



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

KÁTIA DA SILVA SOUSA

REMOÇÃO DO ANALGÉSICO PARACETAMOL DA ÁGUA COM A
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ

PALMAS-TO

2019

KÁTIA DA SILVA SOUSA

REMOÇÃO DO ANALGÉSICO PARACETAMOL DA ÁGUA COM A
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO

Monografia apresentada a Universidade Federal do Tocantins, sob orientação do Professor DSc. Thiago Costa Gonçalves Portelinha, como parte das exigências do curso de Engenharia Ambiental, para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

PALMAS-TO

2019

KÁTIA DA SILVA SOUSA

REMOÇÃO DO ANALGÉSICO PARACETAMOL DA ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Ambiental**, do curso de **Engenharia Ambiental** da Fundação Universidade Federal do Tocantins – UFT.

Palmas –TO, 18 de Abril de 2018

Banca examinadora:

Prof. DSc. Thiago Costa Gonçalves Portelinha Orientador - UFT

Prof. DSc. Aurélio Pessoa Picanço Professor convidado – UFT

Prof. DSc. Emerson Adriano Guarda Professor convidado – UFT

CONCEITO DA APROVAÇÃO: _____

Prof. DSc. Waldesse Piragé de Oliveira Junior

Coordenador de TCC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M929r MOURA, KATIA DA SILVA SOUSA NEVES .
REMOÇÃO DO ANALGÉSICO PARACETAMOL DA ÁGUA COM
A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO . /
KATIA DA SILVA SOUSA NEVES MOURA. – Palmas, TO, 2019.
55 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –
Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Ambiental,
2019.

Orientador: Thiago Costa Gonçalves Portelinha Portelinha

1. Adsorção. 2. Corpos Hídricos. 3. Fármacos. 4. Carvão ativado.
I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde
que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica
da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

DEDICATÓRIA

A Deus, por estar sempre comigo, me dando força, fé e nunca me deixar desistir.

A minha mãe, Maria de Nazaré, aos meus Irmãos Karina, Maysa, Ana Luiza e Jonas, aos meus queridos avós Jocelina e Raimundo, meu primo/irmão Ronielson, ao meu companheiro a 13 anos, além de amigo e esposo Alaécio Neves.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS pela vida e pela saúde, pelas oportunidades concedidas, por guiar sempre os meus passos, e por ser meu refúgio e minha fortaleza nas horas de dificuldade.

Ao meu Professor Orientador Thiago Costa Gonçalves Portelinha pelos ensinamentos, aprendizados mútuos, incentivos e confiança desde o início do trabalho. E aos professores Aurélio Pessoa Picanço e Emerson Adriano Guarda pela participação e contribuições neste trabalho.

À Tobasa Bioindustrial de Babaçu Ltda. e a Bonechar Carvão Ativado do Brasil Ltda., por terem apostado na qualidade do trabalho, cedendo-nos os materiais necessários para a execução deste. Aos Laboratórios de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis (LAPEQ) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), pela disponibilidade de horários, reagentes e aparelhos de cromatografia líquida de alta eficiência para execução desta pesquisa, ao professor Emerson guarda e professora Patrícia Guarda pelas dicas e conselhos, Ao laboratório de micro biologia Ambiental e Biotecnologia (LAMBIO) por disponibilização de água ultrapura e ao laboratório de Resíduos Sólidos pela disponibilização do aparelho Jarteste.

Em especial a técnica Larissa Gualberto por toda paciência, dedicação e disponibilidade durante todo o processo de execução dos testes, cálculos, preparação de amostras e por sempre oferecer seu apoio como profissional e uma palavra amiga, e ao mestrando Illys Janes por toda ajudar na parte extração dos dados e na execução dos dados estáticos, ao mestrando Mateus Brito por ajudar na parte das correções e realização do abstract e pelas palavras amiga de apoio e incentivo, minha querida amiga Stela costa do vale por toda ajuda e parceria.

Ao meu esposo e amigo Alaécio Neves por todo apoio e ajudar na parte dos testes, por todo carinho e dedicação.

A todos que de algum modo colaboraram de forma direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho de conclusão.

Meus sinceros e profundos agradecimentos.

SOUSA, K. S. REMOÇÃO DO ANALGÉSICO PARACETAMOL DA ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO EM PÓ. 2019. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

RESUMO

Os fármacos são substâncias químicas terapêuticas usadas na saúde humana. No entanto, podem tornar-se tóxicas e resistentes no meio ambiente, como o analgésico Paracetamol. Esse fármaco está presente em efluentes de atividades domésticas, industriais e hospitalares, que se lançados diretamente nas redes coletoras de esgoto e sem o devido tratamento, promovem desequilíbrios, impactos e interferências ambientais na fauna e flora aquática. Os métodos convencionais de tratamento de água e esgoto não conseguem realizar a remoção completa desses contaminantes. Diante dessa problemática, o presente trabalho avaliou a remoção do fármaco Paracetamol da água por meio do processo de adsorção utilizando carvão ativado em pó (CAP), produzido do epicarpo de coco babaçu e de osso animal de origem bovina, em diferentes dosagens e tempos de contato. A identificação das concentrações residuais foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Houve diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo interação entre os fatores. O processo de remoção do fármaco paracetamol pela adsorção com diferentes carvões ativados em pó, mostrou-se eficaz, atingindo um índice de remoção superior a 90%. O carvão ativado em pó de coco babaçu na concentração de 60 mg/L e no tempo de 30, 180 e 240 minutos, apresentaram os maiores índices de remoção; porém por não possuírem diferença estaticamente entre si, recomenda-se o tempo de 30 minutos, por questão econômica, com consumo de energia;

Palavras-Chave: Adsorção, Corpos Hídricos-Fármacos.

SOUSA, K. S. REMOVAL OF ANALGESIC PARACETAMOL FROM WATER WITH THE USE OF DIFFERENT TYPES OF CHARCOAL ACTIVATED IN POWDER. 2019. 55p. Course Completion Work (Bachelor in Environmental Engineering). Federal University of Tocantins, Palmas, TO.

ABSTRACT

Drugs are therapeutic chemicals used in human health. However, they can become toxic and resistant in the environment, such as the analgesic Paracetamol. This drug is present in effluents from domestic, industrial and hospital activities, which if launched directly into sewage collection systems and without proper treatment, promote imbalances, impacts and environmental interferences in aquatic fauna and flora. Conventional water and sewage treatment methods can not fully remove these contaminants. In view of this problem, the present study evaluated the removal of the drug Paracetamol from the water by means of the adsorption process using powdered activated charcoal (CAP), produced from babassu coconut epicarp and bovine animal bone in different dosages and times of contact. The identification of the residual concentrations was performed by High Efficiency Liquid Chromatography (HPLC). There was a significant difference between treatments, with interaction between factors. The process of paracetamol removal by adsorption with different activated carbon powder was effective, reaching a removal rate of more than 90%. Activated charcoal powder of babassu coconut powder at a concentration of 60 mg / L and in the time of 30, 180 and 240 minutes, presented the highest rates of removal; but because they do not have a statistically significant difference between them, it is recommended the time of 30 minutes, for economic reasons, with energy consumption;

Keywords: Adsorptio. Water bodies, Drugs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Principais rotas de disposição de produtos farmacêuticos no meio ambiente	14
Figura 2 - Molécula de Paracetamol.....	18
Figura 3- Partes do coco babaçu.....	21
Figura 4- Ensaio dos carvões ativados em pó (CAP)	37
Figura 5- Cromatograma do padrão de água contaminada com o analgésico paracetamol antes da remoção	39
Figura 6- Cromatograma de residual de Carvão de coco babaçu.....	40
Figura 7- Cromatograma de residual de Carvão de Osso Animal de origem Bovina	40
de coco babaçu	44
Figura 8- Comparação da remoção em diferentes tempos e concentração com carvão ativado.....	43
Figura 9- Comparação da remoção do carvão de osso animal de origem bovina	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais classes terapêuticas e compostos consumidos mundialmente	15
Tabela 2- Características do fármaco paracetamol	34
Tabela 3- Condições cromatográficas na determinação do paracetamol	37
Tabela 4-Equação da reta para determinação do residual de Paracetamol após remoção dos carvões em pó (CAP)	38
Tabela 5-Análise de Variância de remoção do paracetamol em água	40
Tabela 6-Avaliação do percentual de remoção em relação entre Concentrações, Carvão e Tempos	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIN – Analgésicos e anti-inflamatórios não esteroides

CAP – Carvão Ativado em Pó

CB – Carvão de Coco Babaçu

CO – Carvão de Osso Animal

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

LAPEQ – Laboratórios de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis

PAR – Paracetamol

POA – Processo Oxidativo Avançado

UFT – Universidade Federal do Tocantins

UV – Ultravioleta

SUMARIO

1.	REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1	Fármacos e sua introdução no meio ambiente	14
1.2	O consumo e impactos de fármacos junto ao meio ambiente e à saúde humana	15
1.3	Paracetamol	18
1.4	Legislação Ambiental	19
1.5	Técnicas utilizadas na remoção dos fármacos	20
1.6	Carvão ativado de coco babaçu e de osso animal	21
2.	REFERÊNCIAS	23
	CAPÍTULO II - Artigo Científico	29
1.	INTRODUÇÃO.....	32
2.	OBJETIVOS.....	34
2.1	Objetivo Geral	34
2.2	Objetivos específicos	34
3.	MATERIAS E MÉTODOS	34
3.1	Materiais utilizados	35
3.2	Procedimento experimental	35
3.2.1	Preparo da solução de Paracetamol	35
3.3	Ensaio em Jarrest	36
3.4	Ensaio em Carvão Ativado em Pó (CAP)	36
3.5	Análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)	37
3.6	Avaliação de remoção do paracetamol	38

3.7	Análise estatística.....	38
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Determinação do paracetamol	39
4.2	Adsorção em Carvão Ativado em pó (CAP) Vegetal de coco Babaçu e Osso Animal	40
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
6.	REFERÊNCIAS	

CAPÍTULO I

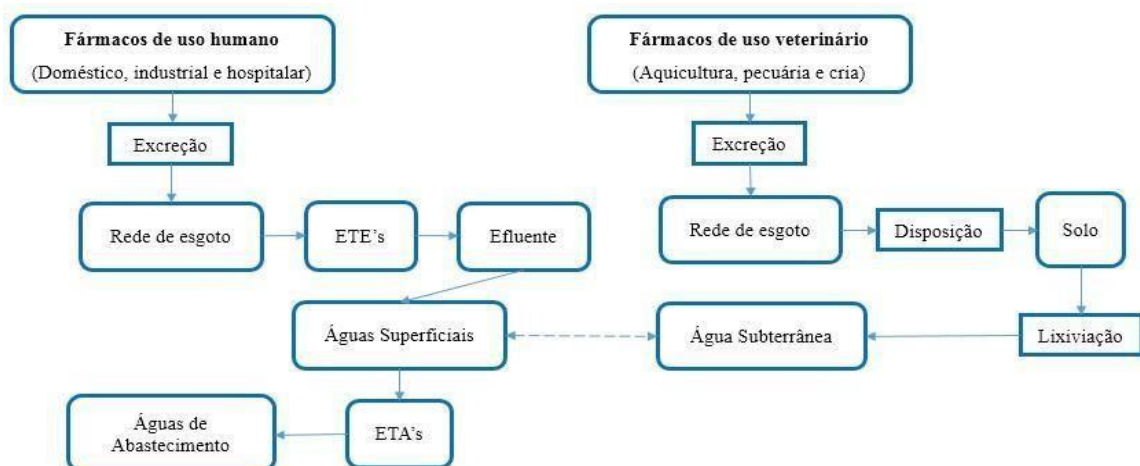
1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Fármacos e sua introdução no meio ambiente

Os fármacos são compostos farmacêuticos ativos, moléculas complexas com diversas funcionalidades e com propriedades físico-químicas e biológicas (KÜMMERER, 2004). De acordo com Homem (2011), os fármacos são vistos como substâncias químicas terapêuticas para a saúde humana, mas que além de tóxicas, podem ser tornar resistentes no meio ambiente. Esses compostos são geralmente encontrados no meio aquático, sejam em lagos, lagoas, águas superficiais ou subterrâneas, efluentes domésticos e hospitalares ou até mesmo no solo (LONGHIN, 2008).

