

## Caracterização e uso das cascas do baru (*Dipteryx alata*) na avaliação da remoção de íons Cr(III) em águas

### *Characterization and use of baru shells (Dipteryx alata) in the evaluation of Cr(III) ion removal in water*

CLECIANE SOUZA SALES<sup>1</sup>  
ADRIANA DOS SANTOS FERNANDES<sup>2</sup>  
CLEIDE SANDRA TAVARES ARAÚJO<sup>3</sup>

#### Resumo

Com o desenvolvimento industrial e o avanço da tecnologia, o homem cada vez mais tem utilizado os recursos naturais para suprir as suas necessidades. No que diz respeito aos recursos hídricos, esses têm sido contaminados por muitas substâncias provenientes do uso da água na agricultura, setor industrial e doméstico, contribuindo significativamente para o aumento da concentração de íons metálicos no meio ambiente, principalmente nos ambientes aquáticos, entre eles os íons Cr(III). Nesse sentido, metodologias envolvendo adsorção de íons metálicos, utilizando materiais adsorventes têm sido avaliadas apresentando resultados promissores. Neste contexto, o presente trabalho avaliou as potencialidades do Baru (*Dipteryx alata*), como material alternativo na remoção de íons Cr(III) em sistemas aquosos. A otimização do sistema foi realizado utilizando o método univariado para o estudo das variáveis: pH (2, 3, 5, 7, 8, 9); tempo de agitação (0, 10, 15, 20, 30, 45, 60 min), massa do adsorvente (10, 25, 50, 100, 150, 200 mg) na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>. Após agitação foi realizada a filtração e o sobrenadante foi analisado por Espectroscopia de Absorção Atômica com Chama (FAAS). Os resultados obtidos sinalizaram que o material apresenta potencialidade na remoção de íons Cr(III) em águas.

**Palavras Chave:** Cromo, íons metálicos, adsorção, Baru (*Dipteryx alata*)

#### Abstract

*With the industrial development and the advancement of technology, man has increasingly used natural resources to supply his needs. With regard to water resources, these have been contaminated by many substances from the use of water in agriculture, sector industrial and domestic, contributing significantly to the increase in the concentration of metal ions in the environment, especially in aquatic environments, including Cr(III) ions. In this sense, methodologies involving adsorption of metal ions, using adsorbent materials have been evaluated with promising results. In this context, the present work evaluated the potential of Baru (Dipteryx alata), as an alternative material in the removal of Cr(III) ions in aqueous systems. The system optimization was performed using the univariate method for the study of variables: pH (2, 3, 5, 7, 8, 9); stirring time (0, 10, 15, 20, 30, 45, 60 min), mass of the adsorbent (10, 25, 50, 100, 150, 200 mg) at a concentration of 10 mg L<sup>-1</sup>. After stirring, filtration was performed and the supernatant was analyzed by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS). The results obtained indicated that the material has the potential to remove Cr(III) ions in water.*

**Keywords:** Chromium. Metal ions. Adsorption. Baru (*Dipteryx alata*).

#### Introdução

Desde o século passado os governos, órgãos de pesquisas, ONGs têm se reunido para a discussão sobre as questões ambientais que vem crescendo devido ao impacto da ação humana sobre as mudanças climáticas, a conservação do ecossistema terrestre e sobre a permanência da qualidade da vida humana a curto e longo tempo.

A água ocupa 75% de toda a superfície do planeta, e o Brasil detém 13% da água superficial (COELHO, 2014). É uma substância inorgânica natural de grande valor ambiental, econômico, de extrema importância à saúde humana e de tamanha subsistência aos ecossistemas do planeta (COLDEBELLA, 2014). Atualmente à grande demanda por água potável, devido à tamanha necessidade, destruição dos mananciais, córregos, minas e entre outros (ALVES; ARAÚJO; COELHO, 2008).

Segundo Palaniappan et al, (2011) as atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para a saúde humana e do ecossistema. E a qualidade da água têm sido afetada por mudanças em teores de nutrientes, sedimentos, temperatura, pH, metais pesados, toxinas não metálicas, componentes orgânicos persistentes e agrotóxicos, fatores biológicos e entre outros.

