

USO DE SISTEMA TERNÁRIO HOMOGÊNEO DE SOLVENTES E ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS NO DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DE COBRE EM AMOSTRAS DE AÇÚCAR

Júnior Olair Chagas

Químico pelo UNIFOR-MG
e-mail: junior-lagoa@hotmail.com

Silviana Corrêa

Química pelo UNIFOR-MG

Alex Magalhães de Almeida

Doutor em Química Analítica
Professor no UNIFOR-MG

Recebido em: 28/07/2014

Aprovado em: 06/10/2014

RESUMO

O procedimento de fabricação do açúcar sofre influência da qualidade do solo, que ao ser fertilizado com agentes minerais ou orgânicos, pode acumular para si elementos metálicos, inclusive os pesados. Assim, verifica-se a necessidade crescente da indústria açucareira brasileira no desenvolvimento de processos que levem a obtenção de produtos com melhor qualidade. Este trabalho consiste de um método para a identificação de cobre em açúcar. O cobre apresenta a propriedade de ser acumulativo no corpo humano causando assim danos à saúde, um desses danos é a doença de Wilson. Desenvolveu-se um método para o monitoramento de cobre em amostras de açúcar utilizando um sistema ternário homogêneo de solventes e espectrofotometria UV-VIS. O sistema ternário foi composto por água, etanol e metilisobutilcetona nas proporções %m/m de 56,04: 26,33: 17,63. Utilizou-se $\lambda_{\max} = 370$ nm. A curva de calibração apresentou-se: $ABS = 0,006[Cu^{2+}] + 0,0012$, com $R^2 = 0,9935$. As amostras foram analisadas em triplicata e os resultados apresentam um percentual de 0,0023% do metal no açúcar, que é inferior à taxa de consumo considerada normal para o cobre de 0,8 a 10,0 mg/dia, não apresentando desta forma, riscos ao ser humano se consumida diariamente.

Palavras-chave: Fase única. Metais pesados. Composto de coordenação.

USE OF HOMOGENEOUS TERNARY SYSTEM OF SOLVENTS AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY IN THE DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE DETERMINATION OF COPPER IN SAMPLES OF SUGAR

ABSTRACT

The procedure for the manufacture of sugar is influenced by soil quality, which when fertilized with mineral or organic agents can accumulate for itself metal, including the heavy elements. Thus, there is a growing need of the Brazilian sugar industry in the development of processes that lead to obtain products with better quality. This study consists of a method for the identification of copper sugar. Copper has the property of being accumulative in the human body thus causing damage to health, and the Wilson's disease is one example. We developed a method for monitoring copper in sugar samples using a homogeneous ternary solvent system and UV-VIS. The ternary system is comprised of water, methylisobutylketone and ethanol in the proportions %w/w 56.04: 26.33: 17.63. We used $\lambda_{\max} = 370$ nm. The calibration curve is presented: $ABS = 0.006[Cu^{2+}] + 0.0012$, $R^2 = 0.9935$. The samples were analyzed in triplicate and the results showed a proportion of 0.0023% of metal in sugar, which is lower than the rate of consumption considered normal for copper can be 0.8 to 10.0 mg/day. Therefore, the value found does not present risks to humans beings if consumed daily.

Keywords: Single phase. Heavy metals. Coordination compound.

1 INTRODUÇÃO

Nas primeiras civilizações, os homens viviam em bandos, de comportamento nômade de acordo com a disponibilidade de alimentos que a natureza lhes oferecia. Dependiam da coleta de alimentos silvestres, da caça e da pesca. Cada local em que um bando se instalava as atividades de sobrevivência, fáceis no início, ficavam cada vez mais difíceis, até um momento em que as dificuldades para a obtenção de alimentos se tornavam tão grandes que os obrigavam a mudar sempre de lugar. Com o passar dos tempos, descobriram que as sementes das plantas, devidamente lançadas ao solo, podiam germinar, crescer e frutificar. Surgindo assim a agropecuária, esta que teve um impacto evidente, pois pela primeira vez, foi possível influir na disponibilidade dos alimentos (BUENO, 2012).

Nos séculos seguintes, a agropecuária se desenvolveu e tornou-se um dos principais recursos econômicos para o homem. O seu desenvolvimento proporcionou um excedente de produção, que acarretou o desenvolvimento do comércio relacionado com as práticas agrícolas, o que é denominado nos dias atuais como agronegócio (LUCCI, 1998).

