



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA CASCA DE ARROZ NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE CELULOSE

Natália Carlomagno Mariani Ribeiro - [nataliaribeiro456@gmail.com](mailto:nataliaribeiro456@gmail.com)  
Letícia Azambuja dos Santos Licks – [leticia.licks@puhrs.br](mailto:leticia.licks@puhrs.br)  
Claudio Luis Crescente Frankenberg – [claudio@puhrs.br](mailto:claudio@puhrs.br)

<sup>1</sup> Escola Politécnica <sup>2</sup>Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais  
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo testar a utilização da casca de arroz como material adsorvente para a redução dos parâmetros de cor, pH, turbidez, condutividade e cloretos de uma amostra de efluente primário proveniente de uma indústria de celulose. Foi realizado teste cinético, em quatro horas de contato, com análises a cada hora e três rodadas de ensaios de adsorção, em quatro e vinte e quatro horas de contato para as quatro amostras de casca de arroz, três delas ativadas de diferentes formas com Ácido Clorídrico 0,5N, para comparação dos resultados. Foi utilizado carvão ativado comercial pulverizado. Através dos resultados dos ensaios observou-se que a casca de arroz não foi eficaz para redução dos parâmetros avaliados.

**Palavras-chave:** Casca de arroz, Carvão, Efluente de celulose.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## EVALUATION OF THE POTENTIAL OF RICE HUSK IN THE TREATMENT OF CELLULOSE INDUSTRIAL EFFLUENTS

**Abstract:** *The objective of this work is to test the use of rice husk as an adsorbent material to evaluate the reduction of the parameters of color, pH, turbidity, conductivity and chlorides of a sample of primary effluent from a cellulose industry. Kinetic tests were carried out in four hours of contact with hourly analyzes and three rounds of adsorption tests in four and twenty four contact hours for the four rice husk samples, three of them activated in different ways with 0.5N hydrochloric acid for results comparison. Powdered commercial activated charcoal was used. Through the results of the tests it was observed that the rice husk was not effective for reducing the evaluated parameters.*

**Keywords:** *Rice husk, Charcoal, Cellulose effluent.*

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil está em nono lugar na produção mundial de arroz sendo considerado o maior produtor fora do continente Asiático (AGEITEC, 2016. BRAZILIAN RICE, 2017). Já o Rio Grande do Sul é o maior estado produtor e processador do grão segundo Berwanger, 2014, representando 71,4 % da participação no total nacional da produção de arroz (IBGE, 2017). Dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) de 2017 indicam a produção da safra 2015/16 em 10.603 mil toneladas com uma previsão para a próxima safra de 12.318 mil toneladas.

Com uma produção tão elevada há a geração de uma grande quantidade de resíduos oriundos do processo de beneficiamento como, por exemplo, a casca do arroz, que, devido ao seu alto poder calorífico (12-18 megajoules por quilograma), acaba sendo utilizada para produção de energia. A casca representa o maior volume de subproduto obtido do beneficiamento do arroz, chegando a 23% em média (FERNANDES, 2006).

A casca de arroz possui alta concentração em sílica, alta dureza, fibrosidade e natureza abrasiva. Sua destinação final in natura no solo não é ambientalmente correta, uma vez que não se trata de material biodegradável. Quando queimada, seu alto teor de carbono residual impede suas cinzas de serem descartadas no solo. In natura a casca de arroz foi estudada comprovando sua alta capacidade de absorção, podendo ser utilizada para adequar as emissões de acordo com os padrões ambientais vigentes (SANTOS; JUNGER; SOARES, 2014).

Com o aumento das atividades industriais a quantidade de efluentes descartados nos corpos hídricos tem contribuído para o agravamento das questões ambientais, visto que alguns efluentes são descartados sem qualquer tratamento prévio (TOMASELLA et al, 2015).

Uma das técnicas mais utilizadas para tratamento de efluentes é a adsorção com carvão ativado. O carvão é um material carbonoso poroso que ao ser ativado tanto físico como quimicamente aumenta sua porosidade interna. Sua principal característica é a alta superfície específica que o torna eficaz na eliminação de diversos contaminantes bem como na redução da matéria orgânica presente em um efluente (REIS; SILVA; NEVES, 2015).

O processo de adsorção possui algumas dificuldades operacionais, relacionadas a perdas no processo de recuperação do adsorvente, por estes sofrerem um processo de

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

acumulação de um soluto em uma superfície de um sólido saturando-os. Assim, buscam-se modelos alternativos, de baixo custo e sustentáveis para efetuar tratamentos similares, os chamados Biossorventes (FLORES et al, 2012).

O objetivo deste trabalho é avaliar utilização da casca de arroz ativada e não ativada como biossorvente em uma amostra de efluente primário proveniente de uma Indústria de Celulose, a partir dos parâmetros de cor, pH, condutividade, cloretos e turbidez.

Será realizada uma caracterização preliminar da casca de arroz e uma comparação dos resultados obtidos com o carvão comercial.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Indicadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) afirmam que a produção agrícola de arroz em fevereiro de 2017 sofreu um acréscimo de 11,1% quando comparada com a safra 2016. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), a produtividade do arroz em quilogramas por hectare chegou a 5.281 na safra 2015/16, com uma previsão para 2016/17 de 6.230. A produção para o mesmo período foi de 10.603 toneladas, podendo ter um acréscimo de 2.000 toneladas para 2016/17.

Como elemento integrante do cotidiano brasileiro, o arroz desempenha papel fundamental nos resultados da economia do País. É um dos produtos alimentícios mais consumidos, com uma média anual de 11,5 milhões de toneladas. A maior parte da produção, cerca de 90 % da demanda, é direcionada para o próprio país (SANTOS; JUNGER; SOARES, 2014).

