



677 - VARREDURA ESPECTROFOTOMÉTRICA COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE DE ÁGUA

Débora Pinto de Paiva⁽¹⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Ceará - Campus Limoeiro do Norte (IFCE).

Antônio Vinícius da Silva Sousa⁽²⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Ceará - Campus Limoeiro do Norte (IFCE).

Rivia Vieira de Sousa⁽³⁾

Graduanda em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Ceará - Campus Limoeiro do Norte (IFCE).

Jarbas Rodrigues Chaves⁽⁴⁾

Especialista em Gestão e Controle Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará - Campus Limoeiro do Norte (IFCE).

Técnico de laboratório do Instituto Federal do Ceará

Heraldo Antunes Silva Filho⁽⁵⁾

Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba

Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará

Endereço⁽¹⁾: Rua Estevam Remígio da Silva, 1145 - Centro -Limoeiro do Norte- CE - CEP: 62930-000 - Brasil - Tel: (88) 9 9622-3382 - e-mail: debora.paiva07@aluno.ifce.edu.br

RESUMO

As fontes naturais de água empregadas para o abastecimento público apresentam uma ampla variação de sólidos, tanto suspensos (SST) quanto dissolvidos (SDT). Durante o processo de tratamento, esses sólidos são predominantemente removidos. A Turbidez é um parâmetro chave neste contexto, pois oferece uma estimativa direta da presença de sólidos suspensos, permitindo uma avaliação eficiente e rápida da remoção dessas partículas. Este indicador também revela o grau de poluição das águas e subsidia o dimensionamento dos processos de tratamento e a determinação da dosagem adequada dos reagentes químicos utilizados. Por outro lado, a questão dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) é mais complexa. Atualmente, a Condutividade Elétrica (CE) é o parâmetro mais próximo que temos para sua quantificação, embora seja insuficiente para detectar sólidos orgânicos não-eletrólitos. Isso resulta em uma falha significativa, já que uma proporção importante dos SDT fica desconsiderada. A dificuldade se intensifica com a exigência, conforme estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 de 3 de outubro de 2017, anexo XX, de identificar a presença de diversos compostos orgânicos nos corpos hídricos. Visando superar essa limitação, este projeto propõe a adoção da técnica de varredura espectrofotométrica. Esta técnica representa uma alternativa promissora para a análise de SDT, otimizando e acelerando significativamente a avaliação da qualidade da água. A implementação dessa técnica poderia facilitar a tomada de decisões operacionais em curto prazo e aprimorar as estratégias de monitoramento ambiental, alinhando-se às diretrizes regulatórias e às necessidades práticas de tratamento de água.

PALAVRAS-CHAVE: Sólidos Dissolvidos Totais, Espectrofotometria UV-VIS, Análise de águas, Detecção de SDT, Técnicas analíticas para SDT.

INTRODUÇÃO

As águas naturais usadas para o abastecimento público podem conter uma diversidade de substâncias, classificadas na engenharia sanitária como sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



(SDT). A detecção das substâncias classificadas como substâncias em suspensão é realizada por métodos simples, diretamente relacionados à turbidez da água, o que facilita a comprovação da eficiência dos processos de tratamento. No entanto, os compostos químicos dissolvidos representam um desafio maior, visto que não há um parâmetro global eficaz para representar a presença desses sólidos dissolvidos na água. O parâmetro mais próximo é a condutividade elétrica (CE), que só se aplica às substâncias eletrolíticas, deixando uma parcela significativa de SDT desconsiderada.

Como especificado por Letícia Barcellos (2021), a presença de sólidos dissolvidos na água natural é comum e pode ter origem natural ou antropogênica. Estes sólidos naturais podem incluir minerais como cálcio, magnésio, potássio, bicarbonatos, sulfatos e cloretos, essenciais para a saúde humana e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Sua concentração pode afetar diretamente a potabilidade e a utilização da água para diversos fins, incluindo o consumo humano. No entanto, a atividade humana pode introduzir sólidos dissolvidos adicionais na água, como sais provenientes da agricultura, mineração e poluição industrial. Por isso, o monitoramento desses compostos é relevante para assegurar a qualidade da água e proteger a saúde pública e o meio ambiente.

