

# Impactos do crescimento populacional sobre a produção agrícola de alimentos: uma abordagem de blocos econômicos<sup>1</sup>

Daniele Lima de Oliveira<sup>2</sup>  
Fernando Salgueiro Perobelli<sup>3</sup>  
Weslem Rodrigues Faria<sup>4</sup>

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é mensurar os impactos do crescimento populacional sobre a produção agrícola de alimentos para o período de 2011-2030. Em busca de fazer uma análise característica e fugir de uma classificação arbitrária, em primeiro lugar, gera-se uma categorização de países em blocos de acordo com sua semelhança nas atividades agrícolas. Para tal, é utilizada a articulação das técnicas de Análise de *Cluster* e Análise Discriminante. Em segundo lugar, são implementadas as simulações de crescimento populacional para o ano de 2030 com o *Global Trade Analysis Project (GTAP)* – versão 9, calibrado para o ano de 2011. Neste caso, são considerados três cenários de crescimento: com variação média de fertilidade, variação alta e baixa. Os dados são retirados da Divisão Populacional das Nações Unidas (revisão 2015). Além dos dados revisados da ONU e do banco de dados do GTAP, as outras contribuições deste trabalho encontram-se na abordagem regional e nos métodos utilizados. Os principais resultados mostram que a produção de alimentos cresceria, seguindo a expansão da população. Nos blocos com aumento no número de habitantes, os alimentos seriam produzidos, principalmente para o consumo interno. Mesmo com aumento nos rendimentos e ganhos de produtividade por parte dos produtores agrícolas, esses blocos dependeriam do comércio internacional, em especial, das importações, para suprir a sua demanda interna. Por outro lado, os blocos menos populosos poderiam ser considerados os “fomentadores mundiais de alimento”, pois sua produção interna seria suficiente e se constituiriam nos principais exportadores de alimento.

**Palavras-chave:** Crescimento Populacional; Oferta de Alimentos; Blocos Econômicos.

**Abstract:** This study aims to measure the impacts of population growth on agricultural food production for the period 2011-2030. In seeking to make a characteristic analysis and avoid an arbitrary classification, firstly, a categorization of countries in blocks according to their similarity in agricultural activities is generated. For this, it is used of the articulation of the techniques of Cluster Analysis and Discriminant Analysis. Secondly, the population growth simulations for the year 2030 are implemented with the Global Trade Analysis Project (GTAP) - version 9, calibrated for the year 2011. In this case, three growth scenarios are considered: medium fertility variant, high and low fertility variant. The data used are from the Population Division of the United Nations (Revision 2015). Beside the revised UN data and the GTAP database, the other contributions of this study are found in the regional approach and in the methods used. The main results show that food production would grow, following population expansion. In blocks with an increase in the number of inhabitants, food would be produced, mainly for domestic consumption. Even with increased incomes and productivity gains from agricultural producers, these blocks would depend on international trade, especially on imports, to supply their domestic demand. On the other hand, the less populous blocks could be considered the "world feeders" because their domestic production would be sufficient and would constitute the main exporters of food.

**Key-words:** Population Growth; Food Supply; Economic Blocks.

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem ao financiamento da Fapemig, Capes e CNPq para a realização dessa pesquisa.

<sup>2</sup> Mestre em Economia PPGE/UFJF e Pesquisadora LATES.

<sup>3</sup> Professor Associado PPGE/UFJF; Bolsista de Produtividade em Pesquisa – CNPq – e Pesquisador do LATES.

<sup>4</sup> Professor Adjunto PPGE/UFJF e Pesquisador LATES.

## 1. Introdução

A discussão a respeito da oferta de alimentos está relacionada diretamente à conservação da sobrevivência. Em algum momento, na história da humanidade, existiu uma população primitiva capaz de subsistir graças à evolução das práticas agrícolas e à domesticação de animais. A partir daí, com o alargamento da produção, as necessidades básicas foram sendo asseguradas e a população se expandindo (COLLINS, 2012; TORREY; TORREY, 2015). Esse período ficou conhecido como Transição Demográfica Neolítica ou Revolução Agrícola (CHILDE, 1981).

A preocupação com o crescimento da população entrou nas discussões econômicas no século XVIII por Thomas Malthus. O fato da quantidade de terras aráveis serem limitadas, dos seus rendimentos serem decrescentes e da produção de alimentos crescer em progressão aritmética, levava tal autor a acreditar que existiria um ponto em que a quantidade de alimentos disponíveis não seria o suficiente para alimentar a população, que crescia em progressão geométrica. É fato que com o avanço da tecnologia, com a revolução industrial e a urbanização, a teoria de Malthus se tornou obsoleta (THOMPSON, 1929; DAVIS, 1945).

Segundo a Divisão Populacional da ONU (2015), o mundo abriga cerca de 7,2 bilhões de pessoas. Isso equivale a uma população quase três vezes maior do que os indivíduos vivos em 1950. Estima-se que a tendência de crescimento seja contínua. A uma variação média de fertilidade, acredita-se que em 2100 haverá 11 bilhões de pessoas no planeta. Sendo que apenas 40% da superfície do globo é usada para agricultura (FAO, 2009) e que o rápido crescimento da população acaba por atrasar a expansão da produção e até mesmo impedir o crescimento de alguns países (UNCTAD, 2012; KEMJIKA, 2012). Sabendo deste contínuo crescimento da população, o desafio empreendido pelo presente trabalho é saber como o mesmo influenciará a produção de alimentos para os períodos futuros (2011-2030).

Desta breve introdução, é possível destacar que quanto mais a população cresce, maior será a necessidade de intensificar as atividades agrícolas e aumentar os níveis de produção por unidade de terra. Isto é, o crescimento populacional impulsionaria a busca por ganhos de eficiência e de produtividade para aumento da produção (BOSEPUR, 1965; HAYAMI; RUTTAN, 1970; VAN MEIJL *et al.*, 2006, FEDOROFF *et al.*, 2010; GODFRAY *et al.*, 2010). Essa foi uma resposta encontrada pelos países para vencer as limitações quanto à produção de alimentos. (PIMENTEL; WILSON, 2004).

A Tabela 1 compara o crescimento da produtividade agrícola e população para alguns países desenvolvidos e em desenvolvimento. Observa-se que quanto maior é a população, maior o crescimento dos níveis de produção (*e.g.* EUA e Canadá, Brasil, China e Ásia). No entanto, essa relação não é encontrada nas mesmas proporções (*e.g.* Espanha, Suécia e Grécia). Uma vez que as atividades agrícolas de cada região são diferenciadas, não existe uma compatibilidade nos resultados entre países, sejam desenvolvidos ou em desenvolvimento. Em vista disso, o presente trabalho busca mensurar, não os níveis de eficiência, mas, a capacidade de produção e oferta de alimentos em um cenário mundial em que os países são classificados de acordo com suas semelhanças nas atividades agrícolas, não em seu grau de desenvolvimento econômico.

As categorizações de blocos econômicos, já consolidados de forma internacional, como o Mercosul, a Alca, União Europeia, BRIC's ou, até mesmo, apenas dividir a amostra entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento, seria classificar de forma arbitrária, uma vez que, na definição destes, não foram consideradas apenas características econômicas, mas também atributos políticos, sociais e de proximidade geográfica. Uma vez que as análises empreendidas pela presente investigação dizem respeito à produção de alimentos e às atividades relacionadas à terra, propõe-se uma desagregação do mundo em blocos de países de acordo com suas semelhanças nessas atividades. Para isso, se fará uso de duas técnicas de Análise Multivariada (AM): a Análise de *Cluster* (AC) e Análise Discriminante (AD).

**Tabela 1: PTF Agrícola e Crescimento Populacional 1973-2009<sup>5</sup>**

Região	Crescimento da PTF (%)	Crescimento da População (milhares de habitantes)	Região	Crescimento da PTF (%)	Crescimento da População (milhares de habitantes)
<b>Mundo</b>	1,84	642169	Itália	1,28	3032
<b>Países Desenvolvidos</b>			Reino Unido	1,02	3262
Espanha	3,42	6711	Bélgica	0,86	630
Suécia	2,48	765	Holanda	0,82	2707
EUA e Canadá	2,24	24191	<b>Países em Desenvolvimento</b>		
Grécia	2,08	2114	Brasil	4,03	18282
Irlanda	1,71	892	China	3,05	56618
Dinamarca	1,65	353	Ásia (exceto leste asiático)	2,78	300827
Europa Ocidental	1,59	15728	América Latina e Caribe	2,74	58243
Alemanha	1,41	2967	Leste da Ásia e Norte da África	1,88	88406
França	1,36	7862	África Sub Saariana	0,51	158413

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados encontrados por Fugile, Wang, Ball (2012), Wang, Schimmelpfennig e Fugile (2012) do livro “*Productivity Growth in Agriculture: an International Perspective*” e dos dados de população da Divisão Populacional das Nações Unidas (2015).

Em geral, estudos empíricos mostram que quando se deseja classificar países de acordo com suas semelhanças faz-se o uso dos métodos de AM (em especial AC) como em Curi (1993), Leite, Brigatte e Aguilar (2001), Akunal e Erol (2016), Tolentino, Silva e Rocha (2017), entre outros. Já a AD é usada como um “*check up*” detalhado uma vez que seu algoritmo permite observar as probabilidades de pertencimento de cada objeto ao seu *cluster*.

Após a AM é que serão feitas as simulações de crescimento populacional. Para isto, será utilizado o *Global Trade Analysis Project* (GTAP). Para cada país, têm-se dados de produção, demanda dos fatores, salários, impostos, etc. Por ser um modelo de equilíbrio geral, o mesmo está em linha com os objetivos do presente trabalho, seja por captar as interdependências setoriais e/ou espaciais ou por captar os efeitos encadeados do choque para as diversas economias.

