

CAMILA MASCHIO NUNES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA
TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS**

Assis
2013

CAMILA MASCHIO NUNES DA SILVA

UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Trabalho de conclusão de
Curso apresentado ao Instituto
Municipal de Ensino Superior
de Assis, como requisito do
Curso de Graduação em
Química Industrial.

Orientadora: Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello

Área de Concentração: Química

Assis
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Camila M. Nunes

Utilização do Bagaço da Cana-de-açúcar para Tratamento de Efluentes Industriais / Camila M. Nunes da Silva. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2013.

50p.

Orientadora: Profª Patrícia Cavani Martins de Melo
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Efluente Industrial. 2. Meio Ambiente

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES INDÚSTRIAS

CAMILA MASCHIO NUNES DA SILVA

Trabalho de conclusão de
Curso apresentado ao Instituto
Municipal de Ensino Superior
de Assis, como requisito do
Curso de Graduação em
Química Industrial, analisado
pela seguinte comissão
examinadora:

Orientadora: Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello

Analisadora: Ms. Elaine Amorim Soares Menegon

Assis
2013

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus por me dar força nos momentos difíceis e sempre me conceder os desejos do meu coração. A minha família, em especial minha mãe por sempre me apoiar e não medir esforços para que eu pudesse ter a oportunidade de concluir uma faculdade. Aos meus amigos, por estarem ao meu lado e serem pacientes comigo. E aos professores que sempre se dedicaram e se esforçaram para a nossa formação.

AGRADECIMENTOS

À Professora, Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello pelo apoio, amizade, orientações e pelo constante estímulo transmitido durante a realização do trabalho.

Aos meus amigos pela compreensão, amizade e conselhos: Giovanna Spricido, Bruna Roncon, Flaviana Ueda, Fernanda Rodrigues, Marcelo Mاتيولli, Thais Carreiro, Sergio Cortez, Liziane Souza e todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

Aos familiares, mas principalmente aos meus pais Debora Lucia Maschio e Mivaldo Nunes da Silva que sempre me ajudaram e me incentivaram para a realização desta graduação e no desenvolvimento do meu trabalho.

A mente que se abre a uma
nova idéia jamais voltará ao
seu tamanho original.

Albert Einstein.

RESUMO

O tratamento de efluentes industriais também pode ser um processo de desenvolvimento sustentável. Por isso novas tecnologias que visam baixo custo e alta eficiência para o tratamento de efluentes industriais, tem se mostrado muito necessário nas ultimas décadas. Neste trabalho, investigou-se a viabilidade do bagaço de cana-de-açúcar em adsorver íons de cobre presentes em meios líquidos. O bagaço da cana é uma biomassa residual considerada muitas vezes um poluente, mas apresenta capacidades adsorptivas por metais que a torna bastante útil. Sendo o Brasil considerado o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, esta aplicabilidade do bagaço soluciona dois problemas, um é a diminuição do acúmulo desse material amenizando os problemas de estocagem e ambientais, e o outro é o tratamento de efluente. Métodos convencionais para o tratamento dos efluentes das indústrias tem custo elevado e baixa eficiência. Em contrapartida a adsorção tratasse de um processo simples, de baixo custo e eficiente, que vem ganhando cada vez mais espaço na atualidade. Neste contexto foram realizados experimentos para medir a capacidade do bagaço de cana-de-açúcar em adsorver o metal cobre. O primeiro experimento foi realizado com o bagaço sem nenhum tratamento. Observou-se que este material não teve a capacidade de adsorver o íon Cu^{2+} , devido a ausência de grupos carbonila na estrutura da celulose. Para resolver tal problemática realizou-se o mesmo experimento, porém previamente tratando o bagaço com uma solução de EDTA 0,29 M. Ao término deste experimento constatou-se que o bagaço não adsorveu o metal. Uma possível explicação para este resultado seria a presença de lignina na estrutura do material, sendo esta responsável por proteger o bagaço de ataques externos. Será necessário retirar a lignina para realizar estes experimentos.

Palavras-chave: efluente industrial; biomassa; legislações; cobre.

ABSTRACT

The treatment of industrial residues can be made in a sustainable way. Because of it, low cost and high efficiency technologies are being developed everyday at this decade. This paper has investigate the viability of sugarcane bagasse in adsorption of copper in liquids. The sugarcane bagasse is a residual biomass, considered a pollutant much times, but it presents metal adsorptive capacities that makes it very useful. Being Brazil the biggest sugarcane producer, those capacities of sugarcane solves two problems; the first is about the stocking situation and the second the environmental issue in the residue treatment. Conventional methods can't be used in the treatment by the high cost and low efficiency, which is not the case of adsorptive methods. In this context, experiments were performed to measure the ability of bagasse cane sugar adsorb the metal copper. The first experiment was conducted with the bagasse without any treatment. It was observed that the material had the ability to adsorb Cu^{2+} , due to the absence of carbonyl groups in the cellulose structure. To solve this problem there was the same experiment, but previously treating the residue with a solution of 0.29 M EDTA. At the end of this experiment it was found that the bagasse is not adsorbed metal. One possible explanation for this result is the presence of lignin in the material structure, which is responsible for protecting the pulp from external attacks. You will need to remove the lignin to perform these experiments.

Keywords: industrial effluent; biomass; laws; copper.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura da celulose.....	9
Figura 2 - Estrutura da hemicelulose.....	10
Figura 3 - Estrutura da lignina.....	10
Figura 4 - Estrutura do Ácido etilenodiaminotetraacéticos.....	19
Figura 5 - Bagaço após lavagem, secagem e moagem.....	38
Figura 6 - Bagaço agitado mecanicamente com 100 mL de CuSO ₄ ...	39
Figura 7 - Adição de Ácido Nítrico e Ácido Perclórico.....	40
Figura 8 - Amostra após digestão nitroperclórica.....	40
Figura 9 - Curva do cobre.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
IARC	Agência Internacional de Pesquisa em Câncer
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
IFSP	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 HISTÓRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL	15
2.1.1 Importância do Bagaço da Cana-de-açúcar no Brasil.....	16
2.2 APLICAÇÕES DO BAGAÇO	19
2.3 LEGISLAÇÕES PARA DESPEJOS INDUSTRIAIS	21
2.3.1 Legislação para Despejos Industriais em Corpos Hídricos.....	22
2.4 MÉTODO CONVENCIONAL DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA REMOÇÃO DE METAIS.....	24
2.5 TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS POR ADSORÇÃO	25
2.6 ÁCIDO ETILENODIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)	27
2.7 INTOXICAÇÃO POR METAIS	28
2.7.1 Intoxicação por Cobre (Cu).....	28
3. TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA O ENSINO DA PRESERVAÇÃO	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 MATERIAIS	32
4.2 MÉTODOS.....	33
4.2.1 Coleta das Amostras	33
4.2.2 Pré-tratamento do Bagaço da Cana-de-Açúcar	33
4.2.3 Preparo da Solução de Sulfato de cobre 5%.....	34
4.2.4 Preparo da Solução de EDTA 0,29 M	34
4.2.5 Tratamento Químico do Bagaço	34
4.2.6 Experimentos de Adsorção do Cobre em Bagaço de Cana-de-açúcar	35
4.2.6.1 Processo de digestão nitroperclórica	36
4.2.6.2 Determinação da concentração de cobre por espectrofotometria de absorção atômica	36

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial em todo o mundo, nas últimas décadas, levaram à ocupação desordenada de áreas e ao uso inadequado dos recursos naturais que, por sua vez, são responsáveis pela degradação e poluição ambiental (ALBERTINI; CARMO; PRADO FILHO, 2007).