Um número cada vez maior de contaminantes são detectados em águas, devido aos novos componentes químicos criados para o uso na agricultura, nas indústrias e nos domicílios, que podem entrar e permanecer no meio ambiente (BRASIL, 2011). Estes são lançados no ecossistema por meio de aplicações intencionais (uso de pesticidas), na forma de subprodutos agrícolas e industriais, por meio de despejos acidentais como vazamentos durante a fabricação ou armazenamento inadequado ou na forma de resíduos domiciliares (BRASIL, 2011).

A contaminação por metais tóxicos em águas é um dos grandes problemas ambientais (SILVA; FERNANDES, 2010). Ao serem lançados nos ecossistemas aquáticos, são divididos em diversos compartimentos do meio como solo, sedimento, plantas e animais (SANTANA; BARRONCAS, 2007). Em grande concentração, apresenta maior preocupação, por possuir

---

<sup>1</sup> Mini-currículo: Mestre em Química, pela Universidade Estadual de Goiás – UEG. Ministra aulas no ITEGO – Governador Onofre Quinan.

e-mail – [clecianeql.2012@gmail.com](mailto:clecianeql.2012@gmail.com)

ORCID 0000-0002-7302-5642.

<sup>2</sup> Mini-currículo: Mestre em Ciências Moleculares, pela Universidade Estadual de Goiás – UEG. Professora da SEDUCE – GO. ORCID0000-0002-8828-4620. e-mail: [adrianapsf@gmail.com](mailto:adrianapsf@gmail.com)

<sup>3</sup> Mini-currículo: Pós-doutora em Química Analítica, Doutora em Química pela Universidade Federal de Uberlândia/UFU. Docente da Universidade Estadual de Goiás/UEG, Câmpus Central - Sede: Anápolis – CET. ORCID: 0000000150806465.

CV/Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5502013424876869>. e-mail: [cleide.araujo@ueg.br](mailto:cleide.araujo@ueg.br)

caráter não degradáveis, e uma maior permanência no ambiente principalmente nos sedimentos (COTTA; REZENDE; PIOVANI, 2006).

Entre os metais o cromo encontra-se de forma livre na natureza, é obtido a partir do minério cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). A forma trivalente é a mais comum na natureza, está presente no ar, nos alimentos e no sistema biológico (BATISTA, 2014). É empregado na fabricação de aço inoxidável, na metalurgia para dar resistência à corrosão e um acabamento brilhante, como corantes para tintas e vidros, fabricação de fitas magnéticas e no curtimento de couro (BAPTISTA, 2012).

O Cromo possui número atômico 24, massa atômica de  $52,00 \text{ g mol}^{-1}$  e uma densidade de  $7,19 \text{ g mL}^{-1}$  (COELHO, 2014). Metal esbranquiçado, com forma cristalina cúbica, duro e quebradiço e têm fraco comportamento magnético. É o sétimo mais encontrado na crosta terrestre, sucede nos estados de oxidação -2 a +6, sendo os estados de oxidação Cr(III) e Cr(VI) os mais estáveis (BAPTISTA 2012). Segundo Silva (2014), o Cr(VI) é mais móvel que o Cr(III) e possui uma maior dificuldade de remoção em água, possui uma toxicidade de 10 a 100 vezes maior que o Cr(III) quando ingerido por via oral, devido sua tamanha oxidação e ao transporte realizado através das membranas (SILVA, 2014).

Na forma trivalente o Cr(III) está presente como elemento-traço em alimentos como carnes, cereais integrais, oleaginosas e leguminosas (BAPTISTA 2012). Nesta forma é considerado um micronutriente com uma função biológica importantíssima na sensibilidade do organismo humano a insulina. A falta de Cr(III) na alimentação poderá levar a uma perda na sensibilidade da ação da insulina (BAPTISTA 2012). Mesmo o cromo possuindo esta tamanha importância quando encontrado em altas concentrações pode ser prejudicial à vida humana, fauna e a flora (SOUZA et al, 2012).

São diversos métodos físico-químicos utilizados na remoção de metais tóxicos em efluentes como extração, permutação iônica, precipitação química, filtração por membrana, adsorção e osmose inversa, porém a maioria destes tem apresentado desvantagens, por possuírem um alto custo (TASAR; KAYA; ÖZER, 2013).

