

# PRODUÇÃO DE BIOCARVÃO DE BAGAÇO DE LARANJA PARA UTILIZAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA

Roseanne Santos de Carvalho

Romulo Alves de Oliveira

Gregorio Guirado Faccioli

Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho

Alanna Vieira Silva

Erik Santos Passos

Beatriz Feitosa Sandes dos Santos

**Resumo:** A crise hídrica é um problema real que atinge milhões de seres humanos e que tem posicionado a água como centro de discussões e conflitos em todo o planeta. Diante do contexto, a reutilização de águas residuárias torna-se um componente necessário para a gestão dos recursos hídricos, por dar suporte ao abastecimento de água bem como responsável por proporcionar uma destinação apropriada aos efluentes. O resíduo da laranja pode causar muitos problemas econômicos e ambientais devido principalmente à sua elevada fermentação. O carvão ativado é um dos materiais adsorventes mais referidos em trabalhos relacionados à adsorção, devido a seu custo relativamente baixo, sendo uma alternativa na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos da água. A matéria prima utilizada para carbonização via mufla foi o bagaço da laranja, proveniente das lanchonetes do próprio Campus. Para otimização da etapa de carbonização em mufla foram realizados quatro ensaios com o bagaço de laranja moído a diferentes temperaturas. Os pré-testes para a produção do biocarvão, o critério de seleção da temperatura do biocarvão foi baseado no acompanhamento das variáveis condutividade elétrica e pH em conjunto com a análise da coloração. O biocarvão a 550°C foi o que melhor atendeu aos critérios. Os resultados obtidos ao longo do presente trabalho permitiram concluir a possibilidade de conversão de um resíduo da agroindústria de baixo valor e sem destinação apropriada pelas indústrias de suco, convertendo em um produto de valor agregado, portador de um potencial de ser utilizado como tratamento terciário para o reuso de água.

**Palavras Chave:** Sustentabilidade. Reuso de água. Biochar.

**Abstract:** The water crisis is a real problem that affects millions of human beings and that has positioned water as the center of discussions and conflicts across

the planet. Given the context, the reuse of wastewater becomes a necessary component for the management of water resources, as it supports the water supply as well as being responsible for providing an appropriate destination for the effluents. The orange residue can cause many economic and environmental problems mainly due to its high fermentation. Activated carbon is one of the most commonly referred to adsorbent materials in works related to adsorption, due to its relatively low cost, being an alternative in the removal of organic and inorganic contaminants from water. The raw material used for carbonization via the muffle was the orange bagasse that came from the snack bars on the Campus itself. To optimize the muffle carbonization step, four tests were carried out with the orange pomace ground at different temperatures. The pre-tests for the production of the biochar, the criterion for the selection of the biochar temperature was based on the monitoring of the electrical conductivity and pH variables together with the color analysis. The biochar at 550°C was the one that best met the criteria. The results obtained during the present work allowed to conclude the possibility of converting a low-value agroindustrial residue and without proper destination by the juice industries, converting it into a value-added product, with the potential to be used as a tertiary treatment for water reuse.

**Keywords:** Sustainability. Water reuse. Biochar.

## INTRODUÇÃO

A crise hídrica é um problema real que atinge milhões de seres humanos e que tem posicionado a água como centro de discussões e conflitos em todo o planeta. A água tornou-se um recurso cada vez mais escasso, seja pelos processos de desenvolvimento desenfreado da urbanização, com aumento da demanda, seja pela redução da oferta de água de boa qualidade, condicionada pela poluição dos mananciais

e decorrente do aumento de produção de resíduos domésticos e industriais. Hespanhol (2015) salienta que uma primeira solução para a problemática da escassez de água é a quebra do paradigma que se estabeleceu no Brasil de abundância desse bem natural. Faz-se necessário que o ser humano compreenda que a água é um recurso limitado, que depende de processos naturais para sua autodepuração, no qual a velocidade dos seres humanos de gerar poluição é superior quando comparados aos processos.