A água, por ser um dos recursos naturais mais utilizados, é a que mais sofre poluição. Atualmente, existe em todo o mundo uma grande preocupação com a preservação da água, não só por causa de sua escassez em algumas regiões, mas também pela sua disponibilidade na natureza. Por isso, é necessária sua preservação e recuperação (BRASIL ESCOLA, 2012).

Segundo Pires, Feijó e Luiz (2009), “A água ocupa 70% da superfície da Terra. A maior parte (97%) é salgada. Dos 3% de água doce, menos de 1% vai para os rios, ficando disponível para uso. O restante está nas geleiras, icebergs e em solos muito profundos.”

Por necessitar de grande volume de água para o seu funcionamento e por produzir uma grande quantidade de resíduos tóxicos, difíceis de serem degradados no meio ambiente, as indústrias vem contaminando os recursos hídricos com estes, que se acumulam nos reservatórios naturais podendo causar, a médio e longo prazo, riscos à saúde de organismos vivos e danos ambientais (ALBERTINI; CARMO; PRADO FILHO, 2007).

Entende-se por resíduos industriais aqueles materiais gerados pelas diversas atividades industriais, que apresentam características muito diversificadas, pois dependem do tipo de produto manufaturado. Estes resíduos devem, então, ser estudados individualmente e classificados segundo a NBR 10.004/ABNT (LIMA, 2009).

Em contrapartida, nosso país tem uma grande atividade na agricultura gerando, assim, grandes quantidades de resíduos denominados de biomassa que,

atualmente, é muito utilizada para diminuir ou evitar a poluição ambiental, além de ser um recurso natural renovável (SANTOS; FERRAREZI; DRAGUNSKI, 2012).

A biomassa vem sendo utilizada, também, na produção de energia e bio-óleo, entre outros (SANTOS; FERRAREZI; DRAGUNSKI, 2012).

Outra aplicabilidade que vem sendo desenvolvida é a sua utilização para tratamentos de efluentes contaminados com metais, através de adsorção (SANTOS; DRAGUNSKI, 2012).

Pelo fato de tratamentos convencionais nem sempre serem eficientes e possuírem um custo elevado se comparados ao uso da biomassa, a utilização deste método alternativo de tratamento é de grande valia para as indústrias que geram grandes quantidades de efluentes contaminados por metais (MONTANHER; ROLLEMBERG, 2011).

A região de Assis possui muitas indústrias sucroalcooleiras, sendo assim o bagaço da cana-de-açúcar é uma matéria-prima abundante, tornando-se interessante seu uso para a adsorção e remoção de metais tóxicos em efluentes.

Este trabalho tem como objetivo verificar a capacidade do bagaço de cana-de-açúcar (biomassa) de adsorver o metal cobre (Cu) em soluções contendo este íon.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

Típicas de climas tropicais e subtropicais, a *Saccharum officinarum* L. (planta da cana-de-açúcar) é originária do Sudeste Asiático. A propagação das culturas de cana no norte da África e sul da Europa deve-se aos árabes na época das invasões. Por causa de seu sabor açucarado despertou o interesse das mais diversas etnias (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

As tentativas de cultivar as plantas da cana-de-açúcar na Europa foram fracassadas devido ao clima temperado, porém o continente que ofereceu a esta cultura excelentes condições para seu desenvolvimento foi a América, onde mais tarde se concentraria a maior parte da plantação mundial (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

No Brasil, seu desenvolvimento foi com a criação de engenhos e plantações com mudas trazidas pelos portugueses, tendo como produção principal a fabricação de açúcar, com o objetivo econômico para Portugal. O Brasil, até 1650, foi o país que liderou a produção mundial de açúcar, tendo grande comércio no mercado europeu, proporcionando crescimento econômico para a nação. Na mesma época, a cultura da cana atingiu a região de Itú, sendo esta considerada o maior centro açucareiro de São Paulo (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

Com a valorização do café no início do século XIX, a cana-de-açúcar foi perdendo aos poucos o seu espaço, o que culminou no fechamento de vários engenhos. Mas na segunda metade do século XX, com a crise do petróleo, o governo federal implantou o Proálcool, que visava diminuir a dependência de importação de combustíveis derivados de petróleo. Foi então que, em apenas dez anos após sua

criação, a área plantada de cana-de-açúcar dobrou (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

Neste período não existiam preocupações com as questões ambientais, assim, as mudanças causadas pelo Proálcool trouxeram conseqüências ao meio ambiente devido ao monocultivo; exploração não sustentável dos recursos naturais, como água e solo; e grande quantidade de resíduos gerados (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

A partir dos anos 80 começaram os movimentos ecológicos, visando conceitos de eco desenvolvimento, preservação ambiental e desenvolvimento sustentável, que passaram a fazer parte das discussões em reuniões internacionais. Então, aos poucos, estabeleceu-se na agricultura uma maior integração entre as questões ambientais, sociais e econômicas, favorecendo assim uma maior preservação dos recursos naturais (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

Ao contrário da pecuária e de outras culturas agrícolas, o setor canavieiro apresenta maior potencial para um crescimento sustentável, isto se deve às poucas exigências para o cultivo da cana-de-açúcar se comparada com outras culturas, e também devido ao fato de seu grande aproveitamento dentro da indústria, sendo possível aproveitar a planta toda: bagaço, méis, torta e resíduos de colheita (THEODORO, 2011; BIBLIOTECA VIRTUAL, 2012).

2.1.1 Importância do Bagaço da Cana-de-açúcar no Brasil

O bagaço da cana-de-açúcar, também denominado biomassa, é obtido após a moagem.

Segundo Silva; Gomes; Alsina (2007):

Devido às suas características físicas e químicas, esse material encontra um vasto campo de utilização, dentre eles na produção de ração animal, na indústria química, na fabricação de papel, papelão e aglomerados, como material alternativo na construção civil, e na produção de biomassa microbiana. Além de tudo isso, estudos têm sido realizados utilizando o bagaço de cana como biomassa adsorvente de contaminantes orgânicos.

Sendo o Brasil o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, tem-se uma grande quantidade de geração de resíduos (biomassa). Para cada tonelada de cana-de-açúcar que é processada gera-se em torno de 140 Kg de bagaço. Cerca de 60% a 90% deste material a própria indústria sucroalcooleira utiliza como combustível para geração de energia elétrica e para o aquecimento de caldeiras, mas existe ainda um excedente que gera problemas ambientais e de estocagem (CANILHA *et al*, 2007).

Na produção do país nota-se que em alguns períodos pode ocorrer à diminuição da produção, este fator está relacionado a diversos fatores, mas o principal é o clima. Outros fatores relacionados seriam a falta de renovação dos canaviais, diminuição na quantidade de insumos aplicados e a utilização da mecanização na colheita (ASSIS, 2012).

A composição química varia em função do tipo de clima, tipo de solo, técnicas de colheita e até mesmo o manuseio (ASSIS, 2012).

Segundo Souza; Santos (2002) e Canilha *et al* (2007) assim como outros resíduos, o bagaço tem em sua composição química os seguintes componentes: Celulose, Hemicelulose e Lignina.

- a) **celulose:** composto orgânico mais abundante nas plantas; possui alta reatividade de seus grupos hidroxilas formando ligações de hidrogênio intramoleculares e intermoleculares. A celulose é composta por unidades de glicose, e cada unidade possui uma hidroxila primária e duas secundárias. A figura 1 mostra a estrutura da celulose.