O Brasil possui grande ênfase no setor agropecuário, tendo assim, as atividades agroindustriais importância significativa para a economia nacional, visto que o Brasil é líder na produção e exportação de diversos produtos agropecuários, merecendo destaque a liderança mundial na produção e exportação de açúcar (RESENDE, 2011).

A cana-de-açúcar, cientificamente conhecida como *Saccharum officinarum L.*, é um elemento de colonização e desenvolvimento desde os primórdios de ocupação do território brasileiro e transformou-se em parte integrante do dia-a-dia da população (THEODORO, 2011). Atualmente é de grande importância socioeconômica para o Brasil, visto que é utilizada como matéria-prima para as agroindústrias do açúcar, álcool e aguardente, além de representar uma fonte de grande geração de empregos e renda (FELIPE, 2008). Por apresentar grande relevância na economia brasileira a produção de açúcar tem uma participação elevada no Produto Interno Bruto (PIB) nacional e nos resultados relativos à balança comercial (HAMERSKI, 2009).

O açúcar é uma das fontes de sacarose para o organismo humano. A sacarose é um produto de suma importância para a alimentação, pois é uma das principais fontes de energia ATP (Trifosfato de Adenosina), e esta é responsável pelas reações que envolvem fosforilação nos músculos do organismo humano (MAUGHAN; GLEESON; GREENHAFF, 2000).

A cana-de-açúcar retira do solo os diferentes nutrientes e, pode ocorrer, que o solo ao ser fertilizado com agentes minerais ou orgânicos, acumule para si elementos metálicos, inclusive os pesados. Estes podem ser posteriormente, transferidos para a cana-de-açúcar, tornando o produto uma fonte de contaminação ofensiva ao organismo humano (CAMIOTTI et al, 2007). Além do solo, o maquinário utilizado durante todo o processo de produção e preparação do açúcar também pode conter agentes metálicos, o que aumenta as chances de contaminação do produto. Assim, verifica-se a necessidade crescente da indústria açucareira brasileira no desenvolvimento ou aperfeiçoamento de processos que levem à obtenção de produtos com melhor qualidade (HAMERSKI, 2009).

O objetivo deste trabalho reside na identificação de cobre no açúcar, esse elemento, por sua vez, possui funções críticas em um grande número de enzimas essenciais no organismo humano. Elas atuam na formação de tecidos de conexão, no metabolismo do ferro, no metabolismo de neurotransmissores e no sistema nervoso central, além de ser importante em enzimas antioxidantes que combatem o acúmulo de radicais livres prejudiciais à saúde, tornando assim o seu consumo em baixas concentrações, vital para qualquer organismo (MASSABINI, 2006). Mas o cobre, por ser um metal pesado, apresenta a propriedade de ser acumulativo no corpo humano causando danos à saúde. Um desses danos é uma doença denominada “doença de Wilson” (CASTRO, 2007). Esta é uma doença genética com manifestações clínicas consequentes de um defeito no metabolismo do cobre, caracterizando-se por ser uma herança autossômica recessiva. Portanto, tem-se como objetivo deste estudo o

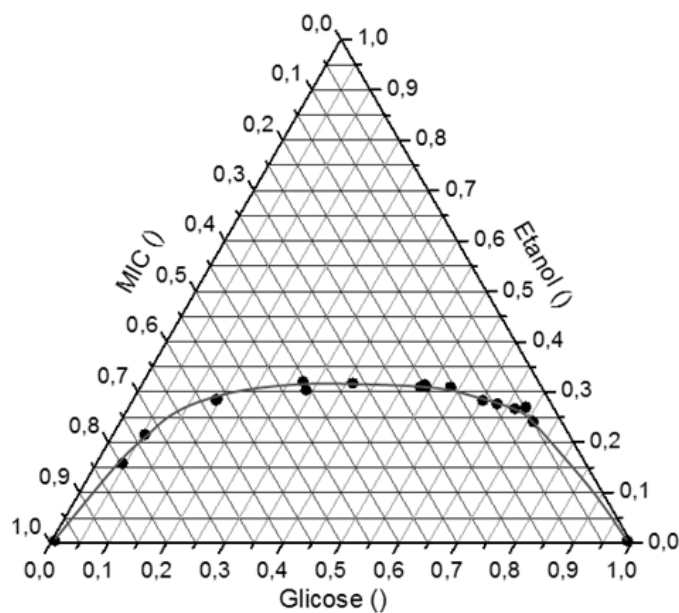
desenvolvimento de métodos para o monitoramento de cobre em amostras de açúcar utilizando um sistema ternário homogêneo de solventes e espectrofotometria UV-VIS.

