



EDITAL INTERNO - Oportunidade de Nucleação de novos Projetos de Pesquisa – DPDE/IPEN Nº 4/2017

Título: Materiais nanoestruturados e trocadores iônicos aplicados no tratamento de efluentes para recuperação de urânio visando atendimento à legislação ambiental e a ações reguladoras

Enquadramento - Plano de Ação de Junho de 2016

Programa 5 - MEIO AMBIENTE

Atividade 510 - Química Ambiental

Coordenador (a): Hélio Akira Furusawa

Equipe: Marycel E B Cotrim; Maria Aparecida Faustino Pires; Hélio Akira Furusawa; Elaine A J Martins.

Unidade Executora: Laboratório de Análises Química e Ambiental / CQMA

RESUMO: O conceito de proteção ao meio ambiente e à pessoa humana está claramente exposto no conteúdo da legislação ambiental e nas ações reguladoras brasileiras. Este projeto está alinhado com a Política de Gestão Integrada do IPEN e cujos resultados corroborarão os compromissos assumidos com órgãos licenciadores (IBAMA), fiscalizadores (CETESB), comunidade e público em geral e, conseqüentemente, consolidará o Instituto num patamar público de destaque no que tange ações de respeito ao meio ambiente.

Tendo como objetivo retirar o urânio remanescente em efluentes, soluções aquosas e rejeitos gerados em atividades de descomissionamento e desmantelamento de instalações utilizadas nos processos do ciclo do combustível nuclear ou presente nas soluções geradas no Laboratório de Análises Química e Ambiental, *será avaliado* a eficiência de materiais nanoestruturados adsorventes (Quitossana magnética, por exemplo) e de trocadores iônicos em processos de adsorção/retenção desse elemento. O lançamento de efluentes em redes coletoras deve atender os padrões estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 8.468/76 e pela Resolução CONAMA nº 357/05 e atualizações.

Resultados esperados: a) garantir o descarte de efluentes tratados dentro dos padrões de lançamento na rede coletora atendendo a legislação estadual e federal; b) realizar a recuperação de urânio dos rejeitos viabilizando o seu aproveitamento e/ou c) transformar o material radioativo líquido em condições para a estocagem na forma sólida, atendendo às ações reguladoras e as normas da CNEN; e) impacto técnico científico: estabelecer o desempenho de materiais nanoestruturados e trocadores iônicos comerciais na remoção de urânio presente em concentrações ultra traço em soluções aquosas e formalizar a cinética e a termodinâmica de adsorção de urânio em solução aquosa nesses meios.

Cronograma de execução: 24 meses

Disponibilidade efetiva de infraestrutura e de apoio técnico para o desenvolvimento do projeto: O projeto conta com a infraestrutura de laboratório bem como de equipamentos disponíveis no Laboratório de Análises Química e Ambiental e com apoio da Gerência do CQMA (carta de anuência anexa).

1. Introdução

A formulação de um projeto de inovação tecnológica (IT) é a transformação de uma ideia numa proposta de investimento em P&D e um roteiro para sua execução e implantação tecnológica (Weisz, Joel. 2009). A IT só ocorre quando a tecnologia desenvolvida (DT) atende à necessidade ou desejos humanos e quanto se incorpora às atividades humanas.

Frequentemente este DT ocorre de maneira imperceptível, como é o caso, por exemplo, de estudos que visam à ampliação e/ou a expansão dos limites atuais e de novos parâmetros de qualidade para o controle e da vigilância da qualidade da água de recursos hídricos, do lançamento de efluentes e das características da água para consumo humano quanto as diversas substâncias e elementos traços que possam causar riscos à saúde humana.

O órgão responsável pela formulação de resoluções normativas para a gestão ambiental, que estabelece os padrões de qualidade de água no Brasil, é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a resolução, em vigor, que aborda esse tema é a CONAMA nº 357/2005, acrescida da CONAMA nº 430/2011.

As tecnologias voltadas para o tratamento e recuperação de contaminantes em efluentes líquidos e seus efeitos sobre a qualidade ambiental de processos ambientalmente sustentáveis constituem um fator relevante do desenvolvimento tecnológico.

No setor de saneamento a conservação de recursos hídricos escassos tem importantes efeitos sobre sua disponibilidade e sobre seu custo, enquanto insumo fundamental para várias atividades econômicas. A situação atual de insuficiente tratamento de água implica custos econômicos significativos para a sociedade brasileira (CNI, 2011).

Legislações ambientais cada vez mais restritivas contribuem para um controle mais eficiente da qualidade dos efluentes de processo a serem descartados na rede coletora de esgoto e/ou no em córregos e rios.

