

# Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas

*Kaio Masiel Dema da Silva<sup>1</sup>*  
*Luciana Cristina Soto Herek Rezende<sup>2</sup>*  
*Cynthia Algayer da Silva<sup>3</sup>*  
*Rosângela Bergamasco<sup>3</sup>*  
*Davana Silva Gonçalves<sup>4</sup>*

**Resumo:** A poluição por metais pesados presentes em efluentes industriais agravou-se nas últimas décadas, aumentando desta forma a preocupação das indústrias em tratar seus efluentes corretamente somadas às buscas por técnicas de baixo custo. Tem-se registrado um aumento significativo em pesquisas tecnológicas com o uso de biomassas como material bioissorvente de metais e compostos orgânicos, devido às propriedades adsorptivas, por existir em abundância e ser uma fonte renovável. Visando a grande procura às novas biomassas, realizou-se a caracterização físico-química na fibra do coco verde *in natura*, pois esta apresenta morfologia porosa e rica em carboxila, hidroxila, carbonila dentre outros grupos funcionais ativos responsáveis pela adsorção. Posteriormente realizou-se o tratamento do efluente proveniente da indústria de tintas à base d'água, para tanto fez-se uso do tratamento segundo Merci (2010) baseado na aplicação da fibra de coco verde *in natura*; a fim de avaliar a capacidade de adsorção para os íons de metais propondo um bioissorvente alternativo no tratamento de águas residuárias de indústrias de tintas. Os resultados das análises demonstraram quimicamente que a fibra do coco apresenta as características apropriadas para o processo de bioissorção de metais pesados em efluentes a base de água e que podem ser utilizadas como uma alternativa aos processos de tratamento de águas residuárias.

**Palavras Chave:** Bioissorção, fibra de coco verde, metais pesados, efluente.

**Abstract:** The pollution caused by the heavy metals presents in industrial effluents has increased in last decades, thus raising the concern of the industries to treat their waste correctly, plus the search for low-cost techniques. It has registered a significant increase in technological research with the use of biomass as biosorbent materials of metals and organic compounds due to the adsorptive properties, abundance and being a renewable source. Aiming the high demand for new biomass held on physic-chemical characterization of coconut fiber in nature, because it presents porous morphology and rich in carboxyl, hydroxyl, carbonyl among other functional groups responsible for adsorption. Subsequently we carried out the treatment of effluent from industry water-based paints by using the treatment of Merci (2010) which is based on the application of green coconut fiber in nature, in order to assess the ability of adsorption of metal ions for proposing an alternative biosorbent for the treatment of wastewater of paint industries. The results of chemical analysis showed that coconut fiber has the suitable characteristics for the process of heavy metals biosorption in effluents water-based and can be used as an alternative to the processes of wastewater treatment.

**Keywords:** Biosorption, green coconut fiber, heavy metals, effluent.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos problemas que afetam o ambiente é a poluição química de natureza orgânica e/ou inorgânica, decorrente principalmente do elevado crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial, deteriorando os ecossistemas pelo acúmulo de metais pesados, nos efluentes industriais (Kieling *et al*, 2009).

Fellenberg (1980) define poluição como qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal, interferindo na composição da fauna e da flora do meio. A poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características físicas, químicas e biológicas das águas, as quais interferem na sua qualidade. Sendo que os maiores poluentes aquáticos são águas residuais, chamados de efluentes, descartados de forma incorreta e sem o devido tratamento.

Conforme Giordano (2007) os efluentes líquidos se originam pela utilização de água por indústria de diversas formas, tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários. Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas tornam-se contaminadas por resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica.

Dos 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos gerados anualmente no Brasil, somente 850 mil toneladas recebem tratamento adequado, conforme estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais. Os 72% restantes são depositados indevidamente em lixões ou descartados em cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento (Furtado, 2003).

Assim, fez-se necessário o estabelecimento de normas para o lançamento de efluentes. Os valores máximos permitidos de metais pesados nos cursos de água são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Para que tais efluentes líquidos possam ser descartados em corpos d'água, as normas ambientais exigem que os mesmos sejam adequadamente tratados, de modo que a concentração dos metais dissolvidos não ultrapasse os limites legais estabelecidos para

o efluente e o seu descarte não ultrapasse os padrões de água do corpo receptor.