Em geral, as pesquisas a respeito das atividades agrícolas, usando modelos de EGC, são relacionadas ao meio ambiente, emissão de gases de efeito estufa, uso do solo, entre outros (BURNIAUX, 2002; LEE, 2004; FERREIRA FILHO; HORRIGE, 2004; HEISTERMAN *ET AL.*, 2006; VAN MEIJL *ET AL.*, 2006; BIRUR *ET AL.*, 2008; EICKHOUT *ET AL.*, 2008; HERTEL *ET AL.*, 2008; FARIA, 2012). Já em relação ao GTAP, especificamente, pode-se destacar pesquisas a respeito de comércio internacional e competitividade (FERREIRA FILHO, 1999; BITENCOURT, 2000; FIGUEIREDO *ET AL.*, 2001; GURGEL; CAMPOS, 2006, PEROBELLI; VALE; BETARELLI; CUNHA, 2016). Isto também mostra que a proposta do presente trabalho, utilizando o GTAP, também se constitui em uma nova proposta dentro da literatura.

Após esta breve introdução, o artigo está organizado em mais quatro seções. A segunda apresenta a base de dados para a aplicação da AM e a utilizada para conseguir os dados de projeção populacional para 2030. A terceira seção descreve as metodologias escolhidas para alcançar os objetivos propostos. A Quarta traz os resultados e a quinta, por sua vez, as considerações finais.

## 2. Base de Dados

### 2.1 Variáveis para aplicação da AM

As variáveis escolhidas para o uso das técnicas de Análise Multivariada foram as usadas pelo Banco Mundial<sup>6</sup> (WB) e FAOSTAT<sup>7</sup> para caracterizar o setor agrícola. Esses dados são

<sup>5</sup> Essa tabela foi construída com base nos resultados encontrados por Fugile, Wang, Ball (2012) e Wang, Schimmelpfennig e Fugile (2012). Os dados de população utilizados correspondem ao mesmo período de tempo usado nas pesquisas. Para os primeiros autores, 1973-2002. Para os segundos, 2001-2009.

referentes aos anos de 2004 e 2011. A amostra constava, inicialmente de 140 países e 15 variáveis. No entanto, as técnicas de AM utilizados por este trabalho são sensíveis à presença de *outliers* e *missings*. Dessa forma, optou-se por fazer uma triagem da base de dados para detecção destes, resultando em uma amostra global final de 100 países. Os *outliers* foram colocados como “resto do mundo”.

Com as definições dadas pelo WB às 15 variáveis, optou-se por dividi-las em três categorias: variáveis de oferta, de produção e inserção internacional. As “variáveis de oferta” dizem respeito à disponibilidade de terra e oferta de recursos. “Variáveis de produção” são aquelas que buscam caracterizar o ambiente produtivo, tanto pelo lado dos insumos quanto de produtos e as “variáveis de inserção internacional” são aquelas capazes de caracterizar os países dentro do mercado agrícola internacional. As definições das variáveis estão no Quadro 1. O teste de Hotelling mostrou que as médias de todas as variáveis são diferentes, com 10% de significância e que as médias de 2004 são diferentes de 2011. Além disso, a normalidade bivariada das variáveis (teste de normalidade Shapiro-Wilk) também foi encontrada.

**Quadro 1: Descrição das variáveis utilizadas nas técnicas de AM**

	Variável	Descrição
<b>Oferta</b>	Terra Arável*	Terrenos ocupados por culturas temporárias com relva ou pasto, hortas e terrenos temporariamente em pouso. São excluídos terrenos abandonados.
	Terras de Cultivo Permanente *	Terras com plantações que as ocupam por longos períodos e não precisam ser replantadas após a colheita. Inclui terras sob arbustos, árvores frutíferas, nogueiras e videiras. Exclui árvores cultivadas para extração madeireira.
	Terras Agrícolas *	% da área de terra arável, com culturas e pastagens permanentes. <i>I.e.</i> , terras usadas para cinco ou mais anos de forragem, culturas naturais e cultivadas.
	Áreas de Floresta *	% de terra sob florestas naturais ou plantadas com árvores de pelo menos cinco metros. Excluídas árvores em produção agrícola, em parques e jardins.
	Fonte de Água Potável (% da população rural com acesso)	% da população rural que utiliza uma fonte melhorada de água potável, <i>i.e.</i> , inclui água canalizada, torneiras públicas ou chafarizes, poços tubulares, etc.
	Crescimento da População Rural** e População Rural ***	Pessoas que vivem em áreas rurais. É calculado como a diferença entre a população total e a urbana.
<b>Produção</b>	Índice de Produção Vegetal ****	Mostra a produção agrícola para cada ano em relação ao período base 2004-2006. Inclui todas as culturas. Exceto culturas forrageiras.
	Índice de Alimentos ****	Culturas consideradas comestíveis e que contenham nutrientes. Café e chá são excluídos pois, embora comestíveis, não apresentam valores nutritivos.
	Índice de Produção de Gado <sup>8</sup> ****	Inclui produção de carne e leite de todas as fontes, produtos lácteos, ovos, mel, seda crua, lã, couros e peles de animais.
	Valor Adicionado Agrícola <sup>9</sup>	Produção líquida de um setor após somada toda a produção e subtraídos os insumos intermediários. Calculada como % do PIB.
	Consumo de Fertilizantes	Calculado pelo quilograma de fertilizante por <i>hectare</i> de terra arável, dividido pela quantidade em quilos de cereais produzido por <i>hectare</i> . Mede a quantidade de nutrientes das plantas por terra arável.
<b>Inserção Internacional</b>	Índice de Produtividade da Terra	Calculado pelo rendimento da produção de cereal (Kg) produzido por <i>hectare</i> dividido pelo tamanho da terra (em <i>hectares</i> ) sob a produção de cereais. O rendimento da produção de cereais é medido por quilograma por <i>hectare</i> de terra colhida.
	Export. e Import. de Produtos Agrícolas	Compreendem a seção 2 SITC exceto as divisões 22, 27 e 28.

Fonte: Descrições dispostas no banco de dados do Banco Mundial. % da área terrestre (\*); % anual (\*\*); % da população rural (\*\*\*); 2004-2006 =100 (\*\*\*\*).

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://databank.worldbank.org>>. Último acesso: 10 de novembro de 2017.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Último acesso: 10 de novembro de 2017.

<sup>8</sup> Este índice foi incluído uma vez que a produção pecuária é concorrente da produção agrícola pelo uso dos espaços de terra disponíveis. A primeira delas é responsável por ocupar terras que poderiam estar sendo utilizadas pela segunda.

<sup>9</sup> Esse índice de produção é calculado pela FAO a partir dos valores em dólares internacionais, normalizados para o período base 2004-2006.

## 2.2 Dados para as simulações: projeções do crescimento populacional pela Divisão Populacional das Nações Unidas

A Divisão Populacional das Nações Unidas estima o crescimento populacional. Este foi o banco de dados utilizado para obter as informações sobre população para o ano de 2011 e as projeções para 2030. Tais informações são referentes à sua última atualização, a Revisão de 2015. A partir deste ano, a ONU projeta a expansão do número de habitantes para todos os anos, até 2100<sup>10</sup>. Além disso, os cálculos são feitos para um grande número de países, dessa forma, todos os 100 países da amostra foram encontrados e não houve problemas de compatibilidade entre as amostras.

Nas projeções, são consideradas oito variantes de fertilidade: média, alta, baixa, constante, reposição instantânea, mortalidade constante, migração zero e sem variação. Elas são diferenciadas de acordo com as suposições das tendências futuras. Destas variantes, três serão utilizadas como cenários de simulação e estão descritas no Quadro 2.

**Quadro 2: Variantes de fertilidade usadas para as projeções**

Variante	Descrição
Varição Alta de Fertilidade (HFV)	0,5 crianças acima da variante média. No primeiro período, 2015-2020, mais 0,25 crianças por mulher. No segundo período 2020-2025 mais 0,4 crianças e, posteriormente, mais 0,5 crianças.
Varição Baixa de Fertilidade (LFV)	0,5 crianças abaixo da variante média. No primeiro período de projeção, 2012-2020, menos 0,25. Para o período 2020-2025, menos 0,4 crianças e, após isso, menos 0,5 crianças por mulher.
Varição Média de Fertilidade (MFV)	2,1 filhos por mulher.

Fonte: Divisão Populacional das Nações Unidas (2015).

## 3. Metodologias Utilizadas

### 3.1 Técnicas estatísticas de Análise Multivariada

#### 3.1.1 Análise de Cluster (AC)

A função dessa análise exploratória é particionar os 100 países da amostra em grupos distintos com base na sua similaridade agrícola e da terra, a partir das 15 variáveis específicas, apresentadas no Quadro 1. O objetivo é maximizar a homogeneidade intragrupo e a heterogeneidade intergrupo (JOHNSON; WICHERN, 2007; MINGOTI, 2007).

A AC é aplicada para o ano de 2004. Quatro são necessárias para se chegar à partição final: 1) escolha do critério de dissimilaridade; 2) aplicação dos métodos de aglomeração hierárquicos; 3) testes para decisão (*pseudo-F* e *psoudo-T*); 4) processo de aglomeração não hierárquico.

A relação entre as observações é medida por suas dissimilaridades, conceituado como “distâncias no espaço das variáveis” (BETARELLI, 2016). O primeiro passo da AC é a definição deste critério. Segundo Kageyama e Leone (1999), a medida mais usual de distância utilizada neste critério é a Euclidiana. Neste caso, quanto menor ela for, mais semelhantes serão os indivíduos. “[...] a distância mais usual, quando os valores das variáveis referentes aos indivíduos são valores reais, é a distância Euclidiana” (MANLY, 1968 *apud in* FIRME; VASCONCELOS, 2011). Essa foi a medida usada no presente trabalho.