O avanço industrial e tecnológico, observado nas últimas décadas, propiciou o estabelecimento de legislações mais restritivas, voltadas principalmente para concentrações de elementos traço e substâncias tóxicas persistentes. Esse controle mais restritivo também atinge menores níveis permitidos concentração de urânio

Um dos aspectos mais importantes do ciclo do combustível nuclear e do Programa Nuclear Brasileiro, desenvolvido pelo IPEN / CNEN agregado ao salto tecnológico nacional para a obtenção e a caracterização dos elementos combustíveis para os reatores de pesquisa é assegurar à qualidade química e ambiental dos seus efluentes de processos das instalações nucleares em todas as suas etapas.

A preocupação quanto aos processos de tratamento desses efluentes devem conjugar a recuperação de urânio de rejeitos e efluentes líquidos gerados nas atividades de descontaminação de materiais voltadas a atividades de descomissionamento e desmantelamento de instalações de processamento de urânio.

Este processo tem aplicação na recuperação de metais com algum valor comercial, e permite também a reutilização da água tratada no processo produtivo podendo o descarte atender a legislação.

A liberação de urânio no meio ambiente leva à poluição da superfície e água subterrânea com alguns efeitos deletérios sobre a saúde. Segundo a RESOLUÇÃO Nº 357, de 17 de março de 2005, o valor limite adotado como requisito normativo para o urânio como um parâmetro de qualidade de água ou descarte de efluente é $0,02 \text{ mg U L}^{-1}$.

Existe na literatura uma diversidade de métodos de tratamento para aplicação nos efluentes gerados por esta atividade produtiva [Aieta, et al 1987; Chellam & Clifford, 2002]. Estes métodos levam em consideração as características dos efluentes de modo a dar cumprimento aos valores de descarga presentes na legislação. Cada um desses procedimentos tem vantagens e limitações na aplicação.

Os sistemas de tratamento ativos incluem coagulação, neutralização, precipitação (com cloreto férrico e/ou cloreto de bário, NaOH; NH_4OH) eficazes com valores de pH elevado, (Aieta,

et al 1987; Sequeira, 2008); adsorção através de hidróxido de magnésio hidratado, tecnologias de tratamento com membranas (nanofiltração e osmose inversa), troca iônica e adsorção com materiais nanoestruturados. A aplicação de sistemas de tratamento passivos, com leitos de macrofitas, barreiras permeáveis reativas, barreiras biológicas e a imobilização também são utilizados. Na maioria dos casos tem-se a necessidade de se conjugar duas ou mais tecnologias de tratamento para a remoção dos contaminantes do efluente, de modo a cumprir o disposto na legislação.

A Agência Internacional de Energia Atômica, IAEA, é um dos principais órgãos de pesquisa internacionais com diversas publicações sobre o tratamento dos efluentes decorrentes da produção de urânio. Deve ser salientado que a tecnologia a ser aplicada para o tratamento depende das características do efluente. A tecnologia de troca iônica é muito utilizada no tratamento de efluentes industriais. O processo é baseado na capacidade química reativa de sólidos orgânicos e inorgânicos, que quando dissociados apresentam carga iônica negativa ou positiva. Deste modo, as resinas de troca iônica podem agregar cátions ou ânions, dependendo da carga da resina (IAEA, 2002; OECD & AIEA, 2002; IAEA-TECDOC-1419 http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1419_web.pdf, 2004).

Na literatura vários métodos foram desenvolvidos para recuperar urânio como extração com solvente, troca iônica, biossorção e adsorção (Nazari et al., 2004, Singh et al., 2004, 2001; Agrawal et al., 2000; Dev et al., 1999; Kilislioglu, 2003, 2002). São utilizados diversos materiais adsorventes como: o carvão ativado (Kütahyal, M. Eral, 2004; Jung et al, 2008; Kütahyal, M. Eral, 2010), zeólitas sintéticas (Olguin et al, 1999; Akyil & Eral, 2005; Han, 2007); e naturais (Godelitsas, 1996), argilas minerais (Tsunashim, 1981; Wang, 2010), diatomitas (Aytas, 1999, Sprynskyy, 2010), hematita (Xie, 2009), alumina e sílica (Stamberg & Venkatesan, 2003; Vidya et al, 2004; Lee et al, 2010), resinas de troca iônica (Ladeira, 2007; Pires, 1989; Rahmati et al, 2012), Quitosana (Sabarudin et al, 2007; Wang, et al, 2009), biomassas (Yang & Volesky, 1999; Tsuruta, 2002) e talco (Sprynsk, 2011).