Melo *et al.* (2008), ressalta que a principal rota de entrada de fármacos no ambiente é pelo lançamento de esgotos domésticos, tratados ou não, em cursos de água, podendo ser introduzidos, também, através dos efluentes de indústrias farmacêuticas, efluentes rurais e pela disposição inadequada de produtos não usados ou com o prazo de validade vencidos, como disposto na Figura 1. Borges (2010) acrescenta que, após o lançamento dessas substâncias no meio ambiente as mesmas possuem três destinos possíveis, podem entrar em decomposição no ambiente, mineralizando-se com gás carbônico e água; sofrerem processos metabólicos ou degradação parcial e por fim serem persistente no meio ambiente.

Figura 1 - Principais rotas de disposição de produtos farmacêuticos no meio ambiente.



Fonte: Adaptado de Silva, (2009).

1.2 O consumo e impactos de fármacos junto ao meio ambiente e à saúde humana.

Entre os contaminantes mais consumidos no Brasil e no mundo, estão os fármacos, merecendo destaque especial os analgésicos como o Paracetamol, quando ingerida em doses elevadas, essas substâncias podem causar danos no fígado (SYED & NAMDEO, 2013). Segundo Erbe (2014), o Brasil está na lista dos cinco países com o maior índice de consumo de medicamentos no mundo, e com previsão de duplicar esse percentual devido ao aumento de pessoas idosas até o ano de 2025.

O aumento dos avanços tecnológicos na área da medicina tem contribuindo diretamente no aumento da diversidade de medicamentos farmacêuticos disponíveis no mercado. Dentre os diferentes tipos e marcas de medicamentos disponíveis, os mais consumidos mundialmente são os analgésicos, antibióticos, as drogas psiquiátricas dentre outros, (JIANG *et al.*, 2013; BIRKHOLZ *et al.*, 2014; GAVRILESCU *et al.*, 2015), conforme dados dispostos na Tabela 01.

Tabela 1-Principais classes terapêuticas e compostos consumidos mundialmente.

Classes terapêutica dos fármacos	Exemplo de Compostos
Analgésico	Paracetamol; codeína; fenoprofeno; metamizol
Antibiótico	Amoxicilina; ampicilina; ciprofloxacina; cefalexina; cefazolina; cefotaxima; claritromicina; cloranfenicol; cloro tetraciclina; eritromicina; lincomicina; metronidazol; norfloxacino; ofloxacina; penicilina; roxitromicina; sulfametazina; sulfametoxazol; sulfapiridina; trimetoprima; tetraciclina.
Anti-inflamatório	Ácido acetilsalicílico; ácido mefenâmico; ácido tiaprofênico; carprofeno; cetoprofeno; diclofenaco; ibuprofeno; indometacina; loxoprofeno; naproxeno.
Antidiabéticos	Glibenclamida; gliclazida; metformina.
Anticancerígenos	Ciclofosfamida; ifosfamida
Contraceptivos	Etinilestradiol; bezafibrato; genfibrozila.
Hormonais	desogestrel, mestranol;
Contraste raio -X	Ácido amidotrizóico; diatrizoato; iohexol; iomeprol; iopamidol; iopromide.
Drogas psiquiátricas	Antipirina; 4-aminoantipirina; carbamazepina; citalopram; clonazepam; diazepam; duloxetina; fluoxetina; mirtazapina paroxetina; sertralina; venlafaxina

Fonte: Adaptação de Gavrilescu *et al.* (2015).

Os analgésicos e anti-inflamatórios não esteroidais (AINE) estão entre os medicamentos mais utilizados no mundo (ZHANG *et al.*, 2008; LONAPPAN *et al.*, 2016), já que na maioria dos países não é necessário apresentar receitas médicas para a sua

aquisição em farmácias ou drogarias. O grupo dos idosos é responsável pelo consumo de mais de 50% de todos os medicamentos vendidos no mundo, sendo que mais de 80% deles tomam pelo menos uma medicação diária e 75% sequer comunicam a seus médicos seus tratamentos não convencionais (CASAS-VÁSQUEZ *et al.*, 2016).

Apesar do Brasil ser um país em desenvolvimento possui um consumo de fármacos igual ou superior aos países desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, França e Alemanha (CAMPANHA *et al.*, 2015). Essa preocupação aumenta, pois muitos destes fármacos sofrem transformação dentro do organismo receptor, podendo gerar ou alterar a solubilidade do fármaco em água. No entanto, este processo de transformação não acontece por completo e os percentuais de excreção dos compostos ativos podem ocorrer em uma variação de 0 a 100% (KÜMMERER, 2004, KASPRZYK-HORDERN, B *et al.*, 2009, REHMAN *et al.*, 2015).

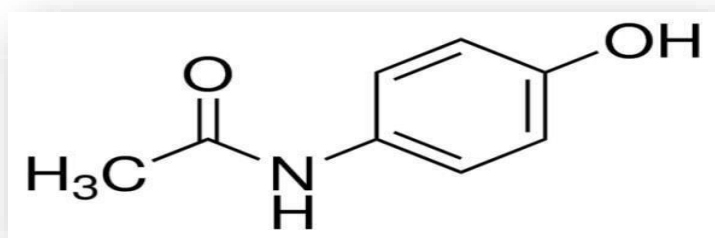
Um estudo realizado por Haberer (2002) relatou ter encontrados tanto no início do tratamento como no efluente final tratado, além das águas superficiais e subterrâneas a detecção de mais de oitenta fármacos de diferentes classes em diversos países da América e da Europa, dentre eles o Brasil. Cabeza *et al.* (2012), identificaram a presença de 49 tipos de fármacos em amostras de água tratada de uma estação de tratamento próximo à Barcelona, Espanha.

Entre os efeitos adversos dos fármacos em matrizes ambientais relatados na literatura, têm-se: toxicidade aquática, genotoxicidade, perturbação endócrina em animais selvagens, seleção de bactérias multirresistentes, feminização de peixes masculinos, além daqueles especialmente relacionados a humanos, como aumento da incidência de câncer de mama, testicular e próstata, redução da contagem de espermatozoides, infertilidade, abortos espontâneos, distúrbios metabólicos, incidência de tumores malignos, endometriose e os riscos associados a resistência de bactérias a antibióticos, mesmo doses pequenas de paracetamol, quando ingeridas por mulheres grávidas, podem contribuir para o surgimento de processos alérgicos nos bebês (JEDRYCHOWSKI *ET AL.* 2011),

1.3 Paracetamol

O paracetamol (Figura 02) é um fármaco com propriedades analgésicas, utilizado para o alívio temporário de dores leves a moderadas associadas a gripes e resfriados comuns, e na redução da febre (CHRISTEN *et al.*, 2010). É um pó cristalino, branco, inodoro, com leve sabor amargo, ligeiramente solúvel em água, solúvel em água fervente, facilmente solúvel em etanol, praticamente insolúvel em clorofórmio e éter etílico (SIGMA, 2016).

Figura 2 - Molécula de Paracetamol



Fonte: SANTOS, 2012.

Em 1950, Brodie e Axelrod realizaram a identificação do paracetamol como princípio ativo da *Acetanilida* e da Fenacetina, a partir desta década tornando esse medicamento conhecido popularmente (SANTOS, 2014), fato esse devido a sua disponibilidade e por suas propriedades analgésicas serem consideradas seguras e não apresentar efeitos colaterais imediatos ao ingerir o medicamento (BERTOLINI *et al.*, 2006). Dentre os países desenvolvidos, segundo dados da entidade Transparência de Mercado (Transparency MarketResearch), os Estados Unidos lideraram o ranking mundial de consumo do paracetamol; e entres os países emergentes, o Brasil é o terceiro com o maior consumo desse analgésico na América Latina (GHUMARE, 2015).

Em estudos realizados por Behera *et al.* (2011), o paracetamol foi um dos fármacos encontrados com maior abundância em estações de tratamentos de esgotos na Coreia do sul. No Brasil, os mesmos contaminantes foram detectados em sedimentos marinhos na Bahia de

Todos os Santos, no estado da Bahia, em quantidades de nanogramas por grama de sedimento (BERETTA *et al.*, 2014). Os traços de colesterol, bisfenol A, cafeína e 17- β estradiol estavam presentes em amostras de água potável na faixa de microgramas por litro no estado de São Paulo (SODRÉ *et al.*, 2010). No estado do Rio de Janeiro foram analisadas amostras de água coletadas em rios que ficam próximos à centros urbanos, onde detectaram naproxeno e diclofenaco em concentrações de nanogramas por litro. Anti-inflamatórios com concentrações inferiores à um micrograma por litro, foram encontrados em águas tratadas por estações de tratamentos municipais do estado (STUMPF *et al.*, 1999).

Craig *et al.* (2012), relatam que apesar de ser considerada uma droga segura, o paracetamol quando consumido na concentração de 7,5 gramas por dia já é considerada como uma dose tóxica à saúde, podendo causar necrose hepática e falha renal, apesar de raramente acometer os demais órgãos. Roberts *et al.* (2015), analisaram 1888 estudos de caso e concluíram que o uso constante do paracetamol pode aumentar as chances de morte recorrentes a doenças cardiovasculares, gastrointestinais e renais.

1.4 Legislação Ambiental

A legislação ambiental brasileira se encontra em constante desenvolvimento no que diz respeito ao lançamento de efluentes, principalmente os oriundos de atividades domésticas e industriais, além da disposição de compostos farmacêuticos (SACAMOTO, 2014). A qualidade da água é definida pelo Ministério do Meio Ambiente por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através de resoluções. Sendo que a Resolução CONAMA 357 de 2005 classifica os corpos hídricos e a resolução 430 de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Essas normativas definem valores máximos para algumas substâncias orgânicas e inorgânicas, como por exemplo, o alumínio, cádmio, cromo, mercúrio, DDT e benzeno (BRASIL, 2005), mas não regulamentam o limite dos produtos farmacêuticos (LONGHIN, 2008).

Em 2017, o Ministério da Saúde revogou a portaria 2.914 e criou o Código do SUS que abrange o conteúdo normativo da antiga Portaria, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ela está incorporada na PRC (Portaria de Consolidação) nº 5, no Anexo XX .

Embora a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tenha classificado os resíduos sólidos farmacológicos como resíduos químicos, e mesmo tendo apresentado um regulamento técnico sobre o gerenciamento e destinação adequada dos mesmos, ainda não foram instituídas políticas sobre a logística reversa para esses resíduos (RODRIGUES, 2009). Percebe-se que para o Brasil, não existem normas ou leis que exijam a remoção ou controle da quantidade de certas substâncias, como fármacos e hormônios, para águas de abastecimento humano, ou até mesmo para efluentes tratados (LONGHIN, 2008).

