

INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE NO USO DA TERRA: O POTENCIAL DE VIABILIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SOJA NA AMAZÔNIA LEGAL DEVIDO AO DESENVOLVIMENTO DA INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES

*Fabiano Guimarães Costa¹
José Vicente Caixeta-Filho²
Eugênio Arima³*

RESUMO

O governo brasileiro tem proposto grandes projetos de infra-estrutura de transportes em algumas das principais vias das regiões Centro-Oeste e Norte. Estes projetos têm a intenção explícita de melhorar o escoamento da produção do Centro-Oeste e estimular a expansão da área plantada de soja no País, deslocando esta fronteira cada vez mais para o norte. No entanto, estas áreas apresentam estrutura básica precária, contando com deficiências nos setores energéticos e de transportes, o que prejudica a produção agrícola comercial. Mesmo a viabilidade técnica da produção é questionada devido à alta pluviosidade, deficiência dos solos e inexistência de variedades adaptadas à região. Observa-se também um potencial conflito entre a intenção de produzir e desenvolver a região Norte e a de preservar a maior floresta tropical do mundo, além do potencial conflito por terras indígenas, comunitárias e unidades de conservação decorrente do desenvolvimento da região. Nesse sentido, com o apoio de Sistemas de Informações Geográficas e utilizando um

¹ Engenheiro Agrônomo pela ESALQ/USP, Mestre em Economia Aplicada pela ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Brasil; E-mail: fabiano.costa@uol.com.br

² Professor Associado do Departamento de Economia, Administração e Sociologia; ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Brasil
E-mail: jvcaixet@carpa.ciagri.usp.br

³ Pesquisador do Imazon, Belém - PA, Brasil; E-mail: arima@zaz.com.br

modelo de otimização baseado na teoria dos anéis de Von Thünen, foram analisados dados geo-referenciados da Amazônia Legal. Os resultados, em forma de mapas, ilustram o alcance econômico da soja, que tende a se concentrar em regiões com boa infra-estrutura de transportes. A área plantada total tende a aumentar significativamente na região, principalmente nas áreas já alteradas e de cerrados, impactando pouco áreas de floresta umbrófila densa. Os mapas resultantes deste trabalho, sobrepostos com outros mapas (como áreas com grande riqueza de biodiversidade ou identificação de pólos consumidores dos produtos de soja), contribuem para a elaboração de políticas públicas e estratégias comerciais para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

Palavras-chave: logística, soja, Amazônia Legal, Sist. de Informações Geográficas.

1 Introdução

A produção de grãos brasileira nas últimas décadas tem se deslocado para áreas cada vez mais distantes dos grandes centros do Sudeste e Sul do País. A viabilização técnica da produção comercial nos cerrados e a abertura de estradas na região Centro-Oeste fizeram com que a agricultura comercial, principalmente a soja, modificasse significativamente a paisagem da região Centro-Oeste, sendo o pivô do desenvolvimento naquela região.

O aumento de importância da região Centro-Oeste como pólo agrícola começou a viabilizar o desenvolvimento dos corredores em direção ao Norte do País que, apesar de não serem novos, só recentemente passaram a receber maior atenção devido aos investimentos privados realizados e aos projetos previstos pelo governo federal.

O que se vem observando é que em regiões onde a infra-estrutura de transporte permite a exportação de grãos pelo Norte, isto tem sido

efetivamente realizado (caso da ferrovia Carajás e da hidrovía do rio Madeira). Na safra de 1998, segundo dados de Caffagni (1999), foram escoados por estes dois corredores 860 mil toneladas, sendo 370 mil pelo rio Madeira e 490 mil pelo porto de Itaqui (MA).

Obviamente, a mudança no sentido do escoamento da soja decorre de uma redução nos custos de transportes causada por dois fatores básicos: i) a utilização da multimodalidade e ii) a redução da distância até o porto estrangeiro.

A multimodalidade permite que se minimizem os custos unitários de transporte pois utiliza a combinação entre os diversos modais como alternativa ao transporte exclusivamente rodoviário que predomina no País, enquanto a redução da distância até o porto de destino final ocorre pelo fato da agricultura estar se desenvolvendo cada vez mais em direção às regiões setentrionais.

Tradicionalmente, a soja tem que se direcionar para os estados do Sul e do Sudeste, pois é onde se localizam as plantas esmagadoras, os portos exportadores e grande parte da infra-estrutura de armazenagem e comercialização de grãos. No entanto, esta soja acaba retornando para o norte no momento de ser exportada para a Europa ou a Ásia. Com os investimentos em portos (exemplo de Itacoatiara, AM, e Itaqui, MA) e em vias de escoamento na região Norte do País é possível que a soja faça apenas a rota sul-norte, reduzindo o trajeto total.

Com isso, muitos investidores estão interessados em incorporar áreas da região amazônica no processo produtivo, pois são as que apresentam menores preços e menores distâncias aos portos de exportação, como se observa atualmente nas regiões de Sinop (MT), Sapezal (MT), Santarém (PA), Paragominas (PA), Itacoatiara (AM), Humaitá (AM) e algumas áreas em Roraima.

No entanto, estas áreas apresentam estrutura básica precária, contando com deficiências nos setores energéticos e de transportes, além da própria viabilidade técnica ainda ser questionada.