2 O SISTEMA TERNÁRIO

O sistema ternário é uma representação geométrica de um triângulo equilátero, cujos componentes, representados pelo vértice do triângulo, podem se apresentar com uma única fase ou duas fases. O ponto de interesse deste trabalho é a fase única, pois ela proporciona uma mistura homogênea de solventes, que é formada por: uma porção aquosa, um líquido orgânico imiscível em água e um terceiro líquido miscível nos dois anteriores (VIDOTTI; CARVALHO FILHO, 2013).

Segundo Almeida (2003) esse triângulo, também conhecido como Diagrama Ternário de Roozeboom, define as composições em %m/m do sistema, dividindo-o em duas regiões, monofásica (mistura homogênea) e bifásica (mistura heterogênea). Em sua representação gráfica possui uma curva intitulada binodal, sendo que esta é obtida através de titulação de pares miscíveis com um não miscível, representada pela (FIG. 1) mostrada a seguir:

Figura 1 - Diagrama de Roozeboom



Fonte: Autores do trabalho, 2014.

A região localizada acima da curva binodal, compõe a região monofásica. Já os pontos localizados abaixo da curva, apresentam uma mistura heterogênea. E os pontos localizados exatamente sobre a curva binodal, apresentam como característica uma solução turva, indicando o limite entre as regiões citadas. Esse ponto é conhecido como ponto de opalescência (RESENDE, 2011).

Cada ponto no diagrama representa uma composição em %m/m para a mistura dos componentes presentes no mesmo. Todos os pontos apresentam características distintas quanto a algumas propriedades como: densidade e pH do sistema. A soma dos componentes sempre deve apresentar 100% (ALMEIDA, 2003).

3 FORMAÇÃO DE COMPOSTOS COORDENADOS

O complexo consiste em um átomo/íon metálico central (AMC) e vários ligantes intimamente acoplados a ele. A ligação que ocorre entre os ligantes e o AMC é uma ligação covalente coordenada, com pares eletrônicos sendo doados pelos ligantes. O número total de ligações feitas entre os ligantes e o AMC, é chamado de número de coordenação. A primeira teoria a explicar a ligação existente em complexos foi a teoria de Werner, segundo esta os complexos têm dois tipos de valência, a primária que é o número de oxidação (NOX) e a secundária que é o número de coordenação (VOGEL et al, 2002). O NOX, também conhecido como carga formal, é a carga que um átomo assumiria se todos os pares de elétrons fossem compartilhados por igual em uma ligação química. Já o número de coordenação é o emaranhado de espécies químicas (agente complexante), cujo orbital p se sobrepõe a algum orbital do AMC com o compartilhamento de dois pares de elétrons (RUSSEL, 2004).

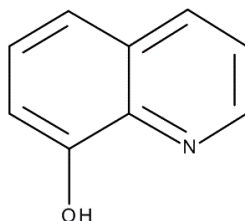
Utiliza-se amplamente a formação de complexos na análise qualitativa inorgânica na separação e identificação como o teste específico para íons e o mascaramento. Um dos mais frequentes fenômenos que ocorre na formação de um íon complexo é a mudança de cor da solução e um aumento de solubilidade (AYALA, 2013).

4 O COMPLEXANTE 8-HIDROXIQUINOLINA

É um composto orgânico de fórmula molecular C_9H_7NO , sendo representado na Figura-2, possui peso molecular igual a 145,16 g/mol, ponto de fusão 74°C e ponto de ebulição 267°C. É um composto de cor amarelada, e amplamente utilizado na identificação de

metais e comercialmente apresenta uma variedade de nomes. Em presença de luz sofre reação de decomposição (SAPELLI, 2006).

Figura 2 - Representação da molécula de 8-hidroxiquinolina



Fonte: autores do trabalho, 2014.

