

ORGANIZADORAS

Denise Conceição de Gois Santos Michelan  
Elaine Santana Silva

# Aplicabilidade de materiais não convencionais no tratamento de água



Todos os direitos desta edição reservados ao autor. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, com finalidade de comercialização ou aproveitamento de lucro ou vantagens, com observância da Lei de regência. Poderá ser reproduzido texto, entre aspas, desde que haja clara menção do nome dos autores, título da obra, edição e paginação. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Capa**

Roseilde Reis

**Diagramação**

Joselito Miranda

**Imagens internas**

Autores e referências

**Imagens da capa**

Freepik

Printed in Brazil / Impresso no Brasil

---

Michelan, Denise Conceição de Gois Santos (Org.). Silva, Elaine Santana(Org.)

M623a      Aplicabilidade de materiais não convencionais no tratamento de  
              água./ Denise Conceição de Gois Santos. (Org.). Elaine Santana Silva(Org.).  
              - Aracaju:ArtNer, 2024.

120p.: il; 15cm x 21cm

ISBN: 978-65-83131-11-9

1. Tratamento de água

2. Água- Qualidade-Consumo

3.Aplicabilidade de materiais

4. Água-Consumo humano

CDU: 556 (813.7)

---

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária: Jane Guimarães Vasconcelos Santos CRB-5/975

**EDITORA ARTNER**

Tel.: (79) 99131-7653 · editoraartner@gmail.com · artner.com.br

Organizadoras  
DENISE CONCEIÇÃO DE GOIS SANTOS MICHELAN  
e ELAINE SANTANA SILVA

# Aplicabilidade de materiais não convencionais no tratamento de água

Aracaju-SE



2024

### **Organizadoras**

Denise Conceição de Gois Santos Michelin (Michelan, D. C. G. S.)

Elaine Santana Silva (Silva, E. S.)

### **Corpo Editorial**

Kelly de Araújo Rodrigues Pessoa (IFCE)

Débora de Gois Santos (UFS)

Denise Conceição de Gois Santos Michelin (UFS)

Luciana Coêlho Mendonça (UFS)

**“Este livro foi aprovado pelo conselho editorial”**



## Breve currículo dos autores dos capítulos

### **ANA LARA ARAÚJO SANTOS**

Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Proec) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe e curso Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Sergipe. Foi bolsista do Programa Institucional de Apoio à Extensão da Universidade Federal de Sergipe e de iniciação científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico através do Instituto Federal de Sergipe. Atualmente é pesquisadora da Universidade Federal de Sergipe e membro participante do Grupo de Estudo e Pesquisa em Saneamento Básico e Sustentabilidade do IFS.

### **ANDERSON DE JESUS LIMA**

Mestre e graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Atuando principalmente nos seguintes temas: hidrologia, drenagem, instalações hidrossanitárias, tratamento de efluentes, tratamento e abastecimento de água, reúso de água.

### **DÉBORA DE GOIS SANTOS**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), mestrado em Engenharia Civil e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa

Catarina. Atualmente é professora da Universidade Federal de Sergipe, no curso de Graduação (DEC) e Pós-Graduação (Proec) em Engenharia Civil e revisora de periódicos nacionais. Foi chefe do DEC, diretora de Extensão (Proex/UFS) e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Proec/UFS). Coordenou o GT de Gestão e Economia da Construção e foi diretora de Relações Interinstitucionais da Antac. Coordenou o XII Sibragec e o IV SBTIC da Antac. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em gestão da construção, atuando principalmente nos seguintes temas: construção enxuta, norma de desempenho de edificações e gerenciamento de resíduos.

### **DENISE CONCEIÇÃO DE GOIS SANTOS MICHELAN**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC-USP) e doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atualmente é professora da Universidade Federal de Sergipe, no curso de Graduação (DEC) e Pós-Graduação (Proec) em Engenharia Civil, atuando também como coordenadora adjunta. Tem experiência com ênfase na área de Engenharia Civil e Engenharia ambiental, atuando principalmente nos temas: qualidade da água, projetos de abastecimento de água, Filtração lenta com materiais sustentáveis, Filtração em margem de rio, Instalações prediais Hidrossanitária (água fria, água quente, águas pluviais, esgotamento predial e combate a incêndio), reuso de água cinza, aproveitamento de águas pluviais, lodo de ETA e coagulante natural e químico para tratamento de água para consumo humano.

