de DBO.

- ✓ Fábrica de Cervejas – apresenta efluentes constituídos de matéria orgânica provenientes de restos de matéria-prima, cola de rótulos, produtos de limpeza e desinfecção, antiespumantes, lubrificantes de esteira que diluídos em água transformam-se em efluente. Esta fábrica é uma das grandes fontes de poluição do rio.

- ✓ Estação de Tratamentos de Águas Residuais – pode ser considerada como uma fonte de poluição de rios, pois leva junto aos seus efluentes grandes quantidades de resíduos, que apesar do tratamento, não há eliminação total dos agentes poluentes (CHIBANTÃO, 2012).

Capítulo 4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Materiais, equipamentos e reagentes

Materiais

- ✓ Balões aferidos;
- ✓ Buretas;
- ✓ Conta gotas;
- ✓ Copos;
- ✓ Erlenmeyer (250 e 500 ml);
- ✓ Incubadora;
- ✓ Papel de filtro;
- ✓ Pipetas (1ml, 5 ml e 25 ml);
- ✓ Varetas de vidro;
- ✓ Vidros de relógio.

Equipamentos

- ✓ Balança analítica;
- ✓ Condutímetro;
- ✓ Espectrofotômetro de absorção atômica com atomização por chama;
- ✓ Estufa;
- ✓ Fotômetro de chama;
- ✓ Mufla;
- ✓ Placa de aquecimento;
- ✓ pH metro;
- ✓ sistema de fotômetro portátil para análise de águas;
- ✓ suportes metálicos.

Reagentes

- ✓ Água destilada;
- ✓ AgNO₃;
- ✓ CH₃CH₂OH;
- ✓ Cloridrato de hidroxilamina;
- ✓ detergente;
- ✓ HCl conc.;
- ✓ H₂O₂;
- ✓ H₂SO₄;
- ✓ KCrO₄;
- ✓ MgCl₂;
- ✓ Negro de ericromo T;
- ✓ NH₃;
- ✓ NH₄Cl;
- ✓ Sal dissódico do ácido etilenodiaminatetracético;
- ✓ Solução indicador de fenolftaleína;
- ✓ Solução padrão de NaCl;
- ✓ Solução padrão de Ca;
- ✓ Solução de NaOH.

4.1.1 Procedimento de lavagem do material e preparação das soluções

A lavagem do material para este trabalho seguiu o procedimento seguinte:

lavou-se com água da torneira e detergente;

lavou-se com água destilada;

mergulhou-se em HCl a 20%;

mergulhou-se em água destilada;

mergulhou-se em HNO₃ a 20%;

mergulhou-se em água destilada;

levou-se para estufa á temperatura de 50° C para secagem durante 30 minutos.

Modo de preparação das soluções, veja no anexo 1.

4.2 Procedimentos para o tratamento de água com os coagulantes

4.2.1 Procedimentos para o tratamento de água com o extracto de sementes de moringa

Segundo Folkard e Sutherland (2008), a SM deve ser seca e descascada, seguindo-se posteriormente os seguintes passos:

1. Triturou-se rigorosamente as sementes da moringa descascadas até formar pó;
2. Adicionou-se uma pequena quantidade de água limpa as sementes trituradas para formar uma pasta. Colocou-se a pasta dentro de um copo;
3. Adicionou-se 200 mL de água limpa e agita-se por 5 minutos. Esta acção activa o pó fino da moringa que é o responsável pela coagulação;
4. Filtrou-se a solução com uma ceifa colocando-a dentro de um balde de 20 litros com a água a tratar. O conteúdo deve então ser misturado rapidamente por 2 minutos e depois misturado lentamente por 10 – 15 minutos;
5. Deixou-se o recipiente em repouso por um período de uma hora, após o qual, a água pode ser retirada por decantação. Este processo removerá as bactérias que se juntam com as partículas sólidas, deixando a água tratada.

4.2.2 Procedimentos para o tratamento de água com o extractofarinha de mandioca

Os procedimentos para o tratamento de água com o extracto de FM foram os mesmos usados para SM.

4.3 Amostragem

O início da parte experimental começou com a recolha da amostra no rio Infulene em três pontos mostrados na figura 6.

As amostras foram colhidas na época de verão, em conformidade com as normas de amostragem aplicadas no LEM.

Essas amostras foram colhidas em recipientes de plástico e um de vidro em cada um dos três pontos, tendo sido os recipientes primeiramente lavados e passados três vezes com a água a analisar no local e por fim encheu-se até transbordar.

A água a tratar foi captada no rio Infulene onde são despojadas as águas residuais de varias fabricas, como por exemplo Cervejas de Moçambique situada no bairro do Jardim. A água é usada para a agricultura, área conhecida por vale do Infulene. Estas águas não beneficiam de limpezas regulares nem de tratamento. Como já tinha sido referenciado, estas águas não são próprias para o consumo humano, predominantemente pela elevada contaminação microbiológica.

As técnicas de conservação das amostras foram de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Preparação e armazenamento de amostras de água de acordo com o tipo de análise

Parâmetro	Tipo de frasco	Volume mínimo de amostras (ml)	Preservação da amostra	Prazo para o ensaio
Alcalinidade	Plástico (polipropileno) ou vidro (borosilicato)	200	Refrigeração a 4° C	24 dias
Cl ⁻	Plástico (polipropileno)	100	NaOH a 10% até pH 11, refrigeração	7 dias
SO ₄ ²⁻	Plástico (polipropileno) ou vidro (borosilicato)	200	Refrigeração	7 dias

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Turbidez	Plástico (polipropileno)	50	Armazenar escuro por até 24 horas sob refrigeração	24 horas
Dureza	Plástico (polipropileno) ou vidro (borosilicato)	200	Adicionar 1,0 ml de HNO ₃ ou H ₂ SO ₄	60 dias
Na, Ca, Mg, K	Plástico (polipropileno)	100	_____	7 dias
Cu, Fe, Zn	Plástico (polipropileno)	100	Filtrar e logo em seguida adicionar 3 mL de HNO ₃	6 meses

Fonte: Laboratório de Engenharia de Moçambique

4.3.1 Análise das amostras de água

O presente trabalho teve como direcção, as análises dos parâmetros normais usados para o controlo de qualidade de água para o consumo, segundo as normas portuguesas e normas moçambicanas de acordo com o decreto Ministerial Diploma Ministerial n.º 180/2004 do MISAU (2004). Este regulamento segue os seguintes parâmetros: pH, CE, Turvação, Amónio, Cloretos, Coliformes totais e fecais. A tabela 2 apresenta resumidamente os parâmetros analisados, os métodos e os equipamentos e/ou materiais empregados durante o desenvolvimento do trabalho .

Tabela 2. Parâmetros analisados e respectivos métodos e equipamentos e/ou materiais

Parâmetros	Método	Equipamento e utensílios
pH	Potenciométrico	pH metro
Condutividade[μ S/cm]	Potenciométrico	Condutímetro
Turvação [NTU]	Nefelométrico	Turbidímetro
*Amonio mg/l	Espectrofotométrico	Espectrofotometro
Cloretos mg/l	Mohr (titulação com AgNO ₃ na presença de K ₂ CrO ₄)	Bureta graduada 50:1/10Precisão: \pm 0.05 mL e material corrente de laboratório
Coliformes Totais e Fecais/100 ml	Tubos múltiplos	Tubos Duran, Estufa, Incubadora e material corrente de laboratório

*NH₄⁺ expressa solução aquosa de amoníaco (NH₃)

4.4 Procedimentos para determinação dos parâmetros de análise

4.4.1 Determinação de pH, CE, Turvação, TDS e NH_4^+

Para a determinação desses parâmetros a leitura dos seus valores foi directa nos respectivos aparelhos, não tendo sido necessário efectuar quaisquer cálculos. O pH foi determinado usando o pH-metro, os parâmetros CE e TDS foram medidos pelo condutímetro. A turvação e o ião NH_4^+ foram determinados com o uso do turbidímetro e do fotómetro portátil ELE Internacional, respectivamente. O fotómetro portátil tem como princípio de medição a intensidade da cor produzida pela reacção do anólito na amostra com o reagente químico específico.

Amónio

A determinação do ião amónio foi baseado no método de indofenol, que consiste na reacção do ião NH_4^+ na amostra com um sal alcalino na presença de cloro, formando um complexo de cor verde azulada, esse complexo é resultante da incorporação de um reagente em forma de comprimido. A intensidade da cor produzida no ensaio é proporcional à concentração do NH_4^+ e é medida usando o sistema de fotómetro (NAGARAJA, 2002).

Este método é aplicado para amostra com concentrações no intervalo de 0-1 mg/L de nitrogénio (MICHALSKI, 2006).

4.4.2 Determinação de cloretos

O método usado para a determinação de Cl^- foi o método de Mohr, titulação de precipitação. A determinação do ião Cl^- é feita adicionando à amostra uma solução padrão de AgNO_3 na presença do indicador KCrO_4 , precipitando o cloro como cloreto de prata de cor branca. O ponto final da titulação é indicado pela formação do Ag_2CrO_4 de cor vermelho tijolo (COSTA, 1987).

Procedimento de análise

Primeiramente titularam-se 50 ml de amostra, contendo 1 ml de K_2CrO_4 como indicador, com AgNO_3 a 0,025N, até o aparecimento do precipitado da cor vermelho-tijolo. Seguidamente titularam-se 50 ml, tomando-se 25 ml da amostra e completou-se o

volume com água destilada para completar os 50 ml. Repetindo-se o procedimento anterior.

Para a apresentação do resultado do Cl^- usou-se a expressão 1:

$$Cl^- (mg/L) = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 35,5}{V} \times 1000 \quad (1)$$

onde:

N : Normalidade da solução titulante;

V_1 : volume do titulante gasto na titulação da amostra sem diluição;

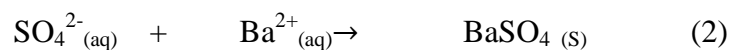
V_2 : volume do titulante gasto na titulação da amostra diluída;

V : volume da amostra em análise (ml).

35,5: constante (massa atômica de Cl^-).

4.4.3 Determinação dos sulfatos

Para a determinação de sulfatos usou-se o método gravimétrico, sendo a amostra contendo sulfato precipitado com cloreto de bário de acordo com a equação 2 (Costa, 1987) :



Procedimento de análise

Tomou-se 100 ml da amostra para um copo, adicionando-se 2 ml de solução de ácido clorídrico (1:1) e ferveu-se. Em seguida ferveu-se também a solução de $BaCl_2$, e adicionou-se solução acidulada fervente com agitação, colocando posteriormente em uma placa de aquecimento e deixou-se de um dia para o outro. Filtrou-se o precipitado, lavando-se com água destilada quente.

Depois colocou-se num cadinho previamente calcinado a $800^\circ C$ na mufla e tarado, por fim deixou-se arrefecer no ex-secador e pesou-se.

Para a determinação usou-se a expressão 3 :

$$SO_4^{2-} (mg/L) = \frac{(m_1 - m) \times 0,4115 \times 1000}{V} \times 1000 (3)$$

onde:

m_1 : peso do cadinho vazio depois de tarado;

m_2 : peso do cadinho com a amostra depois de incinerada e tarada;

V : volume da amostra em análise;

0,4115 : constante (massa molecular do SO_4^{2-}).

4.4.4 Determinação dos coliformes totais e fecais

Os coliformes totais e fecais foram determinados com o uso do método de membrana filtrante.

Procedimento de análise:

Primeiramente fez-se a esterilização com álcool etílico do filtro de sucção, as cápsulas metálicas e a pinça que previamente foram limpas com água destilada e secas na estufa. As membranas foram colocadas no filtro de sucção com auxílio da pinça e filtrou-se 100 ml da amostra de água, depois retirou-se a membrana cuidadosamente e colocou-se nas cápsulas metálicas que continham uma esponja molhada com solução nutriente (lactose), tapou-se e deixou-se na incubadora até o dia seguinte. Depois do tempo retirou-se e com ajuda de uma lupa (Watkins *et al.*, 2004).

A temperatura para obtenção dos coliformes fecais é de 44° C e dos coliformes totais é de 37° C (Tarraset *al.*, 1971).

4.4.5 Determinação de Ca, Mg, Fe, Zn e Cu por FAAS e Na e K por FC

Preparação de soluções intermediárias para a determinação de metais

As soluções-padrão foram preparadas a partir das soluções-stock de 1000 mg/ml de Ca, Mg, Fe, Na, K, Zn e Cu.

Preparação da solução padrão de Ca, Mg, Fe e Cu a 50mg/l

Tomou-se 2.5mL da solução stock a 1000mg/l para um balão de 50ml e fez-se o volume com água destilada.

Preparação da solução padrão de Na e K a 100mg/l

Tomou-se 10ml da solução-stock a 1000 mg/l para um balão de 100ml e fez-se o volume com água destilada.

Preparação da solução padrão de Zn a 10 mg/l

Tomou-se 1ml da solução-stock de Zn a 1000 mg/l para um balão de 100ml e fez-se o volume com água destilada.

4.4.5.1 Condições instrumentais de determinação de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Na e K

A tabela 3 mostra os parâmetros instrumentais para determinação de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Na e K.

Tabela 3. Parâmetros analisados e respectivas curvas de calibração normal.

Parâmetros	Curvas de calibração normal						
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Na	K
Comprimento de onda (nm)	422.7	285.2	248.3	213.9	324.8	589.6	766.5
Corrente da Lâmpada (mA)	10	8	12	8	6	---	---
Largura da fenda (nm)	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	---	---
Fluxo do acetileno (L/min)	2.0	1.8	2.2	2.0	1.8	---	---
Altura do queimador (mm)	7	7	7	7	7	---	---
Chama oxidante	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	ar/C ₃ H ₈ -C ₄ H ₁₀	ar/C ₃ H ₈ -C ₄ H ₁₀
Zona de trabalho (mg/L)	0.1-2.0	0.1-0.4	0.5-2.0	0.1-0.4	0.5-2.0	0.3-100	0.2-100

----- não disponível

Capítulo 5. APRESENTAÇÃO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

Foram usados dois tipos de testes para comparação das médias das concentrações das amostras tratadas com os coagulantes já referidos, o test-t emparelhado e ANOVA bimodal. Para a discussão dos resultados teve-se como base os indicadores seguintes:

5.1 Precisão

A precisão de um método indica o grau de concordância entre resultados individuais dentro de uma série de medidas, ou seja, é a concordância entre duas ou mais medições realizadas da mesma maneira. Neste trabalho foram usados para descrição da precisão o desvio padrão e o desvio padrão relativo e exprimem-se pelas fórmulas 4 – 7, respectivamente.