Processos de adsorção são os mais amplamente utilizados para a remoção de urânio (Kilislioglu e Bilgin, 2002, Atun e Kilislioglu, 2002; Merdivan et al., 2001; Ghasemi e Zolfonoun, 2010; Awwad, 2004; Metilda et al., 2005; Karve e Rajgor, 2008; Choi et al., 2003). Resinas de troca iônica Amberlite são muito utilizadas tanto para a purificação de materiais contendo urânio como para a eliminação de resíduos ambientais e radioativos (Qadeer et al., 1995; Dev et al., 1999; Merdivan et al., 2001; Choi et al., 2003; Rahmati et al, 2012).

Gonçalves (2006) estudou a remoção de manganês e a recuperação de urânio presente em águas ácidas (pH 2,6) de um Complexo Minerio Industrial de Poços de Caldas, CIPC, das Indústrias Nucleares do Brasil, INB. Esses rejeitos têm baixo teor de urânio ($< 200 \text{ mg L}^{-1}$) com águas de drenagem ácidas em torno de pH 2,6; contendo radionuclídeos e metais pesados em níveis de concentração acima dos valores permitidos pela legislação para o lançamento direto no ambiente (Gonçalves, 2006).

Propriedades como porosidade, afinidade seletiva, capacidade de adsorção ou de troca conferem a esses materiais alta capacidade que pode ser suficiente para isolar o elemento de interesse de um grande volume de solução.

1.1. Objetivo

Este projeto tem como objetivo estudar o melhor método para tratamento dos efluentes acumulados de atividades de descontaminação das antigas unidades e torres de resfriamento do UF₆ e de demais instalações utilizadas na antiga unidade denominada no IPEN/CNEN de PROCON onde foram realizados o processamento de urânio. Estes efluentes foram acumulados e reservados no processo de descontaminação visando liberação da área para o CTMSP em 2014/2016. A concentração de urânio presente nestes efluentes, apesar de ter baixa concentração para contabilidade quanto a salvaguarda (160 mg L^{-1} em urânio natural), não atende aos limites de descarte na rede coletora de esgoto e conta com um volume aproximado de 1200 L. O tratamento desses efluentes possibilitará recuperar o metal e/ou

transformá-lo em condições de ser estocados na forma sólida como rejeito ou material salvaguardado e evitar descartes inaceitáveis.

Será avaliada a capacidade da resina Amberlite IRA-910 para adsorção de urânio a partir dessa solução aquosa. Outros processos como o comportamento da quitosana magnética aplicada como material nanoestruturado adsorvente também será estudado. Os diferentes fatores que comportamento de adsorção como concentração inicial de urânio, pH, tempo de contato, temperatura bem como a cinética e parâmetros termodinâmicos do processo de adsorção serão estudados e determinados.

Este projeto tem correspondência no planejamento e estrutura do PROGRAMA POLÍTICA NUCLEAR PPA 2016 – 2019 e LOA 2016 e atendendo aos programas de Licenciamento das Instalações das Unidades Técnico-Científicas da CNEN E tem correspondência também aos Programas de Gestão de Resíduos e Efluentes e no Programa de Monitoramento Químico Ambiental atendendo as condicionantes do IBAMA no Parecer Técnico de 17 de dezembro de 2015

(https://intranet.ipen.br/portal_por/conteudo/intranet/documentos/Parecer_IBAMA_dez_2015.pdf) e na Licença de Operação emitida em 22 de fevereiro de 2016 (<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/planejamento/ProgramaPoliticaNuclear-PPA-2016-2019.pdf>).

Como principal contribuição científica e tecnológica da proposta pretende-se atender ao PNB da CNEN bem como adequar a gestão dos efluentes do IPEN, adequando as concentrações para descarte, minimizando o grande impacto ambiental desfavorável. Quanto ao fator econômico, minimizar os volumes gerados nos processos de descontaminação e melhorando as condições de estocagem desses efluentes.

2. Materiais e Métodos

2.1. Infraestrutura

O Laboratório de Análises Química e Ambiental, LAQA, do Centro de Química e Meio Ambiente, CQMA, conta com a infraestrutura necessária para o desenvolvimento das atividades propostas no presente plano: capelas; balança analítica, sistema digestor de amostras assistido por micro-ondas, reagentes analíticos e padrões rastreáveis. O laboratório dispõe também de um espectrômetro de emissão óptica com fonte de plasma induzido, ICP OES, e um cromatógrafo de íons equipado com colunas aniônicas e catiônicas para a avaliação das amostras durante o desenvolvimento do projeto.

O CQMA possui instalações para operações em escalas maiores quando do *upscaling* do processo no tratamento efetivo de grandes volumes.

2.2. Caracterização do efluente

A Tabela 1 apresenta as características do efluente a ser tratado bem como o limite legal de emissão. A Tabela 2 apresenta os limites da legislação.