Observa-se também um potencial conflito com a intenção de

preservar a maior floresta tropical do mundo e de respeitar as terras indígenas, comunitárias e parques nacionais. Desta forma, é necessário que se formulem políticas que viabilizem o desenvolvimento da região Norte, sem sobrepujar os interesses ambientais da sociedade nem os direitos das populações tradicionais amazônicas.

Este trabalho pretende contribuir nesta discussão através de um modelo que mostre o potencial impacto destes novos corredores de transporte no avanço da soja na Amazônia Legal.

1.1 Principais Projetos de Melhoria da Infra-estrutura de Transportes na Amazônia Legal

Lício & Corbucci (1996) descrevem com detalhes alguns dos corredores planejados que direcionam a produção para o Norte. Neste caso eles relatam apenas os que contam com investimentos governamentais, sendo eles: i) o Corredor Noroeste; ii) o Corredor Centro-Norte; iii) o Corredor Nordeste e iv) o Corredor Centro-Leste.

O primeiro corredor corresponde à BR 163/364 (que liga Cuiabá a Porto Velho), ao rio Madeira e ao rio Amazonas. Esta é a hidrovia do rio Madeira que já vem sendo utilizada tradicionalmente pela população da região. O destino é o porto de Itacoatiara, onde existe um terminal graneleiro privado que carrega os navios com destino ao mercado europeu. Segundo cálculos de Lício & Corbucci (1996), o escoamento por esta via economizaria, no longo prazo, US\$ 44.50/t sendo atualmente esta economia da ordem de US\$ 23.50/t.

O corredor Centro-Norte é composto por dois eixos: i) rio Tocantins – ferrovia Norte-Sul – ferrovia Carajás e ii) rio Araguaia (até Xambioá ou Conceição do Araguaia) – rodovia (Xambioá – Estreito ou Conceição do Araguaia – Estreito) – ferrovia Norte-Sul – ferrovia Carajás. Este corredor opera atualmente apenas a sua parte ferroviária, sendo que o transporte pelo do rio Araguaia está prestes a entrar em operação. No entanto, este corredor vem enfrentando problemas para a sua total

efetivação, uma vez que os rios passam por trechos de acesso restrito, como reservas indígenas. Nas condições atuais, este corredor apresenta uma redução dos custos da ordem de US\$ 16.00/t, enquanto que, se forem realizadas todas as obras necessárias (num total de investimentos da ordem de US\$ 222.6 milhões), a redução dos custos ficará em US\$ 47.00/t (Lício & Corbucci, 1996).

O corredor Centro-Norte tende a ser um dos mais importantes em termos de desenvolvimento da produção agrícola do País. Braga et al. (1997) estimaram que a sua área de influência, apta à produção de grãos e sem impedimentos legais (como reservas indígenas, parques nacionais e áreas de reserva legal), é de aproximadamente 30 milhões de hectares, abrangendo os Estados de Goiás (noroeste), Mato Grosso (leste), Piauí (sul), Maranhão (sul) e todo o Estado de Tocantins. Se pensarmos que a utilização do cerrado era de 45 milhões de hectares em 1995 (Braga et al., 1997, citando Macedo, 1995⁴), nota-se que o impacto deste corredor na geografia de produção brasileira pode ser bastante significativo.

O corredor Nordeste tem importância maior para o mercado interno, principalmente para o abastecimento de grãos da região Nordeste. Ele é constituído principalmente pelo rio São Francisco e pela malha viária do Nordeste e permite que os grãos originados na Bahia e em Minas possam atingir o mercado nordestino mais vantajosamente que a importação da Argentina, principal fornecedor de milho atualmente para essa região.

Um corredor também bastante discutido é o que envolve a hidrovía dos rios Juruena, Teles Pires e Tapajós. Este corredor abrange a rodovia BR 163, do norte do Estado do Mato Grosso até Itaituba (PA), e o rio Tapajós até Santarém (PA), podendo também fazer este trajeto inteiramente por rodovia até Santarém (PA).

O asfaltamento total desta rodovia recebe um apoio político muito forte a seu favor e existem poucas ações restritivas, o que pode acelerar o andamento das obras. Nos anos de 1999 e 2000, um grupo de empresários e políticos da região norte do Estado do Mato Grosso fez o

⁴ Macedo, J. *Prospectives for the rational use of the Brazilian Cerrados for food production*. Planaltina. EMBRAPA – CPAC, 1995. 19 p.

transporte de um carregamento de mais de 100 caminhões com soja através deste corredor, com desembarque em Itaituba (PA) e transporte hidroviário até Santarém. A estimativa dos participantes deste movimento é que este trajeto economizou cerca de R\$ 2,00/sc, mesmo com os diversos investimentos ainda necessários (Jornal A Gazeta, 1999).

Um outro corredor de exportação do Centro-Oeste, discutido por Marques & Caixeta-Filho (1998), é a Ferronorte. Neste caso, o sentido de escoamento é o mesmo que o atual (Centro-Oeste – Sudeste), mas o transporte do Centro-Oeste até o porto de Santos é feito apenas pelo modal ferroviário, sem necessidade de transbordos. Essa ferrovia sofreu várias interrupções em sua obra devido à necessidade de pagamento de dívidas, mas em 1998 a construção da ferrovia foi retomada à plena força, chegando até o município de Alto Taquari (MT) e coincidindo com a conclusão da ponte rodo-ferroviária sobre o rio Paraná (que liga a Ferronorte à malha ferroviária do Estado de São Paulo). O projeto inicial é levar a ferrovia até Cuiabá e, posteriormente, até Porto Velho, Uberlândia e Santarém. Marques & Caixeta-Filho (1998), citando dados do projeto da Ferronorte, relatam que a economia prevista no frete de Inocência a Santos (trecho já concluído) é de até R\$ 20,00/t. Em Rondonópolis, chegaria a R\$ 27,00/t e em Cuiabá, a R\$ 32,00/t.