As únicas normas que regulamentam e limitam a presença dos fármacos em ambientes aquáticos foram publicadas pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e pela União Europeia por meio de uma revisão ambiental padronizada (VICENTE, 2011). Esta revisão define em uma valoração dos riscos ambientais existentes, onde são realizados cálculos da quantidade da concentração do fármaco que irá ser introduzida no ambiente, levando em consideração cinco anos de produção. Se a concentração for menor que $1 \mu\text{g.L}^{-1}$ é considerado aceitável, caso contrário serão submetidos à análises ecotoxicológicas, pelo menos, uma alga marinha e um tipo de invertebrado (JONES *et al.*, 2004).

Apesar da legislação ambiental no Brasil estar em constante atualização, a presença de fármacos no meio ambiente ainda representa riscos à saúde humana e ao meio ambiente, pois existem pouco países que possuem normas que regulamentam sua presença em amostras ambientais, e as que existem não são suficientes, dificultando a definição de limites aceitáveis e confiáveis desses resíduos (RAIMUNDO, 2007), assim como a definição de critérios rigorosos na legislação quanto a presença dos fármacos na água (HOMEM, 2011).

1.5 Técnicas utilizadas na remoção dos fármacos

Segundo dados disponibilizados pelo IBGE (2008), 64% do volume de água distribuído diariamente no Brasil passam pelo tratamento convencional, sendo que 7% da água consumida não recebe nenhum tipo tratamento. Estudos em outros países demonstraram que o tratamento convencional apresenta capacidade limitada de redução de hormônios e fármacos, com faixa de remoção entre 3% e 30% (AWWARF, 2007).

Ao detectar-se a presença de fármacos em rios e águas oriundas de estações de tratamento de efluentes (ETE), é necessário agregar novas formas de tratamentos aos

processos convencionais já utilizados. Os processos oxidativos avançados (POA) têm sido utilizados para degradação desses contaminantes, assim como a cloração, adsorção em carvão ativado, processos com membranas de nanofiltração (NF) e osmose reversa (OR), entre outros (HUBER *et al.*, 2003).

1.6 Carvão ativado de coco babaçu e de osso animal

O carvão ativado pode ser dividido em três tipos: granular, pulverizado ou carbon block, produzidos a partir do endocarpo do coco de babaçu (*Orbignya phalerata*), que é considerado uma matéria-prima nobre por possuir uma elevada dureza, o que possibilita tecnicamente a obtenção de elevados índices de ativação (TOBASA, 2019). A utilização dos adsorventes vegetais é vista como uma alternativa eficiente e economicamente viável nos processos de remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos da água, assim como os fármacos (TAMBOSI, 2008).

Derivado de material carbônico associado a outros elementos como o hidrogênio, enxofre, fósforo e nitrogênio, o carvão ativado tem uma estrutura bem porosa, proporcionando uma área específica com grande capacidade de adsorver substâncias de origem orgânica e inorgânica (PERES, 2011). O carvão ativado de epicarpo de coco (Figura 03) é produzido através do resíduo sólido gerado no processo de extração do óleo vegetal de sua castanha (SILVA, 2014).

Figura 03-Partes do coco babaçu



Fonte: Tobasa,2019.

O carvão de osso animal é constituído de fosfato tricálcico, carbonato de cálcio e carbono, o carvão de osso animal é obtido pelo processo de ativação física a 800°C, sob condições controladas (BOTTREL, 2012). Estudos de adsorção demonstraram a remoção de compostos químicos e biológicos com uso do carvão granular de osso animal, como o realizado por Bottrel (2012). Apesar dos poucos estudos aplicados na remoção de fármacos, Muller (2009) ressalta, que pela elevada capacidade de adsorção o potencial desse carvão na remoção de resíduos farmacêuticos é viável.

2. REFERÊNCIAS

(AWWARF). Remoção de EDCs e produtos farmacêuticos no tratamento de bebidas e reutilização processos. FUNDAÇÃO AMERICANA DE PESQUISA DE ASSOCIAÇÃO DE OBRAS DE ÁGUA v Denver, CO, EUA, 2007.

ACOFARMA DISTRIBUCIÓN S.A.Llobregat, 2008223-Terrassa. Espanha. Ficha de Dados de Segurança ACOFARMA,em Conforme o Regulamento (CE) Nº 1907/2006 (REACH).

BEHERA, S. K. *et al.* Occurrence and removal of antibiotics, hormones and several other pharmaceuticals in wastewater treatment plants of the largest industrial city of korea. Science of the total environment, 2011. v. 409, n. 20, p. 4351–4360. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.07.015>>.

BERETTA, M. *et al.* Occurrence of pharmaceutical and personal care products (ppcps) in marine sediments in the todos os santos bay and the north coast of salvador, bahia, brazil. Journal of soils and sediments, 2014. v. 14, n. 7, p. 1278–1286.

BERTOLINI, A. *et al.* Paracetamol: new vistas of an old drug. Cns drug reviews, 2006. v. 12, n. 3-4, p. 250–275.

BIRKHOLZ, D. A.; STILSON, S. M.; ELLIOTT, H. S. Analysis of emergingcontaminants in drinking water - A Review. Comprehensive Water Quality and Purification, v.2, Elsevier Inc. Editora: SatinderAhuja, p. 212-229, 2014.

BOTTREL, S. E. C. Avaliação da remoção da etilenotiouréia (etu) e 1,2,4-triazol através de processos oxidativos avançados e adsorção. 111 f. Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte-MG, 2012.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira. 5º ed. Brasília: Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA n 357, 18 de março de 2005. Diário Oficial. Brasil, 2005.

BORGES, R. M. Avaliação Da Remoção De Compostos Farmacológicos Em Filtros De Carvão Granular Biologicamente Ativado Em Escala De Laboratório. (Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual Paulista) [s.n.], 2010.

CABEZA, Y. *et al.* Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain). *Journal of Hazardous Materials*, v. 239–240, p. 32–39, 2012.

CAMPANHA, M. C. *et al.* A 3- year study on occurrence of emerging contaminants in an urban stream of São Paulo State of Southeast Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 10, p. 7936-47, 2015.

CASAS-VÁSQUEZ, P.; ORTIZ-SAAVEDRA, P.; PENNY-MONTENEGRO, E. Estrategias para optimizar el manejo farmacológico en el adultomayor. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, v.33(2), p. 335-41, 2016.

CHRISTEN, V. *et al.* - Highly active human pharmaceuticals in aquatic systems: A concept for their identification based on their mode of action. *Aquatic toxicology*(Amsterdam, Netherlands) ISSN 1879-1514. 96:3 (2010) 167–81. doi: 10.1016/j.aquatox.2009.11.021.

CRAIG, D. G. N. *et al.* Staggered overdose pattern and delay to hospital presentation are associated with adverse outcomes following paracetamol-induced hepatotoxicity. *British journal of clinical pharmacology*, 2012. v. 73, n. 2, p. 285–294.

ERBE, M. C. L. Aplicação da legislação, regulação e alternativas (águas superficiais e subterrâneas) micropoluentes. Curitiba-PR: [s.n.], 2014.

GHUMARE, N. North america leads consumption of pap and paracetamol, accounted for 40% of global market by volume in 2013: transparent market research. *Prnewswire*, Albany, NY, EUA, 2 out. 2015. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/northamerica-leads-consumption-of-pap-and-paracetamol-accounted-for-40-of-global-market-by-volume-in-2013-transparency-market-research-530386761.html>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

HEBERER, T. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of Hydrology*. v. 266, n. 3, p. 175-189, 2002

HOMEM, V. Tecnologias Alternativas de Remoção de Antibióticos de Águas Contaminadas. [s.l.] (Tese de Doutorado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Porto), 2011.

HUBER, M. M. *et al.* Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation processes. *Environmental Science and Technology*, Dordrecht, v. 37, n. 5, p. 1016-1024, 2003.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATICA, Gestão municipal do saneamento básico GMSB 2008, disponível em :

<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf>,
acesso em: 22 de março de 2019.

JEDRYCHOWSKI W, Spengler JD, Maugeri U, Miller RL, Budzyn-Mrozek D, Perzanowski M, Flak E, Mroz E, Majewska R, Kaim I, Perera F. Effect of prenatal exposure to fine particulate matter and intake of Paracetamol (Acetaminophen) in pregnancy on eczema occurrence in early childhood. *Sci Total Environment*. 2011; 409(24): 5205-5209.

JIANG, J.; ZHOU, Z.; SHARMA, V. K. Occurrence, transportation, monitoring and treatment of emerging micro-pollutants in waste water- A review from global views. *Microchemical Journal*, v. 110, p.292-300, 2013.

JONES, O. VOULOULIS, N. LESTER, L. Potential ecological and human health risks associated with the presence of pharmaceutically active compounds in the aquatic environment. *Critical Reviews in toxicology*. p. 335-350

KASPRZYK-HORDERN, B.; DINSDALE, R. M.; GUWY, A. J. The occurrence of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs in surface water in South Wales, UK. *Water Research*, v. 42, n. 13, p. 3498–3518, 2008.

KÜMMERER Heidelberg, K. *Pharmaceuticals in the environment*. 2. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, V. 53, 2004.

KÜMMERER K. Resistance in the Environment. *J. Antimicrob. Chemother.*, v. 54, n.2, p.311–320, 2004.

LONAPPAN, L. *et al.* Diclofenac in municipal wastewater treatment plant: quantification using laser diode thermal desorption atmospheric pressure chemical ionization—tandem mass spectrometry approach in comparison with an established liquid chromatography-electrospray ionization—tandem mass spectrometry method. *Journal of Chromatography A*, v. 1433, p. 106–113, 2016.

LONGHIN, S. R., Estudo da degradação dos antibióticos beta-lactâmicos amoxicilina e ampicilina e avaliação da toxicidade e biodegradabilidade dos seus produtos. Universidade de Brasília (UnB). Instituto de Química, Brasília. 2008.

MELO, S. A. S. *et al.* Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Química nova*, 2009. v. 32, n. 1, p. 188–197.

MULLER, C. C. *et al.* Adsorção em Carvão Ativado em pó para remoção de microcistina de Água de Abastecimento Público. *Engenharia Ambiental e Sanitária*. v. 14 n.1. p.29-38. Porto Alegre- RS. 2009. PERES, M. R. Remoção dos interferentes endócrinos 17 α -etinilestradiol, 17 β -estradiol e 4nonilfenol por adsorção em carvão ativado em pó em água de abastecimento público. [s.l.] (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas), 2011.

PERES, M. R. Remoção dos interferentes endócrinos 17 α -etinilestradiol, 17 β -estradiol e 4nonilfenol por adsorção em carvão ativado em pó em água de abastecimento público. Universidade Estadual de Campinas. Campinas –SP. 2011.

RAIMUNDO, C. C. M. Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia. [s.n] 126 f. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade de Campinas. Campinas – SP. 2007.

REHMAN, M. S. U. *et al.* Global risk of pharmaceutical contamination from highly populated developing countries. *Chemosphere*, 2015. v. 138, p. 1045–1055. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.02.036>>.

ROBERTS, E. *et al.* Paracetamol: not as safe as we thought? a systematic literature review of observational studies. *Annals of the rheumatic diseases*, 2015. p. 1–8. Disponível em: <<http://ard.bmj.com/cgi/doi/10.1136/annrheumdis-2014-206914>>.