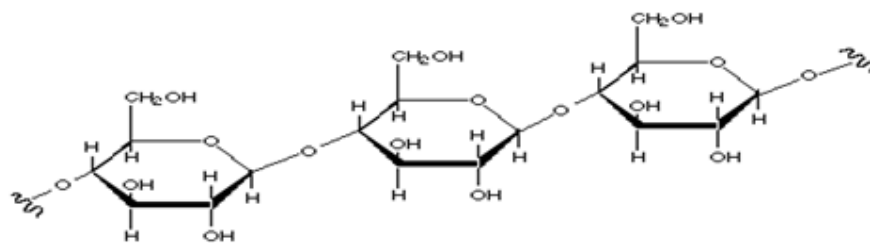


Figura 1 – Estrutura da celulose (KLOCK et al, 2005)

b) hemicelulose: composto susceptível à hidrólise, uma mistura de polissacarídeos de baixo peso molecular. É o componente responsável pela biodegradação, absorção de umidade e degradação térmica da fibra vegetal. A figura 2 mostra a estrutura da hemicelulose.

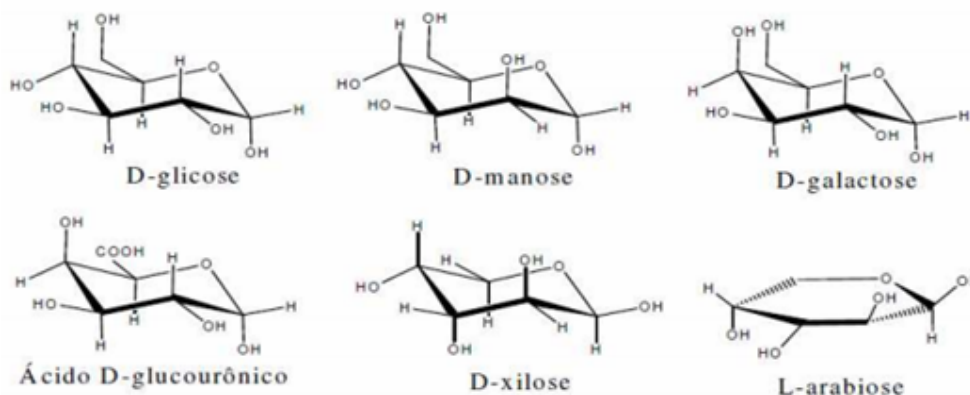


Figura 2 – Estrutura da Hemicelulose (ASSIS, 2012)

c) lignina: composto cuja concentração aumenta com a maturidade fisiológica da planta. É um polímero tridimensional amorfo.

Apresenta estrutura macromolecular que confere rigidez à parede celular.

Sua função biológica é proteger o tecido vegetal contra oxidação e ação de microorganismos. Tecidos lignificados resistem mais ao ataque de microorganismos, impedindo a penetração de enzimas destruidoras da parede celular. A figura 3 mostra a estrutura da lignina.

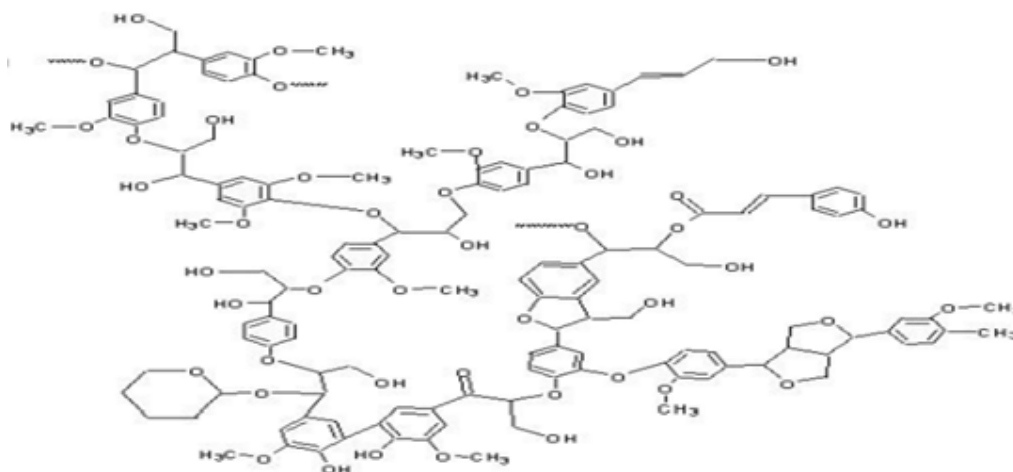


Figura 3 – Estrutura da Lignina (KLOCK et al, 2005)

2.2 APLICAÇÕES DO BAGAÇO

Segundo Costa & Bocchi, 2013 e Silva; Garcia & Silva, 2010, o bagaço de cana de açúcar vem sendo considerado muito importante, por possuir diversas aplicações, como:

- Utilizado como fonte de alimento para ruminantes, pois sua disponibilidade ocorre em um período de escassez de forragem;
- Tratamento de efluentes industriais pelo método da adsorção.

- Na fabricação de concreto para a construção civil;
- As fibras do bagaço são utilizadas como reforço na produção de fibrocimento e a cinza gerada pela queima do bagaço na produção de concreto substitui o cimento em massa em 30%;
- Existe um período de seca dos reservatórios das usinas hidrelétricas por isso é importante aproveitar todo o potencial energético do bagaço com a cogeração de energia proveniente da sua queima;
- Existem papéis feitos de bagaço, pois o bagaço possui fibras de alta qualidade e biodegradabilidade, sendo este papel 100 % reciclável;
- Sendo o bagaço um conjunto de fibras emaranhadas de celulose é possível produzir painéis de madeira;
- Etanol de 2º geração é produzido a partir da biomassa vegetal (bagaço) que é composta principalmente por celulose. A quebra da celulose em moléculas simples de glicose permite a sua fermentação e assim a produção de álcool;
- Derivados de celulose são utilizados em industriais farmacêuticas e de cosméticos, produzindo géis hidrofílicos, sabonetes esfoliantes, sabonetes líquido e loção hidratante;
- o polímero polihidroxibutirato, pode ser fabricado a partir do bagaço da cana-de-açúcar, fornecendo assim os Bioplásticos;
- Usado para produzir camas para acomodação de cogumelos e vasos de plantas, substituindo o xaxim;

Portanto o bagaço que é um derivado da produção de cana-de-açúcar tem ampla aplicação, mas na atualidade sua principal utilização é na cogeração de energia elétrica nas próprias usinas a fim suprir a energia gasta no processo (COSTA; BOCCHI, 2013; SILVA; GARCIA; SILVA, 2010).

Pode-se notar que as aplicações do bagaço são diversas, que vão desde a produção de materiais simples, como o plástico, até produtos mais sofisticados, como cremes hidratantes e esfoliantes para o corpo, incluindo o papel e madeira (COSTA; BOCCHI, 2013; SILVA; GARCIA; SILVA, 2010).

2.3 LEGISLAÇÕES PARA DESPEJOS INDUSTRIAIS

Tendo como interesse a preservação e manutenção dos recursos naturais é que foram criadas as legislações ambientais e órgãos fiscalizadores (BONIOLO; YAMAURA, 2005).

Surgiu assim a norma brasileira ABNT NBR ISO 14001:2004 *Sistemas da Gestão Ambiental: Requisitos com orientação para o uso*, as quais procuram desenvolver uma abordagem organizacional que leve a uma efetiva proteção ambiental nos meios produtivos (CULTRI et al, 2007).