Outro projeto importante é o asfaltamento da BR 174, que liga Manaus a Boa Vista e Boa Vista à divisa com Venezuela, já em fase adiantada de desenvolvimento (94% dos 910 km já estão pavimentados), e irá fazer com que o Brasil tenha uma saída para o Caribe, através do porto de Puerto Ordáz, no rio Orinoco. Além disso, também permite a exportação de soja de Roraima para a Venezuela, que não produz grãos e vem pagando preços bastante altos pelos produtos agrícolas americanos.

Além destes projetos que contam com financiamentos do governo federal, existem outros com abrangência regional.

Um deles é o rio Capim, que já vem sendo utilizado há algum tempo para o transporte de caulim da região sudeste do Pará. No entanto, a região de Paragominas vem observando um crescimento vertiginoso

na produção de grãos e já considera o uso deste rio para o transporte de seus grãos tanto para a exportação através do porto de Vila do Conde quanto para o acesso ao mercado de Belém (que importa de outros estados 90% de seu milho).

Já a BR 242 será a ligação do norte do Mato Grosso com Primavera do Leste e Canarana/Água Boa. Com isto, o acesso às indústrias da região de Rondonópolis e à hidrovia do Araguaia será viável para a soja produzida em Sorriso, Sinop, Nova Mutum e Lucas do Rio Verde.

A BR 401 é a interligação entre Boa Vista e a Guiana e está sendo asfaltada do lado brasileiro até a divisa com este país. Esta rodovia faria a ligação de Roraima com o Caribe através do porto de Georgetown, com trajeto de cerca de 500 km, 300 km a menos que a opção pela Venezuela. Além disso, em conjunto com a BR 156 no Amapá, esta rodovia criará uma ligação entre Boa Vista e Macapá, passando pelas Guianas e Suriname, sendo este corredor chamado de Arco Norte.

Neste trabalho, no entanto, serão considerados apenas os projetos mais discutidos (e, portanto, com maiores chances de serem realizados), sendo eles: i) hidrovia Tocantins – Araguaia; ii) asfaltamento da BR 163 (Cuiabá-Santarém); iii) Ferronorte até Cuiabá; iv) conclusão da eclusa em Tucuruí; v) hidrovia Juruena - Teles Pires – Tapajós; vi) adaptação dos portos de Santarém, Vila do Conde e Santana para a exportação de soja; vii) hidrovia rio Branco e Negro; viii) hidrovia do Capim; ix) asfaltamento da BR 401; x) asfaltamento da BR242; xi) asfaltamento da BR 174; e xii) hidrovia do rio Madeira (já em operação).

2 Material e Métodos

O modelo utilizado nesta análise é um conjunto de equações de maximização da receita líquida que se baseia no trabalho que Stone (1998) realizou para o setor madeireiro. Este trabalho, por sua vez, utiliza a abordagem criada por Johann Heinrich von Thünen, em 1826 (citado por Barlowe, 1965) de que o uso da terra de uma dada região seria determinado

pela concorrência entre as possíveis atividades agrícolas. No modelo de von Thünen, os fatores que determinariam se uma atividade seria mais competitiva em uma determinada área seriam seu preço no mercado consumidor e o custo de transporte pertinente. Um melhor detalhamento da teoria de von Thünen, bem como a listagem das pressuposições utilizadas em seu modelo, podem ser encontrados em Ferreira (1989).

Assim, a estrutura matemática do modelo é a seguinte:

$$\text{Max} \quad \sum_i R_i = \sum_j (E_{ij} P_j) - CP_i - E_{ij} f_i k_{tij} \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_i E_{ij} \leq C_j \quad (2)$$

$$E_{ij} = 0, \text{ para áreas restritas ao uso agrícola} \quad (3)$$

$$CP_i = Q_{iz} P_{xz} + Q_{iz} f_i k_{tiz} + CO_i + \frac{Q_{ic} P_{xc} + Q_{ic} f_i k_{tic} + CC_i}{n_i} + \frac{CA_i}{m_i} \quad (4)$$

$$\sum_j E_{ij} \leq Pt_i \quad (5)$$

$$\sum_i E_{ij} \leq D_j \quad (6)$$

$$R_i \geq 0 \quad (7)$$

$$E_{ij} \geq 0 \quad (8)$$

sendo:

i = índice associado à localidade produtora;

j = índice associado ao demandante de soja (porto exportador ou agroindústria);

t = índice associado aos modais de transporte (rodoviário, ferroviário, hidroviário e portuário);

z = índice associado ao fornecedor de insumos;

c = índice associado ao fornecedor de calcário;