RODRIGUES, C. Aspectos legais e ambientais do descarte de resíduos de medicamentos. 2009. p. 1 – 111. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/121/Dissertacao.pdf>>.

SACAMOTO, P. H. Avaliação dos processos fenton e fotofenton aplicado no tratamento de um efluente sintético contendo o antibiótico amoxicilina. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Ribeirão Preto, São Paulo, 2014.

SANTOS, D. B. A. O paracetamol mata? Hábitos de consumo na população portuguesa. Universidade do Porto. 2014.

SILVA, J. A. A. A. Remoção de amoxicilina de matrizes aquosas por adsorção em leito fixo com casca de amêndoa carbonizada. 83 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade do Porto). Porto, Portugal. 2009.

SILVA, L. A. Movimento Interestadual Das Quebradeiras De Coco Babaçu : Mulheres , Trabalho E Informação. [s.l.] (Dissertação de Mestrado em Ciência da Informação, Universidade Federal do Rio de Janeiro), 2014.

SIGMA ALDRICH. Paracetamol - european pharmacopedia reference standard. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/p0300000>>. Acesso em: 5 jun. 2016.

SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. Occurrence of emerging contaminants in brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue. *Water, air, and soil pollution*, 2010. v. 206, n. 1-4, p. 57–67

STUMPF, M. *et al.* Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of rio de janeiro, brazil. *Science of the total environment*, jan. 1999. v. 225, n. 1-2, p. 135–141. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969798003398>.

SYED SH, NAMDEO AG. Hepatoprotective effect of leaves of *Erythroxylum monogynum* Roxb. On paracetamol induced toxicity. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2013; 3(11): 877-881.

TAMBOSI, J. L., Remoção de fármacos e avaliação de seus produtos de degradação através de tecnologias avançadas de tratamento. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

TOBASA BIOINDUSTRIAL, 2019, coco de babaçu ,disponível em <https://www.tobasa.com.br/babacu>, acesso em 18 de fevereiro de 2019.

TROVÓ, A.G., MELO, S.A.S., NOGUEIRA, R.F.P. Photo degradation of the pharmaceuticals amoxicillin, bezafibrate and paracetamol by the Photo-Fenton process: Application to sewage treatment plant effluent. *J. Photochem. Photobiol. A*, v. 198, p. 215220, 2008.

VICENTE, G. H. L, Desenvolvimento e validação de um método analítico para determinação dos fármacos Diclofenaco, Nimesulida, Paracetamol em águas superficiais da cidade de São Carlos-SP. 67 f. (Dissertação de Mestrado em Química). Universidade de São Paulo. Instituto de Química de São Carlos. São Carlos- SP. 2008.286p.

ZHANG, Y.; GEISSEN, S. U.; GAL, C. Carbamazepine and diclofenac:removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. *Chemosphere*, v.73, p.1151–61, 2008.

CAPÍTULO II - Artigo Científico
REMOÇÃO DO ANTI-INFLAMATÓRIO DICLOFENACO DA ÁGUA COM A
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO

Kátia da Silva Sousa¹

Aurélio Pessoa Picanço²

Emerson Adriano Guarda³

Thiago Costa Gonçalves Portelinha⁴

¹Discente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins(UFT)

²Engenheiro Sanitarista e professor DSc, na Universidade Federal do Tocantins (UFT)

³Químico e professor DSc, na Universidade Federal do Tocantins (UFT)

⁴ Engenheiro Ambiental e professor DSc, na Universidade Federal do Tocantins (UFT)

Endereço: Quadra 109 Norte Av. NS-15, Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090.
Palmas/TO. Bloco III Laboratório de Resíduos Sólidos.

E-mail: ¹katiasilvaugt@gmail.com; ²eaguarda@gmail.com; ³auréliopicanço@uft.edu.br,
⁴thiagoportelinha@mail.uft.edu.br

Resumo: os fármacos são substâncias químicas terapêuticas usadas na saúde humana. No entanto, podem tornar-se tóxicas e resistentes no meio ambiente, como o analgésico Paracetamol. Esse fármaco está presente em efluentes de atividades domésticas, industriais e hospitalares, que lançadas diretamente nas redes coletoras de esgoto e sem o devido tratamento, promovendo desequilíbrios, impactos e interferências ambientais na fauna e flora aquática. Os métodos convencionais de tratamento de água e esgoto não conseguem realizar a remoção completa desses contaminantes. Diante dessa problemática, o presente trabalho avaliou a capacidade de remoção do fármaco paracetamol da água por meio do processo de adsorção utilizando carvão ativado em pó (CAP), produzido do epicarpo de coco babaçu e de osso animal bovino, em diferentes dosagens e tempos de contato. A identificação das concentrações residuais foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Houve diferença significativa entres os tratamentos, ocorrendo interação entre os fatores. Os maiores níveis de remoção ocorreram com o carvão ativado em pó de coco babaçu na concentração de 60 mg/L, nos tempos de 30, 180 e 240 minutos.

Palavras-Chave: Adsorção, Corpos Hídricos, Fármacos

REMOVAL OF ANALGESIC PARACETAMOL OF WATER WITH THE USE OF DIFFERENT TYPES OF ACTIVATED COAL

Abstract: Drugs are produced as therapeutics in human health. At en-both, they can become toxic and resistant to the environment, such as the analgesic Paracetamol. This drug is present in effluents from national, industrial and hospital activities, which launch directly into sewage collection systems and without treatment, promoting environmental imbalances, impacts and interferences in aquatic fauna and flora. Conventional methods of treating water and sewage are not capable of carrying out a complete invasion of these contaminants. In view of this problem, the present study evaluated the removal of the drug Paracetamol from the water by means of the adsorption process of powder activated charcoal (PAC), produced from the babassu coconut and the bovine bone, in different dosages and contact times. Identification of the residual concentrations was performed by High Performance Liquid Chromatography (CLAE). The variation of performance is a challenge for the treatments, occurring the interaction between the factors. The highest levels of activated pressure removal in coconut powder in a combination of 60 mg / l, at the times of 30, 180 and 240 minutes

Keywords: Adsorptio-Water bodies-Drugs.

1. INTRODUÇÃO

A presença de fármacos e substâncias tóxicas em corpos hídricos é um problema ambiental em grande ascensão. Entre essas substâncias e fármacos estão os analgésicos, antibióticos, reguladores lipídicos, anti-inflamatório, drogas psiquiátricas, hormônios sintéticos ou naturais, produtos de limpeza e higiene pessoal (AQUINO *et al.*, 2014). Estudos demonstram que essas substâncias vêm ocasionado efeitos adversos à saúde humana e ao meio biótico (TROVÓ *et al.*, 2011; JUNG *et al.*, 2012; RODRÍGUEZ-ROJAS *et al.*, 2013).

O surgimento dos fármacos no meio ambiente ocorre, principalmente, pelo seu uso intenso e extensivo em tratamentos de doenças, sendo esses excretados pelo organismo humanos a partir do lançamento de efluentes nos corpos hídricos ou presentes em efluentes de indústrias que os utilizam em suas atividades (CLAMARI *et al.*, 2003; PETROVIĆ *et al.*, 2005; CHAPMAN, 2006; REIS FILHO *et al.*, 2007). E que apesar das suas funções terapêuticas os fármacos, apresentam características químicas de compostos persistentes e de baixa biodegradabilidade (MARQUES *et al.*, 2009). Podendo ocasionar efeitos adversos aos organismos aquáticos, terrestres, em qualquer nível de hierarquia biológica, como, célula, órgãos, organismo, população e ecossistema (BORGES, 2010).

Os analgésicos estão entre os medicamentos mais utilizados no mundo (ZHANG *et al.*, 2008; LONAPPAN *et al.*, 2016). Entre os efeitos adversos relatados ao meio ambiente estão a toxicidade aquática, feminização de peixes masculinos, além daqueles especialmente relacionados a humanos, como aumento da incidência de câncer de mama, testicular e próstata, redução da contagem de espermatozoides, infertilidade, abortos espontâneos, distúrbios metabólicos, incidência de tumores malignos, endometriose e os riscos associados a resistência de bactérias a antibióticos). Jedrychowski *et al.* (2011), observou-se em seus estudos que mesmo doses pequenas de paracetamol, quando ingeridas por mulheres grávidas, podem contribuir para o surgimento de processos alérgicos nos bebês.

O paracetamol é um fármaco com propriedades analgésicas, utilizado para o alívio temporário de dores leves a moderadas associadas à sintomas existentes no processo de gripes e resfriados e na redução da febre (CHRISTEN *et al.*, 2010), sendo um dos fármacos mais utilizados no mundo (RANDLES *et al.*, 2016). Apesar de considerado uma droga

segura, recentes debates procuram estudar seus efeitos a longo prazo, estando seu consumo crônico associado a uma série de efeitos adversos na saúde humana (CRAIG *et al.*, 2012; ROBERTS *et al.*, 2015).

As Estações de Tratamentos de Água (ETAs), são sistemas essenciais que buscam promover a qualidade da água e garantir que a mesma seja distribuída dentro dos padrões de potabilidade exigidos para o consumo humano (Portaria de Consolidação n° 5 no Anexo XX), através de diferentes tecnologias, como é o caso do tipo Ciclo Completo (FONTANA, 2005). No entanto, como descrito por Borges (2010) e Rodrigues (2011), o sistema de tratamento convencional não consegue remover fármaco e substâncias tóxicas. Além disso, as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) também não possuem eficiência suficiente para remoção dos fármacos, sendo os corpos hídricos seu destino final (TERNES, 1998), além de serem encontradas no meio aquático em pequenas concentrações ($\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ e ng/L^{-1}), dificultando a sua remoção (RODRIGUES, 2011; BERETTA *et al.*, 2014; CABEZA *et al.*, 2012; MELO *et al.*, 2009; STUMPF *et al.*, 1999).

Tendo em vista que o sistema de tratamento convencional não consegue remover essas substâncias presentes na água (ou efluentes), é de grande importância desenvolver e estudar tecnologias e métodos que complementem os sistemas de tratamento utilizados, os quais são ineficientes na remoção dos fármacos, possibilitando a sua acumulação em diversas matrizes ambientais (BASILE *et al.*, 2011; CAMPANHA *et al.*, 2014). Principalmente no caso do paracetamol, haja visto que é um dos analgésicos mais utilizados no mundo, além de possuir efeitos adversos ao ambiente (ZHANG *et al.*, 2008; LONAPPAN *et al.*, 2016).

Entre os métodos mais utilizados para remoção de fármacos, associados ao tratamento convencional nas Estações de Tratamentos de Água e Esgoto (ETA's) e (ETE's), estão: desinfecção, adsorção por carvão ativado, processos de separação por membranas e processos oxidativos avançados (LINS, 2010). O processo de tratamento por adsorção com carvão ativado vem sendo bastante estudado e tem demonstrado ser uma boa alternativa para a remoção destes compostos farmacêuticos (BORBA, 2006). A utilização do carvão apresenta algumas vantagens, tais como: baixo custo de implantação, facilidade na sua operação frente aos demais métodos e elevada eficiência (RIVERA-UTRILLA *et al.*, 2013),

ao contrário das outras técnicas que no processo de remoção podem ocorrer a geração de subprodutos (POA) ou ser de custo elevado (filtração por membranas).