5.1.1 Desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

5.1.2 Desvio padrão relativo

$$\%RSD = \frac{s}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (5)$$

$$S = S_R \cdot \bar{X} \quad (6)$$

$$S_R = \sqrt{\left(\frac{\%RSD_1}{100}\right)^2 + \left(\frac{\%RSD_2}{100}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\%RSD_n}{100}\right)^2} \quad (7)$$

onde:

n – número de réplicas;

s – desvio padrão;

X – média experimental;

X_i – valor individual experimental;

%RDS – desvio padrão relativo percentual;

S_R – desvio padrão resultante de réplicas e é calculado a partir do somatório dos quadrados dos valores de %RSD das réplicas;

5.2 Intervalo de Confiança

O termo confiança implica que se pode afirmar com um certo grau de certeza, que este inclui o valor verdadeiro, quanto maior for a certeza maior é o intervalo requerido. O intervalo de confiança expressa-se pela equação 8, (MILLER e MILLER, 2006).

$$IC = \bar{x} \pm t_s / \sqrt{n} \quad (8)$$

onde:

\bar{x} – média amostral;

t – valor retirado das tabelas de t para um determinado intervalo de confiança;

n - 1 graus de liberdade.

5.3 ANOVA

ANOVA é uma técnica de variância que permite efectuar comparações múltiplas, ou seja, de mais de dois conjuntos de dados e que permite também a análise de medições que dependem de vários factores que actuam simultaneamente, de modo a decidir que efeitos são importantes e como estimá-los. Neste trabalho, este teste foi usado para comparar a variância das médias dos resultados entre amostras e entre coagulantes para os parâmetros tratados com os três coagulantes. As fórmulas para o cálculo em ANOVA bimodal são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Fórmulas para o cálculo em ANOVA bimodal

Fonte de variação	Soma de quadrados (SS)	Graus de liberdade ()	MS
Entre – coagulantes	$\frac{\sum_{j=1}^c (\bar{T}_j^2)}{r - T^2/N}$	c – 1	$\frac{S_{Entre-coagulantes}}{S_{Entre-coagulantes}}$
Entre-pontos de amostragem	$\frac{\sum_{j=1}^r (\bar{T}_i^2)}{c - T^2/N}$	r – 1	$\frac{S_{Entre-amostras}}{S_{Entre-amostras}}$
Resíduo (erro experimental)	Por subtração	Por subtração	$\frac{S_{Residuo}}{S_{Residuo}}$

Total	$\sum_i \sum_j \frac{(x_{ij} - T^2/N)^2}{N}$	N - 1	
-------	--	-------	--

O F_{cal} é determinado pelas expressões 9 e 10 e um exemplo dos cálculos é mostrado nos anexos: Comparação entre-coagulantes:

$$F_{cal} = \frac{MS_{Entre-coagulantes}}{MS_{Residuo}} \quad (9)$$

Comparação entre- amostras:

$$F_{cal} = \frac{MS_{Entre-amostras}}{MS_{Residuo}} \quad (10)$$

onde: $N = r \times c$ (r – níveis de amostras e c – níveis de coagulantes); T_i e T_j – soma das diferenças entre os valores de cada medição e um número aleatório nas amostras e nos coagulantes respectivamente; T – soma de todas as medições.

5.4 Teste t emparelhado

Foi usado o teste-t emparelhado para comparar os resultados obtidos por dois coagulantes.

Para a comparação das médias foram formuladas duas hipóteses, a hipótese nula e a hipótese alternativa:

Hipóteses

Hipótese nula (H_0): $\bar{x} = \mu$: não há diferença significativa entre as médias experimentais obtidas em ambos os coagulantes.

Hipótese alternativa (H_A): $\bar{x} \neq \mu$: há diferença significativa entre as médias experimentais obtidas em ambos os coagulantes.

O t_{crit} a uma determinada probabilidade é tabelado e tem em conta o número de medições (n) ou o número de graus de liberdade () pode-se dizer que:

Se $t_{crit} > t_{cal}$, aceita-se a H_0 e

Se $t_{crit} < t_{cal}$, rejeita-se a H_0 .

O t_{cal} é calculado pela expressão 11 e um exemplo é mostrado nos anexos:

$$t_{cal} = \frac{\bar{x}_d}{S_d} \sqrt{n} \quad (11)$$

onde:

\bar{x}_d – média da diferença entre os coagulantes;

S_d – desvio da diferença entre os coagulantes;

n – número de réplicas;

t_{cal} – t calculado.

As tabelas 5 - 8 apresentam os resultados de análises dos parâmetros físicos e químicos das amostras da água do rio Infulene.

Tabela 5. Resultados de pH, TDS, CE, turvação, e NH_4^+ das amostras AB do rio Infulene

Parâmetros	I ₁			I ₂			I ₃		
	$\frac{\bar{x} \pm ts}{\sqrt{n}}$	s	% RSD	$\frac{\bar{x} \pm ts}{\sqrt{n}}$	S	% RSD	$\frac{\bar{x} \pm ts}{\sqrt{n}}$	S	% RSD
pH	7,25±0,07	0,03	0,41	8,08±0,07	0,03	0,37	7,43±0,27	0,11	1,48
TDS (mg/L)	340±1,44	0,58	0,17	728±1,44	0,58	0,08	307±12,40	5,00	1,63
CE (µS/cm)	560±7,60	3,06	0,55	1215±13,70	5,51	0,45	511±21,10	8,50	1,66
Turvação (NTU)	60,7±18,30	7,37	12,10	12,0±3,05	1,23	10,20	56,0±10,8	4,36	7,79
NH_4^+ (mg/L)	0,03±0,05	0,02	66,70	0,01±0,007	0,003	30,00	0,06±0,02	0,01	16,70

I – Infulene; 1, 2 e 3 – pontos de amostragem

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Tabela 6. Resultados de pH, TDS, CE, turvação, e NH_4^+ das amostras de ATM do rio Infulene

Parâmetros	ATM ₁			ATM ₂			ATM ₃		
	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD
pH	6,91±0,05	0,02	0,29	7,12±0,10	0,04	0,56	6,92±0,60	0,24	3,47
TDS (mg/L)	305±1,44	0,58	0,19	626±6,26	2,52	0,40	303±12,70	5,13	1,69
CE (µS/cm)	508±2,85	1,15	0,23	1044±10,00	4,04	0,39	505±20,30	8,19	1,62
Turvação (NTU)	10,1±6,21	2,50	24,70	14,8±11,87	4,78	32,20	14,6±1,64	0,66	4,49
NH_4^+ (mg/L)	«	—	—	0,01±0,004	0,002	20,00	«	—	—

Tabela 7. Resultados de pH, TDS, CE, turvação, e NH_4^+ das amostras ATD do rio Infulene

Parâmetros	ATD ₁			ATD ₂			ATD ₃		
	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \sqrt{n}$	s	% RSD
pH	7,51±0,22	0,09	1,20	7,24±0,52	0,21	2,90	6,61±0,92	0,37	5,60
TDS (mg/L)	323±12,20	4,93	1,52	673±106,80	43,00	6,38	345±36,00	14,50	4,20
CE (µS/cm)	539±18,30	7,37	1,37	1122±177,30	71,40	6,36	575,3±59,6	24,00	4,17
Turvação (NTU)	31,40±15,8	6,38	20,30	12,8±1,64	0,66	5,16	57,3±12,70	5,13	8,95
NH_4^+ (mg/L)	«	«	«	0,02±0,01	0,007	35,00	«	«	«

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Tabela 8. Resultados de pH, TDS, CE, turvação, e NH_4^+ das amostras ATS do rio Infulene

Parâmetros	ATS ₁			ATS ₂			ATS ₃		
	$\bar{x} \pm ts / \frac{s}{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \frac{s}{n}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts / \frac{s}{n}$	s	% RSD
pH	4,38±0,10	0,04	0,91	4,16±0,10	0,04	0,009	4,04±0,05	0,02	0,50
TDS (mg/L)	448±2,85	1,15	0,26	924±71,00	28,6	3,09	828±254	102,0	12,40
CE (μS/cm)	747±5,16	2,08	0,28	1540±115,90	46,7	3,03	1380±421,1	169,0	12,30
Turvação (NTU)	24,3±4,84	1,95	8,02	9,29±1,46	0,59	6,35	10,3±1,37	0,55	5,32
NH_4^+ (mg/L)	0,03±0,01	0,005	16,70	0,02±0,02	0,01	50,00	«	«	«

1,2,3 – pontos de amostragem

A tabela 9 mostra os parâmetros microbiológicos relacionados com AB, ATM, ATD e ATS.

Tabela 9. Resultados dos parâmetros microbiológicos de coliformes fecais e totais.

Parâmetros	I ₁			
	AB	ATM	ATD	ATS
Totais	30,00	0,07	0,00	0,00
Fecais	3,00	1,00	0,00	0,00
Parâmetros	I ₂			
	AB	ATM	ATD	ATS
Totais	72,00	1,00	0,00	7,00
Fecais	1,00	0,00	0,00	0,00
Parâmetros	I ₃			
	AB	ATM	ATD	ATS
Totais	71,00	3,00	0,00	0,00
Fecais	4,00	2,00	0,00	2,00

I – Infulene; 1,2 e 3 – pontos de amostragem

As tabelas 10-13 que se seguem são indicadas o desvio-padrão, %RSD (desvio padrão relativo) e IC (intervalos de confiança com o grau de certeza de 95% e n = 3, t = 4,30)

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do
rio Infulene

Tabela 10. Resultados de parâmetros de qualidade da água de amostras ABdo rio Infulene

Paramêtros	I ₁			I ₂			I ₃		
	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD
Cl ⁻	82,8±5,09	2,05	2,48	168±13,50	5,42	3,23	72,4±4,69	1,89	2,61
SO ₄ ²⁻	68,0±5,31	2,14	3,15	105±29,80	12,00	11,40	80,6±40,8	16,40	20,40
Ca ²⁺	5,60±1,21	0,49	8,75	5,80±3,65	1,47	25,30	3,80±1,64	0,66	17,40
Mg ²⁺	8,03±0,27	0,11	1,37	23,2±3,50	1,41	6,08	5,85±3,30	1,33	22,70
Fe	1,32±0,32	0,13	9,85	0,17±0,12	0,05	29,40	1,34±1,12	0,45	33,60
Cu	0,12±0,27	0,11	91,70	0,18±0,02	0,01	5,56	0,19±0,01	0,004	2,10
Zn	0,02±0,01	0,004	20,00	0,02±0,02	0,01	50,00	0,03±0,01	0,005	16,70
Na ⁺	48,9±19,7	7,93	16,20	241,3±44,7	18,00	7,47	100±8,19	3,30	3,27
K ⁺	12,4±4,69	1,89	15,20	31,8±4,49	1,81	5,69	10,6±1,32	0,53	5,00

I – Infulene; 1,2 e 3 – pontos de amostragem

Tabela 11. Resultados de parâmetros de qualidade da água de ATM do rio Infulene

Paramêtros	I ₁			I ₂			I ₃		
	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}}$	s	% RSD
Cl ⁻	82,8±10,2	4,10	4,95	169±5,09	2,05	1,21	74,3±8,86	3,57	4,80
SO ₄ ²⁻	95,3±46,2	18,60	19,50	180±129,6	52,20	28,90	158±99,1	39,90	25,20
Ca ²⁺	47,1±3,82	1,54	3,27	6,41±1,89	0,76	11,90	3,84±0,22	0,09	2,34
Mg ²⁺	1,92±0,35	0,14	7,29	25,2±2,36	0,95	3,77	9,80±0,87	0,35	3,57
Fe	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00
Cu	0,15±0,07	0,03	20,00	0,21±0,05	0,02	9,52	0,20±0,004	0,002	1,00
Zn	0,05±0,01	0,004	8,00	0,07±0,01	0,003	4,29	0,09±0,02	0,007	7,78
Na ⁺	104±2,85	1,15	1,10	250±12,4	5,00	2,00	115±7,60	3,06	2,65
K ⁺	19,0±0,00	0,00	0,00	54,6±2,73	1,10	2,01	31,7±6,83	2,75	8,67

I – Infulene; 1,2 e 3 – pontos de amostragem

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Tabela 12. Resultados de parâmetros de qualidade da ATD do rio Infulene

Paramêtros	I ₁			I ₂			I ₃		
	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD
Cl ⁻	79,3±18,3	7,39	9,32	163±8,81	3,55	2,17	78,1±0,00	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	58,0±45,7	18,4	31,7	82,7±30,5	12,3	14,9	79,4±42,7	17,2	21,7
Ca ²⁺	5,82±0,30	0,12	2,06	4,17±0,20	0,08	1,92	4,64±0,84	0,34	7,33
Mg ²⁺	0,96±0,27	0,11	11,5	24,7±1,61	0,65	2,63	10,2±1,29	0,52	5,10
Fe	1,22±0,74	0,30	24,6	0,00±0,00	0,00	0,00	1,47±0,22	0,09	6,12
Cu	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00
Zn	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00
Na ⁺	134±2,85	1,15	0,85	300±12,4	5,00	1,67	165±20,1	8,08	4,89
K ⁺	27,0±4,69	1,89	7,00	65,5±5,96	2,40	3,66	52,12±14,5	5,85	11,20

I – Infulene; 1,2 e 3 – pontos de amostragem

Tabela 13. Resultados de parâmetros de qualidade da ATS do rio Infulene

Paramêtros	I ₁			I ₂			I ₃		
	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD	$\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	s	% RSD
Cl ⁻	82,8±5,09	2,05	2,48	165±5,06	2,04	1,23	72,4±4,69	1,89	2,61
SO ₄ ²⁻	647±220	88,70	13,70	1170±111,9	450,7	38,5	1729±171,4	690	39,90
Ca ²⁺	5,60±1,22	0,49	8,75	5,27±0,65	0,26	4,93	3,94±2,08	0,84	21,30
Mg ²⁺	6,36±1,19	0,48	7,55	20,4±2,36	0,95	4,66	10,4±0,30	0,12	1,15
Fe	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00	0,00
Cu	0,20±0,01	0,004	2,00	0,20±0,01	0,003	1,50	0,22±0,01	0,006	2,73
Zn	0,11±0,02	0,01	9,09	0,12±0,02	0,007	5,83	0,12±0,01	0,006	5,00
Na ⁺	96,0±4,97	2,00	2,08	226±7,13	2,87	1,27	83,0±0,00	0,00	0,00
K ⁺	11,1±2,73	1,10	9,91	37,5±1,37	0,55	1,47	6,67±2,38	0,96	14,40

I – Infulene; 1,2 e 3 – pontos de amostragem

5.5 Comparação das médias experimentais

As tabelas 14 e 15 mostram os resultados dos métodos estatísticos usados.