- R_i = receita líquida obtida com a soja para cada localidade i , em R\$;
 E_{ij} = produção da localidade i destinada ao demandante j , em toneladas;
 p_j = preço da soja pago pelo demandante em j , R\$/toneladas;
 CP_i = custo de produção da soja na localidade i , em R\$/100 ha;
 f_t = momento de transporte para o modal t , R\$/tonelada km;
 k_{ij} = distância percorrida no modal t para ir da localidade i ao demandante j , em km;
 C_j = capacidade máxima anual de transporte para o destino j , em toneladas;
 Q_{iz} = quantidade do insumo z exigida na localidade i , em toneladas;
 p_{xz} = preço do insumo z no vendedor x , em R\$/toneladas;
 k_{tix} = distância percorrida no modal t para ir do vendedor x para a localidade i , em km;
 CO_i = somatória dos custos operacionais para a produção de soja em i , em R\$/100 ha;
 Q_{ic} = quantidade de calcário exigida na localidade i , em toneladas;
 p_{xc} = preço do calcário no vendedor x , em R\$/toneladas;
 CC_i = somatória dos custos de aplicação do calcário na localidade i , em R\$/100 ha;
 n_i = número de anos entre duas aplicações de calcário em i ;
 CA_i = custo de abertura de área na localidade i , em R\$/100 ha;
 m_i = número de anos que se espera o retorno do investimento de abertura de área;
 P_{ti} = produção de soja em i , em toneladas;
 D_j = demanda por soja em j , em toneladas.

A equação (1) representa a maximização da receita líquida de cada localidade i , sendo ela obtida a partir da somatória das receitas líquidas obtidas com cada demandante j . A equação (2) ilustra as restrições de alguns modais quanto ao máximo de carga transportada. Este parâmetro é especialmente limitante para as hidrovias, pois apresentam uma capacidade operacional menor que os demais modais. Para as áreas onde existem impedimentos técnicos, como relevo que inviabiliza a mecanização, ou impedimento legal, como reservas indígenas e unidades

de conservação, o modelo assume que a produção de soja seja zero. Esta restrição está representada pela equação (3).

Já a equação (4) mostra o método que será utilizado para se calcular o custo de produção de cada localidade i . Ele será composto pelos custos de compra ($Q_{iz} * p_{xz}$) e transporte de insumos ($Q_{iz} * f_t * k_{tix}$), de operações (CO_i), de aplicação e transporte de calcário ($Q_{ic} * p_{xc} + Q_{ic} * f_t * k_{tix} + CC_i$), neste caso dividido pelos n_i anos em que persistem os efeitos de uma calagem no solo) e de abertura da área (CA_i , dividido pelos anos em que se espera recuperar o investimento, m_i). O custo de abertura de área só será relevante para regiões ainda não desmatadas e será diferenciado pelo tipo de vegetação (cerrado/capoeira e floresta primária). O limite de produção de cada localidade i está apresentado na equação (5). Este limite será calculado como a produtividade de uma determinada localidade multiplicada pela área padrão utilizada por este modelo (100 ha).

A equação (6) representa a restrição de demanda. No caso dos portos exportadores, esta restrição não é atuante, pois se pressupõe que a Amazônia tenha vantagens comparativas para a exportação sobre os outros mercados do Brasil e do exterior. Além disso, o crescimento populacional e, conseqüentemente, do consumo de carnes tem feito com que analistas do mercado prevejam uma expansão no mercado internacional da soja (Pavan, 1997; GEIPOT, 1999; Sugai et. al., 1998; Roessing, 1998; além de projeções do USDA e ABIOVE). Assim, assume-se que a demanda por soja é perfeitamente elástica. No entanto, já existem algumas plantas esmagadoras, além de outras já previstas, na região, que podem influenciar algumas localidades para a produção de soja. Neste caso, a demanda considerada é a capacidade instalada de cada planta.

Por fim, as equações (7) e (8) representam as restrições de positividade para as variáveis endógenas do modelo, significando que nem a receita líquida (R_i) nem a produção de cada localidade (E_{ij}) podem ser negativas. Elas são também os principais determinantes dos limites do alcance econômico da soja na Amazônia.

Os dados utilizados neste modelo foram coletados no campo durante viagem realizada nos meses de setembro e outubro de 1999, num trajeto em que foram percorridos oito estados e observados os principais locais de desenvolvimento da soja e da infra-estrutura de transportes na Amazônia Legal. Estes dados alimentaram um banco de dados de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo espacializá-los, assim como os resultados. Os mapas utilizados foram fornecidos pelo Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON).

De forma geral, os trabalhos que utilizam otimização unidos a um SIG acoplam uma linguagem de programação ao banco de dados georreferenciado, como pode ser observado em Cao et al. (1999), Bouman et al. (1999), Stoms et al. (1998), Qiu et al. (1998), George et al. (1997), Begur et al. (1997), Walsh et al. (1997), Nevo & Garcia (1996), Taher & Labadie (1996), Brusven et al. (1995), Vadas et al. (1995) e Xiang (1993). Tal estratégia ainda é necessária, pois grande parte dos programas de SIG, tal como o ArcView (utilizado neste trabalho), não traz incorporada nenhuma rotina interna de otimização.

Assim, desenvolveu-se para este modelo um método de cálculo específico (matematicamente bastante simples), utilizando apenas as ferramentas do programa. Optou-se por este caminho pela simplicidade da estrutura matemática e pela dificuldade de transposição dos dados do ArcView para qualquer outro software devido ao tamanho do banco de dados, já que cada mapa contém mais de 8 milhões de células (2.584 x 3.331 células). O limite de colunas de uma planilha eletrônica é de apenas 256 colunas, o que inviabiliza a transposição dos dados da mesma forma que Stone (1998).

