RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

RELEVÂNCIA DO CARVÃO ATIVO E SUA RECUPERAÇÃO NOS ALAMBIQUES

RELEVANCE OF ACTIVATED CARBON AND ITS RECOVERY IN ALEMBICS

RELEVANCIA DEL CARBÓN ACTIVO Y SU RECUPERACIÓN EN ALAMBIQUES

Amazile Biagioni Maia[1]

e636297
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i3.6297

PUBLICADO: 3/2025

RESUMO
O carvão ativo desempenha um papel importante na indústria de bebidas destiladas, sendo empregado tanto no tratamento da água como na melhoria sensorial das bebidas. A partir de 2022, sua demanda aumentou no âmbito da produção de cachaça de alambique, impulsionada pelo reconhecimento governamental das particularidades dessa bebida, produzida em ambiente rural por milhares de pequenos produtores. Com isso, surgiram novas oportunidades para diferenciar a bebida e expandir seu mercado. Diante do alto custo do carvão ativo, aventou-se a possibilidade de produzi-lo localmente a partir do bagaço da cana gerado na produção da cachaça. Neste artigo, após demonstrar os riscos operacionais e entraves ambientais afetos à produção do carvão ativo, propõe-se a habilitação dos produtores para efetuarem a aferição e recuperação da eficácia do carvão ativo, reduzindo custos e evitando o descarte prematuro desse valioso insumo.

PALAVRAS-CHAVE: Cachaça. Alambique. Carvão ativo

ABSTRACT
Activated carbon plays an important role in the distilled beverage industry, being used both in water treatment and in improving the sensory quality of beverages. As of 2022, demand for activated carbon has increased in the production of still cachaça, driven by government recognition of the particularities of this beverage, produced in rural environments by thousands of small producers. This development has created new opportunities to distinguish the beverage and expand its market. Given the high cost of activated carbon, the possibility of producing it locally from sugarcane bagasse generated in the production of cachaça was considered. In this article, after demonstrating the operational risks and environmental obstacles affecting the production of activated carbon, we propose enabling producers to measure and recover the effectiveness of activated carbon, reducing costs and avoiding the premature disposal of this valuable input.

KEYWORDS*: Cachaça. Alembic. Activated carbon.*

RESUMEN
El carbón activado juega un papel importante en la industria de bebidas destiladas, utilizándose tanto en el tratamiento del agua como en la mejora sensorial de las bebidas. A partir de 2022, la demanda aumentó en la producción de cachaça sin gas, impulsada por el reconocimiento gubernamental de las particularidades de esta bebida, producida en un entorno rural por miles de pequeños productores. Esto creó nuevas oportunidades para diferenciar la bebida y expandir su mercado. Dado el alto costo del carbón activado, se consideró la posibilidad de producirlo localmente a partir del bagazo de caña de azúcar generado en la producción de cachaça. En este artículo, luego de demostrar los riesgos operacionales y los obstáculos ambientales que afectan la producción de carbón activado, se propone que los productores puedan medir y recuperar la efectividad del carbón activado, reduciendo costos y evitando la disposición prematura de este valioso insumo.

PALABRAS CLAVE*: Cachaza. Alambique. Carbón activo.*

[1] LABM Laboratório Amazile Biagioni Maia.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