Salgado (2003) explica que tais metais pesados encontrados em efluentes em excesso podem causar em questões humanas, muitas doenças e sérios problemas fisiológicos, já que são cumulativos no corpo humano. Os resíduos contendo cádmio, cromo, manganês e níquel possuem alto poder de contaminação e, com facilidade, atingem os lençóis freáticos ou mesmo reservatórios e rios, que são as fontes de abastecimento de água das cidades.

Os metais pesados ocorrem no ambiente aquático sob diversas formas: em solução na forma iônica ou na forma de complexos solúveis orgânicos ou inorgânicos; formando ou ficando retidos às partículas coloidais minerais ou orgânicas, ficando retidos no sedimento ou incorporados à biota (Feema, 1992).

Rupp (1996) apud Aguiar e Novaes (2002) reforça que mesmo em concentrações reduzidas, os cátions de metais pesados, uma vez lançados num corpo receptor, como por exemplo, em rios, mares e lagoas, ao atingirem as águas de um estuário sofrem o efeito denominado de Amplificação Biológica. Este efeito ocorre em virtude desses compostos não integrarem o ciclo metabólico dos organismos vivos, sendo neles armazenados e, em consequência, sua concentração é extraordinariamente ampliada nos tecidos dos seres vivos que integram a cadeia alimentar do ecossistema.

Em questão ambiental como explica Fellenberg (1980), os metais pesados presentes nos efluentes industriais reduzem a capacidade autodepurativa das águas, devido à ação tóxica que eles exercem sobre os microorganismos, são responsáveis pela recuperação das águas, por meio da decomposição dos materiais orgânicos que nelas são lançados. Com isso, ocorre um aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), caracterizando um processo de eutrofização.

Nerbitt (1994) apud Jimenez *et al* (2004), descrevem que os efluentes industriais apresentam composição química complexa, contendo compostos orgânicos e inorgânicos. O método mais utilizado no tratamento de efluentes contendo matéria orgânica é o biológico. No entanto, a presença de compostos inorgânicos pode inibir este processo. Neste caso, é necessário realizar uma etapa de tratamento químico antes da realização do tratamento biológico, visando a remoção desta carga inorgânica.

Guerra *et al* (2007) explica que os tratamentos clássicos de efluentes contendo metais pesados envolvem processos físico-químicos de precipitação, troca iônica, adsorção e extração por solventes, dentre outros. O método mais utilizado atualmente é a precipitação química, que pode ser feita, pela adição de uma base, ao efluente, de modo que haja a formação de produtos insolúveis sob a forma de hidróxidos e óxidos, porém, não garante os limites de concentração requeridos pela legislação ambiental vigente para algumas espécies metálicas (<1mg/L), além de sempre gerar um rejeito de difícil tratamento, avaliando o tratamento que emprega a troca iônica demonstra bastante efetivo, no entanto, requer o uso de resinas que apresentam custo elevado. Processos subseqüentes de sedimentação e filtração são então realizados para que, posteriormente, a água tratada possa ser recuperada. Contudo, estas técnicas tradicionais são inadequadas para a descontaminação de grandes volumes de efluentes contendo metais pesados em baixas concentrações, devido à baixa eficiência operacional e aos elevados custos de extração resultante deste processo.

Crespilho *et al* (2004) explicam que muitos dos processos utilizados em estações de tratamento de efluentes envolvem a adição de agentes coagulantes e floculantes, como, por exemplo, polímeros e sais de ferro e de alumínio. Tratamentos com polímeros podem causar impactos ambientais devido à toxicidade de algumas moléculas usadas, podendo, mesmo em baixas concentrações, desequilibrar o meio ambiente em relação aos organismos aquáticos do corpo receptor. Outras substâncias que podem causar impacto ambiental, alterando o equilíbrio do corpo receptor, são as provenientes dos coagulantes usados no tratamento químico, em que normalmente ocorre uma alteração na concentração de ânions e, conseqüentemente, uma mudança na condutividade do efluente, quando comparada com a qualidade da água de entrada na indústria. Os coagulantes à base de sulfatos elevam a concentração desse íon no efluente final, podendo alterar a qualidade da água do corpo receptor.