Assim, o procedimento de cálculo desenvolvido para este trabalho compõe-se de três fases: i) elaboração dos mapas de preços dos insumos e da soja; ii) elaboração do mapa de receita líquida e iii) incorporação das restrições.

Foi elaborado um cenário base que considera todas as alternativas de transporte planejadas para a Amazônia Legal como já finalizadas,

com exceção do asfaltamento da BR 163. Além disso, este cenário não considera limitações de clima e relevo; permite que apenas 35% da área de cada célula seja utilizada com a soja; e utiliza dados de preços, custos, fretes e produtividades baseados no observado em 1999. O detalhamento deste procedimento e dos dados utilizados pode ser encontrado em Costa (2000).

3 Resultados

Os resultados deste trabalho mostram que a soja tende a atingir uma área bastante significativa na Amazônia, principalmente no entorno da malha de transportes. Os novos projetos de infra-estrutura tendem inclusive a viabilizar o desmatamento de floresta amazônica em algumas regiões. Isto é especialmente verdade nos entornos dos portos de Itacoatiara e Santarém e no norte do Mato Grosso (Figura 1).

Com relação aos corredores, os mais importantes portos em termos de escoamento da produção serão São Luís (Itaqui/Ponta da Madeira) e Paranaguá (através da Ferronorte), que atualmente são também os principais destinos para a soja na Amazônia (Tabela 1). Estes dois corredores abrangem uma área bem servida por rodovias asfaltadas e têm como eixo central uma ferrovia (com maior capacidade de transporte que as hidrovias). Santarém e Vila do Conde também têm importância significativa, pois além das hidrovias que compõem seu eixo central, também são servidas por uma infra-estrutura rodoviária, que hoje em dia ainda se encontra em precárias condições (no modelo, estas vias são consideradas em melhores condições). Os outros corredores têm importância reduzida principalmente devido ao limite de transporte das hidrovias.

Vale destacar que os dois pólos de agroindústrias esmagadoras de soja do Mato Grosso, Cuiabá e Rondonópolis não entraram na solução pois seus preços não foram competitivos com o preço de Paranaguá após a conclusão da Ferronorte. No entanto, sabe-se que, na realidade,

os preços nestes pólos devem acompanhar a elevação, pois as mesmas empresas que esmagam são as exportadoras do grão. Assim, a decisão de esmagar ou exportar fica apenas a critério da estratégia da empresa e, provavelmente, um volume significativo de soja deve ser destinado a Cuiabá e Rondonópolis mesmo com a conclusão da Ferronorte.

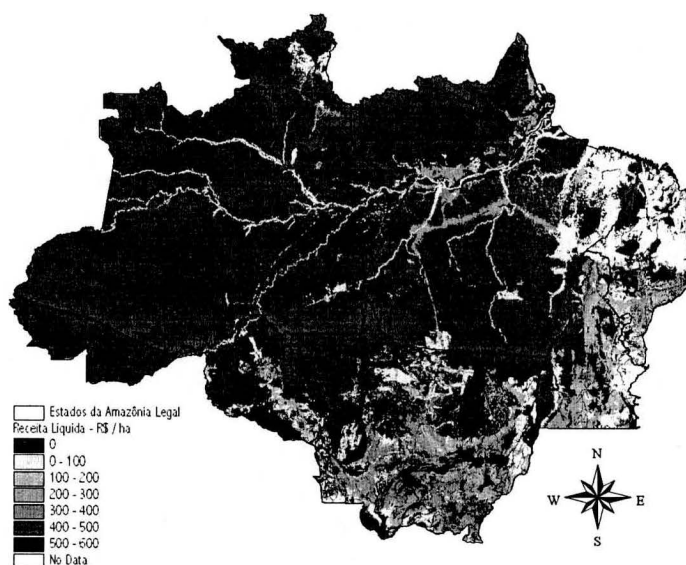


Figura 1 - Áreas com receitas líquidas positivas para o plantio da soja na Amazônia Legal, considerando o cenário base.

Tabela 1. Quantidade de soja transportada e área de influência de cada porto ou agroindústria da Amazônia Legal.

Corredores	Produção	%	Área	%
São Luís (MA) – porto	31.905.285	37%	12.013.645	39%
Paranaguá (PR) – porto	28.672.125	33%	9.270.555	30%
Santarém (PA) – porto	13.206.092	15%	4.681.285	15%
Vila do Conde (PA) – porto	7.699.369	9%	2.825.970	9%
Caracas (Venezuela) – agroindústria	1.655.462	2%	679.490	2%
Itacoatiara (AM) – porto	1.299.298	2%	475.055	2%
Santana (AP) – porto	1.292.092	2%	479.010	2%
Vilhena (RO) – agroindústria	60.030	0%	18.270	0%
AMAZÔNIA	85.789.753	100%	30.443.280	100%

Fonte: Resultados da pesquisa

Já em relação aos estados, o Mato Grosso se consolidará como o principal produtor de soja da região e talvez do Brasil, com uma diferença bastante significativa para os outros estados (Tabela 2). Num segundo bloco, Pará, Maranhão e Tocantins têm participações bastante semelhantes e compõem uma faixa praticamente contínua a leste da região amazônica. O Pará também apresenta uma importante região produtora no eixo ao longo da BR 163, mas com menor importância se comparada ao leste do Estado. Os outros estados terão importância bem menos significativa na produção de soja.