INTRODUÇÃO

O carvão ativo é um material que tem grande aplicação na indústria de alimentos e bebidas, devido à sua excepcional capacidade de adsorção de compostos polares e apolares. Nos últimos anos, houve um avanço acentuado na dinâmica produtiva dos alambiques, especialmente depois do reconhecimento governamental das peculiaridades da "Cachaça de Alambique" (Mapa, 2022). Há uma busca crescente pelo aprimoramento da produção para enobrecimento sensorial da bebida. Esse movimento ampliou acentuadamente a demanda do carvão ativo que, além do emprego tradicional para fins de decloração da água, pode ser empregado na saída do alambique, nos toneis de armazenamento da cachaça e ainda na etapa final de filtração para polimento da bebida (Maia; Campelo, 2006; Venturini Filho, 2010, 2021; Maia; Marinho, 2022). Para tais fins, no entanto, a demanda de carvão ativo pode representar até 20% do volume de cachaça produzido, com impacto importante nos custos operacionais. Esse contexto alavancou o interesse dos empresários do setor acerca da viabilidade de produzir localmente o carvão ativo a partir do bagaço de cana gerado na produção da bebida (Labm, 2025). O objetivo deste artigo é demonstrar que, para além da viabilidade técnica, existem riscos operacionais e ambientais a serem considerados. Por outro lado, é possível aferir e recuperar a eficácia do carvão ativo, ampliando acentuadamente a sua vida útil e, consequentemente, reduzindo os gastos operacionais.

CARVÃO ATIVO

A base estrutural do carvão ativo advém da parede celular dos vegetais, que se caracteriza pelo enovelamento de três tipos de macromoléculas: a celulose (polímero linear da glicose), a hemicelulose (polissacarídeo heterogêneo e ramificado) e a lignina (macromolécula de unidades fenilpropano). Os pesos moleculares, proporções relativas, graus de organização, compactação e energias de ligação entre esses componentes variam conforme o tipo de vegetal (Taiz *et al.,* 2021), afetando tanto aos ajustes operacionais como as propriedades funcionais e eficácia de cada produto – como porosidade, área superficial e capacidade de sorção, entre outras.

O carvão ativo pode ser produzido a partir de grande variedade de materiais. De modo geral a escolha é voltada para o aproveitamento de resíduos vegetais, como cavacos e serragem de madeiras (Wildman; Derbyshire, 1991; Villegas *et al.,* 2006; Mellifiq, 2025), cascas de coco (Hu; Srinivasan, 1999), sabugo de milho (Lopes *et al.,* 2013) ou cascas de nozes (Costa *et al.,* 2015). Há pesquisas e propostas para emprego de inúmeros outros substratos (Claudino, 2003; Rahman; Saad, 2003; Rocha *et al.,* 2006; Cavalcante, 2015; Sych *et al.,* 2021; Silva, 2023; Ataman, 2025); vários estudos que recomendam o aproveitamento do bagaço da cana (Gonçalves *et al.,* 2006; Borba *et al.,* 2009; Silva, 2014; Almeida *et al.,* 2021).

PROCESSO DE PRODUÇÃO

A produção do carvão ativo envolve quatro grandes etapas, a saber: preparo da matéria-prima, carbonização, ativação e acabamento. A ativação pode dar-se mediante processo

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

termoquímico ou termofísico. No fluxograma do processo, mostrado na Figura 1, considera-se a ativação termoquímica.

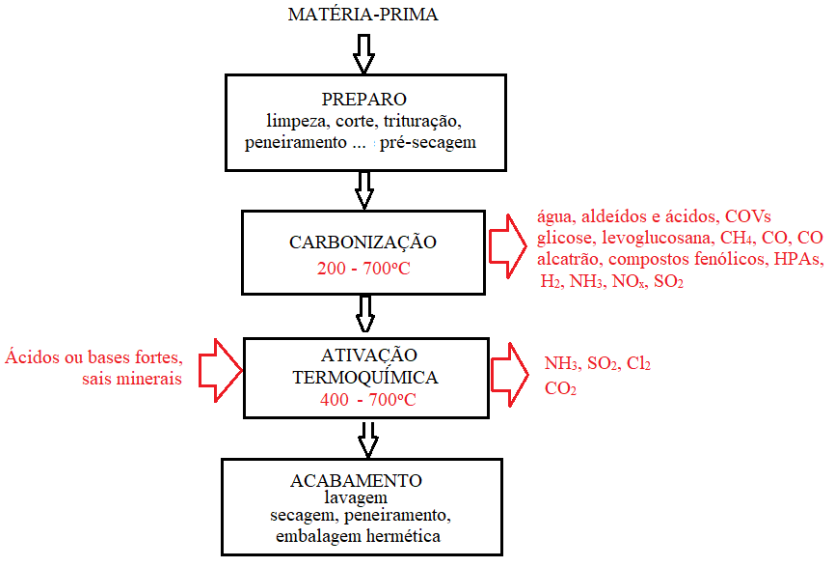


Figura 1 – Fluxograma da produção do carvão ativo empregando ativação termoquímica
Fonte: autora

PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

O preparo da matéria-prima pode incluir operações de corte, quebra, trituração, peneiramento ou compactação, entre outros, variando conforme a natureza do material empregado. O procedimento comum a todas as matérias-primas consiste na pré-secagem, entre 100 e 150ºC.

Nas etapas seguintes, os procedimentos também são ajustáveis às especificidades de cada matéria-prima.

CARBONIZAÇÃO

A carbonização é feita por meio de pirólise, ou seja, mediante decomposição térmica na ausência de oxigênio. Tem início em torno de 150ºC, temperatura que é mantida por 1 a 2 horas; prossegue, então, mediante rampas e temperaturas estacionárias na faixa de 200 até 700ºC. Nessas condições, dá-se o desprendimento sucessivo de inúmeras classes de fitocompostos, como terpenoides, flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, lipídios e alcaloides, além de minerais, como dióxido de silício, óxidos de cálcio, magnésio e potássio, fosfatos e sulfatos (Taiz *et al.,* 2021) - pelo rompimento das respectivas energias de ligação com o tecido vegetal. Entre 200 a 300ºC ocorre decomposição parcial da hemicelulose, liberando ácidos orgânicos (fórmico, acético...), aldeídos e gases leves (CO_2, CO). Na faixa de 280 a 400ºC, a celulose libera monômeros de glicose e levoglucosanas, alcatrão e gases (CO, CO_2, CH_4). A lignina se decompõe entre 250 e 400°C, liberando fenóis e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Dependendo da matéria-prima e da qualidade do produto pretendido, pode ser necessário chegar acima de 700ºC com liberação de gás hidrogênio, amônia, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre (Santos; Hatakeyama, 2012).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Assim sendo, embora o produto alvo (carvão ativo) seja uma estrutura sólida rica em átomos de carbono, é preciso lidar com grande número de efluentes tóxicos e ocasionalmente inflamáveis (Lopes *et al.,* 2013, Rocha *et al.,* 2006) sujeitos a normas ambientais, com procedimentos obrigatórios para recuperação e disposição (Brasil, 1981, Conama, 1990, 2006).

Ao final dessa etapa já se obtém um produto dotado de inúmeras aplicações industriais, qual seja o carvão vegetal (Kambewa *et al.,* 2007; Froelich; Moura, 2014).

ATIVAÇÃO

O carvão advindo da pirólise já é uma estrutura tridimensional que contém mais de 70% de carbono, mas ainda dotada de inúmeras moléculas retidas nos seus interstícios. Com a eliminação desses resíduos é que se obtém o carvão ativo, cujos poros alcançam área superficial entre 500 e 1000 m^2/g e até mais (Kambewa *et al.,* 2007; Bionity, 2025). Essa eliminação - referida como ativação - pode dar-se pelas vias termoquímica ou termofísica (Cabral, 2018; Diez *et al.,* 2004; Guilarduci *et al.,* 2006, Hu *et al.,* 2000, Sena; Barbosa, 2020).

