



Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais

Modelo de Uso da Terra para a Agropecuária Brasileira

(Brazilian Land Use Model) – BLUM

BLUM é um modelo econômico dinâmico de equilíbrio parcial, multi-regional e multi-mercados para o setor agropecuário brasileiro composto por dois módulos: *oferta e demanda* e *uso da terra*.

O modelo inclui os seguintes produtos: soja, milho (primeira e segunda safras), algodão, arroz, feijão (primeira e segunda safras), cana-de-açúcar, trigo, cevada, pecuária de leite e de corte, carnes bovina, suína e de frango e ovos. As florestas comerciais são consideradas como projeções exógenas no modelo. Combinadas, estas atividades foram responsáveis por 95% da área total utilizada para a produção agropecuária em 2008.

As “safrinhas” ou culturas de inverno como milho, feijão, cevada e trigo não geram demanda adicional por terra por serem plantadas após uma cultura principal de primeira safra (ou safra de verão). No entanto, a produção destas safras é contabilizada na oferta nacional de cada uma destas lavouras.

Módulo de oferta e demanda

No módulo de *oferta e demanda*, a demanda total por uma atividade é projetada nacionalmente e formada pela demanda doméstica, exportações líquidas (exportações menos importações) e estoques finais (os quais não são considerados para pecuária, carnes e cana-de-açúcar) e respondem a preços e a variáveis exógenas (como PIB, população, taxa de câmbio, entre outras).

A oferta é formada pela produção nacional (a qual é projetada regionalmente) e pelos estoques iniciais (novamente considerados apenas para grãos e seus complexos, açúcar e etanol) e respondem às rentabilidades de cada commodity, as quais dependem de custos, preços e produtividades.

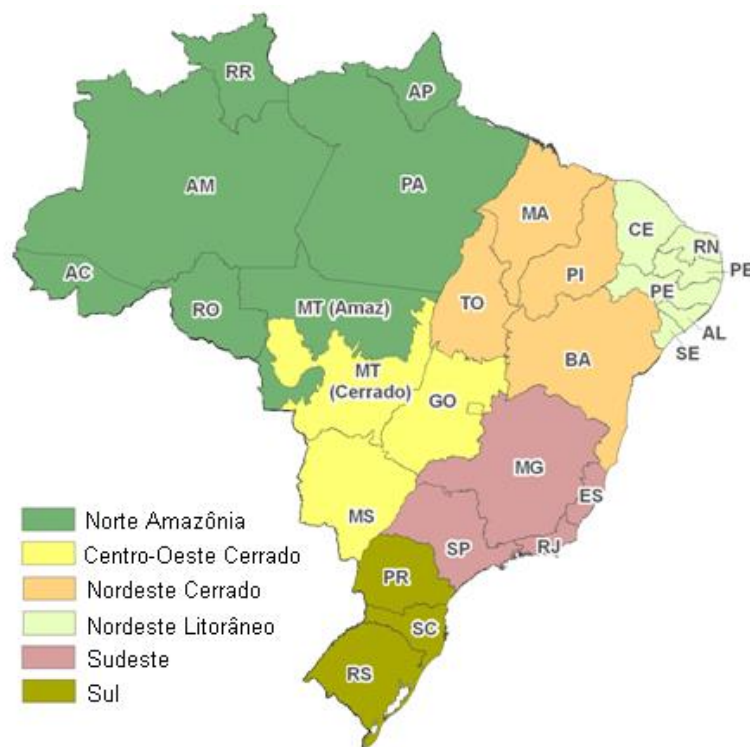
A área total alocada pra agricultura e pecuária é calculada para seis regiões¹, como mostra a Figura 1:

- Sul (estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul);
- Sudeste (estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, e Minas Gerais);
- Centro-Oeste Cerrado (estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e parte do estado do Mato Grosso dentro dos biomas Cerrado e Pantanal);
- Norte Amazônia (parte do estado do Mato Grosso dentro do bioma Amazônia, Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima);
- Nordeste Litorâneo (Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe);
- Nordeste Cerrado (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia).

Oferta e demanda nacional e o uso da terra regional responde a preços. Consequentemente, para um dado ano, o equilíbrio é obtido quando se encontra um vetor de preços que equilibra todos os mercados simultaneamente. Ano a ano uma sequência de vetores de preços é estimada, permitindo avaliar a trajetória dos mercados ao longo do tempo. Os resultados do modelo são: uso da terra regional, produção nacional e regional, preços, consumo e exportações líquidas.