A conformidade com os padrões de potabilidade é necessária para uma avaliação analítica cautelosa de sua qualidade antes de ser considerada segura para o consumo humano. Essa necessidade é reforçada pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de outubro de 2017, que em seu anexo XX estabelece diretrizes para a análise de componentes químicos de diferentes composições, em sua maioria solúveis em água, na normatização da oferta de água potável.

Propõe-se utilizar a varredura espectrofotométrica como um método alternativo para a identificação desses sólidos na água, de modo qualitativo. Essa proposta tem o potencial de superar as limitações convencionais, gerando uma detecção mais precisa e complementar aos demais recursos que utilizamos. Se validado, o método pode representar um avanço significativo na precisão da análise de qualidade da água, contribuindo para a proteção da saúde pública e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

A espectroscopia UV-Vis destaca-se por sua aplicabilidade tanto em análises qualitativas quanto quantitativas, abrangendo uma ampla gama de campos, desde o estudo de matrizes ambientais até a investigação da estabilidade de compostos, como a cinética e o equilíbrio de reações químicas. Devido à sua capacidade de avaliar uma ampla diversidade de compostos e materiais, a versatilidade da espectroscopia UV-Vis é documentada por Edwards e Alexander (2017) como sendo fundamental para avanços científicos e melhorias na gestão ambiental.

A varredura espectrofotométrica, um elemento central da espectroscopia UV-Vis, é um processo que mede a quantidade de luz absorvida ou transmitida por uma amostra ao longo de um espectro contínuo de comprimentos de onda. Na prática, isso envolve a exposição da amostra a uma ampla faixa de luz ultravioleta (UV) e visível (Vis), registrando como a amostra interage com cada comprimento de onda específico. Essa interação é necessária para identificar e quantificar os diferentes componentes da amostra, baseando-se no princípio de que cada composto absorve ou transmite luz de maneira única em determinados comprimentos de onda (Parron, 2011).

A varredura na região do UV-Vis fornece informações sobre o comportamento em termos de absorção da radiação do analito que está sendo avaliado. Assim, em um gráfico de absorbância versus comprimento de onda é possível verificar em qual região ocorre maior interação da matéria com a radiação, uma vez que cada composto tem sua estrutura química e, conseqüentemente, uma capacidade de absorção relacionada a determinadas regiões do espectrofotômetro (Santos *et al.* 2022).

Neste contexto, a varredura surge como uma ferramenta promissora para avaliar a qualidade da água, permitindo uma constatação rápida e precisa de diferentes contaminantes presentes nas águas. O método deve ser empregado de forma diferente das análises convencionais que utilizam uma curva de correlação relacionada a uma solução padrão do analito de interesse, buscando usar apenas o valor bruto de absorbância, mas enfatizando diferentes comprimentos de onda. Dessa forma, considera-se essa técnica como semiquantitativa, uma vez que apresenta uma quantidade de substâncias, mas em amplitudes de absorbância.

OBJETIVO DO TRABALHO

2



Objetivo Geral

- Estruturar o método de varredura espectrofotométrica e avaliar sua eficácia na análise da qualidade de águas naturais provenientes de diversas fontes, focando na detecção e identificação de sólidos dissolvidos totais.

Objetivos Específicos

1. Realizar uma série de análises em diversas substâncias dissolvidas pertencentes a diferentes grupos representativos.
2. Desenvolver um banco de dados contendo todos os analitos analisados pelo espectrofotômetro UV-VIS.
3. Detalhar a estruturação do método de varredura espectrofotométrica UV-VIS.
4. Avaliar a eficácia, precisão, sensibilidade e aplicabilidade prática do método proposto.

METODOLOGIA

Preparação e Análise de Soluções Padrão

Inicialmente, foram preparadas diversas soluções padrão contendo substâncias potencialmente poluidoras de águas naturais, em concentrações de 0,1; 1; 5; 10; 50; 100; 500 e 1000 mg/L. Essa curva permitirá uma avaliação mais adequada da resposta espectrofotométrica em função da concentração das soluções, como o objetivo do projeto é a avaliação de sólidos dissolvidos, as soluções padrões preparadas juntamente com a água reagente, conhecida como solução controle (branco), utilizada no preparo, passaram por processo de filtração, a filtração foi realizada utilizando seringas com dispositivos de filtração, e filtro de 0,45 µm, essa etapa é fundamental para que haja a remoção de quaisquer interferência de matérias em suspensão no momento de realização da varredura espectrofotométrica.