O descarte dos resíduos da produção de arroz é muitas vezes realizado em fundos de rios e lavouras devido ao seu elevado custo com transporte gerando prejuízos ao meio ambiente e indo contra as legislações vigentes. A casca do arroz possui em sua composição componentes como a celulose, lignina e resíduos orgânicos. Quando queimada, seu alto teor de carbono residual impede suas cinzas de serem incorporadas ao solo, tornando seu descarte inadequado (SANTOS; JUNGER; SOARES, 2014).

Com um destino final para a casca envolvendo valor comercial, o ciclo da industrialização e beneficiamento do arroz será completo, aproveitando assim, toda a matéria prima gerada na colheita. Outras partes do grão já possuem destino e geração de lucro no mercado (FOLETTTO, et al, 2005).

### 2.1. Adsorção como tratamento de efluentes

A adsorção possui duas ramificações classificadas quanto à intensidade das forças envolvidas: adsorção física, com interações fracas e adsorção química, com interações fortes (NASCIMENTO et al, 2014). A afinidade soluto/adsorvente irá ser determinante na verificação da velocidade de separação e na eficácia da remoção (FOUST, 1982).

Os componentes adsorvidos dos solutos são concentrados na superfície externa do adsorvente, portanto quanto maior a área superficial, maior será a intensidade da adsorção (CLAUDINO, 2003).

Os fatores influenciadores da adsorção são diversos, tais como as propriedades do adsorvato e do adsorvente (poros, grupos funcionais, área superficial) e a capacidade de adsorção (NASCIMENTO et al, 2014).

O carvão ativado é um dos primeiros e principais adsorventes conhecidos. As características de cada carvão são definidas conforme sua matéria prima e maneira de ativação. A forma mais comumente usada para sua produção consiste na decomposição térmica de material carbonáceo, e após a sua ativação. Para ativações físicas, esta pode ser realizada com vapor ou dióxido de carbono; já com ativações químicas, pode-se usar ácido, base ou fluido supercrítico (BORGES, et al, 2003).

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

A ativação química frente à ativação física apresenta algumas vantagens como: menor tempo de queima; maior rendimento; o processo ocorre em apenas uma etapa; maior área superficial e controle na dimensão dos poros. Porém neste modo de ativação teremos algumas desvantagens como a corrosão e a adição de mais uma etapa para a realização de lavagem para remoção dos agentes ativadores (LILLO-RÓDENAS, 2003).

A carbonização deve atingir temperaturas superiores a 473 K, ela realiza a retirada de espécies não carbônicas e forma uma massa fixa de carbono, formando uma estrutura porosa, com poros finos e fechados (BORGES, et al, 2003). Esta etapa depende de alguns parâmetros para sua elaboração, como temperatura, tempo de carbonização e taxa de aquecimento (MOLETTA, 2011; DI BERNARDO, 2005).

Para avaliar a qualidade do carvão ativado, alguns critérios devem ser levados em consideração como, condições de carbonização, material de origem, estrutura, textura, área superficial interna, porosidade e distribuição do tamanho dos poros (BORGES, et al, 2003 apud BOENHORFF, 1980).

Os carvões possuem área superficial que ultrapassam 800 m<sup>2</sup>/g e são classificados de acordo com o tamanho de seus poros. Os Macroporosos possuem diâmetro maior que 50 nanômetros, os Mesoporosos diâmetro maior que 2 nanômetros e menor que 50 nanômetros e os Microporosos diâmetro menor que 2 nanômetros.

Com a alta quantidade de carbono em sua estrutura, sua superfície gera afinidade com substâncias de caráter orgânico, favorecendo o uso do carvão para a descontaminação de águas e efluentes, retirando moléculas causadoras de cor, sabor e toxicidade. O tratamento de efluentes está amparado pela Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes.

As características dos efluentes industriais variam conforme a atividade desenvolvida e a matéria prima utilizada para produção. Os resíduos provenientes possuem características próprias, sendo necessário determinar o melhor tratamento e disposição final. A remoção dos poluentes dos efluentes lançados em corpos receptores necessita de uma alta eficiência para enquadrar o padrão de lançamento de acordo com a Resolução, não conferindo ao corpo receptor grau maior que aquele conferido na Classificação das Águas.

## 2.2. Biossorventes

Devido à relação custo/benefício do uso do carvão ativado ser alta, a busca por matérias primas de baixo custo torna-se necessária. Existe uma extensa variedade de precursores para a produção de carvão ativado, como casca de coco, de arroz, grão de café, madeira, turfas, resíduos agrícolas ou rejeitos industriais, ossos, endocarpo de nozes, sementes, polímeros sintéticos (CLAUDINO, 2003).

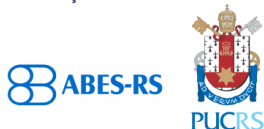
O termo biossorvente está associado à origem do material utilizado, podendo ser de origem animal ou vegetal, ou seja, é toda biomassa que possui atividade metabólica ou não (VAGHETTI, 2009).

Por estes materiais serem muitas vezes rejeitos agrícolas, a utilização dos biossorventes possui como vantagem frente às produções usuais de carvão, o baixo custo com matéria prima. Eles não possuem valor comercial, estão disponíveis em larga escala, sendo largados erroneamente na natureza; o custo com transporte é mínimo, visto que sua origem normalmente é regionalizada; são considerados renováveis, mantendo o abastecimento e a renovação dos mesmos constantes (VAGHETTI, 2009).

Um cuidado necessário que se deve ter em relação aos biossorventes, está na armazenagem do mesmo, visto que a constituição biológica os torna de fácil degradação. Não podendo esquecer os métodos de disposição, devendo atender a norma NBR 10004 (2004), que envolve a identificação do processo e a listagem das substâncias causadoras de impactos ao meio ambiente (SANTOS, 2013).