Devemos levar em conta que somente a fiscalização torna-se insuficiente para a resolução deste problema, pois evitar que novos contaminantes entrem em contato com o meio ambiente não é suficiente, é necessário também desenvolvimento de novas tecnologias para recuperar os recursos já prejudicados. Essas tecnologias de tratamento de efluentes devem apresentar baixo custo operacional e elevada eficiência na capacidade de remoção dos poluentes para que sejam viáveis (BONIOLO; YAMAURA, 2005).

Este é um motivo pelo qual o estudo envolvendo a biomassa residual para tratar efluentes tem despertado grande interesse na atualidade. Pois se trata de um material natural praticamente sem custo, abundante, que normalmente é descartado sem ser utilizado e apresenta a característica de capacidade adsorptivas por metais e compostos orgânicos. Por apresentar estas características este tipo de material traz uma redução do impacto ambiental de duas formas, uma delas é a diminuição do descarte deste resíduo que muitas vezes torna-se um poluente pelo seu acúmulo. Outro aspecto importante é a reutilização tanto da biomassa quanto dos poluentes metálicos adsorvidos que podem ser recuperados por processos de desorção (BONIOLO; YAMAURA, 2005).

Só com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) número 01 de 1986 foi que se tornou obrigatório o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) bem como das medidas mitigadoras deste impacto para todas as instalações de indústrias que sejam potencialmente

poluidoras. Os órgãos ambientais analisam estes relatórios, e julgam as medidas apropriadas para aprová-los. O CONAMA a nível federal é órgão responsável pelas questões ambientais (CULTRI et al, 2007).

No Brasil o número de indústrias que são certificadas pela ISO 14001 é pequeno. Um dos motivos do pouco interesse dos empresários é devido à crença de que a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA-ISO 14001) é um processo extremamente caro e difícil de obter. Mas para que as empresas nacionais possam exportar seus produtos para países desenvolvidos é preciso estar dentro das exigências legais e normativas, que correspondem a algumas exigências do mercado internacional, que cada vez mais privilegia o consumo consciente de produtos ambientalmente corretos (CULTRI et al, 2007).

2.3.1 Legislação para Despejos Industriais em Corpos Hídricos

A qualidade da água será em função de condições naturais e da interferência humana pelo seu uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas (SPERLING, 2005).

Segundo Sperling (2005) para estar em conformidade com os padrões legais de qualidade da água deve-se obedecer:

- **Padrão de potabilidade:** Portaria nº 2.914 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde
- **Padrão de corpos d'água:** Resolução CONAMA 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente, e eventuais legislações estaduais;
- **Padrão de lançamento:** Resolução CONAMA 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente, e eventuais legislações estaduais.

Para que uma indústria possa lançar seus efluentes em corpos hídricos é necessário estar em conformidade com as exigências legais, como podemos ver no Art. 3º da Resolução CONAMA nº 430/2011:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Já no Art. 18 desta mesma Resolução, fala sobre a toxicidade do efluente:

O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 1º Os critérios de ecotoxicidade previstos no *caput* deste artigo devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes.

A resolução CONAMA nº 357 e 430 estabelece os padrões de lançamento de efluentes, mas é mais aplicável a esgotos domésticos. A CETESB é o órgão estadual responsável pelo controle e fiscalização dos despejos provenientes de indústrias. Sendo assim, nossas abordagens seguirão os seguintes decretos estaduais:

- DECRETO N. 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976 - O CAPÍTULO II, Seção I e II deste decreto estabelece padrões para efluentes.

Podemos ver no Art. 17 que os efluentes de qualquer natureza somente poderão ser lançados nas águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, situadas no território do Estado, desde que não sejam considerados poluentes, na forma

estabelecida no artigo 3º deste Regulamento.

O Art. 19-A mostra que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipo adequados, conforme previsto no § 4º deste artigo.

- DECRETO N. 10.755, DE 22 DE NOVEMBRO DE 1977 – Este decreto dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas.

2.4 MÉTODO CONVENCIONAL DE TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA REMOÇÃO DE METAIS

A indústria utiliza muita água, que é de grande importância nas lavagens de máquinas, tubulações e pisos; sistemas de resfriamento; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos e esgoto sanitário dos funcionários. Com exceção dos volumes de água que são incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas pelos resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, dando assim origem aos efluentes líquidos (GIORDANO, 2012).

Esses resíduos, chamados de efluentes, devem ser despejados em algum lugar, e se analisarmos no decorrer da história, o desenvolvimento urbano e industrial ocorreu próximo de rios devido à disponibilidade de água para abastecimento e a possibilidade de utilizar o rio como corpo receptor dos dejetos (GIORDANO, 2012).

Quando esses resíduos são despejados nos rios causam alteração na qualidade e, assim, a sua degradação. Entende-se por poluição hídrica qualquer alteração que seja física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico (GIORDANO, 2012).

Pode-se utilizar várias técnicas para retirar metais de efluentes, tornando-se adequado seu lançamento em corpos hídricos. O tratamento mais utilizado para a

remoção de íons metálicos em efluentes industriais é a precipitação química, por ser um método de baixo custo e de fácil execução (QUEISSADA; SILVA; PAIVA, 2011).

Mas esse método tem suas limitações, principalmente pelo fato dos efluentes tratados não poderem ser recirculados devido ao teor de sais dissolvidos, principalmente sódio (LUNARDI; SANTO e CANTELLI, 2009).

A precipitação química tem a finalidade de alterar o equilíbrio iônico do composto metálico, através da adição de reagentes, o estado físico de substâncias que existem em solução (ou dispersas), produzindo um precipitado insolúvel, facilitando a sua remoção por sedimentação. Os processos subseqüentes da precipitação são os de sedimentação e filtração. É usado para poder aumentar a eficiência da sedimentação primária, na remoção de metais pesados, e na remoção de fósforo (MARQUES, 2012).

2.5 TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS POR ADSORÇÃO

A adsorção tem como princípio ser um processo espontâneo de transferência, que ocorrerá sempre que uma superfície de um sólido é exposta a um gás ou um líquido. Este material sólido terá propriedade de reter uma ou mais espécies de íons presentes, ou moléculas. A substância que é adsorvida (o soluto) denomina-se adsorbato, e adsorvente é a substância que adsorve. A literatura tem mostrado a grande eficiência de se utilizar biomassa para a adsorção de metais (PEREIRA, 2008).

Segundo Pereira (2008):

A explicação termodinâmica desse fenômeno é a existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente. Quando as forças moleculares de atração entre o soluto e o adsorvente são maiores que as forças de atração entre o soluto e o solvente, o soluto será adsorvido na

interface superficial do adsorvente. A adsorção física é resultado principalmente por forças de interações de Van der Waals (dipolo-dipolo e dipolo induzido) entre a superfície do sólido e o adsorbato, sendo esta facilmente reversível.

Um grupo de pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) vem desenvolvendo utilidades para o bagaço da cana-de-açúcar como matéria prima para diferentes rotas sintéticas de materiais adsorventes. Este grupo produziu materiais adsorventes com diferentes características e propriedades. Foram introduzidos diferentes grupos funcionais ao bagaço tendo a finalidade de estudar a adsorção de metais pesados, corantes e oxiânions (ASSIS, 2012).