Tabela 14. Valores de F_{cal} , para os parâmetros analisados por ANOVA.

Parâmetros		F_{cal}	Obs.
pH	Entre coagulantes	2,32	$F_{cal} < F_{crit}$ aceita-se a H_0 . Pode-se afirmar com 95% de confiança que não há diferença significativa entre os resultados obtidos entre as amostras após o tratamento com os três coagulantes.
	Entre amostras	2,84	
TDS (mg/L)	Entre coagulantes	3,08	
	Entre amostras	4,17	
CE (μ S/cm)	Entre coagulantes	3,09	
	Entre amostras	4,17	
Turvação (NTU)	Entre coagulantes	2,40	
	Entre amostras	2,85	
NH_4^+ (mg/L)	Entre coagulantes	—	—
	Entre amostras	—	

$$F(2; 3 P= 0.05) = 9,55$$

Tabela 15. Valores de t_{cal} , para os parâmetros analisados por teste t.

Parâmetros	t_{cal}	Obs.
Ca^{2+}	1,05	$t_{cal} < t_{crit}$, aceita-se a H_0 . Pode-se afirmar com 95% de confiança que não há diferença significativa entre os dois coagulantes, no seu efeito sobre o Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} e K^+ .
Mg^{2+}	0,88	
Fe^{2+}	1,97	
K^+	3,48	
Cu^{2+}	10,10	$t_{cal} > t_{crit}$, rejeita-se a H_0 . Pode-se afirmar com 95% de confiança que há diferença significativa entre os dois coagulantes, no seu efeito sobre Cu^{2+} , Zn^{2+} e Na^+ .
Zn^{2+}	6,06	
Na^+	6,50	

$$t_{crit} = 4,30 ; \nu = 2$$

Capítulo 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para o controlo da água tratada do rio Infulene neste trabalho foram tomadas as normas da OMS. Foram analisados os pontos situados nas descargas das águas das fábricas Cervejas de Moçambique, Lusovinhos e Estação de tratamento de água, tendo em conta os limites máximos dos parâmetros.

6.1 pH, CE, TDS, turvação e NH_4^+

Os valores destes parâmetros foram obtidos por aparelhos portáteis turbidímetro e fotómetro ELE International. O valores de pH estão dentro do intervalo recomendado pelas normas da OMS cujo grau de restrição varia de 6.5-8.4, excepto nas amostras tratadas com alumínio, que apresentam pH baixo segundo mostra a figura 7 (limite máximo indicado pelo traço vermelho recomendado pela OMS).

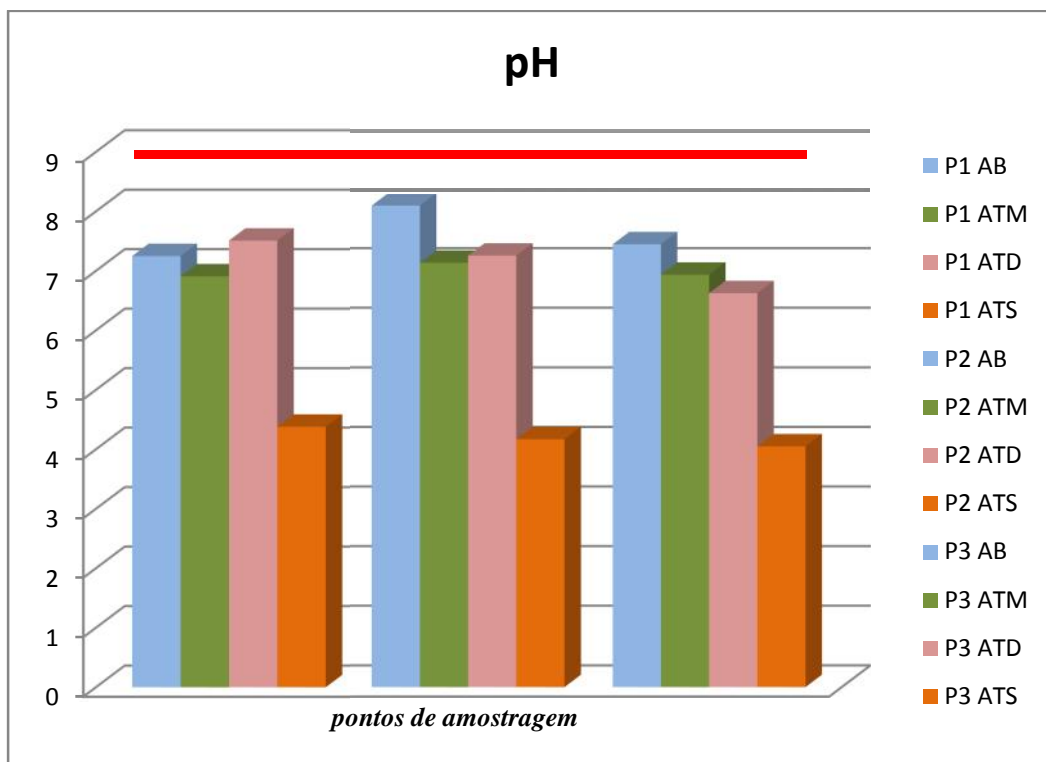


Figura 7. Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Os TDS na água do rio Infulene podem ter origem principalmente nas descargas industriais. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta.

A CE depende da concentração das substâncias iônicas dissolvidas na água e, portanto, representa uma medida indirecta da concentração de poluentes.

As águas do rio Infulene, antes e depois do tratamento como ilustram as figuras 8 e 9 apresentam valores de TDS e CE abaixo do limite máximo recomendado pela norma da OMS (indicado com traço azul), o que é satisfatório, pois altos valores de TDS consequentemente de CE podem indicar características corrosivas da água.

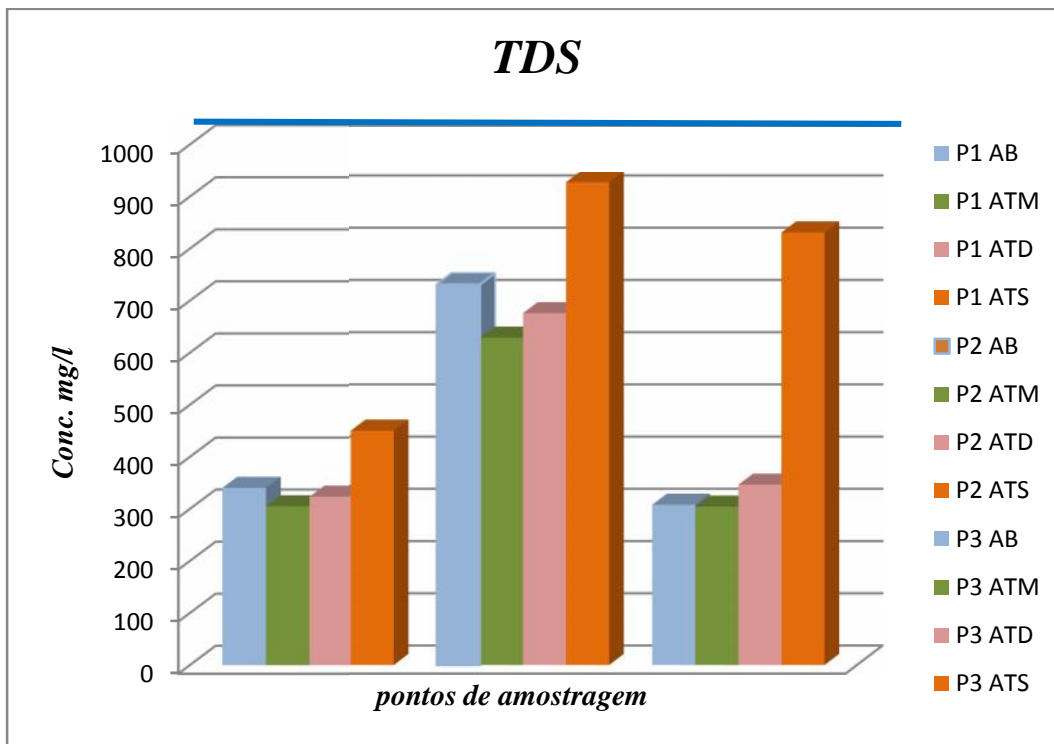


Figura 8. Diagrama ilustrativo de TDS da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

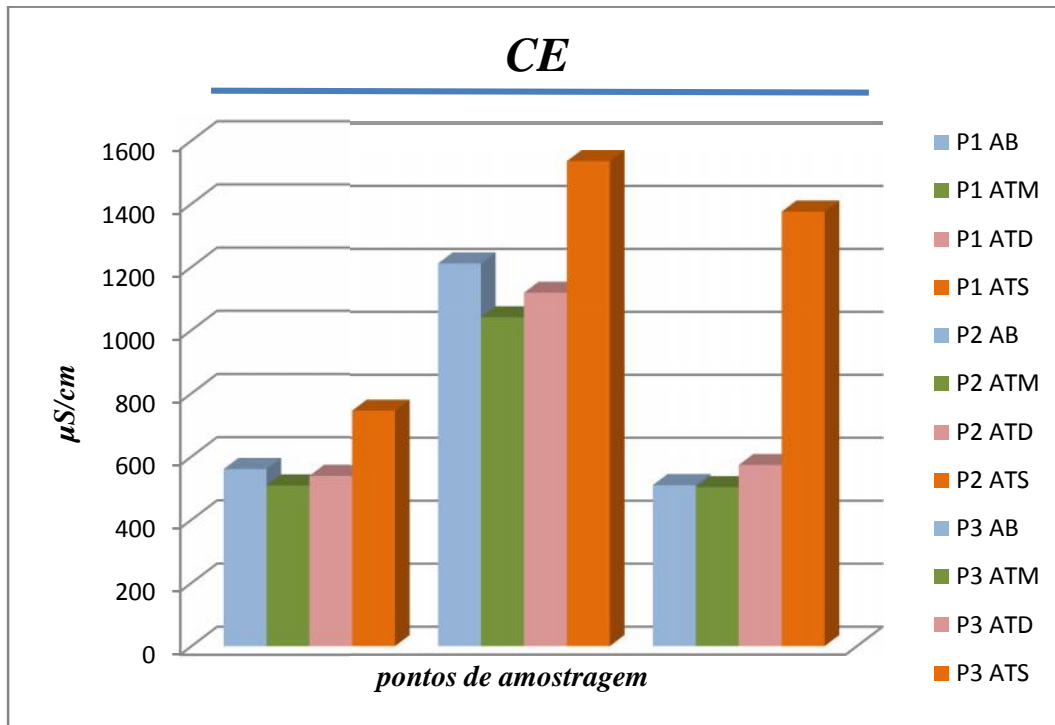


Figura 9. Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Os resultados da turvação das amostras do rio Infulene para água bruta são ligeiramente elevados, passando do limite recomendado pela OMS, estes valores podem ser devidos a erosão das margens do rio, tendo em conta que as amostras foram colhidas no tempo chuvoso, onde provavelmente foram arrastadas substâncias para o rio. Porém os coagulantes baixaram significativamente a turvação.

A figura 10 ilustra o comportamento da turvação da água bruta e da água tratada nos pontos de amostragem (limite máximo indicado com traço vermelho).

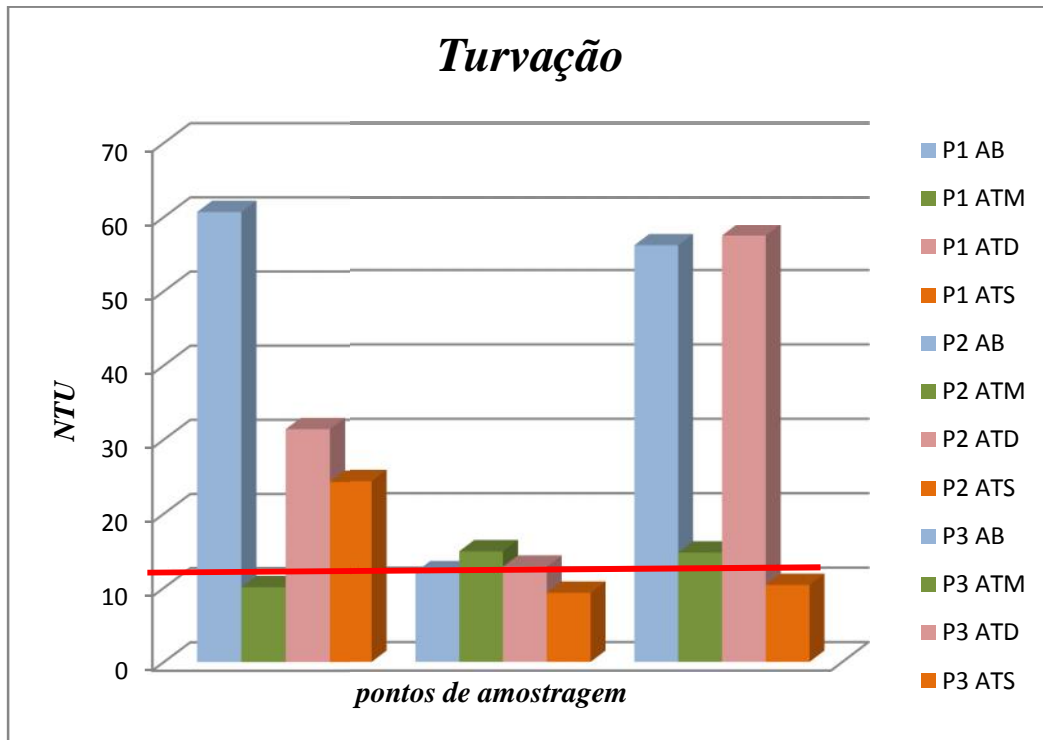


Figura 10. Diagrama ilustrativo de turvação da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Concentrações elevadas de nitrogénio em forma de iões NH_4^+ na água do rio em estudo podem ser devidas à deposição atmosférica e ao arrastado de adubos nitrogenados do solo.