Processos que envolvem a adsorção têm sido uma alternativa promissora na remoção de metais pesados, por possuir menor custo e maior capacidade de remoção (TASAR; KAYA; ÖZER, 2014). A adsorção pode ser definida como o acúmulo de uma substância em uma interface que pode ser: gás-sólido, gás-líquido, líquido-líquido, sólido-sólido, gás-líquido-sólido, líquido-líquido-sólido e líquido-líquido-sólido (ATKINS, 2004). Este processo de interação na superfície acontece entre três componentes envolvidos: o adsorvente, o adsorvato e o solvente (ALMEIDA, 2010). Este processo depende de vários fatores sendo eles: natureza do adsorvente, adsorvato, e das condições operacionais (MOSQUETTA, 2010).

Adsorventes são materiais porosos que possuem uma área superficial elevada para uma determinada massa. É utilizado para purificar ou separar uma determinada espécie química, na qual deve apresentar baixo custo, disponibilidade, alta capacidade de adsorção e área interfacial (COELHO, 2014).

Existem duas classes de adsorventes os sintéticos ou naturais, adsorvente natural é designado a qualquer material que não seja produzido sinteticamente e que apresente propriedades adsorptivas de espécies químicas de origem inorgânica ou orgânica (MADRID, 1997). Existem vários tipos de adsorventes naturais, eles são divididos em: biossorventes (algas, fungos, leveduras, bactérias entre outros); adsorventes minerais (zeólitas, argilas e a lama vermelha proveniente da indústria de alumínio); adsorventes lignocelulósicos (subprodutos industriais); e adsorventes húmicos (vermicompostos) (ALVES; ARAÚJO; COELHO, 2008).

Os principais adsorventes naturais utilizados no processo de adsorção de metais incluem desde os compostados, bagaço da cana à serragem de madeira, por possuírem macromoléculas como compostos húmicos e fúlvicas, lignina, celulose, hemicelulose, e proteínas, na qual contém caráter adsorptivos como a presença de grupos carbonilas, carboxilas, amina e hidroxilas (SILVA; FERNANDES, 2010).

Entre os adsorventes naturais os lignocelulósicos advêm de subprodutos industriais tais como: resíduos da maçã, sabugo de milho, cascas de soja, coco e amendoim e entre outros, são constituídos basicamente de celulose, hemicelulose e lignina. Estes possuem a capacidade de adsorver íons metálicos a partir de grupos funcionais presentes nas macromoléculas (ALVES; ARAÚJO; COELHO, 2008).

Este trabalho investigou as potencialidades do fruto do Baru (*Dipteryx alata*) na remoção de íons Cr(III) em matrizes aquosas. A otimização do sistema foi realizada utilizando método univariado. As variáveis analisadas foram: pH da solução, tempo de agitação (minutos), massa do adsorvente (mg). A remoção foi realizada com solução padrão de Cr(III), na concentração de 10 mg L<sup>-1</sup>, colocada em contato com a 25 mg do adsorvente, em agitação por 20 minutos. Logo em seguida, foi filtrada a solução, utilizado um sistema de filtração simples, o sobrenadante foi transferido diretamente para os eppendorfs e analisado por Espectroscopia de Absorção Atômica com Chama (FAAS). Os grupos funcionais foram avaliados pela Espectroscopia na região do infravermelho (FTIR).

## **Materiais e Métodos**

### **Obtenção e preparação do Baru (*Dipteryx alata*)**

Os frutos do Baru foram obtidos no cerrado próximo ao Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santilho, da Universidade Estadual de Goiás, no período de Agosto a Outubro de 2014.

Cascas e a polpa foram separadas das sementes, lavadas, secas em estufa com circulação de ar modelo MA-035 (Marconi, Piracicaba, SP) e trituradas em moinho de facas TE-650 (Tecnal, Piracicaba, SP). A separação foi feita em Peneiras Tyler (Bertel-Ind. Metalúrgica Ltda, Caieiras, SP) com tamanhos de partículas de 115 a 110 mesh. Acondicionadas em frascos de polietileno à temperatura ambiente.

### **Caracterização do Baru (*Dipteryx alata*)**

Para identificação dos grupos funcionais presentes nas cascas e polpa trituradas do Baru “*in natura*”, foi utilizada a técnica de Espectrofotometria de Absorção na Região do Infravermelho, utilizando o modelo de espectrofotômetro FTIR-1605 (Perkin Elmer, Massachusetts, USA). A amostra foi mistura com KBr numa proporção de 1:100 (m/m) para a produção de uma pastilha e a faixa espectral variou de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>.