SILVA e JUNIOR (2012) realizaram um estudo comparativo de algumas variáveis no processo de adsorção de cobre (II) em solução aquosa, utilizando a fibra do bagaço da cana-de-açúcar como material adsorvedor, previamente tratada com NaOH. Neste estudo constatou-se que a fibra do bagaço da cana-de-açúcar apresenta bons resultados no processo de adsorção. Concluíram que esta fibra pode ser utilizada como adsorvente para realizar limpeza de efluentes, por ser um material de baixo custo e pela facilidade de tratamento da fibra.

Segundo estes estudos o fator determinante na capacidade de adsorção do material foi o número de funções ácido carboxílico, ou seja, a eficiência de adsorção dos cátions metálicos é proporcional ao número de grupos ácido carboxílicos introduzidos (ASSIS, 2012).

A adsorção resulta de interações eletrostáticas e também a formação de complexos entre os íons metálicos e os grupos funcionais presentes na superfície do material (RODRIGUES et al, 2005).

Porém grupos carbonila não são observados na celulose sem tratamento, por este fato a capacidade de adsorver é aumentada significativamente quando a biomassa é modificada quimicamente. Este tratamento com um agente químico possui o intuito de introduzir grupos funcionais com afinidade por íons metálicos (RODRIGUES et al, 2005).

A classe de substâncias de ácidos aminopolicarboxílicos foram reconhecidos como excelentes agentes quelantes (substância que forma moléculas complexas com íons metálicos), sendo o Ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) o composto mais importante deste grupo (ASSIS, 2012).

2.6 ÁCIDO ETILENODIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)

O EDTA é um ácido que atua como agente quelante, formando complexos muito estáveis com íons metálicos.

Possui dois grupos de anidridos na estrutura (Figura 4) do dianidrido do EDTA (EDTAD) estes reagem com os grupos hidroxila presente na fibra do bagaço e então os grupos quelantes são introduzidos quimicamente para complexar cátions metálicos. Estes grupos quelantes são os ácidos carboxílicos e aminas, possuem alta afinidade para a formação de complexos por isto são bastante utilizados para remover íons metálicos (ASSIS, 2012).

O bagaço após ser modificado com EDTA passa a possuir funções carboxilato e aminas terciárias, o que aumenta a sua capacidade de adsorção de íons de metálicos inclusive o Cu^{2+} (ASSIS, 2012).

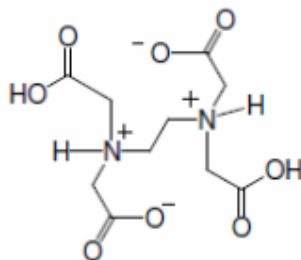


Figura 4 – Estrutura do Ácido etilenodiaminotetraacéticos (ASSIS, 2012).

2.7 INTOXICAÇÃO POR METAIS

Intoxicação por metais refere-se a elementos químicos que podem ser venenosos e tóxicos para os seres vivos. O que difere os metais dos compostos orgânicos tóxicos é o fato desses metais não serem totalmente degradáveis em formas não tóxicas (BARD, CANN, 2011).

Os metais mais perigosos são mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e arsênio (As), porém não são tóxicos quando estão ligados com outros compostos, entretanto, são perigosos na forma de seus cátions e também quando ligado a cadeias curtas de átomos de carbono (BAIRD, CANN, 2011).

Segundo Baird e Cann (2011, 686 p):

Bioquimicamente, o mecanismo da ação tóxica aumenta com a força de afinidade dos cátions com o enxofre. Portanto *grupos sulfidrilas*, - SH, os quais ocorrem normalmente nas enzimas que controlam a velocidade das reações metabólicas críticas no corpo humano, prontamente atacam os cátions de metais pesados ingeridos ou as moléculas que contêm os metais. Como a ligação metal-enxofre resultante afeta a enzima inteira, ela não pode agir normalmente e, como um resultado, a saúde humana é afetada, algumas vezes fatalmente.

2.7.1 Intoxicação por Cobre (Cu)

Os metais possuem importantes funções biológicas, portanto são considerados essenciais para uma boa saúde. No entanto são potencialmente tóxicos se forem ingeridos em concentrações superiores as suficientes (ASSIS, 2012).

Metais como, por exemplo, o cobre são muito encontrados em efluentes industriais e apresentam toxicidade a vida aquática, terrestre inclusive a humana (ASSIS, 2012).

Existem muitas indústrias que utilizam metais em seus processos e nem sempre os efluentes desses processos recebem um tratamento adequado. Metais como o Cu (II), Cd (II), Hg (II), Pb (II) e outros tem a tendência de acumular-se em órgãos vitais de seres humanos e animais (GURGEL, 2007)

O cobre é um metal com grande disponibilidade na natureza sendo um elemento que em doses certas é nutricionalmente essencial. Estudos mostram que a ingestão de água potável com mais de 3 mg/L acarretará em sintomas gastrointestinais, náuseas, vômito e diarreia. Se a ingestão for de grandes quantidades de sais de cobre, pode causar necrose hepática e morte (GURGEL, 2007).

A portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 estabelece a concentração máxima de cobre em água potável como sendo 2 mg/L.

3. TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA O ENSINO DA PRESERVAÇÃO

A química é uma ciência diretamente ligada a tudo que existe no mundo, portanto é necessário uma melhor compreensão desta área de estudo. A preocupação com as questões ambientais vem aumentando, e para resolver estas problemáticas a química é de extrema importância, mas não devemos esquecer a necessidade da consciência ambiental das pessoas. A função da escola é ensinar fundamentos básicos e teóricos para os alunos, mas também tem o papel de formar cidadãos conscientes e informados. O intuito de trabalhar o tema “Tratamento de efluentes” é de despertar a conscientização nos alunos, e ainda possibilita que uma grande quantidade de assuntos de química sejam trabalhados (LEITE; QUADROS, 2013; SILVA, et al., 2008).

As formas tradicionais de como as disciplinas e os conteúdos presentes nos livros didáticos são dadas aos alunos, oferece uma maneira rígida de aprendizado. Mas ao se trabalhar com temas e com projetos surge à possibilidade para que o professor dialogue e de a oportunidade dos alunos interagirem com o tema (SILVA, et al., 2008).

O desenvolvimento do programa se iniciará com a aplicação de questões abertas para identificar a percepção destes alunos sobre o ambiente em que vivem e o que entendem e consideram poluição, com isto pretendo identificar o conhecimento prévio destes alunos (LEITE; QUADROS, 2013).

Após este diagnóstico, a sala será dividida em dois grandes grupos, onde um irá fazer uma maquete de um ecossistema poluído, e o outro grupo fará um ecossistema saudável, isso será feito em sala de aula, com materiais recicláveis, e os alunos terão auxílio de livros, e do professor.

Com o desenvolvimento da maquete a partir de materiais que estão sendo reciclados será trabalhado a importância de se reutilizar, e com isto pode-se relacionar com a questão química sobre o tempo de decomposição dos materiais.

Ao término das maquetes estas serão colocadas lado a lado, e os alunos terão a oportunidade de expor suas opiniões sobre as diferenças entre as maquetes, após

os alunos levantarem os problemas presentes, o professor irá mostrar como cada problema poderá ser resolvido e como a química pode ajudar nesta resolução.

Como o foco do trabalho é o “Tratamento de efluentes” o professor pode dar maior ênfase na questão da poluição dos rios.

Ao abordar a questão da poluição dos rios é possível relacionar com os conceitos químicos exigidos pelos órgãos da educação, como por exemplo: os elementos da tabela periódica; ligações covalentes, iônicas e metálicas, equação de óxido redução, polaridade, sais, bases, leis físicas dos gases, CNTP dos gases, radioatividade, velocidade de uma reação, pH, pOH, efeito estufa, entre outros.