Os coagulantes de SM e de FM mostraram-se satisfatórios na redução de NH_4^+ .

No ponto 2 a SM e o SA aumentaram o teor de NH_4^+ , isto deve-se a natureza da própria amostra.

A figura 11 mostra o comportamento do NH_4^+ da água bruta e da água tratada nos pontos de amostragem.

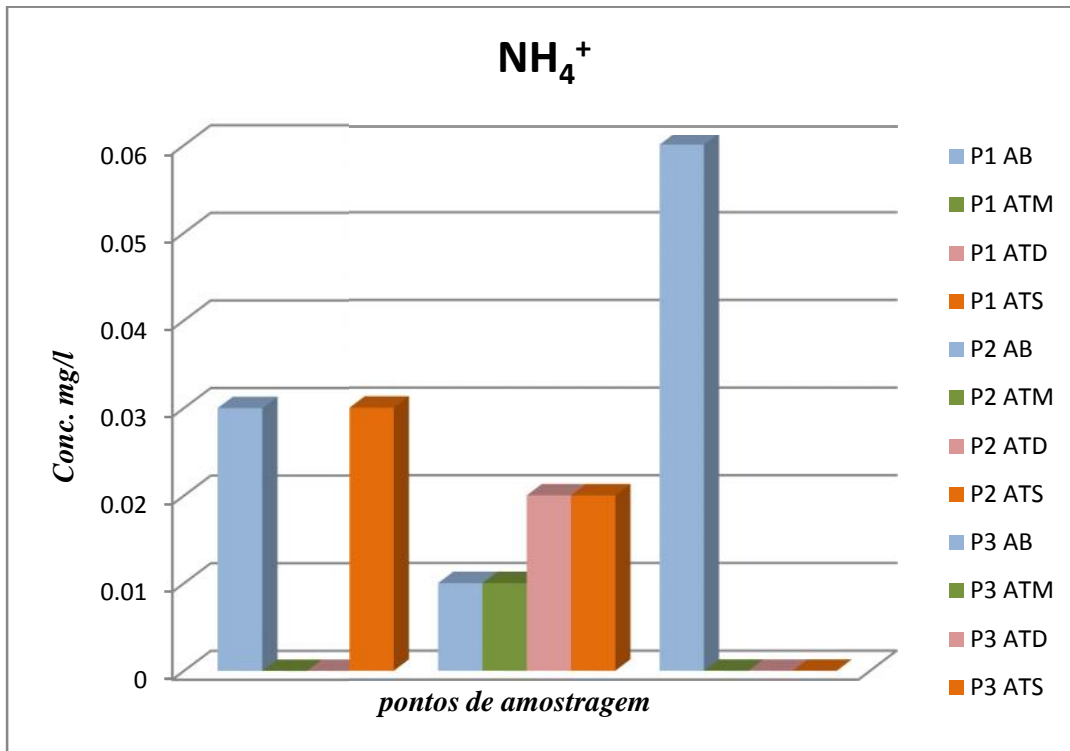


Figura 11. Diagrama ilustrativo de NH_4^+ da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.2 Cloretos

Os cloretos foram determinados pelo método argentimétrico, que usa como titulante a solução de AgNO_3 . A precisão dos resultados foi muito boa, variando de 0.00- 9,32% de RSD para o método argentimétrico. A figura 12 mostra o comportamento do Cl^- da água bruta e da água tratada nos pontos de amostragem e limite máximo recomendado pela norma da OMS (indicado com traço vermelho).

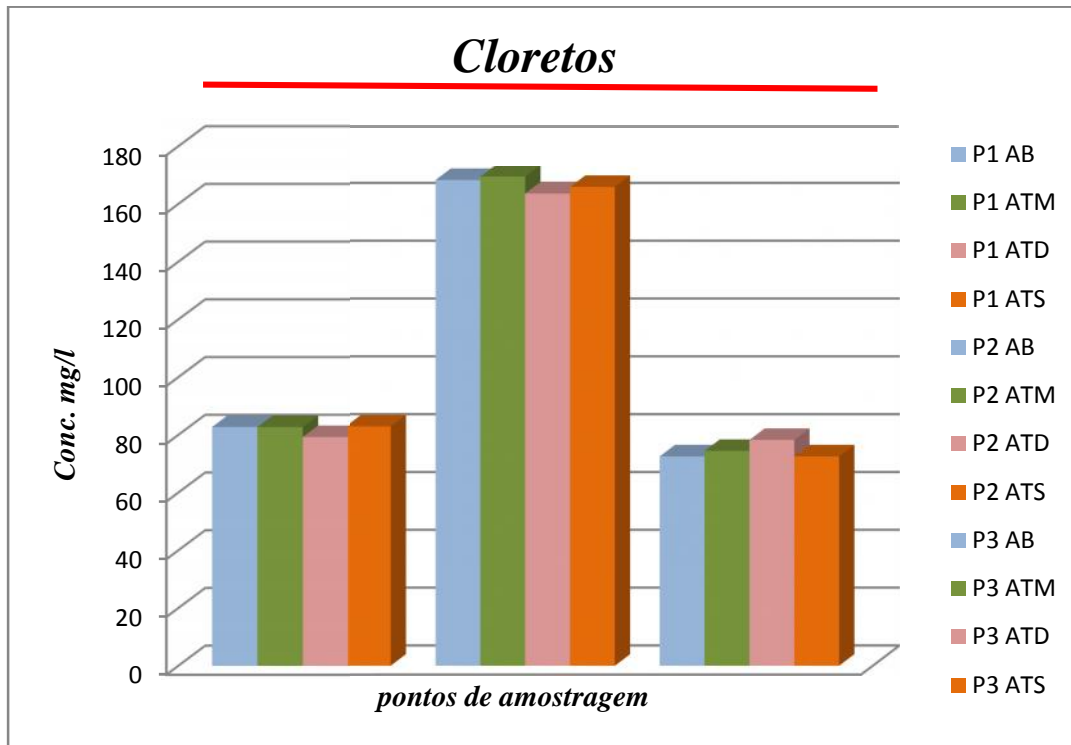


Figura 12. Diagrama ilustrativo de cloretos da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.3 Sulfatos

A determinação de SO_4^{2-} foi efectuada por gravimetria. Os teores de SO_4^{2-} estão abaixo do valor limite recomendado pelas normas da OMS. A figura13 mostra o comportamento dos teores de SO_4^{2-} em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento, bem como o limite recomendado pelo OMS (limite máximo indicado com traço vermelho).

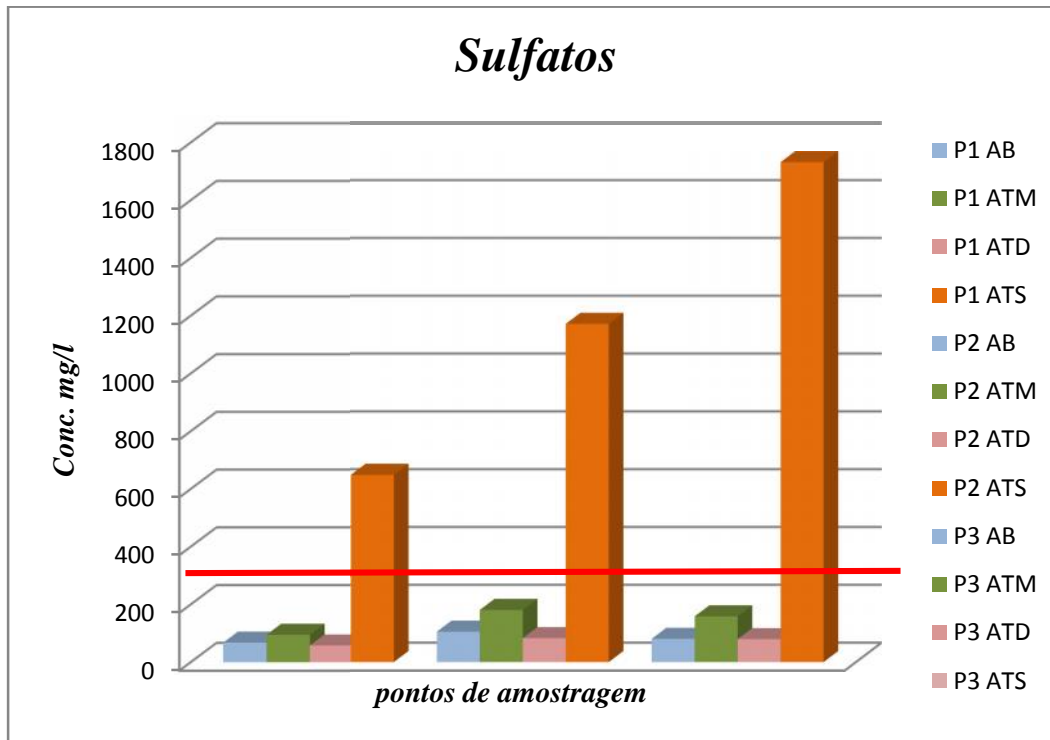


Figura 13. Diagrama ilustrativo de SO_4^{2-} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Analisando a figura 13, nota-se que o teor de SO_4^{2-} sofreu aumentos em todos os pontos de amostragem quando tratadas com SA, passando da faixa do limite recomendado pela OMS.

6.4 Cálcio

Os teores de Ca^{2+} estão abaixo do valor limite segundo as normas da OMS, teores estes que não variam muito após o tratamento desta água, excepto a amostra tratada com SM no ponto 2, que eleva significativamente o teor de cálcio nesta água, mas sem passar o limite recomendado pela OMS. A figura 14 mostra o comportamento dos teores de Ca^{2+} em diferentes pontos de amostragem e o limite máximo recomendado pelas normas da OMS (indicado pelo traço vermelho).

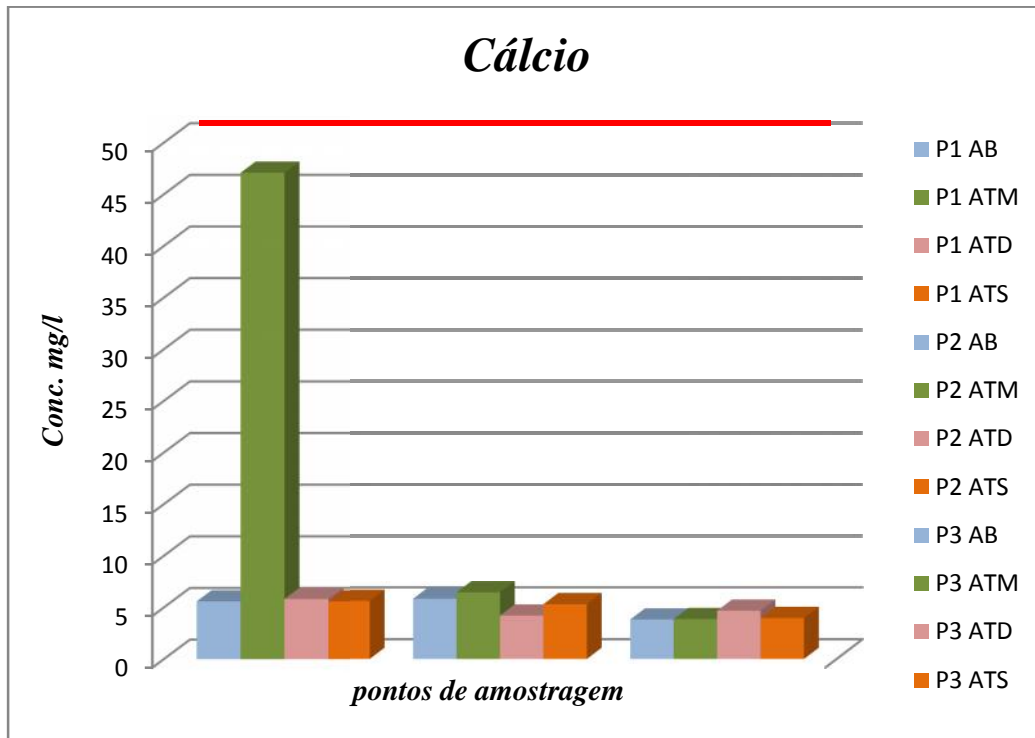


Figura 14. Diagrama ilustrativo de Ca^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.5 Magnésio

A água do rio analisado segundo o teor de Mg^{2+} está dentro do padrões, após o tratamento o teor Mg^{2+} baixa, pois o magnésio em concentrações excessivas na água de irrigação pode provocar a precipitação de fertilizantes fosfatados, que podem obstruir tubulações e orifícios de passagem da água.

Os teores altos de Mg^{2+} neste rio podem surgir possivelmente através das rochas existentes no fundo do rio.

A figura 15 mostra o comportamento do teor de Mg^{2+} em diferentes pontos de amostragem, antes e após tratamento e o limite segundo a OMS (indicado pelo traço vermelho).