### **Estudos das variáveis na capacidade de remoção**

A otimização do sistema foi realizada utilizando o método univariado e em triplicata. Os estudos da capacidade de remoção dos íons Cr(III) pelas cascas e polpas trituradas do Baru, compreenderam a otimização das variáveis como: tempo de agitação, pH da solução contendo o analito, quantidade de massa e concentração da solução para construção das isotermas.

Os experimentos foram realizados, fixado uma variável por vez, e os demais fatores estudados foram variados até que fosse obtido o melhor resultado. Em seguida, outro fator foi submetido a variações sucessivas até que todos os fatores em questão estivessem ajustados para obter a melhor remoção.

### **Estudo do Efeito do pH**

Para a avaliação da influência do pH, na capacidade de adsorção de íons Cr(III) em cascas e polpas trituradas do Baru, 25,0 mg do material, com granulometria de  $110 \leq G \leq 115$  mesh, foram agitados durante 20 min em agitador mecânico em sistema aberto à temperatura ambiente com 15,0 mL de solução de Cr(III) na concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ . Os valores de pH estudados foram: 2,3, 5,7,8, e 9.

O ajuste do pH das soluções foi realizado utilizando pHmetro Microprocessado 0400-MT (QuimisR, Diadema, SP), com soluções de hidróxido de sódio NaOH e ácido nítrico  $\text{HNO}_3$  (Dinâmica, Diadema-SP) ambas em concentração  $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ .

### **Estudo do Efeito da variação do tempo de agitação**

Para avaliação do tempo na capacidade de adsorção dos íons Cr(III), utilizou-se de 25 mg do material com granulometria de  $110 \pm G \pm 115$  mesh, que foram agitados com 15 mL da solução de Cr(III) na concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  e pH igual a 7. Os valores de tempos estudados foram: 0, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos.

### **Estudo do Efeito da variação da massa do adsorvente**

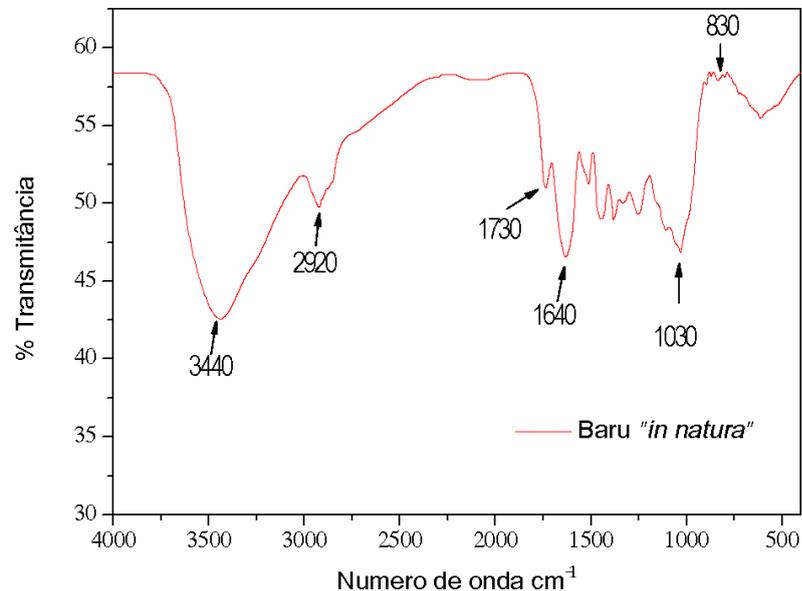
Para este estudo variou-se a massa do Baru em: 10,0, 25,0, 50,0, 100,0, 150,0 e 200,0 mg. As condições experimentais utilizadas para o estudo foram: granulometria entre  $115 \leq G \leq 100$  mesh, volume 15,0 mL de solução de Cr(III) em uma concentração de  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , pH igual a 7 e tempo de contato de 20 minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do Baru (*Dipteryx alata*)

Foi obtido o espectro de infravermelho das cascas e polpa trituradas do Baru (*Dipteryx alata*), com o objetivo de avaliar, os principais grupos funcionais presentes no material, envolvido no fenômeno absorptivo. A Figura 1 apresenta o espectro de infravermelho das cascas e polpa trituradas do Baru “*in natura*”.