5 ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS

A espectrofotometria é um processo de medida que envolve a quantificação da energia (via monitoração do comprimento de onda e da intensidade) absorvida de uma fonte de radiação incidente para a promoção de elétrons de elementos em seu estado fundamental. O comprimento de onda e a absorção podem ser monitorados e registrados na forma de um espectro (HIGSON, 2009). Em análises químicas de rotina uma substância é determinada usando-se luz monocromática dirigida através da amostra. O comprimento de onda é selecionado para que somente um dos solutos componentes a solução seja fortemente absorvido. A concentração do soluto é calculada pela luz absorvida e comparada com a absorbância de uma solução-padrão (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos analíticos adotados para o desenvolvimento deste trabalho estão subdivididos em métodos qualitativos e quantitativos, descritos em detalhe neste capítulo; as etapas constituintes do presente trabalho foram baseadas na tese de doutorado escrita por Almeida (2003) e podem ser apresentadas da seguinte forma:

6.1 Estudo das composições de solventes

Empregando inicialmente o sistema de solventes: água, metilisobutilcetona e etanol, foram realizadas misturas e titulações dos pares de solventes miscíveis com um terceiro solvente até o ponto de opalescência, com a finalidade de se obter o diagrama de Roozeboom para cada situação (MOORE, 1959), esta definiu as composições em %m/m do sistema, dividindo-o em duas regiões: monofásica e bifásica. As composições %m/m dos solventes que resultem na região monofásica foram o objeto de interesse deste trabalho. Na região mencionada, definiu-se a composição dos solventes que foi empregada no desenvolvimento dos métodos aqui propostos e utilizando o software Origin Pro 8.0, elaborou-se e obteve-se o gráfico referente ao diagrama de Roozeboom.

6.2 Estudo da complexação

Tendo se obtido o diagrama de Roozeboom, foi escolhido aleatoriamente um ponto qualquer onde o mesmo proporciona uma mistura homogênea. Com as composições em % m/m escolhidas, estas foram convertidas em volumes. Com os volumes definidos, foi preparada uma solução do agente complexante, 8-hidroxiquinolina em metilisobutilcetona na concentração de $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L. E dando continuidade ao trabalho, utilizando-se como referência uma solução de 5,0 mL de água, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de MIC, obtiveram-se os espectros de absorvância em um espectrofotômetro HATCH, com cubeta de quartzo de 1,0 cm de caminho óptico esmerilhada. Para a obtenção do λ_{\max} do agente complexante e do complexo, foram obtidos espectros de soluções fase única contendo a 8-hidroxiquinolina e solução contendo o complexo. Essas leituras foram realizadas entre 330 e 600nm, para as soluções fase única contendo 8-hidroxiquinolina e solução contendo o complexo.

O primeiro espectro foi obtido de uma solução de 5,0 mL de água, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L. O segundo espectro obtido, foi de uma solução de 4,0 mL de água; 1,0 mL de solução de cobre a 100 ppm, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.

Utilizando o software Microsoft Excel 2010 construíram-se dois gráficos com os valores de absorvância obtidos. Estes foram responsáveis por definir o comprimento de onda onde o complexo formado emitiu maior sinal analítico.

6.3 Curva de calibração

Para elaboração da curva de calibração, utilizou-se como referência uma solução de 5,0 mL de água, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de MIC. Posteriormente, foram obtidos os valores de absorvância para cinco soluções dopadas e uma não. Estas foram elaboradas da seguinte forma:

- Solução 1 (sem metal): 5,0 mL de água; 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.
- Solução 2 (5 mg/L do metal): 4,5 mL de água; 0,5 mL de solução de cobre a 100 mg/L, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.
- Solução 3 (10 mg/L do metal): 4,0 mL de água; 1,0 mL de solução de cobre a 100 mg/L, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.
- Solução 4 (25 mg/L do metal): 2,5 mL de água; 2,5 mL de solução de cobre a 100 mg/L, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.
- Solução 5 (50 mg/L do metal): 5,0 mL de solução de cobre a 100 mg/L, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L.

Utilizando o software Microsoft Excel 2010, construiu-se a curva de calibração, onde os valores de absorvância foram considerados como y e os valores de concentração de metal, foram considerados como x.

6.4 Análise das amostras de açúcar

Realizaram-se as análises de quatro amostras de açúcar obtidas no comércio local. No preparo das amostras pesou-se 5,0 g de açúcar, os quais foram solubilizados em balão volumétrico de 100,00 mL com água deionizada, resultando em uma solução 5% m/v.

