



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº BR 102016013995-3

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102016013995-3

**(22) Data do Depósito:** 16/06/2016

**(43) Data da Publicação Nacional:** 26/12/2017

**(51) Classificação Internacional:** F15D 1/02.

**(54) Título:** BIO-REDUTOR DE ARRASTO A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS

**(73) Titular:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 32479123000143. Endereço: AV FERNANDO FERRARI Nº 514 - CAMPUS UNIVERSITARIO GOIABEIRAS, VITÓRIA, ES, BRASIL(BR), 29075910, Brasileira

**(72) Inventor:** EDSON JOSÉ SOARES; EDUARDO CALEGARIO COELHO; KELVIN CRISTIEN DE OLIVEIRA BARBOSA; RENATO DO NASCIMENTO SIQUEIRA.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 16/06/2016, observadas as condições legais

**Expedida em:** 16/07/2024

Assinado digitalmente por:

**Alexandre Dantas Rodrigues**

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



"BIO-REDUTOR DE ARRASTO A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS"

[001] Refere-se a presente patente de invenção de um bio-redutor de arrasto para escoamentos turbulentos em dutos. Mais precisamente, refere-se a um produto que consiste de um material orgânico a base de mucilagem e fibra de quiabo para redução de consumo de energia durante o transporte de água. Tal qual, permitira uma redução de atrito de até 85%, o que implica em uma redução direta do consumo de energia durante o transporte de água em dutos.

[002] Abaixo são citadas algumas patentes relevantes sobre o estado da técnica, e em seguida, são especificadas as principais diferenças relativas à patente aqui pleiteada.

[003] Referindo-se ao estado da técnica, a patente CN103032253A intitulada "Novo método para economizar energia e melhorar a eficiência de geração em usinas com bombeamento de água de circulação e suas aplicações" utiliza um polímero sintético (PEO) como agente redutor de arrasto. Porém, este polímero é tóxico e pode agredir o meio ambiente.

[004] A patente CN101746875A intitulada "Redutor de arrasto a base de água e suas aplicações" também se refere a utilização de redutores de arrasto (surfactante não-iônicos, com agentes anti-espuma e biocidas). Assim como o polímero citado na patente anterior, esta substância também é tóxica e pode agredir o meio ambiente.

[005] Outra patente relacionada ao tema é a patente americana US20120157354 A1 intitulada "Redutor de atrito", onde observa-se a utilização de mucilagem de plantas (quiabo, babosa e goma guar) como agentes redutores de arrasto em processo de perfuração de poços de petróleo. Neste caso não há presença de fibras.

[006] Ainda referindo-se ao uso de mucilagens como agentes redutores de arrasto, a patente US6124248A, intitulada "Lubrificantes e refrigerantes orgânicos", utiliza mucilagens extraídas de plantas da família Malvaceae (entre elas quiabo) como agentes redutores de arrasto em fluidos lubrificantes e refrigerantes. Neste caso também não utilizam fibras.

[007] Referindo-se especificamente a utilização do quiabo, a patente US4154822, intitulada "Polissacarídeo para aumentar o débito cardíaco", utiliza substâncias polissacarídicas, constituídas essencialmente de ramnose, galactose e ácido galacturônico, obtidas por extração e purificação de material vegetal do quiabo, para proporcionar efeitos reológicos (redução de arrasto) e hemodinâmicos seletivos que melhoram as funções cardíacas e aumentar a capacidade de bombeamento do sangue pelo coração. Assim como nas duas patentes anteriores, neste caso também, não utilizam fibras.

[008] A patente US20030026855A1 intitulada "Fluidos sanguíneos artificiais e agentes

redutores de arrasto em micro escoamentos para melhorar a circulação sanguínea", utiliza o quiabo (mucilagem) como agente redutor de arrasto para produzir sangue artificial com melhor capacidade de circulação sanguínea. Também não utilizam fibras.

[009] A patente US9119880B2 intitulada "Método para o tratamento de lesão renal aguda", refere-se a um método para o tratamento de lesão renal aguda por meio de introdução de um ou mais polímeros redutores de arrasto, o que traz efeitos positivos no processo de hemodiálise. Os polímeros utilizados são: DNA, ácido hialurônico, óxido de polietileno (PEO) e de poliacrilamida (PAM).