¹ As regiões foram divididas a partir da homogeneidade da produção agrícola e da divisão dos biomas.

Figura 1 – Regiões consideradas no Modelo de Uso da Terra para a Agropecuária Brasileira - BLUM



Fontes: ICONE, IBGE e UFMG.

A área alocada para cada região no módulo de uso da terra é parte da oferta no módulo de oferta e demanda, garantindo a interação entre esses dois módulos e que a seguinte identidade é satisfeita:

$$\text{Estoque inicial} + \text{Produção} + \text{Importações} = \text{Estoque final} + \text{Consumo} + \text{Exportações}$$

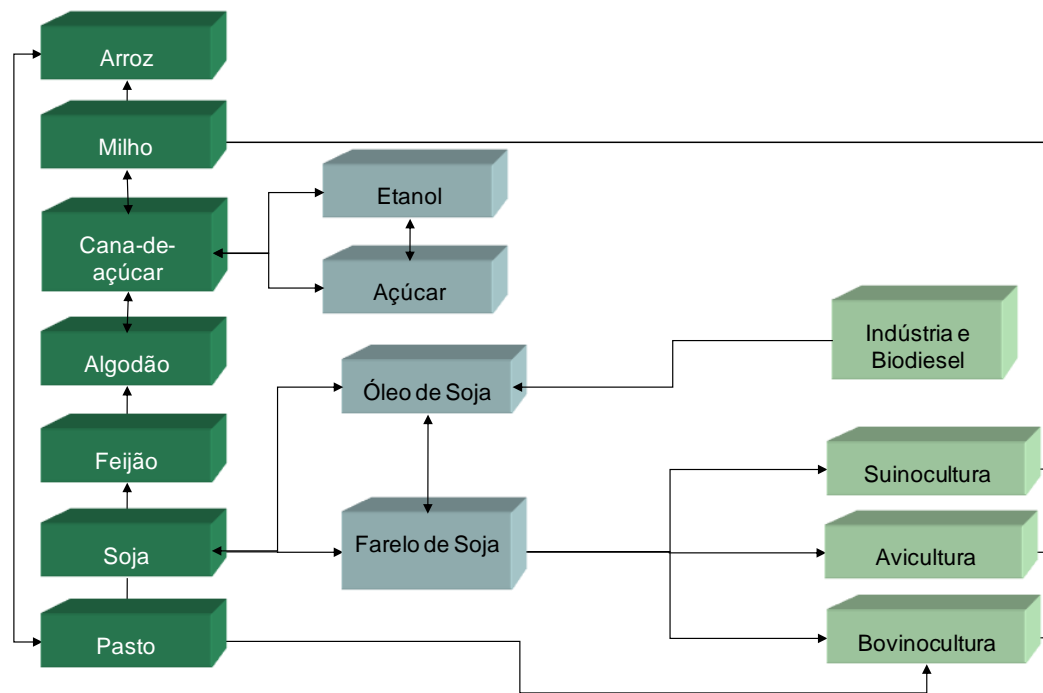
Ou, considerando que *Exportações líquidas* = *Exportações* - *Importações*:

$$\text{Estoque inicial} + \text{Produção} = \text{Estoque final} + \text{Consumo} + \text{Exportações líquidas}$$

O BLUM também considera as interações entre os setores analisados, assim como entre um produto e seus subprodutos. Por exemplo, a relação entre os grãos e a pecuária ocorre a partir do consumo de ração (basicamente milho e farelo de soja) que é função da oferta de carnes, leite e ovos, sendo um componente da demanda doméstica de milho

e soja. No caso do complexo de soja, farelo e óleo de soja são parte da demanda doméstica de soja em grão e são determinados pela demanda por esmagamento. Similarmente, açúcar e etanol são componentes da demanda por cana-de-açúcar (Figura 2).

Figura 2. Interações entre os produtos e setores no BLUM



Fonte: ICONE

Módulo de Uso da Terra

A dinâmica do uso da terra está dividida em dois efeitos: *competição* e *escala*. Intuitivamente, o efeito competição representa como as diferentes atividades agropecuárias competem por uma dada quantidade de terra arável disponível. O efeito escala se refere à maneira pela qual a competição entre as diferentes atividades geram uma necessidade adicional por terra. Esta necessidade é acomodada pela expansão da área total da agropecuária sobre vegetação nativa.