Tabela 1. Caracterização química do efluente (Fonte: Certificado de análise - CTMSP n CAS: 206/16-A) e LAQA/IPEN^(a))

Elemento/ Parâmetro	Concentração, mg L ⁻¹	Limite Legal Federal, mg L ⁻¹
U	163,24±1,84	0,02
Al	0,028 ± 0,01	#
Si	3,33 ± 0,05	#
Mg	3,58 ±0,33	#
Ca	95,26 ± 1,09	#
Fluoreto	13,5 ± 0,01	10
NO ₃	77,70 ± 2,70	#
pH ^(a)	7,0	≥ 5 e ≤ 9
B	<0,009	≤ 5,0
Zn	0,051 0,006	≤ 5,0
Pb	<0,01	≤ 0,5
Cd	<0,07	≤ 0,2
Mn	<0,01	#
Cu dissolvido	<0,03	≤1,0
Ag	<0,01	≤ 0,1
Mo	<0,012	#
W	<0,009	#
Ta	<0,008	#
Hf	<0,002	#
Sn	<0,010	#
V	<0,001	#
Ti	<0,001	#
Gd	<0,002	#
Dy	<0,001	#
Sm	<0,003	#
Eu	<0,001	#
Co	<0,008	#
Fe solúvel	<0,007	≤ 15 mg.L ⁻¹
Cr	<0,007	≤ 0,1 (hexavalente)
Th	<0,008	#
Ni	<0,008	2,0
Ba	<0,010	≤ 5,0
Li	<0,020	#

(*) Valores máximos permitidos segundo resolução CONAMA 357/2005 e atualizações para emissão/lançamento de efluentes líquidos em águas doces classe 3 (#) sem limite máximo estabelecido para descarte

Tabela 2- Padrões ambientais para lançamento de efluentes líquidos em sistema público de esgotos.

Parâmetro	Art 19A Decreto Estadual 8.468/76		Decreto Estadual 15.425/80		Resolução CONAMA 430/11	Unidade
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		
pH	6	10	6	10	≥ 5 e ≤ 9	
Temperatura		40		<40	<40	° C
Óleos e Graxas		Ausentes			20	mg L ⁻¹
Minerais					50	
Vegetais e gorduras animais						
Solventes (gasolina, óleos leves, explosivos ou inflamáveis)		Ausentes				mg L ⁻¹
Materiais sedimentáveis		20		20		mg L ⁻¹
Substâncias solúveis		150		150		mg L ⁻¹
Arsênio*		1,5			≤ 0,5	mg L ⁻¹
Bário					≤ 5,0	mg L ⁻¹
Boro					≤ 5,0	mg L ⁻¹
Cadmio*		1,5			≤ 0,2	mg L ⁻¹
Chumbo*		1,5			≤ 0,5	mg L ⁻¹
Cianeto					≤ 1,0	mg L ⁻¹
Cianeto Livre					≤ 0,2	mg L ⁻¹
Cobre*		1,5				mg L ⁻¹
Cobre dissolvido					≤ 1,0	mg L ⁻¹
Cromo hexavalente*		1,5			≤ 0,1	mg L ⁻¹
Cromo Trivalente					≤ 1,0	mg L ⁻¹
Cromo total		5,0		5,0		mg L ⁻¹
Estanho		4,0		2,0	≤ 4,0	mg L ⁻¹
Fenol		5,0		5,0		mg L ⁻¹
Ferro Solúvel (Fe ⁺²)		15,0		15,0	≤ 15	mg L ⁻¹
Fluoretos		10,0		10,0	≤ 10,0	mg L ⁻¹
Mercúrio*		1,5			≤ 0,01	mg L ⁻¹
Níquel		2,0		2,0	2,0	mg L ⁻¹
Prata*		1,5			≤ 0,1	mg L ⁻¹
Selênio*		1,5				mg L ⁻¹
Sulfeto		1,0		1,0	≤ 1,0	mg L ⁻¹
Sulfato		1000				mg L ⁻¹
Zinco		5,0		5,0	≤ 5,0	mg L ⁻¹

*A soma desses metais deve ser inferior a 1,5 mg L⁻¹.

2.3. Metodologia

A concentração de urânio, bem como dos metais no processo serão determinados por espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma induzido, ICP OES. A composição iônica (fluoreto, cloreto, nitrato, sulfato e fosfato) e dos cátions alcalino e alcalino terrosos serão determinados por cromatografia de íons.