Na assembléia geral da ONU (2015) foram deliberados os planos da agenda para 2030, na qual fazem parte 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e 169 metas a atingir nos próximos 15 anos. Dos 17 objetivos principais, o sexto lugar consiste no objetivo de assegurar acesso e uma gestão sustentável da água e saneamento para toda a população do planeta, o que demonstra a grande importância e preocupação dada à preservação e ao uso sustentável deste recurso precioso para a vida no planeta, para o bem-estar e desenvolvimento social e econômico. Inclusive porque os objetivos anteriores (cinco) estão relacionados na totalidade, direta ou indiretamente, com o acesso a água segura e ao saneamento (ONU, 2015).

Diante do contexto, a reutilização de águas residuárias torna-se um componente necessário para a gestão dos recursos hídricos, por dar suporte ao abastecimento de água bem como responsável por proporcionar uma destinação apropriada aos efluentes, no qual pode ser destacado o reuso na agricultura. Diversos países já adotam a prática da tecnologia do reuso e possuem regulamentações específicas na temática, fundamentadas em riscos potenciais devido à presença de microrganismos patogênicos nas águas residuárias, no solo ou até nas culturas irrigadas.

O processo físico-químico da adsorção pode ser empregado na remoção de poluentes com grande eficácia, a exemplo do uso de carvão ativado no tratamento de águas residuais, sendo muitas vezes considerado superior às demais técnicas, inclusive por poder operar com baixo custo e poder ser integrado com outros sistemas (LIMA *et al.*, 2018). Os processos adsorptivos proporcionam uma proposta promissora, eficiente, economicamente viável, ecologicamente sustentável, e vêm despertando grandes interesses em relação à pesquisa de novos materiais que possam ser utilizados como adsorventes, principalmente em relação à bioadsorção. Dentre os bioadsorventes mais estudados e utilizados destacam-se: mesocarpo do coco verde, bagaço de cana-de-açúcar, palha/casca de café e casca de banana.

Dados atuais do Ministério da Agricultura indicam que anualmente o Brasil é o responsável por 18 milhões de toneladas ou cerca de 30% da safra mundial da laranja (BRASIL, 2020). Conforme Fiorentin *et al.* (2010), o resíduo da laranja pode causar muitos problemas econômicos e ambientais devido principalmente à sua elevada fermentação. Usualmente, parte do bagaço tem sido empregado como aditivo na alimentação de ruminantes na forma de ensilagem. Contudo, a indústria tem grande interesse em desenvolver novas aplicações para o bagaço da laranja, destacando-se a utilização deste material como adsorvente no tratamento de efluentes.

Os materiais carbonosos ativados são utilizados em grande escala desde a Primeira Guerra Mundial, e desde então é empregado em taxas cada vez maiores devido às suas características às quais são responsáveis pela adsorção de micro e macromoléculas, os carvões ativados possuem uma estrutura microcristalina, com alto teor de poros e não grafitica (SCHULTZ, 2012).

Ferreira (2011) define que o carvão ativado, portador de uma elevada área superficial e estrutura altamente porosa, é um dos melhores adsorventes para a remoção de vários contaminantes e pode ser empregado para a purificação de efluentes em qualquer parte do tratamento. O carvão ativado é um dos materiais adsorventes mais referidos em trabalhos relacionados à adsorção, devido a seu custo relativamente baixo, sendo uma alternativa na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos da água, é um material quimicamente inerte, e suas propriedades dependem da origem e tipo da matéria-prima, do processo e do tempo de ativação utilizados, além da apresentação final do carvão, cujas formas principais são a pulverizada (CAP) e a granulada (CAG), com as suas distintas aplicações (CALGON, 2011).

Claudino (2003) apresenta que o carvão ativado em pó é empregado com as mesmas finalidades que o carvão ativado granular, a diferença está no tamanho, aproximadamente 44  $\mu\text{m}$  do pó e 0,6-4 mm do granular, no qual proporciona velocidades de adsorção mais aceleradas. Segundo Tambosi *et al.* (2010), o CAG é considerado como o melhor adsorvente para a eliminação de compostos, tais como: os subprodutos derivados da desinfecção, que incluem os trihalometanos e outros compostos clorados, compostos aromáticos e poliaromáticos, pesticidas, herbicidas, detergentes e matéria orgânica. Conforme Ferreira (2011), existem diversos estudos na literatura a respeito da remoção de

micropoluentes emergentes pela técnica de carvão ativado, seja através do uso CAP ou do CAG, porém, estes estudos são muito escassos quando se trata da utilização como matriz os efluentes de ETE's. De acordo com Veras (2006), as principais vantagens do CAP são a flexibilidade no processo de dosagem e o menor custo de investimento, contudo tem como desvantagens o grande custo operacional, a impossibilidade de regeneração do produto e a dificuldade de remoção completa das partículas da água devido ao tamanho das partículas de CAP, que é um fator fundamental para a capacidade de adsorção de compostos orgânicos. No entanto, deve-se atentar ao carreamento das partículas nas águas residuárias.