Dessa forma, faz-se necessário o estudo de técnicas eficientes e de baixo custo como alternativa para remoção de fármacos analgésicos, assim como o paracetamol. O presente trabalho avaliou o uso de diferentes tipos de carvão ativado em pó (CAP), de osso animal de origem bovino e produzidos pelo epicarpo de coco babaçu (*Orbignya phalerata*), para a remoção do paracetamol em amostras de água em escala laboratorial.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a remoção do analgésico paracetamol em amostras de água, utilizando carvão ativado em pó (CAP) de coco babaçu (*Orbignya phalerata*) e de osso animal de origem bovina.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar e quantificar a presença do paracetamol em amostras de água preparadas no laboratório após adsorção com carvão ativado;
- Avaliar a eficiência na remoção do paracetamol por meio do processo de adsorção;
- Comparar a eficiência dos carvões ativados testados.

3. MATERIAS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no período de setembro de 2018 a fevereiro de 2019 na Universidade Federal do Tocantins (UFT - Campus Palmas). Os testes de adsorção com carvão ativado em pó em Jarreste foram realizados no Laboratório de Resíduos Sólidos-UFT e as determinações analíticas do fármaco no Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis (LAPEQ).

3.1 Materiais utilizados

O fármaco utilizado foi o paracetamol, cujas características estão descritas na Tabela 02. Para a preparação da fase móvel foram utilizados o metanol para CLAE e ácido fórmico, diluídos em água ultrapura. Já para os experimentos de filtração foi utilizado papel filtro para retenção de partículas de 4µm, seringas de 3 ml e unidades filtrantes hidrofílicas para cromatografia de 13 mm poro 0,2 µm.

Tabela 02-Características do fármaco paracetamol

Descrição	Pó cristalino, branco, inodoro, com leve sabor amargo
Teor(base anidra)	100%
Solubilidade	Ligeiramente solúvel em água, solúvel em água fervente, facilmente solúvel em etanol, praticamente insolúvel em clorofórmio e éter etílico. Solúvel em hidróxido de sódio <i>M</i> .
Substâncias relacionadas	Impurezas abaixo do limite a ser considerados
Solventes residuais	Não detectável

Fonte: Ficha de dados de segurança ACOFARMA\ PARACETAMOL.FDS_PT.DOC

Como sólido adsorvente, foram utilizados nos experimentos o carvão ativado em pó (CAP) de osso animal e de coco babaçu, produzidos a partir do osso animal bovino e do epicarpo do coco babaçu. As amostras de carvão foram fornecidas pelas empresas Bonechar Carvão Ativado do Brasil Ltda e Tobasa Bioindustrial de Babaçu Ltda, respectivamente.

3.2 Procedimento experimental

3.2.1 Preparo da solução de Paracetamol

Para os ensaios realizados no trabalho, foi utilizada a concentração de $5,5\text{mg.L}^{-1}$ de paracetamol. Essa concentração foi definida baseada em estudos recentes sobre remoção e determinação no meio, além de ser uma concentração de possível detecção nos procedimentos de cromatografia (SUCHARA, 2007; MINETTO, 2009; RODRIGUES, 2011; RIGOBELLO, 2012). Para a obtenção da concentração foi preparada uma solução estoque de 100mL de paracetamol a 1g.L^{-1} e, em seguida, diluída em um recipiente contendo 19,9 litros de água ultrapura, obtendo-se uma concentração final de $5,5\text{mg.L}^{-1}$ em 20 litros.

3.3 Ensaios em Jarrest

Para a determinação do potencial de adsorção do CAP de coco babaçu e de osso animal, foram realizados ensaios de adsorção por contato utilizando o equipamento Jarrest.

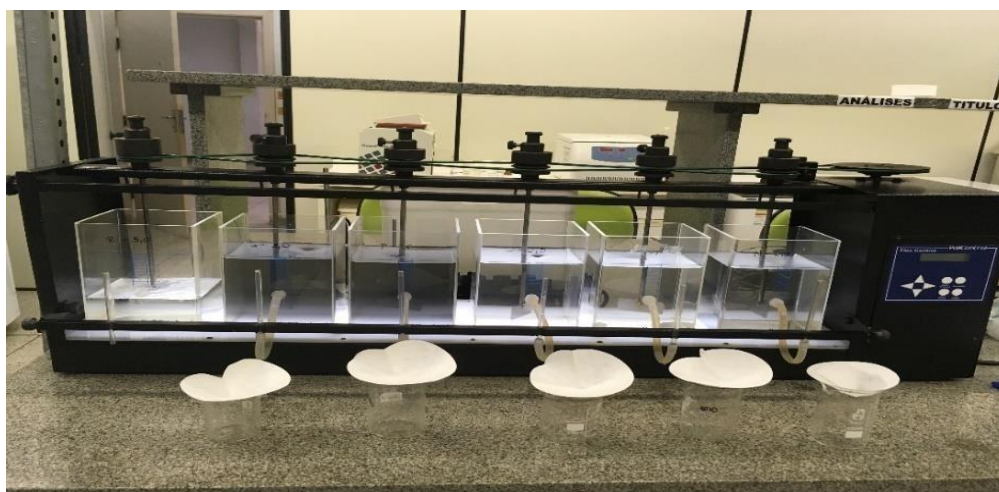
3.4 Ensaios em Carvão ativado em Pó (CAP)

Foram selecionadas as dosagens de CAP de 15mg.L^{-1} , 30mg.L^{-1} e 60mg.L^{-1} , para verificar a remoção do paracetamol da água dor meio do contato. O preparo da solução estoque de 1% (10g.L^{-1}) foi realizado a partir da dosagem de 5g do carvão adicionado a 500mL de água destilada, sob agitação manual. Depois de preparada a solução estoque, foram realizados os testes em triplicata, também em jarrest (Figura 04), das dosagens selecionadas, alterando as concentrações a partir do volume da solução em contato com a água contaminada com paracetamol.

Para a obtenção das concentrações foram dosados 3mL (15mg.L^{-1}), 6mL (30mg.L^{-1}) e 9mL (60mg.L^{-1}) de solução de CAP em cada jarro, contendo 2 litros de água contaminada com concentração de $5,5\text{mg.L}^{-1}$ de paracetamol. A mistura permaneceu sob agitação

mecânica com gradiente de velocidade de $G=100s^{-1}$ (aproximadamente 85 rpm) durante os tempos de 30, 60, 120, 180 e 240 minutos (DI BERNARDO & DANTAS, 2005). Após isso, as amostras foram filtradas por membranas de 0,45mm e coletadas para as análises de remoção do fármaco.

Figura 04-Ensaio dos carvões ativados em pó (CAP)



Fonte: Autor, 2019.

3.5 Análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

Para a identificação do paracetamol foi utilizado o método de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) no Laboratório de Pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis (LAPEQ) da UFT. As análises foram realizadas no Cromatógrafo Líquido Agilent 1260 infinity II, Detector UV 1260| DAD, injetor automático e integrador OpenLAB. A separação foi desenvolvida por método de eluição isocrática, utilizando-se uma coluna Zorbax Elipse Plus-C18 4-Pack (4.6x12.5 mm) e pré coluna preenchida com material semelhante a coluna principal. A fase móvel foi preparada utilizando água ultrapura (75%) metanol (25%). As especificações da fase móvel e do método cromatográfico estão indicadas na Tabela 03. O método cromatográfico foi desenvolvido segundo metodologia validada por Haro (2017), para determinação do paracetamol em água.

Tabela 03-Condições cromatográficas na determinação do paracetamol

Composição da fase móvel	Água ultrapura (75%) / Metanol (25%)
Caudal (Vazão da fase móvel)	0,6mL.min ⁻¹
Comprimento de onda	243 nm
Tempo de corrida	12 min
Temperatura	30° C
Tempo de retenção	7,9 min
Volume de injeção	20 µl
Coluna Cromatográfica	Zorbax Elipse Plus-C18 4-Pack (4.6x12.5 mm)
Cromatógrafo	Cromatógrafo líquido CLAE Agilent 1260 infinity II
Detector	DAD UV

Fonte: adaptação Haro(2017)

3.6 Avaliação de remoção do paracetamol

As determinações das alíquotas de água, após adsorção em CAP foram realizadas no CLAE. Os valores obtidos na leitura, foram convertidos segundo a metodologia de Rodrigues (2011). Foram realizados testes de validação do método cromatográfico, para a quantificação da concentração residual das amostras. Amostras de água ultrapura acidificada (fase móvel), sem a presença do paracetamol, foram utilizadas como branco nas análises (pH 7,4).

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos durante o estudo foram armazenados em planilhas eletrônicas e submetidos a análises estatísticas. Primeiramente, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, para testar a normalidade dos dados e, após, foi aplicada uma análise de variância (anova) para verificar se ocorreu diferença nos valores de remoção entres os adsorventes. Por último, realizou-se o teste de médias pelo teste de Scott-Knott (com nível de significância $p < 0.05$), todas as análises foram realizadas no software “Sisvar 5.6” (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação do paracetamol

No processo de quantificação do fármaco foi utilizada uma curva de calibração para os CAP utilizados, levando-se em consideração as três concentrações (15mg.L^{-1} , 30mg.L^{-1} e 60mg.L^{-1}) e os cinco tempos de contato (30, 60, 120, 180 e 240 min), sendo obtido um coeficiente de determinação $R^2=0,9998$. A Tabela 04 é referente ao branco ou padrão utilizado nos cálculos da capacidade e percentuais de remoção do analgésico paracetamol.

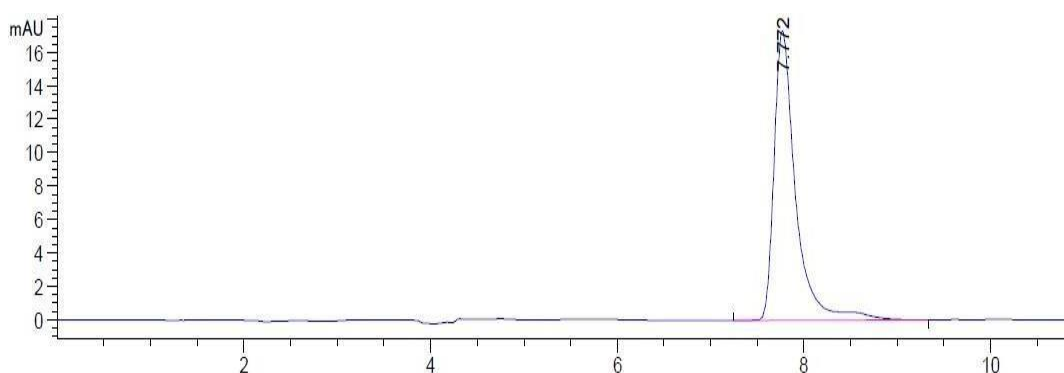
Tabela 04-Equação da reta para determinação do residual de Paracetamol após remoção dos carvões em pó (CAP).

Faixa Linear (mg.L^{-1})	Equação da Reta	R2	LD ($\mu\text{g/L}$)	LQ ($\mu\text{g/L}$)
0,000002-0,001	$Y = 4.98439\text{e}6 .x + 5.23269$	0,99987	0,00331	0,011

Fonte: Autor, 2019.

O tempo de retenção ocorreu em torno de 7,77 min de corrida do CLAE (Figura 04). Analisando o cromatograma, observa-se que o padrão do fármaco paracetamol antes do processo de remoção utilizando carvão ativado apresentou amplitude bem definida sem resíduos.

Figura 04-Cromatograma do padrão de água contaminada com o analgésico paracetamol antes da remoção.