Cabe salientar que as metodologias disponíveis no laboratório para a determinação de urânio são validadas atendendo critérios estatísticos harmonizados e aos requisitos do sistema da qualidade baseado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Estudos de adsorção: Os estudos de adsorção serão desenvolvidos inicialmente utilizando dois adsorventes distintos: a) a resina IRA 910 e b) Quitosana magnéticas. A quitosana magnética será produzida baseada inicialmente nos estudos desenvolvido no CQMA por Yamaura, M. e Stopa, L. C., QUITOSANA MAGNÉTICA PARA REMOÇÃO DE URÂNIO (VI), (2007). A quitosana apresenta propriedades iônicas favoráveis agindo como quelante, sendo biocompatível, biodegradável, bioadesivo e biossorvente. Devido sua interação por ligações intramoleculares por meio de seus grupos ativos pode revestir materiais magnéticos como as nanopartículas superparamagnéticas de magnetita, produzindo um conjugado polímero-magnetita. Essas partículas são susceptíveis ao campo magnético, podem ser atraídas e agrupadas por aplicação de um campo magnético. Como não mantém a magnetização, podem ser utilizadas desmagnetizadas e reutilizadas em processos para remoção de contaminantes de rejeitos aquosos.

Preparação das partículas magnéticas de quitosana, PMQ: As partículas nanoestruturadas de magnetita serão obtidas por precipitação simultânea dos íons férrico e ferroso em meio alcalino (pH =11). Em seguida, uma solução acética de quitosana será preparada de modo a se obter as partículas de magnetita revestida pela quitosana e, na sequência, a solidificação dessa quitosana nas partículas de magnetita para a obtenção da PMQ.

Estudos de adsorção de U em nanopartícula magnética de quitosana: Uma solução padrão diluída de urânio será inicialmente utilizada nos experimentos (na forma de nitrato de urânio hexahidratado, $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) de modo a simular a concentração estimada dos rejeitos. O pH será mantido (pH = 5) para evitar precipitação. Serão realizados testes de adsorção em batelada. Os estudos de adsorção com a nanopartícula serão realizados utilizando-se o ensaio em batelada ("*batch method*"), com agitação mecânica. A concentração de urânio será avaliada no sobrenadante após separação. Segundo a literatura no intervalo de pH 3 a 5, a remoção atinge o máximo desempenho, próximo de 100%, pois as formas catiônicas de urânio (UO_2^{++} e $UO_2 OH^+$) são predominantes, evidenciando a grande afinidade pelo sítio do PMQ (PIRON, E.; DOMARD, A, 1998).

Ensaio de retenção em resina aniônica forte IRA 910: (Santos & Ladeira, 2011): O estudo será realizado utilizando-se resinas de troca aniônica de base forte Amberlite IRA 910 U e DOWEX RPU para concentrar o urânio presente nas soluções. O condicionamento envolve a agitação de 1 g de cada resina com 100 mL de solução de cloreto de sódio, NaCl, 1,00 mol L⁻¹, durante 24 horas em mesa agitadora. O estudo com as resinas será realizado utilizando o efluente contendo o urânio em diferentes valores de pH. Os ensaios serão realizados adicionando-se diferentes massas de cada resina em 500 mL da solução. As massas das resinas deverão variar de 0,01 a 0,4 g. Os ensaios serão conduzidos em *Erlenmeyers* fechados, agitados em mesa agitadora a 140 rotações por minuto em temperatura ambiente durante 24 horas. Ao final de cada experimento, as amostras serão filtradas será realizado a determinação do teor de urânio no filtrado resultante.

O material a ser estudado tem baixo teor de urânio e de flureto, < 200 mg L⁻¹ e 13,50 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 1). A resina Aniônica forte (pH 0-14) IRA-910U (Rohm & Hass) (preferencialmente) ou a Dowex-A (Dowex Co.) serão os trocadores a serem utilizados em função da eficiência conhecida apresentada na literatura. Efluentes com pH = 3,9 serão percoladas em resinas aniônicas em meio clorídrico com objetivo de separar os lantanídeos dos elementos que formam complexos aniônicos (U, Fe, Ga, Ho) e, portanto, retidos na resina.

Estudos realizados com resina aniônica IRA-910U (Rohm & Hass) tem demonstrado melhores resultados de retenção de urânio, com retenção máxima de 79 mg de urânio/grama

de resina; em pH = 3,9 com solução contendo 12 mg L⁻¹. A presença de sulfato é deletéria para a retenção do urânio visto que compete com os sítios de troca. (Santos & Ladeira, 2011)

O procedimento básico a ser utilizado neste estudo será:

Ativação da resina: As resinas serão lavadas com água purificada para remoção de finos e possíveis íons indesejáveis. A ativação química dos pontos de troca a partir da resina seca será realizada com solução de NaCl, 1 mol L⁻¹, conforme boletins técnicos fornecidos pelos fabricantes das resinas. Essa mistura, resina e solução, será mantida em agitação durante 24 horas em mesa agitadora. Segundo os fabricantes, a ativação com cloreto de sódio é mais eficiente que com ácidos e bases. Após ativação, a resina estará pronta para os estudos de adsorção. Podem ser realizados testes em operações de batelada ou em coluna. A Figura 1 apresenta a distribuição dos diferentes complexos de urânio em função do pH.