O tratamento de efluentes industriais com rejeitos agrícolas consegue reduzir os custos com os processos de descontaminação e reduzir a contaminação do meio, resultado das destinações destes

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

resíduos. Estes materiais são altamente fibrosos, deixando seus sítios ativos livres para a adsorção das substâncias de interesse. Possuem grandes quantidades de celulose, hemicelulose e pectina, substâncias capazes de adsorver compostos orgânicos através das forças de Van der Waals ou por interação hidrofóbica (VAGHETTI, 2009).

O processamento de um biossorbente consiste inicialmente na lavagem, secagem, trituração e peneiramento do mesmo. Após, para a realização do carvão é necessária a ativação e carbonização do mesmo, a fim de formar poros definidos.

Para a avaliação da capacidade adsorviva de um material, a caracterização das propriedades e a quantificação dos grupos superficiais se tornam imprescindíveis. A Tabela 1 demonstra algumas formas de realizar estas análises do sólido. As análises dos parâmetros do extrato mais comuns são as análises de cor, pH, condutividade e turbidez (SANTOS, 2013).

Tabela 1 - Caracterização de materiais adsorventes em sólido.

Ensaio/Análise	Finalidade
Área superficial	Capacidade adsorviva
Imagens por microscopia eletrônica de varredura (MEV)	Determinação de morfologia
Distribuição granulométrica	Distribuição do tamanho das partículas
Microanálise por espectrometria por energia dispersiva (EDS) acoplado ao MEV	Composição qualitativa dos constituintes

Fonte: Adaptado de Santos (2013).

### 3. METODOLOGIA

A casca de arroz utilizada foi adquirida da empresa Bons Ventos de Osório no Rio Grande do Sul. O arroz é originário de uma plantação na área rural do município, que após colheita é encaminhado à empresa para beneficiamento. A casca gerada do processo é considerada rejeito na empresa, visto que não possui valor agregado. Os procedimentos experimentais da pesquisa foram desenvolvidos no Laboratório de Processos Ambientais (LAPA) da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).

#### 3.1. Preparação do material

A casca de arroz in natura foi lavada em água corrente por cerca de três minutos e, posteriormente em água deionizada. As cascas foram secas em estufa a  $105 \pm 5^\circ \text{C}$  por 24 horas (REIS; SILVA; NEVES, 2015). Para aumentar a área superficial, as cascas foram moídas e peneiradas em mesa agitadora até granulometria de  $355 \mu\text{m}$ . Após foram separadas e preparadas de quatro formas distintas: moída, ativada, ativada com aquecimento e carbonizada. A Tabela 2 exhibe os códigos das amostras nas diferentes formas de preparo.

Tabela 2 - Código das amostras e suas diferentes formas de preparo.

Amostra	Nomenclatura
Casca moída	CM
Casca ativada	CA
Casca ativada e aquecida	CAA
Casca carbonizada e ativada	CCA

Realização

ABES-RS



Correalização



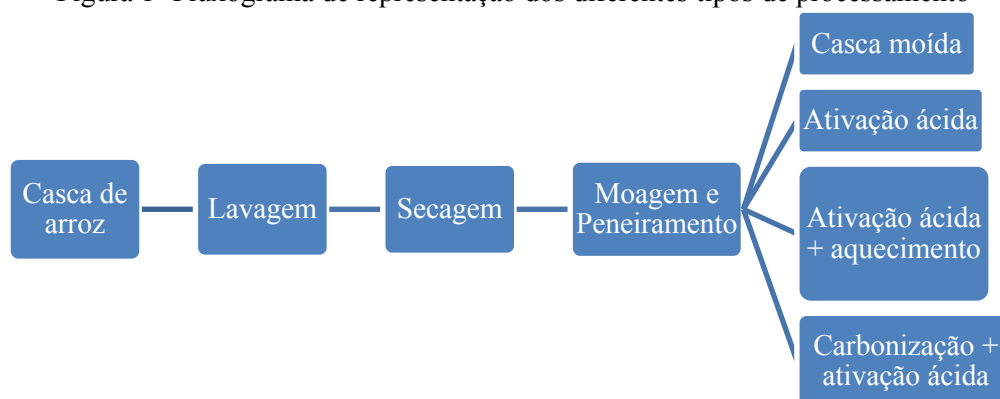
Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



A amostra CM foi mantida sem nenhum tratamento químico. A amostra CA (10 gramas) foi ativada com Ácido Clorídrico 0,5N (400 ml) mantendo-a em agitação por 24 horas (ROYER, 2008). A amostra CAA (12,5 gramas) foi ativada também com o mesmo ácido (200 ml), porém esta foi mantida em aquecimento a 250°C durante 2 horas quando em ebulição, para retirada dos íons alcalinos e alcalinos terrosos presentes na casca (DELLA, et al, 2006 adaptado). Para ambos os processamentos foi necessária lavagem com água deionizada (aproximadamente 650 ml foram gastos para cada) para adequação de pH entre 5-6 (para não influenciar na leitura dos valores do efluente e para liberação dos poros), e posterior secagem em estufa. A amostra CCA (30 gramas) foi carbonizada em forno Mufla a 600°C por 40 minutos, junto com o ácido clorídrico para produção de carvão ativado (REIS; SILVA; NEVES, 2015 adaptado). A esquematização dos diferentes processos pelos quais a casca foi submetida está apresentada no fluxograma na Figura 1.

Figura 1- Fluxograma de representação dos diferentes tipos de processamento



### 3.2. Caracterização do material adsorvente

#### *Teor de umidade e Teor de cinzas*

A determinação do teor de umidade e teor de cinzas foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 10664 de 1989.