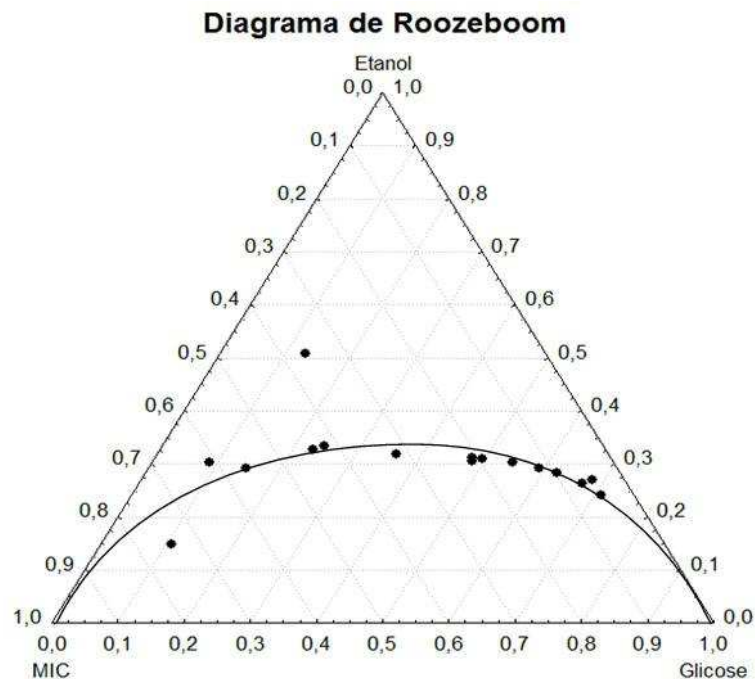
Utilizando como referência uma solução de 5,0 mL de água, 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de MIC, foram elaboradas em triplicata soluções fase única para cada amostra obtida. Foram feitas da seguinte forma: 5,0 mL de amostra; 20,0 mL de etanol e 5,0 mL de solução MIC-8-hidroxiquinolina $1,72 \times 10^{-2}$ mol/L. Procedendo-se em seguida a leitura em 370 nm e após a leitura no espectrofotômetro de todas as soluções, foram realizados os cálculos necessários para a determinação do valor do metal presente na matriz.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Estudo das composições de solventes

O diagrama foi obtido a partir de titulações de pares imiscíveis entre si, sempre realizadas em triplicata, onde a média dos valores de volumes em mililitros, transformados em percentuais, foram utilizados para a confecção do mesmo. Os percentuais obtidos, ao serem plotados no diagrama de Roozeboom delineiam a curva mostrada na FIG. 3, onde abaixo desta tem-se a presença de duas fases e acima desta apenas uma fase, ou seja, tem-se um sistema homogêneo composto pelos três componentes (fase única).

Figura 3 - Diagrama de Roozeboom para o sistema água-etanol-MIC



Fonte: Autores do trabalho, 2014.

Através de uma breve análise do diagrama, escolheu-se aleatoriamente um ponto acima da curva, definido pelas proporções em %m/m de 17,63; 56,04; 26,33, correspondentes aos volumes: 5,00 mL de água, 20,00 mL de etanol e 5,00 mL de MIC.

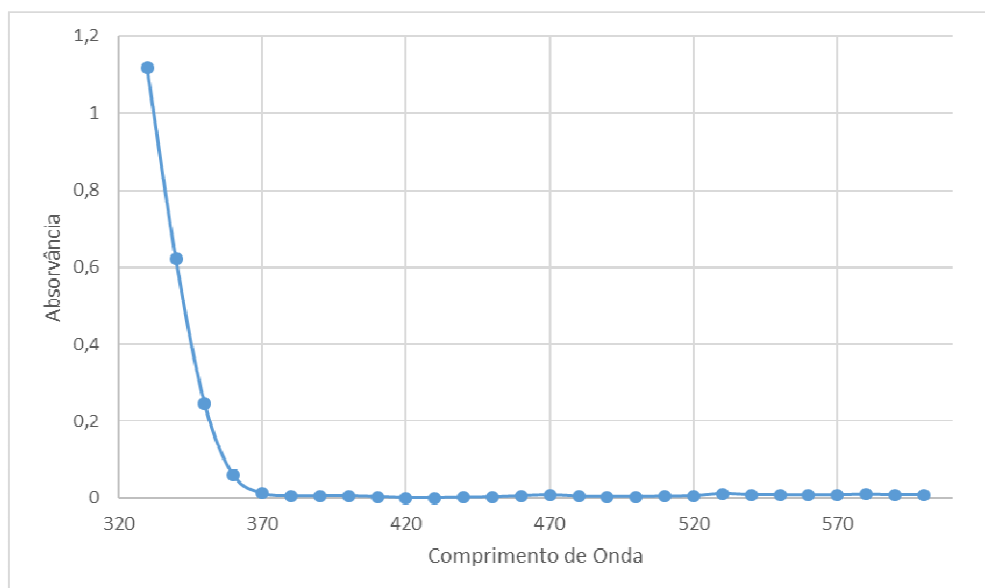
Este ponto foi escolhido por apresentar uma margem de segurança para o trabalho, em relação à quebra do sistema ternário, já que este se encontra distante da curva binodal. Se o