Figura 1 – Espectro de infravermelho das cascas e polpa do Baru (*Dipteryx alata*)



No espectro, observa-se uma banda larga centrada em 3440  $\text{cm}^{-1}$  pode ser atribuída ao estiramento da ligação O-H, indicando a presença de fenóis, álcoois, confirmando assim a presença de proteínas, ácidos graxos, carboidratos e unidades da lignina (TASAR; KAYAR; ÖZER, 2014). O pico que aparece em torno de 2920  $\text{cm}^{-1}$  corresponde respectivamente ao estiramento assimétrico e simétrico da ligação C-H do grupo CH. O conjunto entre 1640  $\text{cm}^{-1}$  e 1730 pode ser atribuído ao estiramento da ligação C=O (STUART, 2004).

Esta análise permite concluir que as propriedades de remoção dos íons Cr(III), estão relacionadas à presença dos grupos funcionais, principalmente das proteínas presentes.

## Estudos das variáveis na capacidade de remoção

### Efeito da variação do pH

O pH do meio é um dos fatores mais importante no processo de adsorção de metais pesados. A adsorção aumenta com o aumento do pH, isto ocorre devido ao acréscimo da quantidade de cargas negativas na solução, gerando sítios ativos para interação com o metal (CHONG; VOLESKU, 1995).

De acordo com os resultados, Figura 2, pode-se observar que a porcentagem de remoção aumentou até pH 7,0, tendo maior valor de 92,9% de remoção. Em pH abaixo de 7,0 observou-se baixa remoção dos íons metálicos, devido a competição entre os íons  $H_3O^+$  e  $Cr^{3+}$ , em pH ácidos a superfície está inteiramente ligada com os íons  $H_3O^+$  impossibilitando a aproximação dos cátions ( $Cr^{3+}$ ) como resultado das forças repulsivas (PINO et al, 2006; KALYANI; RAO; KRISHNAIAH, 2004).

Para valores acima de 7,0 houve uma diminuição na porcentagem de remoção de metal adsorvido por unidade de massa do adsorvente. Geralmente em valores de pH acima de 7,0, pode ocorrer a precipitação do metal, tornando-o indisponível para adsorção (MEENA et al, 2005).

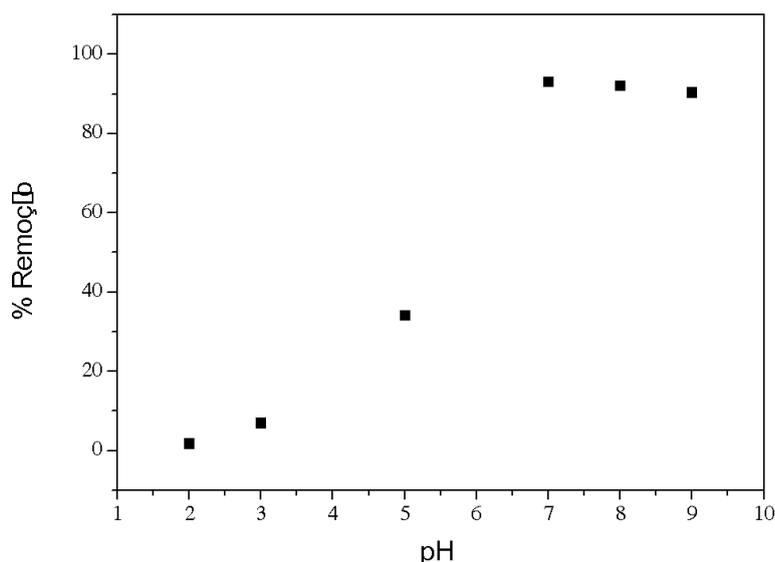


Figura 2 – Efeito do pH na adsorção de íons Cr(III) em cascas e polpa do Baru (*Dipteryx alata*).

Condições:  $m = 25,0$  mg;  $t_{eq} = 20$  min;  $V_{sc} = 15$  mL;  $[Cr(III)] = 10$ mg L<sup>-1</sup>

### Efeito da variação do tempo de adsorção

O tempo necessário de contato entre o adsorvente e adsorvato, irá depender de vários fatores, entre eles, o tipo e tamanho do material adsorvativo e o metal envolvido no processo de adsorção (COSTA et al, 2013).

Os resultados apresentados na Figura 3, mostra que a quantidade de íons Cr(III) adsorvido pelo material, aumentou consideravelmente até 20 minutos. Entretanto, aos 30 minutos houve um decréscimo na quantidade de íons adsorvidos por unidade de massa do adsorvente. Porém, dos 45 a 60 minutos aumentou-se a remoção.

