

AGRICULTURA

Lubrificante SÓLIDO pode ser alternativa sustentável

Cientistas desenvolvem um produto biodegradável e não tóxico voltado para o uso em equipamentos na dispersão de sementes nos campos. Os compostos atuais mais usados, grafite e talco, podem gerar riscos à saúde e ao ambiente

» RAFAELA LEITE*

A maioria das máquinas agrícolas utilizadas no plantio de sementes requer hoje o uso de algum tipo de lubrificante. "Esses produtos auxiliam no fluxo das sementes pelo sistema das máquinas e evitam danos que podem comprometer tanto a qualidade quanto a germinação. Os lubrificantes mais comuns são o grafite e o talco. Dependendo do tipo de implemento, pode ser recomendada a utilização de ambos", diz o engenheiro agrônomo e especialista em agricultura de precisão Luiz Gustavo Oliveira. Entretanto, os lubrificantes disponíveis comercialmente podem representar uma ameaça aos agricultores, às terras agrícolas e aos polinizadores.

Essa situação levou uma equipe de cientistas da Universidade da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, a desenvolver um novo lubrificante sólido, biodegradável e não tóxico, voltado para o uso em máquinas agrícolas modernas na dispersão de sementes. Além disso, em parceria com cientistas de outras universidades norte-americanas, a equipe produziu um modelo analítico que permite avaliar futuros produtos para essa aplicação. O modelo é baseado na teoria dos grafos (rama da matemática que estuda as relações entre objetos, por meio de estruturas compostas por vértices, ou nós, conectados por arestas, ou ligações). A pesquisa foi publicada na revista *Matter*.

O professor Martin Thuo, do Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade da Carolina do Norte e coautor do estudo, explicou ao *Correio* que o modelo analítico atua como uma ferramenta matemática para entender o fluxo de sementes durante a aplicação do lubrificante. Utilizando imagens do movimento das sementes e um software chamado Structural GT, os pesquisadores conseguiram gerar gráficos que revelaram como o lubrificante interage com o fluxo.

Descoberta e incentivo

Inicialmente, Thuo disse que a equipe aplicou abordagens tradicionais baseadas em atrito. Apesar de conseguirem analisar materiais em camadas, a técnica não funcionou. "Alteramos a química e o tamanho da superfície com algum sucesso, mas

Dhanush Udayashankara Jamadagni, Universidade Estadual da Carolina do Norte



os dados não eram muito coerentes. Foi então que percebemos que o atrito não é o único aspecto que precisa abordar."

Nesse ponto, o grupo de cientistas contou com dois colaboradores, contou o professor: Paul Bogdan, especialista em matemática de sistemas complexos da Universidade do Sul da Califórnia; e Nick Kotov, especialista em teoria dos grafos e partículas compostas da Universidade de Michigan. "Juntos, descobrimos que o comportamento coletivo (rede) é o aspecto-chave que precisa ser gerenciado." Dessa forma, "a teoria dos grafos tornou-se central para o nosso projeto, e foi então que avaliamos claramente propriedades como razão de aspecto e percolação, levando à criação do novo material", afirmou.

Thuo revelou preocupações e afirmou que, "como professor em um estudo com forte presença agrícola, tive o privilégio de perceber que muitos agricultores até hoje utilizam talco, frequentemente contaminado com amianto, uma

Para saber mais

Avaliação rápida

O professor da Universidade da Carolina do Norte Martin Thuo afirma que está produzindo o lubrificante, junto à equipe, há cerca de oito anos, seis dos quais sem o modelo analítico. "Uma vez que o sistema foi desenvolvido, foi possível acelerar a avaliação e eliminar muitos materiais que apenas pareciam promissores." Segundo o professor, o grupo notou, contudo, que esses insumos não apresentavam as propriedades gráficas esperadas em fluxo prolongado.