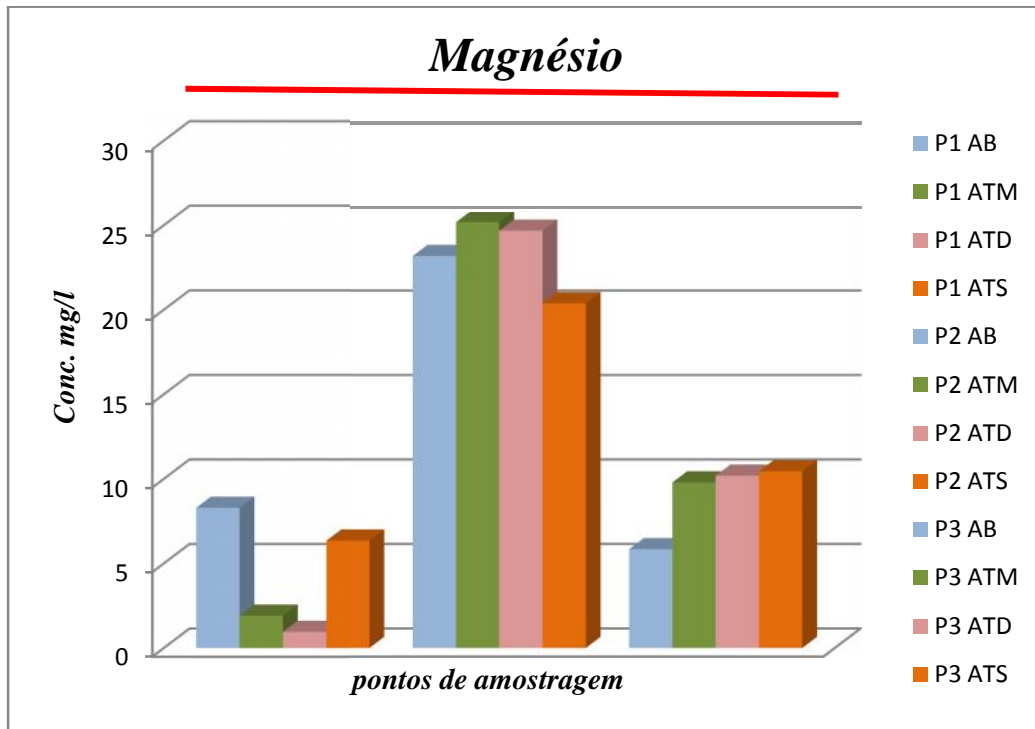


Figura 15. Diagrama ilustrativo de Mg^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Analisando a figura 15 é possível observar que o teor de Mg^{2+} no ponto de amostragem 2 (Cervejas de Moçambique) é maior em relação aos outros pontos. Mas nos pontos dois e três após o tratamento o teor de magnésio aumentou, exceto no ponto 2 no tratamento com SA que baixou.

6.6 Ferro

A figura 16 ilustra o comportamento do ferro, observa-se que o teor para a água bruta nos pontos de amostragem 1 e 3, estão acima das normas recomendadas pela OMS (indicado pelo traço vermelho), este teor de Fe^{2+} diminuiu quando tratada com SM, FM e SA, exceto o ponto 2 onde aumentou quando tratada com FM, a natureza da própria amostra pode ter influenciado para este aumento.

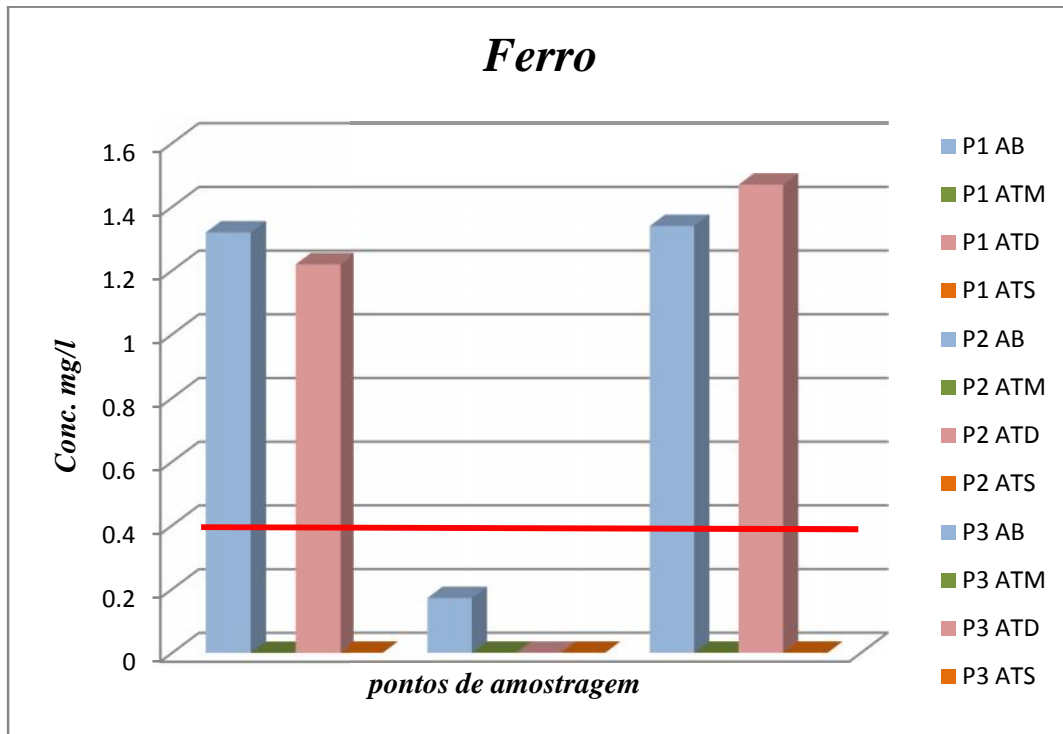


Figura 16. Diagrama ilustrativo de Fe^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.7 Cobre

Os teores de Cu^{2+} nas amostras antes e após tratamento estão abaixo dos limites máximos recomendados, segundo as normas da OMS. As amostras quando tratadas com SM e SA aumentaram o teor de Cu^{2+} , mas sem passar o limite máximo recomendado. Tratando estas amostras com FM ela reduz completamente o cobre da água.

A figura 17 mostra o comportamento do teor de Cu^{2+} em diferentes pontos de amostragem antes e depois do tratamento com os coagulantes e o limite máximo recomendado pela OMS (indicado pelo traço vermelho).

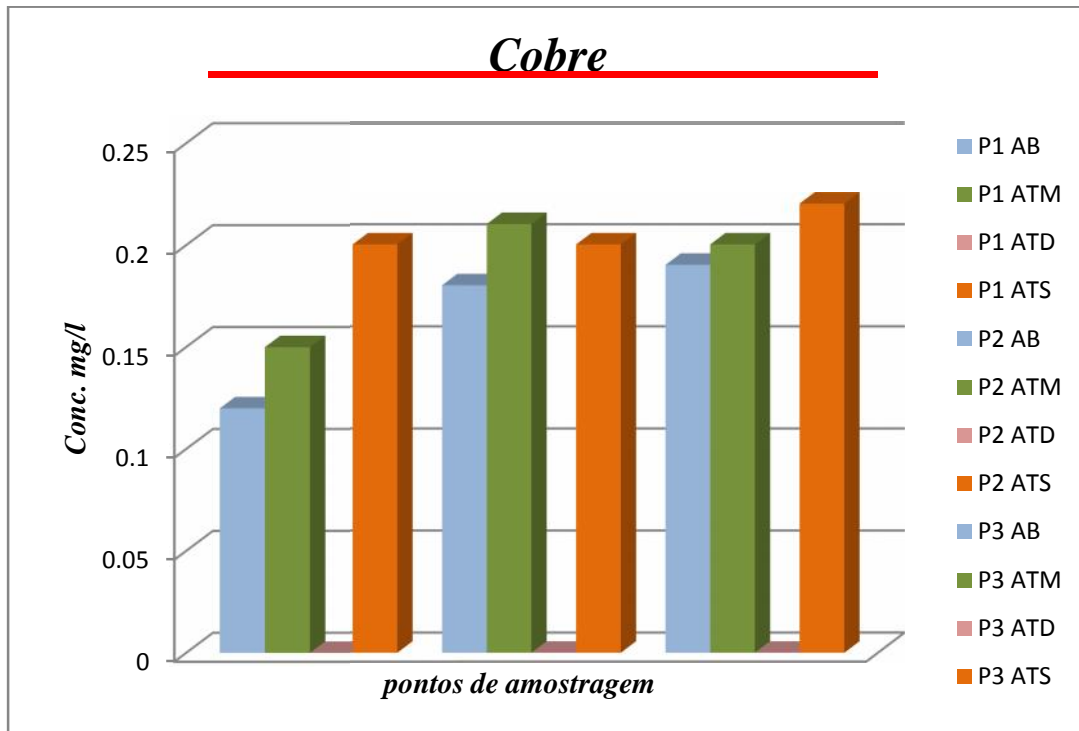


Figura 17. Diagrama ilustrativo de Cu^{2+} da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.8 Zinco

Os teores de Zn^{2+} nas amostras antes e após tratamento estão abaixo dos limites máximos recomendados, segundo as normas da OMS. As amostras quando tratadas com SM e SA aumentaram o teor de Zn^{2+} , mas sem passar o limite máximo recomendado. Tratando estas amostras com FM ela reduz completamente o Zn^{2+} da água.

A figura 18 mostra o comportamento do teor de Zn^{2+} em diferentes pontos de amostragem antes e depois do tratamento com os coagulantes e o limite máximo recomendado pela OMS (indicado pelo traço vermelho).

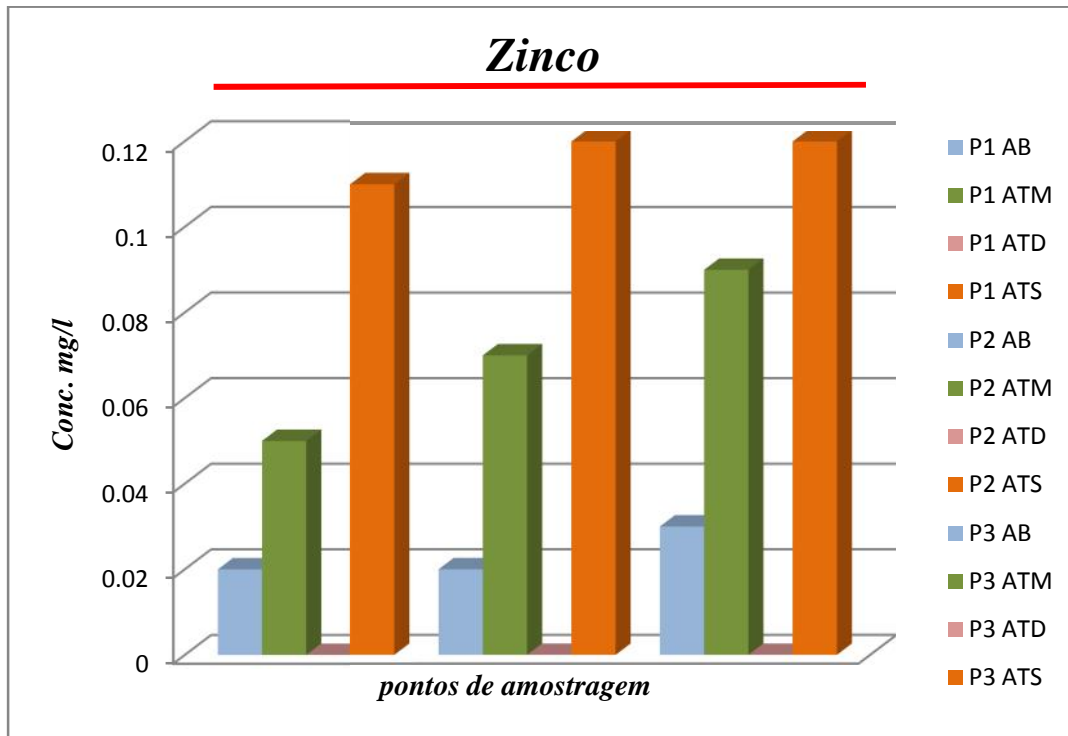


Figura 18. Diagrama ilustrativo de Zn²⁺ da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.9 Sódio

Os teores de Na⁺ nas amostras antes e após tratamento estão abaixo dos limites máximos recomendados nos pontos 1 e 3, mas depois do tratamento com os coagulantes o teor de sódio aumentou, sem passar dos limites nestes pontos, segundo as normas da OMS. O ponto 2 já apresentava a água bruta com o teor de sódio acima do limite recomendado pela OMS, subindo também estes valores depois do tratamento desta água com os coagulantes.

O elevado teor de Na⁺ nas águas do rio Infulene no ponto 2 pode ser explicado pelo facto do derrame de águas de lavagem de materiais fabris com detergentes da fábrica Cervejas de Moçambique.

A figura 19 mostra o comportamento dos teores de Na⁺ em diferentes pontos de amostragem antes e depois do tratamento com coagulantes e limite máximo, segundo as normas da OMS (indicado pelo traço vermelho).