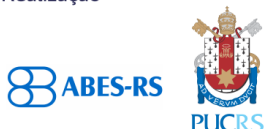
#### *MEV/EDS*

A morfologia dos adsorventes produzidos (CM, CA, CAA, CCA) foi analisada através da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) junto com análise da composição elementar pontual de determinada região de interesse, através da técnica de Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS) realizada no Laboratório Central de Microscopia e Microanálise (LabCEMM). As ampliações para verificações das amostras variam de 50 a 1600 vezes.

### 3.3. Efluente

O efluente utilizado como solução para testes é proveniente de uma indústria de celulose do Rio Grande do Sul. Consiste no efluente bruto da fábrica, sem fibras, coletado no processo de neutralização da Estação de Tratamento (ETE).

Realização



Correalização



Informações:

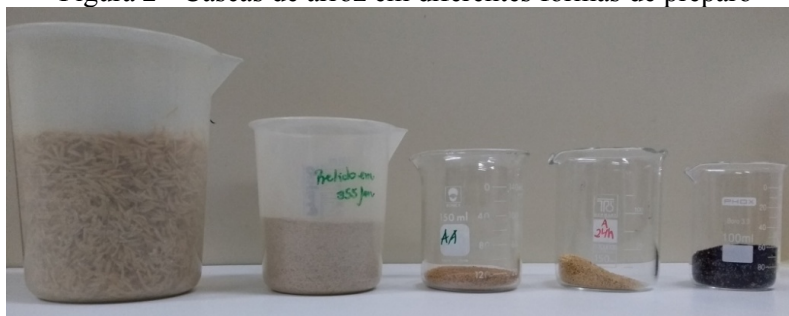
qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



### 3.4. Ensaios de adsorção

As cascas in natura, CM, CAA, CA e CCA, respectivamente, conforme Figura 2, foram utilizadas como adsorventes para os ensaios.

Figura 2 - Cascas de arroz em diferentes formas de preparo



Todos os ensaios desenvolvidos foram realizados em mesa agitadora, em Erlenmeyers de 500 ml cada. Um grama de adsorvente foi adicionado em 150 ml de efluente bruto sob agitação de 120 rpm (FERNANDES, 2010 adaptado).

A análise dos dados foi realizada após centrifugação de seis minutos das alíquotas das amostras. Para analisar as possíveis influências que a casca de arroz poderia ocasionar ao efluente, foi mantida a mesma In natura (um grama) adicionada à 150 ml de água deionizada. Os parâmetros medidos estão caracterizados conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização dos experimentos.

Caracterização	Equipamento	Método analítico
Cor	Colorímetro Nessler Quanti 200	NBR 13798 de 1997
Turbidez	Turbidímetro Digimed DM-C2	NBR 11265 de 1990
pH	pHmetro Gehaka PG1800	NBR 9251 de 1986
Condutividade elétrica	Medidor Analion	NBR 10223 de 1988
Cloretos	-	NBR 5759 de 1975

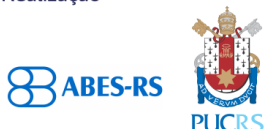
#### *Teste Cinético*

Para a constituição da curva de adsorção foram realizados experimentos em batelada. O tempo de contato estabelecido foi de 4 horas (SANTOS, 2007 adaptado), com análises realizadas a cada hora para verificação das variações dos parâmetros de pH, condutividade e turbidez. Ao final das 4 horas foram analisados os parâmetros de cor e cloretos.

#### *Ensaios de adsorção*

Para realização dos ensaios, os tempos de contato estabelecidos foram de 4 e 24 horas (CLAUDINO, 2003 adaptado). Os experimentos foram realizados em três rodadas de ensaios. Os valores iniciais do efluente bruto, do efluente bruto centrifugado e da água deionizada foram medidos conforme parâmetros da Tabela 3. Os parâmetros estabelecidos foram usados para verificação das amostras. Para comparação dos resultados obtidos das análises, foi realizado em triplicata experimentos com carvão ativado comercial.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Caracterização do material adsorvente

#### *Teor de umidade e Teor de cinzas*

A combustão de uma biomassa é influenciada diretamente pela quantidade de umidade e pelo teor de cinzas presentes na mesma. Os resultados obtidos de Teor de umidade e de Teor de cinzas para a casca de arroz são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Teor de umidade e cinzas para as cascas de arroz.

Sólidos	% Umidade	% Cinzas
Casca moída	4,53	14,02
Casca <i>in natura</i>	6,50	14,47

É possível observar que a casca de arroz apresenta baixo teor de umidade, tornando-a uma biomassa apta para combustão. Através dos valores baixos para o teor de cinzas, comprova-se a grande quantidade de matéria orgânica presente na casca.

#### *MEV/EDS*

A utilização da técnica de microscopia eletrônica de varredura permitiu a visualização das estruturas das amostras CM, CA, CAA e CCA em ampliações de 50, 800 e 1600 vezes. As Figuras 3 e 4 ilustram as micrografias geradas para ampliações de 800 vezes.

Figura 3 - MEV das cascas CCA e CM para ampliação de 800 vezes.