O efeito competição consiste em um sistema de equações que aloca a participação da área agropecuária para cada lavoura e pasto em cada região como função das

rentabilidades (própria e das competidoras). Ele estabelece que, para uma dada quantidade de terra para agropecuária, o aumento na rentabilidade relativa de uma atividade irá resultar em um aumento da participação da área dedicada a esta atividade e reduzir a participação de área de suas competidoras.

As condições de regularidade (homogeneidade, simetria e adicionalidade) são impostas de forma que as matrizes de elasticidades (e seus coeficientes associados) são consistentes teoricamente. Para qualquer conjunto destes coeficientes são calculados os impactos e a competição entre as atividades. Assim, a partir desta estrutura, as simulações realizadas no BLUM nos permite calcular não apenas alocação de terra, mas também mudanças no uso da terra. Em outras palavras, as condições de regularidade permitem identificar a substituição de área para cada atividade, considerando a quantidade total de área alocada para a agropecuária.

Para garantir coerência das condições acima mencionadas, a área de pastagem é regional e endogenamente determinada, mas considerada como sendo a diferença entre a área total alocada para a agropecuária e a área de lavouras. No contexto da agricultura brasileira, é particularmente relevante projetar a área de pastagem tanto endogenamente quanto regionalmente, pois corresponde a, aproximadamente, 77% do total de área utilizada para agropecuária.

Apesar da competição entre as atividades representar a dinâmica das regiões onde a área agrícola é estável e próxima ao potencial arável, esta análise é insuficiente para o Brasil. No caso brasileiro também é necessário analisar a dinâmica das regiões de fronteira agrícola. A história recente da agropecuária brasileira mostra que lavouras, florestas comerciais e pastagens combinadas respondem a incentivos de mercado e contribuem com a expansão da área total alocada para a agropecuária (como pode ser visto em

Nassar et al., 2010²). Isto é captado no efeito escala do BLUM. Este progresso metodológico é essencial para ajustar o modelo às realidades específicas da dinâmica do uso da terra brasileira.

O efeito escala se refere às equações que definem como as rentabilidades das atividades determinam a área total alocada para a produção agropecuária. Mais precisamente, a área total alocada para a agropecuária é uma participação da área arável total disponível em cada região, e responde às mudanças na rentabilidade média da agropecuária.

Os efeitos escala e competição não são independentes. Em conjunto, eles são os dois componentes das elasticidades-retorno próprias de cada atividade. Considerando a condição *ceteris paribus* (tudo o mais constante), o aumento na rentabilidade de uma atividade possui três efeitos: aumento na área total alocada para a agropecuária (a partir do retorno médio), aumento na área alocada para esta atividade (aumento de sua participação no total), redução na participação da área das outras atividades. Ao mesmo tempo, a elasticidade regional do uso da terra (elasticidade-área-retorno total) com relação à rentabilidade média é a soma das elasticidades escala de cada atividade. Assim, as elasticidades de competição podem ser calculadas diretamente após a elasticidade-área total, enquanto as elasticidades próprias (elasticidade-área com relação à rentabilidade da própria atividade) são obtidas a partir de análises econométricas e de revisão de literatura.

² Nassar, A. M.; Antoniazzi, L. B.; Moreira, M. R.; Chiodi, L.; Harfuch, L. 2010a. An Allocation Methodology to Assess GHG Emissions Associated with Land Use Change: Final Report. ICONE, Setembro 2010. Disponível em <<http://www.iconebrasil.org.br/arquivos/noticia/2107.pdf>>.

Equações de uso da terra

No módulo de uso da terra do BLUM, a área a da atividade i de uma região l ($l=1, \dots, 6$) no ano t é definida pela seguinte equação:

$$a_{ilt} = A_l^T * m_{lt} * s_{ilt} \quad (1)$$

A_l^T é a área arável total disponível para produção agropecuária na região l ; m_{lt} é a participação de A_l^T que está sendo utilizado para a produção agropecuária (todas as lavouras e pastagens), e s_{ilt} é a participação da área usada para agropecuária que é dedicada à atividade i . A_l^T é uma variável exógena definida por técnicas de georreferenciamento (SIG).