ATIVAÇÃO TERMOQUÍMICA

A ativação termoquímica baseia-se no emprego de calor em associação com reagentes químicos, que podem ser ácidos (como o fosfórico, nítrico ou sulfúrico) alcalinos (como o hidróxido de sódio) ou mesmo sais (como o cloreto de zinco ou o carbonato de sódio). Sob temperaturas da ordem de 720ºC, os agentes químicos dissolvem os resíduos remanescentes nos interstícios do carvão, viabilizando sua lixiviação (Claudino, 2003; Lua *et al.,* 2004; Diez *et al.,* 2004; Int, 2017). Mesmo empregando procedimentos para condensação e recuperação da fumaça, as condições operacionais representam vários riscos, como:

- Queimaduras e danos respiratórios aos operadores, devido ao manuseio de produtos químicos corrosivos e tóxicos.
- Incêndios ou explosão, devido a reações exotérmicas não controláveis e geração de vapores inflamáveis.
- Contaminação da atmosfera, pela liberação de gases como amônia, dióxido de enxofre e cloro.
- Danos à flora e fauna locais, devido a contaminações do solo, da água (corpos hídricos e sistemas de esgoto) e do ar.

Ademais, existe uma pegada ambiental significativa, devido ao uso de produtos químicos não sustentáveis, como o hidróxido de potássio ou o ácido fosfórico.

ATIVAÇÃO TERMOFÍSICA

Na ativação termo física, o carvão vegetal é submetido exclusivamente à ação de vapor de água e/ou gás carbónico, sem outros produtos químicos. Aparentemente, trata-se de uma opção mais limpa e sustentável; no entanto, é necessário aplicar temperaturas de até 1100ºC. O fluxo dos gases demanda controle rigoroso para evitar a obstrução dos poros e perdas na estrutura do carvão. O

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

processo é mais lento, menos eficiente. E, mesmo com tecnologia para retenção e tratamento das emissões, não elimina inconvenientes (Santos; Hatakeyama, 2012**;** Kambewa *et al.,* 2007) como:

- Liberação de gases de efeito estufa, como o monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano e outros.
- Liberação de compostos orgânicos voláteis (COVs) como aldeídos e ácidos orgânicos, que contribuem para a poluição atmosférica e chuvas ácidas.
- Alto consumo de energia – muitas vezes combustíveis fósseis, contribuindo para o aumento da pegada de carbono.
- Risco de queima do carvão na etapa de resfriamento, caso ocorra algum contato com oxigênio.
- Geração de resíduos sólidos distintos do carvão ativado, incluindo cinzas, fuligem e metais pesados, que demandam tratamentos especializados.
- Demanda acentuada de água, podendo impactar os recursos hídricos locais.

ACABAMENTO E EFICÁCIA

As etapas finais incluem: secagem (110 a 150°C), peneiramento (uniformização da granulometria) e embalagem, em sacos herméticos – pois o carvão ativo é higroscópico, e o contato com a água do ar atmosférico reduz sua capacidade adsortiva. Na sequência, a eficácia do carvão ativo pode ser aferida por meio de inúmeros procedimentos (Du *et al.,* 2021; Costa *et al.,* 2015; Mdoe; Mkayula, 2002; Bionit, 2025; Guilarduci *et al.,* 2006; Gonçalves; Figueiredo, 2020; Kacan, 2016). O mais simples, geralmente empregado, é o índice de iodo, definido como a massa (em mg) de iodo adsorvida por grama do carvão, e situa-se geralmente entre 500 e 1200 mg/g (Lopes *et al.,* 2013; Naturaltech, 2025; Mellifiq, 2025).

CARVÃO ATIVO NOS ALAMBIQUES

Não obstante a demanda crescente de carvão ativo, e ainda que disponham de bagaço de cana, como resíduo vegetal potencialmente apto à sua produção, pode-se entender que o ambiente típico das fábricas de cachaça de alambique (ou “Alambiques”) ficaria acentuadamente depreciado pela proximidade de uma fábrica desse insumo. Por outro lado, ao invés de renunciar aos benefícios atrelados ao emprego do carvão ativo, os alambiques podem reduzir acentuadamente o impacto do custo desse insumo, mediante procedimentos simples de monitoramento e controle.