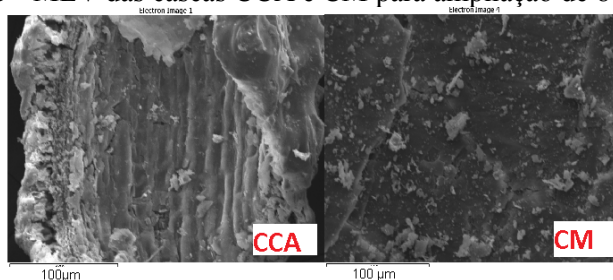
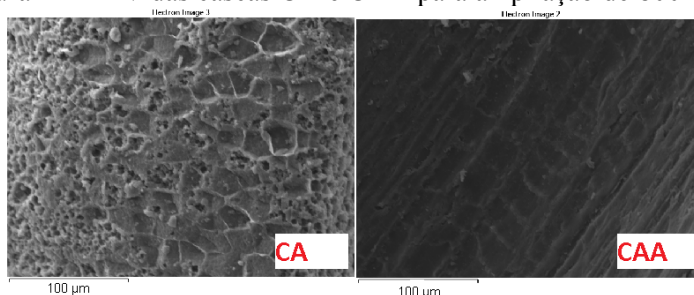
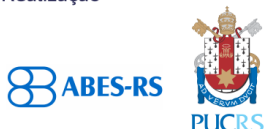


Figura 4 - MEV das cascas CA e CAA para ampliação de 800 vezes.



Analisando as micrografias das amostras é possível observar que a formação de poros apenas deve ter ocorrido nas cascas que sofreram ativação por 24 horas e carbonização, ambas com Ácido Clorídrico. Comparando as duas imagens evidencia-se uma maior quantidade de poros formados em CA do que em CCA.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

A amostra CCA teve formação de poros irregulares, estruturas com ranhuras e rugosidades, formadas na camada mais superficial. Porém ambas as estruturas (CA e CCA) parecem ter formados poros rasos com diâmetros pequenos.

A Tabela 5 é referente as EDS realizadas nas mesmas amostras para ampliação de 1600 vezes.

Tabela 5 - Elementos presentes nas cascas.

Elementos	CM (%)	CA (%)	CAA (%)	CCA (%)
C	43.69	40.96	54.39	11.28
O	45.92	43.09	38.01	68.47
Si	10.12	15.95	7.19	19.75
K	0.19	-	-	0.27
Ca	0.09	-	-	0.06
Cu	-	-	0.42	-
Cl	-	-	-	0.17
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

- não consta

Em relação à técnica de Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS), nota-se uma composição elementar semelhante nas amostras. Todas apresentam Carbono (C), Oxigênio (O) e Silício (Si), com valores mais elevados para Carbono e Oxigênio. As variações nas amostras ocorrem em relação à presença e quantidade de Potássio (K), Cálcio (Ca), Cloro (Cl) e Cobre (Cu). Os elementos Potássio e Cálcio são encontrados comumente em cascas de arroz, porém Cloro e Cobre não, podendo ser resquício do processo de ativação, ou do acondicionamento das cascas na empresa (FERNANDES, et al, 2015). Os maiores percentuais de Silício estão nas amostras CA e CCA, porém são as duas amostras com menor percentual de Carbono.

#### 4.2. Teste cinético

Através dos resultados demonstrados na Tabela 6, é possível observar uma tendência da casca de arroz em depositar material com características básicas na solução, visto que os resultados das análises foram de valores para turbidez e pH maiores do que os apresentados para o efluente bruto centrifugado. O que pode ser corroborado com os testes realizados para casca In natura em água deionizada, onde nota-se um aumento significativo do padrão de turbidez, de pH, de condutividade e de cor. A amostra CM foi a que obteve maior aumento nos resultados da turbidez.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Tabela 6 – Resultados dos parâmetros turbidez, pH, condutividade, cor e cloretos.

Amostras	Tempo (hora)	Turbidez (NTU)	pH	Condutividade (mS/cm)	Cor (mg/L)	Cloretos (mg/L)
Efluente + CM	0	36,8	6,6	2,4	500	617,5
	1	44,5	7,74	2,4	-	-
	2	45	7,93	2,36	-	-
	3	48,4	7,98	2,41	-	-
	4	59,9	7,99	2,43	700	287,5
Efluente + CA	0	36,8	6,6	2,4	500	617,5
	1	41,4	7,76	2,44	-	-
	2	41,4	7,84	2,26	-	-
	3	43,4	7,88	2,27	-	-
	4	52,3	7,94	2,4	700	375
Efluente + CCA	0	36,8	6,6	2,4	500	617,5
	1	42,2	7,25	2,5	-	-
	2	42,9	7,32	2,52	-	-
	3	43,5	7,33	2,37	-	-
	4	55,4	7,45	2,36	400	335
Efluente + CAA	0	36,8	6,6	2,4	500	617,5
	1	41,9	7,66	2,41	-	-
	2	43,7	7,71	2,32	-	-
	3	43,9	7,76	2,32	-	-
	4	50,1	7,82	2,32	700	290
In natura + H <sub>2</sub> O	0	0,39	6,46	0,003	0	ND
	1	10,12	6,54	0,078	-	-
	2	13,29	6,73	0,087	-	-
	3	14,97	6,89	0,088	-	-
	4	15,36	6,97	0,089	40	ND

Legenda: - não realizado; ND não detectado

Os testes de Cloretos demonstram que a casca de arroz conseguiu atuar para este parâmetro medido, servindo até para limpeza da água deionizada utilizada. Porém para o teste de comparação visual para cores, nota-se um aumento dos valores observados para a maioria das amostras. As amostras avaliadas demonstram valores similares para os parâmetros observados, nos tempos de contato definidos.

### 4.3. Ensaio de adsorção

Após realização do teste cinético, foi decidido testar os parâmetros para tempos de quatro e vinte e quatro horas. Os resultados estão apresentados na Tabela 7, onde é possível observar que com maiores tempos de contato entre o adsorvente e a solução, as características da casca de arroz são transmitidas para a solução.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Tabela 7 – Resultados dos parâmetros turbidez, pH, condutividade, cor e cloretos, avaliados para os ensaios de adsorção.