Após a definição do critério de dissimilaridade, o próximo passo é a seleção da técnica de aglomeração, que são divididas em: 1) métodos hierárquicos e; 2) métodos não hierárquicos. O presente trabalho utiliza das duas técnicas. Para a primeira, são escolhidos os métodos aglomerativos, que iniciam o processo com objetos individuais executando uma série de fusões até a similaridade diminuir e o restante colocado em um só grupo. Já o método não hierárquico inicia-

<sup>10</sup> O acesso aos dados foi feito via site<sup>10</sup>. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wpp/>>. Último acesso em: 10 de março de 2017.

se com um número de grupos pré-definidos. O objetivo é encontrar uma partição de  $n$  elementos e  $k$  *clusters* conservando a semelhança interna e isolando esses grupos que foram formados (JOHNSON; WICHERN, 2007). Além disso, é necessário definir quais são os  $k$  centroides (sementes) iniciais para a implementação do método.

Ambos os métodos são aplicados para a seleção do melhor agrupamento de países. Primeiramente, são utilizados os métodos hierárquicos (*single linkages*, *complete linkages*, *average linkages* e *Ward*) e definida a partição dos grupos, de acordo com os testes *pseudo-F*<sup>11</sup> e *pseudo-T*<sup>12</sup>. Após isto, essa mesma partição é utilizada para a definição dos centroides e aplicado o método não hierárquico (*k-média*)<sup>13</sup> de forma a definir a partição final dos elementos.

### 3.1.2 Análise Discriminante

O propósito da análise discriminante é estimar a relação entre uma variável dependente categórica e um conjunto de variáveis independentes métricas. Os *clusters* identificados pela AC são transformados nessas variáveis categóricas não métricas e as 15 variáveis (Quadro 1), nas métricas. Este é um método para tratamento dos dados à *posteriori* visando à validação de hipóteses levantadas a partir de outros métodos (BETARELLI, ET AL. 2016). Além disso, é capaz de descrever as diferenças entre os grupos e explorar tais diferenças ao classificar as novas observações como membros em um dos grupos já existentes (JOHNSON; WICHERN, 2007).

Em outras palavras, a AD está sendo usada para comparar as diferenças entre os *clusters* (definidos para o ano de 2004) reclassificando os países no grupo com perfil mais semelhante no ano de 2011. Dessa forma, é possível encontrar países em “transição”<sup>14</sup> no período de 2004 a 2011. As etapas para a aplicação da AD podem ser divididas em: 1) estimar a taxa de erro aparente (APER); 2) método de Holdout de Lahenbruch<sup>15</sup>; 3) matriz de confusão e; 4) tabela dos erros de classificação.

## 3.2 O Global Trade Analysis Project (GTAP)

### 3.2.1 Base de dados

O GTAP foi o modelo de EGC escolhido para mensurar os impactos do crescimento populacional. A última versão da sua base de dados, GTAP-9, abrange 57 *commodities*, 140 regiões e cinco fatores de produção (terra, trabalho qualificado, trabalho não qualificado, capital e recursos naturais).

Para atender às especificidades deste trabalho, os dados são agregados de forma a atender os objetivos. A agregação dos países utilizada é a encontrada na partição final, dada pela AD. Além disso, como os resultados são avaliados em termos das atividades agrícolas, optou-se por desagregar apenas as *commodities* que fazem uso intensivo da terra. No presente trabalho, estas serão consideradas os alimentos. (Quadro 3).

O GTAP é um modelo de EGC multiregional e multisetorial cujos mercados se encontram em concorrência perfeita e rendimentos constantes de escala. Dois tipos de equações regem o modelo. A primeira é definida por relações contábeis, permitindo que as receitas sejam iguais às despesas. O outro tipo é baseado na teoria microeconômica e responsável por descrever o comportamento dos agentes e a função de demanda, por exemplo. Em geral, a base de dados

<sup>11</sup> Proposto por Calinski e Harabasz (1974). Este é baseado na variância entre os grupos em cada nível de agregação. O valor alto do teste é desejável. A implicação é a rejeição da hipótese de homogeneidade entre os grupos criados.

<sup>12</sup> Proposto por Duda e Hart (1973). O valor alto do teste não é o desejável pois implicaria na rejeição da hipótese de que os elementos intragrupos são semelhantes.

<sup>13</sup> O método não hierárquico K médias, foi escolhido para determinar os *clusters* devido à interatividade envolvida no seu processo de estimação.

<sup>14</sup> Esse nome é dado a países que foram classificados no período inicial (2004) em um determinado *cluster*, mas, ao período final (2011) é mais semelhante a algum outro *cluster*.

<sup>15</sup> O método tradicional de APER subestima as taxas de erro. Por isso, foi utilizado, ainda, outro método de discriminação, chamado Método de Holdout de Lachenbruch, que consiste em uma validação cruzada.

consiste em matrizes de comércio bilateral e de transporte. Dessa forma, os fluxos de bens e serviços são dados em dólares para a economia mundial, incluindo compras domésticas, fluxos de comércio internacional pelas firmas, governo e famílias (em preços básicos e de mercado), estoque e capital, margens de comércio, depreciação de capital, poupança líquida, etc. Segundo Burfisher (2011), os aspectos inovadores deste modelo são a caracterização do setor privado pelas preferências homotéticas<sup>16</sup>, o comércio bilateral (regido pelo pressuposto de *Armington*<sup>17</sup>) e um setor bancário global que intermedia poupança e consumo internacional. Além disso, o modelo oferece várias opções de fechamento, permitindo a comparação dos resultados mais rapidamente.

### Quadro 3: Agregação dos setores de produção

<b>Agricultura e Extração Vegetal</b> arroz cru (pdr) trigo e centeio (wht) outros grãos (gro) vegetais e frutas (v_f) sementes oleosas (osd) cana e beterraba (c_b) fibras e vegetais (pfb) outras culturas (ocr) criação de animais (ctl) outros produtos de animais (oap) leite cru (rmk) outros materiais de produtos animais (wol)
<b>Extração Animal</b>
<b>Extração Mineral</b>
<b>Indústria</b>
<b>Serviços</b>

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados do GTAP.

#### 3.2.2 Estrutura teórica do modelo

No GTAP, assume-se que existe um “Agente Regional” no topo de todas as interações econômicas. Ele é o responsável por controlar as receitas e as despesas, desempenhando um papel de “agente regulador do mercado”. A renda é recebida de duas fontes: pelo “valor do produto ao preço dos agentes” (*VOA*), devida pelos produtores, e também pela receita dos impostos incididos sobre os produtos domésticos (*TAXES*), que são os impostos devidos por todos os agentes. A renda total é alocada e exaurida de acordo com a maximização de uma função de utilidade *U* do tipo *Cobb-Douglas*<sup>18</sup> em três fontes de destino: agente privado, governo e poupança global.

Em relação ao comércio internacional, existe um “comerciante global”. Ele representa o setor externo do modelo. É por meio dele que as regiões se relacionam por atividades de compra e venda. As regiões exportadoras compram as *commodities* domésticas, a preços de mercado, pagam impostos referentes à exportação ao sistema tributário e vendem as mercadorias ao Comerciante Global. Este, por sua vez, compra esses bens e os vende para as regiões importadoras. Neste percurso, utilizam um serviço de transporte fornecido pelo “setor de transportes global”. As regiões importadoras pagam as tarifas de importação para o governo e vendem as mercadorias aos agentes domésticos a preços de mercado.

Por fim, o governo utiliza os recursos disponibilizados pelo Agente Regional para comprar bens e serviços (domésticos e importados). Cada transação gera impostos que são repassados via

<sup>16</sup> Uma preferência monótona é homotética se todos os conjuntos de indiferença são relacionados por uma expansão proporcional ao longo dos raios. Isto é, se  $X \sim Y$ , então,  $aX \sim aY$ , para todo  $a > 0$  em que  $X$  e  $Y$  são cestas de bens (MAS-COLELL, 1995).

<sup>17</sup> Um bem produzido em uma região é um substituto imperfeito para bens produzidos pela mesma indústria em outras regiões.

<sup>18</sup> A função de utilidade agregada das famílias apresenta um formato *Cobb-Douglas*. Isso permite supor que parte dos orçamentos das famílias são constantemente destinados a gastos.

transferências *lump sum*<sup>19</sup>. Já os fluxos de poupança são agregados em nível global (Poupança Global) e depois distribuídos para investimento em cada região.

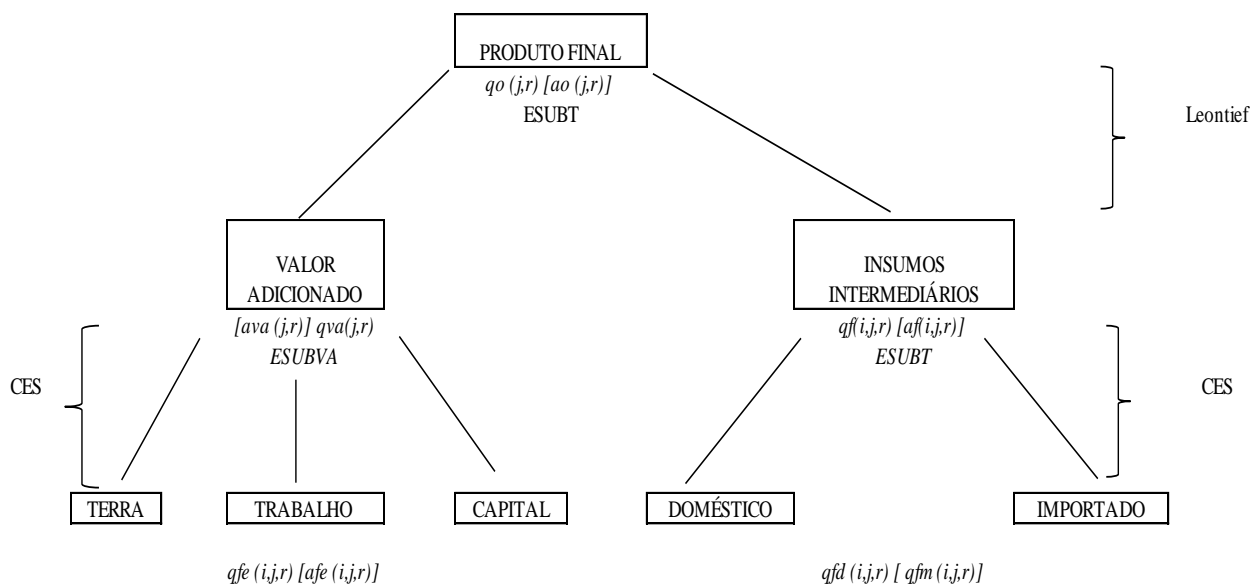
Como dito anteriormente, o comportamento dos agentes da economia é baseado na teoria microeconômica. Em geral, na modelagem, prevalece a Lei de Walras. Assim, as famílias possuem preferências e cada uma busca a maximização da sua utilidade sujeita a uma restrição orçamentária. Já os produtores possuem uma função de produção com retornos constantes de escala e, cada um, busca minimizar a sua função custo. Por fim, sendo o mercado em concorrência perfeita, os produtores tem lucro econômico zero e os investimentos são iguais às poupanças globais.