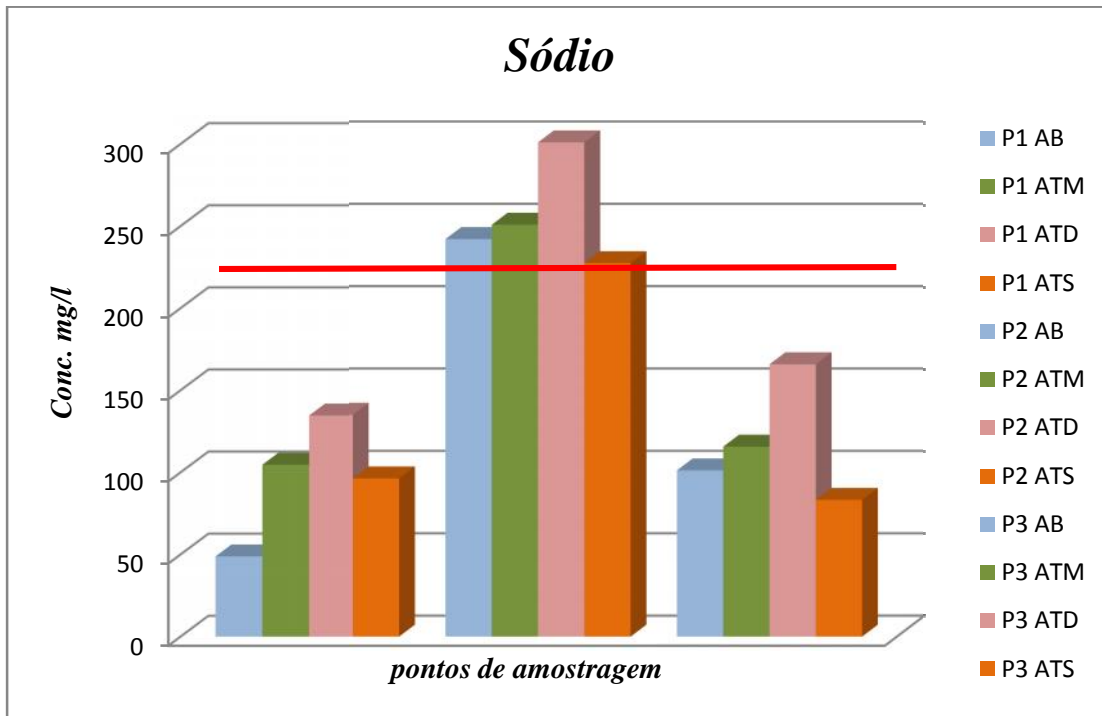


Figura 19. Diagrama ilustrativo de Na^+ da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

6.10 Potássio

Para o K^+ não encontrou-se na literatura o limite máximo nas águas.

A água do rio Infulene após tratamento com moringa e mandioca aumentou o teor do K^+ , devido a própria composição deste coagulante, que apresentam este íon. A água quando tratada com SA reduz o teor de K^+ .

A figura 20 mostra o comportamento do teor de K^+ em diferentes pontos de amostragem antes e depois do tratamento com os coagulantes.

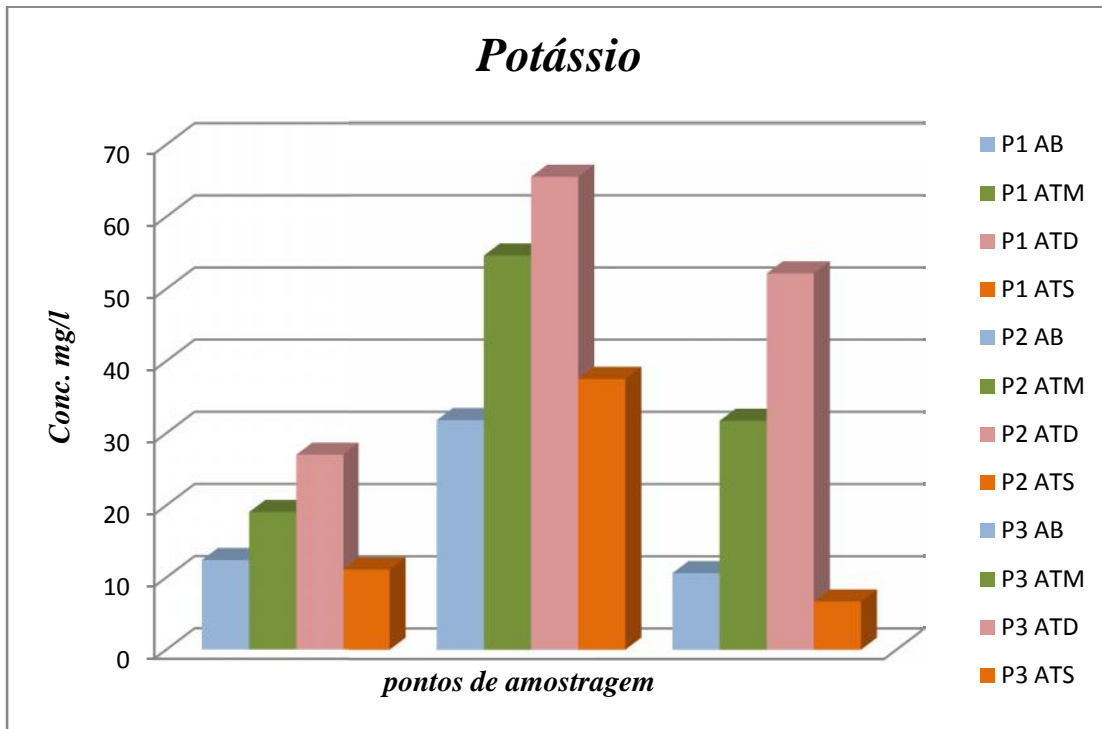


Figura 20. Diagrama ilustrativo de K^+ da água em diferentes pontos de amostragem antes e após tratamento com coagulantes.

Capítulo 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Conclusões

Como resposta aos objectivos traçados, tomando em conta a análise dos resultados e tratamento estatístico dos dados pode-se concluir que:

Os parâmetros pH, CE, TDS, turvação e NH_4^+ foram determinados logo após a amostragem, seguindo a determinação dos elementos dos metais como Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Os valores foram tratados por dois métodos estatísticos, ANOVA para os parâmetros físico-químicos, sendo que todos os parâmetros não tinham diferença significativa e o teste t para os metais, onde quase todos não tinham diferença significativa, exceptuando os iões de metais Cu^{2+} , Zn^{2+} e Na^+ que apresentam diferença significativa para um nível de 95% de confiança.

Estudaram-se as potencialidades do uso da SM e de FM no tratamento de águas do rio Infulene e foi observado que cada coagulante era eficaz para um certo parâmetro na melhoria da qualidade daquela água. Os resultados de estudo mostram que a FM pode servir como coagulante natural (houve abaixamento de turbidez em todas as amostras de água, eliminação de ião de amónia e colifórmios).

Os coagulantes naturais mostraram-se viáveis e eficientes tendo baixado a turvação da AB 60,7 para 10,11 e 31,41 quando tratadas com SM e FM, respectivamente. Uma acoplação entre eles apresentariam resultados excelentes no tratamento de água, pois com única etapa de tratamento de água, não se mostram como alternativas mais apropriadas, pois a água tratada apresenta considerável quantidade de sódio.

Comparação dos resultados de análises de amostras de AB feitos no ano 2012 (CHIBANTÃO, 2012) demonstram aumento de todos os parâmetros analisados no intervalo de 2012 a 2013, sendo importante fazer o tratamento dessas águas para o seu posterior uso independentemente do fim.

7.2 Recomendações

Recomenda-se uma análise periódica das águas do rio Infulene, visto que os valores de alguns parâmetros á medida que o tempo vai passando, também aumentam, por ser um local onde são despojadas águas residuais de algumas fábricas.

Recomenda-se mais estudos ligados á distinção das diferentes espécies de moringa que possam existir no País e a eficiência de cada espécie no tratamento de vários tipos de água.

Recomenda-se também a busca de outros coagulantes naturais para tratamento de vários tipos de águas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARA SUL- Administração Regional de Águas na zona Sul (2008). *Estado da Qualidade de Água na Região Sul de Moçambique*, disponível em:

<http://www.arasul.co.mz/publ/Normas%20de%20Qualidade%20de%20Agua%20Utilizadas%20na%20Africa%20do%20Sul%20e%20OMS.pdf> acessado em 01/2013.

ASTM- American Society for Testing and Materials (1977). *Water*, Philadelphia.

BOANA, F. M. (2011). *Estudo da Qualidade da Água dos rios Umbelúzi e Incomáti para fins de Consumo Doméstico e de Irrigação*, Trabalho de Licenciatura, Departamento de Química, UEM, Maputo.

BORBA, L. R. (2001). *Viabilidade do uso da Moringa Oleífera Lam no Tratamento simplificado de Água para Pequenas Comunidades*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. Brasil.

CAPELETE, B. C. (2011). *Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo Microcystis aeruginosa – avaliação da eficiência e formação de trihalometanos*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Publicação PTARH.DM – 135/ 2011. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CHIBANTÃO, G. V. G. (2012). *Controlo de Qualidade da Água do rio Infulene para fins de Irrigação*, Trabalho de Licenciatura, Departamento de química, UEM, Maputo.

COSTA, M. (1987). *Métodos de Análise de Água*. Editor Ministério da Saúde, LNHA.

DA SILVA, F. J. A.; DE MATOS, J. E. X. (2008). *Sobre dispersões de moringa oleífera para tratamento de água*. Disponível em: <http://somelseripbomsaber.blogspot.com/2008/12/moringa-globo-rural.html>. Acessado em: Dezembro de 2012.

DAVINO, F. J. (1976). *Dispersões de moringa oleífera para tratamento de água*. Disponível em: <http://somelseripbomsaber.blogspot.com/2008/12/moringa-globo-rural.html>. Acesso em: Setembro de 2013.

- DI BERNARDO, G. T. (2000). *Ciência ambiental*. 11^a edição. Thompson. Brasil.
- ESNARRIAGA, E. S. (2010). *Influência de sementes trituradas de moringa oleífera no tratamento de efluente bruto de fossa séptica biodigestora*. Trabalho de conclusão do curso de pós-graduação *lato sensu* em química. Universidade Federal de Lavras-MG (UFLA-MG), Mato Grosso do Sul – Brasil. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/teses/online/MON20.pdf>. Acesso em: 28.02.2013
- FOLKARD, G. e SUTHERLAND, J. (2008). *Moringa oleífera - Uma árvore de uso múltiplo. Tratamento de água para uso doméstico*. Disponível em: <http://somelseripbomsaber.blogspot.com/2008/12/moringa-globo-rural.html>. Acesso em: Dezembro de 2012.
- FONTOURA, A. N. (2009). *Estudo da coagulação e floculação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variável*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos/SP.
- GERDES, L.A. (1997). *Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de moringa oleífera e radiação solar*. São Paulo. Brasil. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/V73_1/amaral.PDF. Acesso em: 28.02.2013
- KIN, F. D. (1996). *Manual de Estatística Aplicada à Química Analítica*, Departamento de Química, Faculdade de Ciências, UEM, Maringá.
- LEME, G. (1990). Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. *J. Amer. water works Assoc.* Vol.83 (10).
- LENHARI, J. L. B. (2010). *Comparação entre o uso da Moringa Oleífera Lam e de Polímeros Industriais no Tratamento Físicoquímico do Efluente de Indústrias Alimentícia*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade de Espírito Santo do Pinhal – UNIPINHAL, v.7, n. 4.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. (2010). *Utilização de Extrato de Sementes de Moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias*. Universidade Federal de Viçosa, Taubaté, v.5, n.3.

MICHALSKI, R., KURZYCA, I. (2006). *Determination of Nitrogen Species (Nitrate, Nitrite and Ammonia Ions) in Environmental Samples by Ion Chromatography*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 15, No. 1.

MILLER, J. C. e MILLER, J. N. (2006). *Statistics For Analytical Chemistry*, 4th edition, Ellis Horwood Limited, England.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). *Regulamento sobre Qualidade de Água para o Consumo Humano*. Diploma Ministerial de n.º 180/2004. Moçambique.

NAGARAJA, P., KUMAR, M. S. H. (2002). *Spectrophotometric Determination of Nitrate in Polluted Water using a new Coupling Reagent*, analytical Sciences, The Japan Society for Analytical Chemistry, Vol.18.

RIBEIRO, A. T. A. (2010). *Aplicação da Moringa Oleifera no Tratamento de Água para Consumo Humano - Remoção de poluentes por coagulação/ floculação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade do Porto. Portugal.

SCHWARTZ, V. N. (2000). *Practical environmental analysis*. 2th edition. The royal society of chemistry. Cambridge CB4 0WF, UK.

SITOE, T. A. (2008). *Evolução dos Sistemas Agrários no Vale do Infulene, Cidade da Matola, - Província de Maputo: Uma abordagem sistémica*. 4o Congresso Brasileiro de Sistemas, Centro Universitário de Franca Uni-FACEF-SP.

SUTHERLAND, W. W. (1994). *Standard methods of chemical analysis*. 5th edition. D. Van Nostrand Company, Inc. Volume 2. New York, U.S.A.

TARRAS, M. J., GREENBERG, A. E., HOAK, R. D., RAND, M. C. (1971). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 13a Edition, American Public Health Association 1015 Eighteenth street, N.W. Washington, D.C. 20036.

WATKINS, J., STRASZYNSK, L., SARTORY, D., WYN-JONES, P. (2004). *Routine Techniques for Monitoring Bacterial and Viral Contaminants*, Water Quality Assessment, Encyclopedia of food microbiology.

Anexos

Anexo 1. Preparação de soluções operacionais

Solução de HCl (1mol/l)

Dilue-se 31 cm³ de ácido clorídrico concentrado (d= 1,19) em água destilada e perfaz-se o volume de 1000 cm³.

Solução de negro de ericromo T

Dissolve-se 0,25 g de negro de ericromo T e 4,5 g de cloridrato de hidroxilamina em 100 cm³ de álcool etílico a 94°. O prazo de validade é de cerca de um mês.

Solução padrão de cálcio

Seca-se a 110° C o carbonato de cálcio quimicamente puro dissolve-se 1,0 g deste produto em 25 cm³ de ácido clorídrico. Perfazem-se 1000 cm³ com água destilada.

Solução tampão

Dissolve-se 6,75g de cloreto de amônio em 57 cm³ de amônio a 22% de NH₃ e dilue-se a 100 cm³ com água bidestilada.

Solução titulante

Dissolve-se 4 g de sal dissódico do ácido etileno-diamina-tetracético e 0,1 g de MgCl₂ em 750 a 800 cm³ de água bidestilada.

Solução de AgNO₃ 0.1N

Dissolveram-se 1.7g de AgNO₃ num balão de 100mL e preencheu-se o volume com água destilada. A solução deve ser conservada no frasco escuro (ASTM, 1977).