Tabela 2. Participação de cada estado da Amazônia Legal na produção de soja e na área plantada com soja

Estado	Produção (t)	%	Área (ha)	%
Mato Grosso	36.612.789	43%	11.994.430	39%
Pará	14.175.147	17%	5.340.405	18%
Maranhão	14.171.673	17%	5.286.085	17%
Tocantins	12.075.482	14%	4.674.180	15%
Rondônia	3.812.185	4%	1.261.400	4%
Amazonas	2.234.088	3%	832.895	3%
Roraima	1.433.042	2%	596.015	2%
Amapá	1.026.950	1%	382.375	1%
Acre	-	0%	-	0%
AMAZÔNIA	85.541.356	100%	30.367.785	100%

Fonte: Resultados da pesquisa

Como o modelo não considera explicitamente a limitação hídrica, foi necessária a sobreposição dos dados Sombroek, 1999 (digitalizados pelo Imazon) para verificar-se que a maior parte das áreas é apta à agricultura, tendo pluviosidade anual menor que 2.000 mm (Tabela 3). No entanto, para uma parcela significativa (21,98% da área dos resultados) ainda há dúvidas quanto à viabilidade técnica, pois a pluviosidade é alta o suficiente para um intenso ataque de doenças, o que pode inviabilizar a produção. Apenas 1,46% da área foi considerada inviável devido ao excesso hídrico e outros 19,21% sofrem riscos de seca intensa. A localização destas áreas pode ser visualizadas em Costa (2000).

Vale lembrar também que estes resultados foram obtidos com os dados de desmatamento de 1991, sendo que desta data até hoje mais de 13 milhões de hectares foram desmatados (principalmente florestas e vegetação de transição), notadamente em Rondônia, no norte do Mato Grosso e no Pará (Inpe, 2000). Assim, os resultados apresentados podem ser diferentes à medida que estas áreas têm maior probabilidade de serem incorporadas à solução.

Tabela 3. Total de área abrangida do cenário base por cada uma das faixas de pluviosidade anual.

	Área Plantada	%
Inviável (> 2.800 mm anuais)	443.380	1,46%
Incerta (entre 2.000 mm e 2.800 mm anuais)	6.676.565	21,98%
Adequada (< 2.000 mm)	12.942.580	42,62%
Risco de seca (3 meses com menos de 10 mm de chuvas)	5.835.480	19,21%
Sem dados	4.469.850	14,72%
AMAZÔNIA	30.367.855	

Fonte: Resultados da pesquisa

Com o intuito de verificar a sensibilidade do modelo aos parâmetros utilizados, foram elaboradas, sobre os dados do cenário base, algumas simulações com o aumento de 10% nos fretes rodoviários, considerando-se o asfaltamento da BR 163 (Cuiabá – Santarém) e aumento da capacidade das ferrovias e hidrovias.

A Tabela 4 mostra que o asfaltamento da BR 163 tende a ter um impacto bastante significativo no avanço da soja sobre a floresta, pois este projeto possibilitará o acesso a áreas pouco desenvolvidas do Mato Grosso, Pará e Amazonas.

Nesta tabela também pode-se observar que a variação dos valores dos fretes gera uma redução geral de área plantada de cerca de 2 milhões de hectares. Pará, Tocantins e Maranhão, que têm boa parte de suas produções escoadas por ferrovias (Carajás), sofrem um impacto relativamente menor que estados como Roraima e Amapá, com transporte baseado no modal rodoviário. Mato Grosso registra um impacto significativo devido às grandes extensões que a soja percorre até chegar a uma ferrovia (Feronorte) ou a um porto (Santarém).

Tabela 4. Comparação entre os resultados de área plantada no cenário base e no cenário que considera o asfaltamento da BR 163.

	Cenário Base (ha)	%	Asfaltamento da BR 163 (ha)	%	Varição dos valores de frete (ha)	%
Mato Grosso	11.994.430	39%	16.016.840	44,44%	11.194.400	39,52%
Pará	5.340.405	18%	6.898.045	19,14%	5.336.450	18,84%
Maranhão	5.286.085	17%	5.285.630	14,67%	5.284.090	18,65%
Tocantins	4.674.180	15%	4.676.035	12,98%	4.622.380	16,32%
Rondônia	1.261.400	4%	1.261.050	3,50%	1.120.945	3,96%
Amazonas	832.895	3%	922.460	2,56%	749.490	2,65%
Roraima	596.015	2%	595.700	1,65%	17.780	0,06%
Amapá	382.375	1%	382.375	1,06%	-	0,00%
Acre	-	0%	-	0,00%	-	0,00%
AMAZÔNIA	30.367.785	100%	36.038.135		28.325.535	100%

Fonte: Dados da pesquisa

Na Tabela 5, pode-se notar que o aumento da capacidade das principais ferrovias e hidrovias não gera nenhum aumento de área plantada nem de produção de soja na Amazônia Legal. Isto acontece porque as regiões onde estão localizadas estas vias de transporte são também bem servidas por rodovias que escoam a produção que excede a capacidade das hidrovias ou ferrovias. A exceção para isto é a hidrovia do rio Madeira, onde a opção rodoviária não é viável e, por isto, a ampliação da capacidade de transporte possibilita um aumento de área plantada na sua região de influência.

Tabela 5. Variação da produção e área por corredor em relação ao cenário base, considerando o aumento na capacidade de transporte da ferrovia do Carajás e das hidrovias.