A estrutura de produção é representada pela “Árvore Tecnológica” (Figura 1). As tecnologias de produção são asseguradas pela hipótese da separabilidade<sup>20</sup> e especificadas como funções de produção aninhadas, *i.e.*, em níveis.

No primeiro nível, no topo da Árvore, está o produto final. Ele é o resultado da alocação que os Produtores fizeram entre insumos intermediários e fatores primários (ou valor adicionado). Esta é definida por uma função de produção que assume tecnologia de Leontief<sup>21</sup>, cuja elasticidade de substituição (*ESUBT*) é do tipo *CES* (*Constant Elasticity Function*). Assim, a alocação ótima de fatores primários independe dos preços dos insumos intermediários (e *vice versa*).

No segundo nível da Árvore, a possibilidade de substituição adotada pelos fatores de produção e insumos intermediários também é definida por uma função do tipo *CES* e atende também à hipótese da separabilidade. Os pressupostos adotados para o primeiro e segundo nível da Árvore Tecnológica são de igual forma adotados para os insumos domésticos e importados. A preferência das firmas na hora de estabelecer a melhor combinação dos insumos (se domésticos ou importados) se dá pela comparação entre os preços. Essas preferências seguem a estrutura de *Armington* (parâmetro de substituição de *Armington*). Nestas, um bem produzido em uma região é um substituto imperfeito para bens produzidos pela mesma indústria, em outras regiões. Dessa forma, uma *commodity*, de diferentes fontes, pode ser comercializada a diferentes preços. Assim, as firmas decidem primeiramente a dotação ótima de insumos domésticos e importados (pelos preços) para depois decidirem a origem das importações.

**Figura 1: Estrutura da Árvore Tecnológica**



Fonte: Hertel e Tsigas (1997). Adaptado.

<sup>19</sup> Transferências *Lump Sum* são transferências fixas. Essas transferências independem do nível de produto (PIB), assim, não causam distorção na eficiência econômica.

<sup>20</sup> Uma função é dita fracamente separável quando é possível particionar os bens. Ver Mas-Colell *et al.* (1995).

<sup>21</sup> Uma função do tipo Leontief caracteriza uma função de proporções fixas cujos bens sejam complementares.



### 3.2.3 Fechamento

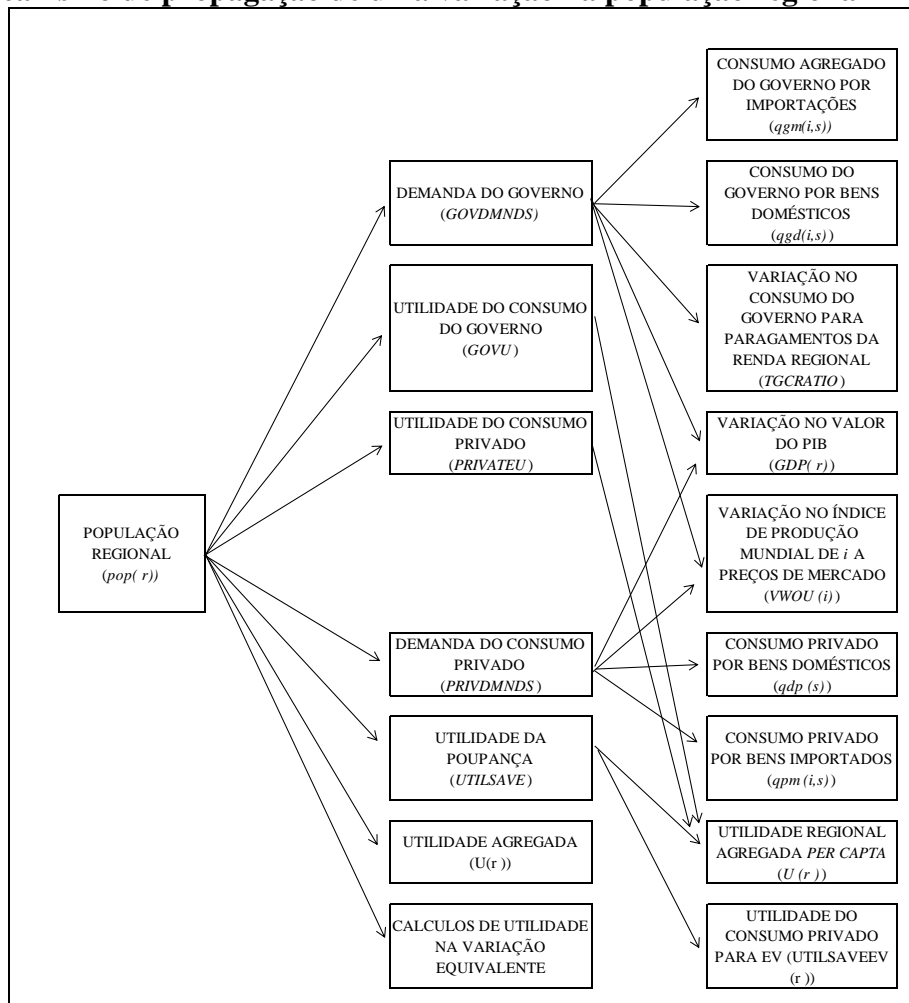
O fechamento utilizado é o padrão, que faz simulações de estática comparativa de longo prazo. Além disso, o fechamento macroeconômico é do tipo neoclássico. Logo, o investimento se ajusta às variações da poupança não afetando a capacidade produtiva das firmas diretamente. Os fluxos de investimento afetam a produção via incentivos à demanda final.

Além disso, a balança comercial é exógena, o investimento e poupança endógenos. Os fatores de produção que gozam de perfeita mobilidade entre os setores são: capital, trabalho qualificado e trabalho não qualificado. Este grau de mobilidade é governado por uma elasticidade de transformação constante. Já a terra e as reservas naturais se movem lentamente (chamados de *sluggish endowments*).

### 3.2.4 Mecanismo de transmissão do choque

O objetivo central do presente trabalho é mensurar os impactos do crescimento populacional sobre a produção de alimentos. Apesar do GTAP não possuir um módulo específico para tratar da população, o mesmo foi escolhido como método, pois sua habilidade sistêmica permite captar os impactos causados pelo choque por meio dos mecanismos de propagação. A Figura 2 foi elaborada com base nas equações do núcleo do modelo e explica como os efeitos da expansão populacional se propagam dentro do modelo. A variável que descreve o número de habitantes de cada região é a “população regional” ( $pop(r)$ ).

**Figura 2: Mecanismo de propagação de uma variação na população regional**



Fonte: elaboração própria a partir do núcleo do GTAP.

A Figura 2 mostra que a variável populacional está ligada às relações de bem-estar da economia. Estas relações são captadas pela variação percentual da utilidade agregada regional ( $U(r)$ ). Quando há quaisquer alterações na população, o modelo calcula uma métrica monetária analogamente à mudança na utilidade. Este mecanismo pelo qual o modelo computa as variações de bem-estar se chama “variação equivalente” (EV). Em geral, o que se pode concluir é que um distúrbio de população afeta diretamente o bem estar do governo, da demanda agregada e das famílias, afetando diretamente as relações de consumo e demanda que, por sua vez, impactam diretamente na produção total. Ou seja, no modelo, quando há variação na população, as variações na produção são dadas via variação na demanda.

## 4. Resultados

### 4.1 Resultados exploratórios das técnicas estatísticas de Análise Multivariada

A primeira etapa consiste na classificação do mundo em bloco de países com base na sua similaridade agrícola. Para isso são utilizadas técnicas de Análise Multivariada.

Inicialmente, todos os métodos hierárquicos são aplicados para o ano de 2004. A estatística  $Je(2)/Je(1)$  (dos testes *pseudo-F* e *pseudo-T*) indica que o melhor agrupamento é sete para os métodos de ligação simples, completo e Ward, enquanto sugere cinco grupos para o método de ligação médio. Considerando os sete grupos, as estatísticas *pseudo-F* são altas e positivas e as estatísticas *pseudo-T* baixas e positivas. Assim, essa foi a partição final escolhida, pois, além de atender aos testes, preserva, dentro de cada grupo, o número de países mais similares o possível nas suas características agrícolas. Após a escolha dos sete agrupamentos, foi aplicado, ainda, o método não hierárquico *K*-médias. Neste caso, as sementes escolhidas são os *clusters* dados pelos métodos hierárquicos.