Conforme Calgon (2011), o carvão ativado pode ser produzido a partir de uma extensa variedade de materiais, sendo indispensável somente que a matéria-prima contenha alto teor de carbono. Os precursores utilizados na fabricação do carvão podem ser de origem vegetal (como madeira, cascas de coco e banana, bagaço da laranja), animal (como os ossos) ou mineral (como petróleo, carvões minerais, plástico e material betuminoso). Já Vieira *et al.* (2013) citam que dos fatores de maior influência nas propriedades dos biocarvões além das características do material precursor, também pode-se destacar a taxa de aquecimento, tempo de reação e a temperatura no qual ocorre a pirólise. Portanto, o tipo de matéria-prima e o método de ativação são fatores de ampla importância na preparação do carvão ativado com relação à formação da estrutura porosa do mesmo e à sua capacidade de adsorção. Todos os carvões ativados contêm micro, meso e macroporos em sua estrutura, mas a proporção relativa altera consideravelmente conforme o precursor e o processo de fabricação empregado (CLAUDINO, 2003).

Gonçalves (2016) define biomassa como toda matéria orgânica, de origem animal vegetal ou de microrganismos, apta a ser transformada em energia, no qual é o único recurso orgânico renovável com grande disponibilidade no meio ambiente e que pode ser produzido de forma sustentável, além de possuir grande potencial econômico bem como elevada diversidade e quantidade de matérias primas. Jesus (2016) acrescenta que além da adsorção ser uma técnica amplamente voltada à aplicação da remoção de poluentes em meios contaminados, ressalta a importância do desenvolvimento de novos adsorventes que utilizem resíduos como matéria-prima para o tratamento de efluentes no qual inclusive são considerados como uma solução de baixo custo.

Macedo (2012) cita que o desenvolvimento tecnológico da produção de carvão ativado, no qual segue padrões econômicos adotados pelo mundo moderno, busca otimizar a relação custo/benefício dos materiais, de forma que se obtenha adsorventes a partir de matérias-primas de baixo custo, oriundas principalmente de resíduos urbanos e/ou industriais, ou seja, materiais que inclusive não possuem um descarte apropriado. Neste contexto, com a utilização da pirólise para o reaproveitamento da biomassa e de outros resíduos orgânicos, pode-se citar benefícios como a produção de energia, o manejo de resíduos e a diminuição da poluição do meio ambiente (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

Desta maneira, o objetivo deste artigo consiste em produzir um biocarvão para utilização como sistema terciário de tratamento de água residuária sob forma de um sistema filtrante em escala de bancada, combinado a um sistema de baixo custo de lagoas de estabilização. Cabe ressaltar a importância da educação ambiental para todo o processo, pois a tecnologia só obterá êxito se todos os envolvidos estejam devidamente conscientizados. A escolha desta pesquisa deve-se aos resultados promissores obtidos em estudos de Mendonça *et al.* (2005), Carvalho *et al.* (2013) e Faccioli *et al.* (2017), relativos ao sistema de tratamento e aplicação para o reuso agrícola.

## METODOLOGIA

### Produção do bioadsorvente

O Brasil é o país com maior área produtiva de laranja no mundo, no qual o Nordeste é responsável por cerca de 10% da produção nacional e aproximadamente 90% do percentual localiza-se nos Tabuleiros Costeiros da Bahia e de Sergipe, produtores de laranja variedade Pêra - *Citrus sinensis* (CARVALHO *et al.*, 2016).