É importante salientar a necessidade de identificar em qual solução a substância analisada se dissolve, visto que, algumas substâncias serão dissolvidas utilizando apenas água destilada ou com o acréscimo de outras substâncias solventes, como acetona e álcool. Nesses casos é necessário o acréscimo de mais uma etapa de tratamento, como a realização de diluição da concentração da solução de controle, na mesma proporção que as soluções padrões, a partir da mesma concentração do soluto utilizado no processo de diluição da solução padrão. Essa etapa é de fundamental importância na realização de análise espectrofotométrica, onde requer-se um *BASELINE* que consiste apenas do solvente sem aditivos, para a correção de variações de fundo no equipamento. Sendo assim, cada concentração da solução padrão produzida com qualquer soluto a mais que a água destilada deve conter um *Baselie* com a mesma concentração.

Na etapa de análises espectrofotométrica, essas soluções padrões serão analisadas no espectrofotômetro UV-VIS modelo T70/T70+ juntamente com o software UVWIN5.0, em comprimento de onda de 190 a 700 nm, com o intuito de explorar o máximo de possibilidades de obter picos de absorbância, realizada essa etapa, os dados serão salvos através do *software* em formatos:

- XLS- Excel;
- PDP - opção *Print* do sistema;
- Salvar arquivo no próprio programa, para preservação dos dados;
- Salvar *Peack-pick*, em formato XLS.

Partindo desses resultados, inicia-se a criação da biblioteca espectral das soluções padrões que apresentaram resultados positivos nas varreduras.

Análise Espectrofotométrica de Amostras de Águas Naturais

Após a criação de uma biblioteca espectral das soluções padrão, o método de espectrofotometria UV-VIS será aplicado em diferentes amostras de águas naturais. Os espectrogramas que forem obtidos das amostras serão comparados com a biblioteca para identificar os sólidos dissolvidos presentes. Esta



etapa servirá para verificar a capacidade do método em detectar substâncias dissolvidas nas águas naturais que podem ser nocivas à saúde humana ou ao meio ambiente.

Essa etapa se dará por três etapas:

1. Águas naturais;
2. Água produzida (Essa água será preparada com a adição das soluções que apresentaram picos de absorvância);
3. Água residuárias.

Desenvolvimento e Validação do Protocolo Experimental

Finalmente, um protocolo experimental será desenvolvido e validado com base nos resultados e descobertas realizadas ao longo do projeto. Este protocolo incluirá uma compilação detalhada de todos os procedimentos utilizados, desde o preparo das soluções padrão até a análise das amostras de água. Serão considerados aspectos como a seleção e preparo das amostras, as configurações do equipamento de espectrometria UV-VIS, e a interpretação dos resultados. Adicionalmente, uma revisão crítica dos dados coletados com o intuito de identificar potenciais melhorias no método, visando otimizar sua precisão, sensibilidade e aplicabilidade prática.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Observa-se nas figuras 1A e 1B que houve uma boa resposta espectrofotométrica, visto que as substâncias analisadas apresentam um crescimento proporcional em determinados comprimentos de onda, de forma significativa, comprovado que é possível analisar a presença de determinadas substâncias pelo equipamento. Já nas figuras 2A e 2B, observa-se que a substância não apresentou picos de onda em nenhuma concentração, apresentando correlação apenas com a água reagente utilizada como o branco da substância.