Isso acontece porque, em sua maioria, os alambiques ainda não implementaram procedimentos para aferição da atividade do carvão ativo e sua restauração no decorrer de usos sucessivos. Por esse motivo, não conferem a atividade efetiva do produto adquirido e que, por diversos motivos, pode ser bem menor do que a informada. E, após o primeiro uso, deixam de recuperar a atividade, ou fazem a recuperação de forma precária e desprovida de monitoramento. Essas falhas elevam acentuadamente o custo operacional, podendo chegar ao ponto da inviabilidade.

Assim sendo, há uma demanda clara para orientação e habilitação dos alambiques no âmbito da seleção, uso e recuperação do carvão ativo, tendo por referenciais:

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

- Quanto maior o valor do índice de iodo, maior a eficácia que se espera do carvão ativo. Assim, no momento da compra, o produtor pode selecionar, por exemplo, um carvão com índice de iodo (informado pelo fabricante ou fornecedor) correspondente a 1000 mg/g. No entanto, esse parâmetro precisa ser aferido na chegada do produto. Caso contrário, o produtor corre o risco de uma perda de até 50% ou mais, em decorrência da entrega (intencional ou não) de um produto com eficácia muito menor.
- No decorrer do uso, a eficiência do carvão cai progressivamente. Em diversos casos, no entanto, ainda pode ser aproveitado para fins similares em etapas que não tenham limitação quanto ao tempo de contato, como o armazenamento ou envelhecimento da bebida.
- No limite, uma vez exaurida (ou mesmo semi-exaurida), a atividade do carvão ainda pode ser recuperada por cinco a dez vezes – com base no conhecimento da natureza dos componentes químicos adsorvidos (Zambrana, 2013; Lima, 2017; Toledo *et al.,* 2020; Labm, 2025), tendo em vista que: (a) a simples lavagem do carvão com água destilada permite retirar as substâncias absorvidas por ligações iônicas; (b) compostos adsorvidos pelo efeito de pontes de hidrogênio, inclusive a água, são eliminados mediante aquecimento na faixa de 100 a 150ºC; (c) compostos adsorvidos mediante ligações covalentes são os que demandam temperaturas mais elevadas, na faixa de 300 a 500ºC, ou mesmo acima.

Levando essas informações ao âmbito dos Alambiques, conclui-se que:

- A atividade carvão ativo empregado na decloração da água pode ser recuperada mediante lavagem com água, à temperatura ambiente (Richter; Azevedo Netto,1991; Bernardo *et al.,* 2017; Valencia *et al.,* 2024), seguida de aquecimento para eliminação da água.
- A atividade do carvão ativo empregado na saída do alambique ou nos toneis de armazenamento da cachaça pode ser diretamente recuperada mediante aquecimento a temperaturas moderadas, como 60 a 100ºC para extrair o acetaldeído, 100 a 150ºC para o ácido acético ou 150 a 200ºC para os compostos fenólicos (Formosinho; Arnaut, 2003; Schneider, 2008; Vollhardt; Schore, 2013; Toma, 2017).

Além de serem implementáveis com facilidade, os procedimentos acima podem ser validados pela própria equipe de cada Alambique, tendo em vista que o índice de iodo é monitorável a partir de kits de análise autoexplicativos.

CONSIDERAÇÕES

O emprego do carvão ativo potencializa avanços importantes na qualidade sensorial da cachaça de alambique. No entanto, sem cuidados especiais no momento da compra e do manuseio, o custo operacional deste insumo pode tornar-se proibitivo. Assim sendo, especialmente para os produtores comprometidos com a qualidade sensorial da cachaça de alambique, é indispensável que se habilitem, mediante orientação técnica especializada: (a) à aferição da eficácia do carvão ativo, tanto no momento da aquisição, como no decorrer do uso para os diversos fins; (b) aos procedimentos que viabilizam a recuperação da eficácia do carvão exaurido. A adoção desses procedimentos é um propósito implementável a curto prazo (se não imediatamente) e praticamente