Este trabalho tem como objetivo despertar o interesse e uma conscientização dos alunos na área de química e na preservação de nossos recursos naturais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental deste trabalho será desenvolvida no Centro de Pesquisa em Ciências (CEPECI) da Fundação Educacional do Município de Assis e AGROLAB, localizada na cidade de Assis.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Reagentes

- Sulfato de cobre
- Ácido nítrico p.a
- Ácido perclórico p.a
- Água destilada
- Bagaço de cana-de-açúcar

4.2.1 Equipamentos

- Agitador magnético (Fisatom 702)
- Balança Analítica(Marte AY-220)

- Espectrofotômetro de absorção atômica (Varian AA -1275)
- Estufa de ar forçado (Marconi 035)
- Chapa (Tecnal TE-0181)
- Liquidificador (Becker LTA 1,5 C Inox)

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Coleta das Amostras

As amostras do bagaço de cana-de-açúcar foram coletadas em um vendedor ambulante de caldo de cana-de-açúcar (garapa) localizada na cidade de Assis-SP, sendo coletada uma amostra de 500 g de bagaço para efetuar os experimentos. Esta coleta foi realizada no período do mês de setembro.

4.2.2 Pré-tratamento do Bagaço da Cana-de-Açúcar

As amostras do bagaço da cana-de-açúcar *in natura*, primeiramente foram lavadas com água abundante, e ao final enxaguado com água destilada para a remoção de impurezas como: palha, areia ou madeira.

Após lavagem, as amostras de bagaço foram levadas à secagem em estufa de ar forçado com temperatura de 65°C, por aproximadamente 24h.

Depois de seco foi resfriado em dessecador, e o bagaço foi triturado em liquidificador e armazenado para posterior utilização.

A termino deste processo foram realizados dois experimentos, onde um utilizou o bagaço *in natura* e o outro foi realizado no bagaço um tratamento químico com uma solução de EDTA 0,29 M.

4.2.3 Preparo da Solução de Sulfato de cobre 5%

Foram preparados 500 mL de solução 5% de sulfato de cobre, para isto foram pesados 39,1068 g deste sal e diluído com água destilada em um balão volumétrico de 500mL.

4.2.4 Preparo da Solução de EDTA 0,29 M

Foram preparados 670 mL de solução 0,29 M de EDTA, para isto foram pesados 67,248 g deste sal e diluído com 670 mL de água destilada.

4.2.5 Tratamento Químico do Bagaço

Foram pesados 5 g de bagaço *in natura* e adicionados 670 mL de solução de EDTA 0,29 M, esta mistura foi agitada mecanicamente por meio de um agitador por 24h.

Após este tempo a mistura foi filtrada em papel filtro, e o bagaço retido no papel filtro foi levado a estufa de ar forçado por 24h.

Este bagaço tratado quimicamente foi levado para os posteriores experimentos assim como o bagaço *in natura*.

4.2.6 Experimentos de Adsorção do Cobre em Bagaço de Cana-de-açúcar

Os experimentos de adsorção dos íons metálicos de cobre foram realizados pelo método Batch, durante um intervalo de tempo de 0 min a 120 min, sendo feitas coletas a cada 20 minutos. Foram realizadas 8 coletas durante este tempo.

Primeiramente foram colocados 100 mL de solução de sulfato de cobre 5% em um Béquer de 250 mL. E esta foi a primeira coleta, ou seja, antes da adição do bagaço.

Posteriormente foram adicionados 2,5 g do bagaço da cana-de-açúcar e agitados mecanicamente por um agitador magnético. A segunda coleta foi após esta adição, mas no tempo 0 (zero).

As coletas posteriores foram a cada vinte minutos.

Foram coletados apenas o sobrenadante da solução e este encaminhado à digestão nitroperclórica.

Após este procedimento foi realizado o controle analítico de íons de cobre remanescentes por espectrofotometria.

A porcentagem de adsorção do cobre foi determinada relacionando-se as concentrações iniciais e finais do metal na solução, através da equação:

$$\% \text{ Adsorção} = (C_i - C_f) / C_i \times 100$$

Onde: C_i = concentração inicial do cobre na solução e C_f = concentração final do cobre na solução

4.2.6.1 Processo de digestão nitroperclórica

Este procedimento se baseia no ataque ácido de uma massa (ou volume) da amostra, por ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico (HClO_3), com o objetivo de se eliminar possíveis interferentes, principalmente a matéria orgânica.

Foram colocados 10 mL da amostra coletada em um béquer de 250 mL, e adicionados 30 mL de ácido nítrico p.a. e 5 mL de ácido perclórico p.a.

O conteúdo foi então levado a chapa para o aquecimento até que houve a produção de fumos brancos.

Este conteúdo foi deixado esfriando e após foi transferido quantitativamente para um balão volumétrico de 50 mL, com o auxílio de água deionizada.

As soluções obtidas foram armazenadas em frascos devidamente identificados e as amostras foram encaminhadas para a análise do teor de cobre por espectrometria de absorção atômica.

4.2.6.2 Determinação da concentração de cobre por espectrofotometria de absorção atômica

Para determinar a concentração de cobre presente na amostra foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica Varian, modelo AA -1275, com as condições de operação:

- Corrente da lâmpada = 5mA
- Combustível = acetileno
- Suporte = ar

- Estequiometria = oxidante
- Comprimento de onda = 324,7
- Fenda = 0,2
- Faixa ótima de operação = 2 – 8 mg/L
- Limite de detecção 0,003 mg/L em 324,7 nm usando chama ar-acetileno
- Lâmpada = catodo oco de cobre

Foram feitas leituras das absorvâncias de soluções padrão de cobre para a construção da curva de calibração e da obtenção do coeficiente de correlação linear do gráfico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PRÉ-TRATAMENTO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Após a lavagem do bagaço, secagem e moagem, o mesmo foi obtido com as características apresentadas na Figura 5.



Figura 5 – Bagaço após lavagem, secagem e moagem

5.2 EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO DO COBRE EM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

A figura 6 ilustra os experimentos de adsorção pelo método de bateladas (Batch).



Figura 6 – Bagaço agitado mecanicamente com 100 mL de CuSO₄

5.2.1 Processo de digestão nitroperclórica

O sobrenadante da mistura de bagaço com solução de sulfato de cobre foi encaminhado à digestão nitroperclórica. Como podemos observar na figura 7.



Figura 7 – Adição de Ácido nítrico e Ácido Perclórico

Este conteúdo após digestão nitroperclórica foi deixado esfriando e transferido quantitativamente para um balão volumétrico de 50 mL, com o auxílio de água deionizada. As soluções obtidas estão mostradas na figura 8.



Figura 8 – Amostras após digestão nitroperclórica

5.3 CURVA DE CALIBRAÇÃO DO ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Foram feitas leituras das absorbâncias de soluções padrão de cobre e os resultados obtidos foram utilizadas para a construção da curva de calibração e obtenção do coeficiente de correlação linear do gráfico (Figura 9). Obteve-se um coeficiente de correlação linear próximo de 1, o que comprova a qualidade da curva construída.