A variável m_{lt} é endógena no modelo e responde ao índice de retorno (rentabilidade) médio da agropecuária na região l (r_{lt}), sendo a participação da área alocada para agropecuária definida como sendo:

$$m_{lt} = \frac{A_{lt}}{A_l^T} = k r_{lt}^{\alpha_{lt}} \varepsilon_{r_l}^{\alpha_{lt}} \quad (2)$$

Onde k é uma constante; $\varepsilon_{r_l}^{\alpha_{lt}}$ é a elasticidade-oferta de terra (com respeito ao retorno médio) para a região l . O parâmetro α_{lt} é positivo, maior ou menor do que a unidade e pode ser definido como:

$$\alpha_{lt} = 1 - \frac{A_{lt} - A_{l0}}{A_l^T} \quad (3)$$

Onde A_{l0} é a área usada pela agropecuária no período definido como base. Quando a área agropecuária do período t estiver próximo a do período base, α_{lt} será próximo de 1 e não afeta $\varepsilon_{r_l}^{\alpha_{lt}}$. No entanto, se a área da agropecuária no período t for maior do que àquela do período base, então o parâmetro α_{lt} será menor do que a unidade e reduzirá o

efeito de $\varepsilon_{r_t}^{Al}$. O contrário ocorre quando a área alocada for menor do que (A_{lo}), aumentando o efeito da elasticidade-oferta de terra.

A r_{lt} é calculada a partir de evidências que indicam quais atividades se expandem sobre a fronteira agrícola, definida como:

$$r_{lt} = \sum_{i=1}^n r_{it} * d_{li} \quad (4)$$

Onde d_{li} é um vetor de pesos da taxa de desmatamento causado por cada uma das atividades agropecuárias obtidos por imagens de satélite e SIG. O vetor d_{li} é calculado da seguinte forma:

$$d_{li} = \frac{D_{li}}{D_l^T}; \text{ where } D_l^T = \sum_{i=1}^n D_{li} \quad (5)$$

De acordo com Holt (1999), a elasticidade-área (cruzada) da atividade i com relação à rentabilidade das outras atividades j pode ser definida como:

$$\varepsilon_{r_{ij}}^{l,i} = \frac{\partial a_{ilt}}{\partial r_{jt}} \frac{r_{jlt}}{a_{ilt}} = A_l^T \left(\frac{\partial m_l(r_{lt})}{\partial r_{lt}} \frac{\partial r_{lt}}{\partial r_{jt}} s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt}) + m_l(r_{lt}) \frac{\partial s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})}{\partial r_{jt}} \right) \frac{r_{jlt}}{A_l^T m_l(r_{lt}) s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})} \quad (6)$$

Rearranjando tem-se:

$$\varepsilon_{r_{ij}}^{l,i} = \frac{\partial m_l(r_{lt})}{\partial r_{lt}} \frac{\partial r_{lt}}{\partial r_{jt}} \frac{r_{jlt}}{m_l(r_{lt})} + \frac{\partial s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})}{\partial r_{jt}} \frac{r_{jlt}}{s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})} \quad (7)$$

O primeiro termo do lado direito da equação (6) pode ser definido como sendo o efeito escala da elasticidade-área cruzada $\varepsilon_{r_{ij}}^{s_{l,i}}$:

$$\varepsilon_{r_{ij}}^{s_{l,i}} = \frac{\partial m_l(r_{lt})}{\partial r_{lt}} \frac{\partial r_{lt}}{\partial r_{jt}} \frac{r_{jlt}}{m_l(r_{lt})} \quad (8)$$

O efeito competição da elasticidade-área cruzada $\varepsilon_{r_{ij}}^{c_{l,i}}$ refere-se à última parte do lado direito da equação (6):

$$\mathcal{E}_{r_{ij}}^{c_{i,j}} = \frac{\partial s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})}{\partial r_{jlt}} \frac{r_{jlt}}{s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})} \quad (9)$$

Por analogia, a elasticidade-área da atividade i em relação à sua própria rentabilidade é também formada pelos efeitos escala e competição, podendo ser escrita como:

$$\mathcal{E}_{r_{ii}}^{l,i} = \frac{\partial m_l(r_{lt})}{\partial r_{lt}} \frac{\partial r_{lt}}{\partial r_{ilt}} \frac{r_{ilt}}{m_l(r_{lt})} + \frac{\partial s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})}{\partial r_{ilt}} \frac{r_{ilt}}{s_{ilt}(r_{ilt}, r_{jlt})} = \mathcal{E}_{r_{ii}}^{s_{l,i}} + \mathcal{E}_{r_{ii}}^{c_{l,i}} \quad (10)$$

Onde $\mathcal{E}_{r_{ii}}^{s_{l,i}}$ é o efeito escala e $\mathcal{E}_{r_{ii}}^{c_{l,i}}$ é o componente de efeito competição da elasticidade-área da atividade i com relação a seu próprio retorno³.