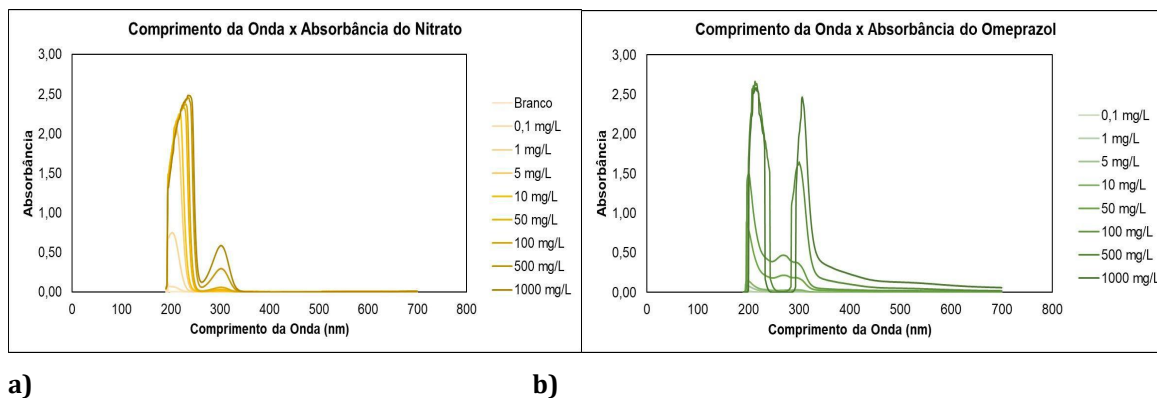
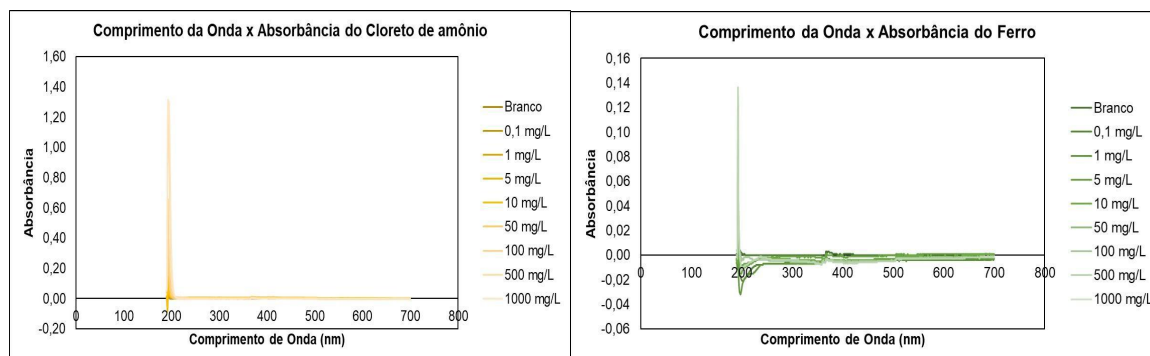


Figura 1: Varredura de substâncias que apresentaram picos de absorvância em todas as concentrações.



a)

b)

Figura 2: Varredura de substâncias que não apresentaram picos de absorvância em suas concentrações.

Na tabela 1 está expressa os comprimentos de onda que cada concentração das substâncias analisadas, que também estão representadas na figura 1 apresentaram picos. Já na tabela 2 expressa-se que as substâncias analisadas, representadas na figura 2 não apresentaram picos em comprimentos de ondas, exceto no comprimento de onda em que a própria água reagente denominada de Branco utilizada no seu preparo marcou sinal de absorvância.

Tabela 1: Substâncias que apresentaram picos de absorvância.

Substâncias	Concentrações (mg/L)	Comprimento de onda (nm)	Absorvância
Omeprazol	0,1	194	0,020
	1	194	0,052
	5	194	0,102
	10	198	0,141
	50	196	0,888
	100	200	1,506
	500	213	2,669
	1000	217	2,588
Nitrato	0,1	194	0,109
	1	203	0,755
	5	212	2,074
	10	217	2,251
	50	224	2,338
	100	230	2,373
	500	235	2,457
	1000	235	2,483

Tabela 2: Substâncias que não apresentaram picos de absorvâncias.