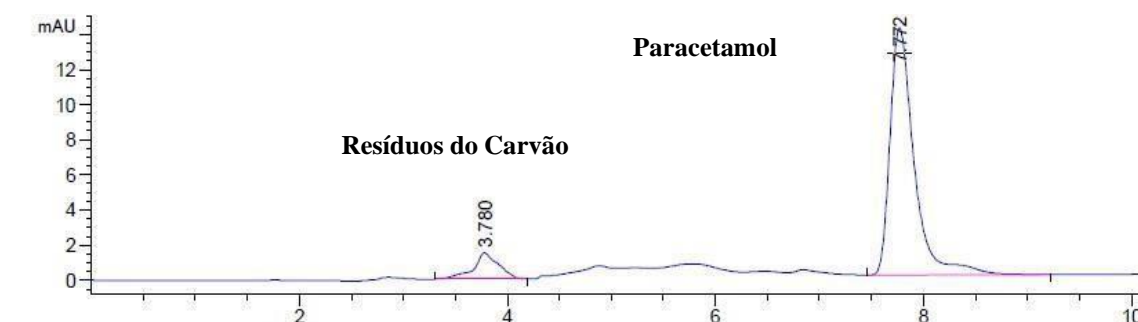
Fonte: Autor, 2019.

4.2 Adsorção em Carvão Ativado em pó (CAP) Vegetal de coco Babaçu e Osso

Animal

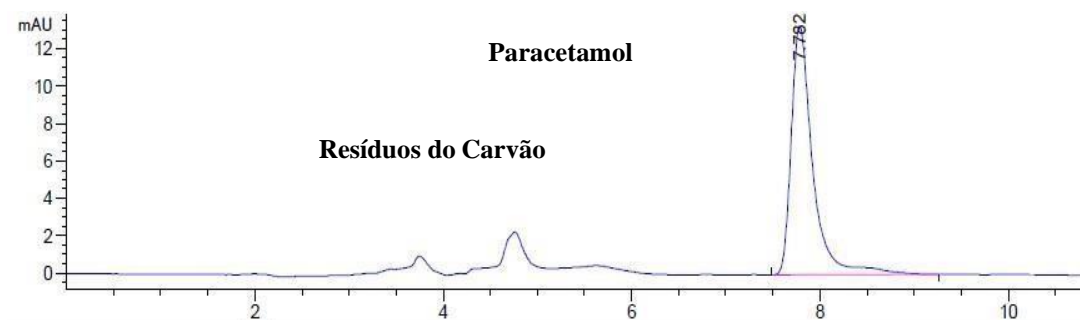
Nas Figuras 05 e 06 é possível observar que as detecções da presença do fármaco e dos carvões nos cromatogramas foram bem satisfatórias e bem próximas, não havendo diferença ($p > 0,05$) nos tempos de detecção entre os dois carvões.

Figura 05- Cromatograma de residual de Carvão de coco babaçu



Fonte: Autor, 2019.

Figura 06- Cromatograma de residual de Carvão de Osso Animal de origem Bovina



Fonte: Autor, 2019.

Na Tabela 05, é possível observar os resultados da análise de variância para variáveis estudadas (concentração do CAP, tipo de carvão e tempo de contato). Houve diferença ($p = 0,0024$), ocorrendo interação significativa entre os fatores: tipo de carvão, tempos de contato e concentrações do carvão ($p = 0,0024$). Sendo assim, é possível afirmar que as interações dos fatores influenciaram nos resultados.

Tabela 05- Análise de Variância de remoção do paracetamol em água

FV	GL	QM
		REMOÇÃO
Carvão	1	17,65*
Concentração	2	4,84*
Tempos	4	0,02*
Carvão X Concentrações	2	3,37*
Carvão X Tempos	4	0,02*
Concentrações X Tempos	8	0,04*
Carvão X Concentrações X Tempo	8	0,02*
Erro	60	0.01
Total Corrigido	89	
CV %		4,16

*: Diferença significativa; FV: Fonte de variação ($p < 0,05$); GL: Grau de liberdade.; QM: Quadrado médio; CV %: Coeficiente de variação.

Fonte: Autor, 2019.

Conforme a Tabela 06, podemos observar que houve diferença entre as interações pelo teste de Scott-Knot ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 06- Avaliação do percentual de remoção em relação entre Concentrações, Carvão e Tempos.

Concentrações	Carvão	Tempos (Minutos)					Desvio Padrão
		30	60	120	180	240	
15	CO	2,46%	2,80%	2,81%	0,43%	0,92%	0,01
		Aa1	Aa1	Ba1	Aa1	Ac1	
	CB	8,38%	7,23%	16,47%	2,85%	11,91%	0,05
		Ac1	Ac1	Ab1	Ac1	Ac1	
30	CO	4,60%	5,39%	4,53%	6,54%	3,90%	0,01
		Ba1	Ba1	Ba1	Ba1	Bb1	
	CB	73,87%	72,83%	82,01%	76,71%	78,49%	0,01
		Ab2	Ab2	Aa1	Ab2	Ab1	
	CO	10,37%	6,47%	4,47%	5,43%	27,97%	0,09
		Ba2	Ba2	Ba2	Ba2	Ba1	
60	CB	88,44%	81,74%	83,24%	91,36%	89,93%	0,04
		Aa1	Aa2	Aa2	Aa1	Aa1	

Letras maiúsculas: Referem-se à comparação entre os carvões dentro da mesma concentração e mesmo tempo; Letras minúsculas: representam a comparação entre as concentrações no mesmo tempo e mesmo carvão; Números: representa comparação entre os tempos na mesma concentração e mesmo carvão; CB: Carvão de babaçu; CO: Carvão de osso.

Fonte: Autor, 2019.

Analisando a concentração de 15mg. L⁻¹ de carvão nos tempos de contato de 30, 60, 180 e 240, não foi observada diferença estatística na remoção do fármaco para os carvões testados. No entanto, o mesmo não ocorreu para o tempo de 120 minutos, foi observada uma diferença (p= 0,0024) entre os tipos de carvão, com maior remoção de paracetamol para o de babaçu. Nas concentrações de 30 e 60mg.L⁻¹ houve diferença (p= 0,0024) entre os carvões na remoção do fármaco. Em todos os tempos de contato testados, o carvão de babaçu foi superior na remoção em comparação com o carvão de osso.

Não houve diferença estatística na remoção do fármaco para o carvão de osso quando comparados os tempos de contato de 30, 60, 120 e 180 minutos. Já no tempo de 240 minutos, observou-se que ocorreu uma diferença de (p= 0,0024) na remoção do fármaco quando comparadas as concentrações do carvão, sendo que a de 60mg.L foi a mais eficiente, e a concentração de 15 mg.L⁻¹ a que menos removeu o fármaco.

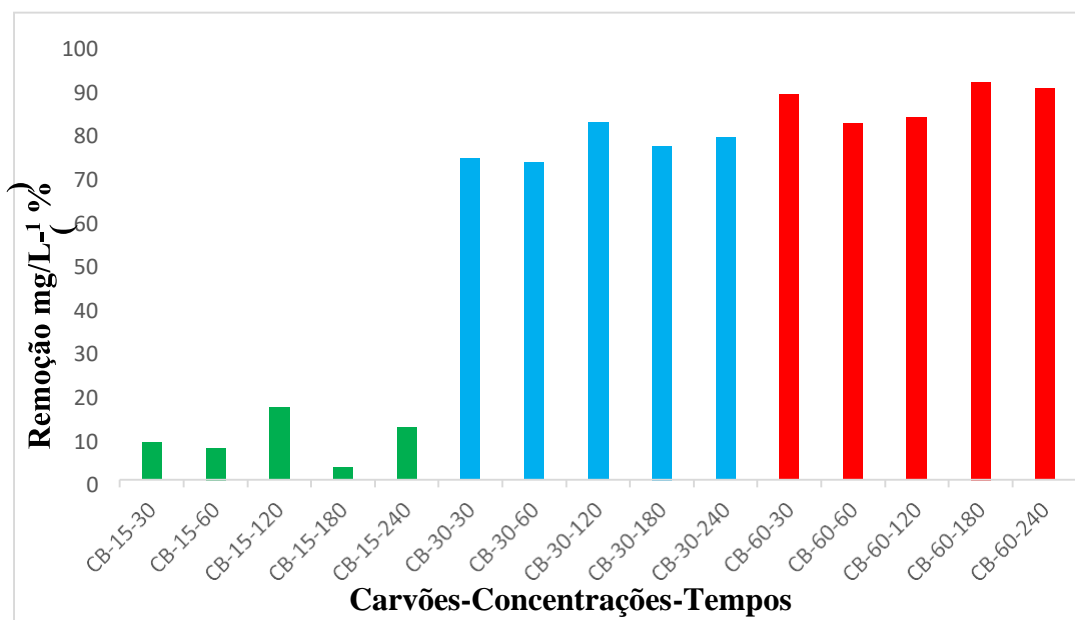
Para o carvão de babaçu, foi observada uma diferença ($p= 0,0024$) na remoção do fármaco em todos os tempos de contato e para todas as concentrações de carvão testadas. Nos tempos de contato de 30, 60, 180 e 240 minutos, a concentração de 60 mg.L^{-1} foi a que apresentou maior eficiência, e a de 15 mg.L a que menos removeu o fármaco. No tempo de contato de 120 minutos, as concentrações de 30 e 60 mg.L^{-1} tiveram remoções iguais, mas superiores à concentração de 15 mg.L^{-1} na remoção do fármaco.

O carvão de osso nas concentrações de 15 e 30 mg.L^{-1} , não houve diferença ($p= 0,0024$) entre os tempos de contato na remoção do fármaco. Já para a concentração de 60 mg L^{-1} , ocorreu diferença ($p= 0,0024$) entre os tempos de contato, sendo que a maior remoção ocorreu em 240 minutos.

Na concentração de 15 mg.L^{-1} não houve diferença ($p= 0,0024$) entre os tempos de contato para o carvão de babaçu na remoção do fármaco. Na concentração de 30 mg.L^{-1} ocorreu diferença ($p= 0,0024$) entre os tempos de contato, com as maiores remoções em 120 e 240 minutos. Na concentração de 60 mg.L^{-1} também houve diferença significativa ($p= 0,0024$) entre os tempos de contato, com maiores remoções para 30, 180 e 240 minutos.

Como podemos observar na Figura 08, na concentração de 15 mg.L^{-1} do CAP de coco babaçu, obteve-se a melhor remoção do fármaco nos tempos de contato de 120 e 240 minutos (16,47% e 11,91%, respectivamente). Para os tempos de 30, 60 e 180 minutos, não houve diferença nos índices de remoção do fármaco ($p= 0,0024$), com a menor remoção no tempo de 180 minutos (2,85%). Na concentração de 30 mg.L^{-1} , não houve diferença entre os tempos de contato testados, sendo que a maior remoção ocorreu nos tempos de 120 minutos (82,31%) e 240 minutos (78,49%), e os menores valores de remoção ocorreram nos tempos de 30, 60 e 180 minutos (73,87%, 72,83% e 76,71%, respectivamente).