O componente de competição por terra pode ser calculado como sendo:

$$\mathcal{E}_{r_{ii}}^{c_{l,i}} = \mathcal{E}_{r_{ii}}^{l,i} - \mathcal{E}_{r_{ii}}^{s_{l,i}} \quad (11)$$

Apode-se observar a conexão entre a elasticidade-oferta de terra regional ($\mathcal{E}_{r_l}^{A,l}$) e p efeito escala de cada atividade ($\mathcal{E}_{r_{ii}}^{s_{l,i}}$). A elasticidade-oferta de terra pode ser definida como:

$$\mathcal{E}_{r_l}^{A,l} = \frac{\partial m_l}{\partial r_l} \frac{r_l}{m_l} \quad (12)$$

E, rearranjando:

$$\frac{\partial m_l}{\partial r_l} = \frac{\mathcal{E}_{r_l}^{A,l} m_l}{r_l} \quad (13)$$

A elasticidade em relação à variação do retorno para uma dada atividade i na região l é:

$$\mathcal{E}_{r_{ii}}^{s_{l,i}} = \frac{\partial m_l}{\partial r_l} \frac{\partial r_l}{\partial r_{ii}} \frac{r_{ii}}{m_l} \quad (14)$$

A qual, a partir da equação (14) com alguns cálculos pode ser escrita como sendo:

³ Also explained in Nassar *et al.* (2009) available at <http://www.iconebrasil.com.br/arquivos/noticia/1872.pdf>

$$\varepsilon_{r_{ii}}^{s_{i,j}} = \varepsilon_{r_{ii}}^{A_i} \frac{\partial r_l}{\partial r_{ii}} \frac{r_l}{r_{ii}} \quad (15)$$

A partir da equação (4), a equação (15) pode ser escrita como:

$$\varepsilon_{r_{ii}}^{s_{l,i}} = \varepsilon_{r_{ii}}^{A_l} d_{li} \frac{r_l}{r_{ii}} \quad (16)$$

Usando a equação (15), se a elasticidade-oferta é conhecida, o efeito escala da atividade i pode ser facilmente calculado. Como resultado, o vetor contendo todas as elasticidades do componente de competição $\varepsilon_{r_{ii}}^{c_{l,i}}$ representa a diagonal da matriz de competição (uma para cada região l). Juntamente com outras restrições (como as condições de regularidade e elasticidades cruzadas negativas), os termos da diagonal são, então, utilizados para obter as elasticidades cruzadas na matriz de competição, como representado na equação (9).

Para as lavouras de inverno e de segunda safra, tais como trigo, cevada, milho segunda safra e feijão (parte das segundas e terceiras safras a depender da região), a área e produção alocadas possuem dinâmicas diferenciadas em relação às lavouras de primeira safra apresentadas acima. Considerando o fato de que estas lavouras não competem por terra por serem produzidas após uma safra principal, a área projetada para o milho segunda safra pode ser representada pela seguinte equação:

$$a_{it}^l = \alpha_i^l + \beta_i^l a_{jt}^l + \delta_i^l r_{jt}^l + \varphi_i^l r_{it}^l + \phi_i^l a_{it-1}^l \quad \begin{array}{l} i=\text{milho} \\ j=\text{soja} \end{array} \quad (17)$$

Sendo r_{it}^l a rentabilidade do milho segunda safra, r_{jt}^l é o retorno esperado da soja, a_{jt}^l é a área de soja e a_{it-1}^l é a área alocada para milho segunda safra no ano anterior. Para os parâmetros, tem-se: $\beta > 0$, $\delta > 0$, $\phi > 0$ and $\varphi > 0$.

Para o feijão segunda safra a dinâmica é mais simplificada em relação a do milho, sendo a área projetada dependente apenas de sua própria rentabilidade. No caso do trigo, as projeções de área dependem de seu próprio retorno esperado (positivamente) e

negativamente em relação ao retorno da cevada, pois estes grãos competem entre si por área plantada de inverno. Para a cevada, as projeções dependem de seu próprio retorno e da área plantada do ano anterior.

Modelo de alocação dos resultados do BLUM nas microrregiões brasileiras

O modelo de alocação por microrregiões segue a estrutura do BLUM para o lado da oferta e aloca os impactos de um cenário específico ao nível das microrregiões.