Solução de cloreto de bário (BaCl₂) 10%

Dissolveu-se 10g de BaCl₂.2H₂O em água destilada, e completou-se o volume de 100ml (ASTM, 1977 e COSTA, 1987).

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Indicador cromato de potássio

Dissolveram-se 1.25g de K_2CrO_4 numa pequena quantidade de água, adicionou-se o $AgNO_3$ até a formação do precipitado cor de tijolo. Deixou-se decantar aproximadamente 12h, filtrou-se e diluiu-se o filtrado com água destilada até 25ml (ASTM, 1977).

Solução de Na 20000mg/l

Dissolveu-se 2.54g de NaCl na água destilada, preencheu-se o volume de 50ml com água destilada (ASTM, 1977).

Solução de K 20000mg/l

Dissolveu-se 1.91g de KCl na água destilada, preencheu-se o volume de 50ml com água destilada (ASTM, 1977).

Anexo 2. Resultados de análises antes e após tratamento com os coagulantes de parâmetros físicos

Tabela A2-1. Valores dos parâmetros físico-químicos no ponto de amostragem 1e suas réplicas

Parâmetros	P_1				P_1'				P_1''			
	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD
pH	7.22	4.42	6.93	7.41	7,25	4.38	6.92	7.53	7.27	4.34	6.89	7.58
TDS (mg/L)	340	448	305	326	341	450	306	318	341	448	305	327
CE ($\mu S/cm$)	564	747	508	542	558	750	510	531	560	746	508	545
Turvação (NTU)	69.00	21.2	11.8	32.3	58	45.2	7.24	37.2	55	6.52	11.2	24.6
NH_4^+ (mg/L)	0,03	0.01	«	«	0,02	«	«	«	0,05	«	«	«
Coliformes												
Totais	37	0.0	0.0	0.0	18	0.0	0.0	0.0	34	0.0	2.0	0.0
Fecais	2.0	1.0	0.0	0.0	5.0	1.0	3.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0
Cl^-	81.6	93.1	85.2	85.2	81.6	81.6	85.2	71.0	85.2	85.2	78.1	81.6
SO_4^{2-}	69.1	599	112	44.8	25.5	750.1	97.5	50.2	89.3	593	75.7	79.0

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do
rio Infulene

Tabela A2-2. Valores dos parâmetros físicos e químicos no ponto de amostragem 2 e suas réplicas

Parâmetros	P ₂				P ₂ '				P ₂ ''			
	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD
pH	8.05	4.16	7.15	7.15	8.08	4.13	7.07	7.08	8.11	4.20	7.13	7.48
TDS (mg/l)	729	918	624	624	729	956	629	697	728	900	627	700
CE (µS/cm)	1210	1528	1040	1040	1221	1592	1048	1160	1215	1501	1045	1167
Turvação (NTU)	12.2	68.0	12.3	12.3	13.1	9.94	20.3	29.5	10.7	27.1	11.9	22.4
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.03	«	«	«	0.02	«	0.03
Coliformes												
Totais	71	0.0	0.3	0.0	70	0.0	0.0	0.0	75.0	2.0	0.0	0.0
Fecais	1.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl ⁻	173	166	170	163	163	163	170	159	167	166	166	162
SO ₄ ²⁻	92.5	826	142	87.6	106	1680	239	91.7	166	1003	158	68.7

Tabela A2-3. Valores dos parâmetros físicos e químicos no ponto de amostragem 3 e suas réplicas

Parâmetros	P ₃				P ₃ '				P ₃ ''			
	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD	AB	ATS	ATM	ATD
pH	7.55	4.03	6.64	6.98	7.38	4.06	7.09	6.25	7.35	4.02	7.02	6.61
TDS (mg/l)	312	806	309	362	302	739	302	336	307	940	299	338
CE (µS/cm)	520	1343	514	603	503	1232	503	560	511	1565	498	563
Turvação (NTU)	53	8.46	20.1	63	54	6.05	7.35	56	61	16.5	16.5	53
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.02	«	«	«	0.00	«	«	«	0.00	«	«	«
Coliformes												
Totais	65.0	0.0	2.0	0.0	67.0	0.0	3.0	0.0	80.0	0.0	5.0	0.0
Fecais	6.0	4.0	1.0	2.0	2.0	0.0	0.1	0.0	3.0	3.0	3.0	0.0
Cl ⁻	81.6	164	63.9	78.1	74.5	165	71.0	78.1	71.0	161	78.1	78.1
SO ₄ ²⁻	98.3	1288	184	98.3	77.7	1373	112	64.6	65.8	2525	178	75.3

Anexo 3. Preparação de soluções-padrão de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb Na e K

As tabelas A3-1 a A3-6 apresentam os resumos das preparações de soluções-padrão de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Na e K para leituras no FAAS e FC.

Tabela A3-1: Preparação de soluções-padrão de Ca e Mg

Soluções	Conc. (mg/l)	V(ml) de solução-padrão de Ca ²⁺	V _{final} (ml)
Ca			
Branco	0,00	0,00	50
Padrão	2,00	2,00	50
Padrão	4,00	4,00	50
Padrão	8,00	8,00	50
Padrão	10,00	10,00	50
Mg ²⁺			
Branco	0,00	0,00	50
Padrão	0,50	0,50	50
Padrão	1,00	1,00	50
Padrão	1,50	1,50	50
Padrão	2,00	2,00	50
Padrão	2,50	2,50	50

V_{La}³⁺ = 3,00 ml

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Tabela A3-2: Preparação de soluções-padrão de Fe, Zn e Cu

Soluções	Conc. (mg/l)	V(ml) da solução-padrão de Fe, Cu e Zn	V _{final} (ml)
Fe²⁺			
Branco	0,00	0,00	50
Padrão	0,50	0,50	50
Padrão	1,00	1,00	50
Padrão	1,50	1,50	50
Padrão	2,00	2,00	50
Padrão	2,50	2,50	50
Zn²⁺			
Branco	0,00	0,00	50
Padrão	0,10	0,10	50
Padrão	0,20	0,20	50
Padrão	0,30	0,30	50
Padrão	0,40	0,40	50
Padrão	0,50	0,50	50
Cu²⁺			
Branco	0,00	0,00	50
Padrão	1,00	1,00	50
Padrão	2,00	2,00	50
Padrão	4,00	4,00	50

V_{HCl conc.} (ml) = 0,5 ml

Tabela A3-3: Preparação de soluções-padrão de Na⁺

Soluções	Conc. (mg/l)	V (ml) de solução-padrão de Na ⁺	V _{KCl} (ml)	V _{final} (ml)
Branco	0.00	0.00	2.5	50
Padrão	20.00	10.00	2.5	50
Padrão	40.00	20.00	2.5	50
Padrão	60.00	30.00	2.5	50
Padrão	80.00	40.00	2.5	50
Padrão	100.00	50.00	2.5	50

Tabela A3-4: Preparação de soluções-padrão de K^+

Soluções	Conc. (mg/l)	V (ml) de solução-padrão de K^+	V_{NaCl} (ml)	V_{final} (ml)
Branco	0.00	0.00	2.5	50
Padrão	20.00	10.00	2.5	50
Padrão	40.00	20.00	2.5	50
Padrão	60.00	30.00	2.5	50
Padrão	80.00	40.00	2.5	50
Padrão	100.00	50.00	2.5	50

Anexo 4. Curvas de calibração de Ca^{2+} e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A4-1 e A4-2 mostram as concentrações dos padrões de Ca e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A4-1 mostra a curva de calibração de Ca^{2+} .

Tabela A4-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Ca^{2+} e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Absor.	%RSD
Branco	0.00	0.0090	1.31
Padrão 1	2.00	0.1200	0.59
Padrão 2	4.00	0.2512	0.30
Padrão 3	8.00	0.4312	0.33
Padrão 4	10.0	0.5612	2.37

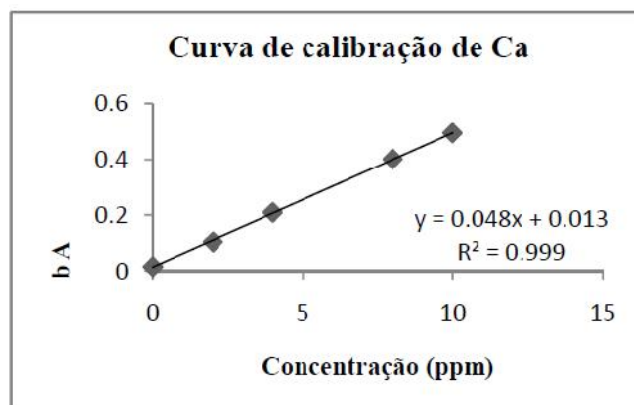


Fig. A4-a: Curva de calibração de Ca^{2+}

Tabela A4-2: Valores das concentrações lidas de Ca^{2+} nas amostras e nas suas réplicas

parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ ''	P ₂	P ₂ '	P ₂ ''	P ₃	P ₃ '	P ₃ ''
Ca^{2+}	AB								
	5,05	5,81	5,96	7,40	4,50	5,49	3,95	4,37	3,08
	ATM								
	4,85	4,54	4,74	6,95	5,54	6,74	3,95	3,80	3,78
	ATD								
	5,97	5,74	5,76	4,15	4,10	4,26	4,32	4,60	5,01
	ATS								
5,05	5,81	5,96	5,33	4,97	5,49	3,79	4,85	3,18	

Anexo 5. Curvas de calibração de Mg^{2+} e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A5-1 e A5-2 mostram as concentrações de Mg^{2+} nos padrões e nas amostras, absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A5-a mostra a curva de calibração de Mg^{2+} .

Tabela A5-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Mg^{2+} e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Absor.	%RSD
Branco	0.00	0.0090	1.31
Padrão 1	0.05	0.0700	0.59
Padrão 2	1.00	0.1312	0.30
Padrão 3	1.50	0.2712	0.33
Padrão 4	2.00	0.3212	2.37
Padrão 5	2.50	1.1020	1.43

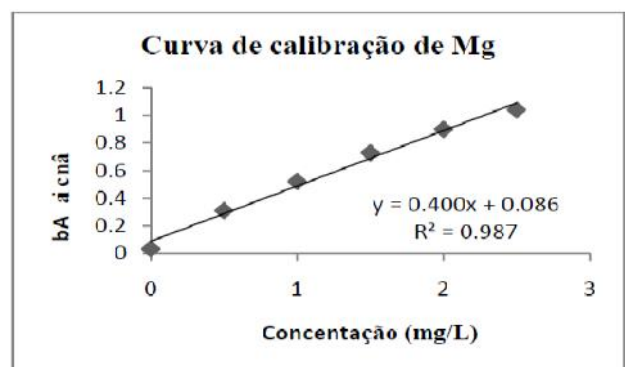


Fig. A5-a: Curva de calibração de Mg^{2+}

Tabela A5-2: Valores de concentrações lidas de Mg^{2+} nas amostras e nas suas réplicas

parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ ''	P ₂	P ₂ '	P ₂ ''	P ₃	P ₃ '	P ₃ ''
Mg^{2+}	AB								
	8,03	8,14	7,91	23,60	21,60	24,30	6,47	6,76	4,32
	ATM								
	2,08	1,87	1,82	24,60	26,30	24,80	9,51	10,20	9,71
	ATD								
	1,08	0,87	0,92	24,90	25,20	23,90	10,80	10,10	9,81
	ATS								
6,03	6,14	6,91	20,60	19,40	21,20	10,50	10,60	10,30	

Anexo 6. Curvas de calibração de Fe^{2+} e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A4-1 e A4-2 mostram as concentrações dos padrões de Fe^{2+} e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A4-1 mostra a curva de calibração de Fe^{2+} .

Tabela A6-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Fe^{2+} e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Absor.	%RSD
Branco	0,00	0,0000	0,00
Padrão 1	0,50	0,0250	7,41
Padrão 2	1,00	0,0492	3,60
Padrão 3	1,50	0,0687	1,93
Padrão 4	2,00	0,0860	0,09
Padrão 5	2,50	0,1000	0,01

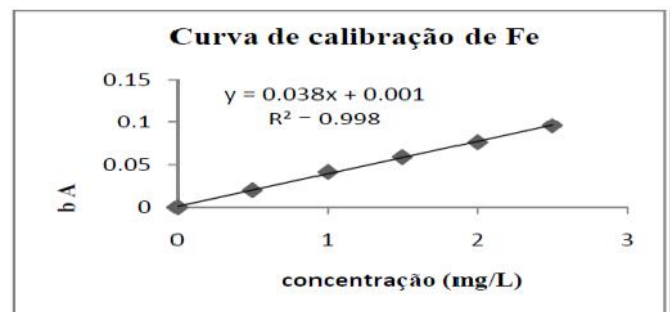


Fig. A4-a: Curva de calibração de Fe^{2+}

Tabela A6-2: Valores de concentrações lidas de Fe^{2+} nas amostras e nas suas réplicas.

parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ "	P ₂	P ₂ '	P ₂ "	P ₃	P ₃ '	P ₃ "
Fe^{2+}	AB								
	1,38	1,17	1,41	0,19	0,14	0,22	1,81	1,31	0,91
	ATM								
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ATD								
	1,34	1,44	0,87	0,00	0,00	0,00	1,50	1,36	1,55
	ATS								
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 7. Curvas de calibração de Zn^{2+} e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A7-1 e A7-2 mostram as concentrações dos padrões de Zn^{2+} e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A7-1 mostra a curva de calibração de Zn^{2+} .