Corredores	Carajás 20 milhões t / ano		Carajás 30 milhões t / ano		Hidrovias	
	Produção	Área	Produção	Área	Produção	Área
Caracas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Itacoatiara	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	130,90%	118,16%
Paranaguá	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Santana	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Santarém	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
São Luís	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Vila do Conde	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Vilhena	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa

No entanto, apesar de não influenciar significativamente a expansão da área plantada com soja, as hidrovias e ferrovias geram uma redução significativa de custos (e conseqüentemente um aumento na receita líquida) em uma área bastante significativa, o que pode ser observado na Tabela 6. Os dados apresentados indicam que a ferrovia Carajás impacta de 3,6 milhões de hectares a 6,9 milhões de hectares com a sua ampliação de capacidade. No caso das hidrovias, este aumento é ainda maior, aumentando a receita líquida em cerca de 7 milhões de hectares.

Tabela 6. Área total com receita líquida alterada devido ao aumento na capacidade de transporte das vias.

Áreas com alteração nas receitas líquidas (ha)	Carajás 20 milhões t / ano	Carajás 30 milhões t / ano	Hidrovias
		3.614.030	6.873.965

Fonte: Dados da pesquisa

4 Conclusões

Nota-se assim que a conclusão dos projetos de infra-estrutura planejados pelo governo federal e por instituições privadas tende a gerar um impacto bastante acentuado na produção de soja brasileira, uma vez que darão acesso e viabilizarão economicamente áreas atualmente pouco exploradas.

O Mato Grosso deve se consolidar como o principal estado agrícola da região (e talvez do País), mas um grande crescimento deve ser observado nos Estados do Pará, Maranhão e Tocantins. Os demais estados tendem a ter uma participação bem menos importante devido às suas deficiências produtivas e logísticas.

Com relação aos corredores, os mais importantes deverão ser o que leva ao porto de Itaqui (São Luís – MA) e a Ferronorte (tendo Paranaguá como destino). Ambos os corredores têm como eixo principal uma ferrovia. Santarém (PA) e Vila do Conde (PA) também devem escoar produções significativas, mas estão baseadas em rodovias (Santarém também recebe soja transportada pela hidrovia Teles Pires – Juruena – Tapajós, mas sua capacidade limita o transporte de produções mais vultosas).

Deve-se considerar também que os resultados não consideram os cerca de 13 milhões de hectares que foram desmatados após 1991, que tendem a ser ocupados com maior facilidade devido aos menores custos para instalação da cultura da soja. Assim, muitas áreas que não entraram na solução podem, na realidade, ser viáveis atualmente.

Outra limitação deste trabalho foi a não consideração do relevo, uma vez que não foram encontrados dados mapeados que pudessem ser utilizados em um SIG. Assim, algumas áreas muito íngremes podem ter entrado na solução, superestimando os resultados. No entanto, genericamente a maior parte das áreas apresentadas nos resultados não é restritiva à mecanização.

Os resultados deste trabalho permitem ainda determinar os

principais fatores que afetam a expansão da soja na Amazônia, podendo ser sumarizados da seguinte forma:

- * Proximidade de portos
- * Altas produtividades
- * Áreas sem floresta
- * Áreas próximas às hdrovias ou ferrovias
- * Áreas bem servidas por rodovias

Conclui-se, portanto, que se a evolução tradicional da fronteira agrícola continuar a ser observada na Amazônia, a soja tende a ganhar cada vez mais espaço, pois a expansão desta cultura estimula o avanço da pecuária sobre a floresta. Este avanço gera áreas desmatadas que futuramente poderão ser utilizadas pela soja como novas áreas de produção alimentando o processo indefinidamente.

Ao se colocar a Amazônia num contexto mais amplo de mercado, observa-se que o potencial desta região se desenvolver é grande uma vez que os custos de produção são geralmente mais baixos que em regiões como Rio Grande do Sul, São Paulo, ou mesmo em algumas regiões da Argentina e EUA. Isto significa que se a soja da Amazônia entrar no mercado e forçar uma queda nos preços internacionais, existe uma grande possibilidade de impactar outras regiões do Brasil e do mundo e com isso gerar uma migração mais intensa da produção para o Centro-Oeste e Norte do Brasil. Alguns sinais desta tendência já podem ser observados, como o anúncio de alguns investimentos em esmagamento de soja no Norte do País (Ceval em São Luís e Sorriso, Cargill em Santarém e Grupo Maggi em Itacoatiara) num período em que a capacidade de esmagamento no Sul do Brasil e em algumas regiões dos EUA tem se reduzido.

Por outro lado, a viabilidade técnica da soja em regiões úmidas ainda é incerta e pode reduzir a atratividade da soja nas regiões originalmente cobertas pela floresta amazônica. A consolidação da Amazônia Legal como pólo produtor de soja ainda é incerta, pois depende em parte dos investimentos governamentais citados neste trabalho e, em

parte, do desenvolvimento tecnológico. A disposição das empresas, contudo, tem sido bastante clara em demonstrar que a Amazônia Legal é altamente competitiva com relação a outros centros produtores do mundo.

Assim sendo, um planejamento adequado do uso da terra na Amazônia é indispensável para o uso responsável dos recursos naturais, sem impactos perversos ao meio ambiente e à população local.

5 Bibliografia

BARLOWE, R. **Land Resource Economics: The political economy of rural and urban land resource use.** 5.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1965. 585 p.