### **LARISSA CÔELHO DE AZEVÊDO**

Graduada de Engenharia Sanitária e Ambiental, pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Pesquisadora em tratamento de água.

### **LUCIANA COELHO MENDONÇA**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (EESC-USP). Atualmente é professora da Universidade Federal de Sergipe, no curso de Graduação (DEC) e Pós-Graduação (Proec) em Engenharia Civil. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em tratamento de efluentes, atuando principalmente nos seguintes temas: lagoas de estabilização, reúso, lodo, microbiologia, resíduos sólidos e compostagem de resíduos orgânicos.

### **TAMIRES SANTOS ROSA**

Técnica em Química, com habilitação em Análise e Processos Químicos pelo Instituto Federal de Sergipe (IFS), é graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), onde participou do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) por dois anos. Foi estagiária do Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe (ITPS), no laboratório de Águas e Efluentes. Atualmente é Técnica de Laboratório – área: Química na Universidade Federal de Sergipe, lotada no Departamento de Engenharia Civil.







## SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO .....	11
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>Aplicação de fibras de coco no tratamento de água .....</b>	<b>21</b>
INTRODUÇÃO .....	23
PARTE I – Materiais e métodos .....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
PARTE II.....	47
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Uso da semente <i>Moringa oleifera</i> Lam. no tratamento de água .....</b>	<b>58</b>
INTRODUÇÃO .....	60
DESENVOLVIMENTO .....	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>Uso do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>) no tratamento de água ...</b>	<b>88</b>
INTRODUÇÃO .....	90
DESENVOLVIMENTO .....	93
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>117</b>





## CONTEXTUALIZAÇÃO

**É** sabido que as antigas civilizações que tiveram acesso à água trouxeram maior desenvolvimento se comparado àquelas sem acesso a água. A história grega exemplifica tal situação de tal forma que o sentido da água está fundamenta na vida. Ainda, observa-se a abordagem da mitologia grega remetendo-se ao oceano e rio, demarcador geopolítico, além de fertilizante para a terra (MAGALHÃES, 2008). Além dessas associações, Tales de Mileto (filósofo grego) afirmava no século VI a.C. que “tudo é água”. Em outras palavras, a substância água é a essência e, tudo o que existe, seria produto da transformação dessa água ou a mesma, transformada (BRUNI, 1993).

Diante disso, percebe-se que a água é vital para o meio ambiente e para o ser humano. Segundo Faber (2011), a proximidade das civilizações aos mananciais superficiais (rios) favorece o desenvolvimento e aprimoramento da agricultura, o que estimula crescimento na produção alimentícia. Com esta oferta, nada mais natural que favorecer o crescimento populacional. Contudo, este crescimento acelerado e sem planejamento, podem influenciar a escassez hídrica (OLIVO; ISHIKI, 2014).

Apesar de se comentar de insuficiência hídrica em pleno século XXI, sabe-se que o planeta Terra tem mais água do que qualquer outra substância. A maior parte dessa água é salina (97%) e encontra-se nos oceanos (WWF, 2024). Dos 3% de água doce, apenas 1% é de origem superficial acessível e, desta, que é a

recomendada para ser destinada ao consumo humano, presente em 193 países existentes na Terra, 12% está localizada no território brasileiro (FAO, 2019), o que enquadra o Brasil como país rico em reservas hídricas.

Em estudo desenvolvido em 142 países do total quantificado no mundo, de acordo com WHO/Unicef (2023a), entre os anos de 2000 e 2022, o número populacional de pessoas mundialmente que necessitam de água potável, reduziu de 1,2 milhões para 703 milhões. Dos 2/3 de pessoas que recebem água de qualidade habitam em áreas urbanas, ao passo que, 1/3 reside em áreas rurais. Estas são pessoas que fazem uso de água de poço e nascentes sem proteção, recolhem água de manancial superficial sem tratamento em lagoas, lagos, riachos e rios (WHO/Unicef, 2023b). Não obstante, segundo ANA (2019), no Brasil os usos da água foram categorizados em abastecimento humano (rural e urbano), dessedentação animal, indústria de transformação, irrigação e mineração e termoelétrica. Em função das retiradas de água da natureza, ainda de acordo com ANA (2019), dados de 2017, com projeção para 2030, hierarquiza-se em termos de quantidade em ordem decrescente: irrigação, abastecimento urbano, indústria, termoelétrica, uso animal e mineração, respectivamente, seja em 2017, seja na projeção para 2030. Apesar da irrigação ter boa predominância voltado para o setor alimentícia, o que de forma indireta está associado ao ser humano e interligada à segunda maior retirada de água, é o abastecimento humano urbano que é citado, sem haver referência ao atendimento com água para o abastecimento rural.