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

isento de custos. Trata-se, portanto, da opção mais assertiva e que, obrigatoriamente, deve anteceder qualquer projeto que se destine à ativação do carvão para consumo próprio. Ademais, vale enfatizar que, devido à geração de efluentes tóxicos e nocivos ao meio ambiente – dificilmente se pode conciliar a proximidade geográfica entre uma fábrica de carvão ativo (por menor que seja) com os princípios e valores típicos da produção da cachaça de alambique, cada vez mais voltados para a preservação da natureza e o estímulo ao turismo rural (Maia, 2025).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A.; COATTI, L.; GHANI, Y. A.; COLOMBO, R. Desenvolvimento de carvão ativado a partir de bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na adsorção de ácido orgânico. **Braz. J. Anim. Environ. Res**., v. 4, n. 3, p. 2955–2965, 2021.

ATAMAN CHEMICALS. **Activated Carbon**. [S. l.]: Ataman Chemicals, 2025. Disponível em: https://atamankimya.com/sayfalar.asp?Language ID=2&cid=3&id=3322&id2=11855

BERNARDO, L.; DANTAS, A.B.; VOLTAN, P.E.N. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 3 ed. São Carlos (SP): Ed. Cubo, 2017.

BIONITY. **Active carbon**. [S. l.]: Bionity, 2025. Disponível em: https://www.bionity.com/en/encyclopedia/Activated_carbon.html

BORBA, L. L. S.; OLIVEIRA, M. F. D.; DANTAS, T. N. C.; SILVA, D. R. S.; MEDEIROS, L. L. Produção de carvão ativado a partir de bagaço de cana e endocarpo de coco para tratamento de efluentes no setor de petrolífero. *In:* **32ª Reunião Anual da SBQ**. Fortaleza, 2009.

BRASIL **Lei nº 6938/81**. Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Brasilia: PNMA, 1981.

CABRAL, G. L. **Estudo da regeneração por solvente de carvão ativado saturado com ácido acetil salicílico**. Porto Alegre: DEQUI-UFRGS, 2018.

CAVALCANTE, V. R. **Produção de carvão ativado a partir de resíduos de coco, banana e laranja**. [*S. l.: s. n.*], 2015. http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/642.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Florianópolis: UFSC, 2003.

CONAMA. **Res. nº 3 de 28/06/1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasilia: Conama, 1990.

CONAMA. **Res. nº 382 de 26/12/2006**. Diretrizes sobre controle de emissões atmosféricas. Brasilia: Conama, 2006.

COSTA, P. D.; FURMANSKI, L. M.; DOMINGUINI, L. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de casca de nozes para adsorção de azul de metileno. **Rev. Virtual Quím**., v. 7, n. 4, p. 1272-1285, 2015.

DÍEZ, M. A. D.; SERRAN, G. V.; GONZALEZ, F. C.; CORREA, E. M. C.; GARCIA, A.M. Porous texture of activated carbons prepared by phosphoric acid activation of woods. **Appl. Surf. Sci.**, v. 238, n. 1- 4, p. 309-313, 2004.

DU C.; LIU B.; HU J.; LI, H. Determination of iodine number of activated carbon by the method of ultraviolet–visible spectroscopy. **Mat. Lett**., v. 285, 2021. doi: 10.1016/j.matlet.2020.129137.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

EINSCHLAG, F.S.G.; CARLOS, L. **Wastewater:** treatment technologies and recent analytical developments. London, IntechOpen, 2013.

FONSECA, M. A. P.; MARTINS, M. F. Produção mais limpa no setor de cachaça: estudo de um engenho no estado da Paraíba. **Rev. Pensam. Contemp. Admin**., v. 12, n. 1, p. 117-130, 2018.

FORMOSINHO, S. J.; ARNAUT, L. G. **Cinética química:** estrutura molecular e reactividade. Coimbra, Imprensa da Univ. Coimbra, 2003.

FREITAS, L. C. S.; BUENO, S. M. Carvão ativo: breve histórico e estudo de sua eficiência na retenção de fármacos. **Rev. Cient. Unilago**, v. 1, n. 2, 2014.