Os resultados do BLUM para área e produção em cada uma das 6 regiões para soja, milho (primeira safra e total), arroz, algodão, feijão (primeira safra e total), cana-de-açúcar, rebanho bovino e pasto são alocados nas 558 microrregiões brasileiras.

A dinâmica do modelo alocação por microrregiões é baseada em duas etapas: primeiro alocar os resultados do BLUM em cada estado e depois distribuindo o resultado do estado para suas respectivas microrregiões.

Alocação dos resultados do BLUM em cada estado

A área total usada pela agricultura (primeira safra e pasto) no BLUM, A_l , é alocada para o nível estadual de forma que:

$$A_{l,t} = \sum A_{s,t} * e_{l,t} \quad l=(1,\dots,6); t = (2011,\dots,2030)$$

Onde $e_{l,t}$ é o fator de correção para cada região l do BLUM em cada ano t para a diferença entre a área estimada pelo modelo de microrregião e o BLUM. De forma geral, este fator é menor que 10%, pois os dois modelos seguem uma estrutura econômica e pressupostos similares. A variável $A_{s,t}$ é a área total alocada para agricultura (primeira safra e pasto) em cada estado s no ano t . Sendo definida pela equação:

$$A_{s,t} = A_s^T * m_{s,t}$$

A_s^T é a área total disponível para expansão agrícola no estado s . Esta variável é exógena, determinada por modelagem de SIG. A variável $m_{s,t}$ representa a parcela da área usada para produção agrícola (primeira safra e pasto). Ela é endógena ao modelo e responde a receita média do mercado agrícola (determinada pelo preço e produtividade) do estado s , de forma que a parcela de área alocada para agricultura em cada estado pode ser definida como:

$$\Delta m_{s,t} = \frac{A_{s,t}}{A_s^T} = \Delta r_s^{\alpha_{s,t} \varepsilon_{\eta}^{A_l}}$$

Onde $A_{s,t}$ é a área total alocada para agricultura (primeira safra e pasto) em cada estado s no ano t ; A_s^T é a área total disponível para expansão agrícola no estado s . Na segunda parte da equação, $\varepsilon_{\eta}^{A_l}$ é a elasticidade de oferta de terra para cada região l do BLUM e $\alpha_{s,t}$ é um parâmetro positivo definido como:

$$\alpha_{s,t} = 1 - \frac{A_{s,t} - A_{s,0}}{A_s^T}$$

Onde $A_{s,0}$ é a área usada para agricultura em um período base. Quando a área agrícola no ano t é próxima da área agrícola no período base, $\alpha_{s,t}$ é próxima de 1, tendo pequeno efeito sobre $\varepsilon_{\eta}^{A_l}$. Porém, se a área agrícola em t é maior do que no período base, o parâmetro $\alpha_{s,t}$ é menor que 1, reduzindo o efeito de $\varepsilon_{\eta}^{A_l}$. O contrário também pode ocorrer.

$r_{s,t}$ é a receita média de cada estado e é calculada através de evidências que indicam qual atividade i mais expandiu na fronteira agrícola e é definida como:

$$r_{s,t} = \sum_{i=1}^n r_{i,t} * d_{l,i} \quad s=(1,\dots,6)$$

Onde d_{li} é um vetor de ponderação de taxa de deflorestamento causada pela atividade agrícola obtida por imagem de satélite e modelada por SIG para cada região BLUM, isto é, para cada estado e microrregião nós usamos o vetor de ponderação de sua respectiva região BLUM, com o descrito na metodologia do BLUM.

A oferta regional e a demanda nacional para cada atividade no Brasil é exógena e determinada pelo BLUM. A soma das áreas dos estados, $a_{i,s,t}$, para cada cultura i e ano t é igual a área de sua respectiva região ($a_{i,l,t}$), isto é

$$a_{i,l,t} = \sum_{s=1}^n a_{i,s,t} * e_{i,t}$$

Onde $e_{i,t}$ é um fator de ajuste.