ponto escolhido estivesse próximo da curva, poderia ocorrer a formação de um sistema bifásico ao ser adicionado soluções aquosas, ocorrendo assim uma quebra do sistema homogêneo. Já no ponto escolhido, isso dificilmente ocorreria, pois seria necessária uma quantidade considerável do componente água, para que o sistema se quebrasse (ALMEIDA, 2003).

7.2 Estudo da complexação

Os valores de absorvância obtidos da leitura das soluções preparadas no sistema ternário, onde a 8-hidroxiquinolina encontrava-se solubilizada, ao serem plotados nos fornecem um comportamento delineado pela curva exibida na FIG. 4.

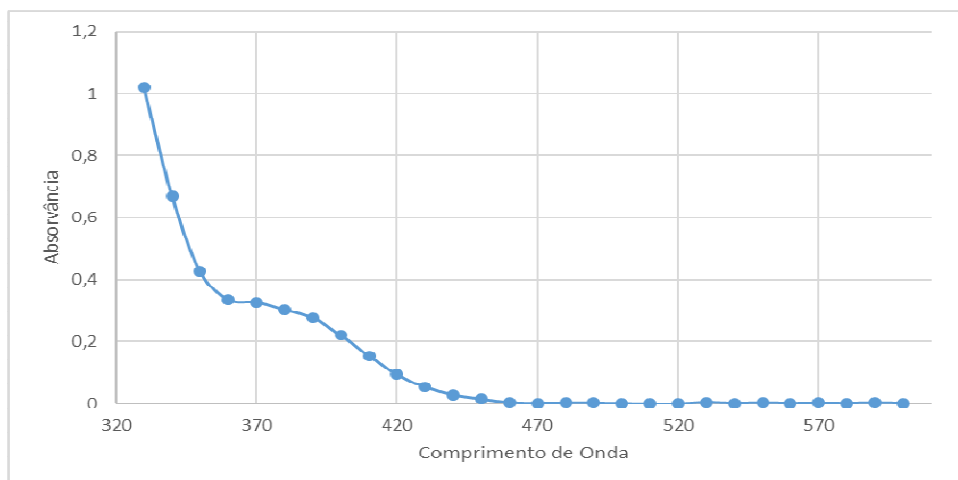
Figura 4 - Espectro de 8-Hidroxiquinolina em fase única



Fonte: Autores do trabalho, 2014.

A FIG. 4 apresenta o espectro característico da 8-hidroxiquinolina no sistema: água-etanol-metilisobutlicetona, sem a presença do íon metálico. Nota-se que existe sinal de absorvância entre 330 e 360 nm. Os valores de absorvância obtidos da leitura das soluções preparadas no sistema ternário, onde a 8-hidroxiquinolina encontrava-se solubilizada juntamente com uma concentração fixa de metal, ao serem plotados nos fornecem um comportamento delineado pela curva exibida na FIG. 5.

Figura 5 - Espectro do complexo em fase única

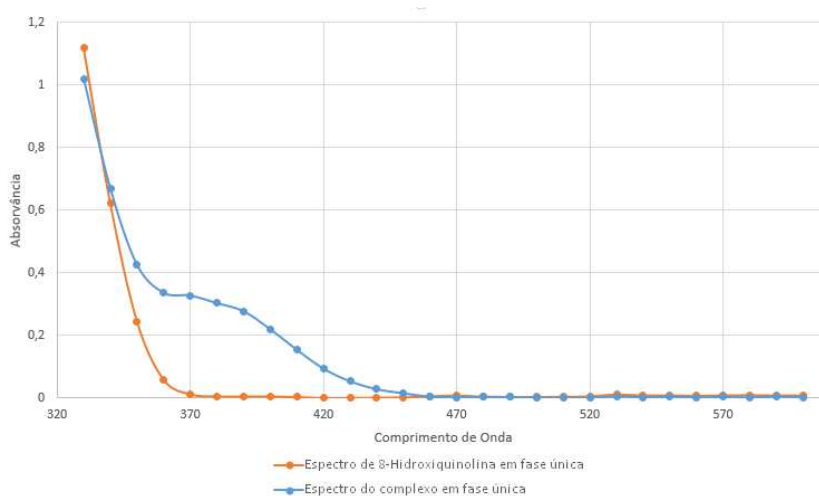


Fonte: Autores do trabalho, 2014.