Tabela A7-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Zn^{2+} e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Absor.	%RSD
Branco	0,00	0,0000	0,00
Padrão 1	0,10	0,0313	3,16
Padrão 2	0,20	0,0594	1,55
Padrão 3	0,30	0,0865	1,47
Padrão 4	0,40	0,1116	0,76
Padrão 5	0,50	0,1431	0,35

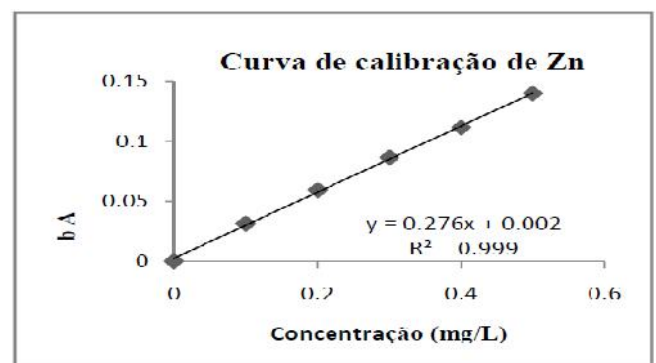


Fig. A4-a: Curva de calibração de Zn^{2+}

Tabela A7-2: Valores de concentrações lidas de Zn^{2+} nas amostras e nas suas réplicas.

parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ ''	P ₂	P ₂ '	P ₂ ''	P ₃	P ₃ '	P ₃ ''
Zn^{2+}	AB								
	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03
	ATM								
	0,01	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08
	ATD								
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ATS								
0,11	0,12	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	

Anexo 8. Curvas de calibração de Cu^{2+} e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A8-1 e A8-2 mostram as concentrações dos padrões de Cu^{2+} e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A8-1 mostra a curva de calibração de Cu^{2+} .

Tabela A8-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Cu^{2+} e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Absor.	%RSD
Branco	0,00	0,0015	18,86
Padrão 1	1,00	0,0463	1,83
Padrão 2	2,00	0,0892	0,24
Padrão 3	3,00	0,1325	0,21
Padrão 4	4,00	0,1736	0,36

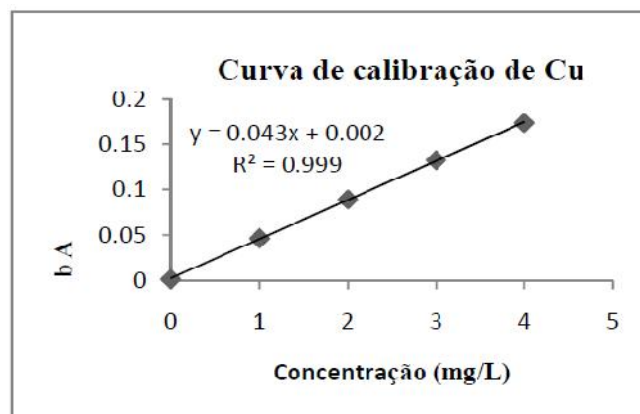


Fig. A8-a: Curva de calibração de Cu^{2+}

Tabela A8-2: Valores de concentrações lidas de Cu^{2+} nas amostras e nas suas réplicas.

Parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ ''	P ₂	P ₂ '	P ₂ ''	P ₃	P ₃ '	P ₃ ''
Cu^{2+}	AB								
	0,00	0,19	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,19	0,19
	ATM								
	0,13	0,14	0,19	0,19	0,24	0,21	0,19	0,20	0,20
	ATD								
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	ATS								
0,21	0,21	0,20	0,21	0,19	0,20	0,22	0,22	0,23	

Anexo 9. Curvas de calibração de Na^+ e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A9-1 e A9-2 mostram as concentrações dos padrões de Na^+ e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A9-1 mostra a curva de calibração de Na^+ .

Tabela A9-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de Na^+ e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Intensidade da emissão
Branco	0,00	0,00
Padrão 1	20,0	0,22
Padrão 2	40,0	0,50
Padrão 3	60,0	0,60
Padrão 4	80,0	0,91
Padrão 5	100,0	1,01

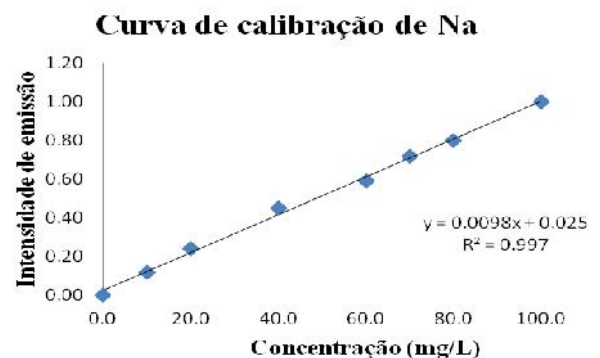


Fig. A9-a: Curva de calibração de Na^+

Tabela A9-2: Valores de concentrações lidas de Na⁺ nas amostras e nas suas réplicas.

Parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ "	P ₂	P ₂ '	P ₂ "	P ₃	P ₃ '	P ₃ "
Na ⁺	AB								
	55,2	51,4	40,0	233,3	228,6	261,9	104,8	99,1	99,1
	ATM								
	104,0	104,0	106,0	250,0	255,0	245,0	116,0	118,0	112,0
	ATD								
	134,0	134,0	136,0	305,0	295,0	300,0	174,00	164,0	158,0
	ATS								
98,0	96,0	94,0	225,0	230,0	225,0	83,00	83,00	83,00	

Anexo 10. Curvas de calibração de K⁺ e resultados de leituras de padrões e amostras

As tabelas A10-1 e A10-2 mostram as concentrações dos padrões de K⁺ e as absorvâncias lidas com os respectivos %RSD e a figura A10-1 mostra a curva de calibração de K⁺.

Tabela A10-1: Valores de concentrações, absorvâncias para a curva de calibração de K⁺ e respectivo %RSD.

Soluções	Conc. (mg/l)	Intensidade da emissão
Branco	0,00	0,00
Padrão 1	20,0	17,0
Padrão 2	40,0	32,0
Padrão 3	60,0	46,0
Padrão 4	80,0	60,0
Padrão 5	100	65,0

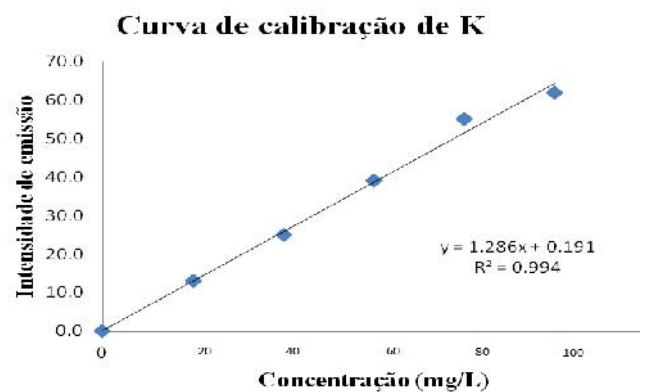


Fig. A10-a: Curva de calibração de K⁺

Tabela A10-2: Valores de concentrações lidas de K^+ nas amostras e nas suas réplicas.

parâmetros	Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	P ₁	P ₁ '	P ₁ "	P ₂	P ₂ '	P ₂ "	P ₃	P ₃ '	P ₃ "
K ⁺	AB								
	11,80	14,50	10,90	42,70	41,80	10,90	10,90	10,00	10,90
	ATM								
	19,10	19,10	19,10	55,20	55,20	53,30	33,30	33,30	28,60
	ATD								
	26,40	29,10	25,50	63,60	68,20	64,50	56,40	54,50	45,50
	ATS								
12,40	10,50	10,50	37,10	37,10	38,10	6,67	7,62	5,71	

Anexo11. Demonstração do cálculo ANOVA.

As tabelas A11-1 e A11-2 apresentam um exemplo do cálculo deste tipo de teste, referente a comparação dos resultados de pH. Para facilitar o cálculo de F_{cal} , calculou-se a diferença entre as medidas X_i e um número aleatório (1.20) e achou-se soma das diferenças nas filas (T_i), soma das diferenças das colunas (T_j) e as somas totais dos quadrados destes.

As fórmulas para o cálculo de MS e F_{cal} são mostradas nas expressões 9 e 10 (pag. 34) e F_{crit} é tabelado. De igual forma, foram calculados os resultados para os restantes parâmetros das amostras tratadas com os três coagulantes.

Tabela A11-1. Cálculos do pH usando o ANOVA

Pontos de amostragem	X_i				Diferença entre X_i e um número aleatório (1.20)			T_i	T_i^2	
	ATM	ATD	ATS							
P ₁	6,91	7,51	4,38		5,71	6,31	3,18	15,20	231,04	
P ₂	7,12	7,24	4,16		5,92	6,04	2,96	14,92	222,61	
P ₃	6,92	6,61	4,04		5,72	5,41	2,84	13,97	195,16	
					T_j	17,35	17,76	8,98	$T_i =$ 44,09	T_i^2 =648,81
					T_j^2	301,02	315	80,64		
					T_j^2	697,08				

$r = 2; c = 3; N = r \times c = 6$

Tabela A11-2: Resultados do cálculo da ANOVA para pH de água tratadas com os coagulantes das amostra do rio Infulene.

	SS		MS	F_{calc}	Obs.	Conclusão
Entre –coagulantes	$(697,08/2)-(44,09/6) = 341,2$	$3-1=2$	170,6	2,32	$F_{cal} < F_{crit}$	Não há diferença significativa
Entre- amostras	$(648,81/3)-(44,09/6) = 208,9$	$2-1 = 1$	208,9	2,84		
Resíduo	$697,08-(392,8+243,2) = 146,9$	$5-(2+1)= 2$	73,4			
Total	$697,08 - 44,09 = 652,9$	$6 - 1 = 5$				

ANEXO 12. Demonstração do cálculo do teste t- emparelhado

O teste t – emparelhado é mostrado neste trabalho para o parâmetro K^+ , que vai servir de exemplo dos cálculos estatísticos para outros parâmetros analisados.

Os valores foram organizados consoante os coagulantes (mandioca e moringa) usados no tratamento da água e os pontos de amostragem, fez-se a diferença entre os valores de ATD e ATM, achando-se assim a média e o desvio padrão das diferenças, como ilustra a tabela A12-1.

O t_{crit} é igual a 4.30 para o nível de confiança de 95% e grau de liberdade igual a 2.

Tabela A12-1. Cálculos do K^+ usando o teste t

Pontos de amostragem	ATD	ATM	Diferença	t_{cal}	Obs.
P ₁	27,00	19,10	7,95	3,48	Não há diferença significativa
P ₂	65,50	54,60	10,90		
P ₃	52,10	31,70	20,40		
			$\frac{\sum d}{n}$		
			13,10		
			$\frac{\sum d^2}{n}$		
			6,52		

A fórmulas para o cálculo de t_{cal} é mostrada na expressão 11 (pag. 35) e t_{crit} é tabelado.

$$t_{cal} = \frac{13,1}{6,52} \sqrt{3}$$

$$t_{cal} = 3,48$$

Anexo 13. Parâmetros da OMS para a água destinada ao consumo humano

Tabela A - 1: Parâmetros microbiológicos

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Coliformes totais	Ausente	NMP*/ 100 ml N.º de colónias/ 100 ml	Doenças gastrointestinais
Coliformes fecais	Ausente	NMP*/ 100 ml N.º de colónias/ 100 ml	Doenças gastrointestinais
Vibrio cholerae	Ausente	1000 ml	Doenças gastrointestinais

(NMP): Número Mais Provável

Fonte: Ministério da Saúde (2004)

Tabela A- 2: Parâmetros físicos e organolépticos

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Cor	15	TCU	Aparência
Cheiro	Inodoro		Sabor
Condutividade	50-2000	$\mu\text{hmo/cm}$	
pH	6,5-8,5		Sabor, corrosão, irritação da pele
Sabor	Insípido		
Sólidos totais	1000	mg/l	Sabor, corrosão
Turvação	5	NTU	Aparência, dificulta a desinfecção

Fonte: Ministério da Saúde (2004)

Estudo das potencialidades do uso dos coagulantes naturais no tratamento das águas do rio Infulene

Tabela A - 3: Parâmetros químicos

Parâmetro	Limite máximo admissível	Unidades	Riscos para a Saúde Pública
Amoníaco	1,5	mg/l	Sabor e cheiro desagradável
Alumínio	0,2	mg/l	Afecta o sistema locomotor e causa anemia
Arsénico	0,01	mg/l	Cancro da pele
Antimónio	0,005	mg/l	Cancro no sangue
Bário	0,7	mg/l	Vasoconstrição e doenças cardiovasculares
Boro	0,3	mg/l	Gastroenterites e eritemas
Cádmio	0,003	mg/l	Vasoconstrição urinária
Cálcio	50	mg/l	Aumenta a dureza da água
Chumbo	0,01	mg/l	Intoxicação aguda
Cianeto	0,07	mg/l	Bócio e paralisia
Cloretos	250	mg/l	Sabor desagradável e corrosão
Cloro residual total	0,2-0,5	mg/l	Sabor e cheiro desagradável
Cobre	1,0	mg/l	Irritação intestinal
Crómio	0,05	mg/l	Gastroenterites, hemorragias e convulsões
Dureza total	500	mg/l	Depósitos, corrosão e espumas
Fósforo	0,1	mg/l	Aumenta a proliferação dos microorganismos
Ferro total	0,3	mg/l	Necrose hemorrágica
Fluoreto	1,5	mg/l	Afecta o tecido esquelético
Matéria orgânica	2,5	mg/l	Aumenta a proliferação dos micro-organismos
Magnésio	50	mg/l	Sabor desagradável
Manganês	0,1	mg/l	Anemia, afecta o sistema nervoso
Mercúrio	0,001	mg/l	Distúrbios renais e neurológicos
Molibdénio	0,07	mg/l	Distúrbios urinários
Nitrito	3,0	mg/l	Reduz o O ₂ no sangue
Nitrato	50	mg/l	Reduz o O ₂ no sangue
Níquel	0,02	mg/l	Eczemas e Intoxicações
Sódio	200	mg/l	Sabor desagradável
Sulfato	250	mg/l	Sabor e corrosão
Selénio	0,01	mg/l	Doenças cardiovasculares
Sólidos totais dissolvidos	1000	mg/l	Sabor desagradável
Zinco	3,0	mg/l	Aparência e sabor desagradáveis
Pesticidas totais	0,0005	mg/l	Intoxicações e distúrbios de vária ordem
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	0,0001	mg/l	Sabor desagradável, intoxicações e distúrbios de vária ordem

Fonte: Ministério da Saúde (2004)