



O projeto da superplanta

A cana-de-açúcar do futuro deverá produzir o dobro, armazenar mais açúcar numa estrutura mais facilmente degradável, resistir a doenças e herbicidas, precisar de menos água para crescer e ser adaptada a um clima mais quente e a um ar com mais gás carbônico (CO₂). Possivelmente, também servirá como uma fábrica de substâncias que não produz normalmente. Pelo menos no que depender dos pesquisadores que se reuniram em março na sede da FAPESP, em São Paulo, durante o *workshop* Bioen on Sugarcane Improvement (apresentações disponíveis em www.fapesp.br/bioen). “O futuro parece empolgante e as perspectivas luminosas”, disse otimista o norte-americano Paul Moore, radicado há 42 anos no Havaí e um dos ícones da ciência da cana-de-açúcar. A realidade, porém, indica que há um longo caminho a percorrer antes de chegar à cana-de-açúcar ideal.

Os prognósticos desse pesquisador do Centro de Pesquisa Agrícola do Havaí, caso se concretizem, têm consequências de peso. Para os especialistas, uma cana mais eficiente é uma contribuição importante para a luta contra o aquecimento global, o desmatamento e a poluição atmosférica. Também poderá fazer frente à crise energética causada por limitações ao uso de derivados de petróleo e pelo aumento da população no planeta.

Moore contou que hoje vários fatores limitam a produtividade da cana-de-açúcar: características do solo, doenças, insetos e clima. Se todas as condições estiverem perfeitas, o que estabelece um limite para a produtividade da planta é sua própria fisiologia: a cana só consegue armazenar cerca de 6% da energia solar que incide sobre ela. Mesmo assim, a produtividade em condições experimentais não passa de

Especialistas
discutem caminhos
para o melhoramento
da cana-de-açúcar

MARIA GUIMARÃES

metade desse potencial teórico, o que indica que seria possível aumentar a capacidade de produção melhorando as condições de cultivo. Para ele, o ideal é ir além: pensar simultaneamente nos parâmetros ambientais e nos limites intrínsecos da planta, entender como ela funciona desde os genes até as relações com o ambiente externo e, quem sabe, aumentar inclusive a produtividade máxima. Uma tarefa gigantesca, mas ele se diz otimista porque acompanhou os avanços científicos das últimas décadas. “Quando comecei minha carreira no Havaí, há 42 anos, não se sabia nada sobre os genes da cana. Não se sabia nem como estudar um genoma tão complexo. Demos muitos passos desde então”, afirmou.

Rosanne Casu, da Organização Australiana de Pesquisa Científica e Industrial (Csiro), e Derek Watt, do Instituto de Pesquisa para o Açúcar da África do Sul (Sasri), concordam. Eles participaram de alguns dos primeiros esforços para desvendar o DNA da cana, cujos resultados foram incluídos num banco internacional de dados genéticos (GenBank) entre 1996 e 1998 pela África do Sul, e pela Austrália e pelo Brasil (com o projeto Sucest, financiado pela FAPESP) em 2003.

Passados alguns anos dos projetos de sequenciamento dos genes expressos da cana-de-açúcar, ainda está longe de ser possível dizer que se conhece a genética dessa planta. “Ainda estamos encontrando genes e tentando descobrir a função de cada um deles”, conta Rosanne. Os pesquisadores usam genomas mais conhecidos de plantas aparentadas, como o do arroz e do sorgo, como base. Mas a cana tem um genoma bem mais complicado, com cerca de dez cópias de cada gene em vez das duas habituais na maior parte dos organismos



Jovens brilhantes vão conseguir proporcionar um diálogo entre geneticistas e fisiologistas, e fazer

multicelulares. “E alguns genes da cana não têm similares em outras plantas”, completa.

Descrever o genoma não é um objetivo em si. A pesquisadora australiana usa essa informação para entender por que a planta jovem de cana-de-açúcar armazena pouco açúcar. Rosanne descobriu que genes relacionados ao transporte de açúcar para dentro das células são mais ativos nas partes maduras do talo do que na parte jovem, o que explica o maior teor de açúcar na base da planta. Entender em detalhes esse aspecto do metabolismo pode algum dia permitir manipular esses genes para induzir a planta a armazenar açúcar em uma porção mais ampla do talo.