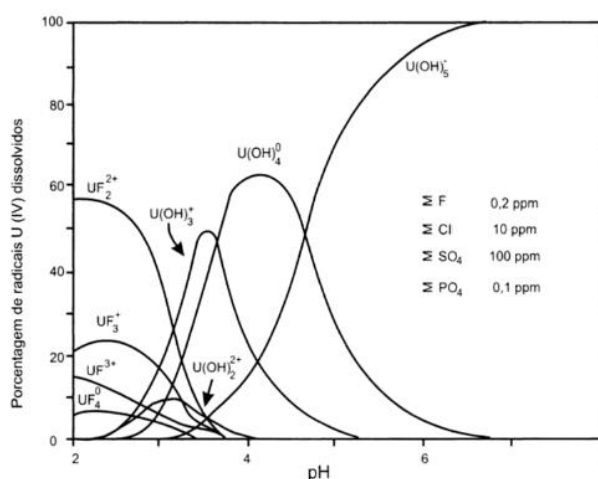


Figura 1. Distribuição dos complexos de urânio em função do pH, temperatura 25 °C para algumas concentrações típicas de radicais em água subterrânea, segundo Langmuir, (1978) (Fonte: Bonotto, D.M. 1957, ed. 2006).

3. Cronograma físico de execução

SÍNTESE DAS PRINCIPAIS METAS	ANO 1				Ano 2			
	Trimestre				Trimestre			
	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o
Revisão bibliográfica e aquisição de resinas, e material de consumo	X	X						
Montagem dos experimentos e análises físicas e químicas	X	X	X	X	X			
Análises estatísticas e interpretação dos resultados / modelagem				X	X	X		
Ensaio com efluentes e tratamento dos rejeitos			X	X	X	X	X	
Preparação de relatórios				X				
Preparação e apresentação de trabalhos em eventos/congressos/ de publicações				X	X	X	X	X

4. Orçamento detalhado e cronograma de desembolso

Item	Discriminação	R\$		Justificativa
		2017	2018	
Material de consumo	Resinas, reagentes químicos e vidraria e padrão de urânio	20.000		Ensaio, análises químicas e tratamento dos efluentes existentes
Serviços de terceiros	Manutenção vidraria confecção de colunas para troca iônica, etc	5.000		Utilização nos processos de separação
Emp	Capela com filtros		30.000	

5. Cronograma físico de desembolso

Itens	2017	2018
Material de consumo	10.000	10.000
Serviços de terceiros	5.000	
Equipamentos (capela com filtro)		30.000
Total	15.000	40.000

6. Identificação dos demais participantes do projeto

Maria Aparecida Faustino Pires - Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2. Pesquisadora e gerente adjunta do LAQA/CQMA. lattes.cnpq.br/3978915151969003;

Marycel Elena Barboza Cotrim. Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2. Pesquisadora e coordenadora do LAQA/CQMA
CV: <http://lattes.cnpq.br/9968341630176283>

Elaine Arantes Jardim Martins. CV: <http://lattes.cnpq.br/2657353293374980>. Tecnologista e Gerente da Qualidade. Especialista em análise de traços.

Hélio Akira Furusawa. CV: <http://lattes.cnpq.br/2751344523394835>. Especialista em Gerenciamento e Tratamento de Resíduos de Laboratório Químico e determinação de elementos traços utilizando técnicas espectroscópicas.

7. Referências Bibliográficas

Agrawal, Y.K., Shrivastav, P., Menon, Sh.K. 2000. Solvent extraction, separation of uranium (VI) with crown ether. Sep. Purif. Technol. 20, 177–183.

Aieta, E.M.; Singley, J.E.; Trussell, J.R.; Thorbjarnarson, K.W.; McGuire, M.J.; Radionuclides in drinking water: an overview, **J. Am. Water Works Assoc.** 79 (1987) 144–152.

Akyil, S.; Eral, M. Preparation of composite adsorbents and their characteristics, **J. Radioanal. Nucl. Chem.** 266 (2005) 89–93.

Aprynskyy, M.; Kovalchuka, I.; Buszewski, B. 2010. The separation of uranium ions by natural and modified diatomite from aqueous solution, *J. Hazard. Mater.* 181 (2010) 700–707.

Aytas, S.; Akyil, S.; Aslani, M.A.A.; Aytekin, U. 1999. Removal of uranium from aqueous solutions by diatomite (Kieselguhr), *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 240 (1999) 973–976.