Giordano (2007) destaca que os tratamentos de efluentes devem seguir níveis, sendo que cada um com suas devidas aplicações, sendo divididos em preliminar, primário, secundário e terciário.

Diante de uma política ambiental cada vez mais severa, na qual se tem buscado o estabeleci-

mento de padrões de concentração cada vez menores para os poluentes presentes nos efluentes, as indústrias têm sido levadas a ajustar os processos existentes, por meio da adoção de procedimentos que visam a menor geração ou a remoção de elementos tóxicos dos efluentes industriais. Como a recuperação de íons metálicos a partir de soluções diluídas utilizando métodos clássicos é ineficiente e levando-se em consideração a política ambiental atual, métodos alternativos vêm sendo investigados como, por exemplo, a eletrodialise, a osmose reversa, a ultrafiltração e a adsorção em materiais naturais, que promovam a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos (Jimenez *et al*, 2004).

Segundo Pino (2005) a busca de novas tecnologias tem se focalizado no uso de materiais biológicos para a remoção e recuperação de metais pesados, ganhando muita credibilidade nos últimos anos por apresentar um bom desempenho. A biossorção define-se como uma tecnologia nova que utiliza materiais biológicos para a remoção de metais de soluções pela sorção. Ela pode ser explicada como a capacidade de alguns materiais biológicos em acumular metais pesados dos efluentes mediante métodos físico-químicos de captura. A biossorção surge como um processo alternativo ou suplementar em decorrência de características como o preço reduzido do material biossorvente, aplicação em sistemas com capacidade de destoxificar grande volume de efluente com baixo custo operacional, possível seletividade e recuperação da espécie.

Segundo Volesky (2004), a captura dos íons das espécies metálicas pode acontecer por diferentes mecanismos, tais como: complexação, coordenação, quelação de metais, troca iônica, adsorção, microprecipitação inorgânica.

Volesky (2004) completa que qualquer um destes mecanismos pode estar ocorrendo, imobilizando uma ou várias espécies metálicas na biomassa. Os íons são atraídos pelos sítios ativos na superfície da partícula, onde existem diferentes grupos funcionais responsáveis pela união destes e a superfície da partícula, tais como fosfato, carboxila, sulfeto, hidroxila e amina.

Os materiais que promovem a biossorção são chamados de biossorbentes e podem ser resíduos de indústrias fermentativas ou a biomassa. O biossorvente usado e carregado com os metais pode ser incinerado em temperaturas moderadas e depositado em aterros reduzindo o volume do

efluente original convertido em estado sólido. Alternativamente, a regeneração do biossorvente é possível pela dessorção do metal com ácidos ou soluções de sais. A solução resultante, altamente concentrada em metais, pode ser processada por outras técnicas como, por exemplo, a eletroquímica para recuperação do metal (Monteiro, 2009)

Rodrigues *et al* (2006) verificaram que diversos tipos de biomassa tais como microrganismos, vegetais macroscópicos, e alguns subprodutos agrícolas ou industriais como cascas, bagaço e sementes, têm a capacidade de reter íons metálicos por adsorção, apresentam a vantagem de serem viáveis economicamente, biodegradáveis e provirem de recursos renováveis. Os mecanismos envolvidos no processo de biossorção baseiam-se na troca iônica, na coordenação, na complexação, na adsorção e na precipitação química.

Portanto, estudando as propriedades de absorção dentre os diversos materiais existentes como biossorbentes, destaca-se a fibra do coco verde por possuir importância econômica e social e importante sob o ponto de vista ambiental.

A utilização da casca de coco verde como material biossorvente para metais apresenta grande potencial para remoção de metais, isto é, devido ao seu elevado teor de matéria orgânica composta principalmente por lignina (35 a 45%) e celulose (23 a 43%). Estes são biopolímeros reconhecidamente associados à remoção de metais pesados (Pino, 2005).