Substâncias	Concentrações (mg/L)	Comprimento de onda (nm)	Absorvância
Ferro	Branco	193	0,035
	0,1	193	0,037
	1	193	0,039
	5	193	0,073
	10	193	0,100
	50	193	0,104
	100	193	0,129
	500	193	0,136



	1000	193	0,169
Cloreto de amônio	Branco	193	0,020
	0,1	193	0,058
	1	193	0,069
	5	193	0,122
	10	193	0,143
	50	193	0,369
	100	193	0,656
	500	193	1,274
	1000	193	1,314

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como especificado por Santos *et al.* (2022), A varredura na região do UV-Vis, ou em outras regiões do espectrofotômetro, fornecem informações referentes ao comportamento em termos de absorção da radiação do analito que está sendo avaliado. Assim, em um gráfico de absorbância versus o comprimento de onda é possível verificar em qual região ocorre maior interação da matéria com a radiação, uma vez que cada composto tem sua estrutura química e, conseqüentemente, capacidade de absorção relacionada a determinadas regiões do espectrofotômetro.

Baseando-se nos resultados obtidos das varreduras já realizadas, dentre as substâncias que apresentaram picos de comprimentos de onda, foi possível perceber a variância da varredura das diferentes concentrações das substâncias, enquanto umas apresentaram picos crescentes conforme as concentrações vão aumentando. Cenário desejado pelo presente projeto. Entretanto, determinados constituintes não apresentaram esse mesmo êxito, a exemplo das substâncias ilustradas nas figuras 1A e 1B e na tabela 2. Como também outras substâncias analisadas durante o estudo como açúcar, nitrato, ferro e cloreto de amônio. É importante salientar que esses resultados negativos não deixam de ser resultados, pois os mesmos abrem questionamentos e permitem a investigação de possíveis correlações entre as substâncias.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na primeira etapa do presente projeto, evidencia-se um avanço na validação deste método analítico, desde a identificação dos tratamentos necessários, quando se trata de uma solução que necessita-se de uma água de reagente com adição de outros compostos solventes para a obtenção de êxito no processo de diluição das soluções. Nesse aspecto, evidencia-se a necessidade de aplicação do processo de diluição na mesma proporção nas soluções controle, para que não haja interferência durante a varredura das amostras. Destaca-se também os resultados satisfatórios obtidos na etapa de varredura, demonstrando um avanço da metodologia utilizada, sem desconsiderar e buscar explicações das eventuais causas dos resultados insatisfatórios, buscando-se assim, encontrar correlações existentes entre esses resultados a fim de driblar essa problemática.

Ao término da pesquisa, estima-se a comprovação e validação deste método como uma grande ferramenta na realização de análises de sólidos dissolvidos com maior grau de precisão e de forma mais rápida que os métodos convencionais, permitindo assim que em momentos onde for necessária a tomada de decisões rápidas, em situações em que a qualidade da água tanto de nossas fontes naturais como nas próprias estações de tratamento de água (ETA), proporcionando assim, maior segurança hídrica e resguardando a saúde pública.

Ademais, espera-se que ocorra aprimoramentos desse protocolo experimental e o despertar de interesse de pesquisadores e laboratórios nesta técnica. À vista disso que se alcance, como exposto por Santos *et al.* (2022), uma implementação de métodos mais acessíveis, rápidos, e eficazes, nas estações de tratamento de água e esgoto, redes de monitoramento de bacias hidrográficas e para o monitoramento de efluentes industriais. Vislumbrando assim uma diminuição dos custos que envolvem essas análises mais complexas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCELLOS, L. G. (2021). Controle microbiológico da água: potencial das análises de sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica como métodos auxiliares no monitoramento da degradação da qualidade da água [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Repositório Institucional Pantheon.
2. BRASIL.Ministério da Saúde. Portaria da Consolidação nº 5 de 03 de Outubro de 2017 . Diário Oficial da União: seção 1, Brasília,DF, 03 out. 2017.
3. Parron, Lucilia Maria.Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água [recurso eletrônico] / Lucilia Maria Parron; Daphne Heloisa de Freitas Muniz; Claudia Mara Pereira. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2011.(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 219).
4. EDWARDS,A.A;Alexander,B.D.; B. D. ; *Encycl. Spectrosc. Spectrom.* 2017, 3, 511.
5. SANTOS. G. R. *et al.* Avanços Analíticos Baseados Em Modelos De Calibração De Primeira Ordem E Espectroscopia Uv-Vis Para Avaliação Da Qualidade Da Água: Uma Revisão - Parte 1.*Quim.Nova*, Vol. 45, No. 3, 314-323, 2022.