Bonotto, D.M. 1957 *Geoquímica do urânio aplicada a águas minerais*. Ene Gloria da Silveira – SP. Editora UNESP, 2006. www.wditoraunesp.com.br.

Chellam, S.; Clifford, D.A. Physical–chemical treatment of groundwater contaminated by leachate from surface disposal of uranium tailings, *J. Environ. Eng.* 128 (2002) 942–952.

Kütahyal, C.; Eral, M. Selective adsorption of uranium from aqueous solutions using activated carbon prepared from charcoal by chemical activation, *Sep. Purif. Technol.* 40 (2004) 109–114.
Dev, K., Pathak, R., Rao, G.N., 1999. Sorption behaviour of lanthanum (III), neodymium (III), terbium (III), thorium (IV) and uranium (VI) on Amberlite XAD-4 resin functionalized with bicine ligands. *Talanta* 48, 579–584.

Godelitsas, A.; Misaelides, O.; Filippidis, A.; Charistos, D.; Anousis, I. Uranium sorption from aqueous solutions on sodium-form of HEU-type zeolite crystals, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 208 (1996) 393–402.

Goncalves, C.R: remoção de manganês e recuperação de urânio presentes em águas ácidas de mina. Dissertação, CDTN, 2006. http://www.btdt.cdtm.br/tde_arquivos/1/TDE-2007-01-09T073629Z-10/Publico/CarlosRenato%20Goncalves.pdf.

Han, R.; Zou, W.; Wang, Y.; Zhu, L. Removal of uranium (VI) from aqueous solutions by manganese oxide coated zeolite: discussion of adsorption isotherms and pH effect, *J. Environ. Radioact.* 93 (2007) 127–143.

IAEA, 2002. Technologies for the treatment of effluents from uranium mines, mills and tailings. AIEA-TECDOC. **Acesso em 19 de maio de 2017.**
http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1296_prn/t1296_part1.pdf

Jung, Y.; Kim, S.; Park, S.J.; Kim, J.M. Preparation of functionalized nanoporous carbons for uranium loading, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 313–314 (2008) 292–295.

Kilislioglu, A., Bilgin, B., 2003. Thermodynamic and kinetic investigations of uranium adsorption on Amberlite IR-118H resin. *Appl. Radiat. Isotopes* 58, 155–160.

Kilislioglu, A., 2003. The effect of various cations and pH on the adsorption of U (VI) on Amberlite IR-118H resin. *Appl. Radiat. Isotopes* 58, 713–717.

Kilislioglu, A., Bilgin, B., 2002. Adsorption of uranium on halloysite. *Radiochim. Acta* 90, 155–160.

Kütahyal, C.; Eral, M. Selective adsorption of uranium from aqueous solutions using activated carbon prepared from charcoal by chemical activation, *Sep. Purif. Technol.* 40 (2004) 109–114.

Kütahyal, C.; Eral, M. Sorption studies of uranium and thorium on activated carbon prepared from olive stones: kinetic and thermodynamic aspects, *J. Nucl. Mater.* 396 (2010) 251–256.

Ladeira, A.C.Q.; Goncalves, C.R. Influence of anionic species on uranium separation from acid mine water using strong base resins, *J. Hazard. Mater.* 148 (2007) 499–504.

Lee, H.; Kim, J.H.; Kim, J.M.; Kim, S.; Park, J., -N.; Hwang, J.S.; Yeon, J.-W.; Jung, Y. (2010). Application of ordered nanoporous silica for removal of uranium ions from aqueous solutions, *J. Nanosci. Nanotechnol.* 10 (2010) 217–221.

Matijasevic, S.; A. Dakovic, A.; Tomasevic-Canovic, M.; Stojanovic, M.; Iles, D. Uranium (VI) adsorption on surfactant modified heulandite/clinoptilolite rich tuff, *J. Serb. Chem. Soc.* 71 (2006) 1323–1331.

Nazari, K., Ghannadi Maragheh, M., Jabbari Rad, A., 2004. Studies on extraction of uranium from phosphoric acid using PN-1200 extractant. *Hydrometallurgy* 71, 371–377.

OECD, 2002. Environmental Remediation of Uranium Production Facilities. Acesso em 19 de maio de 2017. <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2002/3033-environmental-remediation.pdf>

Olguin, M.T.; Solache-Rios, M.; Acosta, D.; Bosch, P.; Bulbulian, S. Uranium sorption in zeolite X: the valence effect, *Micropor. Mesopor. Mater.* 28 (1999) 377–385.

Pires, M.A.F. Aplicação da cromatografia de íons no controle de materiais de interesse nuclear, tese de doutorado Instituto de Química USP, 1989.