Amostras	Tempo (hora)	Turbidez (NTU)	pH	Condutividade (mS/cm)	Cor (mg/L)	Cloretos (mg/L)
Efluente + CM	0	40,37	6,83	2,54	566,67	368,33
	4	47,23	7,98	2,54	633,33	340,00
	24	72,53	8,06	2,61	633,33	341,67
Efluente + CA	0	40,37	6,83	2,54	566,67	368,33
	4	43,13	7,97	2,48	500,00	288,33
	24	58,67	7,93	2,50	500,00	340,00
Efluente + CCA	0	40,37	6,83	2,54	566,67	368,33
	4	44,10	7,31	2,52	400,00	321,67
	24	55,63	7,04	2,57	366,67	341,67
Efluente + CAA	0	40,37	6,83	2,54	566,67	368,33
	4	40,90	7,87	2,47	533,33	305,00
	24	53,17	7,84	2,51	533,33	321,67
Efluente + Carvão comercial	0	40,37	6,83	2,54	566,67	368,33
	4	6,49	8,08	2,56	16,67	408,33
	24	10,00	8,12	2,63	0,00	423,33
In natura + H <sub>2</sub> O	0	0,57	6,56	0,00	0,00	ND
	4	8,85	6,65	0,17	66,67	ND
	24	13,69	6,67	0,10	66,67	ND

Legenda: ND não detectado

Os valores para turbidez e pH crescem a medida que o tempo aumenta, demonstrando um possível caráter básico da casca. Os tempos de 0 a 4 horas possuem variações menos significativas quando comparados com o tempo de 24 horas para a turbidez. A condutividade não foi considerada um bom parâmetro de análise, pois os resultados oscilam com os tempos, demonstrando instabilidade para comparações. Os testes de comparação visual obtidos apresentam pequenas reduções quando comparados ao efluente bruto centrifugado, porém a amostra CM apresenta valores mais altos.

O teste de cloretos traz a possibilidade de utilização da casca de arroz para redução deste parâmetro, visto valores menores que no tempo zero. Porém conforme aumenta o tempo de contato, aumentam também os valores do parâmetro avaliado, o que pode ser resultado da não formação de poros das amostras, gerando maior liberação de materiais presentes na casca com maior tempo de contato com o efluente. De 0 a 4 horas há a maior redução dos valores medidos para Cloretos. Em 24 horas apesar do valor se manter menor do que o avaliado no efluente bruto, há um aumento quando comparado com as 4 horas de contato.

O Carvão ativado comercial foi utilizado para comparação com a casca de arroz, a fim de avaliar a eficácia da casca e do ácido utilizado na ativação, para utilização no efluente de celulose, visando os parâmetros decididos para análises. O carvão se mostrou mais eficaz que a casca quando os parâmetros comparados foram turbidez e cor. A condutividade e o pH resultaram em valores mais altos para vinte e quatro horas de contato. Porém o carvão demonstrou seletividade no teste dos cloretos, visto aumento dos valores, após sua utilização.

Os testes realizados para casca in natura em água deionizada evidenciam os aumentos observados ao efluente em todas as amostras avaliadas. Em vinte e quatro horas de contato, as variações entre os valores dos parâmetros das cascas de arroz obtiveram amplitudes maiores do que dos valores para quatro horas de contato. A amostra CM manteve suas ampliações dos valores mais proeminentes quando comparados aos valores das ativações. Os resultados podem ser analisados conforme gráficos das Figuras 5 a 9

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Figura 5 – Valores medidos para turbidez das amostras.

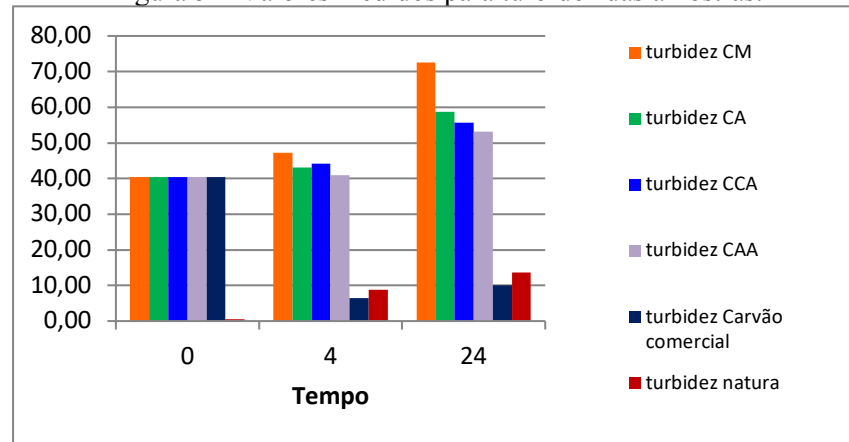


Figura 6 – Valores medidos para pH das amostras.

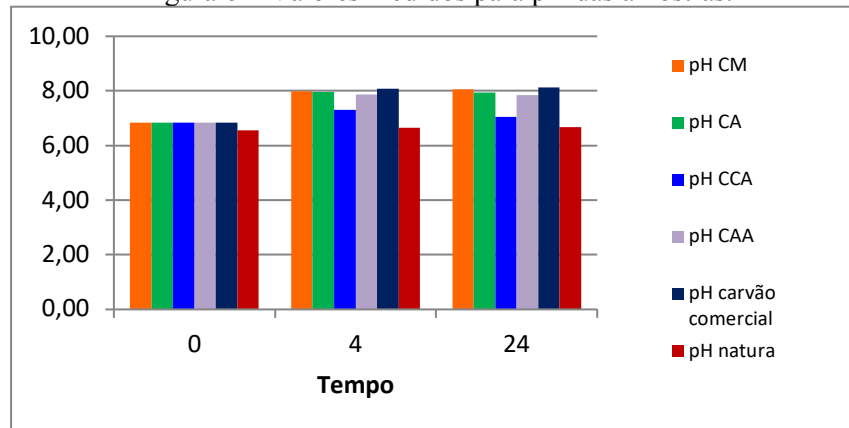


Figura 7 – Valores medidos para condutividade das amostras.