[010] Por fim, pode-se citar a patente US3938536A intitulada "Processos para reduzir o arrasto turbulento em dutos e ao redor de objetos submersos", onde se utiliza uma mistura de polímeros e fibras para a redução de arrasto turbulento de fluidos que escoam através de tubulações e ao redor de corpos submersos. Porém, a fibra utilizada é de Asbesto, cujo uso é proibido em vários países, pois causa problemas à saúde.

[011] Considerando-se as patentes citadas acima, percebe-se que a maior parte dos aditivos disponíveis para o mesmo fim, ou seja, aditivos para redução de arrasto (atrito) em escoamentos turbulentos de água, são sintéticos e extremamente mais caros que produtos orgânicos, além de serem, em determinado grau, tóxicos. Ainda, apesar do uso do quiabo não ser inédito, o que é proposto nas patentes anteriores é o uso da mucilagem simplesmente. Portanto, o que se propõe aqui é o BIO-REDUTOR DE ARRASTO A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS, que consiste de um material orgânico a base de goma e fibra de quiabo para redução de consumo de energia durante o transporte de água. Destaca-se seu baixo custo de produção, alta eficiência e, por consistir de um produto de natureza orgânica (não tóxico), diferente da maioria dos disponíveis atualmente.

[012] O fenômeno de redução de perda de carga por injeção de pequenas quantidades de aditivos foi descrito pela primeira vez em 1949 por Toms, que percebeu uma significativa redução de pressão em seus experimentos quando uma pequena quantidade de polímeros (partes por milhão) foi introduzida no solvente utilizado. Este fenômeno ficou sem explicação por vários anos, mas agora se sabe que o polímero reduz o nível de turbulência do escoamento, minimizando, conseqüentemente, o fator de atrito e, portanto, o consumo de energia para manutenção do escoamento a mesma vazão (mais precisamente ao mesmo número de Reynolds). Depois da primeira reportagem do fenômeno, diversos materiais (polímeros, fibras, surfactantes) foram testados e listados como redutores de arrasto. O que se propõe aqui é mais uma alternativa, mais um material, obviamente diferente dos que já são conhecidos.

[013] Portanto, o que de fato se propõe na presente patente é a utilização de mais uma substância redutora de atrito, mas com algumas características extremamente atraentes:

a) boa eficiência;

- b) baixo custo; e
- c) não toxicidade.

[014] O processo de obtenção do bio-redutor de arrasto é dividido nas seguintes etapas: seleção e preparação de plantas, secagem em estufa, trituração e separação granulométrica; preparo das soluções.

[015] Etapa 1: Os frutos devem ser colhidos em até 7 dias após o surgimento das flores. Após este período, o produto ainda poderá ser utilizado, mas com eficiência reduzida, devido à diminuição do teor de mucilagem na planta. Após a colheita, o fruto é lavado e suas sementes são removidas, pois não possuem em sua composição agentes redutores de arrasto.

[016] Etapa 2: Na segunda etapa, os frutos seguem para secagem em uma estufa, na qual são mantidos a uma temperatura máxima de 50 °C, por tempo suficiente para que atinja um valor de massa constante. A temperatura escolhida leva em consideração a secagem rápida, preservando a integridade física e química do material. Temperaturas superiores podem causar degradação dos componentes termolábeis presentes no quiabo.

[017] Etapa 3: Nesta etapa, o fruto é triturado e submetido a um processo de peneiramento para separar as fibras com tamanho inferior a 106 µm, realizando assim o controle do tamanho das fibras.

[018] Etapa 4: O pó produzido na etapa anterior (bio-redutor de arrasto a base de mucilagem e fibra de quiabo) quando diluído na água que escoar em um duto, sob o regime de escoamento turbulento, pode reduzir o arrasto em até 85% dependendo da concentração. Para a concentração de 1600 ppm a redução pode chegar a 75% e para a concentração de 100 ppm, a redução pode chegar a 10%.