Azevedo *et al* (2008) verificou a capacidade de remoção de metais pelas fibras de coco conforme composição química da sua superfície, onde grupos funcionais ativos são responsáveis pela adsorção. Grupos funcionais tais como, carboxila, hidroxila, carbonila entre outros, presentes no pó da casca de coco verde, facilitam a adsorção de metais pesados, além de sua morfologia porosa, devido à sua superfície irregular permitindo a adsorção dos metais nas diferentes partes desse material.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização físico-química da fibra do coco verde *in natura*, para avaliar a capacidade de adsorção de metais pesados, compreendendo melhor o processo de biossorção e auxiliar no desenvolvimento de pesquisas para encontrar novos biossorbentes alternativos no tratamento de águas residuárias de indústrias de tintas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Efluente:** O efluente utilizado no tratamento foi oriundo de uma indústria de tintas à base d'água situada na cidade de Londrina - PR, coletado em uma única etapa e armazenado em frasco de polietileno, armazenado sob refrigeração e preservado com 5 mL de HNO<sub>3</sub> conc/L e em seguida, levado ao laboratório para a caracterização dos metais pesados por plasma indutivamente acoplado.

**Coco Verde:** O coco verde cujo pó da fibra utilizou-se como material adsorvente adquiriu-se no comércio local da cidade de Arapongas – PR. Seu preparo consistiu na retirada da casca verde e da parte rígida. A parte fibrosa restante passou por trituração com água, lavagem para retirada da lignina, secagem em estufa aerada até a remoção total de água, moagem e separação por tamisador até obtenção de uma granulometria de 25 mesh.

## ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

**Fibra do coco verde:** As análises físico-químicas realizadas foram: determinação de pH, matéria orgânica e cinzas de acordo com metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2005), porosidade por microscopia eletrônica de Varredura (M.E.V.), determinação de metais pesados por plasma indutivamente acoplado.

**Efluente:** As análises físico-químicas realizadas foram: determinação de pH de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005) e determinação de metais pesados por plasma indutivamente acoplado.

## TRATAMENTO DO EFLUENTE

O tratamento segundo Mercí (2010) consistiu em ajustar o pH da amostra. Posteriormente foi adicionado 40 g de fibra de coco verde em 1800 mL e a amostra foi levada ao Jar Test, na velocidade de 100 rpm durante 2 horas. Realizou-se a filtração a vácuo para a separação das fases (sólida e líquida), Em relação à fase líquida analisou-se o teor de metais presentes; já a fase sólida, esta foi analisada quanto à porosidade (M.E.V.), determinação de metais pesados por plasma indutivamente acoplado, pH e matéria orgânica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Análises físico-químicas realizadas na fibra do coco verde antes e após o tratamento.

Análise (%)	Fibra <i>in natura</i>	Após a aplicação do tratamento
pH	5,3 ± 0,29	6,1 ± 0,34
Cinzas	0,8 ± 0,055	19 ± 1,04

Conforme Tabela 1, o aumento de pH de 5,3 para 6,1, pode ser explicado pela formação de hidróxidos na superfície da fibra do coco verde devido a ligação do grupo OH com os íons de Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>3+</sup> presentes no efluente.

Demonstra a partir da Tabela 1, que a matéria orgânica presente no efluente ao ser removida pelo material adsorativo durante o processo de agitação é responsável pelo aumento na quantidade de cinzas presente.

Tabela 2. Análises de pH realizada nos efluentes bruto e tratado.

Análise (%)	Efluente bruto	Efluente Tratado
pH	5,3 ± 0,29	6,8 ± 0,16

Segundo a resolução 357/2005 do CONAMA, para o efluente seja descartado deve-se controlar o pH, estando na faixa de 6,0 - 9,0 não devendo haver alteração do pH natural maior do que 0,2 unidades. De acordo com a Tabela 2 ao aplicar a fibra do coco verde, submete-se o efluente à agitação; ocorre então um efeito de aeração artificial, aumentando desta forma, o pH, pois a agitação consome uma maior quantidade de CO<sub>2</sub>, resultando no aumento substancial do pH para 6,8.