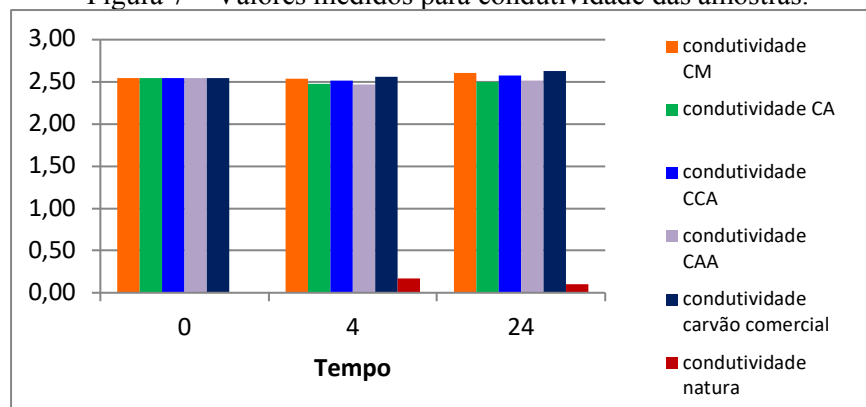




Figura 8 – Valores medidos para cor das amostras.

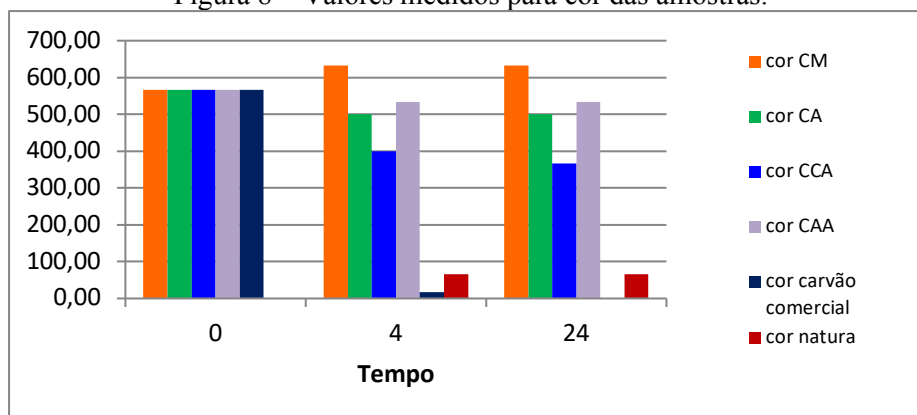
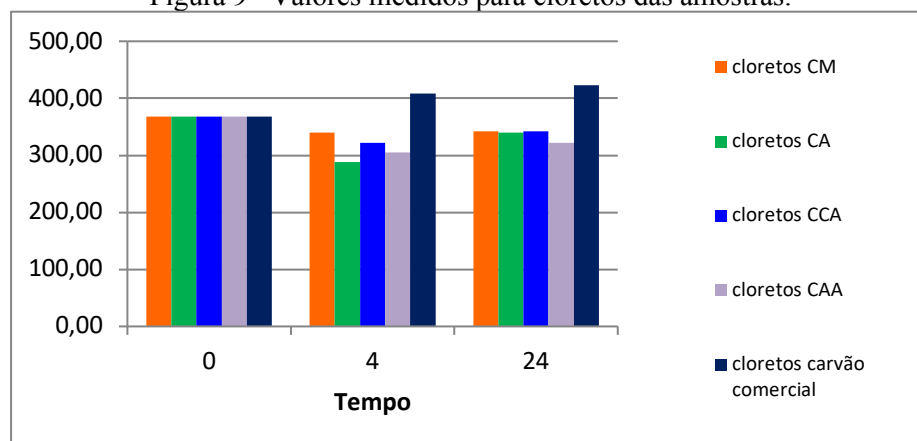


Figura 9– Valores medidos para cloretos das amostras.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi possível avaliar que para o ácido utilizado (HCl), com base nos artigos pesquisados, a casca de arroz não foi ativada adequadamente. A formação de poros, necessárias a um bom adsorvente aconteceu apenas nas amostras CA e CCA. Porém com os ensaios de adsorção realizados, observou-se que estes poros formados não conseguiram atuar no efluente estudado, visto que os parâmetros escolhidos para análise de dados ao invés de diminuir, aumentaram os resultados finais. O que pode ser decorrente do maior teor de silício presente nas amostras após ativação, como constatado através da EDS.

A casca de arroz não foi eficiente para redução dos parâmetros de turbidez, pH, condutividade e cor. Porém houve redução do parâmetro de cloretos, sendo a mesma mais eficiente que o carvão ativado comercial, que foi usado como base para os valores obtidos.

Para um melhor entendimento do comportamento da casca de arroz como adsorvente, é necessário um estudo mais detalhado quanto à utilização dela para tratamentos em efluentes de celulose e a interação que os elementos presentes na composição da casca podem ocasionar. É recomendado testar um maior tempo de centrifugação depois da retirada das amostras, e avaliar a influência que a mesma pode ocasionar aos resultados. Sugere-se como alternativa ao uso da casca de arroz, testar o efluente de celulose para a cinza da casca como material adsorvente, devido ao baixo teor de matéria orgânica presente.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

### **Agradecimentos**

Agradecimentos à professora Leticia Azambuja dos Santos Licks pela orientação e dedicação, à técnica Fernanda Abreu dos Santos e aos demais funcionários do LAPA, às colegas do curso de engenharia química, à empresa Bons Ventos, ao Laboratório Central de Microscopia e Microanálise (LabCEMM) e aos engenheiros Clovis Zimmer e José Antônio Nogueira pela disponibilidade e apoio.