[019] Em geral, com a utilização de pequenas quantidades do referido material, na ordem de partes por milhão, abrangendo a uma faixa de 100 a 1600 ppm, pode-se alcançar uma redução de atrito de até 75%, o que implica em uma redução direta do consumo de energia durante o transporte de água em dutos. Para se chegar a esta conclusão foram feitos centenas de testes em um sistema composto por tubulação, bomba, compressor, medidores de vazão, pressão e temperatura. Ainda, outras centenas de testes foram feitos no laboratório de caracterização de fluidos (Laboratório de Reologia) e todos os testes indicam resultados muito positivos com uso do material aqui proposto.

[020] Pode-se destacar como potencial uso do produto os processos de irrigação de diversas culturas, como de café e hortaliças, por exemplo, que em geral requerem grande quantidade de água e, portanto, demandam um consumo enorme de energia no processo de bombeamento. De fato, existem outros produtos (aditivos) redutores de atrito para água no mercado, mas são em grande maioria sintéticos (polímeros ou outros materiais) e extremamente caros e as vezes tóxicos. Diversos outros produtos orgânicos já disponíveis como a Goma Xantana são bem mais caros do que o proposto aqui.

[021] O diferencial do Bio-Redutor de arrasto para escoamentos turbulentos em dutos a

base de mucilagem e fibra de quiabo proposto aqui é seu custo extremamente reduzido e, não menos importante, a não toxicidade. De fato, o produto a base de quiabo tem efeito de fertilizante, além de aumentar a retenção de água no solo, podendo reduzir o seu consumo.

[022] Estes dois efeitos ainda não foram estudados com o devido detalhamento científico e não é a proposta do produto. A intenção em chamar atenção para estes dois pontos adicionais é simplesmente para deixar claro o efeito não tóxico do produto. Finalmente, o bio-redutor é proposto para o transporte de água em geral, sendo aplicável em inúmeros processos industriais, mas sua natureza orgânica (não tóxica) e o baixo custo torna-o muito atraente para aplicação na agricultura.

[023] A sua aplicação direta, a princípio, destina-se para o transporte de água em geral. Diversos outros produtos poderiam ser usados, como os sintéticos já disponíveis, apesar de serem mais caros. O grande potencial que se vislumbra com esse produto são os processos de irrigação, onde o consumo de água e energia é potencialmente grande e impactante nos custos globais de produção. Na irrigação é imperativo a não toxicidade e, portanto, um produto orgânico e barato, como é o caso do proposto aqui, é extremamente atraente.

[024] A mucilagem do quiabo é um polissacarídeo de alto peso que quando solubilizado em água apresenta características viscoelásticas. Esta característica o torna um bom redutor de arrasto. Com a mudança de polaridade, o bio-redutor passa a ser solúvel em óleo, tornando possível a sua utilização em escoamentos de hidrocarbonetos. Esta alteração aumenta consideravelmente a aplicação do produto, podendo ser utilizado em muitas aplicações na indústria do petróleo.

[025] A mudança de polaridade pode ser realizada pelo processo de enxertia, que consiste em alterar cadeias laterais do polímero, por meio de ligações covalentes, sem alterar a cadeia principal. A acrilonitrila é o monômero utilizado para enxerto com os radicais livres do polissacarídeo obtido da mucilagem do quiabo, para alterar a solubilidade do polímero tornando-o solúvel em óleo.

## REIVINDICAÇÕES

1. BIO-REDUTOR DE ARRASTO A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS, caracterizado por um material orgânico a base de goma e fibra de quiabo, para redução de atrito durante o transporte de água em dutos e canais.
2. BIO-REDUTOR DE ARRASTO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as soluções serem preparadas com sua diluição em água em uma concentração entre 1600 ppm e 100 ppm.
3. BIO-REDUTOR DE ARRASTO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por composto de goma e fibra de quiabo, e através de algumas modificações quanto à sua polaridade, para ser usado, não somente no escoamento turbulento em tubos e canais com fluxos de água, mas também, para outros fluidos;
4. BIO-REDUTOR DE ARRASTO PARA ESCOAMENTOS TURBULENTOS EM DUTOS A BASE DE MUCILAGEM E FIBRA DE QUIABO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato do processo de enxertia permitir a alteração da polaridade do biopolímero, tornando-o solúvel em óleo.