Seguindo a estrutura do BLUM, a área a da cultura i para o estado s no ano t é determinada pela equação:

$$a_{i,s,t} = A_{s,t} * S_{i,s,t}$$

Onde $S_{i,s,t}$ é parcela da área usada pela agricultura que é dedicada a cultura i no estado s e por sua vez, é determinada pela seguinte equação:

$$S_{i,s,t} = S_{i,s,t-1} * \sum_{j=1}^n \Delta r_{i,j,s} * \mathcal{E}_{r,i,j}^{s,i}$$

Similar ao BLUM a elasticidade cruzada de área da cultura i com respeito a receita de outra cultura j é definida como:

$$\mathcal{E}_{r_s,j}^{s,i} = \frac{\partial m_s(r_{s,t})}{\partial r_{s,t}} \frac{\partial r_{s,t}}{\partial r_{j,s,t}} \frac{r_{j,s,t}}{m_s(r_{s,t})} + \frac{\partial S_{i,s,t}(r_{i,s,t}, r_{j,s,t})}{\partial r_{j,s,t}} \frac{r_{j,s,t}}{S_{i,s,t}(r_{i,s,t}, r_{j,s,t})}$$

O primeiro termo da equação é definido com efeito escala da elasticidade cruzada da área $\mathcal{E}_{r_s,j}^{s,i}$ e o segundo termo é o efeito competição escala da elasticidade cruzada da área

$$\mathcal{E}_{r_s,j}^{c,s,i}$$

A produção para cada estado e cultura é um resultado da área e produtividade, sendo a última projetada como:

$$y_{i,l,t} = \sum_{m=1}^n \frac{y_{i,s,t} * a_{i,s,t}}{A_{l,i,t}} * e_{l,i,t} \quad s \in l; l=(1, \dots, 6)$$

Onde $y_{i,l,t}$ é a produtividade da cultura i no estado s no ano t e $e_{l,i,t}$ é um fator de correção para cada região BLUM l para a diferença entre a produtividade da cultura em cada região e ponderada pela soma da produtividade nos estados.

Alocação dos resultados dos estados em cada microrregião

Na segunda etapa do modelo de alocação, as microrregiões diferenciam-se uma das outras por seus preços e produtividade. Basicamente, a relação direta entre a microrregião e sua respectiva região BLUM é o vetor de preços de equilíbrio para cada atividade considerada em cada ano.

Os preços projetados para cada microrregião e cada atividade seguem a variação de sua respectiva região BLUM. A produtividade de cada microrregião é uma função linear da produtividade de seu respectivo estado e a produção é um resultado da área multiplicada pela sua produtividade.

A área agrícola total de cada estado é alocada em suas respectivas microrregiões de forma que:

$$a_{s,i,t} = \sum_{m=1}^n a_{i,m} * e_{s,i,t} \quad s = (1, \dots, 26) \text{ and } m \in s$$

Onde $a_{i,m}$ é a área alocada para atividade i na microrregião m e $e_{s,i,t}$ é o fator de correção para cada estado para a diferença entre a área do estado e a soma da área de suas microrregiões.

A área alocada para cada cultura em cada microrregião, $a_{i,m,t}$, segue a estrutura do estado ao qual faz parte e é definida por:

$$a_{i,m,t} = A_m^T * m_{m,t} * s_{i,m,t}$$

Onde A_m^T é a área total disponível para produção da agricultura na microrregião m , determinada exogenamente. A variável $m_{m,t}$ representa a parcela da área usada para produção da agricultura (primeira safra e pasto) para cada microrregião m e $s_{i,m,t}$ é a parcela da área utilizada pela agricultura que é dedicada a cultura i na microrregião m , sendo definida por:

$$s_{i,m,t} = s_{i,m,t-1} * \sum_{j=1}^n \Delta r_{i,j,m} * \varepsilon_{r,i,j}^{s,i}$$

Onde $\varepsilon_{r,i,j}^{s,i}$ é a mesma elasticidade cruzada de área para cultura i com respeito a receita de outra cultura j calculada para o estado s .

A produção de cada atividade em cada microrregião é um resultado da área multiplicada pela produtividade. Esta por sua vez, é uma função linear da produtividade do estado, de forma que:

$$y_{s,i,t} = \sum_{m=1}^n \frac{y_{i,m,t} * a_{i,m,t}}{A_{s,i,t}} * e_{s,i,t} \quad m \in s; s=(1, \dots, 27)$$

Onde $y_{i,m,t}$ é a produtividade da cultura i na microrregião m no ano t e $e_{s,i,t}$ é o fator de correção para o estado para a diferença entre a produtividade para cada cultura em cada estado, ponderada pela produtividade das microrregiões.

Em resumo, o modelo de alocação na microrregião é uma ferramenta econômica que distribui a oferta e a área usada pelo setor agrícola, considerando padrões históricos e especificações regionais.