### **REFERÊNCIAS**

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Panorama mundial**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xezy8czjj.html#>>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5759: Determinação de cloretos em água (Método titulométrico)**. Rio de Janeiro. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9251: Água – Determinação do pH – Método eletrométrico**. Rio de Janeiro. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10223: Águas minerais e de mesa – Determinação da condutividade – Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664: Águas – Determinação de resíduos (sólidos) – Método gravimétrico**. Rio de Janeiro. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11265: Águas minerais e de mesa – Determinação de turbidez**. Rio de Janeiro. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13798: Água – Determinação de cor – Método da comparação visual**. Rio de Janeiro. 1997.

BERWANGER, J.A.F. (2014). **Utilização de cinza de casca de arroz para remoção de hidrocarbonetos aromáticos em efluente petroquímico, através de um sistema de filtração com pressão positiva**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia, UNISINOS, São Leopoldo.

BORGES, Fabio. M., SILVA, Francier. P., CARVALHO, Maria Carolina, FILHO, Antonio. G. **Desenvolvimento e criação de uma unidade produtiva de carvão ativado** In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto.

BRAZILIAN RICE. **Perfil da produção**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<http://brazilianrice.com.br/br/sobre-o-brasil/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2017.

CLAUDINO, Andréia. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **INDICADORES DA AGROPECUÁRIA**. Brasília, Observatório Agrícola, 1992-. Mensal. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 25 de agosto

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

de 2017.

DELLA, Viviana Possamai et al. **Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz.** Quím. Nova, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1175-1179, Dec. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422006000600005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000600005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

DI BERNARDO, Luiz. DANTAS, Ângela Di B. **Métodos e técnicas de tratamento de águas.** 2.ed. São Carlos: RiMa, 2005. 792 p.

FERNANDES, A. A. **Síntese de zeólitas e wollastonita à partir da cinza da casca de arroz.** Banco de Dados Bibliográficos da USP. 2006. Disponível em: <<http://dedalus.usp.br/F>>. Acesso em: 02 set. 2017.

FERNANDES, Iara J et al. **Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa.** In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 6. 2015, São José dos Campos. Anais eletrônicos. São José dos Campos: Instituto Venturi, 2015. Disponível em: <<http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/view/616/476>>. Acesso em: 6 de setembro de 2017.

FERNANDES, Kendra D'Abreu Neto. **Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água.** Revista da Graduação, Rio Grande do Sul, v. 3, n. 2, p. 1-17, 2010. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/7906/5591>>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

FLORES, Francine. Q, DIEHL, Renata. O, CANTELLI, Marlize, SOUZA, Fernanda, PAULA, Edeimar de. **Adequação e uso de cascas de resíduos agroindustriais e florestais para tratamento de efluentes industriais** In: 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2012, Bento Gonçalves.

FOLETTTO, Edson Luiz. et al. **Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz.** Quím. Nova, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1055-1060, dic. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000600021>>. Acesso em: 6 de setembro de 17.

FOUST, Alan.S., **Princípios das Operações Unitárias.** 2. edição, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982. 670 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **INDICADORES IBGE: estatística da produção agrícola.** Disponível em:< [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 25 de agosto de 2017.

LILLO-RÓDENAS, M. A., CAZORLA-AMORÓS, D., LINARESSOLANO, A. **Understanding chemical reactions between carbon sand NaOH and KOH.** An insight into the chemical activation mechanism. Carbon, v. 41, p. 267-275, 2003.

MOLETTA, Nathalia Rodrigues. **Caracterização e aplicação de carvão ativado produzido a partir de biomassa amilácea.** 2011. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/252>>. Acesso em: 26 de agosto de 2017.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira et al. **ADSORÇÃO: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p

REIS, Amanda da Silva; SILVA, Niléia Cristina; NEVES, Ulbado Martins. **Produção de carvão ativado a partir de casca de arroz**. DESAFIOS, [S. l.], v. 2, p. 89-103, dez. 2015. ISSN 2359-3652. Disponível em: <<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/1551>>. Acesso em: 02 set. 2017.

ROYER, Betina. **Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de Araucária angustifólia como biossorvente**. 2008. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

SANTOS, Fernanda Abreu dos. **Desempenho e conformidade de biossorventes produzidos a partir de resíduos florestais e sua aplicação no tratamento de cromo de efluente industrial de galvanoplastia**. 2013. Tese. Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

SANTOS, Fernanda Abreu dos. **Uso das escamas da pinha Araucária angustifólia para biossorção de metais pesados de efluente industrial de galvanoplastia**. 2007. Tese. Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

SANTOS, Heloa. JUNGER, Danielle L. SOARES, Ana B. **Cascas de Arroz: Uma Alternativa Promissora**. ORBITAL: The Electronic Journal of Chemistry. Mato Grosso do Sul, 30 dez. 2014. Vol 6, No. 4. Disponível em: <<http://www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/view/612>>. Acesso em: 20 de agosto. 2017.

TOMASELLA, Richard Clayton et al. **Evaluation of the potential of natural compounds (clay, peat and activated carbon) for the removal of lead and toxicity of an industrial effluent**. Eng. Sanit. Ambient. Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 251-258, June 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522015000200251&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000200251&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

VAGHETTI, J. C.P. **Utilização de biossorventes para remediação de efluentes aquosos contaminados com íons metálicos**. Porto Alegre. 2009. Tese. Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375