"Tivemos que eliminar mais de dez materiais potenciais graças a esse modelo. A capacidade de obter os gráficos nos permite extrapolar o comportamento de um simples conjunto 2D de sementes para o trator em questão de dias, em oposição à escala sequencial de um sistema 2D para um pequeno recipiente, para um sistema de dosagem de sementes e, eventualmente, para o campo", diz Thuo.

substância classificada como provável cancerígena pela Organização Mundial da Saúde (grupo 2A). Isso mesmo após sua proibição e o grande acordo judicial envolvendo a Johnson & Johnson".

O pesquisador disse que ficou

ainda mais surpreso ao analisar um novo produto promovido pela Bayer, o chamado "agente de fluência avançado". Segundo ele, a substância nada mais é do que um microplástico, especificamente um pó fino de polietileno. "Fiquei chocado

ao descobrir que se trata de um microplástico. Esse produto ainda é amplamente utilizado na agricultura e nunca passou por testes conclusivos sobre sua toxicidade para seres humanos ou para o meio ambiente. Isso representa um risco direto aos agricultores e, potencialmente, aos consumidores", alertou.

Questionado sobre as diferenças

entre os lubrificantes tóxicos atualmente utilizados e o novo material desenvolvido, Thuo destaca dois principais aspectos. O primeiro está relacionado à melhor distribuição das sementes; o segundo, ao mecanismo de funcionamento. "Enquanto o talco e os agentes de fluência à base de microplásticos percorrem uma coluna de sementes (percolação), o novo material, devido às diferenças no tamanho das partículas e na química de sua superfície, consegue se dispersar de maneira mais eficiente entre as sementes. Além disso, enquanto os lubrificantes convencionais têm como foco principal a

redução do atrito, observamos que, na verdade, a interrupção dos pontos de contato, atuando como disruptores de rede, é ainda mais importante", explicou.

Benefícios

Segundo o professor, o material é derivado da celulose, um produto vegetal disponível globalmente, mais fácil de processar e biodegradável. A engenharia do tamanho do pó lubrificante para uma alta proporção de aspecto significa que ele não representa um risco respiratório, ao contrário do agente de fluência microplástico ou do talco (amianto). "Em testes de laboratório e de campo com sementes de milho e soja, o lubrificante obteve desempenho cinco vezes superior ao talco e 25 vezes melhor que os microplásticos. Resultados ainda mais expressivos foram observados com sementes menores, como as de mostarda e canola, e em ambientes úmidos", disse Thuo.

Esse bom desempenho se deve à estrutura da celulose e às partículas hidrofóbicas: enquanto a água presente no ar é absorvida pela celulose, evitando que as sementes grudem, as fibras incham e se tornam mais macias, liberando a água sob pressão durante o movimento nas máquinas, o que reforça o efeito lubrificante. O novo material, com toxicidade comparável à de um pedaço de papel, também não é prejudicial ao solo ou aos animais, pois os pesquisadores o testaram em minhocas e plantas e não observaram interferência no crescimento delas. "Ele também se biodegrada no solo, ao contrário do agente de fluência microplástico", reforça Thuo.

Sobre a necessidade de um treinamento especializado dos lavradores para usar a substância, o pesquisador respondeu que, "os agricultores dispersam os materiais como fazem com os lubrificantes de sementes atuais. A única coisa que precisam fazer é ajustar a dosagem com base no nível de umidade, já que o lubrificante absorve a umidade do reservatório e é superlubrificante". Já sobre o custo do material, ele conclui que o produto é mais acessível do que os agentes de fluência de microplásticos, pois o talco é extraído.

* Estagiária sob a supervisão de Lourenço Flores

MINÚSCULOS E MUTÁVEIS

Metabots são futuro da robótica sem motores

Pesquisadores da Universidade Estadual da Carolina do Norte (NC State), nos Estados Unidos, anunciam a criação de uma nova classe de robôs leves e reconfiguráveis, capazes de se locomover e realizar tarefas simples sem a utilização de motores.