Mas armazenar mais açúcar na planta inteira pode ser inviável. Derek Watt tenta desvendar a relação entre a fotossíntese, com que as folhas transformam energia solar em biomassa vegetal, e o acúmulo de açúcar: por que a cana armazena menos nas partes jovens da planta? Em um experimento, seu grupo impediu que o açúcar produzido nas folhas fosse transportado

para outras regiões da planta, criando ali uma concentração artificial de açúcar. O resultado foi uma inibição dos genes responsáveis pela fotossíntese – que Watt, em colaboração com vários colegas, agora busca mapear com mais detalhe. Por enquanto, o geneticista sul-africano não pensa em como aplicar esse conhecimento: para ele, trata-se de pesquisa básica do mais alto nível e interessante por si só.

Entender esse equilíbrio fisiológico entre açúcar e fotossíntese é imprescindível antes que se possa pensar em manipulações. Dada a complexidade genética, bioquímica e fisiológica da maior parte das características da planta, Rosanne e Watt concordam que o primeiro avanço no melhoramento da cana-de-açúcar será na resistência – a doenças, aposta ela, ou a herbicidas, de acordo com ele. Uma dificuldade em desenvolver novas variedades está no tempo que o processo demora. Segundo Glaucia Souza, do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP) e coordenadora do Programa Bioen da FAPESP, as ferramentas gené-

ticas podem reduzir o prazo de seleção de novas características nas plantas, que agora demora por volta de 12 anos.

Mesmo assim, não será simples. Os programas de melhoramento inserem alterações genéticas em plantas de cana, mas não há como conduzir essas alterações para genes específicos. Em seguida é preciso cultivar as plantas e esperar que se desenvolvam e as características se tornem aparentes. Conhecer os genes responsáveis pelas transformações desejadas na cana – como resistência a doenças ou à seca – pode permitir a seleção de plantas antes mesmo que cresçam. Glaucia está justamente descrevendo as diferenças na atividade genética – o chamado transcriptoma, mapa dos genes ativos – entre plantas que crescem em canaviais irrigados e outras submetidas à falta de água, ou estresse hídrico. Segundo ela, produzir plantas resistentes à seca é essencial no Brasil, onde 65% das terras disponíveis para plantar cana são pastagens onde há uma estação seca prolongada. Quando a intenção é produzir energia, não basta se limitar a entender a reação da planta à falta de água. Glaucia pretende integrar a rede de genes ligados ao uso da água e ao acúmulo de açúcar, um estudo de grandes dimensões que exigirá muito tempo (e dinheiro) até produzir resultados. Terá ajuda do Consórcio Internacional para o Sequenciamento do Genoma da Cana, de que participam Brasil, Austrália, Estados Unidos, África do Sul e França.

Transgênica - Boa parte da manipulação genética do Programa Bioen acontece no laboratório da engenheira agrônoma Helaine Carrer, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da USP. Para obter cana transgênica, sua equipe bombardeia as células da cana-de-açúcar com minúsculas esferas de ouro revestidas de fragmentos de DNA ou as infecta com bactérias capazes de inserir genes de interesse na cana. Uma das alterações



MIGUEL BOYAYAN

com que esse campo de pesquisa avance bastante depressa

em que vem trabalhando é inserir um gene que interfere na morte celular programada, a apoptose, em situação de estresse. Já conseguiu produzir plantas com raízes fortes e mais tolerantes a condições de estresse; agora está analisando se as plantas continuam vigorosas mesmo quando há pouca água. Falta tornar o processo mais eficiente para ver se funciona nos canaviais. Helaine vai além em seus planos de controlar os genes da cana. A planta cresce depressa, é eficiente em fixar carbono atmosférico, produz grandes quantidades de biomassa e tem um sistema desenvolvido para armazenar substâncias. Tudo isso a torna uma promissora biofábrica, que pode produzir plásticos biodegradáveis ou outras substâncias. “Mas ainda não conseguimos fazer com que produza uma quantidade satisfatória desses compostos”, conta.