Após a partição final dada pela AC, é aplicada a AD. A variável categórica que classifica cada país em cada *cluster* em 2004, é a utilizada para a discriminação na AD, em 2011. Dessa forma é possível observar, probabilisticamente, os países em transição. Isto é, países que estavam classificados em um determinado *cluster* em 2004, mas, em 2011, tem características agrícolas mais semelhantes a outro.

A primeira etapa da AD é observar as matrizes de confusão. Nestas, são verificadas as probabilidades lineares e as de Lachenbruch (Loo). As matrizes mostram em sua diagonal principal a quantidade de informações classificadas corretamente em cada Bloco. Fora da diagonal principal, mostram quantas observações foram classificadas incorretamente e a qual bloco deveriam pertencer. A taxa de erro aparente (APER) quando se usa a probabilidade linear é de 11% e a de Loo é de 24%. Avaliadas as matrizes de confusão, a análise final dos blocos de países é feita com base nas probabilidades dos erros de classificação (Quadro 4). A parte denominada “Real” mostra o BEA em que o país estava originalmente, em 2004. A parte “Class” e “Loo” indica a classificação proposta pela probabilidade tradicional e de Lachenbruch (Loo), respectivamente.

Polônia, Romênia, Nova Zelândia, Argentina e México foram classificados em 2011 no Blocos 5, junto com os países da Europa, EUA e Austrália. Polônia e Romênia pertenciam ao Blocos 1 em 2004. Para o período mais recente, 2011, ambos estão no Blocos 5 (87%). Da mesma forma, Nova Zelândia, México e Argentina pertenciam ao Blocos 6, 3 e 7 em 2004, vindo a pertencer a Blocos 5 em 2011 (61,28%, 81,69%, 86,96%, respectivamente). Analogamente, Áustria, originalmente no Bloco 3, Bolívia e Equador no Blocos 2, passam a pertencer ao Blocos 6 (61,69%, 70,60%, 64,10%, respectivamente). Malawi e Camarões passam a fazer parte do Blocos 4 (99,62%, 69,30%), que é composto, basicamente, por países Africanos. Bangladesh e Quirgistão são classificados no Bloco 1 (64,24%, 91,74%, respectivamente) junto com outros países pertencentes ao Oriente Médio e Ásia. China, Índia e Turquia também foram realocados no Blocos 1 (71,42%, 88,76%, 74,16%, respectivamente). China estava, em 2004 no Blocos 5, junto com os países desenvolvidos, Índia no Blocos 4, com países da África, em sua maioria e Turquia no Blocos 5. Essa alocação de países fronteiriços no mesmo Blocos já era esperada pelo cultivo de culturas semelhantes e tecnologias usadas, também semelhantes.

**Quadro 4: Probabilidades dos erros de classificação (2011)**

Obs.	Classificação			Método Tradicional							Método de Lachenbruch						
	True	Class.	LOO	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Argentina	7	5	5*	0,1	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
Áustria	3	3	6*	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,6	0,0
Bangladesh	4	4	1*	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Bolívia	2	2	6*	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Botswana	3	3	5*	0,1	0,0	0,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
China	5	1	1*	0,7	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Camarões	2	2	4*	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Equador	2	6	6*	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0
Honduras	2	2	3*	0,0	0,5	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0
Índia	4	1	1*	0,7	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Irlanda	5	1	1*	0,5	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0
Itália	5	5	3*	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,4	0,0	0,0
Jordânia	7	7	6*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Quirgístão	4	1	1*	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
México	3	5	5*	0,1	0,0	0,1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,8	0,0	0,0
Malawi	1	4	4*	0,4	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Noruega	6	6	7*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
Nova Zelândia	6	6	5*	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,6	0,1	0,0
Polônia	1	5	5*	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0
Romênia	1	5	5*	0,1	0,0	0,1	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0
Turquia	5	1	1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Ucrânia	5	5	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Vietnã	2	2	3	0,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Zimbabwe	2	2	3	0,0	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Resultados da pesquisa.

O Quadro 5 apresenta a disposição final dos países em seus respectivos blocos. Estes são chamados, pelo presente trabalho, de Blocos Econômicos Agrícolas (BEA).

**Quadro 5: Blocos Econômicos Agrícolas (BEA) para 2011**

BEA 1	Armênia, Azerbaijão, Cazaquistão, Quirguistão, Bangladesh, Marrocos, Turquia, Arábia Saudita, El Salvador, Tunísia, Uruguai, Chile, África do Sul, China, Índia.
BEA 2	Honduras, Indonésia, Camboja, Moçambique, Nicarágua, Paraguai, Senegal, Tanzânia, Vietnã, Zâmbia, Zimbabwe.
BEA 3	Albânia, Botswana, Suíça, Rep. Dominicana, Geórgia, Guatemala, Croácia, Jamaica, Lituânia, Namíbia, Filipinas, Portugal, Eslováquia, Tailândia.
BEA 4	Benin, Burkina Faso, Cote d'Ivoire, Etiópia, Madagascar, Camarões, Paquistão, Ruanda, Togo, Malawi, Uganda.
BEA 5	Argentina, Austrália, Nova Zelândia, Bélgica, Bulgária, Belarus, Rep. Tcheca, Alemanha, Romênia, Dinamarca, Espanha, França, Reino Unido, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Polônia, Ucrânia, EUA, México.
BEA 6	Brasil, Bolívia, Canadá, Colômbia, Costa Rica, Estônia, Finlândia, Japão, Coreia, Letônia, Malásia, Noruega, Peru, Rússia, Eslovênia, Áustria, Suécia, Venezuela, Equador.
BEA 7	Chipre, Egito, Iran, Israel, Jordânia, Malta, Oman.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para conhecer aquelas variáveis que são relevantes e caracterizam a separação dos blocos, foram calculadas as médias aritméticas para cada uma delas, em cada BEA. Os resultados demonstram que o BEA 1 ficou representado por países do Oriente Médio e Ásia. Dos sete blocos, é o que apresenta a maior quantidade de terras aráveis com culturas e pastagens permanentes e também que apresenta maior necessidade de importações agrícolas. O BEA 2 ficou definido por países de pequeno porte e de clima tropical. Estes são caracterizados pelos maiores níveis de produtividade vegetal e produção de alimentos. No BEA 3 estão países com grandes quantidades de terra sob cultura permanente, baixas necessidades de importação e crescimento da população rural. O BEA 4 é constituído principalmente por países africanos, os quais são caracterizados pelos maiores índices de produção de gado, valor adicionado agrícola e crescimento da população rural.

O BEA 5 ficou conhecido como o bloco dos países desenvolvidos. Ele é constituído principalmente por países europeus, Estados Unidos e Austrália. Esses países possuem os menores valores de produtividade vegetal, produtividade de alimento, de gado e população rural. Esse resultado é esperado, pois, além desses países possuírem baixas necessidades de importação agrícola, sua atividade econômica é voltada para produtos industrializados. Além disso, possuem o maior nível de acesso à água potável e quantidades de terras aráveis. O BEA 6 são os países de maior área florestal e de grande extensão territorial como Brasil, Rússia e Canadá. Por fim, o BEA 7 é caracterizado por países do Oriente Médio e que apresentam as menores áreas de cultivo permanente, áreas florestais, terras agrícolas e exportação agrícola. No entanto, são os maiores consumidores de fertilizantes e produtividade agrícola.

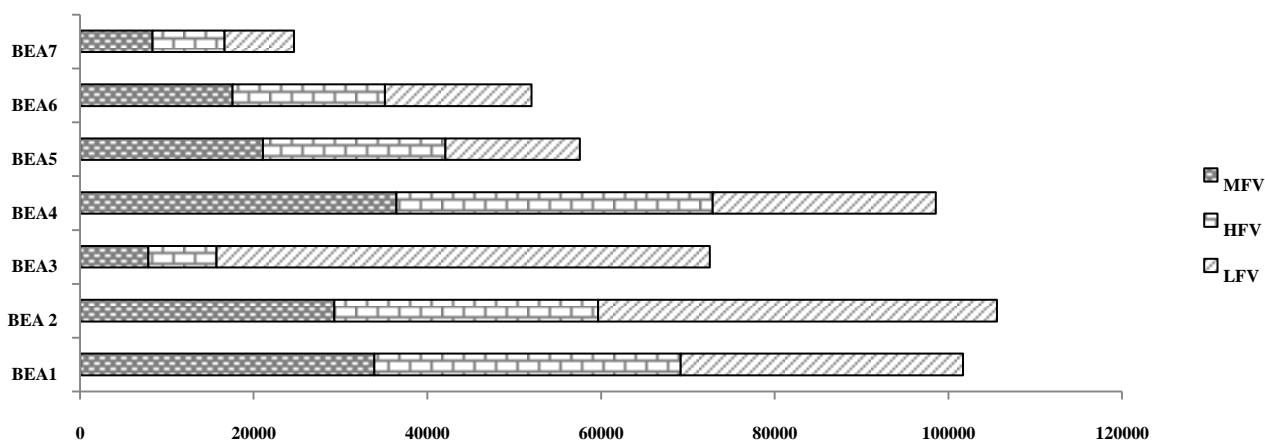
## 4.2 Resultados das simulações

### 4.2.1 Crescimento populacional<sup>22</sup>

Os gráficos 1 e 2 exibem, respectivamente, a população mundial total em 2030 e a variação da população para o período 2011-2030.

Em primeiro lugar, constata-se que, em 2030, o mundo teria os BEA 2, 4 e 1, nesta ordem, como os mais populosos e BEA 7, o de menor população. Com relação à variação entre os anos, os BEA 5, 6 e 1 seriam aqueles cuja população menos cresceria e o BEA 4, dos países africanos, aquele que mais se expandiria, em todos os cenários, exceto em *LFV*. Além disso, nos cenários *MFV* e *HFV*, os BEA 2 e 3 reduziram o tamanho da sua população e teriam as maiores variações no cenário de baixa fertilidade (*LFV*).