Os dispositivos, chamados de "metabots", são construídos a partir de folhas finas de polímero que podem assumir centenas de formas estáveis diferentes, funcionando por meio de materiais que respondem a estímulos elétricos ou magnéticos. O estudo foi publicado na revista científica *Science Advances* e contou com financiamento da National Science Foundation (NSF).

"Metabots são um novo tipo de robô flexível feito de metaestruturas multiestáveis, conchas finas e leves que podem se encaixar entre diversas formas estáveis. Ao contrário dos robôs convencionais, que dependem de motores e engrenagens, os metabots armazenam energia dentro de sua estrutura flexível", explicou ao *Correio* Caizhi Zhou, engenheiro, doutorando da NC State e autor principal da pesquisa. De acordo com ele, ao aplicar sinais externos simples, como um campo magnético ou voltagem, os "minirrobôs" mudam rapidamente de forma e usam essa transformação para se mover, agarrear ou pular.

Estrutura e potencial

Conforme descrito no artigo, os metabots são formados por folhas conectadas que, embora planas em seu estado inicial, podem se dobrar de maneira controlada para assumir até 256 configurações diferentes. Essa capacidade multiforme é resultado do design das chamadas metaestruturas de casca fina (thin shell), projetadas para apresentar estados mecânicos estáveis alternativos.

A movimentação do modelo é gerada por vibrações controladas,

produzidas a partir de materiais piezoeletricos incorporados às folhas. Dependendo da frequência e da tensão elétrica aplicadas, o robô pode girar, pular ou rastejar, além de manipular pequenos objetos e adotar diferentes "poses", que se mantêm sem consumo de energia.

Quando acionado, o metabot muda de forma, liberando ou absorvendo energia elástica previamente armazenada. Por se tratar de estados estáveis, ele também pode retornar à configuração anterior repetidas vezes, como uma mola que se recupera. Para Zhou, essa abordagem inaugura

uma nova forma de movimento robótico, dispensando motores tradicionais e explorando a própria mecânica do material para gerar ação.

Como o design é baseado em folhas finas e padrões, ele pode ser ampliado ou reduzido. Metabots menores podem ser usados para tarefas minimamente invasivas, enquanto os maiores podem operar em ambientes mais amplos. Embora a pesquisa ainda esteja em fase inicial, os autores destacam o potencial de uso dos metabots em cenários que exigem dispositivos compactos, leves e energeticamente eficientes, como missões

espaciais ou ambientes de difícil acesso. A tecnologia fundamental está pronta, mas aplicações práticas exigem maior integração com sensores,

Palavra de especialista

Longo percurso pela frente

"Acho que há muita coisa interessante sendo feita nessa área, mas hoje ainda é um campo muito conceitual, muito voltado à pesquisa e ao laboratório. Ainda há bastante espaço para evolução, embora seja um tema extremamente promissor. No congresso Sprint Robotics 2025, em Amsterdã, na Holanda, vi que havia três trabalhos finalistas, dois deles com aplicações bem atuais voltadas à inspeção de tubulações, e um sobre metabots. Ou seja, a indústria já está atenta a isso, mas ainda existe um longo caminho a ser percorrido.

As aplicações fora da medicina provavelmente vão surgir antes, por questões regulatórias. No entanto, ainda há necessidade de um grande investimento e desenvolvimento em



áreas como materiais, baterias e inteligência artificial embarcada. Estamos falando de chips que estarão dentro dos metabots para processar dados, além de sensores que permitirão maior percepção do ambiente e tomada de decisão autônoma. Esse é um desafio que ainda exige tempo e pesquisa até que possamos dizer que existe, de fato, um produto pronto para uso industrial, seja em operações de busca e resgate, seja em outras aplicações. As aplicações médicas, acredito, continuam sendo as mais complexas."

MARCELO BECKER, professor da Escola de Engenharia de São Carlos e coordenador do Centro de Robótica da Universidade de São Paulo (USP)

controle preciso e testes de segurança. "Dependendo da aplicação, estimamos que isso pode levar vários anos", concluiu Zhou. (RL)