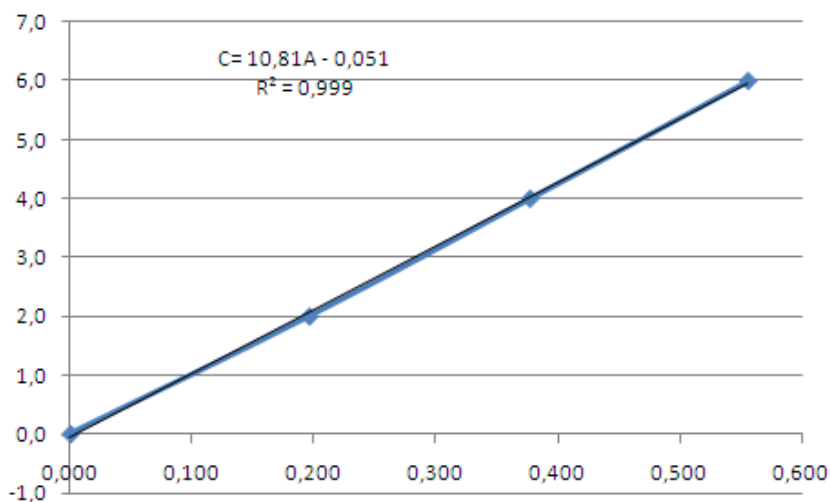


Figura 9 – Curva de calibração de soluções de cobre

5.4 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE COBRE NAS AMOSTRAS

No bagaço *in natura* os valores das adsorções não foram os esperados, isto ocorreu pois os grupos funcionais como carboxilato, fosfato e amino são considerados como responsáveis pelo processo de adsorção. Porém grupos carbonila não são observados na celulose sem tratamento, por isto a capacidade de adsorver é aumentada significativamente quando a biomassa é modificada quimicamente. As funções de ácidos carboxílico presente na celulose são fator determinante na

capacidade de adsorção (RODRIGUES *et al*, 2005). As porcentagens de adsorção são mostradas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Resultados do experimento de adsorção de cobre ao bagaço sem tratamento.

Amostras	Coleta (min)	Concentração de cobre (mg/L)	% de Adsorção
Antes da adição	-	3960,00	-
1 ^a	0	3880,00	2,02
2 ^a	20	3940,00	0,50
3 ^a	40	4080,00	-3,03
4 ^a	60	4010,00	- 1,26
5 ^a	80	4150,00	- 4,79
6 ^a	100	4070,00	-2,77
7 ^a	120	4065,00	- 2,65

Baseado nestas informações é que foram feitos experimentos de tratamento do bagaço *in natura* com uma solução de Ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) 0,29 M, aumentando a quantidade desses grupos funcionais e melhorando a sua adsorção.

Tabela 2: Resultados do experimento de adsorção de cobre ao bagaço tratado com EDTA.

Amostras	Coleta (min)	Concentração de cobre (mg/L)	% de Adsorção
Antes da adição	-	-	-
1 ^a	0	3860,00	- 1,04
2 ^a	20	3830,00	- 0,26
3 ^a	40	3880,00	- 1,57
4 ^a	60	3960,00	- 3,66
5 ^a	80	4000,00	- 4,71
6 ^a	100	3730,00	2,35
7 ^a	120	4150,00	- 8,63

O EDTA foi utilizado pelo fato ser um excelente quelante. Seus dois grupos de anidridos reagem com os grupos hidroxila presente na fibra do bagaço e então os grupos quelantes são introduzidos quimicamente para complexar cátions metálicos.

O bagaço modificado com EDTA possui funções carboxilato e aminas terciárias, o que aumenta a capacidade de adsorção de íons de Cu^{2+} .

No entanto após as análises das concentrações de cobre nas soluções tratadas com o bagaço quimicamente modificado notou-se que os valores não foram os esperados. Uma possível explicação é devido a presença da lignina residual que é uma das substâncias presente na constituição do bagaço, pois devido a sua função biológica de proteger o tecido vegetal pode limitar a adição dos grupos carboxilato, fosfato e amino na celulose do bagaço.

Uma possível solução para este problema seria a retirada da lignina por meio de tratamento.

Existem várias tecnologias que podem ser utilizadas para efetuar a hidrólise (abertura) dos polissacarídeos presentes em materiais lignocelulósicos. Estas diferentes tecnologias podem ser empregadas individualmente ou combinadas: cozimento com vapor a alta pressão seguida ou não de decomposição rápida, hidrólise ácida, hidrólise alcalina, uso de peróxido de hidrogênio dissolução da lignina a quente com solvente orgânico ou álcali, entre outros (PENA, 2011).

6. CONCLUSÃO

A curva de calibração obtida para a análise de cobre apresentou uma correlação linear, demonstrando precisão na resposta do aparelho;

O processo de adsorção do cobre ao bagaço *in natura* não apresentou eficiência desejada;

O tratamento químico do bagaço *in natura* com EDTA não satisfaz as condições necessárias ao processo de adsorção de metais;

Processos de hidrólise que disponibilizam os sítios de adsorção da celulose são necessários previamente aos experimentos de adsorção;

Este trabalho abre perspectivas a novos estudos de adsorção de metais à celulose do bagaço de cana de açúcar previamente tratado

REFERÊNCIAS

ALBERTINI, Silvana; CARMO, Leandro; PRADO FILHO, Luiz. **Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio**. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n1/19.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2012.

ASSIS, Patrícia Aparecida. **Adsorção de metais pesados em solução aquosa e em drenagem ácida de mina utilizando bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente**. 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2306/1/DISSERTAÇÃO_AbsorçãoMetaisPesados.pdf>. Acesso em: 20. set 2013.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. Editora Bookman, 2011.

BIBLIOTECA VIRTUAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Açúcar e álcool: Produção no estado de São Paulo**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/pdf/temasdiversos-acucarealcohol.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2012.

BONIOLO R. Milena; YAMAURA Mitiko - **Viabilidade do uso da casca de banana como adsorvente de ions de uranio**. International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2005. Santos, São Paulo. Brasil. **Resumos**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

BRASIL ESCOLA. **Água: um recurso que deve ser preservado**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/agua-uma-riqueza-limitada.htm>>. Acesso em: 02 out. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA – nº 357, de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA – nº 430, de 13 de Maio de 2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2914. de 12 de dezembro de 2011. Disponível em:** http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis./gm/2011/prt2914_12_12_2011.html< Acesso em: 20/10/2013.

BRASIL. CETESB. Decreto nº. 8.468, de 8 de setembro de 1976. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/legislacao/estadual/dec-8468-08091976.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2013.

BRASIL. CETESB. Decreto nº. 10.755, de 22 de novembro de 1977. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/legislacao/estadual/dec-10755-22111977.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2013.

CANILHA, L.; CARVALHO, W.; ROCHA, G.J.M.; ALMEIDA E SILVA, J.B.; GIULIETTI, M. **Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar in natura, extraído com etanol ou ciclohexano/etanol.** 2007. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/11/11-570-713.htm>>. Acesso em: 25 set. 2012.

COSTA, Wendell Lucas S.; BOCCHI, Maria Lígia M. **Aplicações do bagaço da cana-de-açúcar utilizadas na atualidade.** 2013. Disponível em: http://www.fatecjab.edu.br/revista/2012_v04_n01/artigo02.pdf >. Acesso em: 10 set. 2013.

CULTRI Camila do N.; JAIR Manfrinato W. de Sousa; HAMADA Jorge; WIENS Karina I. - **Gestão de resíduos no contexto de sistema de gestão ambiental com certificação NBR ISO 14001: um estudo de caso em uma indústria de baterias;** 2007. Disponível em: http://www.ead.fea.usp.br/Semead/10semead/sistema/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=187>. Acesso em: 02 jun. 2013

GIANSANTI, Roberto. **Série sobre água - Plano de aula 4 - Consumo consciente.** Nova Escola. Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/consumo-consciente-recursos-hidricos-500936.shtml>>. Acesso em: 07.nov.2012.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** 2012.5 p. Disponível em: http://www.cepuerj.uerj.br/insc_online/itaguaui_2011/edital/superior/biologo/Apostila

%20-%20Tratamento%20de%20efluentes%20industriais.pdf>. Acesso em: 28 set. 2012.