De acordo com literatura de Pino (2005) o pH é um dos parâmetros mais importantes no processo de bioadsorção de metais tóxicos, visto que a especiação do metal na solução e a carga dos sítios ativos na superfície podem mudar dependendo deste valor.

Conforme resultados obtidos por Vasquez (2005) a adsorção é favorecida à medida que aumenta-se o pH. Esse comportamento sugere a adsorção dos íons metálicos pelos grupos hidroxila (-OH) e carbonila (C=O) presentes na estrutura

química do bioadsorvente. Em meio ácido, os íons H<sup>+</sup> competem com os íons metálicos pelos grupos hidroxila e carbonila, de forma que a adsorção é menor.

Quanto maior o valor de pH menor a quantidade de íon H<sup>+</sup> na solução, portanto menor competição com os cátions metálicos pelo OH<sup>-</sup> e C=O aumentando a adsorção dos mesmos. Tais resultados representados na Tabela 3, de forma geral diferem dos resultados obtidos por Mercúrio (2010), tal estudo obteve adsorção satisfatória em meio ácido pH 4, no qual obtiveram-se resultados satisfatórios em relação a adsorção dos íons de Fe<sup>3+</sup> e Al<sup>3+</sup>.

A resolução 357/2005 do CONAMA que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, não apresenta valores de referência para descarte dos íons Alumínio, que inicialmente encontrava-se presente no efluente 2,099 mg/L, sendo que após a adsorção a concentração caiu para 1,221 mg/L. Tal resolução apresenta como referência para o íon Fe o valor de 15,0 mg/L, sendo detectando o valor inicial de 3,016 mg/L, portanto tal valor enquadra-se dentro das normas para descarte em corpos de água, assim, o tratamento se mostrou eficiente diminuindo a concentração para 0,463 mg/L.

Tabela 3. Determinação de metais pesados no efluente bruto em pH 4 e tratado.

Metal	CONAMA [mg/L]	Bruto [mg/L]	Tratado [mg/L]
Alumínio	**	2,099	1,221
Bário	5,0	0,029	0,174
Cádmio	0,2	*	*
Chumbo	0,5	*	*
Cobalto	**	*	*
Cobre	1,0	*	*
Cromo	0,5	*	*
Ferro	15,0	3,016	0,463
Manganês	1,0	0,014	0,136
Níquel	2,0	*	*
Zinco	5,0	*	0,014

(\*\*A norma não traz valores de referência; \*Não detectado)

Conforme demonstra a Tabela 3, a fibra do coco verde por ser rica em metais, ao se realizar o

processo de adsorção alguns desses íons são transferidos para o efluente, isso ocorre em relação aos metais, Zinco (Zn) e Bário (Ba), apesar de apresentar tal propriedade reversa, as concentrações de tais íons permanecem dentro dos valores de referências exigidos pela resolução 357/2005 do CONAMA. O teor de manganês aumentou, pois apesar de existir em grande quantidade na fibra do coco, está presente no efluente, pois faz parte do processo de fabricação das tintas.

Tabela 4. Determinação por plasma indutivamente acoplado de metais pesados na fibra do coco verde antes e após o tratamento.

Metal	<i>In natura</i> [mg/ L]	Após o tratamento [mg/L]
Alumínio	1,232	6,640
Bário	0,072	0,065
Cádmio	*	*
Chumbo	0,028	0,040
Cobalto	*	*
Cobre	0,135	0,134
Cromo	0,053	0,052
Ferro	0,942	10,78
Manganês	5,118	142,1
Níquel	0,158	*
Zinco	0,481	0,351

(\*Não detectado).

A determinação de metais pesados na fibra do coco *in natura* e após a utilização no tratamento demonstra que alguns íons metálicos presentes na fibra do coco, foram transportados para o efluente, porém em concentrações que não ultrapassam as normas da resolução 357/2005 para descarte, de acordo com os resultados demonstrados na Tabela 4.

Através de tal determinação foi possível verificar de forma clara a adsorção dos íons de ferro e alumínio, demonstrando um aumento significativo em sua concentração.