O tempo de 20 minutos foi escolhido devido ao bom resultado apresentado na adsorção dos íons Cr(III), 87,50%.

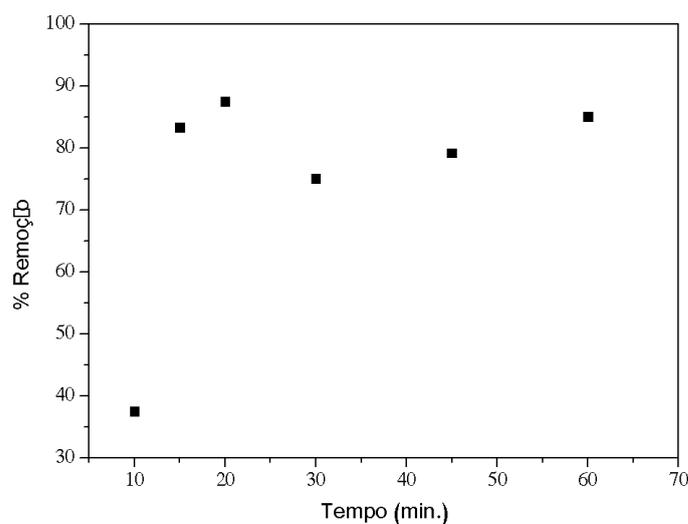


Figura 3 - Efeito do tempo na adsorção de íons Cr(III) em cascas e polpa do Baru (*Dipteryx alata*). Condições:  $m = 25,0$ ; mg, pH = 7,0;  $V_{\infty} = 15$  mL;  $[Cr(III)] = 10$  mg L<sup>-1</sup>

### Efeito da variação da massa do adsorvente

De acordo com os resultados apresentados na figura 4, o aumento na remoção dos íons Cr(III) ocorreu apenas em 10,0 mg. Para valores acima de 10,0 mg observa-se uma diminuição na porcentagem de remoção e permanecendo constante de 150 a 200 mg, indicando assim, a possibilidade de equilíbrio no sistema.

Diante dos resultados obtidos a massa considerada ótima foi 10,0 mg para o adsorvente de

interesse, visto que ao utilizar quantidades maiores de adsorventes garante um elevado custo do procedimento.

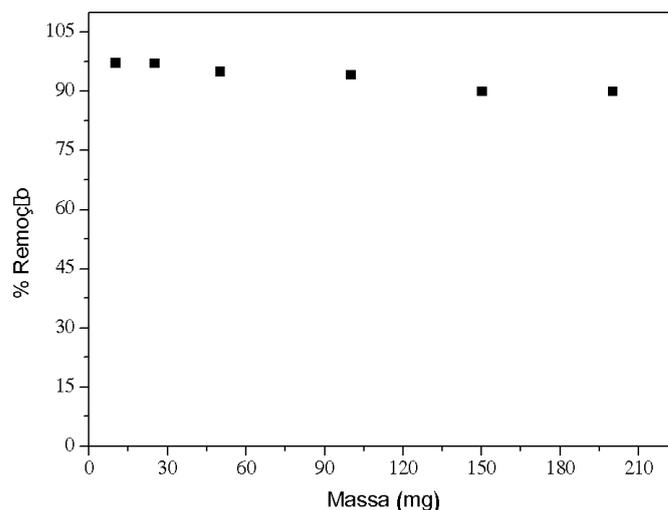


Figura 4 – Efeito da massa na adsorção de íons Cr(III) em cascas e polpa do Baru (*Dipteryx alata*).  
Condições:  $t_{eq}$  = 20 min; pH = 7,0;  $V_{sc}$  = 15 mL; [Cr(III)] = 10mg L<sup>-1</sup>

## Conclusão

A técnica de Espectroscopia de Infravermelho (FTIR), permitiu observar os principais grupos funcionais que apresentam sítios ativos em potencial para remoção dos íons Cr(III), sendo O-H, C-O, C=O, C-H, CH<sub>2</sub> e N-H, que por interação eletrostática possibilita adsorção através dos mecanismos de troca iônica ou complexação.

O processo de adsorção apresentou-se favorável em pH 7,0, massa igual a 10,0mg e tempo operacional de 20 minutos.