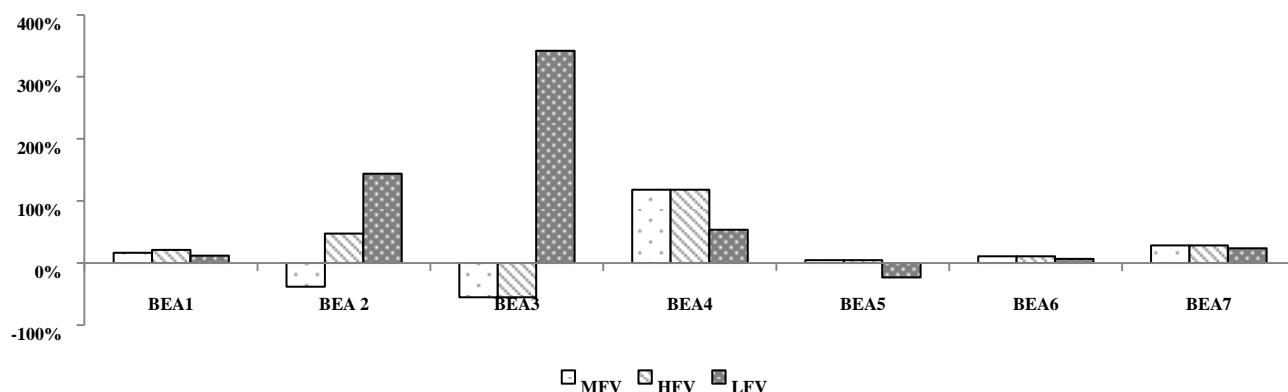
**Gráfico 1: População total para cada BEA em 2030 (milhares de habitantes)**



Fonte: elaboração própria a partir dos resultados encontrados com os dados de população disponibilizados pela Divisão Populacional das Nações Unidas.

<sup>22</sup> A fim de encontrar um valor médio representativo da população futura, foram calculadas as médias geométricas<sup>22</sup> para cada bloco. Após isso, foi calculada a variação percentual.

**Gráfico 2: Variação da população para o período 2011-2030 (%)**



Fonte: elaboração própria a partir dos dados de população disponibilizados pela Divisão Populacional das Nações Unidas.

#### 4.2.2 Efeitos sobre a produção de alimentos

Como visto nos mecanismos de propagação (Figura 2), a população regional causa impactos na demanda por consumo de mercadorias. Esta afeta os preços, as decisões dos produtores e logo, o produto final. Além disso, da estrutura de produção, apresentada pela Árvore Tecnológica (Figura 1), sabe-se que o produto final é o resultado das decisões que o produtor toma. Destas, destaca-se neste trabalho, a escolha dos fatores de produção, que é determinada via comparação de preços.

Em primeiro lugar, verifica-se que com o crescimento da população, a economia seria cada vez mais intensiva em Capital, Trabalho Qualificado e Trabalho não Qualificado, nesta ordem. Por outro lado, a demanda por Terra e Reservas Naturais seria cada vez menor.

Nos blocos em que a população reduziria, como BEA 2 e 3 em MFV, a demanda por terra teria variações positivas (13% e 46,1%) e pelos demais fatores, negativa (Tabela 2). De forma contrária, naqueles blocos em que a população cresceria, haveria diminuição na demanda da terra e aumento na dos demais fatores. No cenário de alta fertilidade, por exemplo, todos os blocos reduziram a demanda por terra.

Em segundo lugar, os resultados mostram que o preço da terra aumentaria mais do que de qualquer outro fator. Em MFV e HFV, os maiores preços seriam para o BEA 4 (27,8% e 31,9%) e 7 (42,3% e 45,1%), aqueles blocos com maior crescimento da população. Em LFV, isto seria visto para os BEA 2 (246,6%) e 3 (110,8%), que também apresentariam o maior crescimento.

Segundo Van Meijl (2006), neste caso em que o preço da terra aumentaria, o mercado de fatores primários e insumos intermediários seriam os principais afetados, pois haveria acréscimo nos custos de produção e a partir disso, ocorreria o efeito substituição entre os fatores e o produtor escolheria demandar menos deste fator e mais de outros. No modelo, os produtores tomam os preços como dados enquanto os rendimentos são determinados endogenamente. O fato do preço e rendimento dos demais fatores diminuir explicaria a redução na demanda da terra e aumento na demanda por capital e trabalho (via efeito de substituição). Além disso, espera-se que os produtores repassem o acréscimo no custo para o preço final das *commodities*. Assim, o aumento do preço da terra implicaria em rendimentos elevados das *commodities* que utilizam a terra intensivamente e ganhos de produtividade.

**Tabela 2: Variação da demanda dos fatores de produção**

		<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>ROW</b>
<b>MFV</b>	Terra	-6,3	13	46,1	-14,8	0,7	-7,8	-23,6	7,2
	Capital	35,3	-80,8	-72,1	69,9	19	27,8	87,1	86
	Reservas naturais	0,1	-0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,6
	Trabalho qualificado	36,8	-82,7	-73,5	75,4	19	28	88,8	91,7
	xTrabalho não qualificado	33,7	-74,7	-69,9	54,7	18,9	27,6	81,9	72,3
<b>HFV</b>	Terra	-398,5	-639,9	788,4	-632,1	-234,5	-353	-776,8	-2246,4
	Capital	87	259,2	-192	109,6	47	63,9	159,5	534,2
	Reservas naturais	0,1	-0,5	1,2	-0,2	0,1	0,2	0,4	1,4
	Trabalho qualificado	117,1	282,4	-215,6	204,3	47,6	67,6	188,6	692
	Trabalho não qualificado	52,6	138,5	-158,8	-167,1	45,7	59,6	73,1	43,5
<b>LFV</b>	Terra	-350	-1480,5	-2184,7	-479,3	-86,8	-388,3	-752,2	-5721,9
	Capital	62,3	612,6	552,3	40,3	34	65	155,4	1521,9
	Reservas naturais	0,1	-1,3	-2,5	0,1	0,2	0,2	0,4	-2,8
	Trabalho qualificado	79	660,4	600,5	116	34,1	68,6	181,4	1739,9
	Trabalho não qualificado	36	300,6	387,8	-143,9	40,3	60,7	71,9	753,4

Fonte: elaborado com os resultados das simulações.

**Tabela 3: Efeito do crescimento populacional sobre o preço dos fatores de produção**

	<b>Fatores Primários de Produção</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>ROW</b>
<b>MFV</b>	Terra	13,9	-24,2	-33,2	27,8	5,8	12,3	42,3	1,0
	Capital	-0,5	4,2	1,3	-2,6	-0,1	-0,2	-0,7	-0,1
	Reservas naturais	3,2	-14,8	-23,6	8,0	0,4	0,6	1,8	-0,2
	Trabalho qualificado	-1,0	4,9	1,8	-4,2	-0,1	-0,3	-1,2	-0,1
	Trabalho não qualificado	-0,1	2,1	0,6	1,9	-0,1	-0,2	0,9	0,0
<b>HFV</b>	Terra	19,8	34,4	-27,4	31,9	11,4	17,4	45,1	3,7
	Capital	-0,7	-3,7	1,3	-2,4	-0,1	-0,2	-0,7	-0,1
	Reservas naturais	3,8	14,6	-23,4	7,2	-0,2	0,6	1,9	0,0
	Trabalho qualificado	-1,3	-4,1	1,8	-4,0	-0,1	-0,3	-1,2	-0,1
	Trabalho não qualificado	-0,1	-1,6	0,7	2,9	-0,1	-0,1	0,9	0,1
<b>LFV</b>	Terra	16,6	110,8	246,6	23,5	4,9	19,1	42,9	8,4
	Capital	-0,8	-9,7	-5,0	-0,4	0,1	-0,3	-0,9	-0,4
	Reservas naturais	1,3	38,4	83,8	1,6	-2,5	-0,6	1,0	-0,7
	Trabalho qualificado	-1,1	-10,4	-5,8	-1,8	0,1	-0,4	-1,4	-0,4
	Trabalho não qualificado	-0,3	-4,6	-2,2	3,1	0,0	-0,3	0,6	0,0

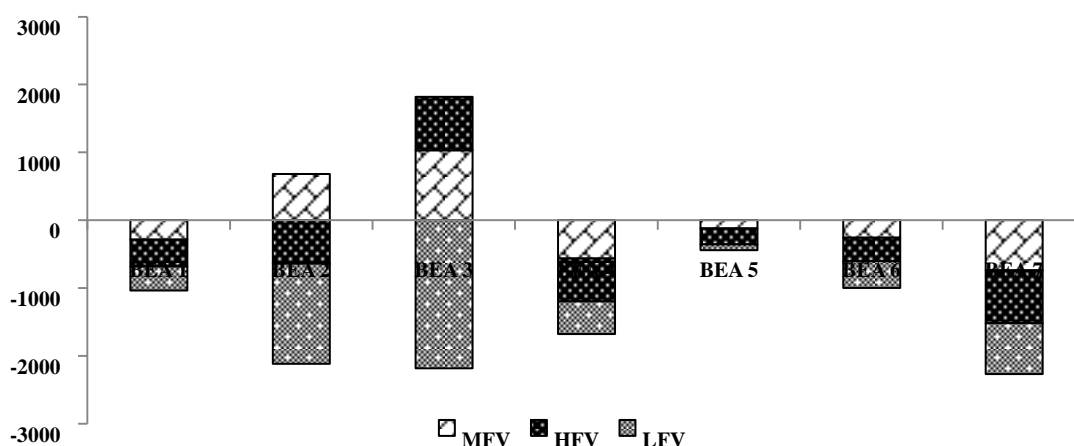
Fonte: Resultado das simulações.