Na Figura 1, têm-se as fotomicrografias dos materiais utilizados no trabalho. A fibra do coco verde *in natura* demonstrou compatibilidade com o estudo realizado por Azevedo (2008) que constatou morfologia porosa, facilitando desta forma a remoção dos metais em efluentes, devido à sua superfície irregular permitindo a adsorção dos metais nos interstícios presentes no material.

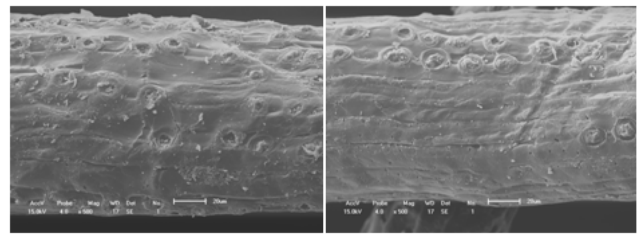


Figura 1. Imagens de M.E.V. da fibra do coco verde *in natura* com ampliação de x 500 vezes.

Na Figura 2, têm-se as fotomicrografias das partículas da fibra da casca de coco verde após a utilização no tratamento, carregadas com os íons de Ferro (Fe) e Alumínio (Al), conforme comprovado pelas análises de metais. A superfície rugosa presente na Figura 2 comprova o depósito destes metais na fibra do coco, comprovando que o processo de bioadsorção ocorreu, fato comprovado pela quantificação de metais realizada por ICP, onde houve aumento significativo de tais metais, confirmando então o depósito na superfície da fibra do coco verde.

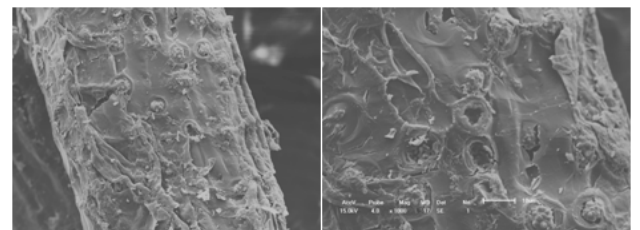
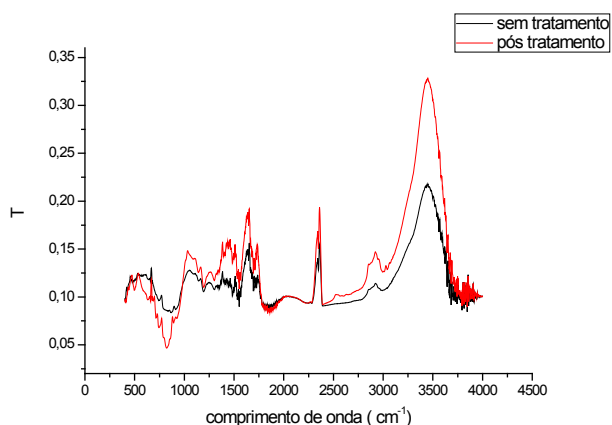


Figura 2. Imagens de M.E.V. da fibra do coco verde após o uso no tratamento com ampliação de x 1000 vezes.

Na Figura 3, têm-se os espectro mostra banda característica de adsorção entre 3610-3670  $\text{cm}^{-1}$  (concentrando as amostras alarga-se a banda e a move para 3200-3400  $\text{cm}^{-1}$ ), correspondem ao grupo hidroxila (OH), proveniente tanto da água como dos alcoóis da estrutura química das fibras de coco presente na celulose ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) e lignina ( $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ ,  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_3$ ,  $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_4$ ), comprovando o processo de bioadsorção promovido pelas fibras.



**Figura 3:** Espectro de absorção na região de infravermelho da fibra do coco verde *in natura* o tratamento.

## CONCLUSÃO

O pó de fibra da casca de coco verde (*Cocos nucifera*) é um adsorvente eficaz e tem um grande potencial de adsorção no tratamento de efluentes contendo Ferro e Alumínio, devido suas propriedades obtidas pela caracterização físico-química.

Os resultados preliminares apresentados neste trabalho mostram a possibilidade de utilização da casca de coco como material biossorvente, sendo uma boa opção para o tratamento de efluentes contendo tais metais pesados, já que esta biomassa é um resíduo produzido em grandes quantidades, cerca de 400 mil toneladas anuais, e requer o desenvolvimento de novas formas de aproveitamento.