A primeira proposta do presente artigo para a produção do biocarvão visava a utilização de um reator artesanal adaptado do tipo TLUD (*Top-Lid Updraft Gasifier*) desenvolvido pela *International Biochar Initiative*. A matéria prima utilizada foi o bagaço da laranja, variedade Pêra, proveniente das lanchonetes do próprio Campus, no qual a destinação diária dos resíduos é realizada em recipientes comuns. Cabe ressaltar que esse tipo de resíduo possui um elevado potencial de fermentação e desde que não destinado adequadamente, gera risco de contaminação ao meio ambiente.

Na produção do bagaço, o material coletado foi

devidamente espremido, lavado e acondicionado em estufa até apresentar-se totalmente seco, por cerca de 72 horas. Antes do processo de produção do carvão, o bagaço da laranja seco foi pesado antes e após a carbonização para que pudesse obter o rendimento do processo.

O bagaço da laranja seco (Figura 01) foi previamente acondicionado no reator artesanal (Figura 02) localizado no Campus Rural, propriedade da Universidade Federal de Sergipe/UFS. O tambor externo tem a capacidade de 200 litros, com dimensões de 0,85 m de altura e 0,60 m de diâmetro e o tambor interno, no qual a matéria-prima foi depositada, tem capacidade de 100 litros, o espaço compreendido entre os tambores foi preenchido com restos de madeira da construção civil e/ou galhos secos de poda das árvores do próprio local (Figura 03).

**Figura 01** - Bagaço da laranja *in natura* e após estufa



Fonte: Autores, 2016.

**Figura 02** - Reator artesanal TLUD (*Top-Lid Updraft Gasifier*)



Fonte: Autores, 2016.

**Figura 03** - Material para carbonização no interior do tambor menor



Fonte: Autores, 2016.

O tempo de carbonização da laranja foi de 55 minutos a uma temperatura média de 550°C, observado a partir de pré-testes realizados para a obtenção do bioadsorvente. Ao término do tempo foi retirado o tambor interno, sendo resfriado totalmente com adição de água no seu interior, obtendo-se o carvão do bagaço da laranja (Figura 04). O mesmo foi devidamente peneirado em malha de 2 milímetros para obtenção do CAG.

**Figura 04** - Carvão do bagaço da laranja



Fonte: Autores, 2016.

Contudo foi observado que, após a produção em pré-teste, o sistema não teve a capacidade energética suficiente para carbonizar toda a matéria orgânica presente no bagaço da laranja, conseqüentemente foi necessária a produção do material em condições controladas em forno tipo mufla para obtenção de um produto mais uniforme em suas características físicas.

A matéria prima utilizada para carbonização via mufla foi obtida de forma similar ao citado anteriormente, o bagaço da laranja (Figura 05) foi proveniente das lanchonetes e restaurantes do próprio Campus. O bagaço coletado foi devidamente lavado em água corrente, espremido, cortado em pedaços de 1x1 cm e acondicionado em bandejas na estufa por 48 horas à temperatura de 105°C. Após o processo de secagem, o bagaço da laranja seco foi moído em um macro moinho de facas, tipo Willey – MA340, modelo Marconi com peneira de 20 mesh e acondicionado em sacos plásticos, posteriormente todo o material produzido foi devidamente homogeneizado.

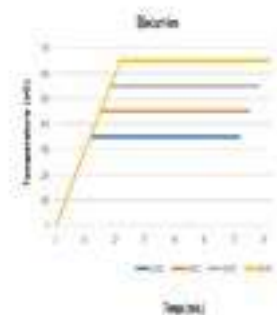
**Figura 05** – Bagaço cortado *in natura* e bagaço após estufa



Fonte: Autores, 2017.

Para otimização da etapa de carbonização em mufla foram realizados quatro ensaios com o bagaço de laranja moído a diferentes temperaturas. Cada amostra foi aquecida em temperaturas de 350°C, 450°C, 550°C e 650°C (Figura 06), com taxa de aquecimento de 25°C.min<sup>-1</sup>. Após atingir a temperatura determinada, permaneceram por 60 minutos em forno tipo mufla Jung (Figura 07). Foram utilizados para cada temperatura do carvão 100 gramas de bagaço moído acondicionado em quatro cadinhos (25 gramas cada) e foram anotadas suas respectivas massas e calculados os rendimentos (Figura 08).