BEGUR, S. V.; MILLER, D. M.; WEAVER, J. R. An integrated spatial DSS for scheduling and routing home-health-care nurses. **Interfaces**, v. 27, n. 4, p. 35-48, 1997.

BOUMAN, B. A. M.; JANSEN, H. G. P.; SCHIPPER, R. A.; NIEUWENHUYSE, A.; HENGSDIJK, H.; BOUMA, J. A framework for integrated biophysical and economic land use analysis at different scales. **Agriculture Ecosystem & Environment**, v. 75, n. 1-2, p. 55-73, 1999.

BRAGA, A. R. dos S.; SPERA, S. T.; CORREIA, J. R. Potencialidade agrícola na região do corredor de transporte multimodal Centro-Norte. **Revista de Política Agrícola**, ano VI, n. 1, p. 11-16, 1997.

BRUSVEN, M. A.; WALKER, D. J.; PAINTER, K. M.; BIGGAM, R. C. Ecological-economic assessment of a sediment-producing stream behind lower-granite dam on the lower Snake River, USA. **Regulated Rivers – Research & Management**, v. 10, n. 2-4, p. 373-87, 1995.

CAO, B. Y.; SUN, M. H.; Mac LEOD, C. Applying GIS and combinatorial optimization to fiber deployment plans. **Journal of Heuristics**, v. 5, n. 4, p. 385-482, 1999.

COSTA, F. G. **Avaliação do potencial de expansão da soja na Amazônia Legal: uma aplicação do modelo de von Thünen**. 2000. 145 p. Dissertação (M. Sc.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP. (no prelo).

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - GEIPOT. **Corredores estratégicos de desenvolvimento**. Brasília: Ministério dos Transportes. 307 p., 1999.

FERREIRA, C. M. C. As teorias de localização e a organização espacial da economia. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. C.; BOISER, S.; ANDRADE, T. A. **Economia Regional: Teorias e métodos de análise**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. Cap. 2, p. 67-206, 1989.

GEORGE, S. M.; BABU, P. R.; KHANNA, P.; Neural network model for consequence analysis of developmental proposal. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 123, n. 4, p. 81-101, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. (2000) Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, 1998-1999. Disponível em: <http://www.inpe.br>. Acesso em: 19/04/2000.

JORNAL A GAZETA. Grande economia no frete. In: **Clipping Famato**. Disponível em <http://www.famato.org.br>. Acesso em 26/05/1999.

MARQUES, R. W. da C.; CAIXETA FILHO, J. V. Ferronorte e transporte de grãos. **Revista Preços Agrícolas**, ano XII, n. 140, p. 12-17, jun. de 1998.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. Plano Plurianual 2000 – 2003. Disponível em: <<http://www.mpo.gov.br>>. Acesso em 17/11/1999.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Programa “Brasil em Ação”. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br>. Acesso em 28/06/1999.

NEVO, A.; GARCIA, L. Spatial optimization of wildlife habitat. **Ecological Modelling**, v. 91, n. 1-3, p. 271-281, 1996.

LÍCIO, A.; CORBUCCI, R. A agricultura e os corredores de transporte multimodais. **Revista de Política Agrícola**. ano V, n. 2, p. 22-36, 1996.

PAVAN, R. C. **Brasil - Na onda verde do progresso**. Brasília: Imprensa Oficial do Estado S. A.. 2 v, 1997.

QIU, W.; WATKINS, G. A.; SOBOLIK, C. J.; SHEARER, S. A. A feasibility study of direct injection for variable rate of herbicide application. **Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 2, p. 291-299, 1998.

ROESSING, A. C. Situação Mundial das Oleaginosas. **Informe Econômico CNPSO**, v. 4 n.1, p. 5-35, 1998.

SOMBROEK, W. G. **Annual rainfall and dry-season strength in the Amazon region and their environmental consequences**. 16 p., 1999 / mimeo /

STOMS, D. M.; BORCHERT, M. I.; MORITZ, M. A.; DAVIS, F. W.; CHURCH, R. L. A systematic process for selecting representative research in natural areas. **Natural Areas Journal**, v. 18, n. 4, p. 338-349, 1998.

STONE, S. W. Using a geographic information system for applied policy analysis: the case of logging in the Eastern Amazon. **Ecological Economics**, n. 27, p.43-61, 1998.

SUGAI, Y.; TEIXEIRA FILHO, A. R.; VIEIRA, R. de C.; OLIVEIRA, A. J. Projeção da demanda regional de grãos no Brasil 1996-2005. **Revista de Política Agrícola**, ano VII, n. 2, p. 28-40, 1996.

TAHER, S. A.; LABADIE, J. W. Optimal design of water-distribution networks with GIS. **Journal of Water Resources, Planning and Management**, v. 122, n. 4, p. 301-311, 1996.

VADAS, R. G.; GARCIA, L. A.; LABADIE, J. W. A methodology for water quantity and quality assessment for wetland development. **Water Science and Technology**, v. 31, n.8, p. 293-300, 1995.

WALSH, S. J.; PAGE, P. H.; GESLER, W. M. Normative models and healthcare planning: network-based simulations within a geographic information system environment. **Health Services Research**, v. 32, n. 2, p. 243-260, 1997.

XIANG, W. N. A GIS MMP-based coordination model and its application to distributed environmental-planning. **Environment and Planning B – Planning and Design**, v. 20 n. 2, p. 195-220, 1993.