## REFERÊNCIAS

Aguiar, M. R. M. P; Novaes, A. C. Remoção de Metais Pesados de Efluentes Industriais por Aluminossilicatos. *Química Nova*, vol. 25, nº 6b. São Paulo Nov./Dec. 2002.

Azevedo, B. S. M; Rizzo, A. C. L; Reicheald, D; Walchan, G. M; Sobral, L. G. S; Leite, S. G. F; *Utilização de fibra da casca do coco verde como suporte para a formação de biofilme visando o tratamento de efluente*. Iniciação Científica. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. CETEM/MCT. Rio de Janeiro - RJ, 2008.

Crespilho, F. N; Santana, C. G; Rezende, M. O. *O. Tratamento De Efluente Da Indústria De Proces-*

*samento De Coco Utilizando Eletroflotação*. *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 3, 387-392, 2004

CONAMA , Conselho Nacional do Meio Ambiente; *Resolução CONAMA Nº 357*, 2005.

Guerra, D. L; Airoidi, C; Lemos, V. P; Angélica, R. S; Viana, R. R, *Aplicação De Al-Pilc Na Adsorção De Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> E Co<sup>2+</sup> Utilizando Modelos Físico-Químicos De Adsorção*. *Eclét. Quím.* vol.32 no.3 São Paulo 2007.

Fellenberg; G; *Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental*, Ed. Pedagógica e Universitária Ltda: São Paulo, 1980.

Feema; *Poluição hídrica da Baía de Guanabara por metais pesados cromo e zinco*, Rio de Janeiro, Brasil, 1992.

Furtado, M. *Passivo de Resíduos Supera Estimativas*. *Revista Química e Derivados*. n. 412, edição de fevereiro 2003.

Giordano, G; *Tratamento E Controle De Efluentes Industriais*. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ. Rio de Janeiro, 2007.

LUTZ, I. A. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: *Métodos físicos - químicos para análise de alimentos*. 4. ed. Brasília: Editora . MS, 2005.

Jimenez, R. S; Dal Bosco, S. M; Carvalho, W. A. *Remoção de Metais Pesados de Efluentes Aquosos pela Zeólita Natural Escocita – Influência da Temperatura e do pH na Adsorção em Sistemas Monoelementares*. *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 5, 734-738, 2004

Kieling, A. G; Moraes, C. A. M; Brehm, F. A; *Utilização De Cinza De Casca De Arroz Na Remoção De Cromo Hexavalente*. *Estudos Tecnológicos - Vol. 5, nº 3:351-362*. 2009.

Merci, A. *Uso Do Pó Da Fibra Do Coco Verde Para Remoção De Metais Pesados Em Efluente De Indústria De Tintas*. Trabalho de conclusão de curso como parte dos requisitos para a obtenção do título de graduado em Química Industrial. Universidade Norte do Paraná UNOPAR. Arapongas. 2010.

Monteiro, R. *Avaliação do Potencial de Adsorção de U, Th, Pb, Zn E Ni pelas Fibras De Coco*. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia e Ciências – Materiais. São Paulo. 2009.

Pino, G. *Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (cocos nucifera)*. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro. 2005.

Rodrigues, R. F; Trevenzoli, R. L; Santos, L. R. G; Leão, V. A; Botaro, V. R. *Adsorção de Metais*

*Pesados em Serragem de Madeira Tratada com Ácido Cítrico*. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.11 - Nº 1 - 21-26. 2006.

Salgado, P. E. T. Em *Fundamentos de toxicologia*; Oga, S., ed.; 2ª ed., Atheneu: São Paulo, 2003.

Vasquez, G. P. T., *Avaliação da Remoção de Cd e Zn de Solução Aquosa por Biossorção e Bioflotação com Rhodococcus opacus*. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica – PUC, Rio de Janeiro. 2005.

Volesky, B. *Sorção e Biosorção*, BV-Sorbex, Inc., St.Lambert, Quebec, 326 p, 2004.