**Figura 06** – Biocarvões com taxa de aquecimento de 25°C.min<sup>-1</sup>



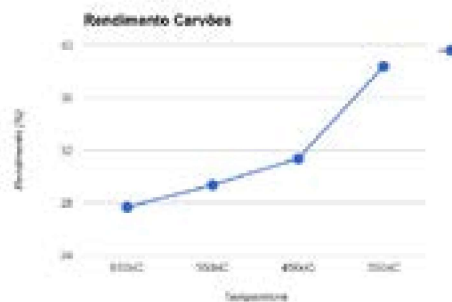
Fonte: Autores, 2017.

**Figura 07** – Mufla Jung



Fonte: Autores, 2017.

**Figura 08** – Rendimento dos biocarvões em cada temperatura



Fonte: Autores, 2017.

Cada carvão com sua respectiva temperatura de produção e o bagaço da laranja moído *in natura* foram homogeneizados e pesados 3 gramas de cada em *beckers* no qual foi adicionado 25 mL de água destilada, agitado e filtrado com papel filtro. Após o procedimento foi adicionado 5 mL de água para medição da condutividade elétrica e posterior determinação do pH da solução. De acordo com a coloração, condutividade elétrica e pH foi selecionado o carvão produzido a 550°C.

No processo para a produção do carvão a 550°C, o bagaço da laranja seco foi pesado em balança de

precisão (Figura 09) antes e após a carbonização para a obtenção do rendimento do processo. Foram utilizados 18 cadinhos de porcelana com 25 gramas cada um (Figura 10), com taxa de aquecimento de  $25^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ , atingindo a temperatura de  $550^{\circ}\text{C}$  foi mantido em mufla por 60 minutos. Após o resfriamento da mufla, o material foi colocado em dessecador para que fosse isento de umidade para após ser pesado em balança precisão. O processo foi conduzido em atmosfera isenta de oxigênio em mufla do tipo normal.

Figura 09 – Balança de precisão



Fonte: Autores, 2017.

Figura 10 – Cadinhos de porcelana com material moído



Fonte: Autores, 2017.

O procedimento foi repetido até a obtenção de um quilo de carvão, no qual todo o material foi homogeneizado para utilização nas análises de caracterização do biocarvão e na composição de filtros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos pré-testes para a produção do biocarvão, o critério de seleção da temperatura do biocarvão foi baseado no acompanhamento das variáveis condutividade elétrica e pH (Tabela 1) em conjunto com a análise da coloração (Figura 11), no qual

permitiu identificar de maneira primária que a partir da temperatura de  $550^{\circ}\text{C}$  o biocarvão deixou de transferir para a água filtrada os subprodutos da queima do carvão, ou seja, não apresentando indícios visuais dessa transferência citada. Cabe ressaltar que a condutividade elétrica está relacionada ao potencial osmótico do solo que, para que não haja modificação, utiliza-se o menor valor e quanto ao pH, é necessário o valor estar mais próximo da zona de neutralidade, portanto, entre o biocarvão produzido a  $550^{\circ}\text{C}$  e a  $650^{\circ}\text{C}$ , o biocarvão a  $550^{\circ}\text{C}$  foi o que melhor atendeu aos critérios citados.

Tabela 1. Condutividade elétrica e pH após filtragem dos biocarvões

Material	Carvão 650°C	Carvão 550°C	Carvão 450°C	Carvão 350°C	Bagaço laranja moído	Água deionizada
Condutividade (mS)	0,660	0,606	0,741	0,268	0,359	0,397
pH	7,80	7,79	7,91	7,97	6,76	6,71

Fonte: Autores, 2017.

Figura 11 – Análise de coloração dos materiais



Fonte: Autores, 2017.

## CONCLUSÃO

Diante do exposto, os resultados obtidos ao longo do presente trabalho permitiram concluir a possibilidade de conversão de um resíduo da agroindústria de baixo valor e sem destinação apropriada pelas indústrias de suco, convertendo em um produto de valor agregado, um biocarvão, portador de um potencial de ser utilizado como tratamento terciário para o reuso de água. Portanto, o biocarvão pode representar uma alternativa aos carvões comerciais, portadores de um elevado custo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2019/20 a 2029/30 – Projeto de longo prazo.**

Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019\\_20202029\\_2030.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019_20202029_2030.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2020.