Figura 08- Comparação da remoção em diferentes tempos e concentração com carvão ativado de coco babaçu



Fonte: Autor, 2019

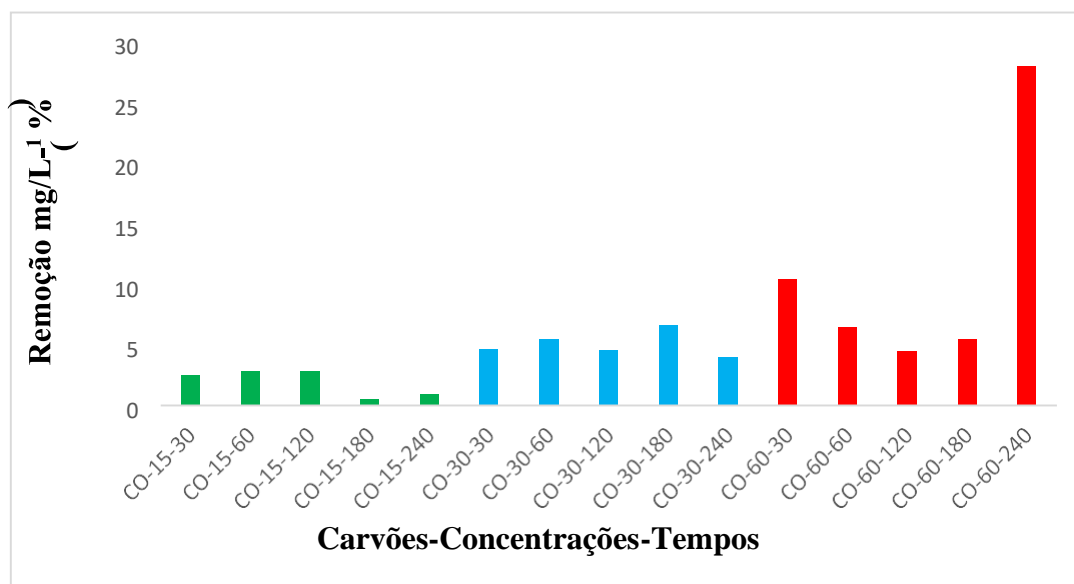
Entre todas as concentrações de CAP de coco babaçu testadas, a de 60mg.L⁻¹ apresentou a maior média de remoção (86,94%). As maiores remoções ocorreram nos tempos de 30,180, 240 minutos (88,44%,91,36% e 89,93% respectivamente), e as remoções menores nos tempos de 60 e 120 minutos (81,74%, 83,24%, respectivamente). Silva (2012) observou em seus estudos que o equilíbrio do comportamento no processo de adsorção pode acontecer após um tempo de 60 minutos, mas que períodos de contato superiores poderiam proporcionar percentuais maiores de remoção. Nesse estudo, Silva (2012) alcançou valores de até 90% de remoção de amoxicilina, com o carvão ativado em pó produzido da casca de coco da Bahia, após quatro horas de tempo de contato. O índice de remoção alcançando com o coco babaçu, no presente estudo, mostrou-se satisfatório (remoção de 91,36%) em 180 minutos, menos da metade do tempo utilizado por Silva (2012).

Em relação ao carvão de coco babaçu, levando-se em consideração as concentrações e os tempos de contato, os resultados mais satisfatórios na remoção ocorrem nas

concentrações de 30 e 60mg/L⁻¹, com índice de remoção de 82,01% e 91,36%, nos tempos de 120 e 180 minutos, respectivamente. Os menores índices de remoção foram de 2,85% e 7,23%, para os tempos de contato de 60 e 180 minutos na concentração de 15mg.L⁻¹.

Na concentração de 15mg.L⁻¹ para o carvão de osso animal, não foi observada diferença nos valores de remoção entre os tempos de contato testados ($p>0,05$), sendo que o menor valor de remoção ocorreu no tempo de 180 minutos (0,42%), seguido de 240 minutos (0,92%). Observou-se que a concentração de 15mg.L⁻¹ e o tempo de contato de 180 minutos apresentaram os menores índices de remoção (inferior à 1%; Figura 09). O mesmo **comportamento** foi observado para a concentração de 30mg.L⁻¹, porém obteve-se maior remoção nos tempos 60 e 180 minutos (5,39% e 6,54%, respectivamente) e menor remoção no tempo de 240 minutos (3,90%), para o carvão de osso animal.

Figura 09-Comparação da remoção do carvão de osso animal de origem bovina.



Fonte: Autor, 2019

Na concentração de 30mg.L⁻¹, o maior índice de remoção foi de 10% no tempo de 30 minutos, e o menor índice remoção (4,47%) ocorreu no tempo de 60 minutos. O carvão de osso animal de origem bovina obteve os melhores resultados de remoção na concentração de 60 mg.L⁻¹. Além disso, houve diferença ($p= 0,0024$) na remoção do fármaco entre os tempos de

contato, com o maior valor (27,97%) em 240 minutos, e o menor (4,47%) no tempo de 120 minutos.

Os menores índices de remoção para os carvões testados ocorreram na concentração de 15mg.L^{-1} (menos de 1% de remoção), demonstrando que essa concentração não possibilitaria resultados satisfatórios se aplicado em escala real em ETAS e ETES com objetivo de remover o contaminante paracetamol. Porém, como ressaltado por Sousa (2018), os baixos índices de remoção podem estar relacionados à dosagem utilizada na contaminação da água de estudo e, posteriormente, a possível saturação dos carvões em pó, em especial o carvão de osso animal. Vale ressaltar que no trabalho de Sousa (2018) o carvão de osso animal se comportou de forma diferente, possivelmente devido às características do fármaco utilizado. Foi demonstrado por Homem (2011), que em maiores concentrações do adsorvente obtém-se maior eficiência na remoção do fármaco, devido ao aumento do número de poros ativos disponíveis, assim como foi observado por Souza (2016) em seu estudo sobre remoção da amoxicilina utilizando carvão granular de coco babaçu.

De acordo com os estudos realizados por Sousa (2018), onde foi avaliada a remoção do fármaco diclofenaco sódico com uso dos carvões granulado e em pó de coco babaçu e de osso animal, todos adsorventes granulados obtiverem remoção superiores a 99%, e o carvão em pó obteve maior índice de remoção, com cerca de 99,9%. No presente estudo, utilizando o mesmo carvão testado por Sousa (2018), foi observado um comportamento diferente na remoção do paracetamol. Primeiramente, obteve-se uma diferença entre os tipos de carvões (cerca de 63,39%), onde a remoção com o de coco babaçu chegou a 91,36% e com o de osso animal 27,97%. Apesar da diferença de remoção entre os fármacos, os carvões testados são alternativos sustentáveis, mostrando-se viáveis na remoção de anti-inflamatórios, analgésicos e outros contaminantes.

Haro (2017), em seus estudos sobre a remoção de ampicilina, atenolol e paracetamol utilizando carvão ativado comercial, com uma concentração inicial dos fármacos de 20mg.L^{-1} testou em seu experimento o pH variando de 2 a 10, e notou que os melhores índices de remoções ocorreram com o pH na faixa de 4 a 8 para quase todos os fármacos. Pezoti *et al.* (2016), em seu estudo sobre a remoção de amoxicilina por adsorção em carvão ativado produzido a partir de sementes de goiaba, verificou que a remoção máxima $570,48\text{mg.g}^{-1}$, da concentração inicial de 800mg.L^{-1} do contaminante ocorreu em pH na faixa de 4 e tempo de

contato de 240 minutos. Além disso, Haro (2017) observou maior remoção (aproximadamente 65%) de paracetamol para o pH6. No presente estudo, a faixa, pH utilizada foi 7,04, obtendo um índice de remoção de cerca 91% utilizando o carvão de osso babaçu, mostrando-se superior e satisfatório em relação aos estudos citados anteriormente.

Rheinheimer (2016), investigou a influência do pH (em diferentes valores: 2, 4, 6, 8 e 10) no processo de adsorção do paracetamol com concentração de 20mg.L^{-1} , utilizando carvão ativado com tempo de contato de 60 minutos. Nesse estudo, o autor demonstrou que a adição do carvão não alterou o pH da solução, que a remoção variou entre 49,10% e 56,60%, com um percentual médio de 60% de remoção do paracetamol. Villaescusa *et al.* (2011) e Ferreira *et al.* (2015), obtiveram resultados semelhantes aos mencionados anteriormente, com três adsorventes provenientes de resíduos vegetais. Os autores obtiveram com o carvão ativado derivado de bagaço de dendê resultados similares de remoção no meio ácido (pH 2 com 64,85%), e menor índice de remoção no meio básico (pH 6,5 com 44,12%). Os autores também observaram que com o aumento do pH para 11, a remoção reduziu para 44,12% devido as interações estabelecidas entre o paracetamol e a superfície do carvão carregada negativamente. Devido a sua natureza ser levemente ácida ($\text{pK}_a = 9,9$) o fármaco paracetamol apresenta preferência por sítios básicos, sua estrutura inclui um anel aromático, podendo ocorrer interação com grupos ácidos através da complexação dos elétrons π do anel benzênico (CATURLA *et al.*, 1988, ADEGOKE; ADEKOLA, 2010).

Haro (2017) observou que o tempo de contato mais adequado para a remoção do fármaco atenolol foi o de 90 minutos, apresentando um índice de remoção de 90%. Ainda segundo mesmo o melhor tempo de contato para remoção de Amoxicilina e Paracetamol foi o de 120 minutos, com índices de remoção de 94% e 96%, respectivamente. No presente estudo, foi observado que as maiores remoções de paracetamol ocorreram nos tempos de contato de 180 minutos (para o carvão de coco babaçu) e de 240 minutos (para o de osso animal). Portanto, é possível notar um resultado satisfatório quando comparado à outros estudos, com um índice de remoção de até 91,36% para o carvão de coco babaçu, mostrando que é possível remover esse contaminante da água, mesmo em pequenas concentrações (concentração inicial utilizada: $5,5\text{mg.L}^{-1}$).

Autores em estudos sobre remoção de fármacos obtiveram resultados satisfatórios para diferentes dosagens e tempos de contato. Como o caso de Datta & Datta (2013), que obtiveram

remoção de 96% em 45 minutos de contato, para uma concentração inicial de atenolol de 200 mg. L⁻¹, utilizando o adsorvente argila montmorilonita, demonstrando que o adsorvente possui uma capacidade de adsorção superior à do carvão ativado em pó de coco babaçu, mesmo utilizando uma concentração dez vezes maior que a utilizada no presente estudo (5,5mg.L⁻¹). Fernandes (2007), constatou uma remoção de até 97% de 17 α Etinilestradiol utilizando dosagens de 50mg.L⁻¹ e 100mg.L⁻¹ de carvão ativado em pó fornecido pela empresa Bahiacarbon Agroindustrial Ltda, utilizando tempos de contato de 60 minutos e 120 minutos.

Sousa (2017) verificou que os carvões ativados granulados, apresentaram remoções acima de 99%, sendo que o de osso animal proporcionou um maior índice de remoção (99,97%) do fármaco diclofenaco. Já Souza (2016), em seu trabalho de remoção da amoxicilina, conseguiu percentuais bem menores de remoção (6,6%) com dosagens de 30mg.L⁻¹ em 30 minutos de tempo de contato, observando que para maiores índices de remoções são necessárias dosagens superiores à 30mg. L⁻¹ e em diferentes tempos de contato.