No tocante à distinção entre o abastecimento de água urbano e rural, no Brasil, observa-se maior viabilidade de implantação nas áreas urbanas, se comparado a rural, em virtude da concentração de pessoas nos perímetros urbanos. Para tal, o SNIS (2022) traz informações sobre o panorama de abastecimento de

água no Brasil, por meio de comparativo entre os anos de 2010 e 2022, no qual informa que o atendimento com rede de água atendeu 84,1 e 84,9%, respectivamente, com registro de informações colhidas de 97,86% do número de municípios do território brasileiro. Apesar do indicativo ser significativo, também traz informações quanto à população urbana atendida (92,5% em 2010 e ainda sem dados para 2022). Porém, para a população rural não há referências. Diante disso, observa-se mais um indicativo de ausência de registros do que acontece no perímetro rural.

Com base na deficiência de informações voltadas para o meio rural, acredita-se que esta ausência esteja relacionada à inexistência de registro de abastecimento de água nessa localidade, seja por não existência no abastecimento (sem acesso), seja por este ser realizado de forma irregular/ineficiente.

Como acesso a água de qualidade é um direito humano (ONU, 2010), este estudo visa aumentar a oferta de opções tratamento de água, no tocante, principalmente às pessoas residentes em localidades isoladas, periferias sem abastecimento de água, meio rural e/ou situações emergenciais. Somado ao direito humano supracitado, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 6 visa “garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos” até 2030 (ONU, sd). Se for observado que a água é um dos eixos do saneamento e mesmo assim, a água tem seu destaque nessa meta da ODS 6 isso enaltece a importância da água para o ser humano.

Assim, o presente estudo vem a somar à literatura técnico-científica, no quesito de concentrar trabalhos fundamentados em metodologias citadas no meio acadêmico, ou seja, baseados em referências e que apresentaram resultados a partir da comparação com a água bruta.

Nesse contexto, o presente estudo aborda a utilização de materiais não convencionais, que consiste em materiais não necessariamente utilizados no tratamento de água convencional (ou

tradicional: mistura rápida com coagulação, floculação, decantação/flotação, filtração, desinfecção), para o tratamento da água.

Os materiais não convencionais aqui citados são considerados ecomateriais. Segundo Ferreira *et al.* (2007), estes materiais são aqueles materiais porosos que minimizam danos ambientais, cuja ideia é não apenas minimizar impactos ambientais, mas também mitigar possíveis consequências negativas, caso sejam lançados no meio ambiente. Assim, este estudo traz exemplo do uso de três ecomateriais: fibra de coco, moringa e quiabo, utilizados individualmente no tratamento de água ou associado a outra substância.

Quanto à fruta coco, de acordo com o Brainer (2021), o Brasil foi classificado como o quinto maior produtor mundial em 2020, com ocupação territorial de 187,5 mil hectares correspondente à produção da fruta de 1,6 bilhões de unidades. O coco tem como partes constituintes o epicarpo, o mesocarpo e o endocarpo (FERREIRA; WARWICK; SIQUEIRA, 1998). É o mesocarpo que é constituído de fibra de coco, a qual ocupa maior espaço de volume no coco.