FROELICH, P. L.; MOURA, A. B. D. Carvão vegetal: propriedades físico-químicas e principais aplicações. **Tecnol. Tend**., v. 9, n. 1, 2014.

GONÇALVES, G. C.; MENDES, E. S.; PEREIRA, N. C.; SOUSA, J. C. Produção do carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana de açúcar. **Acta Sci. Tecnol**., Maringá, v. 28, n. 1, p. 21-27, 2006.

GONÇALVES, B. J. A.; FIGUEIREDO, K. C. S. Acetic acid adsorption in activated carbon for adsorption teaching. J**. Eng. Exact Sci**., v. 6, n. 5, 2020. doi: 10.18540/jcecvl6iss5pp0704-0708

GUILARDUCI, V. V. D. S.; MESQUITA, J. P. D.; MARTELLI, P. B.; GORGULHO, H. D. F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. **Química Nova**, n. 29, p. 1226-1232, 2006. doi:10.1590/S0100-40422006000600015

HU, Z.; SRINIVASAN, M. P. Preparation of high-surface-area activated carbons from coconut shell. **Micropor. Mesopor. Mat**., v. 27, n. 1, p. 1118, 1999.

HU, Z.; SRINIVASAN, M. P.; NI, Y. Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbons. **Carbon**, v. 39, n. 6, p. 877-886, 2001.

INT. Carvão ativado: INT desenvolve alternativas para produção e uso. **Rev. INT**, v. 4, n. 18, 2017.

KACAN, E. Optimum BET surface areas for activated carbon produced from textile sewage sludges and its application as dye removal. **J. Environ. Manag.**, v. 166, p. 116-123, 2016. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.09.044.

KAMBEWA, P.; MATAYA, B.; SICHINGA, K.; JOHNSON, T. **Charcoal:** the reality - A study of charcoal consumption, trade and production in Malawi. UK, Russel Press. 2007. https://www.iied.org/13544iied

LABM. **Levantamentos e dados em arquivo rastreável (dados não publicados)**. [S. l.]: Labm, 2025. Disponível em: www.labm.com.br

LIMA, L. S. Recuperação e reaproveitamento da mistura de carvão ativado e terras diatomáceas usada em processos de purificação de xaropes. **Rev. Vir. Química (Quim. Ambiental),** v. 9, n. 5, 2017. https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/2294

LOPES, C. W.; BERTELLA, F.; PERGHER, S. B. C.; FINGER, P. H.; DALLAGO, R. M.; PENHA, F. G. Síntese e caracterização de carvões ativados derivados do sabugo de milho. **Perspectiva Erechim**, v. 37, n. 139, p. 27-35, 2013.

LUA, A. C.; YANG, T. Effect of activation temperature on the textural and chemical properties of potassium hydroxide activated carbon prepared from pistachio-nutshell. **J. Coll. Interf. Sci.**, v. 274, n. 2, p. 594-601, 2004.

MAIA, A. B.; CAMPELO, E. A. P. **Tecnologia da cachaça de alambique**. Belo Horizonte: Sebrae-

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

MG; SindBebidas. 2006.

MAIA, A. B.; MARINHO, L. S. **Cachaça branca:** avanço na padronização e qualidade sensorial. Belo Horizonte, LABM, 2022. Disponível em: www.labm.com.br

MAIA, A. B. **Cachaça de alambique:** origem, identidade, valores. Maringá, Viseu, 2025. (no prelo)

MAPA. **Portaria nº 539 de 22/12/2022**. Estabelece os padrões de identidade e qualidade da cachaça e da aguardente de cana. Brasilia: Mapa, 2022.

MDOE, J. E. G.; MKAYULA, L. L. Preparation and characterization of activated carbons from rice husks and shells on palm fruits. **Tanz. J. Sci**., v. 28, n. 2, p.131-141, 2002.