A FIG. 5 é o espectro característico da 8-hidroxiquinolina no sistema: água-etanol-metilisobutilcetona, com a presença do íon metálico. Nota-se que existe sinal de absorvância entre 330 e 430 nm.

O comprimento de onda de 370 nm foi o escolhido, por evidenciar a ocorrência da formação do complexo, pois conforme se pode verificar na FIG. 6, que é uma sobreposição da FIG. 4 e FIG. 5, existe uma grande diferença de absorvância entre as soluções de 8-hidroxiquinolina e 8-hidroxiquinolina com íon metálico.

Figura 6 - Sobreposição do espectro da 8-hidroxiquinolina em fase única com o espectro do complexo em fase única



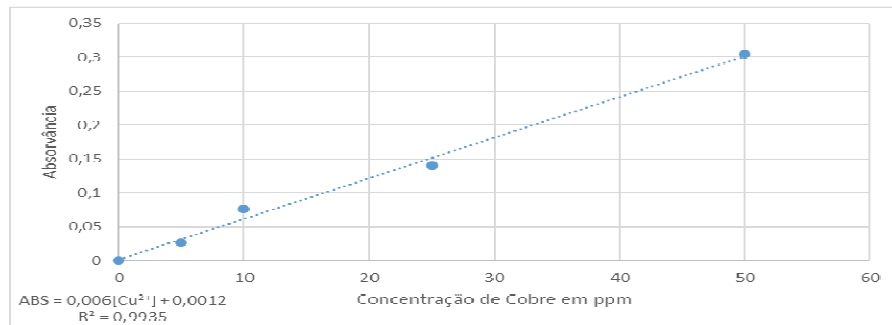
Fonte: Autores do trabalho, 2014.

Observou-se que nos espectros da FIG. 6, no $\lambda = 370\text{nm}$, o complexante, 8-hidroxiquinolina, absorve, entretanto com uma intensidade bem inferior a absorção do complexo, sendo, portanto este λ o mais recomendado para as determinações deste trabalho.

7.3 Construção da curva de calibração

Seguindo o método descrito para a obtenção da curva de calibração, a leitura das soluções foi realizada em triplicata no espectrofotômetro, onde se obtiveram os valores em média de absorvância que permitiram confeccionar a seguinte curva de calibração ilustrada pela FIG. 7:

Figura 7 - Curva de calibração para o cobre complexado com 8-hidroxiquinolina



Fonte: Autores do trabalho, 2014

Pela FIG. 7, nota-se que, a curva apresenta linearidade até 50 mg/L, sendo esta linearidade consistente pelo valor apresentado pelo R^2 .

O R^2 , denominado coeficiente de correlação, descreve quanto o conjunto de dados obtidos se aproxima de uma linha reta perfeita, sendo o seu intervalo de 0 a 1. O valor 1 corresponde a todo ponto de dados que se encontra em uma linha reta perfeita; o valor zero significa que não há nenhuma correlação entre os pontos de dados (HIGSON, 2009).

Muitos dados determinados experimentalmente retornam valores para $R > 0,9$ e, portanto, é muito comum expressar R^2 . Quanto mais próximo R estiver de 1, mais próximo estará R^2 de 1. Por outro lado, à medida que R se afasta de 1, R^2 diminuirá com o quadrado de R . O valor R^2 é um teste notável para ajuste de dados (VOGEL et al, 2002).

7.4 Análise das amostras de açúcar

O valor de absorvância para as quatro amostras analisadas pode ser visualizado no QUADRO 1 a seguir:

Quadro 1 - Valores de absorvância para a curva de calibração

AMOSTRA	ABSORVÂNCIA
Amostra 1	0,028
Amostra 2	0,021
Amostra 3	0,066
Amostra 4	0,001

Fonte: Autores do trabalho, 2014.