Como aplicação da fibra de coco, é possível exemplificar seu uso como fibra sintética em solos, para remediação de áreas degradadas ou como mantas, como produção de papel (fibra natural), como matrizes poliméricas, como isolantes acústicos e térmicos (SENHORAS, 2003). As fibras sintéticas podem ser também aplicadas na construção civil (PEREIRA 2012; CAETANO *et al.*, 2004). Pode-se encontrar em tratamento de águas residuárias, mais precisamente em métodos biológicos pelo fato de ter baixo custo, apresentar significativa eficiência de remoção voltada à matéria orgânica e por ter resíduo normalmente descartado (PINTO, 2003). No tocante ao abastecimento de água, é capaz de remover matéria inorgânica e orgânica suspensa e também organismos de origem patogênicos (MBWETTE; STEITIEH; GRAHAM, 1996). Além disso, é encontrado na literatura no processo de

remoção de agrotóxicos com potencial carcinogênico (GIBSON; KOIFMAN, 2008); como agente adsorvente para remover metais pesados (MOURA; NOVAES; HERNANDEZ, 2014).

Um outro fruto é o quiabo, produzido mundialmente com destaque para Índia e Nigéria com 6 milhões e quase 2 milhões de toneladas por ano, respectivamente (ATLASBIG, 2021). Apesar de não apresentar produção tão expressiva quanto estes países, o Brasil teve registro em 2017 de 111,9 mil toneladas ano. Mesmo com número diminuto diante dos maiores produtores de quiabo no mundo, o Brasil tem diversificado quanto ao destino do fruto, além do alimentício (ABELHA, 2022).

Quando aplicado no tratamento de água, o quiabo, na forma de mucilagem ou em pó, tem demonstrado melhorias na qualidade da água tratada (LIMA, 2007). O quiabo atua como eficiente substituidor de coagulante químico, o que ajuda na redução à exposição do ser humano a metais se comparado ao tratamento de água por meio de coagulantes químicos. Quando se utiliza estes coagulantes a base de alumínio, pode favorecer o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson (CHAGAS; FARIA, 2022). Estudos com o quiabo no tratamento de água, seja como coagulante (JONES; BRIDGEMAN, 2016; ALSAMAWI, SHOKRALLA, 1996), como floculante (LEE *et al.*, 2018) ou como as duas etapas de tratamento associadas (PATALE; PANDYA, 2012; OTHMANI *et al.*, 2020), tem tido espaço na literatura.

O outro ecomaterial utilizado de forma simplificada é a *Moringa oleifera* Lam. Esta atua como elemento adsorvente natural (EVANGELISTA; SOARES; REIS, 2015), principalmente no processo de clarificação e também descontaminação das águas.

Bergamasco *et al.* (2018) aplicaram moringa tanto em água superficial como residuária. No tocante à água superficial, os autores afirmam que apresenta significativo potencial como agente coagulante, particularmente quando a água apresenta expressiva turbidez e obtenção positiva de remoção para os parâmetros

cor, metais, protozoários e turbidez. De forma geral, favorece o processo de tratamento de água.

Com isso, observa-se que já existem na literatura uso das substâncias (fibra de coco, quiabo e moringa) voltadas ao tratamento de água. O que falta é o aprofundamento dos estudos para serem aplicadas de forma prudente, auxiliando na mitigação do número de pessoas que ainda fazem uso de água sem tratamento.

## REFERÊNCIAS

ABELHA. Associação Brasileira de Estudos das abelhas. **Quiabo**. 2022. Disponível em <https://abelha.org.br/hortifrutis-da-estacao-quiabo/#:~:text=Os%20últimos%20dados%20disponíveis%20são,R%24%20191%2C5%20milhões>. Acesso em 26 de janeiro de 2024.

AL-SAMAWI, A. A.; SHOKRALLA, E. M. An investigation into the indigenous natural coagulant. *Journal of Environmental Science Health. A Toxic Hazard Subst. Environ Eng.*, vol 31, n. 8, pp. 1881–1897, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/10934529609376463>.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019. 75p. Disponível em [https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=134951&tipo\\_midia=2&IndexSrv=1&Usuario=0&obra=78093&tipo=1&Banner=0&Idioma=0](https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=134951&tipo_midia=2&IndexSrv=1&Usuario=0&obra=78093&tipo=1&Banner=0&Idioma=0). Acesso em 26 de janeiro de 2024.

ATLASBIG. Mapa e estatística do mundo e regiões. 2021. **Produção mundial de quiabo por país**. Disponível em <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-quiabo>. Acesso em 26 de janeiro de 2024.

BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; FALAVIGNA-GUILHERME, A. L.; PARTEIANI, J. E. S.; KLEIN, M. R. F.; ARAÚJO, A. A. Aplicação da moringa no tratamento de águas de abastecimento e residuárias. *In: Silva, G. F.; Santana, M. F. S.; Lima, A. K. V. O. Bergamasco, R.; Paiva, P. M. G.; Serafini, M. R.; Bery, C. C. S. Potencialidades da Moringa oleifera Lam.* V. IV. Sergipe: Editora UFS, 2018, p. 93-144. ISBN 978-85-7822-608-4.

BRAINER, M. S. C. **Coco**: produção e mercado. Ano 5, n. 206, p. 1-13. 2021. Disponível em [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1043/1/2021\\_CDS\\_206.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1043/1/2021_CDS_206.pdf) acesso em 26 de janeiro de 2024.



PEREIRA, C. L. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados à construção rural**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2012.

PINTO, G. A. S. **Rotas tecnológicas para o aproveitamento da casca de coco verde**. EMBRAPA, 2003.

SENHORAS, E. M. **Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco**: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes. [S.l.], 2003.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Panorama do saneamento no Brasil**. 2022. Disponível em <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel> Acesso em 24 de janeiro de 2024.

WHO/UNICEF. **World Health Organization and United Nations Children's Fund**. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on gender. 2023a. Disponível em <https://data.unicef.org/resources/jmp-report-2023/#:~:text=1%20in%204%20people%20around,1.2%20billion%20to%20703%20million>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

WHO/UNICEF. World Health Organization and United Nations Children's Fund. **Drinking water**. 2023b. Disponível em <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

WWF. WORLD WILDLIFE FUND . **Dia Mundial da Água**. 2024. Disponível em [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/areas\\_prioritarias/pantanal/dia\\_da\\_agua/#:~:text=Do%20total%20de%20água%20disponível,1%25%20está%20disponível%20para%20consumo](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/dia_da_agua/#:~:text=Do%20total%20de%20água%20disponível,1%25%20está%20disponível%20para%20consumo). Acesso em 24 de janeiro de 2024.





## Capítulo 1

# APLICAÇÃO DE FIBRAS DE COCO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

*Anderson de Jesus Lima*  
*Denise Conceição de Gois Santos Michelan*

### RESUMO

**O** Brasil é o quarto maior produtor de coco do mundo. Trata-se de um fruto versátil, do qual se aproveita tudo, inclusive a casca. Uma das principais formas de aproveitamento da casca do coco é a produção de fibras. Diversos são os relatos de aplicações das fibras de coco que justificam seu potencial como produto de significativo valor agregado, inclusive para o tratamento de água, de forma simplificada. Assim, este trabalho objetivou identificar as formas de aplicação das fibras de coco no tratamento de água a partir de revisão da literatura, como forma norteadora de publicações do assunto. Para tanto, utilizou-se a metodologia de revisão sistemática, por meio da qual definiu-se *strings* de busca e critérios de seleção de trabalhos e realizou-se a pesquisa por artigos científicos nas três maiores bases de dados: Scopus®, Science Direct™ e Web of Science™. A busca na base de dados retornou 307 artigos, dos quais, após eliminação dos duplicados e da aplicação de seleção, restaram 20 trabalhos que compuseram o portfólio bibliográfico (PB) da

revisão. Da análise dos artigos do PB foi possível identificar que as principais formas de aplicação das fibras de coco no tratamento de água consistiam de: simples adsorção, adsorção por biocarvão, adsorção por filtração, hidrogel e aerogel. Todas as técnicas de tratamento empregadas eram baseadas na capacidade de adsorção das fibras, que em muitos casos foi aprimorada a partir de tratamento/purificação via solução ácida ou alcalina e por branqueamento em soluções a base de cloro. Além disso, a maioria dos trabalhos indicaram a aplicação das fibras para remoção de corantes ou metais, o que sugere sua consolidação de aplicação no tratamento de efluentes das indústrias têxteis. Assim, este capítulo traz o apanhado da revisão sistemática, seguido de experimentos práticos na utilização da fibra de coco em filtros lentos, no tratamento de água, considerado alternativa viável e sustentável para a remoção de contaminantes da água com forte apelo ambiental.

**Palavras-chave:** *Cocos nucifera L.*; adsorção; biocarvão; metais; corantes.