Os resultados preliminares com as cascas e polpas trituradas do Baru (*Dipteryx alata*) na remoção de íons Cr(III), demonstrou que o material apresenta potencialidades na remoção de íons metálicos em águas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. L. S. **Avaliação da capacidade de adsorção da torta de *Moringa Oleifera* para BTEX em amostras aquosas.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em

Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

ALVES, V. N.; ARAÚJO, C. S. T.; COELHO N.M.M. **Potencialidades do vermicomposto na adsorção de íons prata.** Horizonte Científico (Uberlândia), v. 1, p. 1-19, 2008.

ATKINS, P.; JONES, L. **Físico-Química livros técnicos e científicos.** Editora LTC, 7ª edição, p.593, 2004.

BAPTISTA, F. P. **Avaliação da exposição ambiental ao cromo na população residente no entorno de curtumes em Rondônia.** Dissertação de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

BATISTA, T. S. **Estudo de adsorção de metais pesados de efluentes utilizando a casca da tangerina como biomassa adsorvente.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

BRASIL. **Cuidado das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos.** Agência Nacional das águas. Brasília, p. 154, 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 430.** Dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 2011.

CHONG, K.H.; VOLESKY, B.; **Description of two-metal biosorption equilibria by Langmuir-type models, Biotechnology Bio-eng.** v. 47; p. 451–460; 1995.

COELHO, G. F. **Utilização da casca da castanha de caju *Anarcadium occidentale* L. como biossorventes de metais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014.

COLDEBELLA, P. F et al. **Avaliação das propriedades térmicas e estruturas dos frutos de *Moringa oleifera* Lam.** In: Abratec - IX Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria, 2014, Serra Negra – SP. Anais. Serra Negra – SP, Abratec, 2014.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari na parque estadual turístico do alto ribeira Petar**, São Paulo, Brasil. *Química nova*, v. 29, n. 1, p. 40 – 45, 2006.

KALYANI, S.; RAO, P. S.; KRISHNAIAH, A. **Removal of nickel (II) from aqueous solutions using marie macroalgae as the sorbing biomass**. *Chemosphere*, v. 57, p.1225-1229, 2004.

MADRID, Y.; CAMARA, C. **Biologicalsubstrates for metal preconcentracionandspeciation**. *Trends in AnalyticalChemistry*, v. 16, p. 36 - 44, 1997.

MEENA, A. K.; MISHRA, G. K.; RAÍ, P. K.; RAJAGOPAL, C.; NAGAR, P. N. **Removal of heavy metal íons from aqueous solutions using carbon aerogel as adsorbent**. *Journal of hazardous materials B122*, p. 161-170, 2005.

MOSQUETTA, Rafael. **Remoção de cobre em álcool etílico hidratado combustível utilizando amêndoas de Baru (*Dipteryxalata*)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

PALANIAPPAN, M.; GLEICK, P. H.; ALLEN, L.; COHEN, M. J.; CHRISTIAN-SMITH, J.; SMITH, C.; **Cuidado das águas: Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Brasília – Distrito Federal, p. 1 – 160, 2011.

PINO, G. H.; MESQUITA, L. M. S.; TOREM, M. L.; PINTO, G. A. S. **Biosorption of cadmium by green coconut shell powder**. *Minerals engineering*, v. 19, p. 380 – 387, 2006.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. **Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb, e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM)**. *Acta Amazônica*, v. 37, n.1, p. 111 – 118, 2007.

SILVA, A. D. B. **Estudo de caso: remediação de água subterrânea contaminada por cromo**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de engenharia química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, M. L.; FERNANDES, N. S. **Análise da serragem de madeira utilizada como**

**adsorvente dos metais Cr<sup>3+</sup> e Pb<sup>2+</sup> de resíduos laboratoriais.** Revista PubIICa, Rio Grande do Norte, v. IV, p. 37 – 45, 2010.

SOUZA, J. V. T. M.; MASSOCATTO, C. L.; DINIZ, K. M.; TARLEY, C. R. T.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. **Adsorção de cromo (III) por resíduos de laranja in natura e quimicamente modificados.** Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 33, n. 1, p. 03 – 16, 2012.

STUART, B. H. **Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 244 p.

TASAR, S.; KAYA, F.; ÖZER, A. **Biosorption of lead(II) ions from aqueous solution by peanut shells: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 2, p. 1018 – 1026, 2014.