GOMES, F. R. ; DA SILVA, L. G. ; RUGGIERO, R. **Adsorção de metais sobre ligninas de bagaço de cana-de-açúcar eterificadas**. 2008. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/12/12-336-4783.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2013

GURGEL, Leandro Vinícius A. **Mercerização e modificação química da celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidrido succínico e trietilenotetramina: Preparação de novos materiais quelantes para adsorção de Pb (II), Cd (II), Cr (II) e Cu (II)**. 2007. Disponível em: <[http://www.tede.ufop.br/tde_arquivos/10/TDE-2008-04-01T12:39:43Z-195/Publico/diss%20LEANDRO%20VINICIUS%20ALVES%20GURGEL%20%20%20%20%20PROT.pdf](http://www.tede.ufop.br/tde_arquivos/10/TDE-2008-04-01T12:39:43Z-195/Publico/diss%20LEANDRO%20VINICIUS%20ALVES%20GURGEL%20%20%20%20%20%20PROT.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2013.

KLOCK, Umberto, MUNIZ, Graciela Inez B., HERNANDEZ, José Anzaldo, ANDRADE, Alan S. **Química da madeira**. 2005. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/quimicadamadeira.pdf>>, Acesso em: 15 nov. 2013.

LEITE, Sibeles A. F. ; QUADROS, Ana Luiza. **Tratamento de efluentes: o ensino de química engajado nas questões ambientais**. 2013. Disponível em: <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/wp-content/uploads/2007/10/resumo_sibele.pdf>. Acesso em: 06 set. 2013.

LIMA, Rosimeire. **Gestão de resíduos sólidos**. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2009.

LUNARDI, Marina M.; SANTOS, Fernanda A.; CANTELLI, Marlize. **Tratamento de efluente de indústria metalúrgica com o uso de biosorventes naturais para remoção de metais pesados**. 2009. p. 3086. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Engenharias/Engenharia_Quimica/70503-MARINA_MONTEIRO_LUNARDI.pdf>. Acesso em: 26 set. 2012.

MARQUES, José Carlos. **Química dos materiais: Tratamento de efluentes**. 2012. Disponível em: <<http://www3.uma.pt/jcmarques/docs/mater112006residuos.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2012.

MONTANHER, Silvana; ROLLEMBERG, Maria C. **Utilização da biomassa de bagaço de laranja no tratamento de efluentes industriais**. 2011.

Disponível em: <<http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/t138.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2012.

PENA, Fernanda R. **Otimização do parâmetro concentração de hidródo de sódio, empregado no pré – tratamento do bagaço de cana-de-açúcar, visando a obtenção de etanol celulósico**. 2011. 45 p. Trabalho de Programa de Iniciação Científica. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. São Paulo. Assis. 2011.

PEREIRA, Flaviane V. **Remoção de íons zinco (II) de efluentes derivados de processos de galvanoplastia utilizando rejeitos de fibras vegetais modificadas quimicamente**. 2008. Disponível em: <http://www.tede.ufop.br/tde_arquivos/4/TDE-2008-06-27T08:37:10Z-227/Publico/Diss%20Flaviane%20Vilela%20Pereira%20%20%20%20%20prot.pdf>.

Acesso em: 11 jun. 2012.

PIRES, Ewerton; FEIJÓ, Claudia C.; LUIZ, Leliana. **Gestão de recursos hídricos**, São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2009.

QUEISSADA, Daniel D.; SILVA, Flávio T.; PAIVA, Teresa C. B. **Tratamentos integrados em efluente metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift**. 2011. p. 182. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n2/v16n2a12.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.

RODRIGUES, Rafael F.; TREVENZOLI, Rafael L.; SANTOS, Luciano R. G.; LEÃO, Versiane A.; BOTARO, Vagner R. **Adsorção de metais pesados em serragem de madeira tratada com ácido cítrico**. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n1/29134.pdf>> Acesso em: 20 set. 2013.

SANTOS, Vanessa; DRAGUNSKI, Douglas. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar modificado para tratamento de efluentes industriais contendo Chumbo**. 2012. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T1077-1.pdf>>.

Acesso em: 25 abr. 2012.

SANTOS, Vanessa; FERRAREZI, José; DRAGUNSKI, Douglas. **Modificação química do bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de chumbo e cromo**. 2012. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T1122-2.pdf>>.

Acesso em: 25 abr. 2012.

SCHNEIDER, Ismael L. **Modo alternativo de tratamento de efluentes com presença de cianeto**. 2009. p. 42. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18749/000728924.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 28 abr. 2012.

SILVA, N.I.; AMARAL, L.C.S. **Utilização do bagaço da cana-de-açúcar na remoção de azul de metileno em meio aquoso: resultados preliminares**. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/13/13-427-2755.htm>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

SILVA, Ferreira J. ; JUNIOR, Miranda P. **Estudo do uso do bagaço da cana-de-açúcar (Saccharum spp) na adsorção de cobre (II) em solução aquosa**. 2012. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/13/1327-13535.html>>. Acesso em: 20 set. 2013.

SILVA, V. L. M.M. ; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. 2007. Disponível em: <<http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article/viewFile/28/64>>. Acesso em: 01 out. 2012.

SILVA, Petronildo B.; BEZERRA, Vilma S.; GREGO, Ailton; SOUZA, Lúcia H. A. **A Pedagogia de Projetos no Ensino de Química - O Caminho das Águas na Região Metropolitana do Recife: dos Mananciais ao Reaproveitamento dos Esgotos**. 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/04-RSA-0307.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2012.

SILVA, Vanessa Souza; GARCIA, Carla de Almeida; SILVA, Clandio Medeiros. **O destino do bagaço da cana-de-açúcar: um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná**. 2010. Disponível em: <<http://www.cesumar.br/pesquisa/periodicos/index.php/rama/article/view/1360/1018>>. Acesso em: 10 set. 2013.

SOUZA, Onaldo; SANTOS, Izabelle E. **Aproveitamento do bagaço de cana de açúcar pelos ruminantes**. 2002. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/CMT07.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2012.

SPERLING, V. M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2005. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&pg=PA26&lpg=PA26&dq=von+spierling+2005+-+introdu%C3%A7%C3%A3o+%C3%A1+qualidade+das+%C3%A1guas+e+o+tratamento+de+esgotos&source=bl&ots=CgEuz71G5m&sig=0rv65RE0ootXoXogr-luAdsKf_I&hl=en&sa=X&ei=TFXXUdrjHaSt0AGetlGoBw&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=von%20spierling%202005%20-%20introdu%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A1%20qualidade%20das%20%C3%A1guas%20e%20o%20tratamento%20de%20esgotos&f=false>. Acesso em: 01 jul. 2013

THEODORO, Antônio D. **Expansão da cana-de-açúcar no Brasil: Ocupação da cobertura Vegetal do cerrado**. 2011. p. 12 e 13 . Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, do Centro Estadual de Educação Tecnologia Paula Souza. Disponível em: <<http://www.fatecaracatuba.edu.br/suporte/upload/Biblioteca/BIO%2017711107116%20-%20Autor%20Antonio%20Donisete%20Theodoro.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2012.