PIRON, E.; DOMARD, A. Interactions between chitosan and an emitters; ^{239}Pu and Am. *Int. J. Biol. Macrom.*, v. 23, p. 121-125, 1998.

Rahmati, A.; Ghaemi, A.; Samadfam, M. 2012. Kinetic and thermodynamic studies of uranium (VI) adsorption using amberlite IRA-910 resin. **Annals of nuclear Energy**, 39(2012) 42-48.

Sabarudin, A.; Oshima, M.; Takayanagi, T.; Hakim, L.; Oshita, K.; Gao, Y.H.; Motomizu, Sh. 2007. Functionalization of chitosan with 3,4-dihydroxybenzoic acid for the adsorption/collection of uranium in water samples and its determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry, *Anal. Chim. Acta* 581 (2007) 214–220.

Santos, E.A. dos; Ladeira, A.C.Q. Remoção e Concentração de Urânio de Rejeito de Mina Tecnológica, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 34-41, jan/jun. 2011. <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/viewFile/2065/1578>

Sequeira, 2008. https://run.unl.pt/bitstream/10362/1785/1/Sequeira_2008.pdf;

Singh, H., Mishra, S.L., Vijayalakshmi, R., 2004. Uranium recovery from phosphoric acid by solvent extraction using a synergistic mixture of dinonyl phenyl phosphoric acid and tri-n-butyl phosphate. *Hydrometallurgy* 73, 63–70.

Singh, H., Vijayalakshmi, R., Mishra, S.L., Gupta, C.K., 2001. Studies on uranium extraction from phosphoric acid using di-nonyl phenyl phosphoric acid-based synergistic mixtures. *Hydrometallurgy* 59, 69–76.

Stamberg, K.; Venkatesan, K.A.; Rao, P.R.V. (2003). Surface complexation modeling of uranyl ion sorption on mesoporous silica, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects* 221 (2003) 109–114.

Tsunashima, A.; Brindley, G. W.; Bastovanov, M. Adsorption of uranium from solution montmorillonite, compositions and properties of uranyl montmorillonites, *Clays Clay Miner.* 29 (1981) 10–16.

Vidya, K.; Gupta, N.M.; Selvam, P. 2004. Influence of pH on the adsorption behaviour of uranyl ions in mesoporous MCM-41 and MCM-48 molecular sieves, *Mater. Res. Bull.* 39 (2004) 2035–2048.

Wang, G.; Wang, X.; Chai, X.; Liu, J.; Deng, N. 2010. Adsorption of uranium (VI) from aqueous solution on calcined and acid-activated kaolin, *Appl. Clay Sci.* 47 (2010) 448–451.

Wang, G.; Liu, J.; Wang, X.; Xie, Zh.; Deng, N. 2009. Adsorption of uranium (VI) from aqueous solution onto cross-linked chitosan, *J. Hazard. Mater.* 168 (2009) 1053–1058.

Weisz, Joel. 2009. *Projetos de inovação tecnológica: planejamento, formulação, avaliação, tomada de decisões*; Brasília; EIL, 2009, 175p.; http://unesp.br/nit/mostra_arq_multi.php?arquivo=5446).

Xie, Sh.; Zhang, Ch.; Zhou, X.; Yang, J.; Zhang, X.; Wang, J. 2009. Removal of uranium (VI) from aqueous solution by adsorption of hematite, *J. Environ. Radioact.* 100 (2009) 162–166.

Yang, J.; Volesky, B. 1999. Biosorption of uranium on *Sargassum* biomass, *Water Res.* 33 (1999) 3357–3363.

DECLARAÇÃO DE CIÊNCIA, CONFORMIDADE, ALINHAMENTO, PERTINÊNCIA E ANUÊNCIA DA GERÊNCIA DO CENTRO DE QUÍMICA E MEIO AMBIENTE E DO LABORATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICA E AMBIENTAL

Esta declaração formaliza a aprovação da proposta do objeto do projeto “**Materiais nanoestruturados e trocadores iônicos aplicados no tratamento de efluentes para recuperação de urânio visando atendimento à legislação ambiental e a ações reguladoras**” sob responsabilidade de **Hélio Akira Furusawa**. O cenário institucional e situações pontuais justificam a preocupação com o assunto. Dessa forma, o projeto proposto tem fundamento e necessidade reais. O CQMA e o LAQA estão comprometidos com a realização das atividades desta proposta caso seja aprovado.

Laboratório de Análises Química e
Ambiental, LAQA
Dra. Marycel Elena Barboza Cotrim

Centro de Química e Meio Ambiente,
CQMA
Dr. Ademar Benévolo Lugão