Tirou-se uma média total das amostras, sendo esta igual a 0,029; com a curva de calibração, $ABS = 0,006[Cu^{2+}] + 0,0012$, realizaram-se os cálculos para determinar o valor da presença de metal na matriz:

A percentagem de cobre em amostras de açúcar é de 0,0027% (m/v). Segundo Barcelos (2008), estima-se que a faixa aceitável de ingestão oral diária de cobre para um adulto saudável normal, que pesa entre 50 e 70 kg, equivale a 0,8 a 10,0 mg/dia.

Estudos feitos com o bagaço da cana-de-açúcar para a verificação do material de interesse desse metal por Souza (2011), demonstram que existe um percentual desse metal no bagaço, cerca de 10 mg/L^{-1} para cada 1,5 kg de bagaço, podendo essa concentração, posteriormente, ser transferida para o produto final da cana-de-açúcar; corroborando para o estudo realizado neste trabalho.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que a taxa de consumo considerada normal para o cobre pode ser de 0,8 a 10,0 mg/dia, a concentração encontrada não apresenta riscos ao ser humano. Porém, estudos devem ser feitos para a verificação do acúmulo desse metal no organismo devido ao consumo diário de açúcar.

O método utilizado demonstra-se eficaz para determinação de cobre em amostras de açúcar, podendo ser utilizado no controle de qualidade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. **Determinação voltamétrica de molibdênio(vi) utilizando um sistema ternário homogêneo de solventes**. 2003. Tese (Doutorado em Química)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- AYALA, J. D. **Química de coordenação**. UFMG, 2003. Disponível em: <<http://qui.ufmg.br/~ayala/matdidatico/coord.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- BARCELOS, T. D. J. **Cobre: vital ou prejudicial para a saúde humana?** 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Medicina)-Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008.
- BUENO, L. S. **Conceito histórico e divisões da agricultura**. 2012. 6 f. Trabalho para obtenção de créditos (Graduação em Agronomia)-Instituto Federal Goiano-Campus Iporá, Iporá, 2012.
- CAMILOTTI, F. et al. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo em esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 284-293, jan./abr. 2007.
- CASTRO, B. P. I. N.; SILVIA, C. M. D.; VIEIRA, A. R. D. **Efeitos no homem e no ecossistema de alguns metais pesados: alumínio, mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio, crômio, cobalto, cobre e zinco**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ecologia Aplicada, 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/12292549/Efeitos-no-homem-e-ecossistema-de-alguns-metais-pesados-Aluminio-Mercurio-chumbo-Cadmio-Arsenio-Cromio-Cobalto-Cobre-e-Zinco>>. Acesso em: 05 jul. 2012.
- CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.
- FELIPE, D. C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2008.
- HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- HIGSON, S. **Química analítica**. São Paulo: Mc Graw Hill, 2009.
- LUCCI, E. A. **Geografia: o homem no espaço global**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 1998.
- MASSABINI, A. C. **Os metais e a saúde humana**. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/default.php?p=texto.php&c=quimica_viva__os_metais_e_a_saude_humana>. Acesso em: 05 jul. 2012.
- MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e treinamento**. Barueri, SP: Manole, 2000.

CHAGAS, J. O.; CORRÊA, S.; ALMEIDA, A. M. de. Uso de sistema ternário homogêneo de solventes e espectrofotometria UV-VIS no desenvolvimento de método para a determinação de cobre em amostras de açúcar

MOORE, W. J. **Physical chemical**. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1959.

RESENDE, M. L. **Determinação de alumínio em açúcar com o uso de sistema ternário homogêneo de solventes e espectrofotometria UV-VIS**. 2011. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química)-Centro Universitário de Formiga-MG, Formiga, 2011.

RUSSEL, J. B. **Química geral**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education, 2004. 2 v.

SAPELLI, E. **Parâmetros físico-químicos das reações de Zn²⁺ e Cd²⁺ com 8-hidroxiquinolina acompanhado por espectrofluorimetria em meio micelar**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2006.

SOUZA, R. S. et al. Adsorção de óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/>>.

THEODORO, A. T. **Expansão da cana de açúcar no Brasil**: ocupação da cobertura vegetal do cerrado. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis)-Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2011.

VIDOTTI, J. F.; CARVALHO FILHO, J. V. **Diagramas triangulares de fases de um sistema líquido ternário**. UFSCAR, 2013. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/42701627/Exp-3-diagramas-triangulares-de-fases-de-um-sistema-liquido-ternario-juarez>>. Acesso em: 20 ago. 2013.

VOGEL, A. I. et al. **Análise química quantitativa**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2002.