

## MODELO PREDITIVO DE CARBONO PRO CARBONO (MPC)

**UM MODELO GALBRADO PARA AS CONDIÇÕES DE SOLO E CLIMA BRASILEIRAS QUE SIMULA A DINÂMICA DO APORTE E A DECOMPOSIÇÃO DO CARBONO NO SOLO, REDUZ CUSTOS E INCERTEZA ASSOCIADAS À MENSURAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E ASSIM VIABILIZA SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE MRV IMPULSIONANDO PROJETOS DE REMOÇÃO DE CARBONO EM ESCALA PARA A AGRICULTURA TROPICAL**

Luís Gustavo Barioni e Santiago Vianna Cuadra - Embrapa Digital

O modelo preditivo de carbono Pro Carbono (MPC), desenvolvido no âmbito da colaboração técnico e científica entre Bayer e Embrapa, foi idealizado para prever os estoques de carbono no solo utilizando a melhor ciência disponível. Esse modelo possui parâmetros calibrados para a camada de solo de 0 a 30 cm nas condições de solo e clima que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais do Brasil e isso só é possível por dispor do que talvez seja a maior e melhor base de dados primários e secundários disponível atualmente a qual foi construída em colaboração com parceiros. A medida com que o desenvolvimento do modelo MPC avança será possível aplicá-lo e calibrá-lo para outras regiões ao redor do mundo e para camadas de solo mais profundas, chegando a um metro de profundidade.

No contexto brasileiro, há grande limitação com relação à quantidade, padronização e representatividade de dados disponíveis. Para transpor essa barreira alocamos um grande esforço nos últimos meses para construção de bases de dados. Nesse sentido, a primeira calibração do modelo foi realizada com dados de 307 tratamentos de 50 experimentos envolvendo as culturas de soja e milho em todo o território brasileiro, constituindo-se no maior esforço de calibração de modelos da dinâmica de carbono no solo já realizado no Brasil. Em paralelo, a iniciativa Pro Carbono implantou há cinco anos experimentos controlados de longa duração que devem passar a integrar e ampliar essa base de dados de calibração além de 75 experimentos "on-farm" que são acompanhados anualmente e hoje servem para validação das projeções. Ao passar do tempo esses dados devem compor a base de calibração. Ainda, está sendo feito um esforço interno da Embrapa e instituições de pesquisa para agregar bases de dados de experimentos de longa duração, o que deve levar ao ganho de performance do modelo e impulsionar o avanço científico no tema para outro patamar.

Diferentemente dos modelos mais tradicionais disponíveis que são utilizados para compreender a dinâmica do carbono de forma mais ampla, o MPC simula estoques mensuráveis e para isso usa parâmetros identificáveis com dados de campo como os estoques e a variação desses ao longo do tempo (estabilidade do carbono). Além disso já utiliza recursos computacionais de assimilação de dados para ajustar as previsões aos dados monitorados localmente (Figura 1). Esse recurso de assimilação de dados não está presente nos modelos tradicionais apesar de ser bastante maduro em rotinas de simulação, amplamente difundido no mundo e recentemente foi reconhecido por padrões internacionais na temática de carbono como uma alternativa possível de ser aplicada em projetos de remoção de carbono no solo.