A explicação de Van Meijl elucidada os resultados deste trabalho. Dessa forma, é possível concluir que o primeiro efeito sobre a terra, com o crescimento da população, seria o de substituição. O segundo ponto a se observar seria a sua disponibilidade. Segundo Conway-Gomez (2012), a expansão populacional conduz ao alargamento e desenvolvimento urbano e infraestrutural, como a construção de estradas e habitações. Isto comprometeria muitas terras adicionais que poderiam estar sendo utilizadas na agricultura e agropecuária. A terra se tornaria mais valiosa e sua posse ainda mais custosa, impactando progressivamente o preço dos alimentos e bens agrícolas utilizados como insumos intermediários à produção. No entanto, o modelo não capta esse efeito diretamente. O que se pode verificar é a oferta da terra que é exógena e sua variação no

GTAP dada pela variável “ $qoes(i, j, r)$ ”, chamada de “*sluggish endowments*”<sup>23</sup>. O Gráfico 3 traz esses resultados.

Os resultados para esta variável mostram que, com o crescimento da população, a oferta de terra diminuiria em todos os cenários e blocos, principalmente naqueles mais populosos, como BEA 4 e 7 em MFV e HFV e BEA 2 e 3 em LFV. Somente nos blocos em que haveria redução populacional é que a oferta seria positiva, *i.e.*, BEA 2 e 3 em LFV. Isto também seria uma explicação para o efeito substituição. Pelo fato da disponibilidade de terra diminuir, a tornaria mais cara.

**Gráfico 3: Variação da oferta dos “*sluggish endowments*” (%) para 2011-2030**



Fonte: elaboração própria com os resultados das simulações.

O Gráfico 4 apresenta os resultados para a produção, exportação e importação de alimentos. Observa-se que a produção das *commodities* agrícolas estaria crescendo, seguindo a expansão da população.

No cenário *MFV*, os BEA 2 e 3, que apresentariam redução no tamanho da população e aumento na demanda por terra, teriam queda na produção de alimentos. Nos demais blocos, em que a população cresceria, a produção também aumentaria, acompanhando a expansão da população. No entanto, é possível observar que, nestes últimos blocos, haveria redução das exportações e aumento das importações. Destes, o BEA 4 se destacaria. Por outro lado, os BEA 2 e 3 seriam aqueles que mais aumentariam as suas exportações de alimentos. Estes dois blocos deteriam os fluxos de comércio internacional da economia enquanto os demais se concentrariam em suprir a demanda interna e atuariam no comércio internacional basicamente como importadores.

No cenário *HFV*, a produção de alimentos cresceria em todos os blocos, exceto BEA 3, que é o bloco com redução populacional e em que a demanda por terra aumentaria. Além disso, quanto à configuração global da economia, observa-se que este bloco seria o único em que haveria aumento das exportações e diminuição das importações. Assim como no cenário anterior, o bloco de menor crescimento populacional seria aquele capaz de prover mantimentos para a economia global e os demais se esforçariam para manter o nível de produção interna. Os BEA 2 e 4, os mais populosos, seriam os mais dependentes das importações de alimentos.

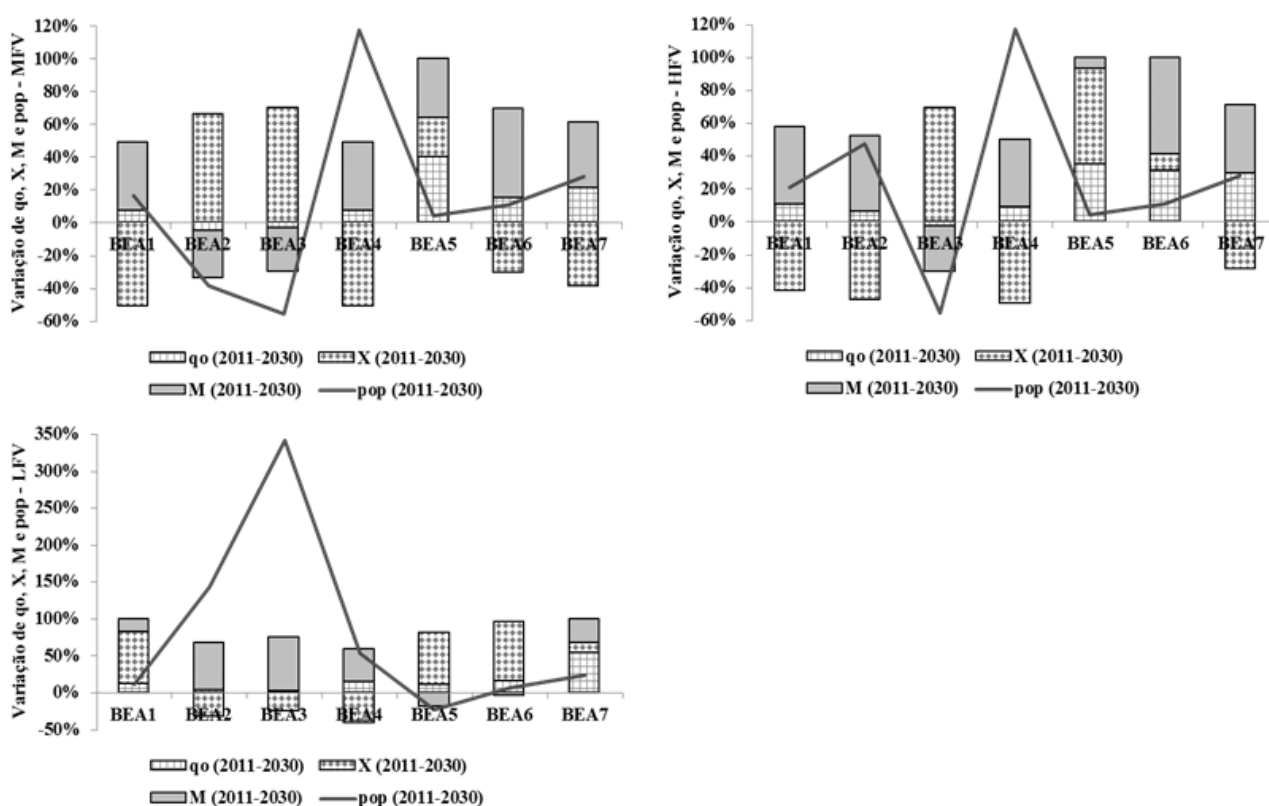
Uma possível explicação para estes dois primeiros cenários serem parecidos é que o nível da variação da população seria semelhante. Além disso, o perfil da terra desses BEA também poderia explicar o seu potencial fomentador de alimentos mundial. Como visto na seção 4.1, em 2011, o BEA 2 é caracterizado pelas maiores variações na produção de alimentos e o BEA 3 definido pelas

<sup>23</sup> O GTAP divide os fatores de produção em dois grupos. O primeiro são os chamados de “fatores móveis”, que são fatores perfeitamente móveis entre as indústrias e regiões. O segundo grupo é chamado de “*sluggish endowments*” ou, por uma tradução livre, “fatores lentos”. Estes são imperfeitamente móveis, cujo grau de mobilidade é governado por uma função de elasticidade constante de transformação. Capital e trabalho são considerados fatores móveis enquanto que a terra e as reservas naturais, “fatores lentos”. No entanto, como esta dissertação usa o modelo para simulações de curto prazo, o capital passa a ser tratado dentro do segundo grupo (AGUIAR *et al.*, 2016).

maiores quantidades de terra com cultura permanente e menor necessidade de importação agrícola. Ou seja, a própria caracterização destes países, nestes blocos, poderia defini-los como capazes de ofertar alimentos para os demais. Por fim, o fato de apresentarem redução no nível da população implicaria, *ceteris paribus*, que parte da produção de alimentos estaria “sobrando”, e logo, seriam capazes exportar, até mesmo, sem aumentar a produção.

Os resultados encontrados para o cenário *LFV* são diferentes dos cenários anteriores. Neste, todos os blocos apresentariam crescimento da população e também da produção de alimentos. Os BEA 7, 2 e 3 seriam os principais produtores. No entanto, no que se refere ao comércio internacional, os blocos 2 e 3 teriam suas exportações reduzidas e aumentariam as suas importações em magnitudes maiores do que nos demais blocos. Em outras palavras, o que se pode dizer é que apesar destes blocos serem os que mais produziriam alimentos, não seriam capazes de suprir sua própria demanda interna. Além disso, apresentariam as maiores reduções na demanda por terra e o maior crescimento populacional. Por fim, os BEA 1, 5 e 6, os de menor variação populacional, seriam os principais exportadores, principalmente para os BEA 2 e 3.

**Gráfico 4: Variação da produção, exportação e importação de alimentos (%) 2011-2030**



Fonte: resultados da pesquisa.

#### 4.2.3 Efeitos sobre o bem estar

Como mostrado pela Figura 2, as variações na população regional afetam diretamente as relações de bem-estar. Essas relações são dadas por uma medida monetária das variações de preços sobre o consumo real e poupança em uma região. A sua decomposição pode ser dividida em quatro módulos: 1) a eficiência alocativa; 2) dotações dos fatores; 3) efeito populacional; 4) termos de troca; 5) termos de troca de investimento e poupanças (I-S).

Em termos globais, os resultados mostram que, com o crescimento da população, o bem-estar total da economia diminuiria (- US\$ 2622,6 milhões no cenário MFV, -US\$ 2528,6 milhões no cenário HFV e - US\$39123,9 milhões no cenário LFV). Nos cenários MFV e HFV os ganhos seriam devidos, apenas, ao Efeito Populacional (US\$ 3090654,8 milhões e US\$ 4227581,5 milhões, respectivamente). Já no cenário de baixa fertilidade (LFV) este módulo seria o maior gerador de



perdas (-US\$ 2378680,6 milhões). Neste caso, a economia seria beneficiada por meio dos efeitos alocativos (US\$ 1822007,9 milhões) e os de dotação de fatores (US\$ 517648,6).