Aplicações Principais

Os resultados obtidos pelo BLUM e pelo modelo de microrregião são projeções de longo prazo, em nível nacional, para demanda doméstica, exportações líquidas, estoques, preços e, em nível regional, para área plantada, área de pastagens, produção,

produtividade, rebanhos bovino e suíno estratificados. O modelo é uma ferramenta que permite avaliar, quantitativamente, a mudança no uso da terra e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) a partir do crescimento da demanda por alimentos, biocombustíveis e fibras.

Periodicamente, serão gerados cenários de base e podem ser simulados diversos cenários alternativos, tanto a partir de diferentes cenários macroeconômicos (alterando variáveis exógenas ao modelo), quanto por diferentes cenários tecnológicos e de demanda doméstica ou exportações para um ou mais produtos (mudando variáveis endógenas ao modelo).

Além disso, o modelo pode simular a resposta do setor agropecuário brasileiro a projeções de preços internacionais. Desse modo, o modelo BLUM pode ser utilizado como ferramenta para diversas finalidades e análises para os formuladores de políticas públicas, setor privado e comunidade científica internacional.

Para o setor privado podem ser feitas diversas simulações com diferentes cenários de forma a servir como ferramenta para definir o planejamento estratégico de longo prazo e para a tomada de decisão em investimentos. A partir dos resultados do modelo pode-se estimar a demanda por fertilizantes, defensivos e por máquinas e equipamentos agrícolas, definir a localização e capacidade de produção de plantas industriais em função das estimativas de produção agropecuária regional e a tecnologia a ser adotada, decisões ligadas ao comércio internacional, políticas privadas relacionadas à sustentabilidade, avaliar os impactos de políticas agropecuárias e ambientais sobre o agronegócio brasileiro, entre diversos outros.

Para o setor público, os resultados das projeções de longo prazo servem para formulação de políticas agroindustriais ligadas à infraestrutura (em especial em logística), a investimentos em educação rural regionalizada, em pesquisas e em tecnologia (podendo

ser simulados diversos cenários tecnológicos), aos impactos ambientais da expansão da agropecuária, às mudanças climáticas, ao crédito agropecuário, à legislação ambiental, à segurança alimentar, aos incentivos regionais de desenvolvimento agropecuário, às negociações internacionais, à sustentabilidade, entre outras.

Por fim, devido ao fato do modelo apresentar resultados de alocação de área em diferentes regiões e que cada uma delas está situada predominantemente em um bioma, pode-se determinar o tipo de vegetação natural convertida para agropecuária. Isso significa que o modelo é capaz de projetar qual tipo de vegetação nativa será convertida, caso seja estimado um incremento de área total utilizada pela agropecuária. A desagregação das regiões e a incorporação de áreas de pastagens no modelo são diferenciais extremamente importantes em relação aos outros modelos econômicos de projeções existentes e pode melhorar significativamente a robustez e precisão das análises dos efeitos diretos e indiretos do uso da terra e, assim, dos cálculos de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Principais publicações utilizando BLUM e modelo de alocação

NASSAR, A. M.; COSTA, A. C. P.; MACÊDO, F. S.; HARFUCH, L. (coord). **Outlook Brasil 2022: Projeções para o Agronegócio**. São Paulo: FIESP/ICONE, 2012. Disponível em: <http://www.iconebrasil.org.br/arquivos/noticia/2435.pdf>

De GOUVELLO; C. (autor principal). **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**. Washington: Banco Mundial, 2010, 270 p. Disponível em: http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1276778791019/Relatorio_Principal_integra_Portugues.pdf

Economic and Environmental Impacts of PPCerrado Policy using the Brazilian Land Use Model - BLUM. HARFUCH, L.; MOREIRA, M. M. R. Latin American and Caribbean Environmental Economics Program – LACEEP, Policy Brief n. 35, Fev. 2012. Disponível em: <http://www.laceep.org/publications/policy-briefs/item/131-economic-and-environmental-impacts-of-ppcerrado-policy-using-the-brazilian-land-use-modelblum>

Simulating Land Use and Agriculture Expansion in Brazil: Food, Energy, Agro-industrial and Environmental Impacts. NASSAR, A. M.; HARFUCH, L.; MOREIRA, M. M. R.; CHIODI-BACHION, L.; ANTONIAZZI, L. B.; LIMA, R.C.A. Sao Paulo: ICONE, Programa BIOEN-FAPESP, Fev. 2011. Disponível em: <http://www.iconebrasil.org.br/arquivos/noticia/2256.pdf>.