Por mais que pesquisadores dominem técnicas de alterar o material genético, até agora a cana os tem vencido nessa batalha: de alguma maneira, no campo a planta consegue inibir a atividade dos genes inseridos. Os genes podem estar inseridos no genoma da cana, mas é como se estivessem amarrados e amordaçados. Por isso o engenheiro agrônomo João Carlos Besspalhok, da Universidade Federal do Paraná, acredita que em menos de cinco anos não se chegará a uma cana transgênica comercial. Ele faz parte da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento Sucroalcooleiro, a Ridesa, que reúne 11 universidades federais no país todo e tem metade da área dos canaviais brasileiros à sua disposição para estudos.

“Já foram produzidos milhares de linhagens transgênicas, mas nenhuma se tornou comercial”, contou o australiano Robert Birch, da Universidade de Queensland. Ele tem estudado os artifícios da cana para silenciar genes estranhos, e diz ter chegado a regras de desenho de genes que superam essa dificuldade. Mas, por questões de patentes, não contou quais são as regras.

“Não acredito que eu seja o único a ter obtido esse tipo de sucesso; provavelmente outros pesquisadores também conseguiram mas ainda não podem contar”, disse. De toda maneira, ele espera em breve publicar o seu método, que poderá ser usado em qualquer laboratório de biotecnologia. As técnicas de Birch, uma sumidade mundial no que diz respeito à engenharia genética em cana-de-açúcar, já lhe permitem sugerir uma maneira interessante de aumentar a quantidade de açúcar armazenado pela planta: introduzir um gene que transforma a sacarose, açúcar natural da cana, em um tipo de açúcar que a planta não reconhece – e assim continua a produzir e armazenar além do limite normal.

Adaptada - Não se trata só de inventar uma cana-de-açúcar diferente da natural. O canadense Rowan Sage, da Universidade de Toronto, mostrou que é preciso entender os processos bioquímicos que limitam a fotossíntese no ambiente de interesse. Em cada lugar a planta se comporta de maneira diferente, e além disso o clima está se alterando depressa demais para que a seleção natural possa agir. Ele descobriu que a enzima rubisco, essencial na fotossíntese, é produzida em excesso quando as temperaturas são mais altas e as concentrações de gás carbônico maiores – condições que estão se tornando mais comuns em diferentes partes do mundo em consequência das mudanças climáticas globais. Por isso, nessas condições, ele sugere usar engenharia genética para limitar a produção de rubisco, economizando nitrogênio que poderia ser direcionado para outras funções da planta, como aumentar a produtividade de biomassa. “E aumentar a produção de cana sem alterar a área plantada é um grande serviço prestado à preservação do ambiente”, completa Sage.

O aumento de fotossíntese diante dos crescentes teores de gás carbônico

na atmosfera é um dos assuntos favoritos do biólogo Marcos Buckeridge, professor da USP e um dos coordenadores do Bioen, que verificou que a fotossíntese da cana é mais eficiente em altas concentrações de CO₂ (ver Pesquisa FAPESP nº 157). Desta vez ele falou sobre outro aspecto da fisiologia da cana: os efeitos do hormônio giberelina nas células da planta. Buckeridge mostrou que a giberelina estimula a multiplicação e depois o alongamento das células da cana, que ganham com isso mais espaço para armazenar a sacarose.

O britânico Graham Bonnet, da Csiro, mostrou que conforme as condições ambientais a planta adota estratégias diferentes na distribuição do carbono que absorve. Ao limitar a irrigação de plantas numa estufa, ele criou uma cana 41% menor, mas que consegue manter boa parte da fotossíntese (81%). Nessas plantas, ele observou que a massa de folhas era 37% menor e a sacarose armazenada 27% maior do que nas plantas de tamanho normal. Ele descobriu também que a cana pode ter um potencial genético para armazenar mais sacarose, e isso pode ser detectado nas folhas quando a planta é ainda bem pequena.

Os dois dias de apresentações científicas se encerraram com o australiano Robert Henry, da Southern Cross University, e Augusto Garcia, da Esalq. O primeiro mostrou como obter um imenso volume de dados genéticos e o segundo apresentou um *software* que desenvolveu para produzir mapas genéticos. Ficou evidente a magnitude da empreitada a que o grupo se propõe ao explorar a genética e a fisiologia da cana-de-açúcar, além das relações entre planta e ambiente. Paul Moore mesmo assim se mostrou otimista: “Há muitos jovens brilhantes que vão conseguir proporcionar um diálogo entre geneticistas e fisiologistas e fazer com que esse campo de pesquisa avance depressa”.