**Tabela 4: Decomposição do bem-estar econômico nos BEA em US\$ milhões**

	Alocativo	Dotação dos Fatores	Efeito Populacional	Termos de troca	I-S	Total
<b>MFV</b>	-852107,4	-2241137,3	3090654,8	-26,8	-5,9	-2622,6
<b>HFV</b>	-996246,6	-3233845,4	4227581,5	-16,7	-1,4	-2528,6
<b>LFV</b>	1822007,9	517648,6	-2378680,6	-94,1	-5,7	-39123,9
<b>Total</b>	-26346,1	-4957334,1	4939555,7	-137,6	-13	-44275,1

Fonte: Resultados das simulações.

## 5. Considerações Finais

Este artigo se insere nas discussões a respeito da capacidade da oferta de alimentos *vis-a-vis* o crescimento futuro da população. Uma vez que este crescimento é contínuo e a quantidade de terras aráveis limitadas, tornou-se relevante avaliar as possíveis perspectivas da produção de alimentos. A análise comparativa desempenhada por este trabalho está relacionada às características agrícolas dos países e à suas projeções de crescimento da população.

Dessa forma, foram simulados três cenários dentro de uma perspectiva internacional caracterizada por sete Blocos Econômicos Agrícolas. Nessa perspectiva, a expansão da população afetaria positivamente a produção de alimentos, mas, também a direcionaria especificamente para o consumo interno. Somente nos blocos em que não haveria grandes variações ou, reduziram seu número de habitantes, seriam capazes de atuar como exportadores de alimentos. Por outro lado, o uso intensivo da terra, bem como sua menor disponibilidade, teriam influências sobre o aumento do preço da mesma. Esse fato provocaria um efeito substituição dentre os fatores de produção e a economia poderia ser caracterizada como intensiva em capital e trabalho qualificado, principalmente.

Sabe-se que este trabalho constitui-se em primeiro passo para outras investigações. Uma avaliação pertinente seria a incorporação da abordagem da segurança alimentar dentro da discussão proposta. Dessa forma, deveriam ser levadas em conta questões nutritivas e de distribuição dos alimentos. Além disso, também seria interessante usar um módulo do GTAP mais desagregado para a produção da terra, como o GTAP-AEZ (LEE, 2004). Neste contexto, a abordagem de alimentos deveria incorporar produtos alimentares industrializados.

Ainda, usufruindo da abordagem internacional proposta, outro estudo seria em relação à avaliação dos impactos da abertura comercial dentro dos BEA, em especial, sobre o comércio de *commodities* agrícolas de alimentos. Por exemplo, redução das tarifas no comércio entre países de um mesmo bloco. O GTAP permite fazer isso.

Finalmente, o tema da pesquisa, levantado pelo presente trabalho, é amplo e capaz de abrir uma agenda de estudos futuros seja em relação à capacidade de produção de alimentos, à abordagens internacionais, simulações de comércio ou avaliações de qualquer aspecto econômico dado um choque de população.

## Referências

AGUIAR, A. ; NARAYANAN, B.; MCDOUGALL, R.. An overview of the GTAP 9 data base. **Journal of Global Economic Analysis**, v. 1, n. 1, p. 181-208, 2016.

AKÜNAL, E.; EROL, S. Using Cluster Analysis to Define the Position of a Developing Country in Global Transportation Services Trade Environment. **Gazi University Journal of Science**, v. 29, n. 4, p. 751-767, 2016.

- BANK, World. **World Development Report**. 1981-1982. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/5964/WDR%201981%20-%20English.pdf;sequence=1>>.
- BETARELLI, A. *Aula 5: Análise de Agrupamento*. 15 mar. 2016, 10 jun. 2016. 24 p. Notas de Aula.
- BETARELLI, A. *Aula 6: Análise Discriminante*. 15 mar. 2016, 10 jun. 2016. 24 p. Notas de Aula.
- BIRUR, D. et al. *Impacto f biofuel production on world agricultural markets: a computable general equilibrium analysis*. **GTAP Working Paper**. West Lafayette: Center for Global Trade Analysis, n. 53, 2008. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/4034.pdf>>.
- BITENCOURT, M. B. **Impactos dos acordos da rodada do Uruguai, Mercosul, Alca e Rodada do Milênio na tricultura brasileira** – aplicação do modelo GTAP. 2000. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- BOSERUP, E. **The conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change Under Population**. Londres: Allen and Unwin. Chicago: Aldine. 1965.
- BURFISHER, M. E. **Introduction to computable general equilibrium models**. Cambridge University Press, 2017.
- BURNIAUX, J. **Incorporating carbon sequestration into CGE models: a prototype GTAP model with land use**. 2002. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1219.pdf>>.
- CALIŃSKI, T.; HARABASZ, J. A dendrite method for cluster analysis. **Communications in Statistics-theory and Methods**, v. 3, n. 1, p. 1-27, 1974.
- CHILDE, V. A evolução cultural do homem. **Trad. Waltensir Dutra**, v. 5, 1966.
- COLLINS, J. **Agriculture e Population Growth**. s/a. Disponível em: <<https://jasoncollins.org/2012/09/17/agriculture-and-population-growth/>>.
- CURI, P. R. Agrupamento de países segundo indicadores de padrão de vida. **Revista de saúde pública**, p. 127-134, 1993.
- DAVIS, K. The World Demographic Transition. **Annals of the American Academy of Political and Social Science**, v. 237, n. 1, p. 1-11, 1945.
- HERTEL, T. *Global Trade Analysis: modeling and applications*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 1997.
- FARIA, W.R. **Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Departamento de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FEDOROFF, N. V. et al. Radically rethinking agriculture for the 21st century. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 833-834, 2010.
- FERREIRA FILHO, J. B. S. **Uma análise de equilíbrio geral dos impactos da integração econômica no Cone Sul sobre a agricultura brasileira**. 1998. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP), 1998.
- FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, M.. *Climate Change impacts on agriculture and internal migrations in Brazil*. In: **Thirteen Annual Conference on Global Economic Analysis**, Penang,

Malaysia, 2010. Disponível em:  
<<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/downloads/5082.pdf>>.

FIGUEIREDO, A. M. R.; FERREIRA, A. V.; TEIXEIRA, E. C. Impactos da integração econômica nas commodities da economia brasileira e da União Europeia. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 1, p. 77-106, 2001.

VASCONCELOS, C.R.F. *et al.* Efetividade do Instrumento Antidumping no Brasil entre 1990 e 2007. **Revista economia, Brasília**, v. 12, n. 1, p. 165-184, 2011.

GODFRAY, H; Charles J. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

GURGEL, A. C.; CAMPOS, A. C. Avaliação de Políticas Comerciais em Modelos de Equilíbrio Geral com Pressuposições Alternativas Quanto aos Retornos de Escala. **Revista Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 323-354, 2006.

RADA, N.E.; FUGILE, K.O. Shifiting Sources of Agricultural Growth in Indonesia: a Regional Analysis. FUGLIE, K.O. WANG ,S.L. BALL, V.E **Productivity Growth in Agriculture: an International Perspective**, CAB International, Oxfordshire, UK, 2012. p. 199

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V.W. Agricultural productivity differences among countries. **The American Economic Review**, v. 60, n. 5, p. 895-911, 1970.

HEISTERMANN, M. *et al.* Land in sight?: achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. **Agriculture, Ecosystems and Enviroment**, v. 114, p. 141-158, 2006.

HORRIDGE, M. **A simplified general equilibrium model**. Australia: Centre of Policy Studies and the Impact Project/Monash University, 2003.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate correspondence analysis**. 2007.

KAGEYAMA A.; LEONE. E. T. **Uma tipologia dos municípios paulistas com base em indicadores sociodemográficos**. Campinas: IE/UNICAMP, jan. 1999.

KEMJIKA, A. S. **Consequences of population growth on agricultural production in Obingwa local government área of abia state Nigeria**. 2012. Tese (Bacharel em Gestão de Recursos e Meio Ambiente) – Programa de pós graduação em Gestão Integrada da Zona Costeira, NOVIA University of Applied Sciences, Raseborg, Finlândia, 2012. Disponível em: <[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77440/Adindu\\_Symbol\\_Thesis.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77440/Adindu_Symbol_Thesis.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 3 abr. 2017.

LEITE, G. B.; BRIGATTE, H.; DE AGUILAR, E. B. Análise multivariada de indicadores socioeconômicos dos países do G – 20. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 7, n. 1, 2009.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatísticas multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

PEROBELLI, F. *et al.* Redução tarifária nas relações entre Brasil e demais países do Continente Americano: Uma avaliação com base em um modelo de equilíbrio geral computável. **ENABER Working Paper**. Disponível em: < <http://brsa.org.br/site/encontros-artigos.php?enaber=13>>.

PIMENTEL, D. World Population, Agriculture and Malnutrition. **World Watch**, p. 22-25, 2004.

TOLENTINO, C. M.; SILVA, L. A.; DE BRITTO ROCHA, Gustavo. Mensurando sistemas nacionais de inovação: evidências a partir da análise multivariada de dados. **Gestão e Sociedade**, v. 11, n. 28, p. 1651-1679. 2016.

THOMPSON, W. Population. **American Jour. of Soc.** v. 34. n. 6: p. 959 - 975. 1929

TORREY, B. B.; TORREY, E. F. Population increases and agricultural productivity. **The Fight Against Hunger and Malnutrition: The Role of Food, Agriculture, and Targeted Policies**, OUP, Oxford, 2015, p. 279.

UNITED NATIONS. **United Nations Conference on Trade and Development**. 2012. Disponível em: <<http://unctad.org/en/publicationslibrary/dom201en.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

UNITED NATIONS. **United Nations Demographic Yearbook Review**. Disponível em: <<https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/techreport/md.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

VAN MEIJL, H. et al. The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n. 1, p. 21-38, 2006.