MELLIFIQ. **What is wood based activated carbon?** [S. l.]: MELLIFIQ, 2025. Disponível em: https://mellifiq.com/en/wood-based-activated-carbon/

NATURALTECH. **Propriedades e especificações do carvão ativado**. [S. l.]: Naturaltech, 2025. https://naturaltec.com.br/carvao-ativado-ficha-tecnica/

RAHMAN, I. A.; SAAD, B. Utilization of guava seeds as a source of activated carbon for removal of methylene blue from aqueous solution. **Malaysian J. Chem.**, v. 5, n. 1, p. 8 -14, 2003.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Ed. Blucher, 1991. ISBN 978-8521200536.

ROCHA, W. D.; LUZ, J. A. M.; LENA, J. C.; ROMERO, O. B. Adsorção de cobre por carvões ativados de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. 4, p. 409 - 414, 2006.

SANTOS, S. F. O. M.; HATAKEYAMA, K. Sustainable charcoal production process focusing the environmental, economical, social and cultural aspects. **Production**, v. 22, p. 309-321. 2012. doi: 10.1590/S0103-65132012005000010

SCHNEIDER, E. L. **Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado**. [*S. l.: s. n.*], 2008. https:// tede.unioeste.br/handle/tede/1869

SENA, P. L. M.; BARBOSA, A. F. F. **Utilização de carvão ativado vegetal no processo de adsorção:** revisão bibliográfica. Mossoró (RN): UFERSA, 2020. Disponível em: https://repositorio. ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/2ae7e85e-3c3b-41ec-8cf8-3d3ef6a5fec6/content

SILVA, A. M. S. **Análise da eficiência do carvão ativado da vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*) como adsorvente na remoção de gasolina em corpos d'água**. [*S. l.: s. n.*], 2023. Disponível em: http://lattes.cnpq.br/1910013551334031

SILVA, R. R. **Carvão ativado a partir do bagaço de cana de açúcar**. João Pessoa: UFPB, 2014.Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15929/1/RRS30092019.pdf

SYCH, N.; KUPCHIK, L.; KOTINSKAYA, L. **Produção de carvão ativado a partir de resíduos de café**. Limeira: Nosso Conhecimento, 2021. ISBN 978-6203933048

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2021. ISBN 9781605357904

TOLEDO, R. B. C.; TOBAR, C. F. A.; GÁMEZ, S.; TORRE, E. Reactivation process of activated carbons: effect on the mechanical and adsorptive properties. **Molecules**, v. 25, n. 7, p. 1681, 2020. doi: 10.3390/molecules25071681.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

TOMA, H. E. **Estrutura atômica, ligações e estereoquímica**. 2 ed. São Paulo, Blucher, 2017.

VALENCIA, J. A; LEÓN, I. A. B.; GÓMEZ, L. A. J. **Teoria e prática da purificação da água**. Bogotá: Ecoe Ed., 2024. v. 2. ISBN 978-958-503-887-5

VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas alcoólicas:** ciência e tecnologia. São Paulo: Blucher (versão digital), 2010.

VENTURINI FILHO, W. G. **Indústria de bebidas:** inovação, gestão e produção. [*S. l.: s. n.*], 2021. ISBN 978-8521205913

VILLEGAS, J. P.; VALLE, J. F.P.; RODRÍGUEZ, J. M.; GARCÍA, M. G. Study of commercial wood charcoals for the preparation of carbon adsorbents. **J. Anal. App. Pyrol.**, v. 76, n. 1-2, p.103-108, 2006.

VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. **Química Orgânica:** estrutura e função. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

WILDMAN, J.; DERBYSHIRE, F. Origins and functions of macroporosity in activated carbons from coal and wood precursors. **Fuel**, v. 70, n. 5, p. 655-661, 1991.

ZAMBRANA, C.O. **Regeneração do carvão ativado utilizado para adsorção de pesticida por meio de processos oxidativos avançados**. São Paulo: USP, 2013.