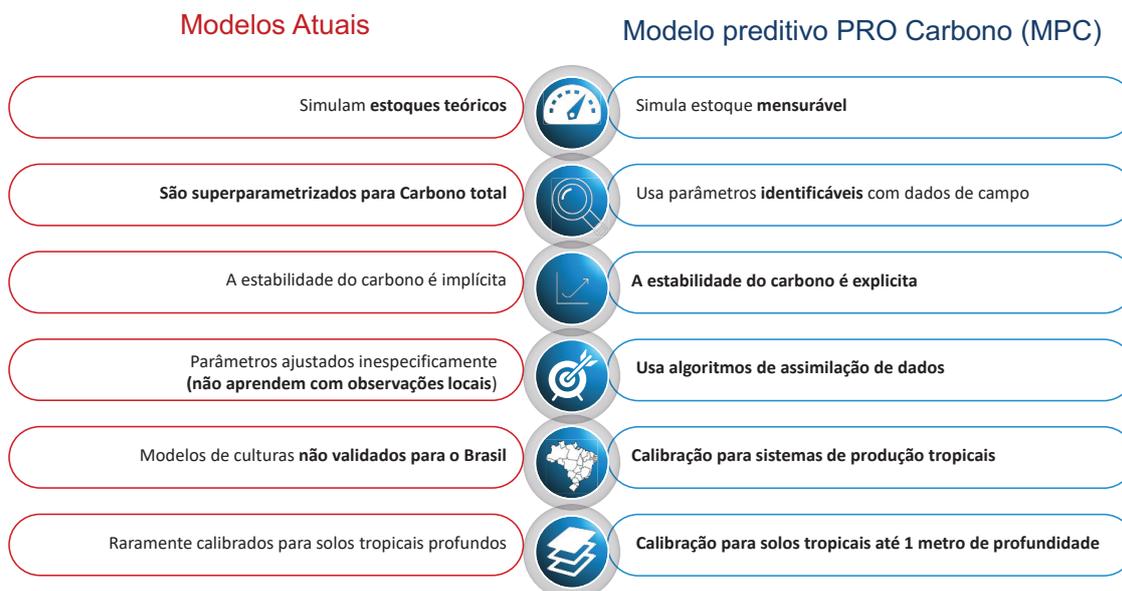


Figura 1. Comparação resumida das principais limitações identificadas nos modelos atuais (à esquerda) e diferenciais do modelo preditivo PRO Carbono - MPC, em desenvolvimento (à direita).

Nesse contexto, cabe salientar que modelos que simulem a dinâmica do carbono no solo são necessários para gerar projeções cada vez mais confiáveis dos estoques de carbono no solo em resposta às diversas alternativas de mudanças de práticas agrícolas. Também são úteis para reduzir o custo de monitoramento, auxiliar na compreensão de resultados de dados obtidos por amostragem física e para promover generalização de resultados de campo e, finalmente, podem ser integrados em sistemas de mensuração, relato e verificação – MRV automatizados e contribuir na tomada de decisão dos produtores visando a escolha de intervenções que levem ao aumento dos estoques ao longo dos anos.

Embora haja grande esforço para aperfeiçoar a capacidade preditiva dos modelos para uso em diferentes regiões do globo, observa-se frequentemente um problema estrutural dos modelos de decomposição do carbono, relacionado ao grande número de parâmetros em relação à poucas variáveis medidas. Isso resulta em baixa capacidade estatística de identificação dos valores com dados de carbono total medidos a campo (superparametrização). Essa superparametrização resulta em dificuldades na generalização das predições, o que é referido como sobreajuste (*overfit*), e também dificulta a aplicação de alguns métodos avançados de correção do modelo em tempo real (i.e. a recalibração do modelo com dados monitorados assim que disponibilizados).

Além das questões da dinâmica da decomposição, os modelos da dinâmica de carbono atuais também apresentam desafios na melhora da capacidade preditiva da produtividade primária e, conseqüentemente, do aporte de carbono, em particular para os sistemas agrícolas brasileiros. Nossos sistemas agrícolas têm características únicas e alta diversidade de cultivos que os diferenciam de outros no globo. Por exemplo, além da grande abrangência dos ambientes de produção no Brasil, que naturalmente são divergentes dos ambientes de clima temperado, nossa agricultura emprega diferentes tipos de rotação, práticas de preparo do solo e manejo de restos culturais, culturas de cobertura, dentre outros.

O MPC envolve o acoplamento de dois modelos componentes: o **C-NPP**, que estima o aporte de carbono ao solo e o **C-DS**, que simula a dinâmica de decomposição e estabilização do carbono no solo. As características centrais dessas ferramentas são a simplicidade, robustez e aptidão para modelagem híbrida com algoritmos “inteligentes”, promovendo maior praticidade e aplicabilidade para a amplitude dos sistemas agrícolas adotados no Brasil.

O desenvolvimento do MPC já está em sua segunda versão e segue em ritmo acelerado com ênfase na construção de bases de dados mais robustas e abrangentes, considerando dados monitorados em fazendas da iniciativa PRO Carbono e experimentos em execução na Embrapa e Universidades Parceiras, aperfeiçoamento da aplicação de algoritmos inteligentes, ajuste do modelo para camadas profundas de até 1 metro de profundidade.