Draman *et al.*, (2015) realizaram estudo sobre a adsorção de paracetamol, utilizando como sólidos adsorventes o carvão ativado e celulose, com a concentração inicial do fármaco de 100mg. L⁻¹. Os autores observaram que os melhores resultados foram obtidos com o carvão ativado (mg.L⁻¹), atingindo uma remoção de paracetamol de 98,60% em 40 minutos de tempos de contato.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O processo de remoção do fármaco paracetamol pela adsorção com diferentes carvões ativados em pó, mostrou-se eficaz, atingindo um índice de remoção superior a 90%;
- O carvão ativado em pó de coco babaçu na concentração de $60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e no tempo de 30, 180 e 240 minutos, apresentaram os maiores índices de remoção; porém por não possuírem diferença estaticamente entre si, recomenda-se o tempo de 30 minutos, por questão econômica, com consumo de energia;
- O carvão ativado em pó de coco babaçu, demonstrou ser uma alternativa eficaz para solucionar a problemática de contaminação de águas e efluentes que contenham paracetamol;
- Sugestões para trabalhos futuros, realizar análises da água de corpos hídricos receptores de efluentes de Estações de tratamento de esgoto (ETE's), e nas Estações de tratamento de água (ETA's) com objetivo de identificar e quantificar a presença de fármacos e substâncias tóxicas.

6. REFERÊNCIAS

- ADEGOKE, H.; ADEKOLA, F. Removal of phenol from aqueous solution by activated carbon prepared from some agricultural materials. *Advances in natural & applied sciences*, 2010. v. 4, n. 3, p. 293–298.
- AQUINO, S. F., BRANT, E. M. F., CHERNICHARO, C. A. L., Remoção de Fármacos e desreguladores endócrinos em Estações de Tratamento de esgoto: revisão de literatura. *Eng Sant Ambient*. v.18 n.3 p187-204. Ouro Preto (MG), 2014.
- BASILE, T. *et al.* Review of endocrine-disrupting-compound removal technologies in water and wastewater treatment plants: an eu perspective. *Industrial and engineering chemistry research*, 2011. v. 50, n. 14, p. 8389–8401.
- BERETTA, M. *et al.* Occurrence of pharmaceutical and personal care products (ppcps) in marine sediments in the todos os santos bay and the north coast of salvador, bahia, brazil. *Journal of soils and sediments*, 2014. v. 14, n. 7, p. 1278–1286.
- BORBA, C. E. Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo. [S.l.]: Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- BORGES, R. M. Avaliação Da Remoção De Compostos Farmacológicos Em Filtros De Carvão Granular Biologicamente Ativado Em Escala De Laboratório. (Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual Paulista) [s.n.], 2010.
- CABEZA, Y. *et al.* Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treatedwastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain).*Journal of Hazardous Materials*, v. 239–240, p. 32–39, 2012.
- CALAMARI, D. *et al.* Strategic survey of therapeutic drugs in the Rivers Po and Lambro in northern Italy. *Environmental Science and Technology*, Easton, v. 37, n. 7, p. 1241-1248,2003
- CAMPANHA, M. B. *et al.* A 3-year study on occurrence of emerging contaminants in an urban stream of são Paulo state of southeast brazil. *Environmental science and pollution research*, 2014. p. 7936–7947.

CATURLA, F. *et al.* Adsorption of substituted phenols on activated carbon. *Journal of colloid and interface science*, ago. 1988. v. 124, n. 2, p. 528–534. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0021979788901890>>.

CHAPMAN, P. M. *Emerging substances: emerging problems?* Environmental Toxicology and Chemistry, New York, v. 25, n. 6, p. 1445-1447, 2006.

CHRISTEN, V. *et al.* - Highly active human pharmaceuticals in aquatic systems: A concept for their identification based on their mode of action. *Aquatic toxicology* (Amsterdam, Netherlands) ISSN 1879-1514. 96:3 (2010) 167–81. doi: 10.1016/j.aquatox.2009.11.021.

CRAIG, D. G. N. *et al.* Staggered overdose pattern and delay to hospital presentation are associated with adverse outcomes following paracetamol-induced hepatotoxicity. *British journal of clinical pharmacology*, 2012. v. 73, n. 2, p. 285–294.

DATTA, S., DATTA, M. In vitro sustained delivery of atenolol, an antihypertensive drug using naturally occurring clay mineral montmorillonite as a carrier. *Eur. Chem. Bull.*, v. 2, p. 942-951, 2013.

DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. *Métodos e técnicas de Tratamento de Água*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2005.

DRAMAN, S F.S.; BATRA'AZMAN, I. A.; MOHD, N. Removal of paracetamol from aqueous solution by dried cellulose and activated carbon. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 10, p. 9544–9548, 2015.

EMMANUEL, C. C.; ODIGIE, O. I. Adsorption of acetaminophen from aqueous solutions onto hexadecyltrimethylammonium modified kaolinite. *Nature and science*, 2014. v. 12, n. 11, p. 147–154.

FERNANDES, R. *Estudos De Remoção De 17 α -Ethinilestradiol De Águas Para Abastecimento, Utilizando Dióxido De Cloro, Hipoclorito De Sódio, Carvão Ativado Em Pó (Cap) E Tratamento Físico-Químico*. [s.l.] (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas), 2007.

FERREIRA,D.F.Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão4.0.Anais ..45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria.UFSCar,São Carlos,SP,p.255.2000.

FERREIRA, R. C.; COUTO JUNIOR, O. M.; DE CARVALHO, K. Q.; ARROYO, P. A., BARROS, M. A. S. D. Effect of Solution pH on the Removal of Paracetamol by Activated

Carbon of Dende Coconut Mesocarp. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, v. 29, p. 47–53, 2015a.HARO K.N.Remoção dos fármacos Atenolol,paracetamol e Ampicilina por adsorçãoem carvão ativado, (Doutorado em Engenharia Química)universidade federal do rio grande do sul,153p.,2016.

JEDRYCHOWSKI W, Spengler JD, Maugeri U, Miller RL, Budzyn-Mrozek D, Perzanowski M, Flak E, Mroz E, Majewska R, Kaim I, Perera F. Effect of prenatal exposure to fine particulate matter and intake of Paracetamol (Acetaminophen) in pregnancy on eczema occurrence in early childhood. *Sci Total Environment*. 2011; 409(24): 5205-5209.

JUNG, Y.J., KIM, W.G., YOON, Y., KANG, J., HONG, Y.M., KIM, H.W., Removal of amoxicillin by UV and UV/H₂O₂ processes. *Sci. Total Environ.*, v. 420, p. 160-167, 2012.

LINS, G. A. Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETES). [S.l.]: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

LONAPPAN, L. *et al.* Diclofenac in municipal wastewater treatmentplant: quantification using laser diode thermal desorption atmospheric pressure chemical ionization—tandem mass spectrometryapproach in comparison with an established liquid chromatography-electrospray ionization—tandem mass spectrometry method.*Journal of Chromatography A*, v. 1433, p. 106–113, 2016

MELO, S. A. S. *et al.* Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Quimica nova*, 2009. v. 32, n. 1, p. 188–197.

MINETO. L., Reatores de Discos Rotativos e Tabular Helicoidal na Degradação Fotocatalítica de Diclofenaco e Carga Orgânica de Efluente Hospitalar. UFSM, RS. 2009- MS: UFGD,2014

MOHD, N. *et al.* Isotherm and thermodynamic study of paracetamol removal in aqueous solution by activated carbon. *Journal of engineering and applied sciences*, 2015. v. 10, n. 20, p. 9516–9520.

PETROVIC U, *et al.* (2005) Ammodytotoxin, a secretory phospholipase A2, inhibits G2 cellcycle arrest in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem J* 391(Pt 2):383-8.

RAD, L. R.; HARIRIAN, I.; DIVSAR, F. Comparison of adsorption and photo-Fenton processes for phenol and paracetamol removing from aqueous solutions: Single and binary systems. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v. 136, p. 423–428, 2015.

PEZOTI, O.; CAZETTA, A. L.; BEDIN, K. C.; SOUZA, L. S.; MARTINS, A. C.; SILVA, T. L.; JÚNIOR, O. O. S.; VISENTAINER, J. V.; ALMEIDA, V. C. NaOH-activated carbon of high surface area produced from guava seeds as a high-efficiency adsorbent for amoxicillin removal: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal*, v. 288, p. 778-788, 2016.

RANDLES, D. *et al.* Acetaminophen attenuates error evaluation in cortex. *Social cognitive and affective neuroscience*, jun. 2016. v. 11, n. 6, p. 899–906.

Disponível em <<http://scan.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/scan/nsw023>>.REIS

FILHO, R. W. *et al.* Fármacos, ETE`s e corpos hídricos. *Revista Ambi-Água*, Taubaté. 2, n. 3, p. 54-61, 2007.

REIS FILHO, R. W. *et al.* Fármacos, ETE`s e corpos hídricos. *Revista Ambi-Água*, Taubaté. 2, n. 3, p. 54-61, 2007.

RHEINHEIMER W.O Remoção de Paracetamol por Adsorção em Carvão Ativado: Processo em Batelada e Coluna de Leito Fixo, DEQUI / UFRGS – Martin Oscar Witzke Rheinheimer, 2017.

RIGOBELLO, E. S., Avaliação da Remoção de Diclofenaco e Formação de Subprodutos em Tratamento de Água. São Carlos-SP, 2012.

RIVERA-UTRILLA, J. *et al.* Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. a review. *Chemosphere*, 2013. v. 93, n. 7, p. 1268–1287. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.059>>.

ROBERTS, E. *et al.* Paracetamol: not as safe as we thought? a systematic literature review of observational studies. *Annals of the rheumatic diseases*, 2015. p. 1–8. Disponível em: <<http://ard.bmj.com/cgi/doi/10.1136/annrheumdis-2014-206914>>.

RODRIGUES. V. C., Desenvolvimento e validação de metodologia analítica para a determinação de fármacos em amostras de água, superficial e tratada, utilizando a cromatografia líquida de ultra performance acoplada a espectrometria de massas tandem (UPLC-MS/MS). *Institutos de Pesquisas Energéticas e Nucleares*. São Paulo. 2011.

RODRÍGUEZ-ROJAS, A., RODRÍGUEZ-BELTRÁN, J., COUCE, A. BLÁZQUEZ, J.

Antibiotics and antibióticas resistance: A bitter fight against evolution. *Int. J. Med.Microbiol.*, v. 303, 293-297, 2013.

SOUSA, M. O. REMOÇÃO DO ANTI-INFLAMATÓRIO DICLOFENACO DA ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE CARVÃO ATIVADO. 2018. 68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO.

SOUZA, A. DE. Avaliação citotóxica de AMX e Clavulanato de Potássio em mexilhões Perna perna. [s.l.] (Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais, Universidade de São Paulo), 2016.

STUMPF, M. *et al.* Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of rio de janeiro, brazil. *Science of the total environment*, jan. 1999. v. 225, n. 1-2, p. 135–141.

Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969798003398>>.

SUCHARA, E.A. Desenvolvimento de metodologias analíticas para determinação de fármacos em fluidos biológicos e amostras ambientais por cromatografia líquida e gasosa. 2007.123f. Tese [Doutorado em Química] – Programa de pós-graduação em química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

TERNES, T. A. **Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers.** Water Research. p. 3245-3260. 1998.

TROVÓ, A.G., NOGUEIRA, R.F.P., AGÜERA, A., FERNANDEZ-ALBA, A.R., MALATO, S. Degradation of the antibiotic amoxicillin by Photo-Fenton process – Chemical and toxicological assessment. Water Res., v. 45, p. 1394-1402.

VILLAESCUSA, I. *et al.* Mechanism of paracetamol removal by vegetable wastes: the contribution of π - π interactions, hydrogen bonding and hydrophobic effect. Desalination, 2011. v. 270, n. 1-3, p. 135–142. Disponível em: DEQUI / UFRGS <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.11.037>

ZHANG, Y.; GEISSEN, S. U.; GAL, C. Carbamazepine and diclofenac: removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. Chemosphere, v.73, p.1151–61, 2008.