CALGON. **Activated Carbons Principles; Activated Carbon What it is, How it Works, 2011.** Disponível em: <<http://www.calgoncarbon.com>>. Acesso em: 17 dez. 2011.

CARVALHO, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; SOARES FILHO, W. D. S.; MARTINS, C. R.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro ‘Cravo’, nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pes. Agropec. Bras.** Brasília. V. 51, p. 132-141, fev. 2016.

CARVALHO, R. S.; SANTOS FILHO, J. S. D.; SANTANA, L. O. G. D.; GOMES, D. A.; MENDONÇA, L. C.; FACCIOLI, G. G. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 157-167, 2013.

CLAUDINO A. **Preparação de Carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes.** 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: UFSC, 2003.

FACCIOLI, G. G.; RAMOS, F. S. M., SANTANA, F. S.; DANTAS, C. K. S. Análise das características agronômicas e microbiológicas do feijãoocaupi (*Vigna unguiculada (L.) Walp.*) brs novaera e brs guariba com aplicação de água residuária tratada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 5, 2017.

FERREIRA, J. C. R. **Remoção de micropoluentes emergentes em efluentes sanitários através de carvão ativado.** 2011. 162 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Meio ambiente urbano e industrial) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFP, 2011.

FIORENTIN, L. D.; MENON, B. T.; BARROS, S. T.; PEREIRA, N. C.; LIMA, O. C. D. M.; MODENES,

A. N. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial bagaço da laranja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, V. 14, n. 6, pp. 635-659, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662010000600012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662010000600012&script=sci_arttext)>. Acesso em: 22 jul. 2020.

GONÇALVES, F. M. **Caracterização de biocarvões e suas capacidades de retenção de nutrientes.** 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PUCRJ, 2016.

HESPANHOL, I., Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. **Revista USP.** São Paulo. n. 106. pp. 79-94. julho/agosto/setembro 2015.

JESUS, J. H. F. de. **Uso de biocarvões e suas biomassas precursoras para remediação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em água.** 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão: UFS, 2016.

LEHMANN, J.; STEPHEN, J. *Biochar for environmental management: an introduction.* In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), **Biochar for Environmental Management Science and Technology.** Earthscans, UK, pp. 1–12, 2009.

LIMA, E. C. et al. *Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption.* **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 150, p. 1-17, 2018.

MACEDO, L. M. P. de, **Viabilidade da produção de carvão ativado a partir de resíduos alternativos.** 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento de processos ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife: UCP, 2012.

MENDONÇA, L. C.; PINTO, A. S.; BRANDÃO, L. F. S.; CARDOSO, L. D. R. Caracterização e avaliação da ETE Rosa Elze para reúso do efluente, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9 supl., pp.143145, 2005.

ONU. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.* Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SCHULTZ, J. **Obtenção de carvão ativado a partir de resíduos agroindustriais para adsorção de antibiótico – amoxicilina.** 2012. 50 p. Dissertação

(Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais)  
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa: UEPG: 2012.

TAMBOSI, J. L.; SENA, R. F.; FAVIER, M.; GEBHARDT, W.; JOSÉ, H. J.; SCHRÖDER, H. F.; MOREIRA, R. D. F. P. M. *Removal of pharmaceutical compounds in membrane bioreactors (MBR) applying submerged membranes*. **Desalination**. v. 261, n.1-2, p. 148-156, 2010.

VERAS, D. F. **Remoção dos perturbadores endócrinos 17 $\beta$ -estradiol e p-nonilfenol por diferentes tipos de carvão ativado em pó (CAP) produzidos no Brasil – Avaliação em escala de bancada**. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia civil e ambiental) Universidade de Brasília, Brasília: UNB, 2006.

VIEIRA, R.S.; LIMA, J.T.; MONTEIRO, T.C.; SELVATTI, T.S.; BARAÚNA, E.E.P.; NAPOLI, A. *Influência da temperatura no rendimento dos produtos da carbonização de Eucalyptus microcorys*. **Cerne**, vol.19, p.59-64, 2013.